

Preizkusno delovanje stroja za luščenje orehov

Rajko BERNIK¹

Received August 04, 2014; accepted November 24, 2014.

Delo je prispelo 04. avgusta 2014, sprejeto 24. novembra 2014.

IZVLEČEK

Oreh (*Juglans regia* L.) spada med lupinasto sadje, za katere je značilno, da se slastno jedrce skriva v oleseneli lupini. Na drevesu pa sta jedrce in lupina zavarovana še z zeleno lupino. V Sloveniji, pa tudi drugod se za odstranjevanje lupine v večini še vedno uporablja trda orodja, kot so kamni, kladiva in razni ročni (kuhinjski) drobilniki orehov. Vendar pa v današnjem času, pri intenzivni pridelavi orehov pridejo redko v poštev ali pa sploh ne, predvsem zato, ker današnje gospodarstvo stremi k zniževanju stroškov na vseh področjih gojenja orehov in pridobivanja jedrc. Da bi znižali stroške obdelave orehov in posredno tudi ceno jedrc za potrošnike, se v zadnjem času zelo veliko pojavljajo strojni drobilniki orehov. Raziskava zavzema lastnosti in delovanje stroja za luščenje orehov ter kakovost drobljenja orehov na drobilniku, ki ga je patentiral prof. dr. Rajko Bernik. V raziskavo smo vključili naravno sušene, prisilno sušene in sveže orehe. Naravno in prisilno sušeni orehi so bili razdeljeni v dve podskupini, in sicer na počene ter cele orehe. Pri naravno sušenih celih orehih smo v raziskavo vključili še sortne orehe. V vsaki skupini in podskupini smo označili, analizirali, preučili in ovrednotili približno sto orehov. Namen poskusa je bil ugotoviti, pri kateri vrtilni frekvenci izmetala lahko stroj lupino zdrobi, počni ali delno loči od jedrca, ne da bi ga poškodoval, oziroma pri kateri vrtilni frekvenci izmetala bodo poškodbe jedrca še spremenljive in jedrca primerna za trg, kjer na ceno še največ vpliva videz jedrc.

Ključne besede: oreh, lupina, drobilnik orehov, kakovost jedrc

ABSTRACT

TESTING OF A MACHINE FOR WALNUT CRACKING

Fruit of walnut (*Juglans regia* L.) belongs to stone fruits. This means that the lignified, stony endocarp, a shell, contains delicious kernel. On the tree a nut is surrounded by the green husk. In Slovenia and in the other parts of the world heavy tools (such as stone, hammer and hand-crusher for nuts) are used to remove nutshell. In the intensive walnut production heavy tools are not competitive with today world economy. This is because the priority in walnuts and nuts kernel production is to reduce costs. Walnut shell cracking devices are invented to reduce walnut handling costs and consumer price. Characteristics of this device and walnut kernel quality are presented in this research.

Key words: walnut, shell, walnut cracker, kernel quality

1 UVOD

Pri nas ima pridelava orehov (*Juglans regia* L.) že zelo dolgo tradicijo. Včasih je imela skoraj vsaka hiša svoje drevo. Ljudje so orehe sušili ter iz njih za praznične dni pekli tradicionalno potico, kar je bilo omenjeno že leta 1689 v Valvasorjevi Slavi vojvodine Kranjske (vir). S preteklostjo pa nas

povezujejo potomci takratnih orehov ter način ločevanja užitnega dela - jedrca iz olesenele lupine, ki se do današnjih dni ni bistveno spremenilo. Kot včasih, tudi pri nas in drugod za drobljenje orehov v veliki večini še vedno uporabljamo trda orodja kot so kladiva in razni ročni (kuhinjski) drobilniki

¹ prof. dr., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana; e-mail: rajko.bernik@bf.uni-lj.si

orehov. Vendar pa v današnjem času, pri intenzivni pridelavi orehov, pridejo redko v poštev ali pa sploh ne.

Današnje gospodarstvo stremi h čim cenejši pridelavi in obdelavi pridelkov ter k temu, da jih potrošnikom ponudijo po ceni, ki so jo za pridelke še pripravljene plačati. Seveda naj bi takšna cena pokrila vse stroške pridelavi ter zagotovila največji možni dobiček pri prodaji orehov. Zaradi znižanja stroškov se v razvitih državah, med katerimi je tudi Slovenija, pojavlja čedalje več orehov, uvoženih iz manj razvitih držav. Čeprav gre tudi tam v večini

za ročno drobljenje, se uvoznikom vsekakor obrestuje, predvsem na račun poceni delovne sile.

Da bi znižali stroške obdelave orehov in posredno tudi ceno jedrc za potrošnike, se v zadnjem času zelo veliko pojavljajo strojni drobilniki orehov. Njihova glavna pomanjkljivost so predvsem poškodbe jedrc. Zato je načrtovanje in izdelava novih drobilnikov stalni izziv konstruktorjev, delovanje tovrstnih strojev pa se vsako naslednjo generacijo konstantno izboljšuje.

2 MATERIAL IN METODE DELA

2.1 Tržni standardi za kakovost orehovitih jedrc

V prvi kakovostni razred z najvišjo ceno na trgu spadajo nepoškodovane cele polovičke jedrc (Charlot in sod., 1996). Tržni standardi velikosti jedrc, povzeti po ameriški zakonodaji (Cit. po United States Department of Agriculture, 1. september 1968, standard USDA). Za prodajo primerna jedrca se delijo v štiri kakovostne razrede: polovičke, delci in polovičke, delci ter drobni delci. Pri vsaki kategoriji so dovoljena odstopanja. Za kategorijo polovičk (slika 1A)

velja, da morajo glede na skupno maso vsebovati minimalno 85 odstotkov celih polovičk. Preostanek skupne mase lahko vsebuje le tri četrtine polovičke jedrca. Skupina polovičk je najvišji (prvi) kakovostni razred. V drugi kakovostni razred sodijo delci in polovičke (slika 1B), ki morajo glede na skupno maso vsebovati vsaj 20 odstotkov celih polovičk, delež preostale količine jedrc pa ne sme pasti čez mrežasto sito s premerom lukenj $9,53 \text{ mm}^2$.



