

Diana Gregor Svetec, Klemen Možina

Papir izdelan iz japonskega dresnika

POVZETEK

Poleg lesnih vlaken se za izdelavo papirja lahko uporabljajo tudi vlakna enoletnih in večletnih rastlin. V prispevku je kot alternativna surovina za izdelavo papirja predstavljen japonski dresnik. Japonski dresnik je ena izmed najbolj invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v Evropi in Sloveniji. Projekt Mestne občine Ljubljana APPLAUSE »Od škodljivih do uporabnih tujerodnih rastlin z aktivnim vključevanjem prebivalcev« naslavlja nerešena vprašanja glede ravnanja z invazivnimi tujerodnimi rastlinami v smislu pristopa brez odpadkov in krožnega gospodarstva. Ena izmed tovrstnih rešitev je, pridobivanje papirnih vlaken iz olesenelega stebela rastline. V okviru projekta je tako bil na pilotnem papirnem stroju na Inštitutu za celulozo in papir (ICP) izdelan papir, ki vsebuje 55 % vlaken japonskega dresnika, ostalo so lesna vlakna. Papirju so bile določene osnovne, površinske in mehanske lastnosti papirja, z namenom ugotoviti uporabnost tovrstnega papirja. Preliminarna raziskava je pokazala, da bi se japonski dresnik lahko uporabljal v papirni industriji za izdelavo posebnih, majn zahtevnih vrst papirjev.

Ključne besede: papir; japonski dresnik; projekt.

Uvod

Veliko število rastlin predstavlja potencialne vire vlaken za izdelavo papirja: slame, trave, trstje, različna stebelna, listna in semenska vlakna iz enoletnih in večletnih rastlin. Izmed enoletnih rastlin se največ uporabljajo slame žitaric in vlaknati ostanki sladkornega trsa, sledita trstje in bambus, medtem ko so številne hitro rastoče trajnice, kot so tropske in prerijske trave ter listna vlakna tropskih rastlin, predmet številnih raziskav (1). V prispevku je kot alternativna surovina za izdelavo papirja predstavljen japonski dresnik. Japonski dresnik (*Fallopia japonica*) prikazan na sliki 1, je od dva do tri metre visok grm, trajnica z razraslimi podzemnimi koreniki, ki lahko segajo več metrov globoko in široko. Steblo, ki spominja na steblo bambusa je votlo in kolenčasto členjeno, listi so na dnu široko ovalni in veliki od 5–15 cm (2, 3). Raste na obrežjih rek, ruderalnih rastiščih, vzdolž železniških nasipov, na gozdnih



robvih, gozdnih jasad, robovih cest in železnic. Navadno tvori zelo goste sestoje, v katerih drugih rastlin skorajda ni. Japonski dresnik je ena izmed najbolj invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v Evropi in Sloveniji, zato za japonski dresnik velja prepoved sajenja v okrasne in druge namene.

Projekt APPLAUSE (Alient PLLAnt SpECies □ od škodljivih do uporabnih tujerodnih rastlin z aktivnim vključevanjem prebivalcev), ki se je pričel 1. 11. 2017 in traja do 31. 10. 2020, je vreden 5.202.590 EUR, od katerih je delež sofinanciranja v višini 4.162.072 EUR s strani pobude Urban Innovative Actions (UIA), Evropskega sklada za regionalni razvoj in je usmerjen v nerešena vprašanja glede ravnanja z invazivnimi tujerodnimi rastlinami, ki se pojavljajo v urbanih okoljih in stremi k ničelni stopnji ustvarjenih odpadkov, kar je poglavitna naloga t.i. krožnega gospodarstva (4). Tujerodne rastline, kot so japonski dresnik, zlata rozga, pajasen in številne druge drevesne vrste in grmovnice ter pleveli, se pri nas trenutno kompostirajo ali sežigajo. Tekom pilotnega projekta predelave, npr. celuloznih vlaken japonskega dresnika v papir, proizvedenem na polindustrijskem nivoju papirnega stroja na ICP, se je izkazalo, da je celulozna vlakna mogoče uporabiti tudi



Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta,
OTGO, Snežniška 5, Ljubljana
E-Mails: diana.gregor@ntf.uni-lj.si;
klemen.mozina@ntf.uni-lj.si

Slika 1: Japonski dresnik

v druge koristne namene. Cilj pa niso izključno izdelki narejeni iz izpeljank papirja, temveč tudi razni pohištveni kosi, črke, promocijska darila, uporabnost v prehrabene in farmacevtske namene, barvila (papir in tekstil), pripravki za zatiranje škodljivcev poljščin, idr.

