



Dizajn naprednih biokompozita iz energetski održivih izvora



BIOKOMPOZITI
IZVJEŠĆE | 2020/2023.



Europska unija
Zajedno do fondova EU

Projekt je sufinancirala Europska unija u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija, iz Europskog fonda za regionalni razvoj.

NAPOMENA:

Sve prikazane slike su označene po aktivnostima i u vlasništvu su djelatnika TTF-a i AFZ-a

Sadržaj

UVOD	1
OPĆENITO O ISTRAŽIVANIM KULTURAMA	2
SAMONIKLE KULTURE	2
ENERGETSKE KULTURE.....	8
ELEMENT PROJEKTA 1.: Odabir sirovina, uzgoj i prikupljanje poljoprivredne biomase ..	13
Aktivnost 1.1. (AFZ i TTF) Odabir i prikupljanje samoniklih kultura	13
Aktivnost 1.2. (AFZ) Uzgoj i prikupljanje energetskih kultura.....	19
Aktivnost 1.3. (AFZ i TTF) Ispitivanje kvalitete biomase za potrebe proizvodnje biokompozita i bogoriva	29
Priprema uzoraka za analizu	37
Određivanje veličine čestica uzoraka prosijavanjem.....	38
Uzorkovanje	39
Udio početne suhe tvari i laboratorijske suhe tvari.....	39
Udio pepela	40
Udio koksa.....	41
Udio fiksiranog ugljika.....	42
Udio ukupnog ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S) i kisika (O) u ulaznim sirovinama	42
Ogrjevna vrijednost.....	43
Gornja ogrjevna vrijednost	43
Donja ogrjevna vrijednost.....	44
Utvrđivanje mikro i makro elemenata	44
Distribucija biomase	49
Biomasa za laboratorijska istraživanja na TTF-u.....	50
Utvrđivanje inicijalne čvrstoće, finoće, debljine, duljine i gustoće vlakana (TTF).....	50
Aktivnost 1.4. (AFZ i TTF) Statistička obrada podatka	53
ELEMENT PROJEKTA 2: Dizajn i karakterizacija kompozitnih materijala	54
Aktivnost: 2.1. Zapošljavanje istraživača.....	54
Aktivnost: 2.2. Predobrada biomase inovativnom metodom primjene biokatalizatora i mikrovalova.....	54
Aktivnost: 2.3. Izdvajanje vlakana za potrebe proizvodnje biokompozita i odvajanje ostataka za proizvodnju biogoriva	55
Dobivanje vlakana iz bnistre za potrebe proizvodnje biokompozita na TTF-u	56
Morfološka analiza stabljike brnistre primjenom mikroskopa	57

Morfološka analiza dobivenih vlakana iz brnistre primjenom SEM mikroskopa	58
Dobivanje vlakana iz miskantusa za potrebe proizvodnje biokompozita na TTF-u.....	59
Morfološka analiza stabljike miskantusa primjenom mikroskopa	62
Morfološka analiza dobivenih vlakana iz miskantusa primjenom SEM mikroskopa	63
Dobivanje vlakana iz Virdžinijskog sljeza za potrebe proizvodnje biokompozita na TTF-u	64
Morfološka analiza stabljike Virdžinijskog sljeza primjenom mikroskopa	65
Morfološka analiza dobivenih vlakana iz Virdžinijskog sljeza primjenom SEM mikroskopa.....	65
Dobivanje vlakana iz divovske trske za potrebe proizvodnje biokompozita na TTF-u .	66
Morfološka analiza stabljike divovske trske primjenom mikroskopa.....	66
Morfološka analiza dobivenih vlakana iz divovske trske primjenom SEM mikroskopa	67
Aktivnost: 2.4. Modifikacija PLA i vlakana	67
Aktivnost: 2.5. Izrada kompozitnog materijala s dugim usmjerenim vlaknima.....	68
Aktivnost: 2.6. Izrada kompozitnog materijala s kratkim, nasumičnim vlaknima	70
Aktivnost: 2.7. Nabava opreme, edukacija i provedba ispitivanja (TTF)	73
ELEMENT PROJEKTA 3: Proizvodnja biogoriva iz nusproizvoda novorazvijenim tehnološkim rješenjima	76
Aktivnost: 3.1. Razvoj novih tehnoloških rješenja za proizvodnju bioplina.....	76
Aktivnost: 3.2. Razvoj novih tehnoloških rješenja za proizvodnju peleta	79
Aktivnost: 3.3. Nabava opreme, edukacija i provedba ispitivanja (AFZ)	83
ELEMENT PROJEKTA 4: Transfer znanja i tehnologije	86
Aktivnost 4.1. (AFZ i TTF) Sudjelovanje na konferencijama i radionicama s ciljem širenja IR rezultata u akademski i gospodarski sektor	86
Aktivnost 4.2. (AFZ i TTF) Objava radova	88
Aktivnost 4.3. (AFZ i TTF) Izrada studije zaštite intelektualnog vlasništva	90
Aktivnost 4.4. (AFZ i TTF) Prijava patenta	90
Aktivnost 4.5. (AFZ i TTF) Sklapanje sporazuma s ciljem transfer atehnologije	91
ELEMENT PROJEKTA 5: Promidžba i vidljivost	91
Aktivnost 5.1. (AFZ i TTF) Izrada i provedba Plana diseminacije	91
Aktivnost 5.2. (AFZ i TTF) Izrada i održavanje web stranice	92
Aktivnost 5.3. (AFZ i TTF) Predstavljanje projekta javnosti.....	93
Aktivnost 5.4. (AFZ i TTF) Predstavljanje projekta akademskom i gospodarskom sektoru	98
Aktivnost 5.5. (AFZ i TTF) Priprema i održavanje završne diseminacijske konferencije	100

UVOD

Inovativna rješenja, vezana uz kružno gospodarstvo mogu uvelike promijeniti način proizvodnje biomaterijala (vlakana i biogoriva), skladištenja, prijenosa, kao i njihovog ponovnog korištenja.

Ukoliko se usmjerenim regionalnim i državnim politikama definiraju nove profesionalne, ali i društvene vještine postoji velika mogućnost bržeg gospodarskog razvoja u sektorima poljoprivrede i tekstilne industrije.

Istraživanja u sklopu projekta KK.01.1.1.04.0091 *Dizajn naprednih biokompozita iz energerski održivih izvora* (BIOKOMPOZITI) su provedena na četiri vrste kultura, od koje su dvije uzgojene *Miscanthus x giganteus* (miskantus ili kineski šaš) i *Sida hermaphrodita* (Virdžinijski sljez) te dvije samonikle *Arundo donax* L. (divovska trska) i *Spartum junceum* L. (brnistra). U nastavku Izvješća prikazane su njihove karakteristike i mogućnost primjene u vrlo različitim sektorima.

U sklopu projekta su na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu paralelno provedena istraživanja izolacije celuloznih vlakana iz biomase, da bi se najprije izdvojio dodatni proizvod primjenom tzv. kaskadnog principa kod kojeg se u kružnom gospodarstvu nastoji sirovina iskoristiti u cjelosti na način da se najprije izdvajaju proizvodi dodatne vrijednosti – u koju tekstilna vlakna zasigurno možemo ubrojiti.

Ostatci iz proizvodnje biokompozita su na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu uspješno primijenjeni u svojstvu potencijalne sirovine za proizvodnju bioplina i peleta. Obzirom na tendenciju Europske unije da kukuruznu silažu, kao najčešće korištenu sirovinu u proizvodnji bioplina, u potpunosti zamijene alternativni supstrati, naglasak trenutnih istraživanja se temelji na pronalasku novih sirovina. U okviru projekta BIOKOMPOZITI su razvijena četiri inovativna postupaka od kojih se dva odnose na proizvodnju biogoriva – bioplina i peleta.

Istraživanja provedena u suradnji dvije partnerske institucije Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta i Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta dala su značajan doprinos u dva vrlo različita područja, a ostvareni know-how je provedenim diseminacijskim mjerama transferiran u akademski i gospodarski sektor putem patenata, znanstvenih radova, objava na webu, društvenim mrežama i gostovanjem u TV emisijama.

OPĆENITO O ISTRAŽIVANIM KULTURAMA

Istraživane kulture:

- Samonikle kulture (*Arundo donax* L. i *Spartium junceum* L.).
- Energetske kulture (*Miscanthus x giganteus* i *Sida hermaphrodita*),

SAMONIKLE KULTURE

Arundo donax L. (divovska trska)

Rod: *Arundo*

Porodica: trave (*Poaceae*)

Divovska trska autohtona je rizomatska biljka južnih europskih regija. Iako je toploljubiva biljka, može se uzgajati i u kontinentalnoj klimi (slika 1). Stabljike sadrže silicij, pa se koriste kao štapovi za pecanje i hodanje, za izradu nadstrešnica i dobivanje papira. Prirodne populacije, daju prinos > 40 t ST/ha, pa je to jedan od najproduktivnijih usjeva za biomasu u Europi. Sadrži oko 30% celuloze, 35% hemiceluloze i 20% lignina, dok se donja ogrijevna vrijednost kreće oko 16 MJ/kg. Ekološki je poželjna biljka jer štiti tlo od erozije, vrlo otporna na bolesti, štetnike i korove, ne zahtijeva nikakav kemijski tretman čime se dodatno štiti okoliš, tijekom ljeta je zelena i sočna i ima mogućnost ostati neoštećena kod slučajnih požara (vrlo česti u uvjetima južne Europe). Smatra se jednim od najisplativijih energetske usjeva, jer su ulaganja, nakon zasnivanja usjeva su vrlo niska (samo troškovi žetve). Otporan je na poplave. Stabljike su do 3.5 cm u promjeru i do 10 m visoke. U hladnijim regijama ne dolazi do cvatnje. Cvat je sterilna metlica. Novi izboji niču iz pupova na rizomima i razvijaju se vrlo brzo. U lipnju i srpnju maksimalne stope rasta su do 7 cm po danu. Divovska trska je jedna od najotpornijih biljaka na štetočinje. Do sada, nema prijavljenih ni primjećениh bolesti.



Slika 1. Divovska trska

Ekološki zahtjevi

Divovska trska obično raste uz obale rijeka i potoka na vlažnim tlima. Međutim, raste i na suhim i neplodnim tlima, na poljskim marginama i uz ceste. Može se uzgajati na gotovo bilo kojem tipu tla od vrlo laganih tala do vrlo vlažnih i kompaktnih tala. Ima mogućnost usvajanja podzemne vode. Adaptirana je na tropske, subtropske i tople klimate diljem svijeta. Često raste i na pjeskovitim dinama uz more. Tolerira i lagano slana tla. Najbolje raste uz riječne obale i na drugim vlažnim mjestima, ali se odlično razvija i na pjeskovitim tlima uz obilje sunca. Tolerira sve tipove tala, od teških glina do pijesaka. Podnosi godišnju količinu oborine od 300 - 4.000 mm i godišnje temperature 9-28.5 °C te pH tla od 5-8.7.

Zasnivanje usjeva

U prirodi se populacije divovske trske šire iz pupova na rizomima. Vrlo je agresivna biljka pa se može proširiti s ruba polja, gdje se sadi kao zaštita od vjetra, u oranični prostor, smanjujući tako dostupnu obradivu površinu. Divovska trska je sterilna biljka, a razmnožava se rizomima ili reznicama stabljike. Razmnožavanje rizoma provodi se u rano proljeće prije nego što su novi izboji počnu nicati iz matične biljke. Razmnožavanje reznicama stabljika provodi se kasnije u sezoni kada se tlo zagrije i mobilizira nodalne pupove da razvijaju nove izbojke.

Razmnožavanje rizoma je intenzivan i vrlo skup proces. Nakon prikupljanja, rizomi se moraju se isjeći na komade i razvrstani prema broju pupova na njima. Za to je puno jeftinije koristiti reznice stabljika ili čitave stabljike. Reznice stabljika se sastoje od jednog nodija s dijelovima susjednih internodija. Reznice stabljika mogu se posaditi izravno u polje ili u plastične vrećice (posudice) za presađivanja u polju nakon što niknu. U polju, reznice stabljika se sade na dubinu od 4 do 8 cm i pokrivaju tlo (ovisno o temperaturi i vlazi tla). Umjesto reznice stabljike mogu se koristiti i cijele stabljike. Stabljike se polažu u brazdu na dubinu 6-8 cm i pokrivaju tlo. Međutim, razmnožavanje stabljikama i reznicama stabljike nije uvijek uspješno. Divovska trska nema posebnih zahtjeva u pripremi tla. Jednostavno oranje i/ili tanjuranje smatra se dovoljnim. Pri zasnivanju usjeva rizomima, treba paziti da svaki komad rizoma ima barem jedan pup kako bi se izbjegli praznine u sklopu. Udaljenosti od 70 cm između redova i 50 cm unutar reda rezultiraju relativno gustim usjevom. Sklop od 12 500 biljaka po ha (100 cm x 80 cm) čini se ekonomski održiv. Plantaže trske zasnovane reznicama stabljika su puno tanje na kraju vegetacijskog razdoblja. Nove biljke moraju razviti rizome kako bi prezimjele u slučaju da nadzemnu vegetaciju unište zimske temperature. Prinosi biomase na kraju godine zasnivanja znatno su manji u usporedbi sa sadnjom rizoma. Budući da su reznice stabljika puno jeftinije poželjno ih je saditi bliže (gušće) unutar redova. Divovska trska razvija ogromni sklop koji potiskuje rast bilo kojeg korova. Čak i tijekom godine zasnivanja nema potrebe za herbicidima ako se rizomi koriste kao sadni materijal. Međutim, ako se zasnivanje provodi reznicama stabljike, aplikacija herbicida prije sadnje pomaže zasnivanju i ranom rastu nasada.

Gnojidba

Obzirom da je divovska trska višegodišnja kultura koja traje nekoliko desetljeća i biomasom visoko rodna kultura, prije uspostave novog nasada potrebno je zaorati dovoljno fosfora u tlo, više od 200 kg/ha - posebno u tla siromašna fosforom. Većina tala u semi-aridnoj mediteranskoj regiji bogata su kalijem, tako da gnojidba kalijem nije potrebna. Godišnje primjene količine dušika do 100 kg/ha se preporučuju, posebno na tlima siromašnim N. Gnojidbu treba provesti prije pojave novih izboja u rano proljeće. Visoke količine dušika (240 kg/ha) nemaju značajan utjecaj na prinos biomase u odnosu na niske količine (60 kg/ha).

Žetva, prinos i korištenje

Iako divovska trska može biti uzgajana bez navodnjavanja u semi-aridnim južnoeuropskim uvjetima, njena reakcija na navodnjavanje je značajna. Može doseći prinos do 100 t/ha zelene mase od 2.-3. godine uzgoja u optimalnim uvjetima uzgoja i navodnjavanja, odnosno preko 40 t/ha ST ovisno o lokaciji. Divovska trska ima veći prinos od miskantusa. Treba naglasiti da su ti visoki prinosi dobiveni od divljih populacija s gotovo nikakvom agrotehnikom. To ukazuje na veliki produktivni potencijal biomase ove vrste u budućnosti. Stabljika je dovoljno čvrsta i fleksibilna da se koristiti kao trska za puhačke instrumente i gajde. Budući da raste vrlo brzo, koristi se kao biomasa za energiju i izvor je celuloze za papir. Divovska trska žanje se jednom godišnje bilo u jesen ili u razdoblju kasna zima/rano proljeće. Utvrđena joj je visoka ogrijevna vrijednost. Jedan od njegovih najznačajnijih korištenja je proizvodnja sječke za proizvodnju visokokvalitetnih peleta ili sušene sječke. Moguće je koristiti nove visoko učinkovite sustave uplinjavanja za pretvaranje divovske trske u različite izvore energije, kao što su sintetski plin, kruto gorivo za proizvodnju električne energije, etanol i biodizel. Za proizvodnju etanola druge generacije iz lignocelulozne biomase ova trska jak je kandidat u EU.

Spartium junceum L. (brnistra) (Genista)

Rod: *Genista* (*Spartium*)

Porodica: mahunarke (*Fabaceae*)

Rod *Genista* uključuje razne vrste karakterističnih biljaka, od puzavih do grmlja i niskog drveća. S jednom iznimkom, sve vrste imaju svijetlo zlatno-žuto cvijeće u kasno proljeće ili ljeto. Botaničko ime vrste (*Spartium*) dolazi od grčke riječi '*sparton*', što znači uže. To je višegodišnji grm, 2-4 metra visok, s životnim vijekom do 30 godina. Vitke stabljike, nalik trski, su uspravne s nekoliko grana i zimzelene (slika 2). Sadrže zanimljivo prirodno vlakno. Pretežno je stranooplodna vrsta, oprašuju je pčele. Ima vrlo jak korijenov sustav, koji objašnjava primjenu biljke za zaštitu tla od erozije. Tipična je mediteranska prirodna vrsta adaptirana na različite kserotermne uvjete. Koristi se za dobivanje vlakana. Grci i Rimljani koristili su to vlakno za tekstil i konopce. Tijekom srednjeg vijeka od brnistre se izrađivala odjeća, tepisi i obloge za namještaj. Pogodnost brnistre uglavnom se pokazuje kroz dobru produktivnost biomase; podnosi čestu žetvu i može brzo ponovno narasti

nakon žetve. Ostale povoljne karakteristike su: dobra fizikalno-kemijska kvaliteta za industrijsku konverziju; velika dostupnost; dobri prinosi biomase 6 - 10 t ST/ha/god, vrlo niski troškovi uzgoja, fiksator je dušika. Tako se može izbjeći gnojidba dušikom, sprečava se zagađenje podzemnih voda, što je danas veliki problem. Sadržaj lignoceluloznog sastava kod biomase brnistre kreće se oko 20-40% celuloze, 20-30% hemiceluloze te 20-30% lignina, dok se donja ogrjevna vrijednost kreće oko 16 MJ/kg. Osim toga, nije potrebna kemijska zaštita od štetnika i korova, što je ekološka pogodnost u odnosu na uzgoj drugih kultura vlakna, poput pamuka, konoplje, lana itd.



Slika 2. Brnistra u cvatu

Ekološki zahtjevi

Brnistra može rasti na siromašnim, suhim i kamenitim (vapnenačkim) tlima. Kvaliteta tla također je važna. Kao i većina mahunarki, uspijeva na vapnenačkim tlima slabe plodnosti, ali raste i na tlima sa širokim rasponom kiselosti (pH 5-8). Iako je brnistra dobar izbor za suha, neplodna tla, njena trajnost i dobar rast ovisi o izbjegavanju prekomjerne vlage, vlažnih tala i jače gnojidbe. Zahtijeva vrlo dobru drenažu tla, ali je inače vrlo prilagodljiva mnogim pedoklimatskim situacijama čak podnosi siromašna i kamenita tla. Dobro je prilagođena skeletoidnim ili pjeskovitim tlima, glinastim, ilovastim ili pjeskovitim ilovačama s pH od 5.5 do 7.5, a također je prilagođena na tla visokog saliniteta. Ova vrsta ima morfološke prilagodbe na kserotermne uvjete što joj omogućava preživljavanje čestih suša. Najbolje raste izložena punom osvjetljenju (ali podnosi i laganu zasjenu) i može podnijeti zagađenja koja dolaze iz urbanih središta, posolicu blizu obale i temperature oko -10 °C.

Zasnivanje usjeva

Brnistru nije teško razmnožavati. Može se saditi koristeći reznice, sjeme ili presadnice. Reznice od mekog drveta uzete početkom ljeta lako se zakorjenjuju ; polu-tvrde reznice uzete u kasnije ljeto i reznice tvrdog drva uzete u jesen također se uspješno zakorjenjuju. Te reznice se zatim sade u listopadu ili veljači. Izravno razmnožavanje brnistre sjemenom slično je razmnažanju drugih mahunarki koje imaju tvrdo sjeme (potrebna skarifikacija sjemena). Presadnice se mogu saditi na različite razmake unutar i između redova. Najbolji rezultati zabilježeni su kod razmaka među biljkama 1 m x 1 m (gustoća sklopa 10.000 biljaka/ha). Razmnožavanje sjemenkama je najlakši i najjeftiniji način uzgajanja brnistre. Najbolje vrijeme za sjetvu je kasna jesen (studen) ili kasna zima (veljača). Ako se predviđa jaka invazija korova, kasna sjetva je poželjna. Sjetva se može obaviti s normalnim sijačicama za sjetvu trava s prikladnom regulacijom parametara (gustoća sklopa, količina sjemena, promjer sjemena). Postupak uključuje dobru pripremu tla za sjetvu, s uklanjanjem kamenja i stvaranjem finog oraničnog sloja. Sjeme se mora pripremiti prije sjetve (tretirati kemijski ili mehanički). Presadnice se lako pripremaju i na otvorenom i u stakleniku. Reznice stabljika zahtijevaju više njege, i bolje ih je izrezati na komade u kasnu jesen i sačuvati u hladnjaku. Hormonska aplikacija (hormoni rasta) preferira se prije sadnje da se pospješuje zakorjenjivanje. Sadnja reznica stabljika ili prijesadnica zahtijeva duboko oranje kako bi se osigurao dobar kontakt između korijena i dubokog tla a priprema površine i uklanjanje kamena manje su važni. Prije sadnje, potrebno je redove u koje ćemo saditi prijesadnice ili reznice stabljika duboko uzorati na odabrani razmak. Kompletan postupak sadnje može se realizirati korištenjem postojećih sadilica za presadnice (povrće). Najbolje vrijeme za sadnju je od kasnog siječnja do kraja ožujka, kada nema problema s korovom. Ako je tlo vrlo kamenito, s velikim kamenjem, lakše i brže je posaditi brnistru u rupe. Sadnice ili reznice stavljaju se u rupe duboke 5-10 cm i prekrivaju se tlom. Ove operacije moraju se izvoditi ručno. Sadnja u rupe je manje mehanizirana i usporava početni rast mladih biljaka. Ova tehnika je povoljna pri laganim proljetnim kišama, koje pospješuju zakorjenjivanje i primanje biljaka. Sadnice i reznice počinju rasti godinu ranije od sjemena i uniformnije zatvaraju red. Kulture kratkih ophodnji u šumarstvu su jezgro tehnike kultivacije ove kulture. Cilj je da cijeli ciklus proizvodnje minimizira probleme agrotehnike i smanji troškove gotovog proizvoda (drvena sječka). Da bi se taj cilj postigao potrebno je raditi s vrlo velikom gustoćom biljaka na plantažama (od 10 000 do 20 000 biljaka / ha) i s vrlo kratkim ciklusima rezidbe (3 godine). S obzirom na utjecaj brnistre na okoliš, žetva pred ljeto pomoći će u prevladavanju problema s požarima. Žetva tijekom najtoplijeg i razdoblja najveće opasnosti od požara znači da se biljni materijal uklanja s polja i zato se smanjuje opasnost od požara. Požnjevene biljke ponovno počinju rasti nakon 20-25 dana. Zabilježeno je malo bolesti na biljkama brnistre, i nijedan nije vrlo čest problem.

Gnojidba

Brnistru nije potrebno gnojiti (brnistra fiksira dušik).

Žetva, prinos i korištenje

Optimalni ciklus žetve brnistre je 2-3 godine, a prinosi su 6-10 t ST/god. Brnistra treba biti košena u 2 do 3-godišnjim ciklusima. Mehanička žetva može se izvesti samo ako je promjer stabljike ispod određene vrijednosti: mali promjer stabljike mladih biljaka omogućava mehaniziranu berbu posebnim kombajnima za žetvu koji će prevladati ovo glavno usko grlo cjelokupne šumarske proizvodnje. Brnistra sama ili pomiješana s drugim sirovinama može kroz posebne postupke proizvoditi, nekoliko tržišnih gotovih proizvoda kao što su biogoriva, papirna pulpa, tekstil, kompozitni materijali i agrokompost. Najbolje iskorištavanje brnistre treba stvoriti inovativne putove, od žetve do finalnih tretmana, za ekstenzivni uzgoj plantaža brnistre na marginalnim tlima pogodnim za proizvodnju industrijskih sirovina; ekoloških, krutih goriva bez dima; i biljnih vlakana pogodnih za biokompozite i / ili papirnu pulpu. Druga je mogućnost korištenje biomase brnistre za proizvodnju agrokomposta pogodnih za poboljšanje kvalitete tla. Kemijska i fizikalna analiza čipsa suhe brnistre podupire veliko zanimanje za ovu vrstu kao moguću sirovinu za tekuća biogoriva. Analize potvrđuju dobre osobine brnistre kao biogoriva, pogotovo zbog odsutnosti sumpora. Također, postoji interes za pretvaranje grančica brnistre u vlakna za izradu odjeće i tekstila. Kompozitni materijali, koji koriste biljna vlakna umjesto fosilnih vlakna čine trenutno najperspektivniju primjenu vlakana brnistre. Konkretno, automobilska i zrakoplovna industrija vrlo su zainteresirani za razvoj novih prikladnih materijala za vanjsku i unutarnju karoseriju koji se dobivaju iz biljnih vlakana.