Slika 1: Skupina polovičk (A) in skupina delcev in polovičk (B) (California walnuts..., 2014)



Slika 2: Primer izvedbe mrežastega sita za sortiranje jedrc po velikosti (Alibaba..., 2014)

V skupino delcev jedrc (slika 3C) se razvrščajo vsi deli, ki ostanejo na mrežastem situ z okroglimi odprtiniami premera 9,53 mm². Drobni delci (četrti

kakovostni razred) so vsi tisti, ki padejo čez zgoraj omenjeno sito, a se hkrati ustavijo na manjšem, s premerom lukenj 3,18 mm².



Slika 3: Skupina delcev jedrc (C) ter skupina drobnih delcev (D) (California walnuts..., 2014)

Preglednica 1: Dovoljena odstopanja pri klasifikaciji orehovitih jedrc po standardih velikosti (v odstotkih)

Standardi velikosti	Polovice manjše od treh četrtin	Ustavijo na 9,53 mm ² situ	Padejo skozi 9,53 mm ² sito	Padejo skozi 6,35 mm ² sito	Padejo skozi 3,18 mm ² sito
Polovičke	5%	/	/	1 (od 5 %)	/
Delci in polovičke	/	/	18	3 (od 18 %)	1 (od 3 %)
Delci	/	/	25%	5 (od 25 %)	1 (od 5 %)
Drobni delci	/	10%	/	/	2%

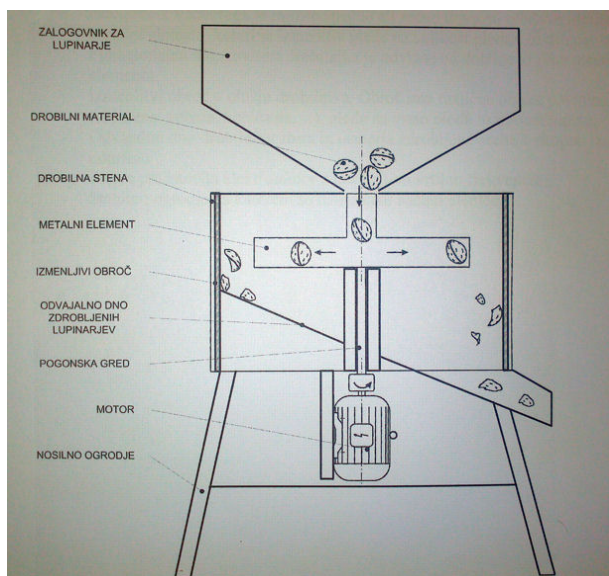
2.2 Rotirajoči centrifugalni drobilnik

Centrifugalni drobilnik celih orehov omogoča drobljenje lupine s pomočjo trka ploda, ki ga povzroči centrifugalna sile, ta pa je rezultat brezstopenjske ali stopenjske nastavljive vrtilne frekvence metalnega elementa in mase ploda ob drobilno steno. Drobilnik omogoča drobljenje velikih količin lupinarjev v kratkem času (Bernik, 2009). Sestavljen je iz elektromotorja, ki preko

pogonske gredi omogoča centrifugalno silo, s katero potem oreh trešči ob izmenljivi obroč drobilne stene. Obroč ima različne tipe in oblike površine (orebrena, zobata, koničasta, lesena, kovinska, plastična,...) glede na trdnost luščine in vrsto ploda. Elektromotor je opremljen s frekvenčnim regulatorjem, ki v digitalni obliki prikazuje nastavljivo vrtilno frekvenco metalnega elementa. Frekvenca se spreminja ročno glede na

trdnost lupine (Bernik, 2002). Glavni sestavni deli, poleg zgoraj omenjenih, so še: zalogovnik, v katerega je možno strojno ali ročno dovajanje plodov lupinarjev; zamenljiv metalni element

(glede na trdnost lupine in velikost plodov); stabilno ogrodje, na katerem so nameščeni vsi naštetni elementi (Bernik, 2009).



Slika 4: Rotirajoči centrifugalni drobilnik orehov (Bernik, 2009)

2.3 Rastlinski material: razvrstitev orehov po skupinah (vrste vzorcev)

Skupaj smo za raziskavo nabrali ter analizirali 694 zrelih plodov oreha. Od tega smo analizirali 594 plodov, pridelanih na sejancih oreha (v nadaljevanju 'sejancev') ter sto plodov, nabranih na drevesih različnih sort (v nadaljevanju 'sortnih

orehov'). Vsem orehom, ki še niso padli iz zelene lupine, smo le-to ročno odstranili. Sledila je ročna odbira slabih plodov, ki smo jih zavrgli in jih pustili v nasadu. Nato smo vse izbrane orehe očistili še z navadno vodo.



Slika 5: Sejanci, pripravljene za čiščenje (Kastelec, 2012)

Prisilno sušeni orehi

Nabrali ter analizirali smo 232 orehov sejancev. Prisilno sušene orehe smo sušili dva tedna na domači sušilnici, pri kateri se orehi posušijo s kroženjem toplega zraka. Zrak kroži s pomočjo vetrnice, ki jo poganja elektromotor. Tako sušeni orehi se posušijo v krajšem času od naravno sušenih. Razdelili smo jih na cele orehe (102 vzorca) in na počene orehe (130 vzorcev).

Naravno sušeni orehi

Analizirali smo 238 orehov sejancev ter 100 sortnih orehov. Orehi so se štiri tedne sušili na mreži, dvignjeni od tal za trideset centimetrov. Mreža je bila postavljena na podstrehi v zračnem prostoru brez direktne sončne osvetlitve. Orehe sejance smo ločili na počene (133 vzorcev) ter cele orehe (105 vzorcev).

Počeni orehi

Ovrednotili smo 266 počenih orehov sejancev. Dobili smo jih iz celih orehov, katere smo z navadnim kladivom udarili ravno s takšno močjo, da je trdna lupina počila in da se jedrce ni poškodovalo. Razdelili smo jih na prisilno sušene (130 vzorcev) in na naravno sušene (133 vzorcev).

