

POTREBNE DODELAVE NA UNIVERZALNEM KOMBALNU ZA NATANČNO ŽETEV KONOPLJE

Ivan PAHOLE¹, Matej PAL², Boštjan RAZBORŠEK³, Urban BELCA⁴ in
Aleš BELŠAK⁵

Strokovni članek/ professional paper

Prispelo / received: 25. oktober 2018

Sprejeto / accepted: 10. december 2018

Izvleček

V zadnjem času se na naših njivah ponovno goji konoplja (*Cannabis sativa* L.) za industrijske namene. Zaradi nehomogenosti tal na posejanih njivah, žilavosti stebel v času zrelega semena, neenakomerne višine in majhnih površin predstavlja izziv spravilo njenega semena. Način spravila z uporabo obstoječe tehnike za spravilo žit predstavlja zelo velik izziv. Zaradi lastnosti stebel rastline je pri spravilu treba z obstoječo strojno tehniko upoštevati mnogo zahtevnejše pogoje. Pri tem je treba ustrezne konstrukcijsko-tehnološke parametre kombajna še posebej ovrednotiti, da se pri spravilu ne pojavljajo težave. V poskusu je bilo ugotovljeno, da višina reza in drugi tehnološki parametri nastavitve stroja določajo uspešnost spravila brez zastojev. V članku so predstavljene spremembe oziroma dodelava kombajna za žetev žit, ki so bile izvedene za uspešno žetev semena industrijske konoplje.

Ključne besede: konoplja, spravilo semena, kombajn, dodelava strojev

THE NECESSARY RECONSTRUCTION OF COMBINE FOR ACCURATE HARVESTING OF INDUSTRIAL HEMP SEED

Abstract

A hemp (*Cannabis sativa* L.) for industrial purposes belongs to field crops that has recently started to grow in Slovenia again. Due to different growing potentials of the field the plant is adequately rich in seeds and leaves, whereas, when grows on smaller fields, the harvest required a big challenge. The existing methods of harvesting cereals are not suitable for harvesting of hemp stems. Owing to special

¹ Izr. prof., dr, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, Smetanova 17, 2000 Maribor, e-pošta: ivan.pahole@um.si

² Mag. inž. str., Kmetija Pal, Pal Marjan, Zlatoličje 96, Zlatoličje, 2205 Starše, e-pošta: matej.pal@gmail.com

³ Univ. dipl. gosp. inž., Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, Smetanova 17, 2000 Maribor, e-pošta: bostjan.razborsek@um.si

⁴ Študent, e-pošta: belca.urban@gmail.com

⁵ Doc. dr, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, Smetanova 17, 2000 Maribor, e-pošta: ales.belsak@um.si

properties of the plant structure, it is necessary to consider very demanding conditions of harvesting with the existing machinery. Primarily, it is required to evaluate the relevant design- and technology-related parameters of machinery in order not to encounter problems during harvesting. In this study, it was confirmed that the cutting height and other combine processing parameters determine the success of the harvest without congestion. The article presents the modifications that were made to the combine for harvesting grain, so the harvest of industrial hemp was made at most successful way.

Key words: hemp, seed harvesting, combine harvester, modifications on machinery

1 UVOD

Konoplja je rastlina, ki ponuja množico različnih možnosti uporabe in predstavlja velik potencial kot nadomestna ali dopolnilna kultura tudi na s hranili skromno preskrbljenih tleh, na katerih rentabilno pridelavo kmetijskih rastlin morda ne bi pričakovali, še zlasti zato, ker se nizajo možnosti predelave različnih delov rastline v posebne produkte (Robinson, 2000; Robinson, 2016).