ENERGETSKE KULTURE

Miscanthus x giganteus (miskantus ili kineski šaš)

Rod: *Miscanthus*

Porodica: trave (*Poaceae*)

Prirodni hibrid *Miscanthus x giganteus* višegodišnja je drvenasta trava s rizomima, podrijetlom iz istočne Azije (slika 3). U Europu je unesen kao ukrasna biljka. Spada u grupu C₄ biljaka. Naraste 2.5 - ≥ 3.5 m. Cvate između rujna i studenog, a metlica ne proizvodi sjeme (sterilna biljka). Životni vijek miskantusa je najmanje oko 25 godina. Miskantus je visoko rodna biljka, bogata ligninom i lignoceluloznim vlaknima, što je izvrsna sirovina za proizvodnju biogoriva (bioetanol, kruta goriva) ili vlakana. Sadržaj lignoceluloznog sastava kod biomase miskantusa kreće se oko 20-50% celuloze, 20-40% hemiceluloze te 20-30% lignina, dok se donja ogrjevna vrijednost kreće oko 17 MJ/kg. Osim visokog prinosa ima dobru učinkovitost korištenja vode i niske zahtjeve za gnojivima, a nije osjetljiv na bolesti i štetnike.



Slika 3. *Miscanthus x giganteus* neposredno pred jesensku žetvu

Ekološki uvjeti

Miskantus je odlično prilagođen različitim ekološkim uvjetima. Ima jaku otpornost na vrućinu, mraz, sušu i poplavu. Vegetacijska sezona mu traje od zadnjeg proljetnog mraza do prvog jesenskog mraza. Na temperaturama ispod $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ razvijeni izbojci i listovi odumiru. Pojavom jesenskog mraza zrenje usjeva se ubrzava, hraniva se iz nadzemnih dijelova premještaju u rizome i počinje sušenje biljke. Iako miskantus preferira toplije klimate dokazano može učinkovito rasti diljem Europe. Potrebno mu je preko 500-700 mm vode tijekom vegetacije za maksimalan prinos oko 30 t ST/ha. Uspješno raste na tlima s visokom razinom podzemne vode.

Miskantus uspješno raste na većini oraničnih tala. Važno je da tlo može izdržati mehanizaciju tijekom žetve, tako da hladna, teška tla i plavljena tla nisu prikladna za njegov uzgoj. Optimalni pH tla je između 5.5 i 7.5. U Hrvatskoj su marginalna tla nepogodna za ozbiljniju poljoprivrednu proizvodnju dozvoljena za uzgoj ove kulture. Najprikladnija tla za uzgoj miskantusa su pješčane ili praškaste ilovače s dobrim kapacitetom za zrak, visokim kapacitetom za vodu i visokim sadržajem organske tvari. Nisu prikladna ni plitka tla u kombinaciji s dugim, sušnim razdobljem tijekom ljeta, zbog smanjenih prinosa.

Zasnivanje usjeva

Kod zasnivanja miskantusa treba voditi računa da se radi o dugotrajnoj kulturi (najmanje 15 godina) pa obradi tla treba posvetiti posebnu pozornost. Zbog velike opasnosti od zakorovljavanja nasada u godini sadnje, uklanjanju korova treba pristupiti već na predkulturi. Prije dubokog oranja dobro je primijeniti jedan od totalnih herbicida, zbog suzbijanja višegodišnjih korova. Najbolje je koristiti jedan od sustava obrade tla za jare kulture koji uključuje duboko jesensko oranje na dubinu oko 30 cm (pa i dublje ako je moguće). Odmah nakon prestanka zime, a pogotovo ako se tlo nalazi u stanju ugorenosti od mraza, brazda se može zatvoriti. Ako do sadnje miskantusa (najčešće kraj travnja u kontinentalnom području) niknu korovi, treba ih ukloniti kultivacijom ili kemijskim putem. Miskantus se razmnožava vegetativno pomoću rizoma (ili reznica rizoma) ili presadnica koji se koriste za izravnu sadnju u polju. Reznica rizoma 10- 20 cm dužine s puno pupova sade se na dubinu od 15-20 cm. Poželjno je da se rizomi za sadnju što kraće skladište poslije vađenja iz tla. Reznice rizoma uspješno se sade sadilicama krumpira, dok se povrćarske sadilice koriste za sadnju presadnica. Preporučeni međuredni (i unutar redni) razmak sadnje je 0.7-1.0 m. U prvoj godini miskantus raste sporo i ne žanje se na kraju sezone. Mora se voditi računa o korovima zbog velikog razmaka među biljkama. Od druge godine nadalje, usjev brzo prekiva tlo te je opasnost od zakorovljavanja usjeva vrlo mala. Rok sadnje rizoma može biti od ožujka do svibnja, ovisno o klimatu, dok je rok sjetve za presadnice kasni travanj do svibnja zbog izbjegavanja mraza i boljeg sklopa. Nije agresivna biljka, slabo se širi se izvan oraničnog prostora.

Gnojidba

Miskantus ima sposobnost mobilizacije i remobilizacije hraniva između nadzemnih i podzemnih organa što omogućava žetvu biomase niskog sadržaja hraniva i nisku razinu gnojidbe. Dovoljno je 50 kg N, 21 kg P₂O₅ i 45 kg K₂O po ha godišnje za osiguranje dobrog prinosa. Gnojiva se apliciraju poslije žetve prethodnog porasta, a prije kretanja nove vegetacije u proljeće.

Žetva, prinos i korištenje

Rok žetve je od studenog (poslije pojave prvih jačih mrazova) pa sve do početka novog ciklusa vegetacije (ožujak, travanj). Može pokositi i balirati ili usitniti koristeći silo kombajn. Puni prinos postiže najčešće u 3. godini uzgoja. U našim uvjetima prinosi su 20-40 t ST/ha ovisno o lokaciji uzgoja. Biomasa miskantusa se koristi primarno kao kruto biogorivo (pelete, sječka, briketi) ili za dobivanje bioetanol.

Sida hermaphrodita (Virdžinijski sljez)

Rod: Sida

Porodica: *Malvaceae* (sljezovi)

Sida je prirodno raširena po prerijama Sjeverne Amerike (slika 4). Raste na pjeskovitim ili kamenitim tlima s malom količinom organske tvari i proizvodi relativno velike količine biomase na laganim tlima niske plodnosti. Obzirom da pohranjuje asimilate u veliku mrežu podzemnih stabljika (rizoma) jako konkurentna postaje u 2. godini rasta čime se značajno smanjuju potrebe za kontrolom korova. Osim toga, veliki korijenov sustav ovog višegodišnjeg usjeva u marginalnim tlima omogućava učinkovito korištenje ograničenih hraniva i vode. Trenutno se najviše koristi kao energetska kultura u Poljskoj, gdje su prinosi biomase na oraničnim tlima usporedivi s prinosima miskantusa. Uzgaja se zbog lignoceluloznih vlakana, kao krma za stočarstvo i kao medonosna biljka. Do danas nije utvrđena invazivno ponašanje ove vrste, što se vjerojatno može objasniti niskom klijavošću sjemena i slabom prodornošću klijanaca. Također se koristi i u proizvodnji celuloze i papira, a sadržaj celuloze, smola i voska u stabljici su usporedive sa smrekom i borom. Sadržaj lignoceluloznog sastava kod biomase Virdžinijskog slijeza kreće se oko 20-40% celuloze, 25-35% hemiceluloze te 20-25% lignina, dok se donja ogrjevna vrijednost kreće oko 16 MJ/kg. Sadrži i supstance slične medicinskom gavezu pa se može koristiti u farmaceutskoj industriji. Može se uzgajati na kemijski degradiranim tlima, uključujući i smetlišta. Dugotrajnost nasada, jednostavnost uzgoja i velike sposobnosti prilagodbe na različite klimatske uvjete i uvjete tla ukazuju na velike potencijalne mogućnosti korištenja ove vrste.



Slika 4. *Sida hermaphrodita* pred cvatnju

Ekološki zahtjevi

Sida hermaphrodita je trajnica (jednom posađena traje više od 15 godina (čak 20-30 godina). Tolerira ekstremne tipove kontinentalne klime, posebno zimske uvjete (zime bez snijega s temperaturama ispod -20°C) te sušne ljetne uvjete ukoliko je godišnja razina oborine minimalno 400-500 mm. Prirodno je raširena na vlažnim staništima kao i na širokom rasponu tipova tla. Može rasti na tlima različitog mehaničkog sastava: muljevite ilovače, pjeskovito-glinaste ilovače i glinaste ilovače. Raspon pH vrijednosti od 5,4-7,5 i sadržaj organske tvari ne utječu na geografsko širenje ove vrste. Zbog niskih zahtjeva za kvalitetom tla može koristiti za uzgoj na tlima slabije kvalitete, nepovoljnim za uzgoj hrane (čak i na pjeskovitim tlima). Ovo svojstvo je posebno važno jer se može koristiti za rekultivacije degradiranih i onečišćenih tala, gdje se i pred nepovoljnih uvjeta može proizvesti preko 10 t ST/ha/god biomase.

Zasnivanje usjeva

Obzirom da se sadi najčešće presadnicama ili reznicama rizoma na velike međuredne razmake i razmake u redu (0,75-1,0 m), velika je opasnost od zakorovljivanja u godini sadnje. Pravilno pripremljeno tlo za sadnju smanjuje taj rizik i u konačnici donosi manje troškove zaštite protiv korova. Najbolje je primijeniti jedan od sustava obrade tla za jare kulture: duboko jesensko oranje na dubinu oko 30 cm (preporuka je prije dubokog oranja primijeniti jedan od totalnih herbicida, zbog suzbijanja višegodišnjih korova), odmah nakon prestanka zime, a pogotovo ako se tlo nalazi u stanju ugorenosti od mraza brazda se može zatvoriti (blanjanjem, drljanjem, tanjuranjem ili kombiniranim oruđima, ovisno o tome u kakvom je stanju). Ako do sadnje (najčešće kraj travnja u kontinentalnom području) niknu korovi, potrebno ih je kultivacijom ili kemijskim putem ukloniti s površine na koju sadimo. Selektivni bi herbicidi znatno uštedjeli vrijeme i trud, ali trenutno nema registriranog herbicida koji bi se mogao koristiti u usjevu Virdžinijskog sljeza. Od druge godine nadalje, usjev značajno prekiva kompletno tlo stoga više nije

nužno brinuti o korovu. Ukoliko se koristi sjeme, sije se oko 25 sjemenki po m² (oko 3 kg/ha). Međutim, zbog uspješnosti zasnivanja nasada (varijabilna klijavost i nicanje) u praksi se najčešće koriste dobro ukorijenjene presadnice, dobivene u staklenicima iz sjemena. Strojna sjetvu sjemena se provodi klasičnim sijačicama za sitnozrnate kulture, dok se za sadnju presadnica koriste sadilice s grudom supstrata. Za zasnivanje usjeva se mogu koristiti i reznice rizoma, jer se biljka prirodno širi iz pupova na rizomima. Reznice rizoma duge oko 25 cm, minimalnog promjera od 1 cm s vidljivim pupovima odličan su sadni materijal. Sadnja rizoma se može provesti adaptiranim sadilicama za krumpir ili sa specijalnim sadilicama za rizome energetskih kultura. Vrijeme sadnje presadnica i rizoma je od travnja pa tijekom cijelog svibnja, ovisno o agroekološkim uvjetima. Važno je da ne postoji opasnost od kasnog mraza koji može oštetiti ili potpuno uništiti presadnice. Potrebni broj presadnica za zasnivanje 1 ha je 13-15.000, a reznica rizoma treba 15-20.000 po ha. Usjev se iz godine u godinu zgušnjava pomoću podzemnog širenja rizoma.

Gnojdba

Obzirom da sida na kraju vegetacijskog razdoblja u jesen spušta hraniva iz nadzemnih biljnih dijelova u podzemne stabljike (rizome) i korijen vjerojatno se vrlo male količine hraniva iznose žetvom nadzemne biomase. Dio hraniva se vraća u tlo i recikliranjem otpalog lišća. Pohranjena hraniva se koriste za ponovno rast nadzemne mase u proljeće pa to vjerojatno objašnjava skromne zahtjeve ove kulture za plodnošću tla. Biljka je manje osjetljiva na nedostatak mineralnih gnojiva u usporedbi s miskantusom, koji je poznat po niskim zahtjevima za dušičnom gnojidbom. S ekonomske točke gledišta, vrlo je važno je da su potrebe za gnojivima vrlo niske u godini zasnivanja nasada. Počevši od druge godine, preporučuje se doza N-P-K po hektaru: 90 kg N, 30-90 kg P₂O₅ i 80-150 kg K₂O. Važno je napomenuti da se u godini sadnje ne primjenjuju nikakva gnojiva koja bi samo povećala konkurentnost različitih korova. U kasnijim godinama uzgoja ove kulture u tlo bi trebalo vratiti barem onoliko hraniva koliko se iznese prinosom. Najbolje vrijeme za primjenu gnojiva je proljeće (poslije žetve prethodnog porasta, ako se koristi proljetni rok žetve), svakako prije početka nove vegetacijske sezone, odnosno prije pojave novih izboja iz tla.

Žetva, prinos i korištenje

Žetva može biti u vrijeme prvih mrazeva u studenom, ali i u veljači i ožujku, svakako prije kretanja nove vegetacije. Prinosi se kreću od 15-20 t ST/ha na pogodnim tlima, do 9 - 11 t ST/ha u teškim uvjetima uzgoja. U prvoj godini uzgoja ne dobiju se ekonomski značajni prinosi biomase, a 3 su godine potrebne za postizanje maksimalnog prinosa. Košnju je moguće obaviti običnim kosilicama za krmu, te silažnim kombajnom. Za formiranje otkosa i baliranje koristi se klasična oprema za spremanje krme.

ELEMENT PROJEKTA 1.: Odabir sirovina, uzgoj i prikupljanje poljoprivredne biomase

Sukladno projektnoj prijavi, unutar elementa projekta 1. Odabir sirovina, uzgoj i prikupljanje poljoprivredne biomase provedene su zadane aktivnosti. Obavljene su sve planirane aktivnosti. Uzorkovanje trave *Arundo donax* nije bilo moguće provesti u ožujku 2020. godine, uslijed zatvaranja slobodnog prolaska između županija uzrokovanog COVID-19 pandemijom.

Aktivnost 1.1. (AFZ i TTF) Odabir i prikupljanje samoniklih kultura

Sukladno projektnom prijavom prikupljanje samoniklih kultura *Arundo donax* i *Spartium junceum* provodeno je u različitim rokovima žetve. Uzorkovanje trave divovske trske (*Arundo donax*) provedeno je temeljem istih faza uzorkovanja kao i u slučaju energetske kulture iz poljskog uzgoja. Jedina razlika u odnosu na energetske kulture čini odabir mikro lokacije, odnosno mjesta uzorkovanja prirodne populacije. Iz toga razloga utvrđivanje sastavnica prinosa (visina biljke i broj izboja) provedeno je za svaki zasebni rok žetve. Kako je prethodno i navedeno, terenska istraživanja tijekom ožujka 2020. nije bilo moguće provesti zbog zabrane kretanja unutar Republike Hrvatske. Uzorkovanje biomase trave *Arundo donax* provedeno je u svim ostalim prijavljenim rokovima žetve, odnosno tijekom siječnja i studenog 2020., te siječnja i ožujka 2021. Za razliku od divovske trske (*Arundo donax*), predviđeni rokovi uzorkovanja *Spartium junceum* su kolovoz, 2020. i 2021. godine. Obzirom da se brnistra morfološki u potpunosti razlikuje od svih prethodnih kultura, samo uzorkovanje se provodi nešto drugačijom metodologijom, i to u IV faze: (I) žetva vršnih izboja do drvenastog dijela biljke, (II) utvrđivanje dužine vršnih izboja, (III) vaganje biomasa i (IV) uzimanje poduzoraka za daljnja istraživanja.

a) *Arundo donax* L.

Nakon definiranja lokacija nicanja samonikle kulture *Arundo donax* L. provedeno je uzorkovanje unutar prirodne populacije na otoku Pagu, općina Kolan (slika 1.1.1).



Slika 1.1.1. Prirodno stanište kulture *Arundo donax*

Rokovi uzorkovanja trave *Arundo donax*

Na slikama 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4 i 1.1.5 prikazane su pojedine faze uzorkovanja divovske trske.

I rok žetve I godina projekta: siječanj, 2020.



Slika 1.1.2 Pojedine faze uzorkovanja

I rok žetve I godina projekta: studeni, 2020.



Slika 1.1.3. Pojedine faze uzorkovanja

II rok žetve II godina projekta: siječanj, 2021.



Slika 1.1.4. Pojedine faze uzorkovanja

III rok žetve II godina projekta: ožujak, 2021.



Slika 1.1.5. Pojedine faze uzorkovanja

b) *Spartium junceum* L.

Prikupljanje brnistre provedeno je unutar prirodne populacije u okolici grada Šibenika (slika 1.1.6).



Slika 1.1.6. Prirodno stanište brnistre

Rokovi uzorkovanja vrste *Spartium junceum*

Na slikama 1.1.7 i 1.1.8 prikazani su pojedini rokovi uzorkovanja brnistre.

I rok žetve I godina projekta: kolovoz, 2020.



Slika 1.1.7. Pojedine faze uzorkovanja

Aktivnost 1.2. (AFZ) Uzgoj i prikupljanje energetske kulture

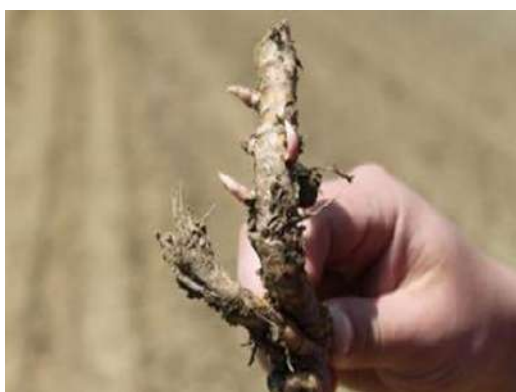
Prema projektnoj prijavi uzorkovanje biomase energetske kulture u 2020. i 2021. predviđeno je ukupno pet rokova žetve, i to tri u 2020. (studeni, ožujak, listopad) i dva u 2021. godini (siječanj, ožujak).

Dekade uzorkovanja koncipirane su temeljem fizioloških procesa koji se odvijaju u samim biljkama. Pomicanjem roka žetve od jeseni prema proljeću (tijekom mirovanja vegetacije) dolazi do procesa prirodnog sušenja i promjena u kemijskom sastavu biomase.

Poljsko istraživanje provedeno je u V zasebnih faza: (I) brojanje izboja po jedinici površine, (II) žetva motornom pilom, (III) vaganje prinosa zelene biomase, (IV) mjerenje visine biljke (V) uzimanje poduzorka za daljnju analizu. **Prinosi biomase** utvrđeni su u zimskom (siječanj, 2020. i 2021.), proljetnom (ožujak, 2020. i 2021.) i jesenskom roku (studeni, 2020. i 2021.), žetvom i daljnjom kalkulacijom obračunske parcele unutar pokusnog polja. **Visina biljaka** i **broj izboja** utvrđeni su tijekom jeseni 2020. i 2021. na 10 slučajno odabranih mjesta po osnovnoj parceli. Visina biljke mjerila se od razine tla do vrha, a broj izboja prebrojavanjem stabljika na površini od 1 m². Nakon vaganja pokošene zelene biomase uzeti su poduzorci od približno 1 kg sasjeckane biomase. Isti postupak proveden je za obje istraživane kulture u svim predviđenim rokovima žetve.

a) *Miscanthus x giganteus*

Pokusno polje s travom *Miscanthus x giganteus* posađeno u travnju 2011. godine na pokušalištu Agronomskog fakulteta na Medvednici. Korištene su reznice rizoma (slika 1.2.1) posađene na razmak 1 m (između i unutar redova), primjenom adaptirane poluautomatske sadilice za krumpir (slika 1.2.2). Nasad se uspješno razvio što se može vidjeti i na slikama 1.2.3 i 1.2.4 koje pokazuju pokusno polje u prvoj i desetoj godini uzgoja.



Slika 1.2.1. Reznice rizoma



Slika 1.2.2. Sadilica za rizome



Slika 1.2.3. Nasad u 2011. godini



Slika 1.2.4. Nasad u 2020. godini

Rokovi uzorkovanja trave *Miscanthus x giganteus*

Na slikama 1.2.5, 1.2.6, 1.2.7, 1.2.8 i 1.2.9 prikazani su pojedini rokovi uzorkovanja miskantusa.

I rok žetve I godina projekta: siječanj, 2020.



Slika 1.2.5. Pojedine faze uzorkovanja

II rok žetve I godina projekta: ožujak, 2020.



Slika 1.2.6. Pojedine faze uzorkovanja

I rok žetve II godina projekta: studeni, 2020.



Slika 1.2.7. Pojedine faze uzorkovanja

II rok žetve II godina projekta: siječanj, 2021.



Slika 1.2.8. Pojedine faze uzorkovanja

III rok žetve II godina projekta: ožujak, 2021.



Slika 1.2.9. Pojedine faze uzorkovanja

b) *Sida hermaphrodita*

Pokusno polje s kulturom *Sida hermaphrodita* postavljena je na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Maksimiru tijekom travnja 2017. godine. *Sida* je ručno posađena presadnicama (slika 1.2.10) s grudom supstrata (slika 1.2.11) na razmak 0,75 m unutar i između redova. Presadnice su se uspješno zakorijenile te je vidljiva značajna razlika u morfološkim svojstvima u odnosu na travu *Miscanthus x giganteus*. Nasad se uspješno razvio što je vidljivo na slikama 1.2.12 i 1.2.13 koje pokazuju pokusno polje u prvoj i trećoj godini uzgoja.



Slika 1.2.10. Ručna sadnja pokusnog polja



Slika 1.2.11. Presadnice



Slika 1.2.12. Nasad u 2017. godini



Slika 1.2.13. Nasad u 2020. godini

Rokovi uzorkovanja *Sida hermaphrodita* (Virdžinijski slijez)

Na slikama 1.2.14, 1.2.15, 1.2.16, 1.2.17, i 1.2.18. prikazani su pojedini rokovi uzorkovanja Virdžinijskog slijeza.

I rok žetve I godina projekta: siječanj, 2020.



Slika 1.2.14. Pojedine faze uzorkovanja

II rok žetve I godina projekta: ožujak, 2020.



Slika 1.2.15. Pojedine faze uzorkovanja

I rok žetve II godina projekta: studeni, 2020.



Slika 1.2.16. Pojedine faze uzorkovanja

II rok žetve II godina projekta: siječanj, 2021.



Slika 1.2.17. Pojedine faze uzorkovanja

III rok žetve II godina projekta: ožujak, 2021.



Slika 1.2.18. Pojedine faze uzorkovanja

Temeljem svih prikazanih mjerenja, u tablici 1 dat je prikaz svih provedenih terenskih istraživanja i prikupljenih uzoraka istraživanih energetske i samonikne kulture za Aktivnosti 1.1. i 1.2. Nadalje, provedene su i analize tla na lokacijama istraživanih energetske i samonikne kulture. U tablici 2 dat je prikaz analize tla i to kakvoće tla kroz određivanje pH vrijednosti, humus, ukupni dušik, fosfor i kalij.

Kakvoća tla kroz analize pH vrijednosti predstavlja jednu od važnijih značajki tla i odnosi se stupanj kiselosti odnosno lužnatosti te se kreće od $< 4,5$ (jako kisela reakcija) do $> 7,2$ (alkalna reakcija). Opći pokazatelj plodnosti tla je **sadržaj humusa** i odnosi se na organsku tvar tla koja utječe na fizikalna, kemijska, biološka svojstva tla. Utvrđene razine humusa su temelj za ocjenu humoznosti tla koji može biti od < 1 (vrlo slabo humusno) do > 1 (vrlo jako humusno). **Dušik** se u tlu pojavljuje u različitim organskim i anorganskim oblicima, a samo su mineralni oblici izravno dostupni biljkama. Predstavlja jedan od najvažnijih elemenata u ishrani poljoprivrednih kultura te obzirom na opskrbljenosti tla organskim dušikom tlo njegova vrijednost može biti od $< 0,06$ (slabo opskrbljeno) do $> 0,30$ (vrlo bogato opskrbljeno). Uz dušik, **fosfor i kalij** su najvažniji biogeni element, kojima je izvor samo tlo. Biljke iznose fosfor i kalij prinosom u velikim količinama, pa je gnojidba fosforom i kalijem redovna agrotehnička mjera poljoprivredne proizvodnje. Klasifikacija se temelji na opskrbljenosti tla pristupačnim fosforom i kalijem i može biti od < 5 (vrlo slaba) do $> 40,1$ (vrlo bogata)

Tablica 1. Prikaz svih provedenih terenskih istraživanja i prikupljenih uzoraka biomase istraživanih kultura unutar Aktivnosti 1.1. i 1.2.

