

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Jože TRŠELIČ

**POMEN FIZIKALNIH LASTNOSTI PLODU OREHA
(*Juglans regia* L.) ZA SUŠENJE IN LUŠČENJE**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Jože TRŠELIČ

**POMEN FIZIKALNIH LASTNOSTI PLODU OREHA
(*Juglans regia* L.) ZA SUŠENJE IN LUŠČENJE**

MAGISTRSKO DELO

**THE SIGNIFICANCE OF PHYSICAL CHARACTERISTICS OF
WALNUT (*Juglans regia* L.) FOR DRYING AND CRACKING**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je bilo opravljeno na Katedri za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, travništvo in pašništvo, Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani so bile v laboratoriju opravljene meritve velikosti plodov po višini, širini in debelini ter meritve mase plodov in preizkusi trdnostnih lastnosti lupine. Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 5. 5. 2014 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja agronomije.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja magistrskega dela imenovala prof. dr. Rajka Bernika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc Štampar
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Rajko Bernik
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Denis Stajnko
Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede,
Katedra za biosistemsko inženirstvo

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Jože TRŠELIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Md
DK UDK 634.51:631.561.724:631.361.74(043.3)
KG oreh/kmetijsko strojništvo/morfološke in fizikalne lastnosti/lupina/trenja
AV TRŠELIČ, Jože, univ. dipl. inž agronomije
SA BERNIK, Rajko (mentor)
KZ SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje agronomije
LI 2016
IN POMEN FIZIKALNIH LASTNOSTI PLODU OREHA (*Juglans regia* L.) ZA SUŠENJE IN LUŠČENJE
TD Magistrsko delo
OP XI, 51, [23] str., 8 pregl., 41 sl., 3 pril., 25 vir.
IJ sl
JI sl / en
AI Oreh (*Juglans regia* L.) spada med sadne vrste, ki imajo užitni del shranjen v oleseneli luščini. Čeprav je že dolga leta razširjen po vsej državi, pridelovalci še danes trejo plodove ročno. V sklopu raziskave smo ocenjevali tri sorte: 'Elit', 'G-139' in 'Franquette'. Za slučajno izbrane vzorce orehov smo od morfoloških lastnosti merili velikost ploda po višini (v), širini (š) in debelini (d) ter vlažnost lupine. Pri plodovih orehov smo trdnost lupine ugotavljali s stiskalno napravo Zwick / Roell po višini ploda. Pri tem smo merili silo, ki je potrebna, da se lupina oreha zdrobi, in deformacijo lupine tik pred zdrobitvijo lupine. Na osnovi velikosti deformacije in uporabljene sile smo izračunali delo, potrebno za zdrobitev lupine oreha. V raziskavi smo prišli do zaključka, da so fizikalni pogoji za drobljenje orehov odvisni od vsebnosti vlage v lupini oreha, sorte oreha in leta, v katerem je bil oreh nabran. Ugotovili smo, da imata sorti 'Franquette' in 'G-139', ob upoštevanju ostalih spremenljivk, večjo povprečno deformacijo lupine oreha od sorte 'Elit' in da je sila deformacije močno odvisna od sorte oreha in od leta pridelka. Za orehe iz leta 2011 je potrebna povprečna sila deformacije za porušitev lupine oreha večja od sile deformacije leta 2010. Za sorti 'Franquette' in 'G-139' je potrebna manjša sila deformacije kot sila deformacije za porušitev lupine oreha sorte 'Elit'. Deformacija lupine oreha je odvisna od vlažnosti lupine oreha in od sile deformacije. Ugotovili smo, da če se vlažnost oreha poveča za 10 %, se deformacija lupine oreha zmanjša za 0,08 mm in če se sila deformacije poveča za 10 N, se deformacija lupine oreha zmanjša za 0,02 mm, pri istih vrednostih ostalih spremenljivk.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Md
DC UDC 634.51:631.561.724:631.361.74(043.3)
CX agricultural engineering/walnuts/*Juglans regia*/morphologic characteristics/physical characteristics/cultivars/walnut shell/cracking
AU TRŠELIČ, Jože
AA BERNIK, Rajko (supervisor)
PP SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Agronomy
PY 2016
TI THE SIGNIFICANCE OF PHYSICAL CHARACTERISTICS OF WALNUT (*Juglans regia* L.) FOR DRYING AND CRACKING
DT M.Sc. Thesis
NO XI, 51, [23] p., 8 tab., 41 fig., 3 ann., 25 ref.
LA sl
AL sl / en
AB The walnut (*Juglans regia* L.) belongs to a fruit species that contains the edible part in the wooden shell. Although it has been spread throughout the country for years, nowadays producers still crack walnuts manually. In the research three cultivars were assessed: 'Elit', 'G-139' and 'Franquette'. For the morphologic characteristics of randomly selected fruits of walnuts we measured height (v), width (\check{s}), thickness (d) and shell moisture content. The walnut fruits were cracked with a squeeze device called Zwick / Roell regarding the height of fruit. We measured the force needed to crack the walnut shell, and the shell deformation right before the shell cracked. The extent of deformation and utilized force were used as a basis for calculation of work needed for fruit shell to be cracked. Our research leads us to the conclusion that physical conditions for walnut cracking depend on the amount of moisture content in the fruit shell, its species and the year in which walnuts were picked up. The research confirms that both cultivars 'Franquette' and 'G - 139' , have greater mean deformation of the shell, than a walnut cultivar 'Elit' and that the deformation force depends heavily on a walnut cultivar and a crop year. For 2011 walnuts, a required average deformation force, to break the walnut shell, greater than the deformation force for 2010 walnuts. Walnut cultivars 'Franquette' and 'G-139' require less force to break the walnut shell than a cultivar 'Elit'. Deformation of the walnut shell depend on the amount of moisture content in the fruit shell, and on the deformation force. The research also confirms that if the moisture content in the fruit shell is increased by 10 %, the deformation of the walnut shell is reduced by 0.08 mm, and if the deformation force is increased by 10 N, the deformation of the walnut shell is reduced by 0.02 mm.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO PRILOG	X
SLOVARČEK	XI
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	2
1.3 NAMEN DELA	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 UPORABA RAZLIČNIH METOD PRI TRENJU OREHOV	5
2.1.1 Stožčasti drobilnik	6
2.1.2 Kamniti drobilnik	6
2.1.3 Centrifugalni drobilnik orehov	8
2.2 DROBILNE LASTNOSTI OREHA (<i>Juglans regia</i> L.)	9
2.3 FIZIKALNE LASTNOSTI OREHOV (<i>Juglans regia</i> L.)	11
2.4 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA ČVRSTOST IN DEBELINO LUPINE OREHA	14
2.4.1 Rast in razvoj plodu	14
2.4.1.1 Razvoj plodu	14
2.4.1.2 Struktura plodu	15
2.4.1.3 Razvoj lupine (prisotnost snovi, ki služijo kot obramba proti insektom)	16
3 MATERIAL IN METODE DE LA	17
3.1 MATERIAL	17
3.1.1 Analizirane sorte	17
3.1.2 Čas in lokacija meritev	18
3.2 METODE DE LA	19

3.2.1	Vrste meritev in analiz	19
3.2.1.1	Merjenje dimenzij plodov orehov	19
3.2.1.2	Merjenje mase plodov orehov	20
3.2.1.3	Merjenje trdnostnih lastnosti lupine orehov	20
3.2.1.4	Merjenje relativne vlažnosti lupine orehov	21
3.2.1.5	Statistične metode	21
4	REZULTATI IN MERITVE	22
4.1	MERITVE VELIKOSTI PLODOV	22
4.2	MERITVE FIZIKALNIH LASTNOSTI PLODOV	24
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	45
6	POVZETEK (SUMMARY)	47
6.1	POVZETEK	47
6.2	SUMMARY	48
7	VIRI	50
	ZAHVALA	

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Shematski prikaz stožčastega drobilnika (Özdemir in Özilgen, 1997: 221).	6
Slika 2: Shematski prikaz kamnitega drobilnika (Özdemir in Özilgen, 1997: 220).	7
Slika 3: Shematski prikaz centrifugalnega drobilnika (Bernik, 2000).	9
Slika 4: Prikaz sile in deformacije na orehovi lupini.	10
Slika 5: Oreh z določenimi osmi za teste trenja (osi določajo smer delovanja sile) L – višina, T – debelina, W – širina (Koyuncu in sod., 2004: 307).	10
Slika 6: Povprečne vrednosti energije, izmerjene pri merjenju v smereh (a) višine, (b) širine in (c) debeline (Koyuncu in sod., 2004: 308).	11
Slika 7: Frekvenca porazdelitve velikosti jedrca: O višina, debelina, ∇ širina (Aydin, 2002: 300).	12
Slika 8: Vpliv vlage v lešnikih na končno hitrost prepustnosti vlage v lupini lešnika (Vt): O jedrce, lešnik, Mc vsebnost vlage, R2 koeficient determinacije (Aydin, 2002: 301).	12
Slika 9: Vpliv količine vlage na silo, potrebno za deformacijo (lom) lešnikov in jedrc: ___ jedrce, ---- lešnik, O Z os, ∇ Y os, X os (Aydin, 2002: 301).	13
Slika 10: Shematski prikaz lupine v koordinatnem sistemu: (a) lupina s koordinatami XYZ, preoblikovane v sferične koordinate: R radij lupine, ϕ kot v smeri od jedra proti robu, θ kot v smeri ekvatorja, (b) element s prikazom ekvatorialnega stresa $\sigma_{\theta\theta}$ in pravokotnega stresa $\sigma_{\phi\phi}$ (Liu in sod., 1999: 245).	14
Slika 11: Presek plodu oreha, pet tednov po oploditvi (Sancin, 1988: 115).	15
Slika 12: Plod sorte oreha 'Franquette' (KGZS, 2010).	17
Slika 13: Plod sorte oreha 'Elit' (KGZS, 2010).	18
Slika 14: Plod sorte oreha 'G-139' (KGZS, 2010).	18
Slika 15: Označevanje smeri dimenzije oreha.	19
Slika 16: Kljunasto merilo.	20
Slika 17: Meritve velikosti plodov po višini, širini in debelini.	20
Slika 18: Posebna stiskalna naprava Zwick / Roell.	21
Slika 19: Sila (N) v odvisnosti od pomika orodja (mm) pri orehu sorte 'Elit'.	25
Slika 20: Prerez oreha sorte 'Elit' po višini s posameznimi odmiki jedrca od lupine oreha (foto: R. Bernik, 2011).	25
Slika 21: Sila (N) v odvisnosti od pomika orodja (mm) pri orehu sorte 'G-139'.	26
Slika 22: Prerez oreha sorte 'G-139' po višini s posameznimi odmiki jedrca od lupine oreha (foto: R. Bernik, 2011).	26