Sistem ravnanja z invazivnimi tujerodnimi rastlinami temelji na izobraževanju in sodelovanju s prebivalci Mestne občine Ljubljana, ki je vodilni partner konzorcija, sestavljenega iz 10 sodelujočih partnerjev (Univerza v Ljubljani □ Naravoslovnotehniška fakulteta, Biotehniška fakulteta in Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo; Kemijski inštitut; Inštitut Jožef Stefan; Inštitut za celulozo in papir; Snaga javno podjetje; Tisa; GD GISDATA; društvo Trajna; Zavod Tipa Renesansa in Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije). Celotni projekt je osnovan na treh principih delovanja: Naredi sam, Predelaj z nami in Oddaj v zbirnem centru.

Prebivalcem Mestne občine Ljubljana se želi olajšati samostojno prepoznavanje invazivnih tujerodnih rastlin ter kako jih ustrezno odstraniti in doma na preprost način predelati v koristne izdelke. V kolikor tega ne želijo izvesti sami, jim je ponujena možnost obiska v centru ponovne uporabe na sedežu podjetja Snaga, kjer pridobijo vse potrebne informacije o rokovanju z invazivnimi rastlinami, bodisi osebno ali v sklopu organiziranih delavnic (5).

Projekt naslavlja širok krog deležnikov, vse od vrtcev, osnovnih in srednjih šol, fakultet, gospodinjstev, lastnikov zemljišč na katerih se tujerodne rastline nahajajo, podjetji, turistov, idr. Razširjenost invazivnih in tujerodnih rastlin se bo beležila s pomočjo nove generacije evropskih satelitov za opazovanje zemlje Sentinel-2, kjer bodo informacijsko-komunikacijsko tehnologije imele svojo vlogo, predvsem pri lažjem, hitrejšem in predvsem zaneslivejšem prepoznavanju rastlin ter posrednem in neposrednem komuniciranju z javnostjo (5).

Projekt je zastavljen tudi inovativno. Razvil se bo bolj zeleni način predpriprave vlaken za izdelavo papirja s pomočjo encimov. Tudi odpadki po predpripravi vlaken se bo predelal v vhodne surovine za industrijo, npr. vanilin, ki je vmesni produkt v proizvodnji farmacevtskih izdelkov, kozmetike in drugih finih kemikalij (5). Poiskala se bo rešitev za lesne ostanke, ki sedaj predstavljajo energent, lahko pa se jih predela tudi v druge koristne izdelke, npr. krožnike in pribor. Preverila se bo ustreznost izbranih invazivnih rastlinskih vrst za prehrano iz listov, korenin in cvetov se bodo pripravila barvila s katerimi se bo barvalo tekstilije. Iz ekstraktov se bo pripravila tiskarska barva za potisk papirja in izdelali inovativni grafični izdelki (5).

Poslovni model bo prenosljiv tudi v mednarodno okolje, pri čemer bo omogočal nova zelena delovna mesta, nova znanja in vključevanje težje zaposljivih ljudi. Z vpeljavo rokodelskih delavnic v centru ponovne rabe se bo ohranjala tradicionalna obrt, kulturna dediščina in znanje.

Invazivne rastlinske vrste so lahko bolj ali manj bogat vir celuloznih vlaken. V projektu se bo raziskala možnost njihove koristne uporabe za proizvodnjo papirja in papirnih izdelkov. Izmed nabora sedmih različnih vrst, se bo na osnovi kemijske, morfološke in mehanske analize olesenele biomase izbralo tri najprimernejše za uporabo v papirništvu. Izbrane vrste biomase se bo delignificiralo, nato pa iz pridobljenih vlaken na pilotnem

stroju izdelalo papir. Papir bo namenjen izdelavi informativnega in izobraževalnega materiala v okviru projekta ter razvoju novih tržno zanimivih izdelkov iz papirja (6).