Navajamo glavne značilnosti rastlin konoplje, ki so ključnega pomena pri zasnovi kombajnov za spravilo semena konoplje. Višina rastline glede na kulture, ki jih pogosteje srečujemo na naših njivskih površinah, je precej večja. Steblasta pokončna oblika z omejenimi stranskimi poganjki predstavlja obliko, ki uspeva v vrstni postavitvi z zamikom ali brez. Struktura stebela z usmerjenimi vlakni omogoča mehanske lastnosti, kot so večja trdnost in žilavost glede na druge rastline. Nekatere sorte konoplje lahko ob ugodnih rastihih razmerah zrastejo tudi nad 300 cm visoko. Vsi nadzemni deli konoplje so uporabni, čeprav posamezne dele rastline vrednotimo različno (Schreiber, 2002).

Glavne posebnosti pri spravilu industrijske konoplje so:

- višina rastline tudi čez 3 metre,
- neenakomerna višina rastlin istega posevka in
- izredno žilavo steblo, katerega vlakna se navijajo okrog vseh vrtečih se delov kombajnov za spravilo konoplje v času zrelega semena.

Osnovna cilja pri žetvi semena sta:

- pobrati največji možni delež semena in
- v mlatilnico stroja (kombajna) spraviti čim manj stebel. Tako preprečimo dotok velike količine mase rastlin v mlatilnico in posledično zmanjšamo možnost navijanja vlaken.

Povprečna višina socvetja 15 različnih sort konoplje v času tehnološke zrelosti semena v oglednem sortnem poskusu s konopljo na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v letu 2017 (velikost parcel za vsako sorto 3x3 m, prejšnji posevek oljne buče, gnojenje s fosforjevimi in kalijevimi gnojili glede na analizo tal, gnojenje z dušikom pred setvijo v odmerku 70 kg/ha dušika v obliki gnojila KAN, nenamakano) je bila minimalno 50 cm in maksimalno 180 cm (Čeh, 2017). V istem poskusu avtorji navajajo, da lahko konoplja zraste čez 3 metre višine, kot navaja tudi Schreiber (2002), in ima zelo neenakomerno višino, zato je potrebno višino reza pri kombajnu vedno znova prilagajati posevku, da dosežemo optimalno višino žetve semena. Standardni kombajni za žetev žit ne omogočajo pobiranje semena na prej omenjenih višinah. Ravno tako standardni kombajni nimajo zaščitnih strojnih delov proti navijanju vlaken, ki so v steblih konoplje in predstavljajo največji izziv pri žetvi semena konoplje. Navijanje vlaken je bilo v glavnem vzrok za strojelome in okvare pri dosedanem delu. Seme konoplje vsebuje olja, ki povzročajo lepljenje mase na strojne dele mlatilnice (slika 1).



Slika 1: Delno zamašeno sito pod bobnom mlatilnice

Slika 2 prikazuje namensko izdelan kombajn. Zgornji kosilni greben (pozicija 1) kosi socvetje in spravlja vršičke na prečni in nato na vzdolžni transporter (pozicija 4). Zalagovnik (pozicija 3) je namenjen kot vmesni zalagovnik. Praznjenje se izvaja na prikolico. Kombajn nima mlatilnice, zato se vršički dokončno obdelajo v skladiščih. Kosilni greben (pozicija 2) je namenjen za košnje stebel. Po odrezu stebel, jih vertikalni valji spravijo v ožjo red, ki ostaja med kolesi kombajna. Za žetev konoplje na tak način potrebujemo še sušilnico in ustrezno opremo, da lahko seme ločimo od ostalega dela socvetja. Brez ustrezne dodatne opreme tak način žetve ni primeren za razmere v Sloveniji. Tudi to je bil vzrok za predelavo standardnega kombajna.



Slika 2: Namensko izdelan kombajn za žetev industrijske konoplje Hemp-flax (Hemp-flax 2017)

V prispevku je prikazan pregled predelave kombajna proizvajalca CLASS tip MERCATOR 50M. Kombajn je starejšega datuma proizvodnje in je bil cenovno ugoden, zato smo ga tudi izbrali za predelavo. Spremembe in dodelave na kombajnu so delno sofinancirane v okviru projekta CRP: V4-1611.