I GODINA ISTRAŽIVANJA – 2020.			
Kultura/Vrijeme uzorkovanja	II rok - siječanj, 2020.	III rok – ožujak, 2020.	
Energetske kulture			
<i>Miscanthus x giganteus</i>	DA	DA	
<i>Sida hermaphrodita</i>	DA	DA	
Samonikle kulture			
<i>Arundo donax</i>	DA	NE*	
<i>Spartium junceum**</i>	DA		
II GODINA ISTRAŽIVANJA – 2020./2021.			
Kultura/Vrijeme uzorkovanja	I rok - studeni, 2020.	II rok – siječanj, 2021.	III rok – ožujak, 2021.
Energetske kulture			
<i>Miscanthus x giganteus</i>	DA	DA	DA
<i>Sida hermaphrodita</i>	DA	DA	DA
Samonike kulture			
<i>Arundo donax</i>	DA	DA	DA
<i>Spartium junceum</i>	DA		

* Zabrana napuštanja matične županije ** uzorkovanje provedeno u kolovozu 2020.;

Tablica 2. Prikaz analize i reakcije tla na lokacijama uzorkovanja kultura unutar Aktivnosti 1. i 2.

Analiza	Metoda	Energetske kulture		Samonikle kulture		
		<i>Miscanthus x giganteus</i>	<i>Sida hermaphrodita</i>	<i>Arundo donax</i>	<i>Spartium junceum</i>	
		Lokacija				Šibenik – okolica (Šibensko-kninska županija)
		Medevenica (Krapinsko zagorska županija)	Maksimira (grad Zagreb)	Kolan – Pag (Zadarska županija)		
Kakvoća tla -određivanje pH vrijednosti (H ₂ O)	HRN ISO 10390:2005	5,12	7,95	8,29	Obzirom da je uzorkovanje biomase kulture <i>Spartium junceum</i> bilo provedeno u uvjetima krša analizu tla nije bilo moguće provesti.	
Humus (%)	Bikromatna metoda po Tjurinu (Škorić,1982)	1,73	1,44	1,38		
Ukupni dušik %	HRN ISO 11261:2004	0,18	0,12	0,12		
Fosfor - P ₂ O ₅ (5 mg/100g)	AL- metoda, (Egner i sur., 1960)	4,35	17,65	3,21		
Kalij - K ₂ O (6 mg/100g)	AL- metoda, (Egner i sur., 1960)	17,2	13,6	12,2		

Aktivnost 1.3. (AFZ i TTF) Ispitivanje kvalitete biomase za potrebe proizvodnje biokompozita i bogoriva

Utvrđivanje morfološko – gospodarskih svojstava istraživanih kultura (AFZ i TTF)

Nakon poljskih istraživanja morfoloških svojstava visina biljke, broj izboja, prinos zelene mase (prikazanih u tablici 3) svi su poduzorci izvagani (slika 1.3.1) te stavljeni na sušenje 48 sati na 60°C (slika 1.3.2). Nakon sušenja poduzorci su ponovno izvagani (slika 1.3.3), kako bi se mogao utvrditi udio vlage u biomasi te izračunati prinos suhe tvari izražen po jedinici površine.



Slika 1.3.1. Vaganje mase uzorka prije sušenja



Slika 1.3.2. Sušenje biomase



Slika 1.3.3. Vaganje mase uzorka nakon sušenja

Tablica 3. Prikaz provedenih istraživanja morfoloških i gospodarskih svojstava istraživanih kultura

I GODINA ISTRAŽIVANJA – 2020.			
Kultura/Vrijeme uzorkovanja	II rok - siječanj, 2020.	III rok – ožujak, 2020.	
Energetske kulture			
<i>Miscanthus x giganteus</i>	VB, BI, PB, %ST	PB, %ST	
<i>Sida hermaphrodita</i>	VB, BI, PB, %ST	PB, %ST	
Samonikle kulture			
<i>Arundo donax</i>	VB, BI, PB, %ST	NE*	
<i>Spartium junceum**</i>	PB, DI, %ST		
II GODINA ISTRAŽIVANJA – 2020./2021.			
Kultura/Vrijeme uzorkovanja	I rok - studeni, 2020.	II rok – siječanj, 2021.	III rok – ožujak, 2021.
Energetske kulture			
<i>Miscanthus x giganteus</i>	VB, BI, PB, %ST	PB, %ST	PB, %ST
<i>Sida hermaphrodita</i>	VB, BI, PB, %ST	PB, %ST	PB, %ST
Samonikle kulture			
<i>Arundo donax</i>	VB, BI, PB, %ST	VB, BI, PB, %ST	VB, BI, PB, %ST
<i>Spartium junceum</i>	PB, DI, %ST		

Visina biljaka (VB), broj izboja (BI), prinos biomase (PB), udio suhe tvari (%ST), dužina izboja (DI);

* Zabrana napuštanja matične županije - COVID

REZULTATI POLJSKIH ISTRAŽIVANJA

Rezultati poljskih istraživanja prikazani su u tablicama 4. – 7.

Tablica 4. Sastavnice prinosa biomase energetskih kultura

Parametri	Miskantus		Sida	
	Broj izboja / m ²	Visina biljke (m)	Broj izboja / m ²	Visina biljke (m)
Prva godina istraživanja – 2020.				
Siječanj, 2020.	70,14	2,95	18,25	3,25
	75,95	2,68	13,25	3,87
	63,52	3,02	15,64	2,58
	52,80	3,05	21,54	2,68
	62,35	2,57	15,65	3,29
	65,34	2,74	18,58	2,45
	86,43	2,67	15,25	3,58
	81,57	2,55	19,25	3,01
	79,20	2,78	20,28	3,14
	76,00	2,45	17,25	2,88
Prosjek	71.33	2.75	17.50	3.11
Druga godina istraživanja – 2020./2021.				
Studeni, 2020.	68,52	2,84	18,55	2,46
	65,35	3,05	15,56	2,82
	65,77	3,71	18,25	2,23
	58,02	3,14	22,21	2,02
	61,38	2,75	19,65	2,58
	72,85	3,14	21,25	2,95
	75,41	3,25	16,50	2,67
	83,02	3,21	15,55	2,14
	77,28	3,01	14,21	2,55
	74,04	2,85	23,25	2,78
Prosjek	70.16	3.10	18.49	2.52

Tablica 5. Prinos suhe tvari i suha tvar biomase energetskih kultura

Parametri	Miskantus		Sida	
	Prinos suhe tvari (t/ha)	Suha tvar (%)	Prinos suhe tvari (t/ha)	Suha tvar (%)
Prva godina istraživanja – 2020.				
I rok - siječanj, 2020.	30,25	72,52	8,52	61,25
	28,81	71,57	8,60	61,21
	32,23	71,14	8,21	62,64
Prosjek	30.43	71.74	8.44	61.70
II rok – ožujak, 2020.	18,98	84,65	7,68	80,51
	20,01	85,01	7,21	80,28
	19,85	85,47	7,44	79,24
Prosjek	19.61	85.04	7.44	80.01
Druga godina istraživanja – 2020./2021.				
I rok - studeni, 2020.	38,85	41,58	9,24	50,48
	40,12	41,85	9,99	49,58
	37,25	42,02	9,57	50,10
Prosjek	38.74	41.82	9.60	50.05
II rok – siječanj, 2021.	31,22	77,58,	8,15	67,54
	30,89	76,52	8,58	67,85
	30,74	77,04	7,90	67,74
	30.95	76.78	8.21	67.71
III rok – ožujak, 2021.	19,58	87,12	7,35	89,02
	18,85	87,42	7,28	89,58
	20,01	86,42	7,75	88,47
Prosjek	19.48	86.99	7.46	89.02

Tablica 6. Sastavnice prinosa biomase samoniklih kultura

Parametri	Arundo		Brnistra	
	Broj izboja / m ²	Visina biljke (m)	Broj biljka / m ²	Dužina izboja (m)
Prva godina istraživanja – 2020.				
Siječanj, 2020.	32	3,32	111	1,32
	22	2,54	89	1,45
	27	4,58	75	1,09
	19	3,78	120	0,89
	25	2,47	48	1,39
	32	3,05	98	1,34
	18	3,25	72	1,59
	22	4,01	71	1,29
	34	3,54	99	1,57
	31	3,21	102	1,14
Prosjek	26	3.37	88,5	1,31
Druga godina istraživanja – 2020./2021.				
Studeni, 2020.	30	2,95	72	1,52
	25	3,21	82	1,42
	19	3,25	109	1,39
	32	3,78	100	1,54
	25	3,74	54	1,19
	34	2,58	76	1,64
	29	3,40	63	1,49
	35	3,25	55	1,4
	28	2,85	110	1,47
	19	2,75	86	1,34
Prosjek	27	3.18	80,7	1,44

Tablica 7. Prinos suhe tvari i suha tvar biomase samoniklih kultura

Parametri	Arundo		Brnistra			
	Prinos suhe tvari (t/ha)	Suha tvar (%)	Rok žetve	Prinos suhe tvari (t/ha)	Suha tvar (%)	
Prva godina istraživanja – 2020.						
II rok - siječanj, 2020.	29,05	68,52	Kolovoz, 2020.	3,15	53,25	
	11,18	72,57				
	38,21	70,14				
	26.15	70.41		2,58	53,25	
II rok – ožujak, 2020.	-	-		Prosjeak	2,28	53,09
	-	-				
	-	-				
Druga godina istraživanja– 2020./2021.						
I rok - studeni, 2020.	18,25	45,54	Kolovoz, 2020.	2,68	54,05	
	28,34	48,74				
	43,25	46,05				
	29.95	46.78		2,34	52,05	
II rok – siječanj, 2021.	25,27	68,34				
	12,78	65,60				
	33,15	63,14				
	23.73	65.69	1,89	53,85		
III rok – ožujak, 2021.	7,52	79,25				
	32,35	78,24				
	28,28	80,24				
Prosjeak	22.72	79.24	Prosjeak	2,30	53,32	

Uzorki biomase su nakon sušenja pakirani i skladišteni za daljnje analize predviđene projektom (slika 1.3.4)



Slika 1.3.4. Skladištenje uzorka nakon sušenja

Nakon označavanja svakog pojedinačnog uzorka isti je pripremljen (usitnjen i odvagano) (slika 1.3.5) za daljnji postupak i to za potrebe dobivanja čestica meljavom. Prvo je obavljena gruba meljava (slika 1.3.6), a potom fina meljava (slika 1.3.7) na laboratorijskim mlinovima prikladnim za tu namjenu. Na slici 1.3.8 prikazani su uzorki pripremljeni za laboratorijske analize.



Slika 1.3.5. Usitnjavanje poduzorka



Slika 1.3.6. Grubo mljevenje



Slika 1.3.7. Fino mljevenje



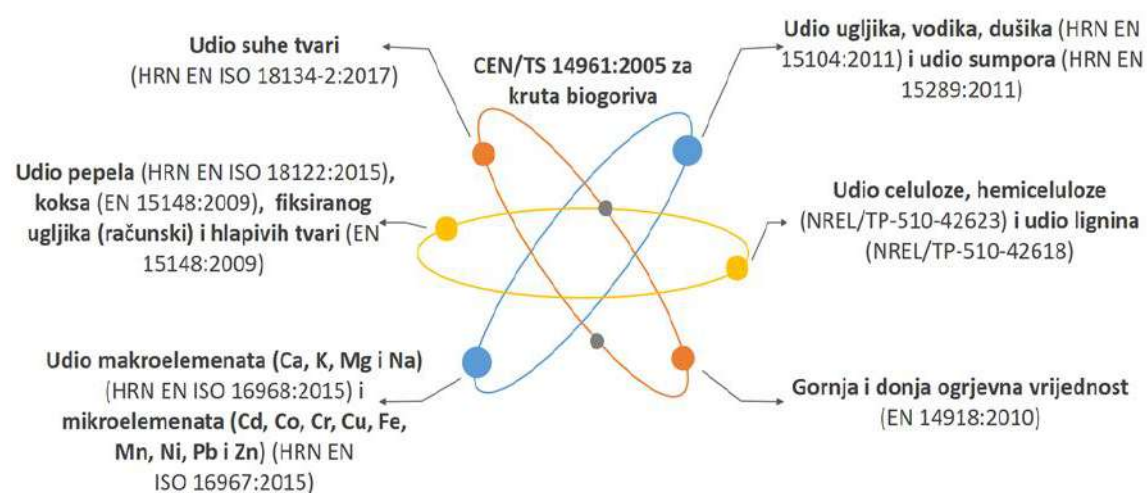
Slika 1.3.8. Biomasa za laboratorijska istraživanja

Utvrđivanje energetske svojstva i sastava istraživane biomase

Biomasa, kao i njeni produkti, obnovljiv je izvor energije i dovoljno sličan krutim fosilnim gorivima, koja nakon prerade omogućava njihovu djelomičnu zamjenu. Osim što se korištenjem biomase dobiva energija, također se na ekološko prihvatljiv način zbrinjava i iskorištava otpad i ostatak iz poljoprivrede i drugih industrijskih djelatnosti.

Biomasa je moguće pretvoriti u energiju različitim procesima ovisno o vrsti i kakvoći sirovine; željenom obliku energije; načinu upotrebe, okolišnim normama, ekonomskim mogućnostima i drugim. Najčešći odlučujući čimbenici su željeni oblik energije te vrsta i kvaliteta sirovine.

Da bi određena vrsta sirovine (*Miscanthus x giganteus*, *Sida hermaphrodita*, *Arundo donax* L., *Spartium Junceum* L.) i postala potencijalni izvor energije u obliku biomase, moraju se utvrditi njene fizikalno – kemijske, strukturalne te ogrjevne vrijednosti zbog boljeg uvida u energetske isplativost kod proizvodnje zelene energije (slika 1.3.9).



Slika 1.3.9. Prikaz provedenih analiza na biomasi u svrhu određivanja energetske karakteristika biomase

Priprema uzoraka za analizu

Nakon zaprimanja uzoraka u laboratorij, uzorci su **obilježeni i upisani** zajedno s pripadajućim podacima (naziv uzorka, datum prikupljanja, te šifra uzorka - kojom se uzorak označava kod provođenja svih analiza - slika 1.3.10).



Slika 1.3.10. Uzorci označeni i pripremljeni za analize

Određivanje veličine čestica uzoraka prosijavanjem

Raspodjela veličine čestica (prosijavanje) je metoda kojom se nakon mljevenja uzorka određivala distribucija čestica te su se odvojile frakcije određenih veličina za daljnje analize. Distribucija čestica provodila se prema modificiranoj standardnoj metodi pomoću sito tresilice (slika 1.3.11), sa sitima poroziteta 2 mm, 1,25 mm, 630 μm , 300 μm , 160 μm . Nakon čega se utvrđivao udio pojedinih čestica.



Slika 1.3.11. Sito tresilica (AS 200, Retsch GmbH, Njemačka)

Na tehničkoj vagi odvagane su mase praznih sita i dna te 100 g uzorka. Sita su posložena prema veličini na sito tresilicu te se u njih stavio odvagnuti uzorak. Uzorak je podlegnut trešnji, amplitude 1 mm u trajanju od 10 minuta. Po završetku na situ su ostale čestice uvjetovane veličinom sita. Kako bi se odredila distribucija čestica, sita su ponovno izvagana te se izračunao udio (%) pojedinih frakcija (grubih : srednjih : finih).

Uzorkovanje

Uzorkovanjem (metoda četvrtanja) je smanjena količina uzorka razdvajanjem. Usitnjeni uzorak se izvaga kako bi se procijenila potrebna masa za sve analize. Isipao se na radnu površinu te oblikovao u formu stošca, potom u formu diska te se dijagonalno podjelio na 4 jednaka dijela (slika 1.3.12.). Dva su se nasuprotna dijela odbacila, dok se ostatak ponovo miješao i postupak se ponavljao dok se nije dobio uzorak odgovarajuće mase.



Slika 1.3.12. Uzorkovanje uzorka metodom četvrtanje

Nakon provedenih procesa, svaki uzorak bit će analiziran u tri ponavljanja, standardnim metodama, kako bi se osigurala ponovljivost rezultata.

Udio početne suhe tvari i laboratorijske suhe tvari

Suha tvar, jedan je od najvažnijih parametara za određivanje kvalitete biomase, a određuje se neposredno nakon prikupljanja uzoraka.

Suha tvar predstavlja preostali dio biomase nakon uklanjanja sadržaja vode. Viši udio suhe tvari, odnosno niži udio vode, poboljšava kvalitetu biomase. Također s ekonomskog pogleda iskorištavanja biomase u energetske svrhe, visok sadržaj vode povećava ekonomsku bilancu zbog potrebe sušenja biomase (slika 1.3.13).



Slika 1.3.13. Priprema uzoraka za analizu suhe tvari (lijevo); Laboratorijska sušnica Model 30-1060, Memmert, Njemačka (desno)

Početna suha tvar, određuje se kako bi se utvrdilo koliko određena sirovina sadrži vlage neposredno nakon sakupljanja uzoraka te koliko će se energije utrošiti na njeno sušenje prije prerade ili obzirom na količinu vlage koji način pretvorbe biomase u energiju je najprihvatljiviji za određenu vrstu biomase.

Laboratorijska suha tvar određuje se kako bi se odredila vlaga u uzorcima koji će se podvrgnuti ostalim analizama, te kao takva ulazi u sve daljnje proračune.

Standardna metoda za određivanje suhe tvari je HRN EN ISO 18134-2:2017.

Udio pepela

Pepeo je anorganski ostatak goriva nakon potpunog izgaranja. Prilikom spaljivanja u potpunosti izgaraju gorive, organske tvari iz goriva i u porculanskoj posudici ostaje samo mineralna komponenta odnosno pepeo. Sadržaj pepela se određuje iz mase ostatka nakon spaljivanja uzorka. Određivanje sadržaja pepela (Slika 1.3.14) provodi se u mufolnoj peći (Nabertherm B170 Lilienthal, Njemačka), sukladno standardnoj metodi HRN EN ISO 18122:2015. Aparatura koja se koristi je mufolna peć, eksikator, porculanski tanjur, porculanski lončići i analitička vaga.



Slika 1.3.14. Određivanje sadržaja pepela; uzorci prije analize (lijevo), analize pepela u mufolnoj peći (sredina), uzorci nakon analize (desno)

Udio koksa

Koks je ostatak suhe destilacije te je njegov sadržaj poželjno svojstvo sirovine jer predstavlja sekundarni ugljen koji nastaje pri višim temperaturama

Analiza koksa (slika 1.3.15) predstavlja proces u kojem na vrlo visokoj temperaturi dolazi do izgaranja gorivih i hlapivih tvari prilikom čega zaostaje koks. Određivanje udjela koksa određuje prema EN 15148:2009 metodi u mufolnoj peći (Nabertherm B170, Lilienthal, Njemačka). Aparatura koja se koristi je mufolna peć, eksikator, porculanski tanjur, porculanski lončići s poklopcima i analitička vaga



Slika 1.3.15. Analiza koksa (lijevo), uzorci prije i nakon analize (desno)

Udio fiksiranog ugljika

Pojam **fiksirani ugljik (Cfix)** se odnosi na čvrstu frakciju koja ostaje nakon isparavanja hlapivih komponenti. Određuje se sukladno metodi EN 15148:2009.

Udio ukupnog ugljika (C), vodika (H), dušika (N), sumpora (S) i kisika (O) u ulaznim sirovinama

Ugljik (C) je osnovni i najvažniji element svih vrsta goriva. Sadržaj ugljika u biomasi varira u intervalu od 42 % – 71 %, a ogrjevna vrijednost mu se povećava s većim sadržajem ugljika. U gorivu se ne nalazi u slobodnom obliku, već vezan s vodikom, kisikom, dušikom i sumporom ili drugim atomom ugljika.

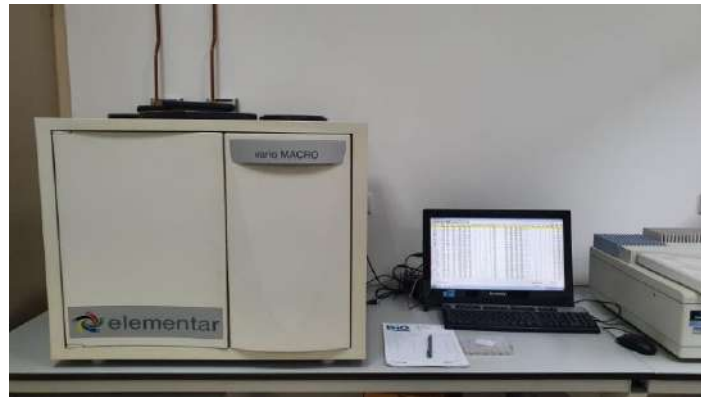
Vodik (H) je drugi najvažniji element u biomasi, a onaj vodik koji je vezan za ugljik, tzv. slobodni vodik, aktivan je u stvaranju biomase, stvaranju vode i oslobađanju topline, te na taj način povećava ogrjevnu vrijednost goriva. U gorivu se nalazi u obliku raznih spojeva, no najčešće kao ugljikovodik ili voda.

Kisik (O) je, kao građevni element, nepoželjan u biomasi jer veže ugljik te na taj način snižava vrijednost grijanja goriva. No prisutan je i u obliku spojeva s drugim elementima, čineći ih manje, više ili sasvim negorivim, a njegov sadržaj u biomasi je najčešće između 35 % - 45 %.

Sumpor (S) je također nepoželjan element, a u biomasi se nalazi u tragovima. Vrlo je štetan za okoliš ako se veže na organsku tvar, no usporedno s fosilnim gorivima, izgaranjem biomase emitira se znatno manja količina sumporovog (IV) oksida (SO₂).

Dušik (N) ne sudjeluje u procesu izgaranja i ne razvija toplinu te time smanjuje ogrjevnu vrijednost goriva. U osnovi je inertan, iako se endotermno veže s kisikom pri visokim temperaturama te postaje odgovoran je za većinu emisija dušičnih oksida (NO_x) proizvedenih izgaranjem biomase. Također se u gorivu nalazi u obliku dušikovih organskih spojeva te kao takav negativno utječe na aktivnosti drugih elemenata s kojima je vezan. Niži sadržaj dušika u gorivu trebao bi dovesti do niže emisije NO_x. Sadržaj dušika u biomasi najčešće varira od 0,2 % do 1 %.

Količine organskih elemenata (CHNS) prisutne u uzorku, analiziraju se uz pomoć Vario Macro Elemental analizatora (Elementar Analysensysteme GmbH, Njemačka)(slika 1.3.16) prema standardnoj metodi HRN EN 15104:2011 (za ugljik, vodik i dušik) te HRN EN 15289:2011 (za sumpor).



Slika 1.3.16. CHNS Vario Macro Elemental analizator

Uzorci se pripremaju (slika 1.3.17) u tri ponavljanja i paralelno s uzorcima priprema se i standard, na način da se u aluminijsku foliju zapakira odnosno pripremi takozvana “bombica” u koju se odvaže uzork uz dodatak aditiva (Wolfram(VI)-Oxid powder).



Slika 1.3.17. Priprema uzoraka za analizu CHNS

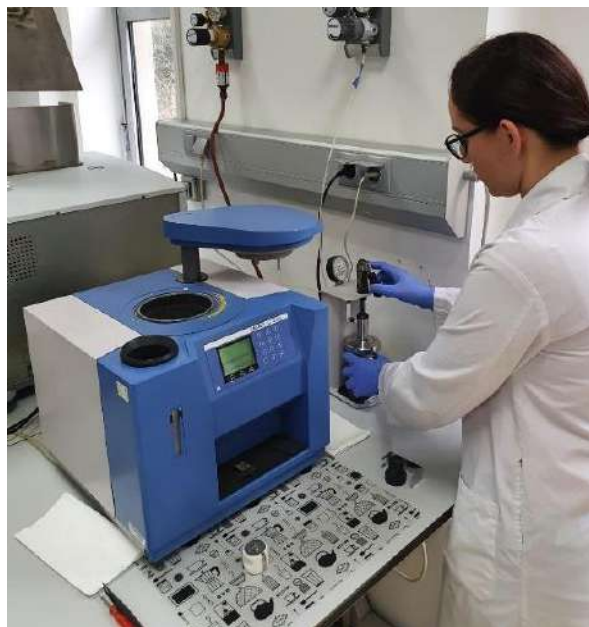
Ogrjevna vrijednost

Ogrjevna vrijednost predstavlja količinu toplinske energije koja se može dobiti pretvorbom biomase. Na ogrjevnu vrijednost najviše utječu kemijski sastav i vlažnost biomase. Ogrjevna vrijednost određuje se mjerenjem u kalorimetru u standardnim uvjetima i svojstvena je za svaku kemijsku tvar. Razlikuju se gornja i donja ogrjevna vrijednost.

Gornja ogrjevna vrijednost

Gornja ogrjevna vrijednost određuje se korištenjem standardne metode EN 14918:2010 u adijabatskom kalorimetru (IKA C200 Analysentechnik GmbH, Njemačka) (slika 1.3.18).

Gornja ogrjevna vrijednost (Hg, HHV) predstavlja onu količinu topline koja nastaje potpunim izgaranjem jedinične količine goriva, pri čemu se dimni plinovi ohlade na 25 °C, a vlaga iz dimnih plinova izluči kao kondenzat. To je najveća moguća energija koja se može dobiti izgaranjem nekog goriva.



Slika 1.3.18. Analiza ogrjevne vrijednosti

Aparatura koja se koristi je adijabatski kalorimetar (IKA C200 Analysentechnik GmbH, Njemačka), kvarcne posudice, pamučni končić i kisik (O₂).