Slika 23:	Sila (N) v odvisnosti od pomika orodja (mm) pri orehu sorte 'Franquette'.	27
Slika 24:	Prerez oreha sorte 'Franquette' po višini s posameznimi odmiki jedrca od lupine oreha (foto: R. Bernik, 2011).	27
Slika 25:	Vpliv dimenzij oreha na silo, ki jo potrebujemo, da stremo oreh.	28
Slika 26:	Vpliv debeline oreha na silo deformacije glede na leto in sorto oreha.	29
Slika 27:	Vpliv širine oreha na silo deformacije glede na leto in sorto oreha.	30
Slika 28:	Vpliv višine oreha na silo deformacije glede na leto in sorto oreha.	30
Slika 29:	Odvisnost deformacije lupine oreha od sile deformacije glede na leto in sorto oreha.	31
Slika 30:	Odvisnost deformacije lupine oreha od debeline oreha glede na leto in sorto oreha.	32
Slika 31:	Odvisnost deformacije lupine oreha od širine oreha glede na leto in sorto oreha.	32
Slika 32:	Odvisnost deformacije lupine oreha od višine oreha glede na leto in sorto oreha.	33
Slika 33:	Sila deformacije (N) (povprečje \pm standardna napaka) potrebna za porušitev lupine pri različnih sortah, letih pridelka in povprečni vlažnosti lupine, dosežene z različnim trajanjem sušenja orehov.	34
Slika 34:	Srednja vrednost potrebne sile deformacije pri posameznih vlažnostih lupine posameznih sort orehov in letih pridelka.	35
Slika 35:	Deformacija lupine oreha (mm) (povprečje \pm standardna napaka) pri različnih sortah, letih pridelka in povprečni vlažnosti lupine, dosežene z različnim trajanjem sušenja orehov.	36
Slika 36:	Srednja vrednost deformacije lupine oreha pri posameznih vlažnostih lupine posameznih sort orehov in letih pridelka.	37
Slika 37:	Srednje vrednosti sil deformacije glede na sorte orehov.	38
Slika 38:	Povprečne sile potrebne za porušitev lupine oreha sorte 'Elit' po dveh pridelkih.	39
Slika 39:	Povprečne sile deformacije za porušitev lupine oreha po sortah orehov in letih (slika 37 in slika 38 združeni).	39
Slika 40:	Odvisnost deformacije lupine oreha od sile deformacije za vsako sorto posebej.	40
Slika 41:	Povprečna deformacija lupine po posameznih sortah in letih s standardnimi napakami.	41

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Stopnje kvalitete jedrc lešnikov po razvrščanju po velikosti in trenju.	8
Preglednica 2: Mediana, povprečje in standardni odklon za višino, širino, debelino oreha, maksimalno silo, potrebno za trenje lupine oreha in deformacijo pri tej sili.	23
Preglednica 3: Potrebno delo za porušitev lupine oreha in specifična deformacija (ϵ) povprečnega oreha posamezne ponovitve meritve.	24
Preglednica 4: Korelacije med neodvisnimi spremenljivkami.	42
Preglednica 5: Analiza vpliva neodvisnih spremenljivk na deformacijo lupine oreha, glede na referenčno skupino (sorta 'Elit' in letnik 2010).	42
Preglednica 6: Analiza vpliva neodvisnih spremenljivk na deformacijo lupine oreha, glede na referenčno skupino (sorta 'Franquette' in letnik 2010).	43
Preglednica 7: Analiza vpliva neodvisnih spremenljivk na silo deformacije, glede na referenčno skupino (sorta 'Elit' in letnik 2010).	43
Preglednica 8: Analiza vpliva neodvisnih spremenljivk na silo deformacije, glede na referenčno skupino (sorta 'Franquette' in letnik 2010).	44

KAZALO PRILOG

- PRILOGA A: Merjenje vlažnosti lupine orehov v poskusnem obdobju 2010 in 2011.
- PRILOGA B: Sorte orehov, uporabljene v poskusu, posamezne ponovitve in časi meritev.
- PRILOGA C: Podatki meritev višine, širine, debeline, sile deformacije, deformacije lupine in vlažnosti lupine orehov, za vse orehe, ki so bili vključeni v raziskovalno nalogo.

SLOVARČEK

Drobilnik	Naprava, s pomočjo katere stremo lupino oreha.
Kalibrator	Naprava, s pomočjo katere razvrščamo orehe glede na morfološke lastnosti orehov, višina (v), širina (š) in debelina (d).
Kljunasto merilo	Merilo, sestavljeno iz vodilnega ravnila z nepomičnim kljunom in pomičnega dela z nonijem, s pomočjo katerega izmerimo velikost oreha.
Nonij	Pomožno merilo, s katerim odčitamo desetino dela skale na kljunastih merilih.
Oreh	Plod oreha, ki sestoji iz lupine (luščine), lupinice (ovoj okrog jedra) in užitnega dela jedrca.
Zwick / Roell	Stiskalna naprava, s pomočjo katere smo merili silo, ki je potrebna, da se lupina oreha zdrobi, in deformacijo lupine oreha.

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Znanstveno področje, na katerega se nanaša predlagana magistrska naloga, je agronomija. Raziskovanje fizikalnih lastnosti orehov je pomembno zato, ker orehi nimajo uniformnih oblik in je zato težko z enotnim postopkom zagotoviti dovolj visoko stopnjo kakovosti izluščenih jedrc.

Ključ do maksimalnega in kvalitetnega pridelka sta pravilno spravilo in ravnanje s pridelkom po pravilu (Hassan-Beygi in sod., 2009). Prav tako pa Ghafari s sodelavci (2011) ugotavlja, da je poznavanje fizikalnih in mehanskih lastnosti kmetijskih pridelkov ključno za pravilno spravilo in zasnovano strojev za spravilo pridelkov.

V magistrski nalogi bomo poskus opravljali na treh sortah orehov pridelanih v Sloveniji, ki izvirajo iz Nemčije, Slovenije in Francije: 'G-139', 'Elit' in 'Franquette'. Za ugotavljanje trdnosti lupine orehov bomo uporabljali napravo Zwick / Roell, za analizo pridobljenih podatkov pa programsko opremo 'R'.

Omenjene sorte so bile opredeljene kot glavne sorte v sadnem izboru za Slovenijo v letu 2002, zato smo jih tudi izbrali za poskus.

Sorta 'Franquette' izvira z območja Isere v Franciji. Brsti po prvem maju in je srednje bujne rasti, odporna proti pozebi in malo občutljiva za bakterijsko pegavost. Luščina je tanka, čvrsta in lepe svetle barve. Jedrce je zelo svetlo, odličnega okusa in se lahko izlušči (Godec in Jankovič, 2003).

Sorta 'Elit' je domača sorta, odporna proti spomladanskim pozebam in srednje občutljiva za pegavost. Plod je ovalne oblike, srednje velik. Luščina je svetla in gladka. Jedrce je svetlo rumeno, zelo okusno in se zlahka izlušči (Godec in Jankovič, 2003).

Sorta 'G-139' (geisenheimska selekcija št. 139) je srednje občutljiva za spomladansko pozebo, rodi redno in obilno. Plodovi so srednji do veliki, široko ovalne oblike. Luščina je zelo gladka, svetla, lepega videza. Jedrca so dobrega okusa, rumenkaste barve (Godec in Jankovič, 2003).

Pri plodovih orehov bomo trdnost lupine ugotavljali po višini ploda in pri tem merili silo in deformacijo lupine do točke porušitve lupine oreha. Na osnovi velikosti deformacije in uporabljene sile bomo izračunali delo, potrebno za porušitev lupine oreha.

Ugotavljali bomo tudi, kako dimenzija oreha, vlažnost lupine oreha, in leto pridelka vplivajo na silo deformacije in deformacijo lupine oreha in ali med vsemi spremenljivkami obstaja kaka povezava.

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Sila, potrebna za deformacijo plodu oreha, je v veliki meri odvisna od vsebnosti vlage v lupini. Frekvenca porazdelitve sile in deformacije za povprečno dimenzijo plodu oreha je v okviru trenda normalne porazdelitve.

Raziskava bo poskušala določiti najbolj primerno vlago lupine plodu oreha pri luščenju za čimboljši izplen celih jedrc in poiskati usmeritev tehnologije luščenja plodov orehov glede na nadaljnje sušenje jedrc orehov.

Z raziskovalno nalogo pričakujemo odgovore na naslednja vprašanja:

- kolikšna je najbolj primerna vlažnost za luščenje, saj se pri nepravilni vlažnosti poveča možnost drobljenja jedrc, kar zmanjša izplen jedrc,
- kakšna je teoretična možnost uporabe mehaničnih naprav pri trenju orehov,
- katere so ustrezne tehnološke usmeritve pri nadaljnjem delu s plodovi orehov, kot je sušenje.

1.3 NAMEN DELA

V raziskavi želimo preučiti vpliv fizikalnih lastnosti plodu oreha, kot sta vsebnost vlage, dimenzija plodu oreha, na silo deformacije in deformacijo lupine plodu oreha pri trenju. V sklopu raziskave bomo ocenjevali tri sorte orehov: 'Elit', 'G-139' in 'Franquette'. Od morfoloških lastnosti orehov bomo na slučajno izbranih vzorcih merili velikost ploda po višini (v), širini (š) in debelini (d), maso ter vlažnost lupine. Pri plodovih orehov bomo ugotavljali trdnost lupine s stiskalno napravo Zwick / Roell po višini ploda. Pri tem bomo merili silo, ki je potrebna, da se lupina oreha zdrobi, in deformacijo lupine pri najvišji sili.

2 PREGLED OBJAV

Glede pomena fizikalnih lastnosti plodu oreha na tehnološko obdelavo, kot sta sušenje in luščenje, je bilo do sedaj opravljenih nekaj raziskav, predvsem v državah, kjer je pridelava orehov velika, kot sta Turčija in Iran.

Nekaj raziskav je bilo narejenih leta 2002 na področju orehov v Turčiji. Pri primerjavi rezultatov je bilo ugotovljeno, da se sila, potrebna za trenje (lom luščine), linearno povečuje s povečevanjem debeline lupine. Rezultati poskusov so pokazali, da pri merjenju v smeri višine, orehi s tanko lupino potrebujejo več časa, da se strejo, zato ker so bolj elastični in se bolj deformirajo. Pri merjenju sile in energije v smeri širine in debeline pa je bilo ugotovljeno, da sila in energija linearno naraščata s povečevanjem debeline lupine. Pri povečevanju debeline lupine se zmanjša kakovost izluščenih jedrc. Kakovost le-teh pa se poveča s povečanjem premera oreha (Koyuncu in sod., 2004).

Ghatrehsamani in Zomorodian (2012) ugotavljata, da imajo lahko sveži orehi tudi več kot 40 % vlage. Zaradi obstojnosti in tudi zato, da jedrca ohranijo vsebnost olja, je potrebno vlažnost oreha znižati na 4 - 8 %. V kolikor vremenske razmere niso ugodne, se lahko med sušenjem orehov na zraku, na njih razvije plesen. Sušenje orehov na zraku med drugim zahteva tudi veliko prostora in tudi dela. Zaradi teh razlogov so razvili posredni solarni sušilnik orehov.