Sveži orehi

Nabrali ter analizirali smo 124 celih orehov sejancev. Takoj, ko smo orehe nabrali, smo jih ločili od zelene lupine ter očistili. Sledilo je takojšnje merjenje dimenzij, tehtanje ter preizkušanje orehov z drobilnikom.

2.4 Drobljenje orehov

Po končanem sušenju smo vsak oreh označili, mu izmerili širino, višino in debelino ter maso. Izjema so le sveži orehi, ki smo jih merili in preizkušali takoj po čiščenju, da ni prišlo do prevelike izgube vode v jedrcih. Za drobljenje smo uporabili rotirajoči centrifugalni drobilnik orehov. Nekaj neoznačenih orehov smo porabili za to, da smo ročno nastavili primerno začetno vrtilno frekvenco drobilnika. Vse orehe, tako označene kot neoznačene smo posamezno dodajali v metalni element. Zaradi centrifugalne sile in mase oreha je ta priletel ob leseno drobilno steno. Po trku smo analizirali poškodbe trde lupine in jedrca. Naš namen je bil nastaviti tako vrtilno frekvenco, da lupina počí do te mere, da se lahko jedrce izlušči brez raznih pripomočkov oziroma samo z rokami. V primeru, da orehova lupina prvič ni počila, smo isti oreh še enkrat dodali v metalni element, ne da bi spremenili vrtilno frekvenco. Če spet ni prišlo do deformacije lupine, smo frekvenco postopoma povečevali do poškodbe lupine. Po uspelem trku smo vsak počen oreh podrobno preučili.



Slika 6: Drobilnik orehov z regulatorjem vrtilne frekvence (Kastelec, 2012)

Pri počnem orehu smo opisali stanje deformacije lupine in jedrca ter določili odnos med jedrcem in luščino. Na koncu smo tudi ovrednotili skupno kakovost posameznega oreha. Pri tej oceni je bilo odločilno stanje jedrca, upoštevali smo tudi težavnost izluščenja jedrc, vendar ta ni imela bistvene vloge pri ocenjevanju skupne kakovosti. Če jedrca nismo mogli izluščiti z rokami, smo skupno kakovost vzorca opredelili za srednjo oziroma slabo, ne glede na stanje jedrca takoj po testu.

2.4.1 Vrednotenje kakovosti drobljenja (karakteristike drobljenja počenih orehov)

Za lažje razumevanje vrednotenja in kasnejših rezultatov smo opisali nekaj vzorcev počenih orehov z jedrci ter jim dodali slike.

Testni vzorec 1

Lupina sejanca se je razpolovila po širini oziroma po šivu, popolnoma nepoškodovano jedrce pa se lahko izlušči z rokami in spada v najvišji kakovostni razred. Skupna kakovost precej drobnega vzorca je torej odlična.

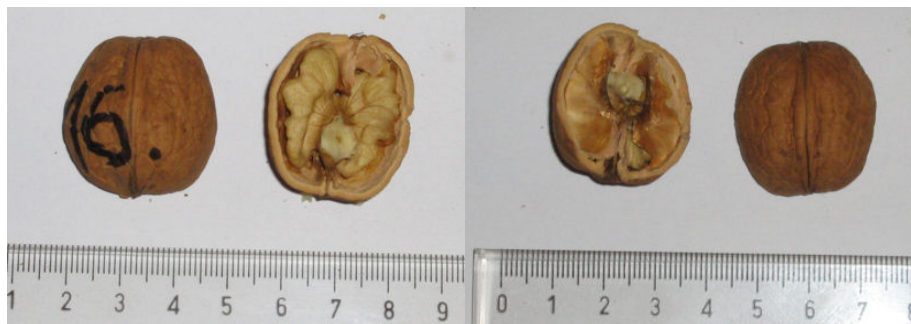


Slika 7: Prisilno sušen, že počen sejanec (Kastelec, 2012)

Testni vzorec 2

Lupina se je razpolovila po debelini, jedrce pa na dve celi polovički. Pri izluščevanju polovičk smo si morali pomagati z nožem, hkrati pa smo jih tudi malenkost poškodovali. Kljub temu sta polovički

ostali cele z nekaj delci. Torej po kakovosti še vedno spadajo v najvišji razred. Vendar je bila zaradi uporabe noža skupna kakovost ocenjena kot srednja.



Slika 8: Prisilno sušen, že počen sejanec – vzorec št. (Kastelec, 2012)

Testni vzorec 3

Od jedrca je odpadlo več kot pol lupine. Jedrce je popolnoma celo in nepoškodovano in se lahko izlušči. Skupna kakovost je odlična.



Slika 9: Prisilno sušen, že počen sejanec (Kastelec, 2013)

Testna vzorca 4 in 5

Tu bi izpostavili problem z večjimi dimenzijami nekaterih orehov. Da so orehi lahko prešli čez premer odprtine metalnega elementa, smo morali test večkrat ponoviti. Oreh smo zaporedoma

spuščali v metalni element, da se je v pravokotnem stičišču le-tega lahko zasukal v pravo smer izmeta in posledično trčil ob steno. Slika prikazuje tudi primer trka, pri katerem približno četrtnina lupine oreha odpade.



Slika 10: Naravno sušena, cela sortna oreha – vzorec št. 36 in 40 (Kastelec, 2009)

Ostali vzorci

Predstavili bi še nekaj pogostih primerov drobljenja orehov. Slika A prikazuje oreh, od katerega je po trku odpadla manj kot četrtnina

lupine, pri sliki C pa je odpadla približno četrtnina lupine. Slika B prikazuje nepoškodovano jedrce svežega oreha po trku, od katerega se je odlomila približno polovica lupine.