EKSPERIMENTALNI DEL

Papir je bil izdelan iz mešanice lesnih vlaken in japonskega dresnika, v razmerju 45 % sulfatne celuloze, sestavljene iz 60/40 listavcev/iglavcev, in 55 % japonskega dresnika. Vlakena so bila pridobljena iz stebel rastline (slika 2a) po sulfatnem postopku (slika 2b). Papir z gramaturo 90 g/m², je bil izdelan na pilotnem papirnem stroju na Inštitutu za celulozo in papir (ICP), prikazanem na sliki 3.

a)



b)



Slika 2: Stebla japonskega dresnika a) in priprava vlaken b)

Papirju so bile določene osnovne lastnosti: gramatura (ISO 536), debelina in gostota (ISO 534), vsebnost vlage (ISO 287). Površina papirja je bila posneta z optičnim mikroskopom Leica S9i. Površinska hrapavost in poroznost sta bili določeni z zračno pretočno metodo po Bendtsnu (ISO 8791-2, ISO 5636-2). Površinska vpojnost vode je bila ocenjena s Cobb vrednostjo (ISO 535). Med optičnimi lastnostmi je bila na zgornji in spodnji strani papirja določena ISO belina (ISO 2470), stopnja rumenosti (DIN 6167), neprosojnost in transparenta (ISO 2471) ter CIELAB barvne koordinate L*, a*, b*. Med mehanskimi

lastnostmi so bile določene natezne lastnosti (ISO 1924-2), razpočna trdnost (ISO 2758), trgalna trdnost (ISO 1974) in pregibna odpornost (ISO 5626).

a)



b)



Slika 3: Pilotni papirni stroj (ICP) a) in papir iz japonskega dresnika b)

REZULTATI IN RAZPRAVA

V preglednici 1 so predstavljene osnovne lastnosti papirja. Papir je voluminozen. Nizka gostota papirja je povezana z nizko vsebnostjo polnil (pod 3 %) in širokim razponom dolžine vlaken, in s tem povezano slabšo orientiranostjo in povezanostjo v sloju papirja. Relativno visoko standardno odstopanje debeline in gostote kaže na to, da je papir manj homogen, z višjim nihanjem debeline in gostote, kot je to pri papirjih izdelanih iz lesnih vlaken.

Preglednica 1: Osnovne lastnosti papirja: srednja vrednost s standardnim odstopanjem

	Gramatura [g/m ²]	Debelina [μm]	Gostota [kg/m ³]	Vsebnost vlage [%]
Papir	90,9 ± 2,37	157 ± 19,15	586 ± 76,91	4,73 ± 0,22

a)



b)



Slika 4: Papir iz japonskega dresnika a) in izgled površine posnet z OM b)

Preglednica 2: Površinske in optične lastnosti papirja, določene na zgornji in spodnji strani

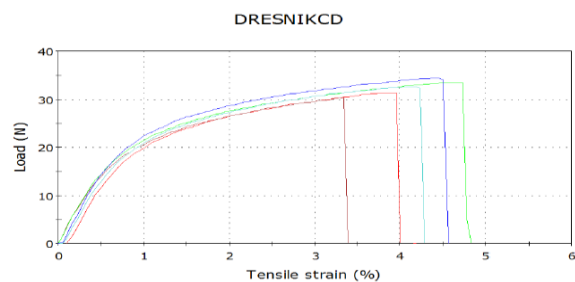
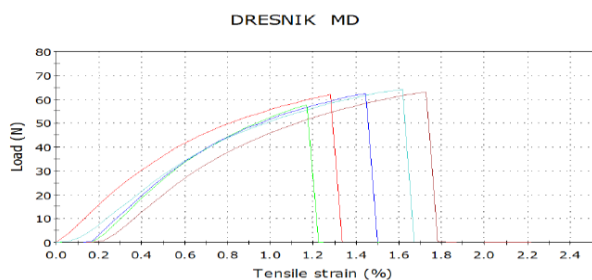
Lastnost	Zgornja stran	Spodnja stran
Površinska vpojnost vode C60 [g/m ²]	12,01	16,84
Površinska hrapavost [ml/min]	2080	1820
Prepustnost zraka [ml/min]	540	540
ISO belina [%]	39,88	39,40
Stopnja rumenosti [%]	35,70	36,04
Neprosojnost [%]	98,94	98,59
Transparenca [%]	8,51	9,62
L* / a* / b*	78,01 / 2,41 / 16,22	77,86 / 2,47 / 16,35

V preglednici 2 so predstavljene površinske in optične lastnosti papirja. Visoka površinska hrapavost in zračna prepustnost potrjujeta nizko gostoto papirja, z visoko poroznostjo in neenakomernostjo površine. Kljub veliki zračni prepustnosti in nizki gostoti je površinska vpojnost vode nizka, predvsem zaradi dodanega klejiva pri izdelavi papirja. Nizki vrednosti svetlosti in ISO beline in pozitivne vrednosti a* in b* barvnih koordinat kažejo na naravno rumeno barvo papirja. To potrjuje tudi relativno visoka vrednost stopnje rumenosti. Meritve na zgornji in spodnji strani papirja so pokazale edino pomembnejšo razliko le v površinski hrapavosti.