Pri uporabi posrednega solarnega sušilnika orehov sta Ghatrehsamani in Zomorodian (2012) ugotovila, da je ta bolj primeren pri pridobivanju visokokakovostnega pridelka jedrc orehov, v primerjavi z zračnim sušenjem orehov na soncu.

Altuntas in Erkol (2010) sta ugotavljala odvisnost fizikalnih lastnosti celih orehov in jedrc od vsebnosti vlage. Vsebnost vlage v vzorcih orehov so izmerili po postopku 24 urnega sušenja v pečici pri 105 ± 1 °C. Ciljno vsebnost vlage v plodovih so dosegli tako, da so orehe v vodi namakali 3 oziroma 12 ur, nato pa so vzorce nepredušno zaprli in jih hranili v zamrzovalniku pri -10 °C. 24 ur pred izvedbo poskusa so vzorce vzeli iz zamrzovalnika in jih hranili na sobni temperaturi, da se je vlažnost enakomerno porazdelila po vseh plodovih v vzorcu. Vlažnost vzorca je pri celih orehih znašala med 11,46 in 23,16 %, pri jedrcih pa med 4,93 in 34,25 %. Višina orehov v vzorcu je znašala med 42,79 mm in 45,46 mm. Razlike v višini orehov in v debelini lupine, pri različnih vlažnostih niso bile statistično značilne. Ugotovljen pa je bil statistično značilen vpliv ($P < 0,05$) vsebnosti vlage na povečanje volumna tako celega oreha, kot tudi samo jedrca. In sicer večja vsebnost vlage pomeni večji volumen.

Sharifian in Haddad Derafshi (2008) sta ugotavljala mehanske lastnosti oreha pri trenju lupine. Ugotovila sta, da je v primerjavi z ostalimi smerni, za trenje lupine oreha v smeri višine plodu, potrebna največja sila, absorbirana energija in moč. Ugotovila sta tudi, da se do določene stopnje vlažnosti med trenjem povečuje tudi deformacija lupine. Od določene vlažnosti lupine, pa se deformacija lupine med trenjem ne povečuje več. Ugotovila sta tudi, da vsebnosti vlage v lupini oreha statistično značilno vpliva na silo deformacije, specifično deformacijo, absorbirano energijo in moč, potrebno za porušitev lupine oreha. Ta vpliv ni bil statistično značilen le pri vlažnostih lupine oreha večji od 21 %.

Ercisli in sod. (2011) so preverjali fizikalne lastnosti dveh sort orehov, ki sta tipični za Turčijo. Za merjenje sile deformacije so uporabili napravo, ki je bila sestavljena iz merilne celice za silo na zgornji stacionarni plošči, ter spodnje premične plošče. Posamezen oreh so namestili med obe plošči. Pri pomikanju spodnje plošče proti zgornji, so na računalniku beležili silo in pomik preko sistema DAS. Hitrost pomika plošč je znašala $0,027 \text{ mm s}^{-1}$. Vsako meritev so ponovili 20 krat. Za izračun absorbirane energije so uporabili podatek o maksimalni sili deformacije in deformaciji lupine pri tej sili. Povprečna dimenzija oreha po višini je za eno sorto znašala $32,98 \pm 1,41 \text{ mm}$ in $35,58 \pm 1,11 \text{ mm}$ za drugo sorto.

Ghafari in sod. (2011) so izdelali napravo za trenje orehov. Pri projektiranju naprave za trenje orehov pa so imeli v mislih naslednje cilje:

- cena izdelave naprave,
- zahtevana moč pogonskega sklopa naprave,
- nivo zahtevnosti uporabe naprave.

Ugotovili so tudi, da imajo vse tri sorte orehov, vključene v poskusu, dimenzijo med 35 in 40 mm. Te podatke so nato upoštevali pri projektiranju drobilne enote.

Prototip naprave za trenje orehov, ki so ga izdelali Ghafari in sod. (2011), je bil sestavljen iz stojala, nasipne odprtine z možnostjo regulacije pretoka orehov v napravo, drobilne enote, posode za zbiranje zdobljenih orehov in pogonske enote. Najboljši izplen nepoškodovanih jedrc je bil, pri hitrosti vrtenja drobilne enote, 50 obr. min^{-1} . S povečevanjem vsebnosti vlage v plodovih orehov, se je število celih jedrc zmanjšalo, povečalo pa se je število prepolovljenih jedrc. Najboljši izplen celih jedrc pri drobljenju s to napravo je znašal $66,66 \%$, zmogljivost te naprave pa je okrog $25,2 \text{ kg h}^{-1}$.

Sharifian in sod. (2008) so prav tako projektirali napravo za trenje plodov orehov. Kot ostale raziskave, so tudi tu ugotovili, da smer delovanja sile na plod oreha ne vpliva na samo deformacijo, kjer pride do porušitve lupine oreha. Prav tako dimenzija plodu oreha ne vpliva na silo deformacije, ki je potrebna da lupino oreha stremo. Ker pa je študija zajemala samo projektiranje naprave, in sama naprava ni bila izdelana in preizkušena, je nemogoče oceniti uspešnost delovanja te naprave za trenje orehov.

Hassan-Beygi in sod. (2009) so preverjali značilnosti sušenja oreha. Sušenje je najpogostejši način obravnavanja plodov orehov po pravilu. Sušenje stabilizira maso pridelka in preprečuje kvarjenje in slabšanje kvalitete jedrc orehov. Na ta način se podaljšuje tudi čas skladiščenja. Pri razvoju novih metod sušenja orehov je možno uporabiti tudi simulacijske modele, ki lahko doprinesejo k zmanjšanju porabe energije in optimizirajo sam proces sušenja orehov. Pomembni dejavniki pri sušenju orehov predstavljata temperatura zraka in hitrost pretoka zraka. Višja kot sta temperatura in hitrost zraka, krajši je čas sušenja.

Med drugim je Aydin (2002) ugotavljal fizikalne lastnosti lešnikov. Ugotovil je, da je poroznost jedrc lešnikov odvisna od gostote jedrca. S povečevanjem vlage od $2,87$ do $19,89 \%$ se poroznost jedrc lešnikov rahlo poveča, prav tako se s povečevanjem vlage od $2,77 \%$ do $19,98 \%$ poveča poroznost jedrca. S povečevanjem vlage jedrca lešnikov se toplotna prepustnost povečuje linearno.

Sila deformacije za trenje plodov orehov je v veliki meri odvisna od vsebnosti vlage v lupini plodu oreha. Pri nižji vlagi je pri vseh treh smereh merjenja potrebna večja sila deformacije (Gilberto in sod., 1999).

Bernik s sod. (2004) navaja, da so si proučevane sorte orehov 'G-139', 'Franquette' in 'Parisienne' po vsebnosti suhe snovi zelo izenačeni, so pa plodovi sorte 'Franquette' višji in hkrati ožji ter tanjši od plodov sort 'G-139', absolutno najnižje plodove so izmerili pri sorti 'Parisienne'.

2.1 UPORABA RAZLIČNIH METOD PRI TRENJU OREHOV

Primerjava kvalitete izluščenih jedrc z uporabo različnih metod trenja in velikosti orehov:

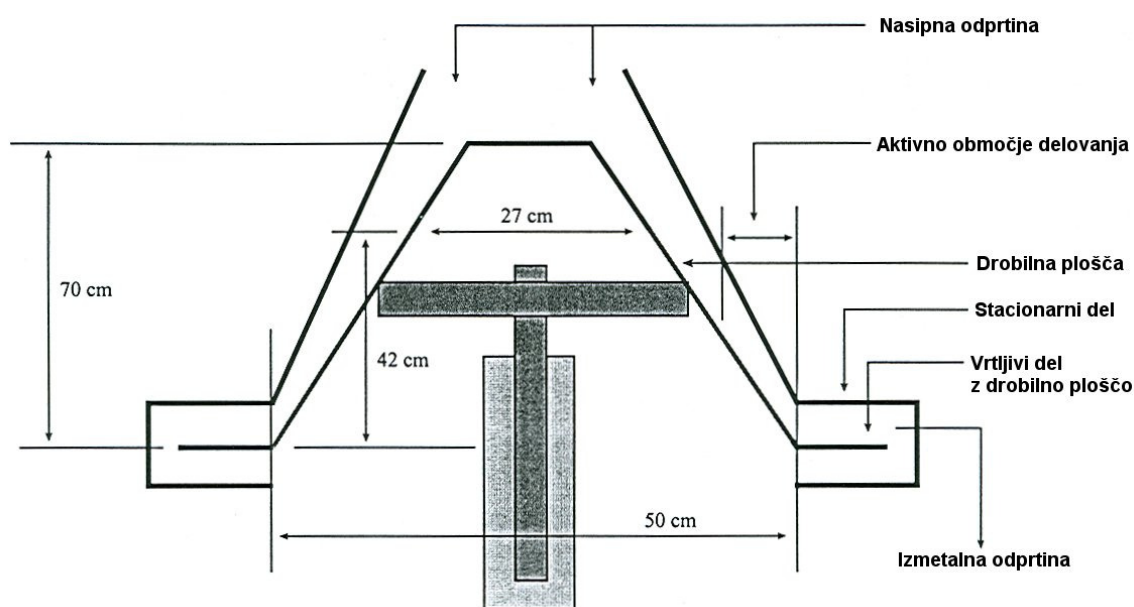
Orehe razvrščamo v različne velikostne skupine z uporabo cilindričnih ali vibracijskih kalibratorjev. Cilindrični kalibratorji so sestavljeni iz vrtečih se cilindrov. Velikost odprtine je najmanjša na vstopu in se povečuje proti izhodu, tako ostanejo večji orehi v cilindru toliko časa, da dosežejo odprtino, skozi katero lahko izstopijo.

Vibracijski kalibratorji delujejo na podobnem principu, a s to razliko, da so orehi razvrščeni po velikosti na podlagi sposobnosti prehoda skozi vibrirajoče sito s standardnimi odprtinami.

Trenje orehov lahko poteka s stožčastim drobilnikom ali kamnitim drobilnikom, ki sta prikazana v slikah 1 in 2.

2.1.1 Stožčasti drobilnik

Stožčasti drobilnik je sestavljen iz dveh stožcev. Spodnji se vrti s hitrostjo 453 obr/min in se nahaja v notranjosti zgornjega, večjega stožca, ki je fiksni (zunanje dimenzije: višina 55 cm, premer na dnu 70 cm). Razmik med stožcema je nastavljiv in se zmanjšuje od vrha proti dnu stožcev. Stožčasti drobilnik je opremljen s ploščami (templates), višine 42 cm, premera na vrhu 27 cm in premera na dnu 50 cm, zato da upočasni premikanje lešnikov skozi drobilnik. Velika plošča ima eliptične izvrtine velikosti 6 mm x 18 mm in se uporablja za trenje lešnikov premera več kot 15 mm, manjša plošča pa ima izvrtine velikosti 4 mm x 20 mm in se uporablja za trenje lešnikov manjšega premera (Özdemir in Özilgen, 1997).