2 MATERIAL IN METODE DELA

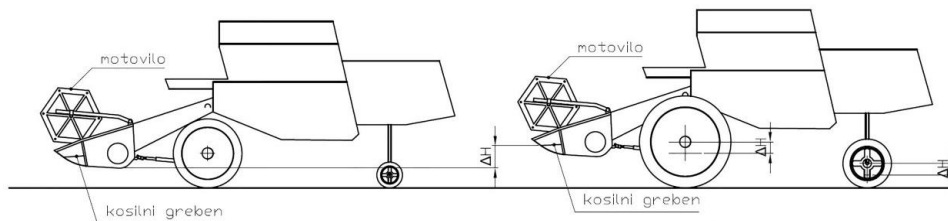
Večina kombajnov, ki so izdelani za žetev žit, ne dosega zahtevanih višin za žetev industrijske konoplje, zato so bile na kombajnu CLASS, MERCATOR 50M izvedene naslednje spremembe:

- povečanje višine vstopnega ustja kombajna,
- sprememba delitve na situ pod bobnom mlatilnice,
- zaščita vrtečih delov pred navijanjem vlaken in
- odstranitev transporterja za povratno maso v mlatilnico.

2.1 Povečanje višine dosega vstopnega ustja kombajna

Dvig celega kombajna smo dosegli z zamenjavo koles skupaj s pnevmatikami. Stara kolesa so imela dimenzijo 14.9/13R26 in širino 36 cm. Novo nameščena kolesa imajo dimenzije 11.2/R48 in so široka 26 cm. Tako smo pridobili približno 25 cm višine (slika 3 in slika 4). Nova kolesa so ožja od originalnih, zato manj potlačijo stebela konoplje, kar je ugodno, če jih v drugi fazi kosimo. Ploščinski tlak na podlago se je sicer povečal, vendar so se preizkusi izvajali na lahkih prodnatih

tleh, tako da ni bilo težav. Konstrukcija kombajna dovoljuje naknadno dograditev dodatnih koles spredaj. S tako dograditvijo se ploščinski tlak na tla zmanjša.