Donja ogrjevna vrijednost

Donja ogrjevna vrijednost (Hd, LHV) predstavlja onu količinu topline koja nastaje potpunim izgaranjem jedinične količine goriva, pri čemu se dimni plinovi ohlade na 25° C (do temperature iznad rosišta vodene pare ili pare sumporne kiseline, ako gorivo sadrži sumpor), a vlaga u dimnim plinovima ostaje u obliku pare i toplina kondenzacije ostaje neiskorištena. Na donju ogrjevnju vrijednost utjecat će sadržaj vlage i maseni udio vodika u gorivu. Donja ogrjevna vrijednost manja je od gornje ogrjevne vrijednosti za toplinu koja je utrošena na isparavanje vode i sumporne kiseline iz goriva ili vode nastale pri gorenju.

Za izračunavanje donje ogrjevne vrijednosti u izračunu se koriste dobiveni podaci sadržaja vodika te gornje ogrjevne vrijednosti.

Utvrđivanje mikro i makro elemenata

Elementarni sastav ima značajan utjecaj na kvalitetu biomase i parametre procesa izgaranja te može uzrokovati probleme u pećima, kroz pojavu šljake pepela, korozije i prljavštine. Kemijski sastav korištene biomase usko je povezan s opsegom ovih problema.

U sastavu biomase najčešće se nalaze slijedeći mikro i makro elementi: natrij (Na), kalcij (Ca), kalij (K), magnezij (Mg), krom (Cr), kobalt (Co), olovo (Pb), mangan (Mn), željezo (Fe), kadmij (Cd), nikal (Ni), cink (Zn), silicij (Si), klor (Cl), bakar (Cu) i titan (Ti). Kako sastav biomase utječe na sastav pepela, koji među ostalim čine i teški metali (Cr, Co, Pb, Mn, Fe, Cd, Ni, Zn, Si, Cl, Cu i Ti), poželjan je što niži udio istih kako bi se krajnje zbrinjavanje pepela nakon izgaranja moglo obaviti na ekološki prihvatljiv način.

Analiza mikro i makro elemenata provodi se atomskom apsorpcijskom spektrometrijom (Perkin Elmer, AAnalyst 400) (slika 1.3.19), uz prethodnu pripremu uzoraka izgaranjem u mikrovalnoj peći za pripremu uzorka (ETHOS D „Milestone“, Velika Britanija) prema standardnim metodama (HRN EN ISO 16967:2015, HRN EN ISO16968:2015).

Od mikroelemenata istraženi su udjeli željeza (Fe), cinka (Zn), bakra (Cu), mangana (Mn), kroma (Cr), olova (Pb), nikla (Ni), kadmija (Cd) i kobalta (Co), a od makroelemenata istraženi su udjeli natrija (Na), kalija (K), kalcija (Ca) i magnezija (Mg).



Slika 1.3.19. Analiza mikro i makro elemenata na AAS

Aparatura koja se koristi su mikrovalna peć za pripremu uzorka (ETHOS D „Milestone“, Velika Britanija), atomski apsorpcijski spektrometar, AAS (Perkin Elmer, AAnalyst 400), acetilen, standardi i 1 % HNO₃.

Zbog potresa koji je zadesio grad Zagreb, Laboratorij za istraživanje biomase i energetske iskoristivost u poljoprivredi Agronomskog fakulteta je bio u potpunosti razrušen I između ostalog, uništene su lampe za određivanje mikro i makro elemenata te teških metala. Zahvaljujući ovom projektu i mogućnosti kupnje istih, analize su provedene, jer su uzorci bili spremljeni pa su neoštećeni.

U tablicama 4 i 5 prikazane su provedene analize energetske svojstava istraživanje biomase unutar pojedinih rokova žetve.

REZULTATI

U tablicama 8. i 9. prikazane su analize ulazne biomase, dok slika 1.3.20. prikazuje postupak peletiranja i proizvedene pelete.

Tablica 8. Prikaz provedenih istraživanja energetske svojstava i sastava biomase u I godini istraživanja (2020.)

I Godina II Rok žetve (1. mjesec 2020.) ZIMA														
Uzorak	w (s.t.)	Pepeo (s.t.)	Cfix (s.t.)	Hlapive tvari	Dušik	Ugljik	Sumpor	Vodik	Kisik	HHV, (s.t.)	LHV, (s.t.)	Cel	Hem	Lig
Jedinica	%	%	%	%	%	%	%	%	%	MJ/kg	MJ/kg	%	%	%
Arundo	7,03	4,57	11,15	77,24	0,67	44,01	0,73	5,49	49,10	17,62	16,31	45,28	25,82	13,38
SxH	9,26	2,90	7,42	80,43	0,59	49,55	0,06	6,14	43,66	17,36	16,02	57,52	15,06	14,71
MxG	6,56	1,54	10,31	82,76	0,31	46,35	0,03	5,36	47,95	17,79	16,45	53,51	24,82	14,75
MxG (Š-P)*	5,98	1,84	9,67	83,15	0,22	46,94	0,03	5,67	47,14	18,30	17,01	49,70	27,90	14,44
MxG (Š-R)*	6,27	1,98	12,41	80,78	0,23	46,85	0,02	5,58	47,32	17,89	16,85	51,14	23,72	14,45
I Godina III Rok žetve (3. mjesec 2020.) PROLJEĆE														
Arundo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SxH	5,12	2,63	7,87	82,13	0,17	51,72	0,06	6,15	41,89	17,26	15,92	56,33	19,53	18,11
MxG (M)	6,67	1,59	10,22	82,86	0,18	45,56	0,02	5,62	48,62	17,87	16,53	53,59	24,59	15,06
MxG (Š-P)*	5,06	1,84	9,67	83,15	0,19	46,52	0,03	5,64	47,61	18,30	17,01	49,70	27,90	14,44
MxG (Š-R)*	5,82	1,59	10,58	82,44	0,12	46,96	0,02	5,66	47,24	18,38	17,06	52,73	25,85	13,41
I Godina Rok žetve (8. mjesec 2020.) LJETO														
Brnistra	1,52	1,86	10,63	86,18	0,83	50,64	0,33	6,24	41,96	18,91	17,55	53,60	11,52	13,14

* Zabrana napuštanja matične županije – COVID; ** Dodatno napravljena istraživanja (razlika u biomasi miskantusa u donosu na korišteni sadni materijal: P - presadnica, R - rizom) koja nisu bila predviđena u projektnom zadatku

Tablica 9. Prikaz provedenih istraživanja energetske svojstva i sastava biomase u II godini istraživanja (2020/2021.)

I Godina II Rok žetve (1. mjesec 2020.) ZIMA												
Uzorak	Ca	Fe	K	Mg	Na	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Jedinica												
Arundo	3672	15,57	7546	363,7	284,2	1,718	3,647	1,091	6,70	2,506	***	4,345
SxH	6194	13,18	247,30	443,0	73,58	1,88	0,51	0,89	1,70	4,23	***	4,26
MxG	212,8	12,59	2260	130,3	22,26	1,786	5,329	1,455	67,79	3,133	***	11,27
MxG P**	108,2	13,07	1226	86,48	14,30	1,070	1,47	0,49	13,17	5,03	***	4,128
MxG R**	154,6	16,60	918,1	81,40	14,98	1,757	1,425	0,458	14,16	4,653	***	8,630
I Godina III Rok žetve (3. mjesec 2020.) PROLJEĆE												
Arundo*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SxH	5895	14,24	2123	522,4	31,26	1,116	0,971	1,239	2,055	3,271	***	4,260
MxG	126,0	13,45	2131	98,30	17,30	2,228	11,29	1,791	98,29	2,674	***	13,28
MxG P**	295,2	36,50	862,2	121,0	38,38	0,99	1,551	0,355	21,56	2,866	***	8,846
MxG R**	174,2	21,46	1313	85,03	12,76	-	1,544	0,428	17,12	2,402	-	10,00
I Godina Rok žetve (8. mjesec 2020.) LJETO												
Brnistra	1747	17,85	4825	480,2	322,4	-	-	2,49	21,82	3,67	***	9,580

* Zabrana napuštanja matične županije – COVID; ** Dodatno napravljena istraživanja (razlika u biomasi miskantusa u donosu na korišteni sadni materijal: P - presadnica, R - rizom) koja nisu bila predviđena u projektnom zadatku; *** ispod razine detekcije uređaja

Na slici 1.3.20. prikazan je postupka peletiranja biomase i proizvedeni peleti



Slika 1.3.20. Postupak peletiranja i proizvedeni peleti

Distribucija biomase

Osim za potrebe laboratorijskih istraživanja svih kultura na Agronomskom fakultetu (AFZ), dio biomase prosljeđen je na Tekstilno-tehnološki fakultet (TTF) za potrebe utvrđivanja mogućnosti proizvodnje bikompozita (slika 1.3.21). Ujedno, za potrebe daljnjih istraživanja na AFZ je dostavljen ostatak od procesa izuzimanja vlakana iz brniste (slika 1.3.22) te nakon proizvodnje biokompozita (slika 1.3.23).



Slika 1.3.21. Distribucija snopova biomase na TTF



Slika 1.3.22. Snopovi brniste



Slika 1.3.23. Ostatak nakon proizvodnje biokompozita iz brniste

Biomasa za laboratorijska istraživanja na TTF-u

Prilikom zaprimanja svakog pojedinačnog uzorka u laboratorij, uzorci se označe i odlaze na daljnju laboratorijsku analizu (slika 1.3.24).



Slika 1.3.24. Biomasa za laboratorijska istraživanja (2020.)

Utvrđivanje inicijalne čvrstoće, finoće, debljine, duljine i gustoće vlakana (TTF)

Opis aktivnosti: utvrđivanje metode (fizikalno – kemijska) za izdvajanje vlakana iz biomase (*Miscanthus x giganteus*, *Sida hermaphrodita*, *Arundo donax* L., *Spartium Junceum* L.)

Prva iz kategorije samoniklih kultura koje do sada nisu korištene u proizvodnji biokompozita, a odabrana je zbog svog lignoceluloznog sastava je brnistra.

Brnistra (slika 1.3.25) se u današnje vrijeme smatra korovom te je u svijetu trenutačno aktualna inicijativa koja vodi k njenom iskorijenju. Nekoć se ta biljka koristila za izradu užadi, posteljine i odjeće, a danas se u manjoj mjeri koristi i za izradu parfema ili prirodnih bojila. Daljnja mogućnost primjene brnistre je u izradi vlaknima ojačanih kompozita.



Slika 1.3.25. Snopovi brnistre , ubrani u okolici Šibenika i dopremljeni na TTF

U tijeku je nabava Plinskog piknometra, na kojem će se odrediti jedan od značajnih inicijalnih parametara vlakna – gustoća vlakana. Na JN je odabrana tvrtka Anton Paar, i uređaj je instaliran no zbog Covida je edukacija djelatnika za rad na instrumentu odgođena.

Sljedeća istražena samonikla kultura je Divovska trska (slika 1.3.26.). U današnje vrijeme se najviše koristi kao sirovina za proizvodnju biogoriva, ali tijekom ovog projekta uvidjelo se da može biti pogodna sirovina za izolaciju vlakana.



Slika 1.3.26. Snopovi Divovske trske iz kojih će se izolirati vlakna

Miskantus (slika 1.3.27) i Virdžinijski sljez (slika 1.3.28) su biljke koje pripadaju C4 grupi te ih je preporučeno uzgajati na tlima niže kvalitete i onima koja su nepogodna za uzgoj ratarskih kultura. Iako im je u današnje vrijeme primjena uglavnom u energetskej industriji, tijekom ovog projekta uvidjelo se da navedene biljke mogu biti sirovina za izolaciju vlakana.



Slika 1.3.27. Snop miskantusa iz kojeg će se izolirati vlakna



Slika 1.3.28. Snop Virdžinijskog sljeza iz kojeg će se izolirati vlakna

Kako bi utvrdili mogućnost korištenja vlakana iz sve 4 navedene biljke u svrhu izrade biokompozitnih materijala istražila su se neka od najvažnijih primarnih i sekundarnih svojstava vlakana, a rezultati su prikazani u tablici 10.

Tablica 10. Rezultati istraživanja nekih od najvažnijih svojstava vlakana izoliranih iz samoniklih i energetskih kultura prikazani kroz raspon svih žetvi tijekom prve i druge godine projekta

	Čvrstoća* [cN/tex]	Finoća* [dtex]	Duljina* [mm]	Gustoća [g/cm ³]	Vlaga [%]	Repriza [%]	Prinos [%]
Brnistra	50-65	40-45	/	1,58- 1,60	6-7	8,0-8,5	15-20
Divovska trska	/	/	2,6-3,2	1,58- 1,60	7-8	10,4- 11,2	20-25
Miskantus	/	/	3,1-4,1	1,40- 1,55	5,5-6,5	9,6-11,1	12-20
Virdžinijski sljez	70-110	40-60	/	1,52- 1,58	7-9	10,1- 10,5	10-15

* Čvrstoća i finoća za biljke Divovska trska i Miskantus nisu izmjerene korištenjem uređaja Vibroskop/Vibrodyn zbog relativno male duljine vlakana i nemogućnosti provođenja pojedinačnog mjerenja. Duljina vlakana za biljke Brnistra i Virdžinijski sljez nisu prikazane jer je duljina tehničkih vlakana uvjetovana rezanjem stabljike na određenu duljinu stoga takvi rezultati ne bi odražavali stvarne duljine elementarnih vlakana.

Aktivnost 1.4. (AFZ i TTF) Statistička obrada podatka

S vanjskim stručnjakom s relevantnim iskustvom iz područja statističke obrade je sklopljen ugovor i obrada dostavljenih podataka je izvršena.

ELEMENT PROJEKTA 2: Dizajn i karakterizacija kompozitnih materijala

Aktivnost: 2.1. Zapošljavanje istraživača

Natječaj za doktoranda je pokrenut 30.1.2020., a novi istraživač Ksenija Višić je zaposlena nakon usvajanja Izvješća stručnog povjerenstva za izbor u zvanje doktoranda od strane Fakultetskog vijeća Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta. Ugovor s doktorandom je potpisan 26.5.2020., a radni odnos je započeo 1.6.2020. Odlaskom na roditeljski dopust, kao zamjena za nenazočnu djelatnicu je zaposlena istraživačica (doktorand) Sara Strgačić na razdoblje od 6 mjeseci.

S obzirom da je projektu odobreno produženje od 11 mjeseci, novim natječajem je ponovo izabran istraživač, no s obzirom na izmjenu koje su nastupile stupanjem na snagu novog Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti, zamjena za Kseniju Višić je zaposlena u statusu stručnog suradnika.

Aktivnost: 2.2. Predobrada biomase inovativnom metodom primjene biokatalizatora i mikrovalova

S ciljem poboljšanja kvalitativnih i kvantitativnih svojstava i postizanja energetski učinkovitijeg procesa provodi se predobrada biomase kemijskom modifikacijom. Primijenjena je konvencionalna metoda koja najčešće obuhvaća obradu u lužnatom mediju (primjenom NaOH) i uspoređena sa ekološki povoljnijim postupcima koji obuhvaćaju primjenu različitih vrsti enzima (biokatalizatora).

U sklopu Aktivnosti 2.2. enzimi su korišteni tijekom postupka modifikacije već izoliranih vlakana te tijekom istraživanja mogućnosti izolacije vlakana iz stabljike biljke Virdžinijskog sljeza.

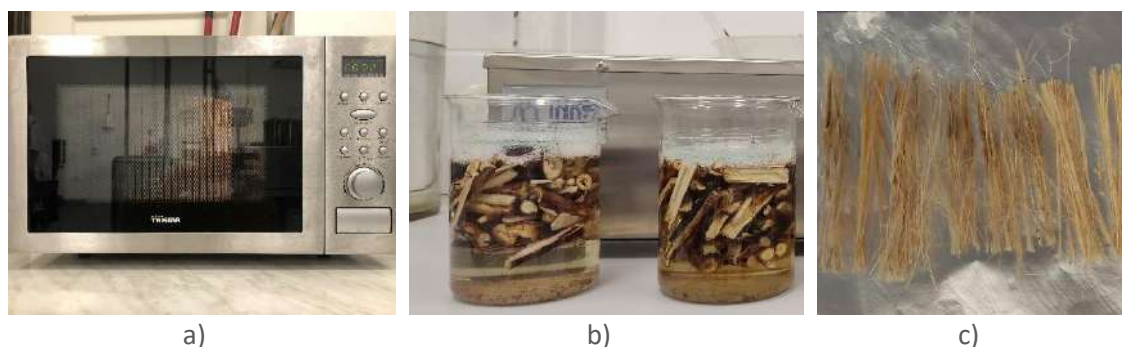
- 1) Enzimi korišteni sa svrhom oslobađanja elementarnih vlakana iz već postojećeg tehničkog vlakna koje je izolirano kemijskom maceracijom (Slika 2.2.1. i Tablica 11)
- 2) Enzimi korišteni sa svrhom izolacije vlakana iz stabljike – biološka maceracija (Slika 2.2.2)



Slika 2.2.1. Izlaganje vlakana niskokonzentriranim otopinama enzima proteaza.

Tablica 11. Optička gustoća enzymatskih otopina nakon 3-satne obrade vlakana.

Uzorak	Opis	OD ₂₄₄			OD ₃₀₀			OD ₃₄₀		
		1h	2h	3h	1h	2h	3h	1h	2h	3h
7	0,01%E	0.668	1.032	1.582	0.656	0.725	0.781	0.525	0.576	0.592
6	0,05%E	0.419	0.970	1.396	0.557	0.686	0.797	0.458	0.539	0.615
5	0,1%E	1.271	0.578	1.080	0.806	0.539	0.682	0.601	0.408	0.500
4	0,2%E	1.131	1.055	1.156	0.776	0.716	0.728	0.622	0.569	0.576
3	0,5%E	1.739	0.956	1.426	1.018	0.686	0.811	0.813	0.550	0.629
2	1,00%E	1.905	1.172	1.598	1.055	0.765	0.854	0.859	0.622	0.700
1	0%E	0.937	1.156	1.474	0.714	0.765	0.785	0.562	0.613	0.613



Slika 2.2.2. Izlaganje vlakana niskokonzentriranim otopinama enzima proteaza.

Aktivnost: 2.3. Izdvajanje vlakana za potrebe proizvodnje biokompozita i odvajanje ostataka za proizvodnju biogoriva

Maceriranje biljnih vlakana je najjednostavnije opisati kao odvajanje vlakana od drvenastog dijela biljke, te uklanjanje njegovih neceluloznih komponenti poput pektina, hemiceluloze, lignina, voskova i masnoća. Maceriranje se provodi preliminarnom obradom sirovina; bilo močenjem stabljike u mulju i vodi, ili enzymatskim, kemijskim ili fizikalnim postupkom.

Dobivanje vlakana iz brnistre za potrebe proizvodnje biokompozita na TTF-u

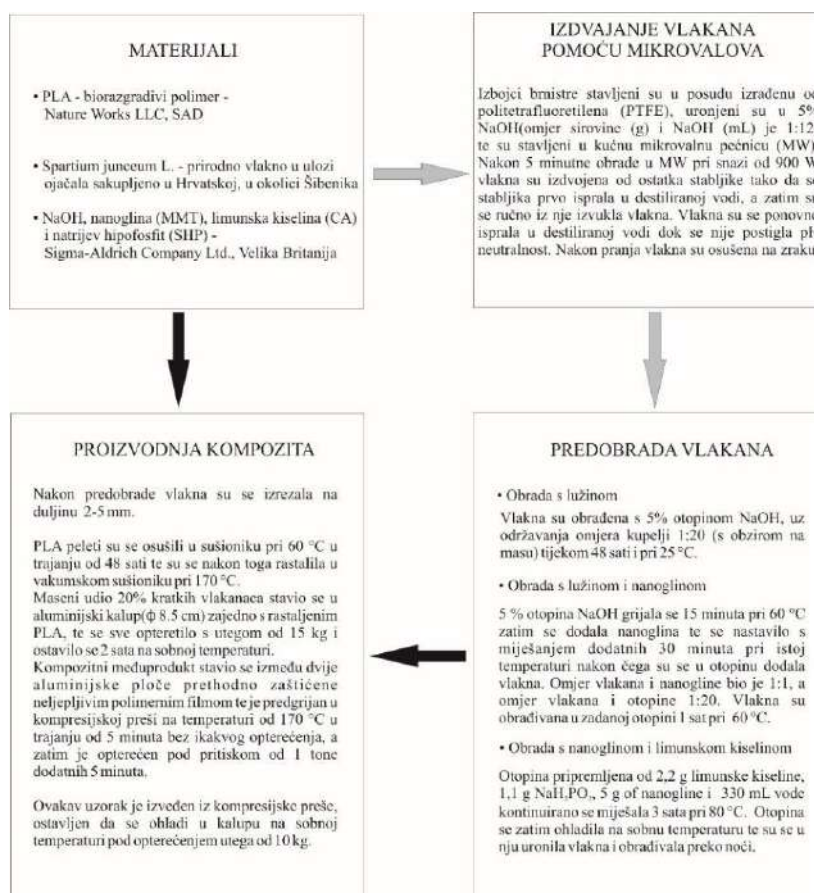
Pretpostavka je da stabljika brnistre sadrži zadovoljavajuću dužinu vlakana i daje odgovarajući prinos biomase. Prinos biomase ovisiti će o agroekološkim uvjetima lokacija rasta. Kako bi se izdvojila tekstilna vlakna iz biljke potrebno je obaviti branje brnistre sredinom 8. mjeseca (kolovoza) kada su vlakna zrela i pogodna za daljnje procesuiranje (slika 1.3.25).

S obzirom da učinkovitost kompozitnih materijala ojačanih vlaknima ovisi o nekoliko čimbenika koji uključuju:

1. kemijsku kompoziciju vlakana i polimera
2. strukturu vlakana i polimera
3. fizikalna svojstva vlakna i polimera
4. mehanička svojstva vlakna i polimera
5. orijentaciju vlakana
6. interakciju vlakna i polimerne matrice,

neophodno je bilo započeti istraživanje dobivanjem samih vlakana i istraživanjem njihove kvalitete (slika 2.3.1).

Prema ranijim istraživanjima je utvrđeno da je vrlo učinkovit postupak izdvajanja vlakana uz dodatak lužine (NaOH). Do sada se najučinkovitijom pokazala obrada s 5 % NaOH.



Slika 2.3.1. Opis metode izdvajanja vlakana brnistre pomoću mikrovalova i NaOH te njihovo daljnje modificiranje

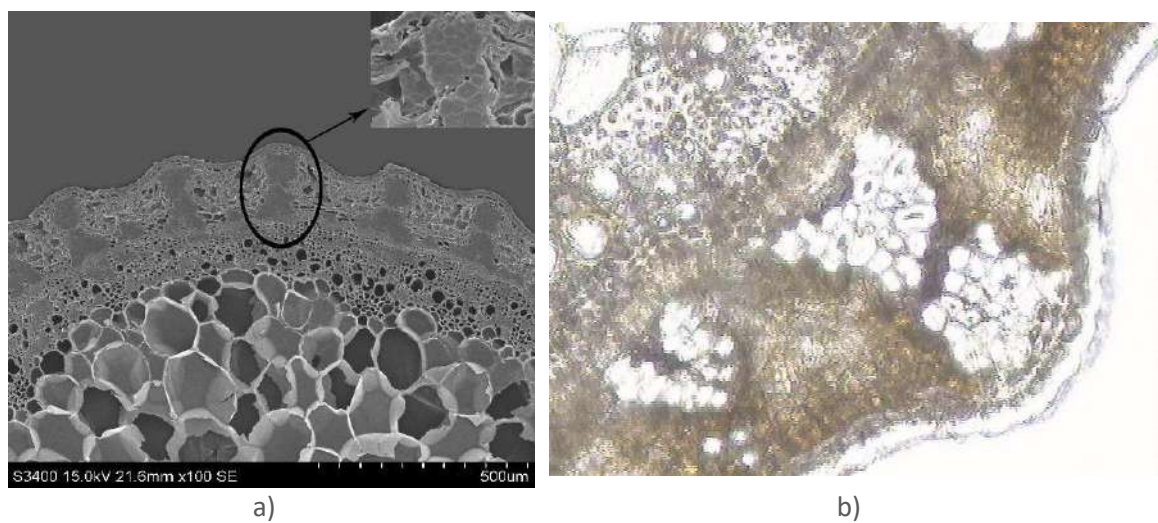


Slika 2.3.2. Izolirana vlakna brnistre

Morfološka analiza stabljike brnistre primjenom mikroskopa

Najvažniji dio istraživanja kod morfološke analize stabljike brnistre bio je analiza poprečnog presjeka (slika 2.3.3) stabljike sa ciljem lociranja celulozних vlakana.