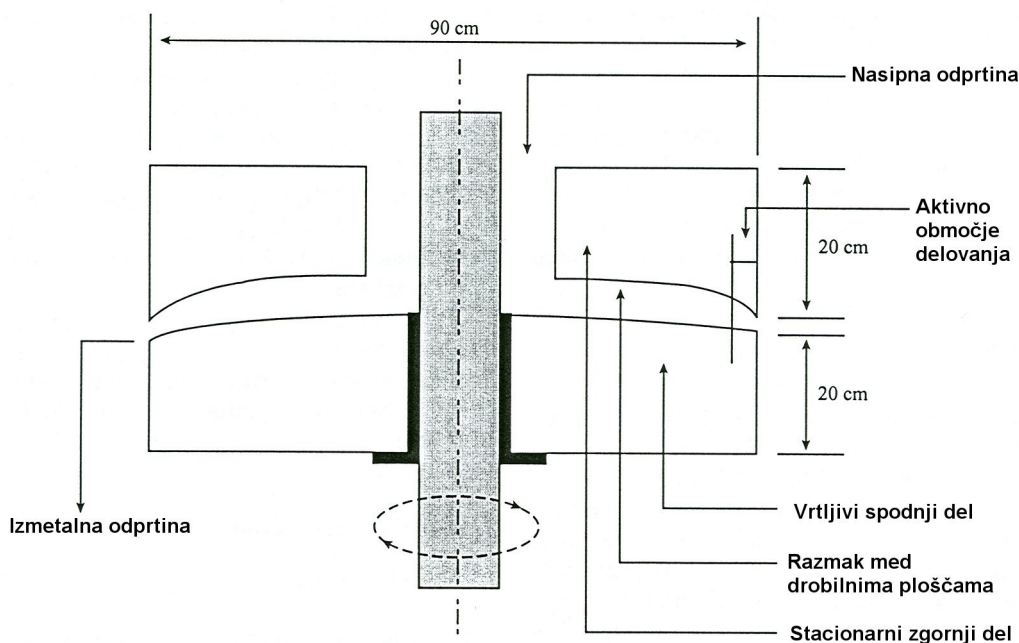


Slika 1: Shematski prikaz stožčastega drobilnika (Özdemir in Özilgen, 1997: 221).

Figure 1: Schematic representation of the cone crusher (Özdemir and Özilgen, 1997: 221).

2.1.2 Kamniti drobilnik

Kamniti drobilnik je sestavljen iz dveh kamnitih plošč, ki sta visoki 20 cm in premera 90 cm. Spodnja plošča je rahlo konveksna in se vrti s hitrostjo 135 obr/min. Zgornja konkavna plošča je stacionarna in ima vdolbino v sredini, globoko 5 cm. Razmik med ploščama je nastavljiv (Özdemir in Özilgen, 1997).



Slika 2: Shematski prikaz kamnitega drobilnika (Özdemir in Özilgen, 1997: 220).

Figure 2: Schematic representation of a stone crusher (Özdemir and Özilgen, 1997: 220).

Lešnik nima enakomerne oblike in je tridimenzionalni objekt s tremi različnimi premeri v vsaki smeri in lahko izstopa iz kalibratorja pri sortiranju skozi različne odprtine. Pogoj za to je, da je površina najmanjšega preseka manjša od odprtine na kalibratorju (Özdemir in Özilgen, 1997).

Özdemir in Özilgen (1997) sta ugotavljala kvaliteto izluščenega jedrca pri trenju. Za nepoškodovano jedrce sta štela vsako jedrce, ki ima poškodovano površino manjšo od 2 mm in je globina poškodbe manjša kot 1 mm. Podobna pravila sta določila tudi za zlomljena jedrca in jedrca, ki po trenju še vedno ostanejo v lupini. Vsak poskus drobljenja, ki sta ga opravila na turškem inštitutu za znanost in tehnično raziskovanje, je trajal eno uro in je obsegal 20 vzorcev po 1 kg. Iz vsakega vzorca je bilo v nadaljnjo analizo izbranih 100 primerkov, ki so bili vizualno ocenjeni kot poškodovani, nepoškodovani, zlomljeni, v lupini, počeni in nepočeni.

V preglednici 1 so prikazane stopnje kvalitete, v katere razvrščamo jedrca po trenju, kot sta jih določila Özdemir in Özilgen (1997).

Preglednica 1: Stopnje kvalitete jedrc lešnikov po razvrščanju po velikosti in trenju.

Table 1: The quality hazelnut kernels after classification by size and crushing.

Stopnja kvalitete	Opis kvalitete jedrca
Poškodovano:	Jedrca s poškodbami, večjimi kot 2 mm v premeru in globino, večjo kot 1 mm
Nepoškodovano:	Jedrca brez poškodb ali s poškodbami, manjšimi kot 2 mm v premeru in globino, manjšo kot 1 mm
Zlomljeno:	Jedrca z odlomljenim delom, večjim kot 1/3
V lupini:	Jedrca še v delno odprti lupini (vsaj 16 lupine je odprte)
Počeno:	Lešniki, katerih lupina ima samo majhno razpoko
Nepočeno:	Lešniki, katerih lupina nima nobene razpoke
Skrite poškodbe jedrc:	Na videz nepoškodovana jedrca, vendar imajo zaradi postopka trenja temno, oljnato notranjost jedrca

Uspeh kombinacije kalibrator / drobilnik je v veliki meri odvisen od premera lešnikov. Kamniti drobilnik da večji odstotek nepoškodovanih jedrc kot stožčasti drobilnik pri lešnikih, če je premer večji kot 16 mm. Odstotek nepoškodovanih jedrc je pri kamnitem drobilniku 80,25 %, pri stožčastem pa je ta odstotek v območju od 26,05 do 54,9 %, odvisno od uporabljene kombinacije (kalibrator, velikost drobilne plošče).

Okrog 40 % nepoškodovanih jedrc ima skrite poškodbe. Te poškodbe bi bilo mogoče zmanjšati z drugačnimi nastavitvami drobilnika. Pri tem bi mogoče pomagala nižja drobilna plošča pri stožčastem drobilniku, ki bi skrajšala pot potovanja lešnikov skozi cono drobljenja (Özdemir in Özilgen, 1997).

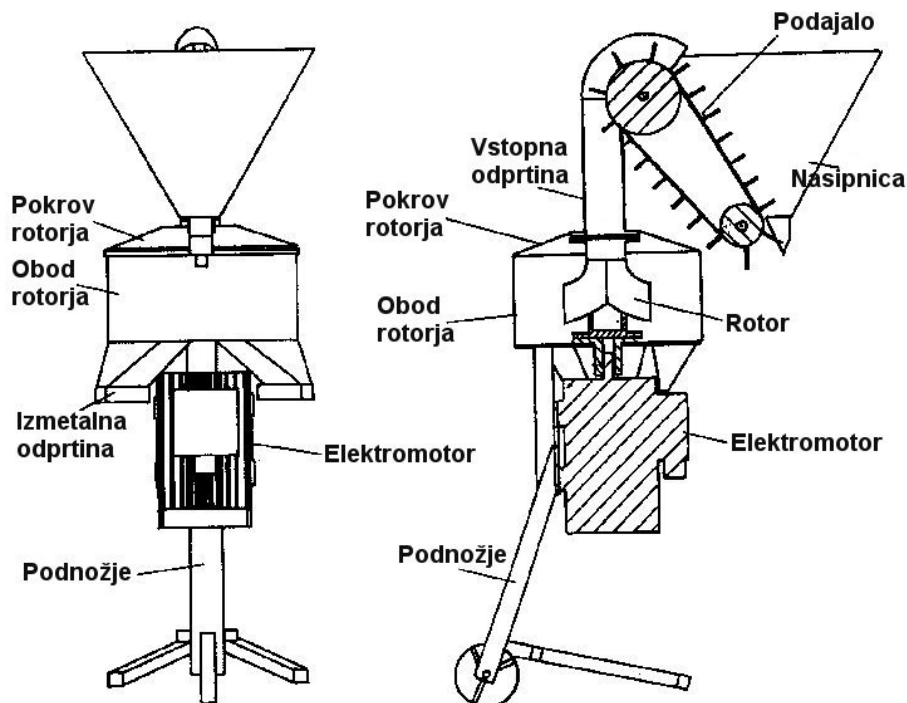
2.1.3 Centrifugalni drobilnik orehov

Leta 2000 je na Biotehniški fakulteti prof. dr. Rajko Bernik, takratni predstojnik Katedre za kmetijsko mehanizacijo, prijavil patent centrifugalnega drobilnika orehov in lešnikov. Drobilnik deluje na principu centrifugalne sile, ki jo preko rotorja ustvari elektromotor. Rotor je sestavljen iz valja, ki ima na zgornji strani odprtino za vstop orehov ali lešnikov, na spodnji strani pa se valj razcepi na dva dela in se razširi v smeri od osi vrtenja. Oreh ali lešnik vstopi v rotor na zgornji strani in zaradi centrifugalne sile z veliko hitrostjo izstopi na spodnji strani ter zadene ob obod rotorja. Za boljši učinek drobljenja so na obod rotorja pritrjeni kotniki.

Za potrebe opravljanja preizkusov je elektromotor na drobilniku opremljen s frekvenčnim regulatorjem, s katerim lahko uravnavamo hitrost vrtenja rotorja.

Pri poskusu, ki je bil opravljen v letu 2003, so bili uporabljeni orehi sort 'G-139', domači oreh in 'Franquette'. Orehi so imeli vlažnost lupine okrog 27 % (navlaženi orehi) in 12,2 % (suhi orehi). Za trenje so na rotorju uporabljali manjšo izmetalno odprtino. Vrtilna frekvenca rotorja je bila 1740 min⁻¹. Pokazalo se je, da se pri trenju suhih orehov bolj poškodujejo jedrca, kot pri navlaženih orehih. Pri navlaženih orehih je bilo od vseh orehov, nepoškodovanih polovic 33,6 %, delno poškodovanih (četrtine) 62,4 %, ostankov (drobci), pa je bilo 4 %. Pri suhih orehih pa je bilo od vseh orehov (tudi tistih naknadno izluščenih,

razen celih orehov, ki niso bili počeni), nepoškodovanih polovic 12,4 %, delno poškodovanih (četrtine) 62,4 %, ostankov (drobci) pa je bilo 25,2 %.



Slika 3: Shematski prikaz centrifugalnega drobilnika (Bernik, 2000).
Figure 3: Schematic representation of the centrifugal crusher (Bernik, 2000).