Slika 11: Različni primeri orehov po trku (Kastelec, 2012)

2.4.2 Vrednotenje skupne kakovosti testiranih orehov

Odlična kakovost

Takoj po trku oreha v drobilno steno smo lahko jedrca po videzu umestili v kakovostne razrede. Odlične kakovosti so jedrca najvišjega kakovostnega razreda. Taka jedrca so bila po trku nepoškodovana ali pa deloma oziroma četrtino odlomljena od celega jedrca. Sem smo šteli še dve celi polovički, za izluščitev jedrca pa nismo potrebovali nobenih pripomočkov in nobene sile. V primeru odlične skupne kakovosti do izluščenih jedrc pridemo najhitreje, hkrati pa jih tudi najdražje prodamo.

Srednja kakovost

Sem smo umestili jedrca drugega in tretjega kakovostnega razreda. Polovički jedrc po trku nista bili več celi, ampak sta razpadli na tri ali štiri približno enake dele. V to skupino smo razvrstili

tudi vse tiste orehe, pri katerih smo za izluščitev jedrca morali uporabiti pripomoček (nožič), pa čeprav je bilo jedrce po trku nepoškodovano. Za ločitev jedrca od lupine smo uporabili tudi večjo moč. Postopek izluščitve jedrc je zamudnejši, zaradi poškodb pa jih na trg ne moremo ponuditi po najvišji ceni.

Slaba kakovost

Sem smo uvrstili jedrca četrtega (najslabšega) kakovostnega razreda. Ta so se pri preizkusu raztreščila na več drobnih delcev. Če jedrca nismo mogli izluščiti, ne da bi ga zdrobili, smo skupno kakovost prav tako opredelili kot slabo. Za izluščevanje jedrc smo morali uporabiti tudi več moči in pripomočkov hkrati (nožič in šilo, v nekaj primerih pa tudi kladivo) ter se pri tem največ zamudili. Tako zdrobljena jedrca lahko na trg ponudimo le po najnižji ceni. Še najbolje pa je, če jih imamo za lastno uporabo.

3 REZULTATI MERITEV

3.1 Fizikalne karakteristike orehov po skupinah

Pri vsakem orehu smo izmerili višino, debelino, širino po šivu ter maso. Dimenzije oreha smo prikazali v milimetrih (mm), maso pa v gramih (g).

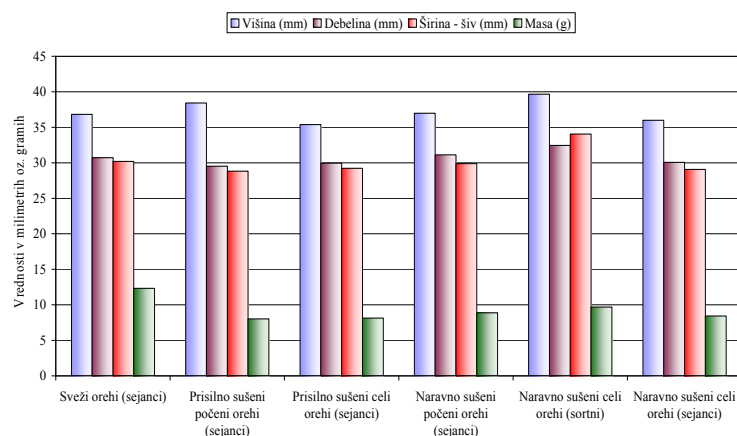
Povprečne karakteristike plodov oreha se nanašajo na meritve naslednjih količin vzorcev: 124 svežih sejancev, 130 prisilno sušenih počenih sejancev,

102 prisilno sušena cela sejanca, 133 naravno sušenih počenih sejancev, 105 naravno sušenih celih sejancev ter 100 naravno sušenih sortnih orehov. Skupno smo izmerili 694 orehov.

Izračune srednje vrednosti za posamezno skupino smo predstavili v tabeli ter naredili še grafični prikaz omenjenih karakteristik s stolpnim grafikonom (Slika 12).

Table 2: Povprečna višina, debelina, širina in masa orehov po posameznih skupinah.

Skupine orehov	Višina (mm)	Debelina (mm)	Širina - šiv (mm)	Masa (g)
Sveži orehi (sejanci)	36,8	30,7	30,2	12,3
Prisilno sušeni počeni orehi (sejanci)	38,4	29,5	28,8	8,0
Prisilno sušeni celi orehi (sejanci)	35,4	30,0	29,2	8,1
Naravno sušeni počeni orehi (sejanci)	37,0	31,1	29,9	8,9
Naravno sušeni celi orehi (sortni)	39,7	32,4	34,0	9,7
Naravno sušeni celi orehi (sejanci)	36,0	30,0	29,1	8,4



Slika 12: Srednje vrednosti meritev po posameznih skupinah orehov.

3.2 Rezultati deformacij lupine orehov pri trku

Podatke o deformaciji lupine smo razvrstili v devet glavnih kategorij, deseta pa zavzema orehe prevelikih dimenzij. Posledično pri teh orehih podatka o poškodbi lupine in nadaljnjih rezultatih našega poskusa nismo uspeli pridobiti. Zato smo to kategorijo orehov prevelikih dimenzij označili kar z besedama »Ni podatka«.

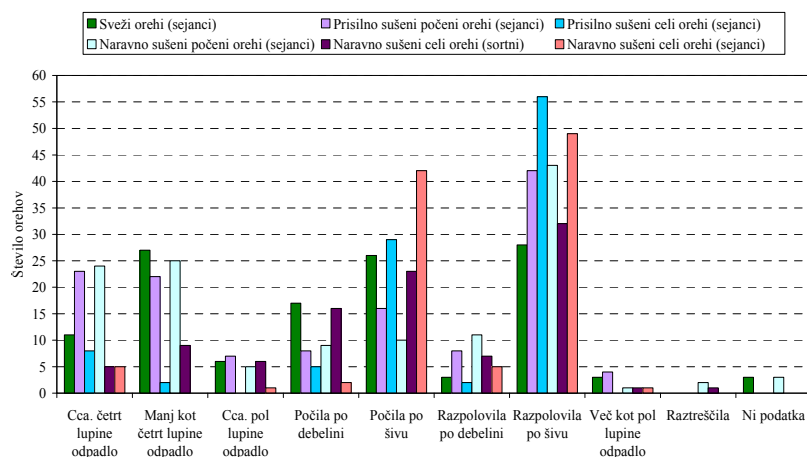
Kategorije (»Cca. četrt lupine odpadlo«, »Manj kot četrt lupine odpadlo«, »Cca. pol lupine odpadlo«, »Več kot pol lupine odpadlo«) smo ovrednotili po tem, kolikšen približni delež lupine se je po trku odlomil (odpadel) od jedrca.