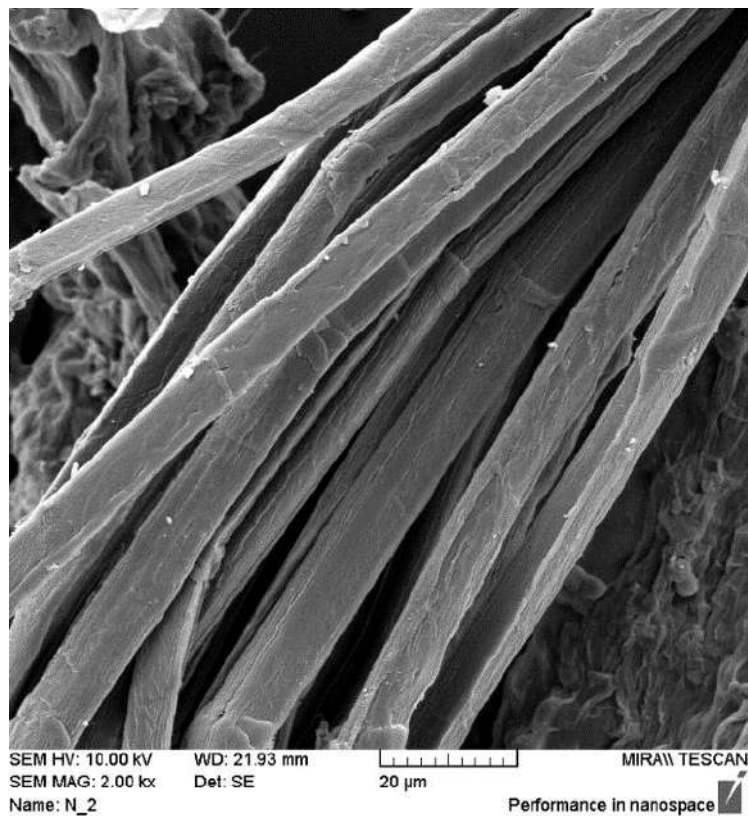
Istraživanje se provodi na skenirajućem i svjetlosnom mikroskopu na način da se prvo pripremi tanki poprečni presjek stabljike na specijaliziranom uređaju za rezanje koji se zove mikrotom. Ovisno o vrsti daljnjeg mikroskopiranja (skenirajući ili optički/svjetlosni mikroskop) preparat se dodatno priprema.



Slika 2.3.3. Poprečni presjek stabljike brnistre snimljen na a) elektronskom mikroskopu i b) svjetlosnom mikroskopu

Morfološka analiza dobivenih vlakana iz brniste primjenom SEM mikroskopa

Za snimanje na skenirajućem elektronskom mikroskopu uzorak se sa svrhom bolje vodljivosti "naslojio" sa tankim slojem metala (krom) kako bi se spriječilo nastajanje tzv. "charging" efekta na SEM slikama (slika 2.3.4.).



Slika 2.3.4. Morfološka karakterizacija uzoraka vlakna brniste na Mira LMU FE-SEM, Tescan mikroskopu

Dobivanje vlakana iz miskantusa za potrebe proizvodnje biokompozita na TTF-u

Prva iz kategorije energetskih kultura na kojoj se ispituje mogućnost primjene za proizvodnju biokompozita je miskantus (slika 2.3.5).



a)



b)

Slika 2.3.5. a) Snopovi miskantusa na TTF i b) Priprema stabljike miskantusa za daljnju laboratorijsku obradu

Koristila se ista metoda maceriranja koja je kod brnistre dala zadovoljavajuće rezultate. Usitnjene dijelove stabljike miskantusa obradilo se uz pomoć mikrovalova u Kupelji1 koja sadrži 5 % NaOH (Tablica 12).

Tablica 12. Kupelj za obradu stabljike miskantusa s NaOH

Kupelj: Volumen 400 mL	Mikrovalna obrada
Kupelj1	5 % NaOH
Parametri:	P = 900 W; t=20 min;
Komentari:	Stabljika je potpuno omekšana, ali vlakna se nisu uspjela izdvojiti

Korištenje iste metode maceriranja kao i kod brnistre, 5 % NaOH uz pomoć mikrovalnog zračenja, nije dalo zadovoljavajuće rezultate te se nisu uspjela izdvojiti vlakna (slika 2.3.6.).



Slika 2.3.6. Stabljika miskantusa obrađena s 5 % NaOH uz pomoć mikrovalova

Intenzivnim pregledom literature je utvrđeno da su se do sada iz miskantusa najčešće izdvajala kratka vlakna u obliku celulozne pulpe s mogućnošću primjene u proizvodnji biokompozitnih materijala. Receptura korištena u ovom istraživanju je modificirana u odnosu na recepture pronađene u literaturi te je umjesto octene kiseline korištena limunska kiselina (Tablica 13).

Tablica 13. Kupelj za obradu stabljike miskantusa s H₂O₂ i limunskom kiselinom

Kupelj: Volumen 400 mL	Mikrovalna obrada			Ultrazvučna obrada		
	H ₂ O ₂	H ₂ O	Limunska kiselina	H ₂ O ₂	H ₂ O	Limunska kiselina
Kupelj2 (8% H ₂ O ₂) 1:4:5	10 dijelova	40 dijelova	50 dijelova	/	/	/
Kupelj3 (15% H ₂ O ₂) 1:4:5	10 dijelova	40 dijelova	50 dijelova	/	/	/
Kupelj4 (30% H ₂ O ₂) 1:4:5	10 dijelova	40 dijelova	50 dijelova	10 dijelova	40 dijelova	50 dijelova
Parametri:	P = 900 W; t=25 min;			f1 = 80 Hz (60 min), f2 = 37 Hz (90 min); t = 150 min		
Komentari:	Mogućnost izolacije nešto dužih vlakana u rasponu od 0,5 do 5 cm za Kupelj2 i Kupelj3 dok nakon obrade u Kupelji4 nastaje celulozna pulpa kratkih vlakanaca duljine manje od 0,5 cm			Stabljika je ostala i dalje kompaktna te se nisu uspjela izolirati duga niti kratka vlakna		

Variranjem koncentracije vodikovog peroksida (H_2O_2) u kupelji od 8 do 30 % uvidjelo se kako viša koncentracija peroksida u Kupelji 4 (30 %) omogućava dobivanje kratkih vlaknaca duljine do 0,5 cm, dok niže koncentracije peroksida u Kupeljima 2 i 3 (8 % i 15 %) omogućavaju izolaciju dužih vlakana iz stabljike miskantusa. Osim mikrovalne obrade korištena je i ultrazvučna obrada za Kupelj 4, ali na taj način se nisu uspjela izdvojiti vlakna iz stabljike miskantusa (slike 2.3.7. i 2.3.8.).



a)



b)



c)



d)

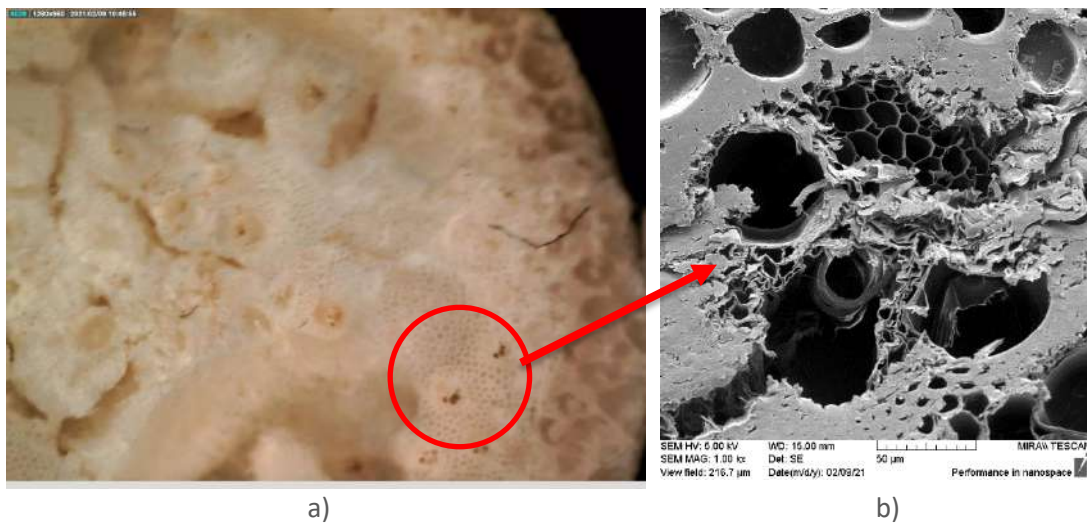
Slika 2.3.7. a) Izolacija vlaknaca nakon obrade u Kupelji 2, b) Izolacija vlaknaca nakon obrade u Kupelji 3, c) Izolacija vlaknaca nakon obrade u Kupelji 4 primjenom mikrovalova i d) Izolacija vlaknaca nakon obrade u Kupelji 4 primjenom ultrazvuka



Slika 2.3.8. Ostatak stabljike miskantusa nakon obrada sa svrhom izolacije vlakana u a) 5 % NaOH i b) H₂O₂ i limunska kiselina

Morfološka analiza stabljike miskantusa primjenom mikroskopa

Na slici 2.3.9. prikazan je poprečni presjek stabljike miskantusa gdje je vidljiv snop vlakana.



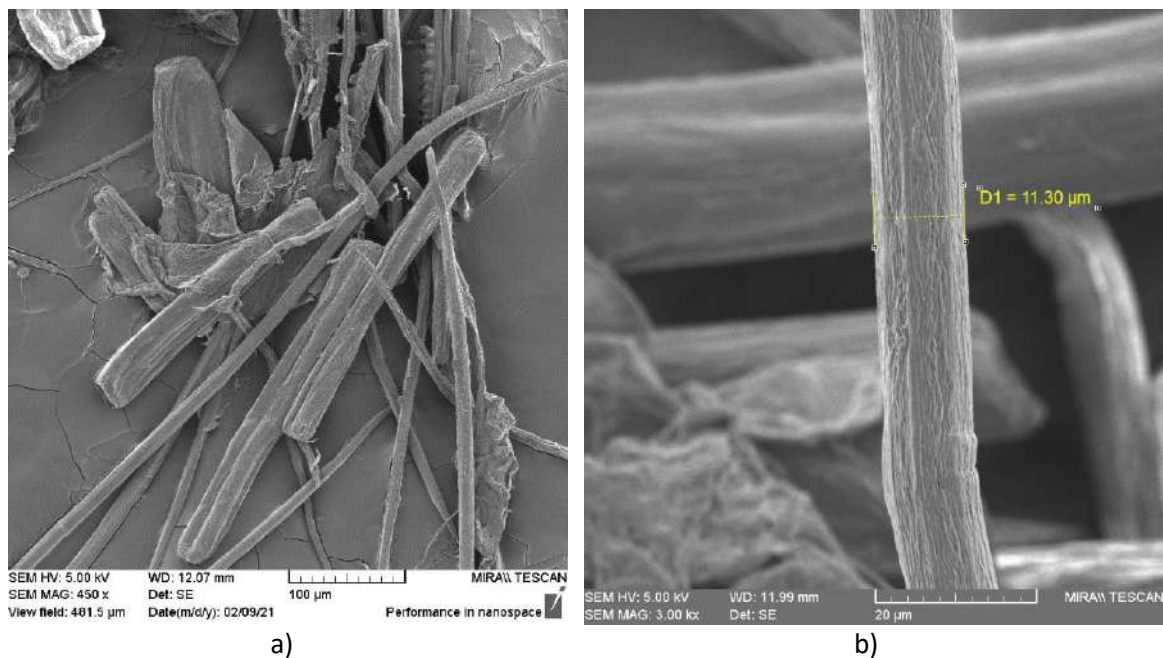
Slika 2.3.9. Morfološka analiza poprečnog presjeka stabljike miskantus gdje je a) vidljiv snop vlakana primjenom Dino lite svjetlosnog mikroskopa i b) uvećan detalj područja gdje se nalaze vlakna primjenom SEM mikroskopa.

Morfološka analiza dobivenih vlakana iz miskantusa primjenom SEM mikroskopa

Slike 2.3.10. i 2.3.11. prikazuju morfološku karakterizaciju te kemijsku analizu uzoraka miskantusa.



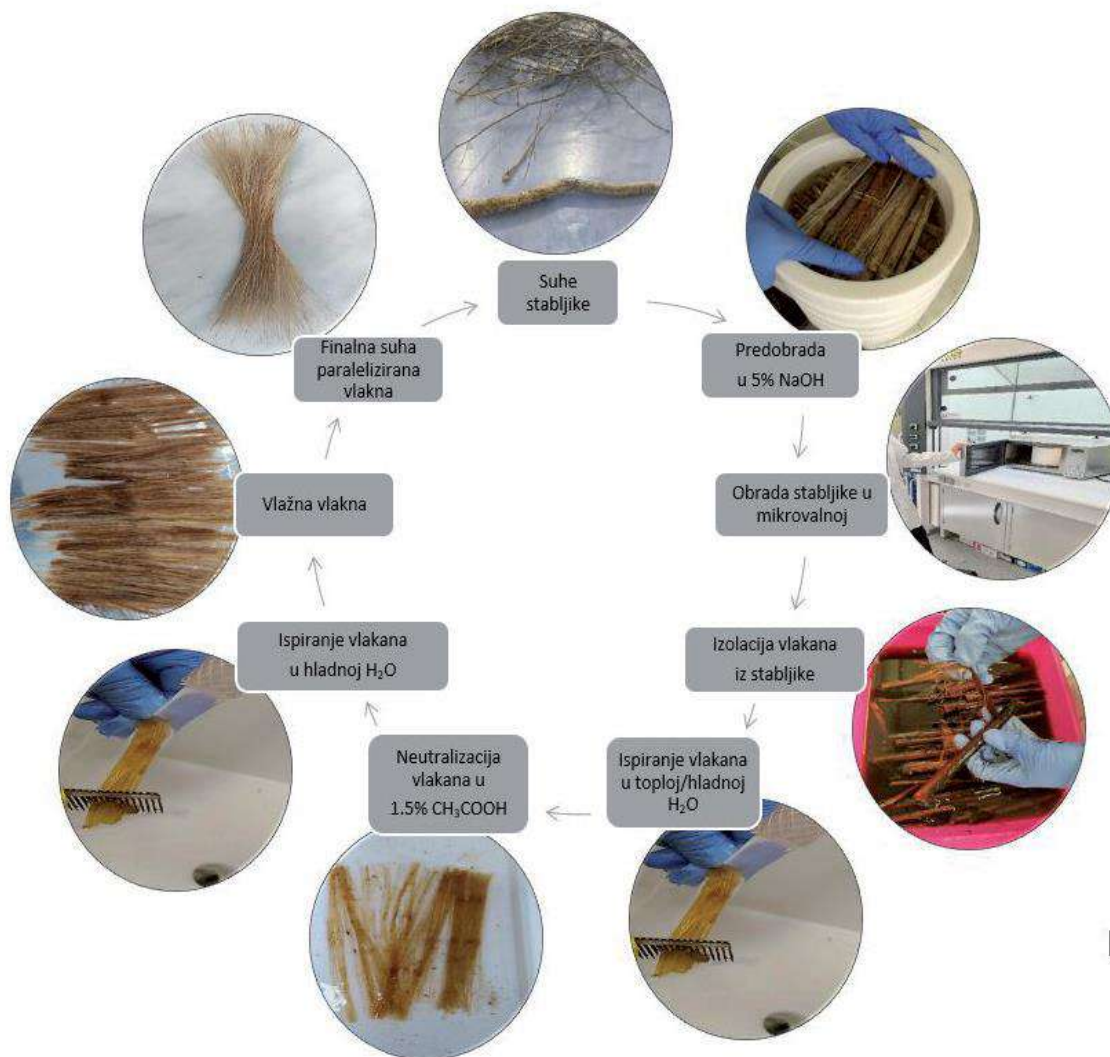
Slika 2.3.10. a) Morfološka karakterizacija uzoraka miskantusa na Mira LMU FE-SEM, Tescan mikroskopu i b) Kemijska analiza uzoraka miskantusa korištenjem EDS detektora Oxford Instruments, X-Max^N.



Slika 2.3.11. Morfološka karakterizacija uzoraka miskantusa na Mira LMU FE-SEM, Tescan mikroskopu gdje je prikazana a) celulozna pulpa s nečistoćama i b) pojedinačno celulozno vlakno.

Dobivanje vlakana iz Virdžinijskog sljeza za potrebe proizvodnje biokompozita na TTF-u

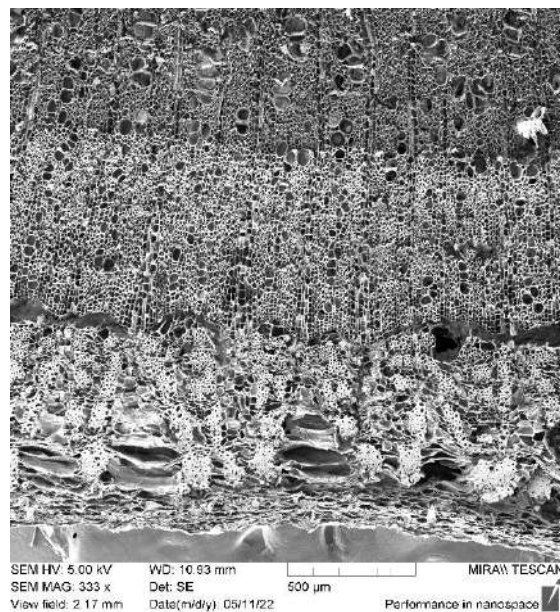
Iz biljke Virdžinijskog sljeza kemijskom maceracijom u alkalnom mediju (5 % NaOH) izoliraju se duga vlakna. Postupak je prikazan na slici 2.3.12.



Slika 2.3.12. Postupak izolacije vlakana iz biljke Virdžinijski sljez (*Sida hermaphrodita*).

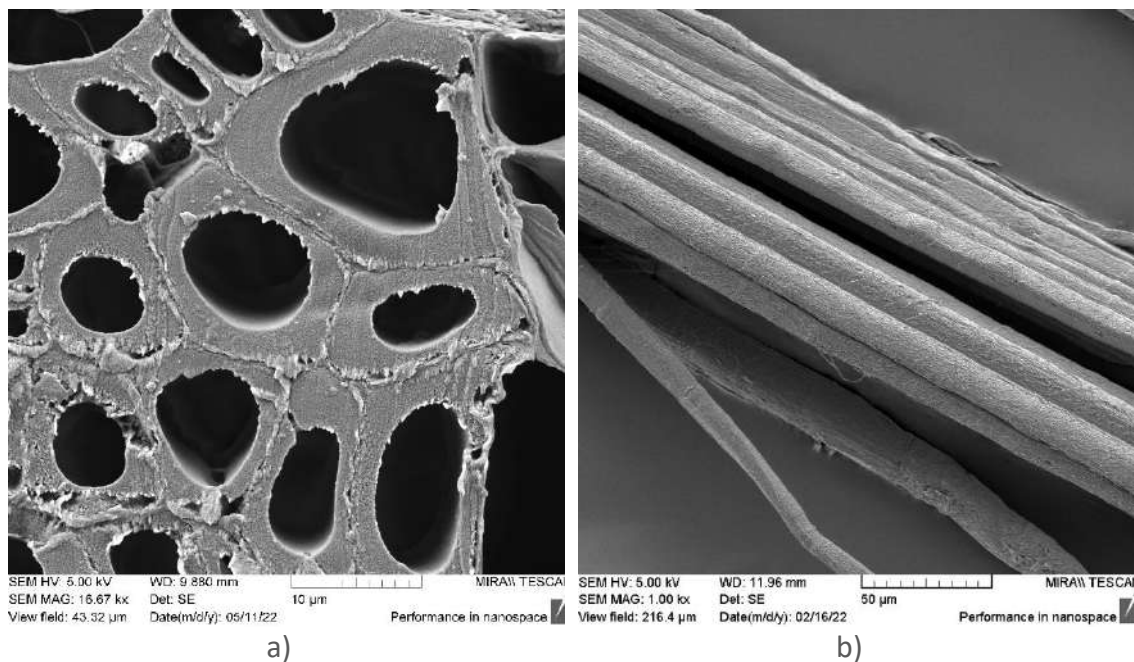
Morfološka analiza stabljike Virđinijskog sljeza primjenom mikroskopa

Na slici 2.3.13. prikazan je poprečni presjek stabljike Virđinijskog sljeza.



Slika 2.3.13. Morfološka analiza poprečnog presjeka stabljike Virđinijskog sljeza (*Sida hermaphrodita*).

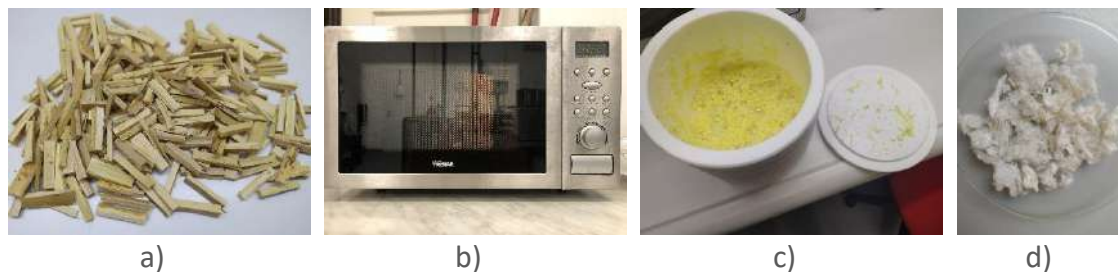
Morfološka analiza dobivenih vlakana iz Virđinijskog sljeza primjenom SEM mikroskopa



Slika 2.3.14. Morfološka analiza vlakna izoliranih iz stabljike Virđinijskog sljeza (*Sida hermaphrodita*) gdje je: a) poprečni presjek vlakna i b) uzdužna slika vlakana.

Dobivanje vlakana iz divovske trske za potrebe proizvodnje biokompozita na TTF-u

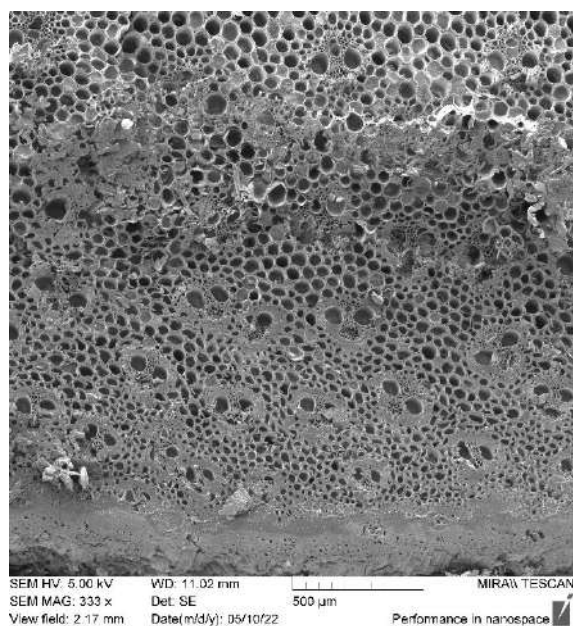
Iz biljke divovske trske kemijskom maceracijom i korištenjem mikrovalnog zračenja izoliraju se kratka vlakna. Postupak je prikazan na slici 2.3.15.



Slika 2.3.15. Postupak izolacije vlakana iz stabljike divovske trske (*Arundo donax*) gdje je: a) usitnjena stabljika; b) kemijska maceracija u mikrovalnom uređaju; c) smjesa vlakana i ostataka iz stabljike i d) pročišćena vlakna bez ostatka.

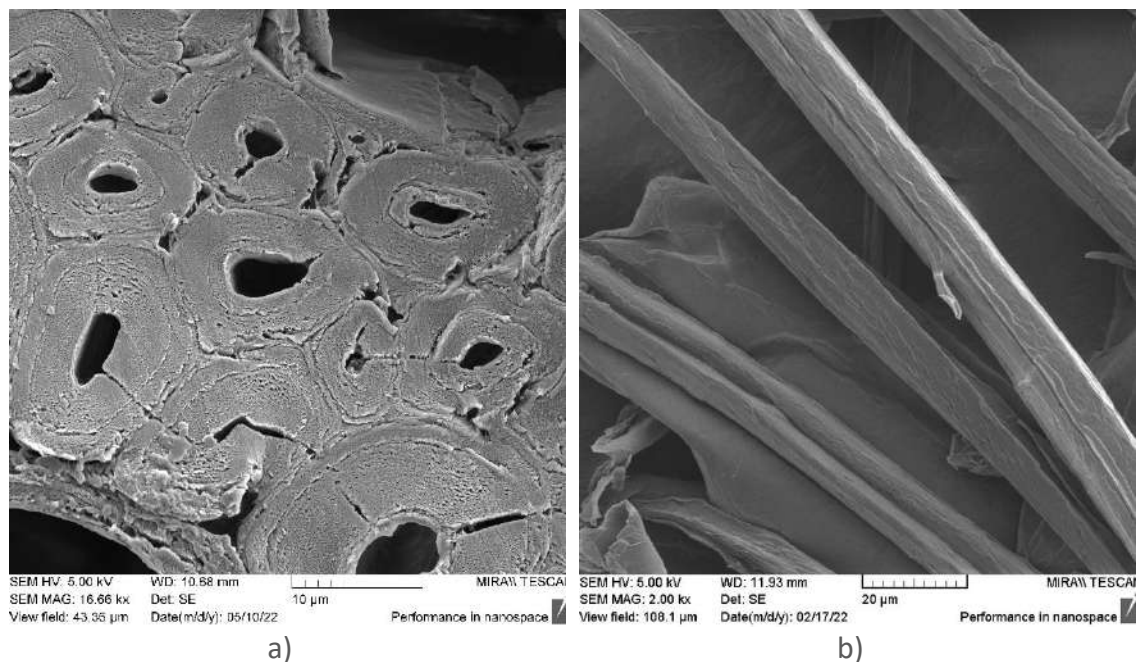
Morfološka analiza stabljike divovske trske primjenom mikroskopa

Na slici 2.3.16. prikazan je poprečni presjek stabljike divovske trske.