2.2 DROBILNE LASTNOSTI OREHA (*Juglans regia* L.)

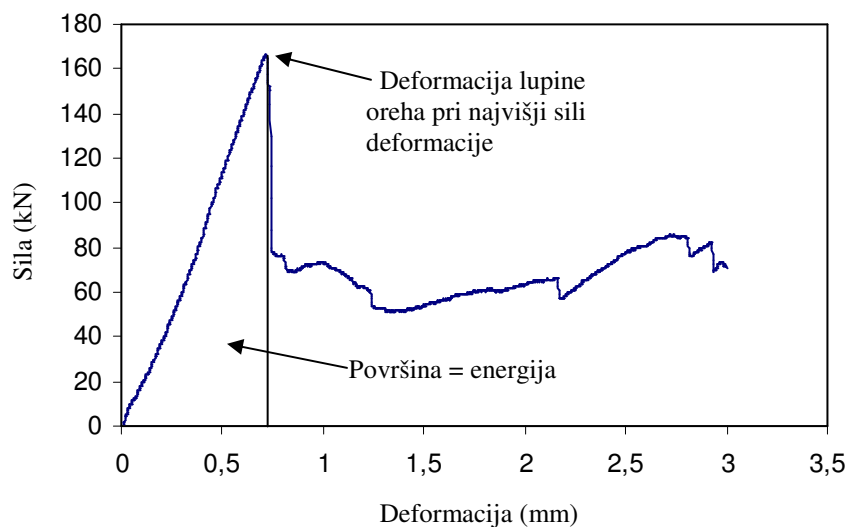
Sušenje orehov navadno poteka v napravi za zračno sušenje na temperaturi 30 ± 1 °C in relativni vlagi 50 %. Končna relativna vlaga lupine orehov je 10,5 %. Vlažnost orehov je izmerjena (vzorec 10 orehov) po postopku dodatnega sušenja na 105 ± 1 °C za 24 ur.

Koyuncu in sod., (2004) so pri merjenju sile, potrebne za trenje orehov, uporabljali standardno napravo. Orehi so bili obremenjeni s 30 % maksimalne sile, ki je bila določena v predhodnih študijah.

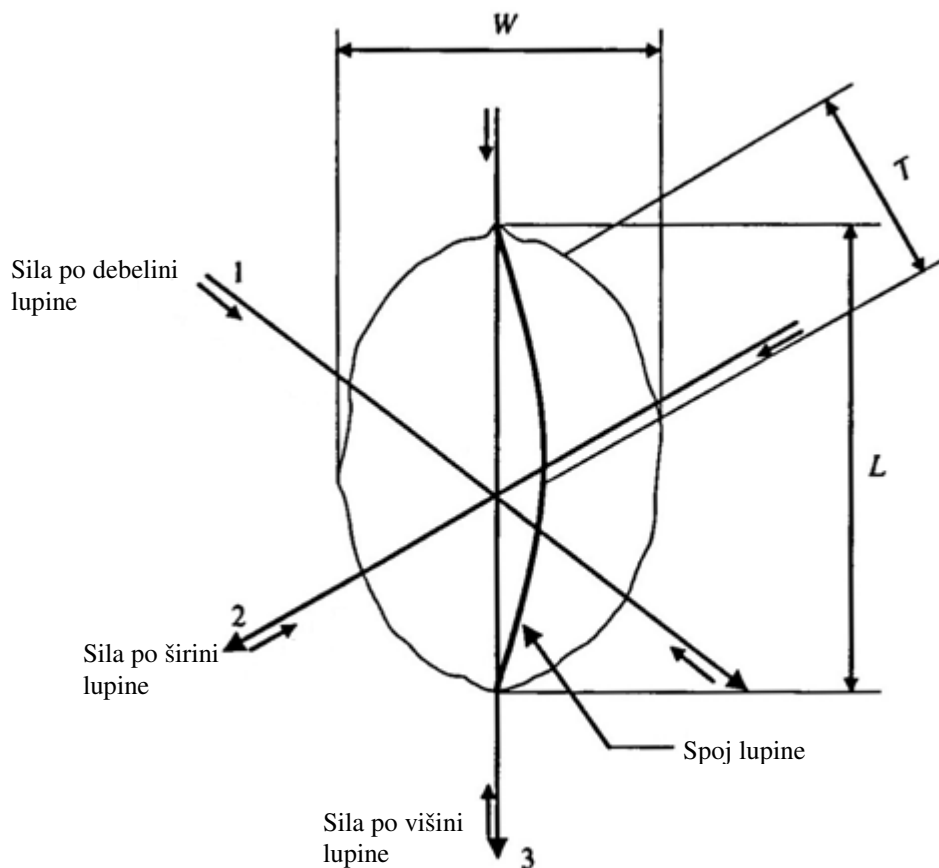
Slika 4 prikazuje tipično krivuljo sile in deformacije pri merjenih orehih. Kot primer smo vzeli meritev enega oreha sorte 'Elit'. Energija, potrebna za trenje, je določena neposredno iz diagrama, z merjenjem površine pod krivuljo sile in deformacije. Specifična deformacija (ϵ) je izračunana po enačbi (Koyuncu in sod., 2004).

$$\epsilon = \frac{l - l_f}{l} \quad \dots (1)$$

Kjer je l dimenzija nedeformiranega oreha v mm in l_f dimenzija deformiranega oreha v mm v smeri merjenja sile.



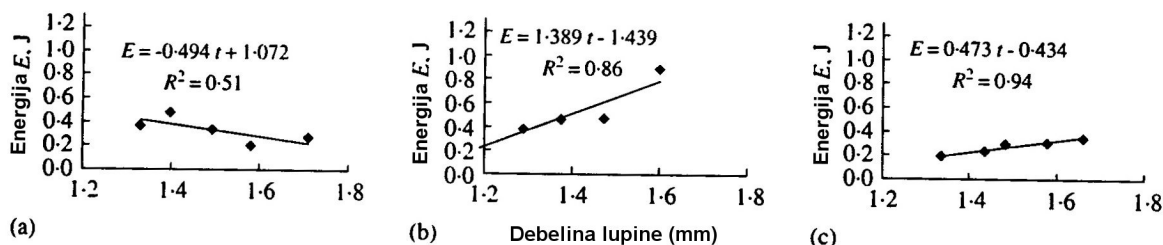
Slika 4: Prikaz sile in deformacije na orehovi lupini.
Figure 4: Illustration of forces and deformations in a nutshell.



Slika 5: Oreh z določenimi osmi za teste trenja (osi določajo smer delovanja sile) L – višina, T – debelina, W – širina (Koyuncu in sod., 2004: 307).
Figure 5: Walnut with fixed axes for tests of crashing (axis determined by the direction of force) L - height, T - thickness, W – width (Koyuncu et al., 2004: 307).

Učinek debeline lupine na količino potrebne energije za trenje je predstavljen na sliki 6.

Ugotovljeno je bilo, da energija linearno pada s povečanjem debeline lupine, pri merjenju v smeri višine. Rezultati poskusov so pokazali, da pri merjenju v smeri višine, orehi s tanko lupino potrebujejo več časa, da se strejo, zato ker se bolj deformirajo.



Slika 6: Povprečne vrednosti energije, izmerjene pri merjenju v smereh (a) višine, (b) širine in (c) debeline (Koyuncu in sod., 2004: 308).

Figure 6: Mean values of energy measured in the directions of (a) height (b) width and (c) thickness (Koyuncu et al., 2004: 308).

Pri merjenju sile in energije v smeri širine in debeline pa je bilo ugotovljeno, da sila in energija linearno naraščata s povečevanjem debeline lupine. Pri povečevanju debeline lupine pa se zmanjša kvaliteta izluščenih jedrc, kvaliteta le-teh pa se poveča s povečanjem premera oreha (Koyuncu in sod., 2004).

2.3 FIZIKALNE LASTNOSTI OREHOV (*Juglans regia* L.)

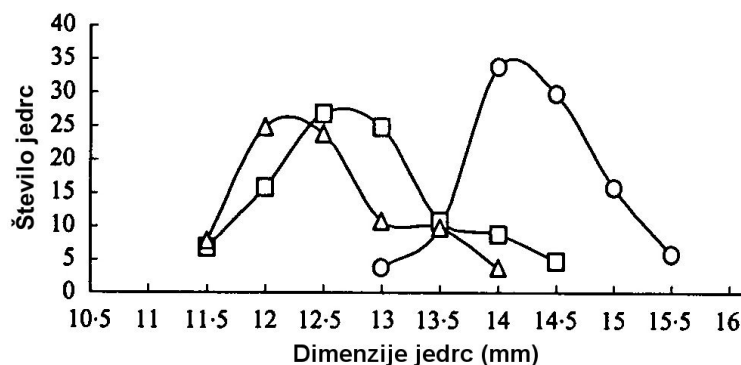
Ercisli in sod. (2011) so preverjali fizikalne lastnosti dveh sort orehov, ki sta tipični za Turčijo. Ugotovili so, da pri obeh sortah orehov, obstajajo statistično značilne razlike pri višini plodov orehov, ne pa tudi pri širini, debelini in masi plodov.

Aydin (2002) je ugotavljal odvisnost dimenzij, mase, volumna, oblike, gostote, poroznosti, trdnosti od vsebnosti vlage lešnikov. Povprečen premer lešnikov je izračunal po sledeči enačbi:

$$D_p = (LWT)^{\frac{1}{3}} \quad \dots (2)$$

Kjer je L višina, W je širina in T je debelina. Masa lešnikov je bila določena s tehtanjem z natančnostjo 0,001 g. Gostota jedrca je definirana kot razmerje med maso vzorca in volumnom. Volumen je bil merjen z metodo izpodrivanja tekočine, pri čemer so uporabili tekočino toluen (C_7H_8) in ne vode, ker se le-ta prehitro vpija. Rezultati so pokazali, da ima okoli 70 % lešnikov višino v območju od 17,89 do 18,17 mm, okrog 80 % lešnikov ima širino od 18,66 do 18,93 mm in prav toliko lešnikov ima debelino od 16,45 do 16,71 mm (Aydin, 2002).

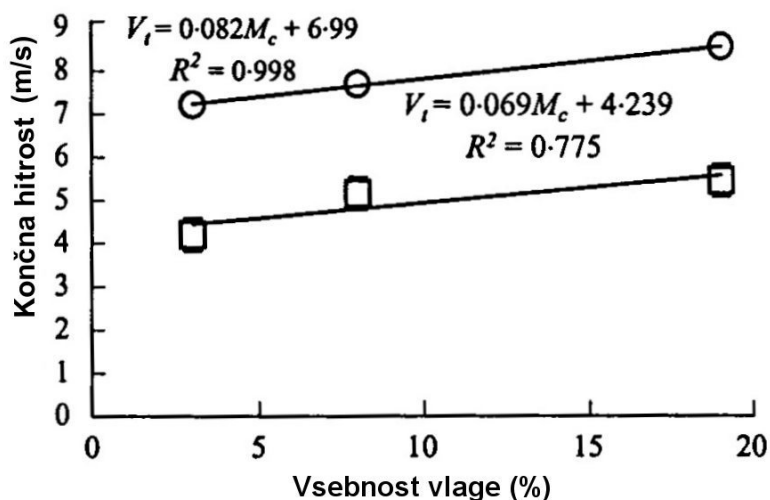
Frekvenca porazdelitve za povprečno dimenzijo kaže trend normalne porazdelitve. Okrog 70 % jedrc ima višino od 14,20 do 14,42 mm, okrog 80 % jedrc pa ima širino od 13,28 do 13,38, debelino pa od 12,55 do 12,80 mm.