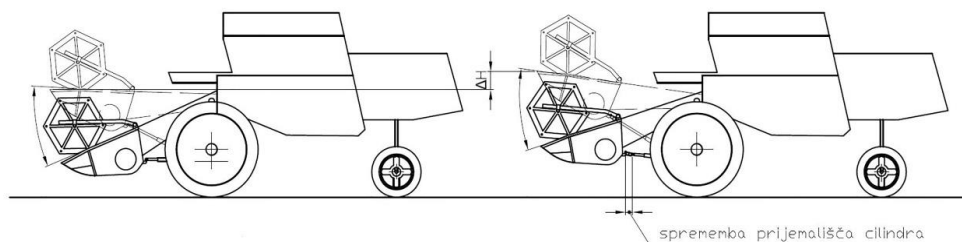


Slika 3: Pridobitev na višini z zamenjavo koles

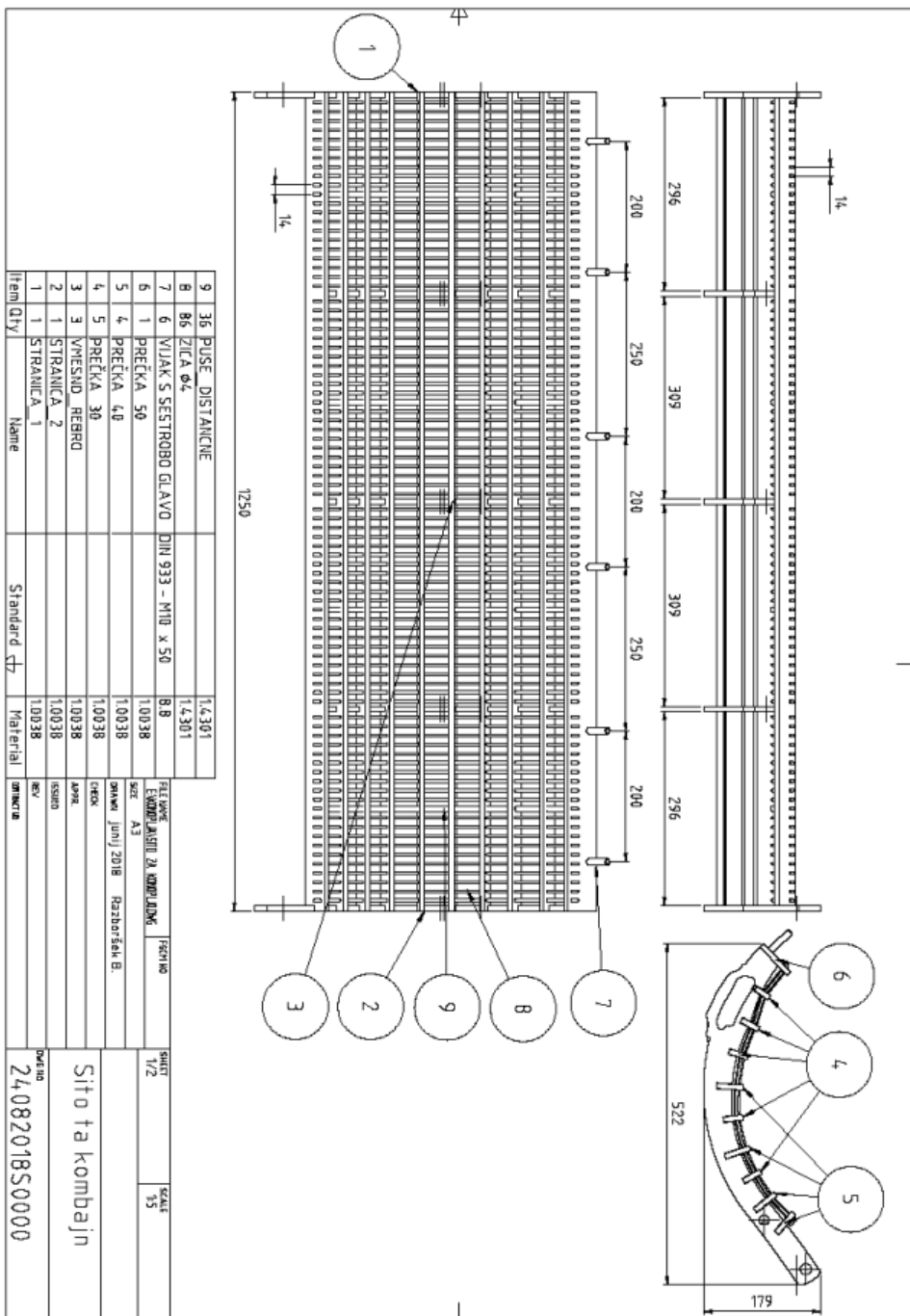


Slika 4: Kolesa večjega premera in spremenjena prijemališča hidravličnih cilindrov

Dodatno višino smo pridobili s spremembo položaja prijemališč hidravličnih cilindrov (slika 4 in slika 5). Spremenjena je bila pozicija sornika, na katerega je spojen hidravlični cilinder. Razdalja na sliki 5 je bila 100 mm. Ušesa, v katerih je sornik, smo odrezali in nato privarili na novo pozicijo. Prilagajanje višine vstopnega dela je izvedeno s hidravličnima cilindroma in ročnim krmiljenjem višine.



Slika 5: Pridobitev na višini s spremembo položaja prijemališč hidravličnih cilindrov



Slika 6: Dokumentacija za spremenjeno obliko rešetke

2.2 Spremembe v mlatilnici kombajna

Sprememba oblike rešetke pod bobnom mlatilnice kombajna je bila izvedena na osnovi naslednjih razmišljanj in izkušenj (slika 1):

- delitev med posameznimi žicami v kletki je premajhna,
- površina na žicah je groba in semena se prijemajo,
- seme konoplje dokaj hitro pade iz sovetja in ni potrebna tako intenzivna obdelava med bobnom mlatilnice in rešetko.