Slika 2.3.16. Morfološka analiza poprečnog presjeka stabljike divovske trske (*Arundo donax*).

Morfološka analiza dobivenih vlakana iz divovske trske primjenom SEM mikroskopa



Slika 2.3.17. Morfološka analiza vlakna izoliranih iz stabljike divovske trske (*Arundo donax*) gdje je: a) poprečni presjek vlakna i b) uzdužna slika vlakana.

Aktivnost: 2.4. Modifikacija PLA i vlakana

Prirodna vlakna pokazuju nekompatibilnost s nepolarnim polimernim matricama kao i veliku sposobnost upijanja vlage. Ovi faktori negativno utječu na mehanička svojstva kompozita ojačanih takvim vlaknima. Kako bi se poboljšala adhezija matrice i vlakana te kako bi se postigla što bolja međupovršinska povezanost navedenih komponenata potrebno je modificirati komponente koje sačinjavaju kompozitni materijal, u ovom slučaju, polimer PLA i celulozno vlakno.

Hidrofilnost celuloznih vlakana predstavlja najveći problem kod adhezije vlakna s polimernom matricom te je potrebno modificirati vlakno ili polimer kako bi u konačnici materijal imao što bolja svojstva (npr. poboljšanje mehaničkih svojstava, smanjenje gorivosti, povećanje antimikrobne zaštite, itd.). Obrada površine utječe na smanjenje hidrofilnosti vlakna na način da se smanji broj hidroksilnih skupina koje se nalaze u vlaknu. Na taj način dolazi do poboljšanja adhezije između vlakna i polimera. Neke od najpoznatijih kemijskih modifikacija površine vlakana su: obrada alkalnim spojevima, sredstvima za umrežavanje, naciepljivanje različitih molekula, obrada enzimima, obrada nanočesticama. Vlakna se najčešće modificiraju sljedećim nanočesticama: TiO_2 , ZnO , Ag , Au , SiO_2 , Al_2O_3 , ali osim modifikacije vlakana, u kompozitnom materijalu modifikacija nanočesticama se provodi i u polimeru.



Miskantus – celulozno
vlakno



PLA polimer



nanogлина

Slika 2.4.1. Glavne komponente kompozita (matrica, ojačalo i sredstvo za modificiranje).



a)



b)



c)

Slika 2.4.2. Uzorci izmiješanih komponenti modificiranih s: a) 0 % m/m; b) 3 % m/m i c) 5 % m/m nanogline.

Aktivnost: 2.5. Izrada kompozitnog materijala s dugim usmjerenim vlaknima

Kemijskom maceracijom provedenom na stabljikama biljaka *Spartium junceum* i *Sida hermaphrodita* izolirana su duga celulozna vlakna duljine iznad 5 mm (Tablica 10.).



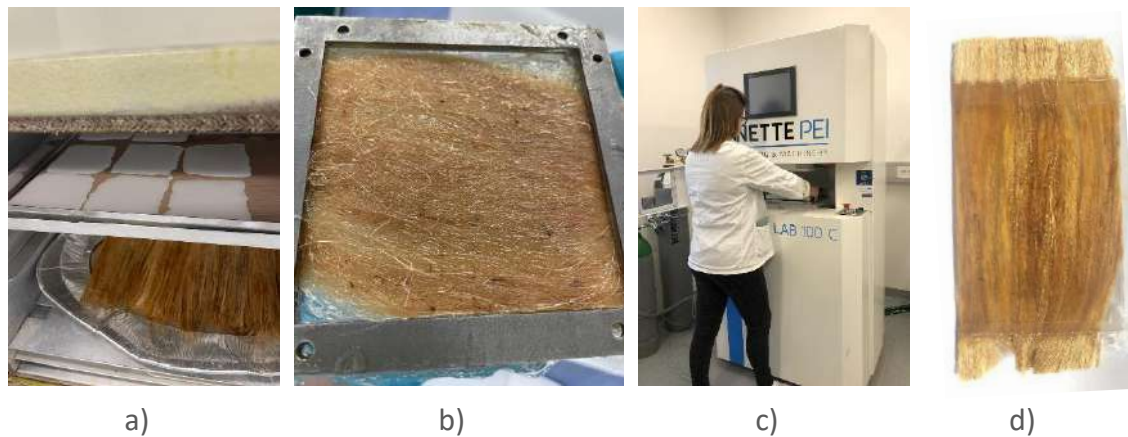
a)



b)

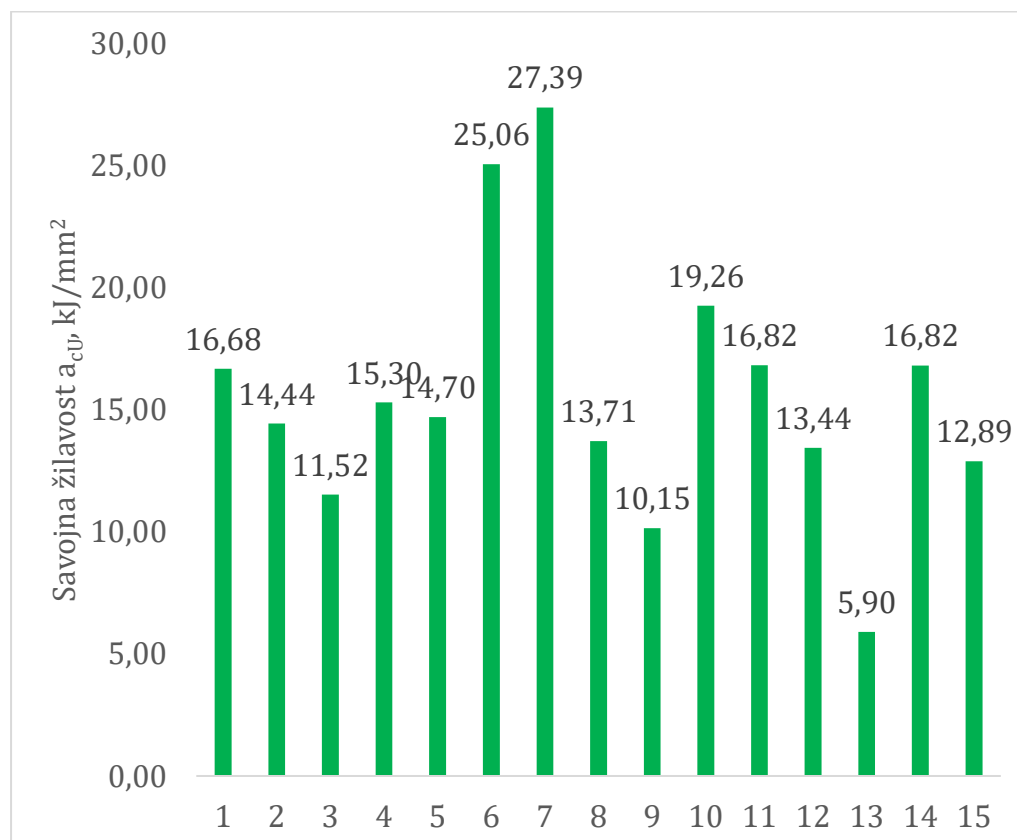
Slika 2.5.1. Duga vlakna izolirana iz stabljika biljaka: a) *Spartium junceum* i b) *Sida hermaphrodita*.

Prije slaganja komponenta u kalup i provedbe prešanja potrebno je sve komponente osušiti (Slika 2.5.2.).

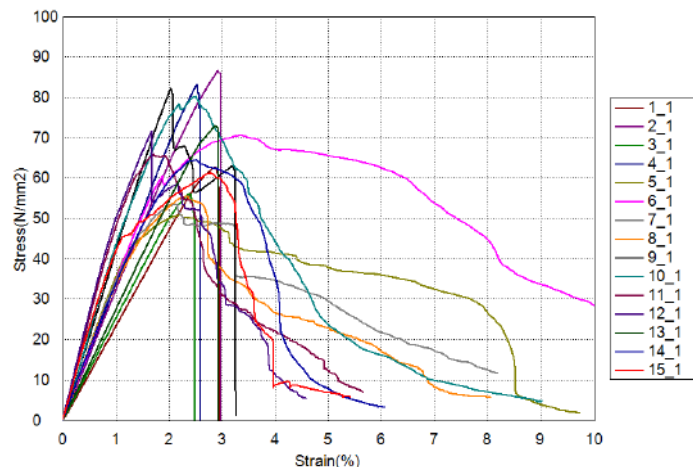


Slika 2.5.2. Postupak izrade kompozita ojačanog dugim vlaknima gdje je: a) Sušenje komponenti prije prešanja; b) Slaganje u kalup za prešanje; c) Kompresijska preša i d) Kompozitni materijal.

Polimer i celulozna vlakna su se modificirala prilikom slaganja u kalup sa uljem, nanoglinom te antimikrobnim sredstvima poput cinkovog oksida i pluta stoga su se ispitivanja odradila na 15 različitih uzoraka. Nakon prešanja kompozita, istražila su se neka od najvažnijih svojstava, npr. mehanička svojstva.



Slika 2.5.3. Rezultati prikazani kroz srednju vrijednost prilikom određivanja žilavosti materijala Charpy metodom.



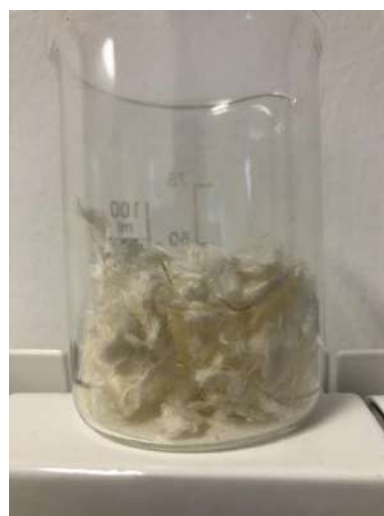
Slika 2.5.4. Rezultati prikazani kroz srednju vrijednost prilikom određivanja savojne čvrstoće materijala.

Aktivnost: 2.6. Izrada kompozitnog materijala s kratkim, nasumičnim vlaknima

Kemijskom maceracijom provedenom na stabljikama biljaka *Miscanthus x giganteus* i *Arundo donax* izolirana su kratka celulozna vlakna duljine ispod 5 mm (Tablica 10.).



a)



b)

Slika 2.6.1. Kratka vlakna izolirana iz stabljika biljaka: a) *Miscanthus x giganteus* i b) *Arundo donax*

Prije izrade kompozitnog materijala, celulozna vlakna i matrica su pomiješani u stroju za miješanje (gnjetilici) pri temperaturi taljenja polimera koji se koristi. Tijekom miješanja se polimerna matrica omekšala te su se u nju umiješala celulozna vlakna (Slika 2.6.2.).



a)



b)

Slika 2.6.2. Proces umiješavanja vlakana i polimera: a) ulazna komponenta: PLA polimer i b) izlazna komponenta: umiješano vlakno s matricom

Nakon što su komponente sjedinjene upotrebom gnjetilice dobiveni materijal je stavljen na sušenje nakon čega se započelo prešanje i izrada finalnog kompozitnog materijala (Slike 2.6.3. i 2.6.4.).



a)



b)



c)



d)

Slika 2.6.3. Postupak izrade kompozita ojačanog kratkim vlaknima gdje je: a) Sušenje komponenti prije prešanja; b) Slaganje u kalup za prešanje; c) Kompresijska preša i d) Kompozitni materijal.



a)

b)

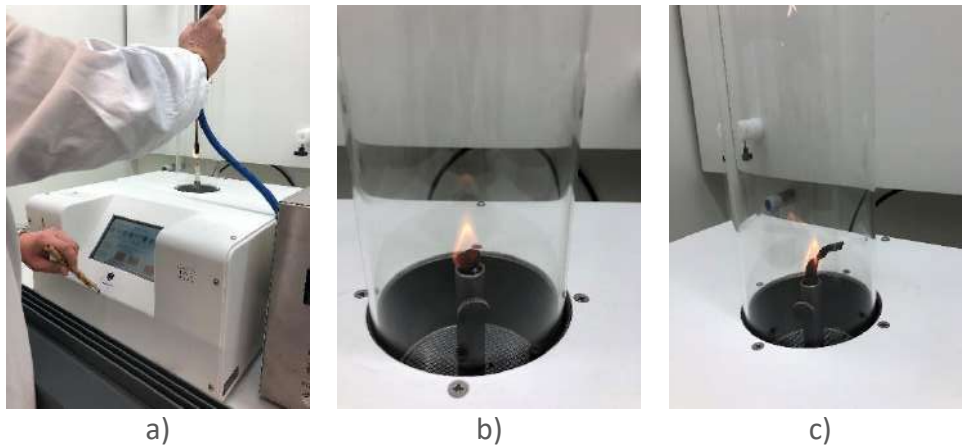
c)

d)

Slika 2.6.4. Finalni kompozitni materijal gdje je: a) PLA polimer; b) Kompozit ojačan vlaknima; c) Kompozit ojačan vlaknima i modificiran s 3 % m/m nanogline i d) Kompozit ojačan vlaknima i modificiran s 5 % m/m nanogline.

Tablica 14. Srednje vrijednosti ispitanih mehaničkih svojstava kompozitnih materijala

	K_0 %NG	K_3 % NG	K_5 % NG
Vlačna čvrstoća [MPa]	6,48	8,57	9,69
Svojna čvrstoća [MPa]	13,15	17,20	21,24
Svojna žilavost [kJ/mm ²]	1,54	1,49	1,69

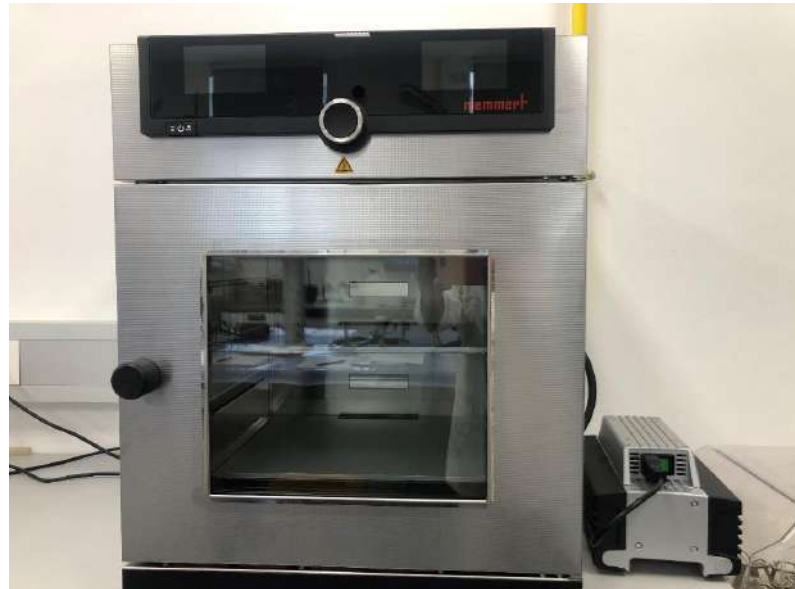


Slika 2.6.5. Ispitivanje svojstva smanjene gorivosti korištenjem metode graničnog indeksa kisika: a) Ispitivanje PLA polimera; b) Kompozit ojačan vlaknima i modificiran s 3 % m/m nanogline i c) Kompozit ojačan vlaknima i modificiran s 5 % m/m nanogline.

Aktivnost: 2.7. Nabava opreme, edukacija i provedba ispitivanja (TTF)

Nabavljena je slijedeća oprema:

1. Vakuumski sušionik (Mettmert, Type: VO49, Germany), (slika 2.7.1.)



Slika 2.7.1. Vakuumski sušionik

2. Uređaj za poliranje (Presi, Type: Minitch 250 SP1, France), (slika 2.7.2.)



Slika 2.7.2. Uređaj za poliranje

3. Plinski piknometar (Anton Paar, Quantachrome Instruments, Type: Ultrapyc 1200e, SAD), (slika 2.7.3.)



Slika 2.7.3. Plinski piknometar

4. Sušilo kritična mase (Quorum Technologies, Type: K850, UK), (slika 2.7.4.)



Slika 2.7.4. Sušilo kritične mase

5. Laserski rezač (FabCreator, Nizozemska), (slika 2.7.5.)



Slika 2.7.5. Laserski rezač

6. Vakuumska kompresijska preša (Pinnette Pei, Type: Lab Press 10t, France), (slika 2.7.6.)



Slika 2.7.6. Vakuumska kompresijska preša

ELEMENT PROJEKTA 3: Proizvodnja biogoriva iz nusproizvoda novorazvijenim tehnološkim rješenjima

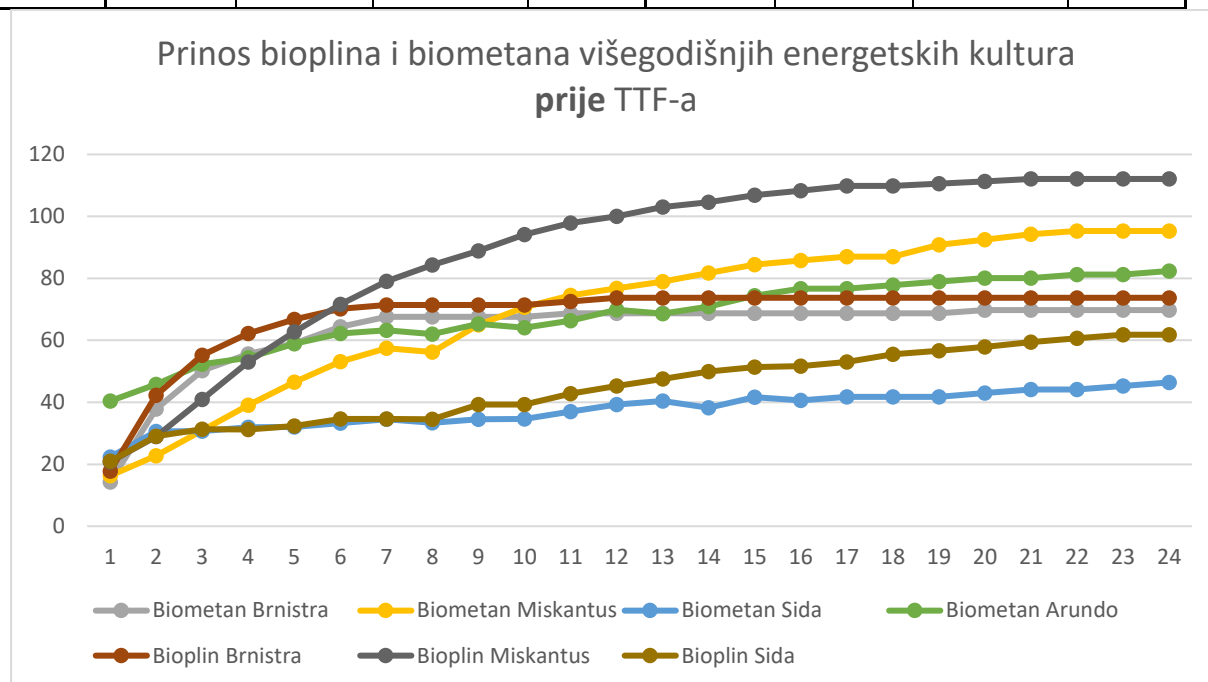
Aktivnost: 3.1. Razvoj novih tehnoloških rješenja za proizvodnju bioplina

Tablice 15. i 16. i slike 3.1.1. i 3.1.2. prikazuju produkciju bioplina i biometana u odnosu na tip korištene sirovine (prije/nakon TTF-a).

Tablica 15. Bioplinski i biometanski potencijal prinosa energetskih kultura **prije TTF-a**

Dani	Biometan				Bioplin			
	Arundo	Brnistra	Miskantus	Sida	Arundo	Brnistra	Miskantus	Sida
1	28,893	14,286	16,331	22,337	40,42	17,785	20,77875	20,935
2	36,713	37,862	22,783	30,593	45,754	42,321	28,94125	29,014
3	46,95	50,19	30,859	30,733	52,324	55,202	40,96875	31,272
4	49,534	55,615	39,076	31,965	54,364	62,211	53,0125	31,182
5	52,122	58,958	46,513	32,034	58,853	66,782	62,695	32,329
6	54,718	64,39	53,127	33,249	62,179	70,212	71,605	34,594
7	56,032	67,605	57,501	34,472	63,239	71,363	79,075	34,604
8	56,032	67,605	56,195	33,403	61,96	71,363	84,31875	34,56
9	56,032	67,605	64,964	34,56	65,357	71,363	88,85125	39,269
10	56,032	67,605	70,660	34,633	64,077	71,363	94,1025	39,231
11	57,304	68,68	74,502	36,973	66,385	72,55	97,83	42,824
12	57,304	68,68	76,804	39,291	69,874	73,727	100,07625	45,246
13	57,304	68,68	78,909	40,461	68,627	73,727	103,05125	47,522
14	56,085	68,68	81,706	38,214	70,941	73,727	104,5725	49,904
15	56,085	68,68	84,427	41,685	74,406	73,727	106,81625	51,311
16	56,085	68,68	85,781	40,611	76,682	73,727	108,2925	51,671
17	56,085	68,68	86,978	41,773	76,682	73,727	109,80375	53,065
18	56,085	68,68	86,978	41,773	77,815	73,727	109,80375	55,459
19	56,085	68,68	90,782	41,773	78,998	73,727	110,565	56,672
20	56,085	69,758	92,486	42,947	80,129	73,727	111,325	57,889
21	56,085	69,758	94,203	44,104	80,129	73,727	112,0825	59,444
22	56,085	69,758	95,291	44,104	81,257	73,727	112,0825	60,652
23	57,38	69,758	95,291	45,266	81,257	73,727	112,0825	61,807

24	58,675	69,758	95,291	46,399	82,371	73,727	112,0825	61,807
----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	----------	--------

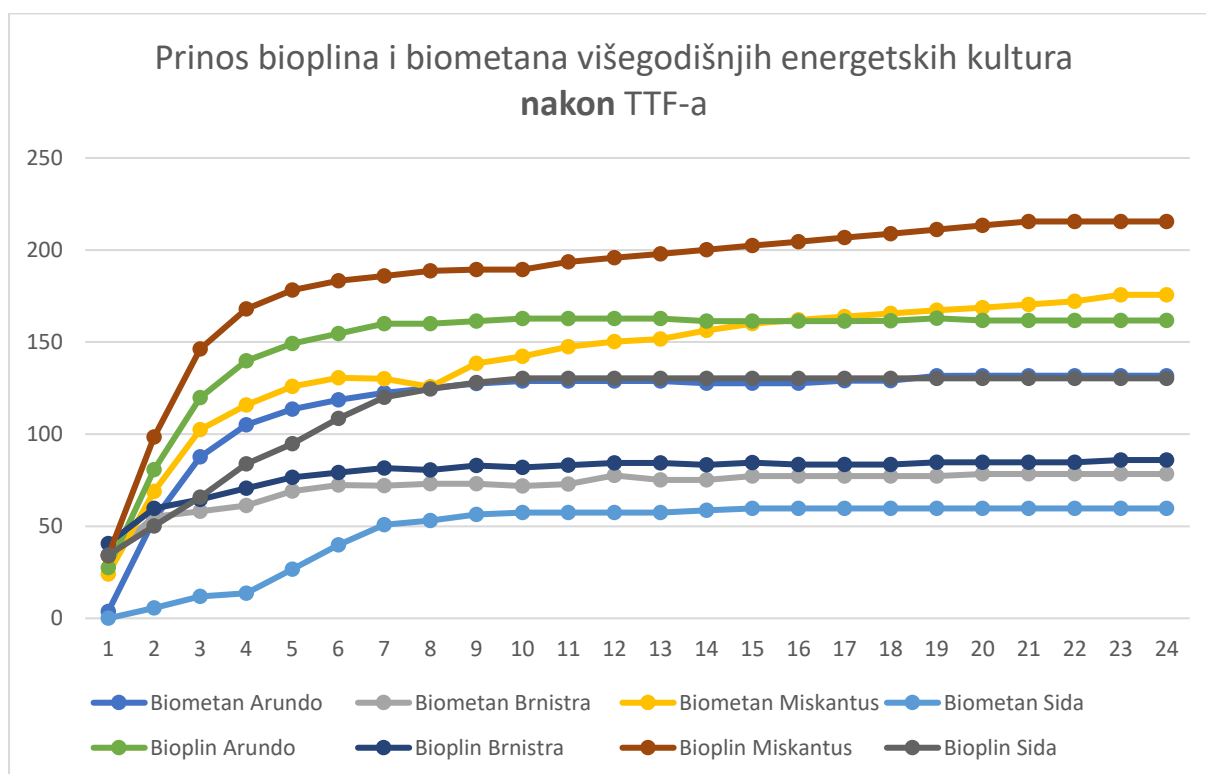


Slika 3.1.1. Bioplin i biometanski potencijal prinosa energetskih kultura prije TTF-a

Tablica 16. Bioplin i biometanski potencijal prinosa energetskih kultura nakon TTF-a

Dani	Biometan				Bioplin			
	Arundo	Brnistra	Miskantus	Sida	Arundo	Brnistra	Miskantus	Sida
1	3,709	34,118	24,108	0	27,485	40,575	33,957	34,349
2	53,775	55,122	68,945	5,597	80,687	59,627	98,503	50,115
3	87,584	58,15	102,409	11,808	119,789	64,559	146,312	65,796
4	105,017	61,266	115,912	13,529	139,858	70,579	167,935	83,815
5	113,657	69,019	125,881	26,689	149,245	76,605	178,263	94,844
6	118,67	72,291	130,604	39,876	154,628	79,116	183,349	108,471
7	122,52	72,072	130,158	50,89	160,005	81,625	185,958	119,972
8	125,018	73,013	125,703	53,097	160,005	80,597	188,611	124,579
9	127,53	73,013	138,515	56,357	161,349	82,997	189,447	128,018
10	128,874	71,783	142,253	57,484	162,695	81,966	189,447	130,311
11	128,874	72,878	147,385	57,484	162,695	83,175	193,533	130,311
12	128,874	77,526	150,214	57,484	162,695	84,385	195,73	130,311
13	128,874	75,104	151,557	57,484	162,695	84,385	197,926	130,311
14	127,638	75,104	156,363	58,577	161,459	83,354	200,122	130,311
15	127,638	77,271	159,912	59,665	161,459	84,561	202,319	130,311

16	127,638	77,271	162,001	59,665	161,459	83,545	204,515	130,311
17	128,99	77,271	163,74	59,665	161,459	83,545	206,712	130,311
18	129,103	77,271	165,48	59,665	161,573	83,545	208,908	130,311
19	131,618	77,271	167,22	59,665	162,924	84,758	211,104	130,311
20	131,734	78,372	168,62	59,665	161,69	84,758	213,301	130,311
21	131,734	78,372	170,357	59,665	161,69	84,758	215,497	130,311
22	131,734	78,372	172,093	59,665	161,69	84,758	215,497	130,311
23	131,734	78,372	175,671	59,665	161,69	85,965	215,497	130,311
24	131,734	78,372	175,671	59,665	161,69	85,965	215,497	130,311



Slika 3.1.2. Bioplinski i biometanski potencijal prinosa energetske kultura nakon TTF-a

Aktivnost: 3.2. Razvoj novih tehnoloških rješenja za proizvodnju peleta

U tablicama 17. – 20. prikazane su analize biomase za postupak peletiranja nakon procesa izolacije vlakana (nakon TTF-a)

Tablica 17. Prikaz provedenih istraživanja energetske svojstava i sastava biomase u I godini istraživanja (2020.)