Slika 7: Frekvenca porazdelitve velikosti jedrca: O višina, debelina, ▽ širina (Aydin, 2002: 300).
 Figure 7: Frequency distribution of kernel size: O height, thickness, ▽ width (Aydin, 2002: 300).

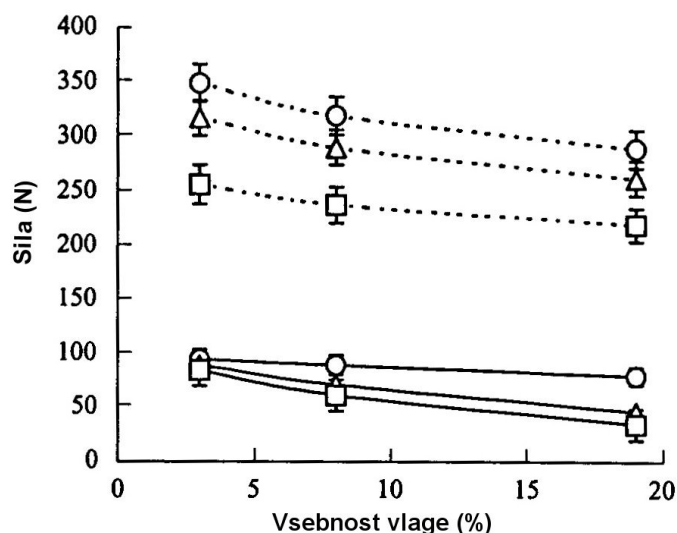
Poroznost lešnikov je odvisna od gostote jedrca. S povečevanjem vlage od 2,87 % do 19,89 % se je poroznost lešnikov rahlo povečevala, prav tako se je s povečevanjem vlage od 2,77 % do 19,98 % povečevala poroznost jedrca.

Končna hitrost prepustnosti vlage v lupini lešnikov pri različni vlažnosti je prikazana na sliki 8. S povečevanjem vlage lešnikov se je končna hitrost povečevala linearno.



Slika 8: Vpliv vlage v lešnikih na končno hitrost prepustnosti vlage v lupini lešnika (V_t): O jedrce, lešnik, M_c vsebnost vlage, R^2 koeficient determinacije (Aydin, 2002: 301).
 Figure 8: Effect of moisture in the hazelnuts to a final moisture permeation rate in the shell of a hazelnut (V_t): O kernel, hazelnut, M_c moisture, R^2 coefficient of determination (Aydin, 2002: 301).

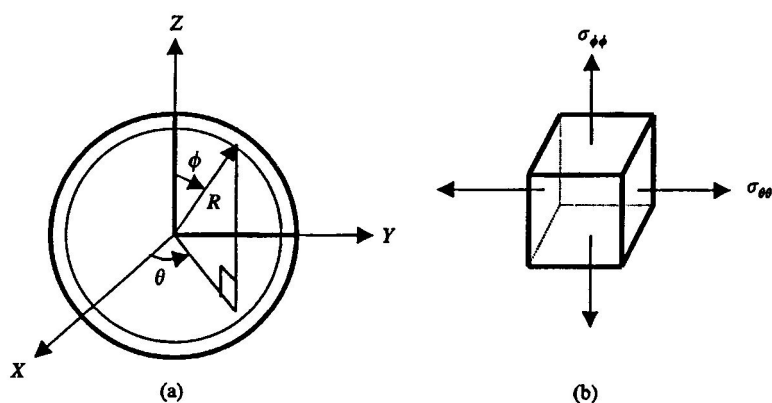
Aydin (2002) ugotavlja, da je sila, potrebna za deformacijo lupine (lom), v veliki meri odvisna od vsebnosti vlage. Pri nižji vlagi je pri vseh treh smereh merjenja potrebna večja sila za deformacijo lupine (lom).



Slika 9: Vpliv količine vlage na silo, potrebno za deformacijo (lom) lešnikov in jedrc: ___ jedrce, ---- lešnik, O Z os, ∇ Y os, □ X os (Aydin, 2002: 301).

Figure 9: Impact of the quantity of moisture on the force necessary for deformation (breaking) of nuts and kernels: ___ kernel, ---- hazelnut, O Z axis ∇ Y axis □ X axis (Aydin, 2002: 301).

Slika 10 prikazuje pritisne točke (pole) pri drobljenju in maksimalni horizontalni obseg, ki se imenuje ekvator. Klasična teorija o lupini predvideva, da je ekvatorialni stres in stres, pravokoten na ekvatorialni stres, seštevek stresa membrane, ki je enakomeren skozi celotno steno lupine in stresa upogiba, ki je linearen skozi presek lupine (Liu in sod., 1999).



Slika 10: Shematski prikaz lupine v koordinatnem sistemu: (a) lupina s koordinatami XYZ, preoblikovane v sferične koordinate: R radij lupine, ϕ kot v smeri od jedra proti robu, θ kot v smeri ekvatorja, (b) element s prikazom ekvatorialnega stresa $\sigma_{\theta\theta}$ in pravokotnega stresa $\sigma_{\phi\phi}$ (Liu in sod., 1999: 245).

Figure 10: Schematic representation of the shell in the coordinate system: (a) shell with coordinates XYZ transformed into spherical coordinates: R is the radius of the shell, ϕ angle in the direction from the core to the edge, θ angle in the direction of the equator, (b), element showing the equatorial stress $\sigma_{\theta\theta}$ and rectangular stress $\sigma_{\phi\phi}$ (Liu et al., 1999: 245).

2.4 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA ČVRSTOST IN DEBELINO LUPINE OREHA

2.4.1 Rast in razvoj plodu

Zrel plod oreha sestoji iz lupine (luščine), lupinice (ovoj okrog jedra) in užitnega dela jedrca. Izraz plod se nanaša na lupinico in jedrce. Plod se razvije iz ženskega cveta. Lupina nastane iz kosmatega ovoja, ki obdaja pestič, oreh se razvije iz oplojene plodnice, medtem ko jedrce nastane iz oplojenega jajčeca. Semenska zasnova se sestoji iz dveh delov: rjave opne, ki predstavlja semenski ovoj, in embria. Prav tako je embrio sestavljen iz dveh delov, dveh velikih mesnatih listov (kotiledonov - kličnih listov) in kratkih poganjkov. Lupina v debelino meri od 3 do 5 mm in je sortno značilna. Prav tako je sortno značilna oblika plodov in razbrazdanost luščine. Luščina je sestavljena iz dveh simetričnih polovic, ki sta zrasli s šivom. Iz dveh polovic je sestavljeno tudi jedrce, ki ju loči tanka olesenela pregrada, ki se zlahka zlomi. Olesenela pregrada je bolj razvita pri dnu kot pri vrhu jedrca (Ocepek, 1995).

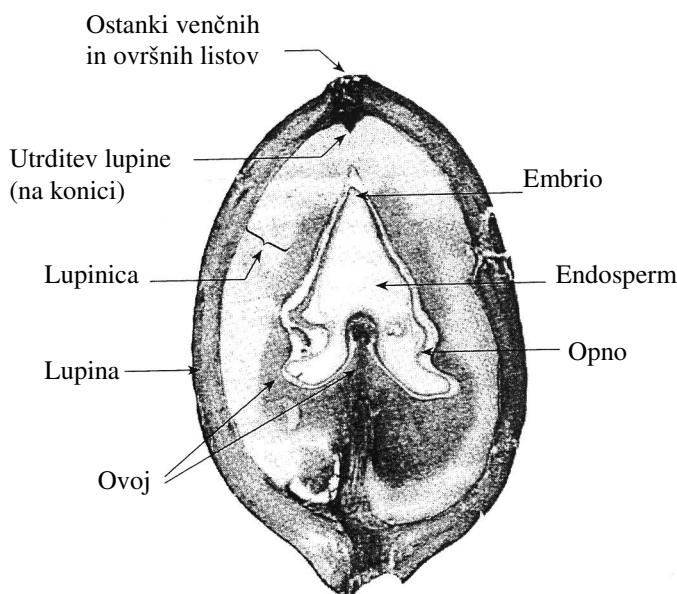
2.4.1.1 Razvoj plodu

Razvoj plodu se začne z oprašitvijo in oploditvijo ženskega cveta. Plod začne rasti, ko pelod vzklije na brazdi pestiča. Pravzaprav v začetni fazi rasti plodu ni potrebno, da je ženski cvet oplojen, saj se v prvih dveh do treh tednih tako oprašeni kot neoprašeni ženski cvetovi razvijajo enako. Šele po treh tednih nastanejo razlike, saj se uspešno oprašeni in oplojeni ženski cvetovi razvijajo naprej, neoprašeni pa odpadejo (Ocepek, 1995).

Prvih nekaj tednov po cvetenju se v normalno razvijajočem plodu pojavijo nekatere spremembe. Glavna in najbolj opazna sprememba je hitro povečevanje plodu in mase oreha. Po sedmih do osmih tednih po oprahitvi se rast upočasni, in v nekaj tednih plod doseže svojo končno velikost. Zanimivo je, da je embrio v tem času zelo majhen v primerjavi s celotnim plodom. V tem času se ovoj, iz katerega nastane lupina, zelo razširi. Notranjost pestiča izpolnjuje povečana količina endosperma, ki služi kot hrana embriju pri rasti (polnjenju prekatov). Veliko padavin v juniju pospešuje rast, povečuje velikost plodu in drugih delov oreha. V juliju oreh oblikuje luščino, ki postopoma otrdi, v avgustu polni jedro in debeli lupino. Pri zgodnjih sortah začne plod zoreti konec septembra, pri ostalih sortah do konca oktobra, ko lupina poka in odstopi od luščine, tako zrel plod izpade iz nje (Ocepek, 1995).

2.4.1.2 Struktura plodu

Na koničastem delu mladega plodu so zgubani ostanki brazde, konice venčnih in ovršnih listov so še vedno vidne. Lupina je pridobila na debelini in trdoti in celice so nakopičile fenone smolnate spojine. Utrjevanje lupine vključuje sklerifikacijo (odlaganje lignina v celične stene, ki obdajajo vsako celico razvijajoče se lupine). Znotraj lupine se prekata napolnita z endospermom (Sancin, 1988).



Slika 11: Presek plodu oreha, pet tednov po oploditvi (Sancin, 1988: 115).

Figure 11: Cross section of a walnut, five weeks after fertilization (Sancin, 1988: 115).