Mehanske lastnosti papirja so predstavljene v preglednici 3. Papir ima v vzdolžni (MD) smeri teka vlaken približno dvakratno vrednost v natezni pretržni sili, trdnosti in indeksu kot v prečni (CD) smeri. Še večja razlika je v modulu elastičnosti in natezni togosti, ki sta več kot tri-krat večja, medtem ko sta pretržni raztezek in natezna absorpcijska energija višja v prečni smeri. Papir ima dokaj nizko razpočno trdnost in odpornost na trganje. Razpočni in raztržni indeks sta nižja kot je to primer pri papirjih izdelanih iz samo lesnih vlaken. Papir ima tudi nizko odpornost na pregibanje, posebej še v prečni smeri teka vlaken.

Preglednica 3: Mehanske lastnosti papirja, določene v vzdolžni (MD) in prečni (CD) smeri teka vlaken

	MD	CD
Pretržna natezna sila [kN/m]	4,12	2,16
Natezni indeks [Nm/g]	45,31	23,77
Pretržna dolžina [km]	3,95	2,08
Pretržna trdnost [MPa]	26,26	13,78
Pretržni raztezek [%]	1,45	4,08
Natezna absorpcijska energija [J/m ²]	34,37	66,66
Modul elastičnosti [GPa]	3,31	1,04
Natezna togost [kN/m]	519,35	162,65
Razpočna trdnost [kPa]	166,4	
Razpočni indeks [kPa m ² /g]	1,83	
Trgalna trdnost [mN]	475,8	570,1
Raztržni indeks [mN m ² /g]	5,23	6,27
Pregibna odpornost [št.dv.pregibov]	344	27



Slika 5: Krivulja natezna sila / raztezek vzorca papirja določena v vzdolžni (MD) in prečni (CD) smeri teka vlaken v papirju

Na sliki 6 sta prikazana grafična izdelka izdelana na papirju iz japonskega dresnika.



Slika 6: Papirni izdelki iz japonskega dresnika

ZAKLJUČEK

Projekt Applause naslavlja nerešena vprašanja glede ravnanja z invazivnimi tujerodnimi rastlinami v smislu pristopa brez odpadkov in krožnega gospodarstva. Ena izmed tovrstnih rešitev je, pridobivanje papirnih vlaken iz olesenelega stebila rastline.

Papir iz japonskega dresnika je voluminozen, neprosojen, hrapav, porozen, z nizko površinsko vpojnostjo, ima nizko belino, visoko stopnjo rumenosti in je svetlo rjave barve. Analiza mehanskih lastnosti papirja izdelanega iz japonskega dresnika je pokazala, da dodatek vlaken pridobljenih iz stebila japonskega dresnika poveča natezno togost, ne vpliva veliko na ostale natezne lastnosti papirja, zmanjšata pa se razpočna in trgalna trdnost ter pregibna odpornost. Raziskava je pokazala, da je uporaba japonskega dresnika kot alternativnega vira papirnih vlaken možna, papir je primeren za izdelavo posebnih, manj zahtevnih vrst papirjev.

Literatura

1. Biermann, C.J. Handbook of pulping and papermaking. San Diego, USA: Academic Press, Inc.1996.
2. Japonski dresnik (Fallopia Japonica). Ministrstvo za okolje in prostor RS. 2018 (pridobljeno 20. 10. 2018) http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/narava/invazivne_tujerodne_vrste_rastlin_in_zivali/rastline_invazivne_tujerodne_vrste/japonski_dresnik_fallopia_japonica/japonski_dresnik_fallopia_japonica/
3. How to Identify Japanese Knotweed, Knotweed Identification Card & Pictures. Phlorum Limited. 2018 <https://www.phlorum.com/services/japanese-knotweed/domestic-knotweed-removal/> (pridobljeno 19. 10. 2018)
4. Projekt APPLAUSE. Mestna občina Ljubljana. 2017 <https://www.ljubljana.si/sl/moja-ljubljana/applause/> (pridobljeno dne 20. 10. 2018)
5. <https://www.ljubljana.si/sl/moja-ljubljana/applause/novice/projekt-mestne-obcine-ljubljana-uspesen-na-evropskem-razpisu-uia-2/> (pridobljeno dne 25. 11. 2018)
6. <https://www.ljubljana.si/sl/moja-ljubljana/applause/papiri-izdelki/> (pridobljeno dne 25. 11. 2018)

Zahvala

Projekt APPLAUSE (UIA02-228) sofinancira Evropski sklad za regionalni razvoj.