Pri nekaterih orehih, ki smo jih s kladivom počili že pred poskusom z drobilnikom, smo deformacijo lupine po trku prav tako ovrednotili za počeno. To smo storili v primerih, ko smo pri trku slišali zvok

počene lupine, z nadaljnjim višanjem vrtilne frekvence ali ponovnim poskusom z isto vrt. frekv. pa bi se lupina ali jedrce preveč poškodovala oziroma raztreščila. Lupino smo ovrednotili kot raztreščeno, če delcev po trku nismo uspeli prešteti (zelo drobni delci).

Rezultate po skupinah orehov smo predstavili z grafikonom in tabelo. Rezultati na spodnji sliki prikazujejo količino (število) orehov za posamezno kategorijo deformacij lupine po trku v drobilno steno.

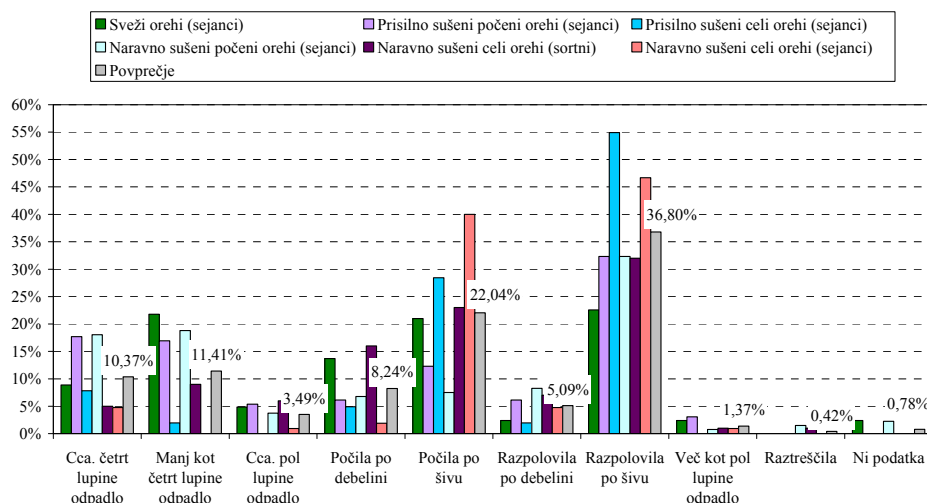
Iz slike 13 je razvidno, da se je pri vseh skupinah orehov lupina največkrat razpolovila po spoju oziroma šivu. Če izvzamemo že pred poskusom počene orehe, je skoraj pri vseh skupinah (razen pri svežih sejancih) pok po šivu druga najpogostejša deformacija lupine.



Slika 13: Različne deformacije orehových luščin po trku v drobilno steno.

Preglednica 3: Deformacije orehových lupin po trku v odstotkih (%) za določeno skupino orehov ter srednje vrednosti posameznih deformacij lupine za vse skupine skupaj.

Stanje (deformacija) luščine po trku orehov	Skupine orehov						Srednja vrednost (Povprečje)
	Sveži orehi (sejanci)	Prisilno sušeni počeni orehi (sejanci)	Prisilno sušeni celi orehi (sejanci)	Naravno sušeni počeni orehi (sejanci)	Naravno sušeni celi orehi (sortni)	Naravno sušeni celi orehi (sejanci)	
Četrť lupine odpadlo	8,87	17,69	7,84	18,05	5	4,76	10,37
Manj kot četrť lupine odpadlo	21,77	16,92	1,96	18,8	9	0	11,41
Pol lupine odpadlo	4,84	5,39	0	3,76	6	0,95	3,49
Počila po debelini	13,71	6,15	4,9	6,77	16	1,91	8,24
Počila po šivu	20,97	12,31	28,43	7,52	23	40	22,04
Razpolovila po debelini	2,42	6,15	1,96	8,27	7	4,76	5,09
Razpolovila po šivu	22,58	32,31	54,9	32,33	32	46,67	36,8
Več kot pol lupine odpadlo	2,42	3,08	0	0,75	1	0,95	1,37
Raztreščila	0	0	0	1,50	1	0	0,42
Ni podatka	2,42	0	0	2,26	0	0	0,78

**Slika 14:** Različne deformacije orehových lupin po trku v odstotkih in srednje vrednosti posameznih poškodb lupine za vse skupine orehov skupaj.

Iz slike 14 je razvidno, da so najpogostejše deformacije lupine pri trku vezane na njeno širino oziroma šiv. V 36,8 % primerov se je lupina razpolovila po debelini. Najredkeje so se pojavile deformacije lupine, pri kateri se je od jedra odlomi približno polovica (3,49 %) ali pa več kot polovica (1,37 %). Lupina se je raztreščila v 0,42 % primerih, kar je verjetno posledica prevelike vrtilne frekvence. Podatkov o deformaciji lupine pri šestih orehih (0,78 %) pa zaradi prevelikih dimenzij nismo pridobili.

Počenost po debelini se je pojavila v 8,24 odstotkih. Pri 5,09 % primerih pa se je lupina razpolovila po šivu. Najredkeje so se pojavile deformacije lupine, pri kateri se je od jedra odlomi približno polovica (3,49 %) ali pa več kot polovica (1,37 %). Lupina se je raztreščila v 0,42 % primerih, kar je verjetno posledica prevelike vrtilne frekvence. Podatkov o deformaciji lupine pri šestih orehih (0,78 %) pa zaradi prevelikih dimenzij nismo pridobili.