Izvedene spremembe na situ mlatilnice so prikazane na sliki 6 in sliki 7:

- povečanje delitve med žicami iz 9 mm na 14 mm,
- povečan premer žice iz 3,3 mm na 4 mm,
- spremenjen material žice, uporabljeno je bilo nerjavno jeklo W. Nr. 1.4301,
- spremenjena je bila oblika reber na izstopu iz rešetke.

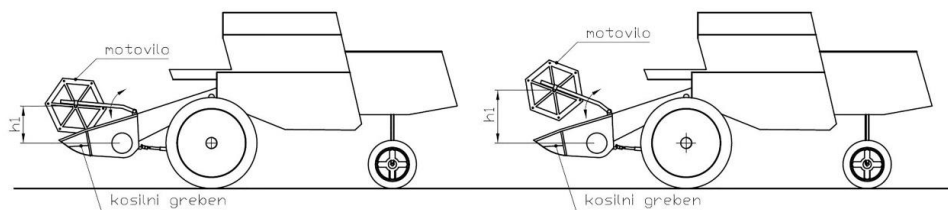


Slika 7: Končna montaža sita v mlatilnico kombajna.

Izdelava nove rešetke je bila izvedena po metodi vzratnega inženirstva v Laboratoriju za prilagodljive obdelovalne sisteme na Fakulteti za strojništvo. Izvedene so bile naslednje aktivnosti:

- posneta je oblika obstoječe rešetke (slika 1),
- izdelan je bil numerični model oblike z računalniško CAD/CAM opremo (slika 8),
- z omenjeno opremo je bila izdelana nova oblika rešetke (slika 6),
- na laserskem rezalniku so bila izdelana rebra za rešetko,

- na CNC rezkalnem stroju so bile izdelane letve, izvrtanih je bilo 860 izvrtin,
- izvedeno je bilo preizkusno varjenje,
- sledil je preizkus pravilnosti oblike v kombajnu,
- končno popolno varjenje,
- montaža žice iz nerjavnega jekla,
- končna montaža kletke v mlatilnico kombajna (slika 7).



Slika 8: Možnost spreminjanja položaja motovila glede na kosilni greben kombajna.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

Zamašitve mlatilnice. Po spremembah na situ (slika 7) so bile zamašitve mlatilnice praktično odpravljene. Preizkusi žetve konoplje so bili izvedeni na več parcelah s skupno površino 6,5 hektarja. Do zamašitve je prišlo le enkrat. Na enem delu njive so bile rastline izredno goste in visoke. Ker strojnik, ki je med delom sodeloval pri izvajanju meritev, ni pravočasno zmanjšal hitrosti, je prišlo do manjše zamašitve med bobnom mlatilnice in sitom. Preizkus zmogljivosti je bil izveden na njivi s površino 0,9 ha. Osnovni podatki o preizkusu:

- površina njive 0,90 ha,
- čas žetve (neto brez časa čiščenja): 130 minut,
- povprečna določena hitrost gibanja kombajna pri žetvi konoplje: 7,3 km/h,
- vrtilna frekvenca bobna mlatilnice: 660 min⁻¹,
- rezalni parametri na vstopnem delu enaki kot pri žetvi žita,
- vrtilna frekvenca motovila 70 min⁻¹,
- odprtost lopute za zrak 40%.

Žetev je potekala po pričakovanjih. Meritve števila vrtljajev na kombajnu ter slikanje in snemanje parametrov na posameznih sklopih so motnje, ki strojnika dodatno obremenjujejo tako, da čisto natančne zmogljivosti stroja za enkrat ni mogoče podati.

3.1 Povečanje višine dosega vstopnega ustja kombajna

Ugotovimo lahko, da je povprečna višina konoplje zelo različna glede na sorto. To pomeni, da mora kombajn zagotavljati rezanje rastlin na višini vsaj 1,5 m (Konoplja.net, 2017), pri nekaterih nižjih sortah, pa mora biti omogočena možnost reza tudi na višini 45 cm. Nujno potrebno pa je, da ima stroj možnost nastavljanja višine reza žetve brezstopenjsko med delom. Potrebno je poudariti, da pri tako različnih višinah rastlin konoplje ne moremo uporabljati strojev (kombajnov), ki bi imeli večjo širino vstopnega žetvenega dela. Pri žetvi lahko prihaja do primerov, ko imamo v smeri vožnje na eni strani vstopnega dela zelo nizke rastline na drugi strani pa visoke rastline.