2.4.1.3 Razvoj lupine (prisotnost snovi, ki služijo kot obramba proti insektom)

Laboratorijske raziskave so pokazale, da se lupina (v fazi razvoja plodu) v večji meri sestoji iz maščob, topljivih sladkorjev in proteinov.

Količina olj je v lupini skozi rastno sezono dokaj nizka (manj kot 2 %), kar pa ni presenetljivo, saj se lupina po dozoritvi plodu zavrže in ni potrebno, da bi se v lupini hranila energija za kasnejšo uporabo. Količina proteinov v lupini pa je v maju presenetljivo visoka (15 %), vendar pa v obdobju od sredine junija do konca razvoja naglo vpade na 5 %. Topljivi sladkorji se do julija povečujejo do nekje 2 %, nato pa količina postopno vpada do konca sezone (Sancin, 1988).

Orehova lupina vsebuje tudi veliko različnih fenolov. Ti pa vsebujejo med drugim tudi snovi, ki pustijo madeže na koži, če prijemamo tak oreh, in pa tudi veliko toksičnih spojin, imenovanih "jugloni" (Sancin, 1988).

3 MATERIAL IN METODE DELA

V tej raziskovalni nalogi bomo analizirali meritev sil in deformacij orehov različnih sort pri različnih vsebnostih vlage v lupini plodu oreha. Meritve sile in deformacije so bile opravljene na napravi Zwick / Roell, kot preskušanec pa bodo uporabljeni plodovi oreha iz let 2010 in 2011 in sicer na treh sortah orehov, pridelanih v Sloveniji, ki izvirajo iz Nemčije, Slovenije in Francije: 'G-139', 'Elit' in 'Franquette'. Od vsakega vzorca bomo pridobili tudi podatki o višini, širini, debelini in masi.

Omenjene sorte so bile opredeljene kot glavne sorte v sadnem izboru za Slovenijo v letu 2002, zato smo jih tudi izbrali za poskus.

3.1 MATERIAL

3.1.1 Analizirane sorte

V raziskavo fizikalnih lastnosti plodu oreha (*Juglans regia* L.) smo vključili tri sorte:

- 'Franquette'
- 'Elit'
- 'G-139'

Sorta 'Franquette' izvira z območja Isere v Franciji. Brsti po prvem maju in je srednje bujne rasti, odporna proti pozebi in malo občutljiva za bakterijsko pegavost. Luščina je tanka, čvrsta in lepe svetle barve. Jedrce je zelo svetlo, odličnega okusa in se lahko izlušči (Godec in Jankovič, 2003). Običajno se cepi na domači orehov sejanec in rodi srednje dobro. Plod je podolgovat, koničast, debel, z maso do 12 g. Dobit jedrc je okoli 48 %.



Slika 12: Plod sorte oreha 'Franquette' (KGZS, 2010).

Figure 12: Walnut cultivar 'Franquette' (KGZS, 2010).

Sorta 'Elit' je domača sorta, odporna proti spomladanskim pozebam in srednje občutljiva za pegavost. Plod je ovalne oblike, srednje velik in z maso okoli 10 g. Luščina je svetla in gladka. Jedrce je svetlo rumeno, zelo okusno in se zlahka izlušči (Godec in Jankovič, 2003). Izplen jedrc je 46 %.



Slika 13: Plod sorte oreha 'Elit' (KGZS, 2010).
Figure 13: Walnut cultivar 'Elit' (KGZS, 2010).

Sorta 'G-139' (geisenheimska selekcija št. 139) je srednje občutljiva za spomladansko pozebo, rodi redno in obilno. Plodovi so srednje do veliki, široko ovalne oblike. Luščina je zelo gladka, svetla, lepega videza. Jedrca so dobrega okusa, rumenkaste barve (Godec in Jankovič, 2003). Srednje bujne rasti, zarodi zgodaj in obilno, ne potrebuje opráševalne sorte, odžene in cveti zgodaj. Praviloma je hitrejša in bujnejša rasti od cepljenega oreha.



Slika 14: Plod sorte oreha 'G-139' (KGZS, 2010).
Figure 14: Walnut cultivar 'G-139' (KGZS, 2010).

3.1.2 Čas in lokacija meritev

Orehi, ki so bili uporabljeni pri meritvah, so bili nabrani v okolici Škofje Loke v letu 2010 in 2011.

Orehe, ki so bili izbrani v vzorec, smo najprej označili z zaporedno številko in oznako meritve (npr. 1A). Vsak oreh smo nato s kljunastim merilom izmerili po višini (v), širini (š) in debelini (d). Meritev mase smo opravili za celoten vzorec. Ločeno smo vzeli za vzorec 10 orehov, na podlagi katerih je bila izmerjena relativna vlažnost lupine.

Na Oddelku za lesarstvo, Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, so bili izvedeni preizkusi trdnostnih lastnosti lupine na napravi Zwick / Roell.

Vse meritve so bile opravljene v mesecu oktobru 2010 in oktobru 2011.

3.2 METODE DELA

3.2.1 Vrste meritev in analiz

Merili in analizirali smo tiste fizikalne lastnosti orehov, ki po našem mnenju najbolj vplivajo na to, kolikšna sila je potrebna, da se lupina oreha stre.

Pri izbranih vzorcih orehov smo tako merili:

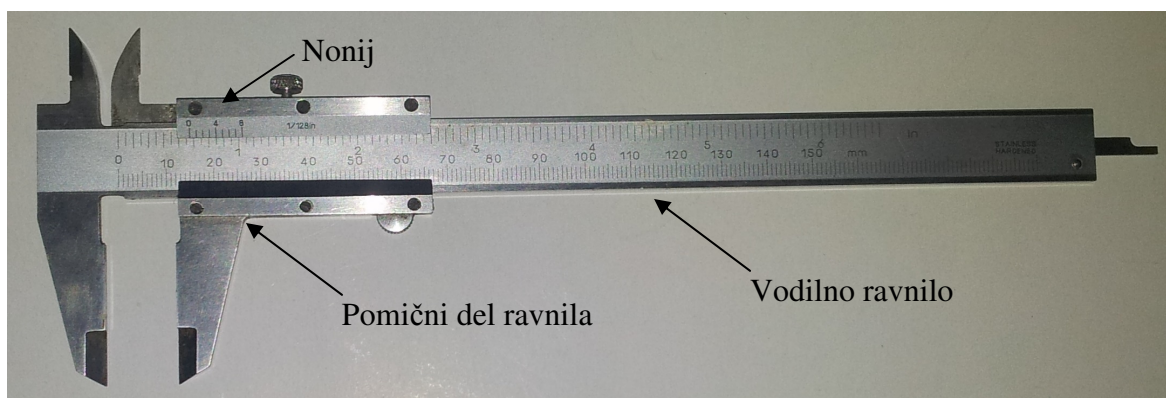
- dimenzijo oreha po višini (v),
- dimenzijo oreha po širini (\check{s}),
- dimenzijo oreha po debelini (d),
- povprečno maso plodu oreha,
- relativno vlažnost lupine,
- maksimalno silo, ki je potrebna, da se oreh stre,
- deformacijo lupine pri maksimalni sili.



Slika 15: Označevanje smeri dimenzije oreha.
Figure 15: Different directions of dimensions in walnut.

3.2.1.1 Merjenje dimenzij plodov orehov

Meritve dimenzij plodu oreha po višini, širini, debelini smo opravili s kljunastim merilom. Kljunasto oziroma pomično merilo je sestavljeno iz vodilnega ravnila z nepomičnim kljunom in pomičnega dela z nonijem. Napake, ki se pojavljajo pri ocenjevanju delcev milimetra, odpravimo z uporabo *nonija* (angl. Vernier, izumil ga je Pierre Vernier leta 1631). Nonij je pomožno merilo, s katerim odčitamo desetino dela skale na kljunastih merilih. Določimo črtico na noniju, ki se pokriva s črtico na merilu.



Slika 16: Kljunasto merilo.

Figure 16: Calliper.

Meritev je bila opravljena tako, da smo vsak oreh iz vzorca vstavili med gibljive čeljusti in odčitali meritev. Dobljene vrednosti smo zapisali v vnaprej pripravljene tabele in tako dobili rezultate dimenzije z relativno napako približno stotino odstotka.



Slika 17: Meritve velikosti plodov po višini, širini in debelini.

Figure 17: Measurements of walnut height, width and thickness.

3.2.1.2 Merjenje mase plodov orehov

Meritve mase plodov oreha smo opravljali s tehtnico, ki je imela natančnost 0,01 g in maksimalno zmožnost tehtanja 1000 g. Meritev smo opravili tako, da smo najprej umerili tehtnico, nato pa smo stehali celoten vzorec in tako dobili povprečno maso enega oreha.

3.2.1.3 Merjenje trdnostnih lastnosti lupine orehov

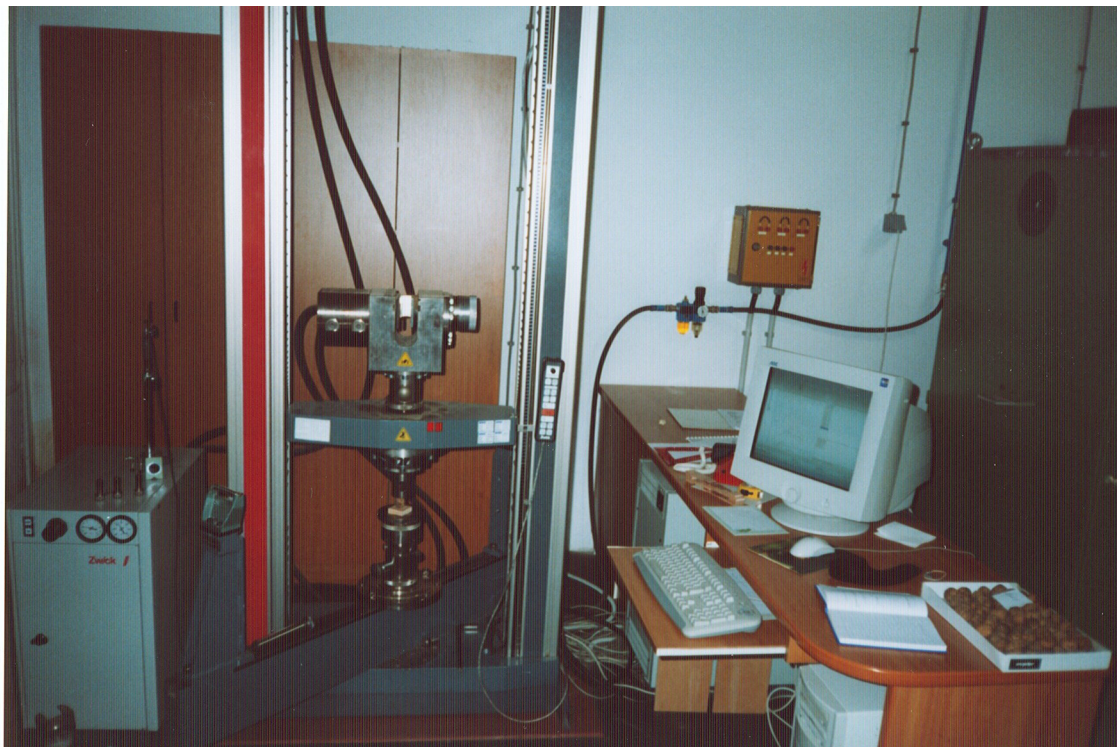
Pri plodovih orehov smo trdnost lupine ugotavljali s stiskalno napravo Zwick / Roell po višini ploda. Pri tem smo merili silo, ki je potrebna, da se lupina oreha zdrobi, in deformacijo lupine tik pred njeno zdrobitvijo.