3.3 Rezultati deformacij jedrc po trku

Poškodbe jedrc so prikazane glede na trk orehov v drobilno steno. Torej brez odnosa med jedrcem in lupino oziroma stopnje izluščitve jedrc. Pri kategoriji raztreščeno jedrce bi poudarili, da so jedrca poleg trka orehov v steno ovrednotena kot raztreščena, če smo jih med samim postopkom izluščitve preveč poškodovali (čeprav so bila jedrca po trku cela).

Stanje jedrca smo razdelili v sedem glavnih kategorij in še v dodatno, pri kateri je bilo šest

orehov prevelikih dimenzij (»Ni podatka«), en prisilno sušen počen sejanec pa je bil brez jedrca. Prve štiri kategorije stanja jedrc (»Popolnoma cel«, »Deloma odlomljen«, »četrto odlomilo«, »Dve polovici«) so po standardu USDA (1968) najvišje kakovosti. Naslednji dve (»Trije deli«, »Štirje deli«) smo umestili v srednjo kakovost (drugi in tretji razred po USDA). V zadnjo kategorijo (»Raztreščil«) smo uvrščali jedrca, pri katerih je bila deformacija takšna, da posameznih delcev ni bilo mogoče natančno prešteti. Taka jedrca so najslabše kakovosti.

Preglednica 4: Deformacije jedrc po trku v odstotkih glede na različne skupine orehov, srednje vrednosti vseh kategorij deformacij jedrc in vsota števila jedrc oziroma orehov za posamezno kategorijo.

Skupine orehov	Stanje (deformacija) jedrc po trku (%)							
	Popolnoma cel	Deloma odlomljen	Cca. četrto odlomilo	Dve polovici	Trije deli	Štirje deli	Raztreščil	Ni podatka
Sveži orehi (sejanci)	63,71	12,9	8,87	6,45	2,42	3,23	0	2,42
Prisilno sušeni počeni orehi (sejanci)	62,31	10	3,08	11,54	6,92	3,85	1,54	0,77
Prisilno sušeni celi orehi (sejanci)	26,47	19,61	6,86	12,75	4,9	19,61	9,8	0
Naravno sušeni počeni orehi (sejanci)	36,84	9,77	3,01	18,8	11,28	9,77	8,27	2,26
Naravno sušeni celi orehi (sortni)	52	6	1	17	9	6	9	0
Naravno sušeni celi orehi (sejanci)	53,33	12,38	4,76	10,48	9,52	0,95	8,57	0
Srednje vrednosti	49,11	11,78	4,60	12,84	7,34	7,24	6,2	0,91
<i>Vsota stanja jedrc oz. orehov po trku</i>	<i>344</i>	<i>81</i>	<i>32</i>	<i>89</i>	<i>51</i>	<i>49</i>	<i>41</i>	<i>7</i>

Največji delež nepoškodovanih jedrc (63,71 %) so po trku imeli sveži orehi, najmanjšega pa prisilno sušeni celi sejanci (26,47 %). Največ nepoškodovanih polovičk so imeli naravno sušeni počeni sejanci (18,8 %), najmanj pa sveži sejanci (6,45 %). Prisilno sušeni celi orehi so imeli največ zdrobljenih četrtnin jedrc (19,61 %), najmanj pa naravno sušeni celi sejanci (0,95 %). Delež zdrobljenih tretjin jedrca je bil največji pri naravno sušenih počenih sejancih (11,28 %), za njimi pa so bili naravno sušeni celi sejanci (9,52 %). Največ

raztreščenih jedrc smo dobili pri prisilno sušenih celih sejancih (9,8 %), sledijo naravno sušeni celi sortni orehi (9 %). Delež raztreščenih jedrc je bil najmanjši pri prisilno sušenih počenih orehih (1,54 %), pri svežih sejancih pa teh jedrc sploh nismo dobili.

Po trku vseh orehov različnih skupin v drobilno steno smo v povprečju dobili skoraj polovico nepoškodovanih celih jedrc. 546 jedrc in polovičk (78,33 %) smo uvrstili v najvišji kakovostni razred

(kategorije ena, dva, tri in štiri). Sto jedrc (14,58 %) je bilo srednje kakovosti (peta in šesta kategorija stanja jedrc), 41 jedrc (6,2 %) pa se je pri trku raztreščilo ali pa smo jih pri izluščevanju preveč poškodovali (kategorija sedem). Te smo uvrstili v zadnji kakovostni razred. Pri sedmih orehih (0,91 %) podatkov o deformaciji jedrc nismo uspeli pridobiti (osma kategorija deformacij jedrc).

3.4 Rezultati težavnosti izluščitve jedrc

Težavnost izluščitve jedrc po trku orehov v drobilno steno smo razdelili na tri osnovne stopnje (skupine), četrta pa zajema šest orehov prevelikih dimenzij ter en oreh brez jedrca.

Če nam je jedrce od lupine uspelo ločiti brez uporabe pripomočkov in sile, smo ga uvrstili v prvo skupino (»Lahko se izlušči«). Sem smo dodali še orehe, pri katerih se je zaradi sile trka jedrce od lupine ločilo samostojno (brez naše pomoči), oziroma sta se lupina in jedrce raztreščila. Za

drugo skupino (»Srednje težko se izlušči«) velja, da smo za izluščevanje jedrc uporabili večjo moč ali pa smo si morali pomagati z nožičem. V tretji skupini (»Težko se izlušči«) pa je bila ločitev jedrca od lupine težavna. Za izluščitev smo morali uporabiti kar precej moči oziroma smo si pomagali z več predmeti hkrati, tudi s kladivom.

Jedrca smo najlažje izluščili pri prisilno sušenih celih sejancih (85,29 %), naravno sušenih celih sejancih (82,86 %) in prisilno sušenih počenih sejancih (82,31 %). Z nožičem smo si največkrat pomagali pri izluščevanju jedrc svežih sejancev (16,13 %), naravno sušenih sortnih orehih (15 %) in naravno sušenih počenih sejancev (14,29 %). Največkrat je bila najbolj težavna izluščitev pri naravno sušenih počenih sejancih (6,76 %), svežih sejancih (6,45 %) in naravno sušenih sortnih orehih (6 %). Pri svežih in naravno sušenih počenih sejancih smo brez težav izluščili najmanjši delež jedrc (75 % oziroma 79 %).