Slika 9 prikazuje stanje, ko je motovilo prenizko. V tem primeru motovilo odriwa socvetje. Ker motovilo drgne po rastlini, pade zrnje iz socvetja in se ga veliko raztrese po njivi. Potrdimo lahko, da morata biti tako kosilni greben, kot motovilo kombajna na primerni višini, glede na sorto industrijske konoplje. Še bolj pomembno pa je, da se lahko višina kosilnega grebena in motovila neodvisno spreminjata med delovanjem kombajna.

Slika 10 prikazuje primerno višino kosilnega grebena in motovila. Motovilo mora biti na taki višini, da je os rotacije motovila vsaj nekoliko višja, kot je višina konoplje. Če je to omogočeno, potem motovilo zagrabi vrh konoplje oziroma socvetja, jo nagne v vstopni del in na kosilnem grebenu odreže. Transportni sistem odrezani del usmeri v mlatilnico kombajna. Tako je tudi bistveno zmanjšan raztros zrnja (Pahole in sod., 2017).



Slika 9: Kosilni greben in motovilo je prenizko in odriwa rastlino.



Slika 10: Kosilni greben in motovilo na primerni višini.

3.2 Povečanje dosegljive višine vstopnega dela kombajna

Največje povečanje višine kosilnega grebena in motovila je bilo doseženo s spremembo položaja prijemališč hidravličnih cilindrov. Sliki 5 in 4 prikazujeta omenjeni poseg. Skupna višina, na katero je možno dvigniti kosilni greben, znaša sedaj 180 cm, kar ustreza podatkom o višini rastline. Nastavitev višine motovila je odvisna od višine konoplje in višine socvetja. Višino je potrebno prilagajati glede na omenjene višine konoplje na njivi. Slika 5 prikazuje možnost spreminjanja položaja motovila glede na kosilni greben kombajna. Pri žetvi mora strojnik prilagajati tako višino kosilnega grebena kakor tudi višino motovila glede na višino konoplje. Prilagajanje višine je izvedeno s hidravličnimi cilindri in ročnim krmiljenjem. Obodna hitrost motovila mora biti nekoliko večja kot je hitrost vožnje kombajna. Zelo ugodno je, če se jo lahko brezstopenjsko spreminja (hidravlični pogon ali elektromotorni pogon). Na obstoječi izvedbi kombajna je bila hitrost motovila nekoliko zmanjšana, spreminjati pa je med žetvijo ni bilo možno. Na preizkusih je bilo izmerjeno število vrtljajev $n = 60$ vrtljajev/minuto. Preizkus je pokazal, da je primerna.

3.3 Spremembe v mlatilnici kombajna

Sprememba oblike rešetke pod bobnom mlatilnice. Seme konoplje vsebuje olja. Pri trku semena ob sito pod bobnom mlatilnice se nekatera semena razbijejo, delci semen pa se primejo na sito in posledično zamašijo sita. Demontaža in montaža košare je velik poseg v kombajn, saj moramo odstraniti vstopno ustje kombajna, boben mlatilnice in vso zaščitno pločevino (slika 7). Po preizkusu se je pokazalo, da je spremenjena oblika sita primerna. Lepljenja polomljenih zrn na sito pod bobnom mlatilnice praktično ni opaziti. Do zamašitve je prišlo le enkrat.

3.4 Preprečitev navijanja vlaken konoplje na posamezne dele kombajna

Vlakna industrijske konoplje imajo veliko natezno trdnost in relativno majhen premer vlakna. Glede na te značilnosti se vlakna navijajo ne vrteče dele strojev (slika 11). Posledica je, da se vlakna, ki imajo premer od 0,01 do 0,05 mm, pomikajo tudi mimo tesnil na vležajenjih ter izbrišejo mast iz ležajev. Tako ostanejo ležaji brez mazanja, kar zmanjša njihovo življenjsko dobo. Prijemi za zmanjšanje tega pojava so naslednji:

- v mlatilnico kombajna moramo spustiti čim manj stebel z vlakni,
- vrteče dele fizično zaščitimo tako, da ne pridejo v stik z vlakni (slika 12).