I Godina II Rok (1. mjesec 2020.) ZIMA														
Uzorak	w (s.t.)	Pepeo (s.t.)	Cfix (s.t.)	Hlapive tvari	Dušik	Ugljik	Sumpor	Vodik	Kisik	HHV, (s.t.)	LHV, (s.t.)	Cel	Hem	Lig
Jedinica	%	%	%	%	%	%	%	%	%	MJ/kg	MJ/kg	%	%	%
Arundo	6,559	4,025	9,845	78,23	0,12	43,28	0,03	5,547	51,01	17,10	16,17	39,41	20,31	7,328
SxH	9,459	3,153	7,871	82,13	0,08	46,76	0,01	5,618	47,53	17,08	15,85	49,36	10,35	9,365
MxG	6,703	1,548	9,779	82,43	0,09	50,23	0,02	5,777	43,89	17,68	16,35	50,16	20,15	7,325
I Godina III Rok (3. mjesec 2020.) PROLJEĆE														
Arundo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SxH	6,05	2,59	7,91	79,25	0,10	46,83	0,04	5,17	47,86	17,15	16,19	47,87	19,98	7,207
MxG	7,403	1,57	9,874	82,07	0,08	50,07	0,03	5,32	44,50	17,52	16,48	49,35	19,95	7,125
I Godina Rok žetve 8. mjesec 2020. LJETO														
Brnistra	5,808	3,443	6,723	87,68	0,30	49,29	0,027	6,60	43,78	18,23	17,32	40,33	8,407	7,427

* Zabrana napuštanja matične županije – COVID

Tablica 18. Prikaz provedenih istraživanja energetske svojstva i sastava biomase u I godini istraživanja (2020.)

I Godina II Rok (1. mjesec 2020.) ZIMA												
Uzorak	Ca	Fe	K	Mg	Na	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Jedinica	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Arundo	912,5	11,28	6254	351,4	211,2	0,985	3,154	0,985	5,251	2,127	**	4,022
SxH	4252	11,30	212,4	313,0	45,23	0,987	0,129	0,662	1,126	3,257	**	2,979
MxG	101	9,53	1382	99,54	12,59	0,975	5,035	1,383	64,53	2,754	**	9,594
I Godina III Rok (3. mjesec 2020.) PROLJEĆE												
Arundo*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SxH	3857	11,27	1873	354	26,15	0,971	0,673	1,012	1,879	3,003	**	5,521
MxG	128	9,07	1421	78,54	13,75	1,023	0,715	1,512	92,52	1,83	**	8,755
I Godina Rok žetve 8. mjesec 2020. LJETO												
Brnistra	1215	15,23	2563	628,6	252,2	1,574	1,029	1,624	29,38	0,256	**	4,259

* Zabrana napuštanja matične županije – COVID; ** ispod razine detekcije uređaja

Tablica 19. Prikaz provedenih istraživanja energetske svojstva i sastava biomase u II godini istraživanja (2020/2021.)

II godina I Rok (11. mjesec 2020.) JESEN														
Uzorak	w (s.t.)	Pepeo (s.t.)	Cfix (s.t.)	Hlapive tvari	Dušik	Ugljik	Sumpor	Vodik	Kisik	HHV, (s.t.)	LHV, (s.t.)	Cel	Hem	Lig
Jedinica	%	%	%	%	%	%	%	%	%	MJ/kg	MJ/kg	%	%	%
Arundo	6,53	5,13	9,98	87,25	0,513	44,14	0,012	5,475	49,86	17,38	16,38	39,36	19,37	9,251
SxH	5,36	4,01	9,91	86,15	0,150	45,25	0,023	5,354	50,22	18,25	16,98	48,05	19,27	9,957
MxG	6,84	2,24	10,51	80,08	0,285	44,58	0,015	5,021	50,01	18,35	17,20	49,62	19,17	7,203
II godina II Rok (1. mjesec 2021.) ZIMA														
Arundo	7,58	4,754	8,259	75,95	0,250	46,41	0,046	5,653	47,64	17,33	16,10	40,16	20,14	7,754
SxH	9,29	2,566	5,526	87,70	0,116	48,61	0,065	5,620	45,59	17,23	15,99	48,34	10,65	9,123
MxG	6,98	1,394	11,79	84,33	0,242	47,85	0,022	5,486	46,90	18,11	16,89	49,66	18,95	7,304
II godina III. Rok (3. mjesec 2021.) PROLJEĆE														
Arundo	7,58	7,584	12,91	75,71	0,271	46,34	0,085	5,588	47,72	17,63	16,53	40,15	20,18	7,523
SxH	10,6	3,126	7,256	91,26	0,106	47,35	0,042	5,641	46,86	17,13	16,08	49,15	9,324	8,854
MxG	6,50	1,507	11,83	80,72	2,222	46,85	0,021	5,458	45,45	18,42	17,28	50,22	20,093	7,607
II godina Rok žetve 8. mjesec 2021. LJETO														
Brnistra	5,926	2,882	6,880	87,80	0,312	49,27	0,034	6,573	43,81	17,06	5,926	40,14	8,306	7,692

Tablica 20. Prikaz provedenih istraživanja energetske svojstva i sastava biomase u II godini istraživanja (2020/2021.)

II Godina I Rok (11. mjesec 2020.) JESEN												
Uzorak	Ca	Fe	K	Mg	Na	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Jedinica	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Arundo	985	17,30	5103	428,5	231,5	1,217	3,091	0,591	8,352	2,056	*	3,428
SxH	5863	15,85	4058	100,1	16,58	0,658	0,856	0,875	0,875	3,242	*	6,523
MxG	105	12,36	2589	198,5	23,54	-	18,78	1,752	68,52	4,756	*	4,567
II Godina II Rok (1. mjesec 2021.) ZIMA												
Arundo	722	12,53	5211	505,2	171,3	0,752	1,571	0,622	6,253	2,238	*	2,097
SxH	3961	11,28	2321	260,2	69,31	0,859	0,655	0,218	1,986	2,365	*	2,123
MxG	536	4,56	1598	53,64	26,05		1,257	-	42,25	0,854	*	2,864
II Godina III Rok (3. mjesec 2021.) PROLJEĆE												
Arundo	801	18,36	5088	513,3	213,5	1,014	2,127	0,793	6,014	3,017	*	2,338
SxH	7513	108,4	1128	1124	16,29	0,458	0,654	0,899	4,257	2,358	*	5,267
MxG	59	10,23	2856	115,6	13,58	-	5,021	1,394	128,95	1,578	*	8,089
II Godina Rok žetve 8. mjesec 2021. LJETO												
Brnistra	985,5	13,26	2214	598,2	198,4	0,987	0,897	1,427	23,28	0,123	*	2,369

* ispod razine detekcije uređaja

Aktivnost: 3.3. Nabava opreme, edukacija i provedba ispitivanja (AFZ)

Nabavljena oprema:

1. Ormar za hlapive i zapaljive kemikalije (nema dodatnih specifikacija) (slika 3.3.1)



Slika 3.3.1. Ormar za zapaljive kemikalije

2. Laboratorijska sušara (Retsch, Type: TG200, Germany) (slika 3.3.2)



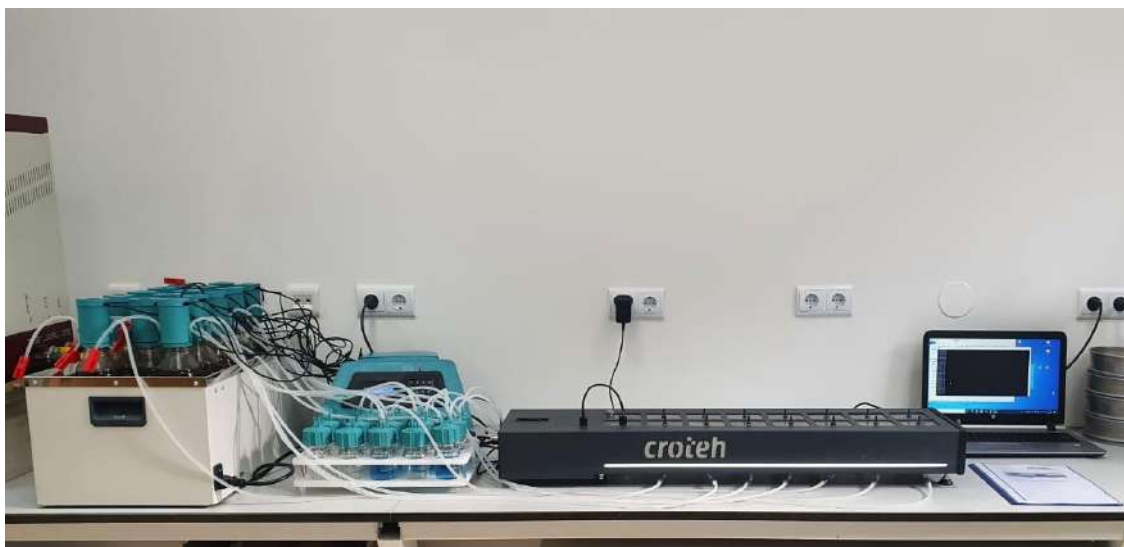
Slika 3.3.2. Laboratorijska sušara

3. Titrator (Metrohm, Type: Eco titrator, Switzerland) (slika 3.3.3)



Slika 3.3.3. Laboratorijski titrator

4. Bioplinsko postrojenje (Croteh, Type: Croteh biogas system 15, Croatia) (slika 3.3.4)



Slika 3.3.4. Bioplinsko postrojenje u laboratoriju

5. Laboratorijska peletirka (Kahl, Tip: 4-175, Njemačka) (slika 3.3.5)



Slika 3.3.5. Laboratorijska peletirka u laboratoriju

6. Uređaj za testiranje tvrdoće peleta (Kahl, Tip: 12-24V DC, Njemačka) (slika 3.3.6)



Slika 3.3.6. Uređaj za testiranje tvrdoće peleta u laboratoriju

7. Motorna pila (Makita, Japan) (slika 3.3.7)



Slika 3.3.7. Motorna pila

Dodatno je nabavljen instrument: Uređaj za mikrovalnu digestiju (Tip: Milestone Ethos Easy)



Slika 3.3.8. Uređaj za mikrovalnu digestiju (Mikrovalni sustav za zatvorenu digestiju)

ELEMENT PROJEKTA 4: Transfer znanja i tehnologije

Aktivnost 4.1. (AFZ i TTF) Sudjelovanje na konferencijama i radionicama s ciljem širenja IR rezultata u akademski i gospodarski sektor

Radovi objavljeni u cjelosti:

1. Gudelj–Velaga A., Bilandžija N., Grubor M., Leto J., Krička T.: Influence of a dry year on the Virginia mallow energy properties, Zbornik radova 58. hrvatskog i 18. međunarodnog simpozija agronoma Krička T., Matin A. (ur.), Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, (2023) 427-431.
2. Bischof S.: Bischof, S.: Future Textiles-Back to the Past, Book of Proceedings (10th International Textile, Clothing & Design Conference - Magic World of Textiles) / Dragčević, Z. ; Hursa Šajatović, A. ; Vujasinović, E. (ed.). Zagreb, University of Zagreb Faculty of Textile Technology (2022), ISSN 1847-7275, pp. 3-17.
3. Kovačević, Z., Grgić, K., Sutlović, A., Bischof, S.: Electrokinetic Properties of Wool and Cotton Fabrics Dyed with the Flower Extract of Spanish Broom Plant, Book of Proceedings (10th International Textile, Clothing & Design Conference - Magic World of Textiles) /

Dragčević, Z. ; Hursa Šajatović, A. ; Vujasinović, E. (ed.). Zagreb, University of Zagreb Faculty of Textile Technology (**2022**), ISSN 1847-7275, pp.118-124.

4. Bilandžija N., Gudeljčić K., Voća N., Kontek M., Lakić J., Leto J.: The influence of different agrotechnical measures on Miscanthus grass productivity, Zbornik radova 56. hrvatski i 16. međunarodni simpozij agronoma, Mioč, B., Širić, I. (ur.). Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, **2021**, 757–761.
5. Krička T., Matin A., Grubor M.: Utjecaj skladištenja na higroskopnost sječke Side hermaphrodite, Zbornika radova 56. hrvatskog i 16. međunarodnog simpozija agronoma, Rozman V., Antunović Z. (ur.). Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, **2021**, 779-782
6. Grubor M., Bilandžija N., Krička T.: Peletiranje i briketiranje energetskih kultura, Zbornik radova 56. hrvatskog i 16. međunarodnog simpozija agronoma, Rozman V., Antunović Z. (ur.). Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, **2021**, 762-767
7. Grubor, M., Jurišić, V., Bilandžija, N., Kovačević, Z., Krička, T.: Arundo donax L. kao sirovina u biorafinerijskom procesu, Book of Abstracts of 55th Croatian & 15th International Symposium on Agriculture February 16–21, 2020. Vodice, Croatia, Mioč, B., Širić, I. (ur.), University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia, **2020**, ISSN 2459-5543, 558-563.
8. Matin, A., Bilandžija, N., Voća, N., Leto, J., Bischof, S.: Proizvodnja energije iz sječke Side hermaphrodite kao čvrstog biogoriva, Book of Abstracts of 55th Croatian & 15th International Symposium on Agriculture February 16–21, 2020. Vodice, Croatia, Mioč, B., Širić, I. (ur.), University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia, **2020**, ISSN 2459-5543, 573-577.
9. Kovačević, Z., Bischof, S., Fan, M.: Nanobicomposites reinforced with Spanish broom (*Spartium junceum* L.) fibres, Book of Proceedings 13th International Scientific-Professional Symposium Textile Science and Economy-Chinese-Croatian Forum 2020, Petrak, S., Zdraveva, E., Mijović, B. (ur.), University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Zagreb **2020**, ISSN 2584-6450, 214-219.

Sažeci radova:

1. Kovačević, Z., Šoufek, S., Višić, K., Bischof, S.: Morphological analysis of fibres extracted from lignocellulosic biomass – resources of renewable energy, 4th Croatian Microscopy Congress with International Participation Book of Abstracts, Macan, Jelena ; Kovačević, Goran (ur.), Zagreb, Croatian Microscopy Society and Ruđer Bošković Institute, 2022. 106-107
2. Matin A., Krička T., Grubor M., Bilandžija N., Leto J., Voća N., Kovačević Z., Peter A., Jurišić V.: Energy properties of Switchgrass (*Panicum Virgatum* L.) depending on different ash application rate, Book of Abstract, EUBCE **2021**, 2021, 470-470.

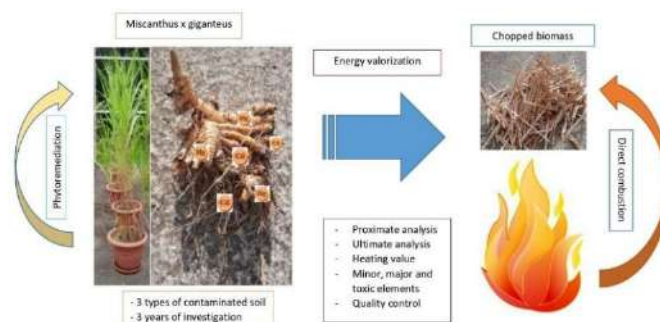
3. Grubor M., Krička T., Matin A., Bilandžija N., Šumenjak Kraner T., Jurišić V.: Arundo donax L. as solid biofuel - biomass and biochar valorization, Book of Abstract EUBCE **2021**, 2021, 471-471.
4. Jurišić, V., Kontek, M., Clifton – Brown, J., Trinidade, L., Bilandžija, N., Matin, A., Grubor, M., Krička, T.: Analysis of Fuel Properties and Flammability of Novel Miscanthus Genotypes, Grown in Croatia, during the First Three Vegetation Seasons, Book of Abstract, EUBCE **2021**, 472-472.
5. Krička, T., Bischof, S.: Dizajn naprednih biokompozita iz energetski održivih izvora, Book of Abstracts of 55th Croatian & 15th International Symposium on Agriculture February 16 – 21, 2020. Vodice, Croatia, Mioč, B., Širić, I. (ur.), University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia, **2020**, ISSN 2459-5551, 304-305.
6. Kovačević, Z., Bischof, S.: Spanish broom (Spartium junceum L.) – a valuable raw material in the biocomposites production, Book of Abstracts of 55th Croatian & 15th International Symposium on Agriculture 16th – 21st February 2020, Vodice, Croatia; Mioč, B., Širić, I. (eds.), University of Zagreb Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia, **2020**, ISSN 2459-5543, 302-304.

Aktivnost 4.2. (AFZ i TTF) Objava radova

Radovi u WoS-u

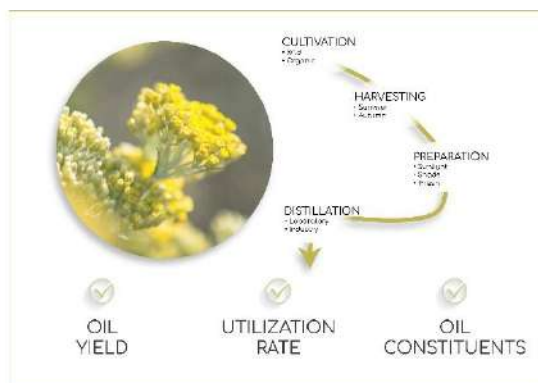
1. Bilandžija, N.; Zgorelec, Ž.; Pezo, L.; Grubor, M.; Gudelj Velaga, A.; Krička, T.: Solid biofuels properties of Miscanthus X giganteus cultivated on contaminated soil after phytoremediation process, Journal of the Energy Institute 101 (**2022**) 131-139
<https://doi.org/10.1016/j.joei.2022.01.007>

Graphical image:



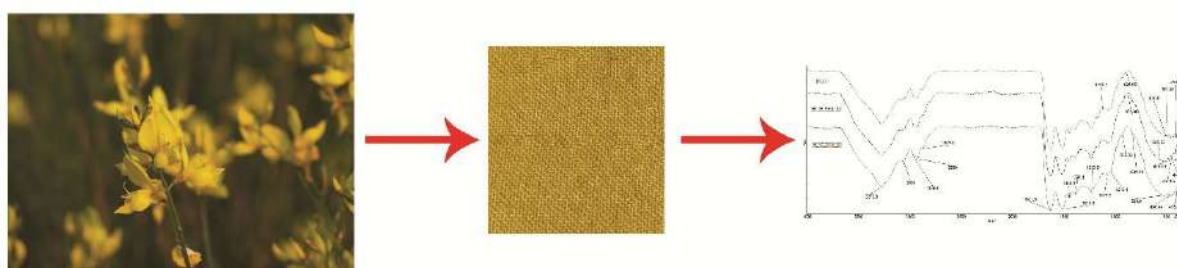
2. Matin, A.; Pavkov, I.; Grubor, M.; Jurišić, V.; Kontek, M.; Jukić, F.; Krička, T.: Influence of Harvest Time, Method of Preparation and Method of Distillation on the Qualitative Properties of Organically Grown and Wild *Helichrysum italicum* Immortelle Essential Oil. *Separations* (2021) 8, 167. <https://doi.org/10.3390/separations8100167>

Graphical image:



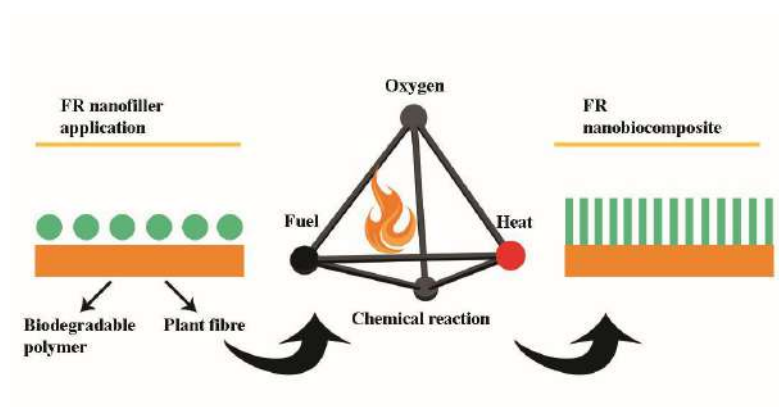
3. Kovačević, Z., Sutlović, A., Matin, A., Bischof, S.: Natural Dyeing of Cellulose and Protein Fibers with the Flower Extract of *Spartium junceum* L. *Plant, Materials*, 14 (2021) 4091. <https://doi.org/10.3390/ma14154091>

Graphical image:



4. Kovačević, Z., Flinčec Grgac, S., Bischof, S.: Progress in Biodegradable Flame Retardant Nano-Biocomposites, *Polymers* (2021), 13, 74. <https://doi.org/10.3390/polym13050741>

Graphical image:



5. Grubor, M., Matin, A., Bilandžija, N., Bischof, S., Jurišić, V., Kontek, M., Krička, T.: Miscanthus and maize stalk as source for green energy production, Proceedings of 48th Symposium Actual Tasks on Agricultural Engineering, Zagreb, Croatia, **2021**, 455-461.
6. Gudelj Velaga, A., Bilandžija, N., Grubor, M., Kovačević, Z., Krička, T.: Energy utilisation of biofibre production residues – circular economy approach, Proceedings of 48th Symposium Actual Tasks on Agricultural Engineering, Zagreb, Croatia, **2021**, 463-472.
7. Gudelj–Velaga A. Bilandžija N., Grubor M., Tomić I., Kovačević Z., Krička T.: Enzymes for lignocellulosic biomass degradation as an approach to green technology, Proceedings of 49th International Symposium Actual Tasks on Agricultural Engineering, Kovačev I., Grubor M. (ur.). University of Zagreb Faculty of Agriculture, **2023**, 381-388.

Aktivnost 4.3. (AFZ i TTF) Izrada studije zaštite intelektualnog vlasništva

Izrađene su 4 zasebne Studije zaštite intelektualnog vlasništva, s obzirom na raznovrsne stavke (postupke dobivanja vlakana, biokompozita, krutog energenta, bioplina):

1. Dobivanje biokompozita sa ojačalom od Spartium junceum L. i/ili Sida hermaphrodita vlakana – Analiza patentabilnosti (14. lipnja 2022.), Zapisnik: 30.06.2022.
2. Dobivanje krutog energenta nakon izdvajanja vlakana iz brniste i/ili Virdžinijskog sljeza – Analiza patentabilnosti (22. srpnja 2022.), Zapisnik: 25.7.2022.
3. Postupak dobivanja bioplina iz Miscanthus x Giganteus i Arundo Donaxa – Analiza patentabilnosti (8. rujna 2022.), Zapisnik: 9.9.2022.
4. Dobivanje biokompozita sa ojačalom od Spartium junceum L. i/ili Sida hermaphrodita vlakana poboljšanim antimikrobnim svojstvima – Analiza patentabilnosti (9. listopada 2023.), Zapisnik: 13.11.2023.