Preglednica 5: Izluščitev jedrc po skupinah orehov v odstotkih ter srednje vrednosti glede na stopnjo izluščitve. V oklepaju je navedeno število analiziranih orehov.

Skupine orehov	Stopnja izluščitve jedrc			
	Lahko se izlušči	Srednje težko se izlušči	Težko se izlušči	Brez jedrca oz. Ni podatka
Sveži orehi (sejanci)	75 (93)	16,13 (20)	6,45 (8)	2,42 (3)
Prisilno sušeni počeni orehi (sejanci)	82,31 (107)	12,3 (16)	4,62 (6)	0,77 (1)
Prisilno sušeni celi orehi (sejanci)	85,29 (87)	11,76 (12)	2,95 (3)	0 (0)
Naravno sušeni počeni orehi (sejanci)	76,69 (102)	14,29 (19)	6,76 (9)	2,26 (3)
Naravno sušeni celi orehi (sortni)	79 (79)	15 (15)	6 (6)	0 (0)
Naravno sušeni celi orehi (sejanci)	82,86 (87)	12,38 (13)	4,76 (5)	0 (0)
Srednja vrednost (povprečje)	80,19 (555)	13,64 (95)	5,26 (37)	0,91 (7)

3.5 Skupna kakovost drobljenja orehov

Pri določevanju skupne kakovosti smo upoštevali dva parametra. Večino ocene je prispevala težavnost izluščevanja jedrc po trku orehov. Predvsem zato, ker naj bi z drobilnikom izluščevanje potekalo hitro, brez uporabe pripomočkov ter z minimalno deformacijo jedrca. Za drugi del ocene smo upoštevali deformacijo (stanje) jedrca po trku oziroma po sami izluščitvi, saj smo sami nekajkrat jedrce med postopkom izluščitve poškodovali. Zato je skupna kakovost v

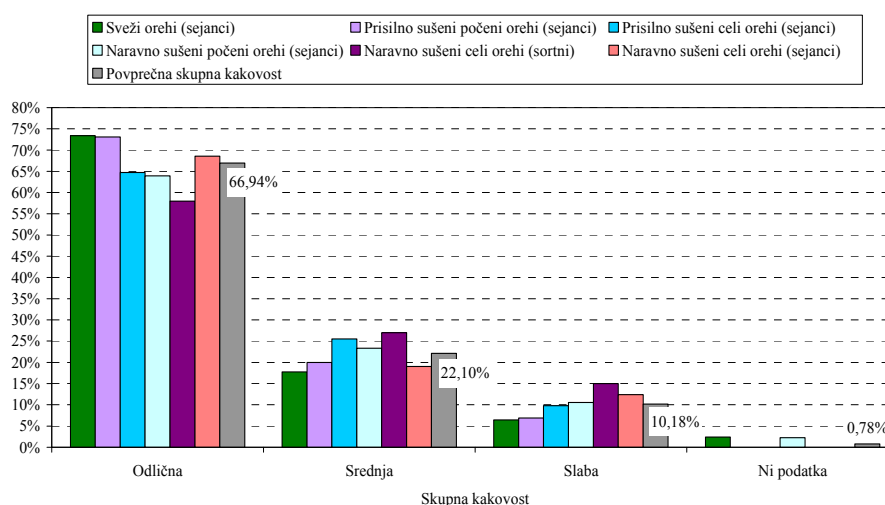
primerjavi z deformacijo jedrc po trku orehov malenkost slabša.

Pri svežih in naravno sušenih počenih sejancih trem vzorcem skupne kakovosti nismo uspeli ovrednotiti, zato so na spodnjem grafikonu in v tabeli označeni z »Ni podatka«.

Odlično skupno kakovost smo ovrednotili pri 467 orehih, srednjo pri 152 orehih, s slabo skupno kakovostjo pa smo ocenili 69 orehov. Šest orehov je brez podatka o končni kakovosti. Izmerjeni vzorec je 694 orehov.

Preglednica 6: Skupna kakovost znotraj posameznih kategorij izražena v odstotkih (%) in povprečje vseh skupin orehov glede na kategorijo kakovosti.

Skupine orehov	Skupna kakovost			
	Odlična	Srednja	Slaba	Ni podatka
Sveži orehi (sejanci)	73,39	17,74	6,45	2,42
Prisilno sušeni počeni orehi (sejanci)	73,08	20	6,92	0
Prisilno sušeni celi orehi (sejanci)	64,71	25,49	9,8	0
Naravno sušeni počeni orehi (sejanci)	63,91	23,31	10,53	2,26
Naravno sušeni celi orehi (sortni)	58	27	15	0
Naravno sušeni celi orehi (sejanci)	68,57	19,05	12,38	0
Povprečna skupna kakovost	66,94	22,10	10,18	0,78

**Slika 15:** Skupna kakovost po skupinah orehov in srednje vrednosti teh po posameznih kategorijah kakovosti v odstotkih vseh izmerjenih 694 orehov.

4 ZAKLJUČKI IN RAZPRAVA

Cilji pri drobljenju orehov s centrifugalnim drobilnikom so minimalne poškodbe jedrc, deformacija lupine pa tako močna, da jedrca lahko izluščimo z rokami oziroma brez dodatnih pripomočkov, kot sta kladivo in nožič. To smo skušali doseči z nastavitvijo prave vrtilne frekvence izmetala za določeno skupino orehov. Za zdrobitev lupine so največjo vrtilno frekvenco (16,9 in 15,5 št. obr./sek.) potrebovali sveži sejanci, ki so bili tudi najtežji (12,3 g) in naravno sušeni sortni orehi s povprečno maso 9,7 g.

Najpogostejša deformacija pri trku orehov je razpolovitev lupine po šivu in velja za vse skupine testiranih orehov. V povprečju se je pojavila v 36,8 odstotkih vseh orehov.