Univerzalnega splošnega navodila praktično ni. Tako je treba to reševati od primera do primera. Omenjeni izzivi se izvajajo v nadaljevanju projekta.



Slika 11: Navijanje vlaken na vležajenju



Slika 12: Zaščita polgredi s plastično cevjo

4 ZAKLJUČEK

Žetev konoplje v letu 2018 je pokazala, da so bile spremembe in dograditve na kombajnu učinkovite. Do zamažitve mlatilnice je prišlo tekom preizkusa le enkrat. Zmogljivost kombajna se ni zmanjšala. Navijanje vlaken je bilo preprečeno na mestih, kjer so bile izvedene zaščite. Prisotnost primesi v zrnju se bo izvedla v zimskem času. Preizkusi so pokazali, da gre predelava kombajna, ki poteka v okviru tehniških in finančnih zmožnosti, v pravi smeri. Spremembe so bile izvedene na osnovi izkušenj strojnikov in znanj s področja strojništva. Strokovna literatura o tej specifični panogi piše zelo malo. Preizkušanje kombajna je bilo žal časovno zelo omejeno, saj je čas tehnološke zrelosti konoplje zelo kratek. Raziskovalna skupina je povezana s pridelovalci konoplje v Sloveniji; z nekaterimi sodelovanje poteka zelo uspešno.

Zahvala. V članku so prikazani rezultati dela, opravljenega v drugem letu trajanja Ciljnega raziskovalnega projekta V4-1611: Pridelava industrijske konoplje (*Cannabis sativa* L.) v Sloveniji. Za sodelovanje se zahvaljujemo: kmetiji Pal, lastniku Marjanu Palu, Zlatoličje 96, Starše in kmetiji Oliverja Berdena, Murski Petrovci 22, Tišina ter dr. Barbari Čeh z Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije.

5 VIRI IN LITERATURA

Chen Y., Gratton J.L., Liu J. Power Requirements of Hemp Cutting and Conditioning, *Biosystems Engineering*. 2004; 87(4): 417–424.

CRP V4-1611. <http://www.ihips.si/rastline-tla-in-okolje/pridelava-industrijske-konoplje-cannabis-sativa-l-v-sloveniji/> (cit. 25. oktober 2017).

- Čeh B. Hemp varieties from the EU variety list in Slovenia : World hemp congress 2017: International professional-educational-agri-economic-social event of Industrial hemp, Ljubljana 12.-15. October 2017.
- Hemp-flax; <http://hempflax.com/en/equipment> (12. junij 2017).
- https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/int/ast/ressourcen/dateien/publikationen/Vorlesungsskripte/grundlagen_machdrescher.pdf?lang=de (20.09.2018).
- Kremensasa A., Stapilioniene R., Vaitkus S., Kairyte A. Investigations on physical-mechanical properties of effective thermal insulation materials from fibrous hemp. *Procedia Engineering*. 2017; 172: 586–594.
- Pahole I., Matej P., Urban B., Aleš B. Tehnološke zahteve za kombajne na njivah s konopljo v Sloveniji. *Hmeljarski bilten*, december 2017
- <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-9SD8QSRX/e1d11cc8-7242-4544-956b-4c52fecc4aaa/PDF>
- Robinson D. Velika knjiga o konoplji. Ljubljana : samozaložba Aleksander Urbančič. 2000.
- Robinson R. Industrial oil crops. London : Academic Press. 2016.
- Schreiber Gisela. The hemp handbook. London : Fusion press. 2002.
- Wastlhuber H. Vorlesung im Fach Be- und Verarbeitung von Naturstoffen. TU Dresden, Dresden. 2009.