Aktivnost 4.4. (AFZ i TTF) Prijava patenta

Projektom su bili planirani slijedeći rezultati:

R.4.4.1. Prijava patenta za novi, biorazgradivi, vlaknima ojačan kompozit.

R.4.4.2. Prijava patenta za metodologiju obrade stabljičnih vlakana.

R.4.4.3. Patentna prijava za novu tehnologiju peletiranja i/ili razvoj novih tehnoloških rješenja u postupku proizvodnje bioplina II generacije.

Tijekom projekta je nakon provedenih svih postupaka Analize stanja tehnike, došlo do malog odstupanja i proširenja istraživanja. Ostvareno je i više od planiranog jer su podnesene četiri prijave patenata (2 HR i 2 PCT):

1. **P20230330A**, Postupak proizvodnje bioplina, 31.03.2023., Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske, Podnositelji: TTF i AFZ, Izumitelji: Tatjana Krička, Sandra Bischof, Ana Matin, Vanja Jurišić, Neven Voća i Zorana Kovačević.

2. **P20231398A**, Postupak proizvodnje lignoceluloznih vlakana iz energetskih kultura, 3.11.2023., Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske, Podnositelj: TTF, Izumitelji: Sandra Bischof, Zorana Kovačević, Tajana Krička i Nikola Bilandžija.

3. **PCT/EP2023/081977**, Pellets, Process for their Production, and Use Thereof, 15.11.2023, European Patent Office, The Hague, Podnositelji: AFZ i TTF, Izumitelji: Tatjana Krička, Nikola Bilandžija, Mateja Grubor, Sandra Bischof i Zorana Kovačević.

4. **PCT/EP2023/08247**, Biocomposites of Antimicrobial Properties Based on Renewable Polymers and Lignocellulosic Fibers, 16.11.2023, European Patent Office, The Hague, Podnositelj: TTF, Izumitelji: Zorana Kovačević, Sandra Bischof, Tajana Krička i Nikola Bilandžija.

Aktivnost 4.5. (AFZ i TTF) Sklapanje sporazuma s ciljem transfer atehnologije

Za vrijeme trajanja projekta sklopljena su 2 Sporazuma:

1.) TTF i Zadruga za proizvodnju i prodaju proizvoda od industrijske konoplje (Zadružna konopljara-ZAKON): KLASA: 901-02/23-01/05, URBROJ: 251-68-01-1

2.) AFZ i Eksid d.o.o: KLASA:402-01/23-39, URBROJ: 251-71-23-01/5-23-1

ELEMENT PROJEKTA 5: Promidžba i vidljivost

Aktivnost 5.1. (AFZ i TTF) Izrada i provedba Plana diseminacije

Dana 13.07.2020. je izrađen Plan diseminacije. Njime je predložen vremenski raspored aktivnosti diseminacije definiranih unutar Elementa projekta V. Promidžba i vidljivost.

Aktivnost 5.2. (AFZ i TTF) Izrada i održavanje web stranice

Za izradu i održavanje web stranice je zadužena tvrtka Switch-One, s kojom je sklopljen Ugovor dana 17.3.2020. S obzirom na produženje projekta u trajanju od 11 mjeseci, sklopljen je Dodatak Ugovoru, dana 11.4.2023.



Slike 5.2.1. Print screen web stranice BIODOMPOZITI, <https://biokompoziti.eu/>

Aktivnost 5.3. (AFZ i TTF) Predstavljanje projekta javnosti

Diseminacija projekta je provedena različitim medijima:

1. Roll-up projekta (2)



HR verzija Roll-up



EN verzija Roll-up

2. Roll-up patenata (4), prikazani na Diseminacijskoj konferenciji 31.11.2023.





Sveučilište u Zagrebu
Tekstilno-tehnološki fakultet

Sveučilište u Zagrebu

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet



Dizajn naprednih kompozita iz energetski održivih izvora
KK.01.1.1.04.0091

U okviru projekta KK.01.1.1.04.0091: Dizajn naprednih kompozita iz energetski održivih izvora (BIOKOMPOZITI), kojeg su u razdoblju: 20.12.2019–30.11.2023., provodili Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet (koordinator) i Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet (partner) razvijeni su prototipovi naprednih biokompozitnih materijala poboljšanih svojstava s širokom mogućnošću primjene u gospodarskom sektoru uz potpuno iskorištenje sirovine u proizvodnji biogoriva (bioplina i peleta). Rezultati projekta uključuju 4 patentne prijave. Prva prijava je podnesena na Državni zavod za intelektualno vlasništvo, s datumom prijave: 31.3.2023.

1.PATENT P20230330A, Datum prijave 31.03.2023.

POSTUPAK PROIZVODNJE BIOPLINA

IZUMITELJI: Tajana Krička; Sandra Bischof; Ana Matin,
Vanja Juršić, Neven Voća, Zorana Kovačević

SAŽETAK

Izum otkriva postupak pripreme bioplina iz otpadnih kratkih biljnih vlakana dužine 1 mm celuloznih vlakana iz biljaka brnistre (*Spartium junceum* L.), miskantusa (*Miscanthus x giganteus*), virdžinijskog sljeza (*Sida hermaphrodita* L.) Rusby), divovske trave (*Arundo donax* L.) ili smjese navedenih sirovina, uz primjenu postupka temeljenog na anaerobnoj digestiji (AD). Postupak prema izumu daje bioplina višeg sadržaja metana (CH₄), >75% V/V, i sadržaja sumporovodika (H₂S) <100 ppm.




Ujedno sirovine iz otpada celuloznih vlakana mogu djelomično zamijeniti kukuruznu silažu. Kao nusprodukt postupka prema izumu dobiva se tekući digestat koji je sličan konvencionalnom digestatu i koristi se kao ekološki prihvatljivo, obnovljivo i biološko gnojivo za gnojidbu i prihranu ratarskih kultura.



<https://biokompoziti.eu/>






Sveučilište u Zagrebu
Tekstilno-tehnološki fakultet

Sveučilište u Zagrebu

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet



Dizajn naprednih kompozita iz energetski održivih izvora
KK.01.1.1.04.0091

U okviru projekta KK.01.1.1.04.0091: Dizajn naprednih kompozita iz energetski održivih izvora (BIOKOMPOZITI), kojeg su u razdoblju: 20.12.2019–30.11.2023., provodili Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet (koordinator) i Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet (partner) razvijeni su prototipovi naprednih biokompozitnih materijala poboljšanih svojstava s širokom mogućnošću primjene u gospodarskom sektoru uz potpuno iskorištenje sirovine u proizvodnji biogoriva (bioplina i peleta). Rezultati projekta uključuju 4 patentne prijave:


2.PATENT P20231398A, Datum prijave: 3.11.2023.

POSTUPAK PROIZVODNJE LIGNOCELULOZNIH VLAKANA IZ ENERGETSKIH KULTURA





IZUMITELJI: Sandra Bischof, Zorana Kovačević, Tajana Krička, Nikola Bilandžija

SAŽETAK

Izum otkriva postupak izolacije lignoceluloznih vlakana iz usitnjenih nadzemnih dijelova energetskih kultura miskantusa (*Miscanthus x giganteus*) i/ili divovske trske (*Arundo donax* L.), a koji se temelji na kemijskoj obradi usitnjene biomase s otopinom limunske kiseline (1; 5,0-15,0% m/m), vodikovog peroksida (H₂O₂; 2,0-6,0% m/m) i dinatrijeva edetata dihidrata (Na₂EDTA-2H₂O; 0,005-0,03% m/m) pri 60- 65 °C uz termičku obradu mikrovalovima (MW) pri 2.450 MHz tijekom 30- 60 minuta, uz naknadno razvlačivanje u mlinu do razine 10-40 *SR, te cijedenje i sušenje, pri čemu se dobivaju lignocelulozna vlakna koja minimalno 90% odgovaraju specifikaciji dužine 0,1-10 mm i promjera 10-20 µm. Lignocelulozna vlakna prema izumu koriste se za proizvodnju kompozitnih materijala s mogućnošću primjene u različitim industrijama: u tekstilnoj industriji za proizvodnju netkanih i ostalih tehničkih tekstilija, u građevinskoj industriji za proizvodnju izolacijskih ploča, za proizvodnju papira poput kraft papira, industrijskog papira ili kartona, te za različite svrhe u poljoprivredi (agrotekstilije).



<https://biokompoziti.eu/>



Dizajn naprednih kompozita iz energetske održivih izvora KK.01.1.1.04.0091

U okviru projekta KK.01.1.1.04.0091: Dizajn naprednih kompozita iz energetske održivih izvora (BIOKOMPOZITI), kojeg su u razdoblju: 20.12.2019.-30.11.2023., provodili Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet (koordinatori) i Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet (partner) razvijeni su prototipovi naprednih biokompozitnih materijala poboljšanih svojstava s širokom mogućnošću primjene u gospodarskom sektoru uz potpuno iskorištenje sirovine u proizvodnji biogoriva (bioplina i peleta). Rezultati projekta uključuju 4 patente prijave:

3. PATENT PCT/EP2023/081977, Datum prijave: 15.11.2023.

PELLETS, PROCESS FOR THEIR PRODUCTION, AND USE THEREOF

IZUMITELJI: Tajana Krička, Nikola Bilandžija; Matea Grubor, Sandra Bischof, Zorana Kovačević

ABSTRACT

The present invention reveals a novel solid fuel in the form of pellets made from comminuted lignocellulosic grass-like materials: Spanish broom (*Spartium junceum* L.), giant miscanthus (*Miscanthus x giganteus*), Virginia mallow (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby), giant reed (*Arundo donax* L.), and/or waste materials from these plants, and concentrated black liquor or concentrated and dried black liquor obtained as a side-product from the delignification process of said plants with citric acid/hydrogen peroxide-based delignification process, as well as the process for the production of said pellets. The pellets are characterized by ash content $\leq 7\%$ w/w, sulfur content $\leq 0.08\%$ w/w, and an energy value of 16.00-19.50 MJ/kg. The pellets according to the present invention are used as an environmentally friendly and renewable solid fuel or starting material for manufacturing various renewable chemicals in biorefineries.



<https://biokompoziti.eu/>



Dizajn naprednih kompozita iz energetske održivih izvora KK.01.1.1.04.0091

U okviru projekta KK.01.1.1.04.0091: Dizajn naprednih kompozita iz energetske održivih izvora (BIOKOMPOZITI), kojeg su u razdoblju: 20.12.2019.-30.11.2023., provodili Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet (koordinatori) i Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet (partner) razvijeni su prototipovi naprednih biokompozitnih materijala poboljšanih svojstava s širokom mogućnošću primjene u gospodarskom sektoru uz potpuno iskorištenje sirovine u proizvodnji biogoriva (bioplina i peleta). Rezultati projekta uključuju 4 patente prijave:

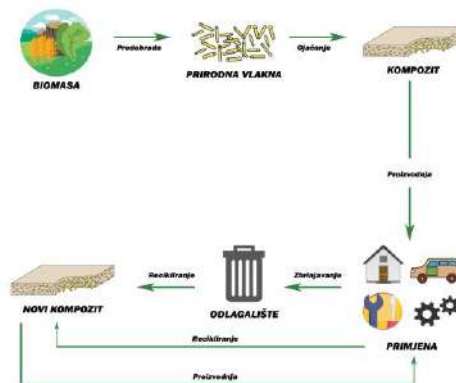
4. PATENT PCT/EP2023/08247, Datum prijave: 16.11.2023.

BIOCOMPOSITES OF ANTIMICROBIAL PROPERTIES BASED ON RENEWABLE POLYMERS AND LIGNOCELLULOSIC FIBERS

IZUMITELJI: Zorana Kovačević, Sandra Bischof, Tajana Krička, Nikola Bilandžija

ABSTRACT

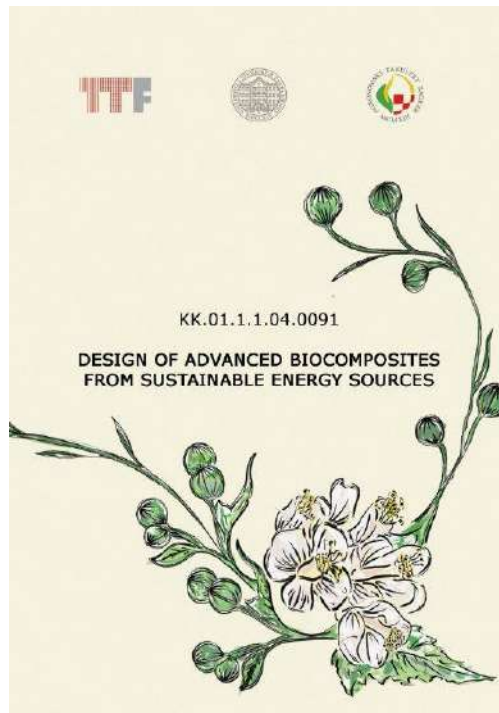
The present disclosure reveals a biocomposite material based on a biodegradable polymer such as polylactic acid (PLA; 50.00-95.00% w/w), lignocellulose fibers from renewable energy crops (0.10-50.00% w/w), nano-clay (NC) (0.10-20.00% w/w), two or more antimicrobial additives (AMA; 0.10-20.00% w/w), a drying oil like linseed oil (0.05-6.00% w/w), and optionally, one or more predominantly renewable functional additives selected from the group consisting of flame retardants, plasticizers, stabilizers including antioxidants and UV-stabilizers, slip agents, lubricants including internal and external, biocides, colorants, and fillers. The said composite contains a combination of AMAs based on zinc oxide (ZnO) and milled cork (MC). The biocomposite material according to the present disclosure is used for the manufacturing of sustainable industrial products as a substitute for conventional composite materials made from non-renewable, petrochemical-based polymers.



<https://biokompoziti.eu/>



3. Brošura BIOCOMPOSITES



4. Oglasi (2)

UDK 677 + 687(05) ISSN 0192-8482
 ISSN 0482-8482
 9770492-08-3-02

Tekstil
3

ŠKOPIS ZA TEKSTILNU I ODJEVNU TEHNOLOGIJU
 JOURNAL FOR TEXTILE AND CLOTHING TECHNOLOGY
 ZEITSCHRIFT FÜR TEXTILTECHNOLOGIE UND BEKLEIDUNGSTECHNIK

Vol. 71 Zagreb, July-Sept 2022 No. 3

KK.01.1.1.04.0091
 DIZAJN NAPREDNIH BIOKOMPOZITA IZ ENERGETSKI ODRŽIVIH IZVORA

<http://biokompoziti.eu>

Štamp. Vol. 71 broj 3 str. 139-242 Zagreb, septembar 2022.

Projekt BIOKOMPOZITI
 Tekstil 71 (3) 239-240 (2022)

Projekt: KK.01.1.1.04.0091 Dizajn naprednih biokompozita iz energetske održivih izvora (BIOKOMPOZITI)

Nositelj: TTF

Partner: AFZ

PTI

PTZ

Partneri: Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet & Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

Voditeljica projekta: Prof.dr.sc. Sandra Bischof

Trajanje: 20.12.2019.-1.12.2023.

Vrijednost projekta: 8.025.066,65 HRK

Osnovni cilj projekta:

Dizajn i izrada naprednih biokompozitnih materijala poboljšanih svojstava s širokom mogućnošću primjene u gospodarskom sektoru uz apsolutno iskoristavanje sirovine kroz proizvodnju biogornja temeljena na rasvoju i primjeni novih tehnoloških rješenja. Razvijeni inovativni proizvodi i tehnologije transferirat će se u stvarne i poslovne sfere društva poštujući pri tome načelo efikasnosti resursa i kružne ekonomije.

S.L. Projektni tim: Nikola Bilandžija, Zorana Kovačević, Sandra Bischof, Tajana Križak, Ana Martin, Neven Voća, Josip Leto, Mateja Grubor, Lea Bottneri, Franjo Benjak, Eva Magovac, Edita Vujašinović, Marijana Pavunc, Vanja Juršić.

Najvažniji rezultati projekta KK.01.1.1.04.0091 (BIODOMPOZITI) Dizajn naprednih kompozita iz energetski održivih izvora

Prof. dr. sc. **Sandra Bischof**
Sveučilište u Zagrebu Tehničko-tehniološki fakultet,
Zagreb, Hrvatska
E-mail: sbischof@inf.unizg.hr
Projekt: 25.10.2023.

Projekt BIODOMPOZITI se provodi u razdoblju 20.12.2019. – 30.11.2023. pod vodstvom Sveučilišta u Zagrebu Tehničko-tehniološkog fakulteta u suradnji sa Sveučilištem u Zagrebu Agrotehničkom fakultetom. Financiran je od strane Europskih struktura na europskim fondovima iz Programa Inicijative i kohezije u iznosu 1.040.621,96 €. U sklopu projekta je na Sveučilištu u Zagrebu Tehničko-tehniološkom fakultetu izvršena razvojni i istraživački radovi na razvoju i kvaliteti kompozitnih materijala (13).

Na Sveučilištu u Zagrebu Tehničko-tehniološkom fakultetu su provedena istraživanja i razvojni radovi na razvoju kompozitnih materijala iz obnovljivih izvora. Projekt je financiran od strane Europskih struktura na europskim fondovima iz Programa Inicijative i kohezije u iznosu 1.040.621,96 €. U sklopu projekta je na Sveučilištu u Zagrebu Tehničko-tehniološkom fakultetu izvršena razvojni i istraživački radovi na razvoju i kvaliteti kompozitnih materijala (13).

Dostignuti su značajni rezultati u području razvoja kompozitnih materijala iz obnovljivih izvora. Projekt je financiran od strane Europskih struktura na europskim fondovima iz Programa Inicijative i kohezije u iznosu 1.040.621,96 €. U sklopu projekta je na Sveučilištu u Zagrebu Tehničko-tehniološkom fakultetu izvršena razvojni i istraživački radovi na razvoju i kvaliteti kompozitnih materijala (13).

Projekt: KK.01.1.1.04.0091 Dizajn naprednih biokompozita iz energetski održivih izvora (BIODOMPOZITI)



Partneri: Sveučilište u Zagrebu Tehničko-tehniološki fakultet & Sveučilište u Zagrebu Agrotehnički fakultet
Voditeljica projekta: Prof.dr.sc. Sandra Bischof
Trajanje: 20.12.2019.-1.12.2023
Vrijednost projekta: 8.021.066,65 HRK



Vakuumna kompresija preta



Filmski piskomata



Sheet ekstruzija



Uvlačenje za poliranje materijala



Vakuumsko piskomata



Isprava rezovi

Slika 13: Njive razvojni i istraživački radovi u sklopu projekta

U sklopu projekta su podnesene 4 patenatne prijave (2 HB i 2 PCT):
1. **P20213630A**, Postupak proizvodnje biopolimera, 31.03.2023., Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske, Podnositelj: TTF i AFZ, Izumitelji: Tajana Krčkić, Sandra Bischof, Ana Marija Vanja Jurčić, Neven Vođa i Zorana Kovačević.
2. **P2021398A**, Postupak proizvodnje lignoceluloznih vlakana

iz energetskih izvora, 3.11.2023., Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske, Podnositelj: TTF, Izumitelji: Sandra Bischof, Zorana Kovačević, Tajana Krčkić i Nikola Bilandžija.
3. **PCT/EP2023/081977**, Pellet, Process for their Production, and Use Thereof, 13.11.2023, European Patent Office, The Hague, Podnositelj: AFZ i TTF, Izumitelji: Tajana Krčkić, Nikola Bilandžija,

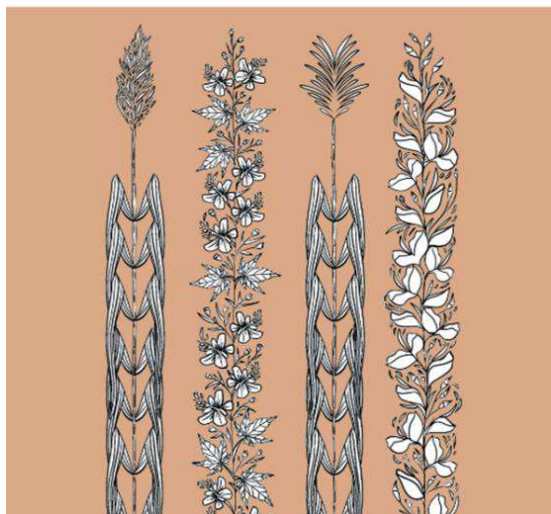
ka, Nikola Bilandžija, Matija Grubor, Sandra Bischof i Zorana Kovačević.
4. **PCT/EP2023/08247**, Biocomposites of Antimicrobial Properties Based on Emulsion Polymers and Lignocellulosic Fibers, 12.11.2023, European Patent Office, The Hague, Podnositelj: TTF, Izumitelji: Zorana Kovačević, Sandra Bischof, Tajana Krčkić i Nikola Bilandžija.

5. Priručnik (1)



Sandra Bischof

ODRŽIVI RAZVOJ BIOKOMPOZITA I BIOGORIVA IZ OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE



6. Gostovanja u TV-emisijama (3):

1. O projektu Biokompoziti, HRT 1, Znanstveni krugovi, 15.9.2019.

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=g1hGQDF9Dj8>

2. Diseminacijska konferencija projekta biokompoziti, OTV Zagrebancija

Link: https://www.youtube.com/watch?v=DY_UhzSdZJI&ab_channel=PortalZagrebancija

3. Biokompoziti u Eko-zoni, 1.1.2024, 20.15

Link: <https://youtu.be/YIkXK83ALCc>

Aktivnost 5.4. (AFZ i TTF) Predstavljanje projekta akademskom i gospodarskom sektoru

Istraživačke aktivnosti projekta su predstavljene na slijedećim konferencijama (bez objave rada):



The 10th Annual World Congress of Nano Science & Technology-2023

Time: May 17–19, 2023 Place: Hyatt Regency Osaka, Japan



1. The 10th Annual World Conference of Nano Science & Technology, 17.-19.5.2023. Osaka, Japan: prof. dr. sc. Sandra Bischof, Green Synthesis of Si and Al nanoparticles by pulsed laser ablation in water for Spartium junceum L. fibres modification, unutar sekcije NANO 01: Nanotech for Applications.

SCHOLARS FRONTIERS IN CHEMISTRY FORUM

June 20-21, 2022 | Berlin, Germany

THEME: "Excellence and Innovation in Chemistry"

2. Scholars International Conference on Frontiers in Chemistry Forum (SFCF), 20.-21.6.2022. Berlin, Njemačka: prof.dr.sc. Sandra Bischof: Energy and Wild Plants as Renewable Resources for the Production of Biocomposites and Biofuel, Keynote forum, on-line.

Projekt BOKOMPOZITI je osim na znanstvenim i znanstveno-stručnim konferencijama predstavljen i na slijedećim događanjima:



3. ITMA 2023, 8.-14.6.2023., Milano, H3-A205, 9.6.2023. od 3-4PM štand TEXTILE ETP (The European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing) Brisel, Diseminacija projekta BIODIVERSITY.

4. Dani otvorenih vrata EU projekata, 20.-30.11.2021., Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, Diseminacija projekta BIODIVERSITY

5. Info dan projekta KLIMA, 19.10.2021., Sveučilište u Zadru, 19.10.2021., Diseminacija projekta BIODIVERSITY

6. Dan otvorenih vrata Znanstveno-istraživačkog centra za tekstil TSRC 2021., 24. rujan 2021., Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zorana Kovačević: Dobivanje vlakana iz lignocelulozne biomase, Link na predavanje: https://tsrc.eu/wp-content/uploads/2021/09/2_Kovacevic_Z.pdf

7. Dan otvorenih vrata Znanstveno-istraživačkog centra za tekstil TSRC 2019., 24. rujan 2019., Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Sandra Bischof & Tajana Krička: Dizajn naprednih biokompozita iz energetski održivih izvora, Link na predavanje: https://tsrc.eu/wp-content/uploads/2019/09/4_BISCHOF_BIODIVERSITY.pdf

Aktivnost 5.5. (AFZ i TTF) Priprema i održavanje završne diseminacijske konferencije

Na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu (TTF-u) je 30. studenog 2023. održana Završna diseminacijska konferencija projekta BOKOMPOZITI. Konferenciju je organiziralo Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet u suradnji s partnerskom institucijom Sveučilištem u Zagrebu Agronomskim fakultetom. U sklopu konferencije organizirana je i prateća Izložba na kojoj su prikazani razvijeni prototipovi kompozita s dugim i kratkim vlaknima, 4 patentne prijave (putem roll-up prezentacije), a podijeljeni su primjerci projektne brošure i Priručnika Održivi razvoj biokompozita i biogoriva iz energetski održivih izvora.



Slika 5.5.1. Diseminacijska konferencija projekta BOKOMPOZITI