Najlažje se izluščijo jedrca prisilno sušenih celih sejancev (85,29 %), najtežje pa jedrca naravno sušenih počenih sejancev (6,76 %).

Po klasifikaciji USDA so najvišjo kakovost jedrc po trku (91,93 %) imeli sveži orehi, najslabšo (raztreščena jedrca) pa prisilno sušeni celi sejanci (9,8 %).

Na osnovi podatkov o stopnji (težavnosti) izluščitve in kakovosti jedrc takoj po trku ter po izluščitvi smo določili skupno kakovost. Največji delež orehov odlične kakovosti so imeli sveži (73,39 %) in prisilno sušeni počeni sejanci (73,08 %). Ti so najprimernejši za drobljenje s centrifugalnim drobilnikom. Poleg teh dveh skupin

se za drobljenje priporočajo še naravno sušeni celi sejanci z 68,57 % orehov odlične skupne kakovosti, 19,05 % srednje in 12,38 % slabe končne kakovosti.

S centrifugalnim drobilnikom ni priporočljivo drobiti različnih naravno sušenih celih sortnih orehov, saj so dali najmanjši delež orehov odlične (57 %) skupne kakovosti in največja deleža orehov srednje (27 %) in slabe (15 %) skupne kakovosti.

Iz rezultatov lahko sklepamo, da večja vsebnost vode v svežih jedrcih vpliva na manjše poškodbe le-teh in večjo frekvenco, s katero tak oreh zdrobimo. Nepoškodovani celi orehi za uspešno deformacijo lupine potrebujejo tudi večjo vrtilno frekvenco od počenih.

Rezultati nam pokažejo še, da tudi masa orehov vpliva na vrtilno frekvenco. V povprečju so nepoškodovani (celi) težji orehi za zdrobitev lupine potrebovali večjo vrt. frekv. od lažjih orehov. Izjema so prisilno sušeni celi sejanci, ki so kljub nekoliko manjši povprečni masi (za 0,3 g), za deformacijo lupine potrebovali večjo (za 0,4 št.

obr. / s.) povprečno vrtilno frekvenco od naravno sušenih celih sejancev.

Naravno in prisilno sušeni celi sejanci kljub manjši povprečni masi od naravno in prisilno sušenih počenih sejancev, za deformacijo lupine potrebujejo večjo vrtilno frekvenco.

Na podlagi preizkusov drobljenja plodov oreha lahko sklepamo, da so za drobljenje s centrifugalnim drobilnikom najprimernejši sveži in že pred sušenjem z zrakom počeni sejanci. Zato za nadaljnje raziskave drobljenja s centrifugalnim drobilnikom priporočamo, da se pri teh dveh poveča skupna količina vzorca orehov za vsako skupino.

Članek je sestavljen iz raziskav konstruiranja Kmetijskih strojev in naprav na Fakulteti za strojništvo, kjer se je stroj tudi konstruiral in izdelal. Iz omenjenih vsebin in materiala je nastalo tudi diplomsko delo za visokošolski strokovni študij: Analiza delovanja stroja za luščenje plodov oreha (*Juglans regia L.*), avtor Gašper Kastelec.

5 VIRI

- Alibaba. 2014. Round hole perforated metal screen http://www.alibaba.com/product-gs/518174532/Round_Hole_Perforated_Metal_Screen.html (14.1.2014)
- Bernik R. 2002. Stroj za drobljenje plodov oreha: patent št. SI 20617. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino.
- Bernik R., Solar A., Skok D. 2004. Fizikalne lastnosti ploda oreha. *Acta agriculturae slovenica*, 83-1.
- California walnuts. 2014. Shelled walnut sizes <http://www.californiawalnuts.eu/314/Walnuts/Product-Types/Shelled-Walnut-Sizes.htm> (12.1.2014)
- Charlot G., Prunet J.P., Lagrue C., Aleta N. 1996. Noix et cernaux: Qualite et consommation. C.T.I.F.L., Paris: 166 s
- Ducouso I., Sabatier S., Barthélémy D., Germain E. 1995. Comparaison de quelques caractéristiques morphologiques des pousses annuelles et des branches de la cime de sept variétés de Noyer commun, *Juglans regia L.* (*Junglandaceae*). V: Les colloques, No. 74. Colloque Architecture des arbres fruitières. Montpellier, France, 23-25 Nov. 1995: 91-108.
- Evropski standardi trženja orehov v luščini. Uradni list L 26, 27/01/2001, 24-30 <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001R0175:SL:HTML> (13.1.2014)
- FAO. 2003. Inventory of Walnut Research, Germplasm and References. ID: 170653. <http://www.fao.org/docrep/007/y5704e/y5704e03.htm> (12.1.2014)
- Germai E. 1990. Inheritance of late leafing and lateral bud fruitfulness in walnut (*Juglans regia L.*), phenotypic correlations among some traits of the trees. *Acta Horticulturae*, 284: 125-136.
- Košmelj K. 2001. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 249 str.
- Ocepek R. 1995. Oreh: pridelovanje in uporaba. Ljubljana, Svet knjige: 3-10: 71-74
- Solar A. 2000. Izbor morfometrijskih in polmoloških kazalnikov za žlahtnjenje oreha (*Juglans regia L.*). Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 156 str.

- Solar A. 2004. Lupinarji. V: Ambrožič Turk, B. (ur.), *Introdukcija in selekcija sadnih rastlin v letu 2003 (Prikazi in informacije, 239)*. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije
- Skok D. 2003 *Fizikalne lastnosti plodov oreha (Juglans regia L.)*. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 92 str.
- USDA. 1968. United States Standards for Grades of Shelled Walnuts (*Juglans regia*). 4-5 <http://www.dfaofca.com/Downloadables/Tree%20Nut/walnuts.pdf> (12.1. 2014)
- Wikipedia. 2013. *Juglans regia*. Original habitat, Introduction around the world. http://en.wikipedia.org/wiki/Juglans_regia (12.1.2014)