Vsak plod oreha smo vpeli v čeljust primeža, ki pri stiskalni napravi služi za merjenje sile in pomika. Pred pričetkom meritve smo vedno stiskalno napravo nastavili na enake nastavitve in sicer:

- predobremenitev 10 N
- merjenje deformacije do 3 mm

- hitrost pomika čeljusti 5 mm/min

Nastavitev stroja na predobremenitev 10 N pomeni, da se je pri približevanju čeljusti do oreha, hitrost približevanja upočasnila na 5 mm/min takoj, ko je naprava zaznala 10 N. V tistem trenutku je naprava začela beležiti podatke o sili in pomiku, dokler deformacija ni dosegla 3 mm, potem se je meritev zaključila.



Slika 18: Posebna stiskalna naprava Zwick / Roell.
Figure 18: A special pressing machine Zwick / Roell.

3.2.1.4 Mejenje relativne vlažnosti lupine orehov

Vlažnost vzorca 10 orehov je bila izmerjena po postopku sušenja na 105 ± 1 °C za 24 ur. Izmerjena je bila isti dan, kot so bile opravljene meritve trdnostnih lastnosti lupine. Prva meritev vlažnosti je bila opravljena takoj po obiranju, nato smo vzorce orehov zračno sušili pri sobni temperaturi 21,5 °C, 84 % zračni vlažnosti in zračnem tlaku 1007 mb in ponovili meritev vlažnosti in trdnostnih lastnosti lupine po dveh dneh sušenja in nato še po štirih dneh. Zadnja meritev je bila opravljena na popolnoma suhem orehu, ki je primeren za skladiščenje.

3.2.1.5 Statistične metode

Kot statistično metodo za ugotavljanje odvisnosti deformacije lupine in sile deformacije od ostalih spremenljivk smo uporabili multiplo regresijo. Gre za linearno regresijo, ki preučuje vpliv več neodvisnih spremenljivk na odvisno spremenljivko.

4 REZULTATI IN MERITVE

4.1 MERITVE VELIKOSTI PLODOV

Velikost plodov orehov je bila izmerjena na 464 orehih sorte 'Elit', letnika 2010 in 2011, 128 orehih sorte 'G-139', letnika 2010, ter 180 orehih sorte 'Franquette', letnika 2011. Orehi so bili nabrani v okolici Škofje Loke.

V preglednici 2 smo za vsako sorto in ponovitev meritve izračunali mediano, povprečje in standardno napako za višino, širino, debelino oreha, maksimalno silo, potrebno za trenje lupine oreha in deformacijo lupine oreha pri tej sili.

Mediana predstavlja srednjo vrednost, od katere je polovica vrednosti manjših ali enakih, ter polovica vrednosti enakih ali večjih (Košmelj, 2001).

Iz preglednice 2 je razvidno, da se z nižanjem vlažnosti lupine orehov v povprečju zmanjšuje tudi dimenzija orehov, tako po višini, širini, kot tudi debelini. Pri povprečju maksimalnih sil, potrebnih za trenje lupine oreha, pa opazamo spremenljivost rezultatov, saj sila, z nižanjem vlažnosti lupine orehov, najprej upada, nato pa zopet narašča.

Preglednica 2: Mediana, povprečje in standardni odklon za višino, širino, debelino oreha, maksimalno silo, potrebno za trenje lupine oreha in deformacijo pri tej sili.

Table 2: Median, mean and standard deviation for the walnut height, width and thickness, maximum force required for braking and deformation of walnut shell.

Sorta	Leto	Vlažnost lupine oreha (%)	Statistični parametri	Višina oreha (mm)	Širina oreha (mm)	Debelina oreha (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)		
'Elit'	2010	39,4	Mediana	35,80	29,70	31,18	156,00	1,01		
			Povprečje	35,65	29,74	31,04	167,36	1,41		
			Standardni odklon	2,24	1,40	1,30	70,83	0,89		
		27,0	Mediana	35,10	29,28	30,90	131,00	2,97		
			Povprečje	35,02	29,25	30,65	135,53	2,35		
			Standardni odklon	2,19	2,00	1,82	44,43	0,95		
		20,0	Mediana	34,75	28,95	30,55	128,50	1,32		
			Povprečje	34,79	28,85	30,28	146,69	1,69		
			Standardni odklon	2,23	1,43	1,50	62,85	1,08		
		12,2	Mediana	34,00	28,35	29,90	166,00	2,93		
			Povprečje	33,93	28,45	29,93	175,92	2,32		
			Standardni odklon	2,05	1,31	1,51	80,17	0,95		
'G-139'	2010	55,0	Mediana	36,35	30,00	31,65	110,00	2,44		
			Povprečje	36,51	30,06	31,58	117,38	2,05		
			Standardni odklon	2,16	1,16	1,21	46,93	0,99		
		27,5	Mediana	35,95	30,65	31,15	93,50	2,94		
			Povprečje	36,69	30,95	31,44	100,24	2,52		
			Standardni odklon	2,70	2,10	1,58	34,23	0,84		
		21,1	Mediana	35,85	29,90	31,53	97,00	2,66		
			Povprečje	35,42	29,79	31,19	98,08	2,27		
			Standardni odklon	2,80	1,41	1,57	30,76	0,84		
		13,1	Mediana	33,35	28,20	29,05	139,00	2,59		
			Povprečje	33,78	28,03	29,15	152,16	2,51		
			Standardni odklon	2,01	1,71	1,69	44,38	0,55		
'Elit'	2011	61,7	Mediana	37,45	30,70	33,15	259,45	1,29		
			Povprečje	37,51	31,02	33,11	274,97	1,65		
			Standardni odklon	2,13	2,16	1,59	106,01	0,80		
		26,9	Mediana	36,45	29,65	32,78	222,20	1,17		
			Povprečje	36,53	29,63	32,20	260,70	1,48		
			Standardni odklon	2,46	1,79	1,81	121,19	0,74		
		8,2	Mediana	35,10	28,80	30,53	271,25	2,01		
			Povprečje	35,10	29,18	30,67	287,38	2,03		
			Standardni odklon	1,78	2,25	1,35	107,09	0,85		
		'Franquette'	2011	>80,0	Mediana	43,00	32,20	32,00	195,20	1,78
					Povprečje	43,04	32,26	32,13	215,47	1,83
					Standardni odklon	2,11	1,64	1,48	84,58	0,76
80,0	Mediana			44,95	33,25	33,20	214,30	2,07		
	Povprečje			44,98	33,14	33,09	223,36	2,08		
	Standardni odklon			2,32	1,12	1,25	101,00	0,65		

4.2 MERITVE FIZIKALNIH LASTNOSTI PLODOV

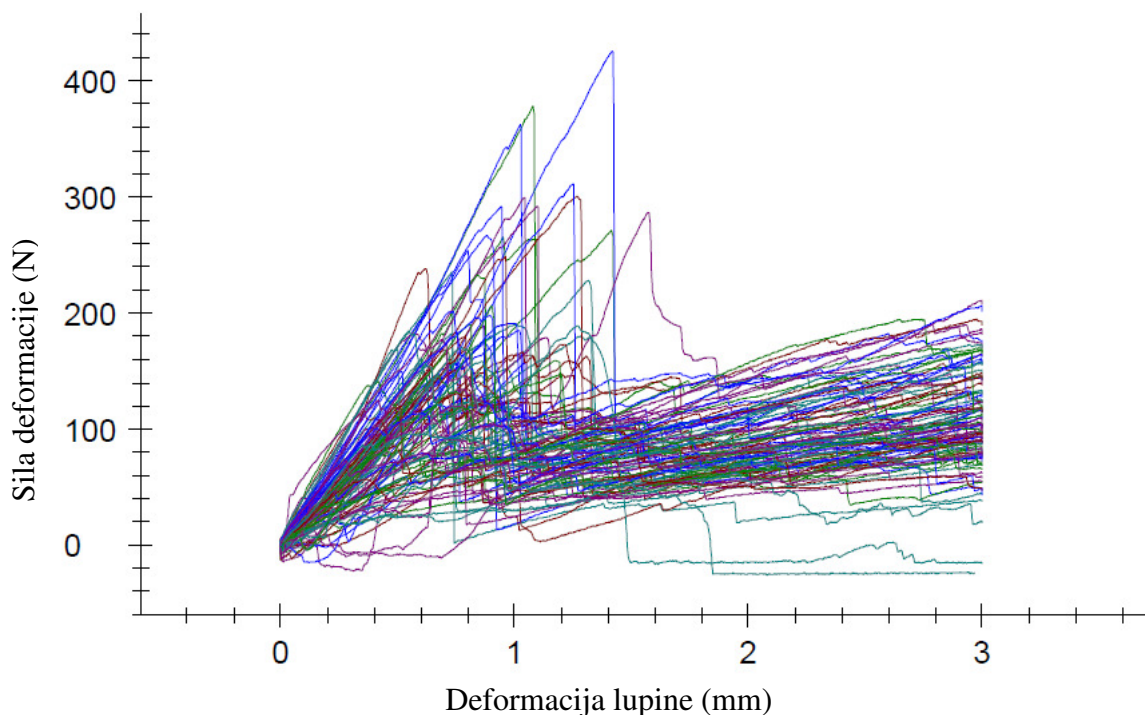
Pri meritvah fizikalnih lastnosti plodov orehov smo za vsako sorto merili silo, ki je delovala v smeri po višini, v odvisnosti od pomika. Iz vrednosti, ki smo jih dobili, smo izračunali delo, ki je bilo potrebno, da lupino oreha stremo. Delo predstavlja ploščino pod krivuljo, ki jo dobimo, če na y os narišemo silo, na x os pa pomik. Za izračun opravljenega dela smo upoštevali tiste podatke o sili deformacije in deformacije lupine, dokler sila deformacije ni dosegla maksimalne vrednosti. Pri posameznih meritvah smo izračunali tudi specifično deformacijo (ϵ) lupine oreha, ki predstavlja razmerje med deformacijo lupine in višino oreha.

Preglednica 3: Potrebno delo za porušitev lupine oreha in specifična deformacija (ϵ) povprečnega oreha posamezne ponovitve meritve.

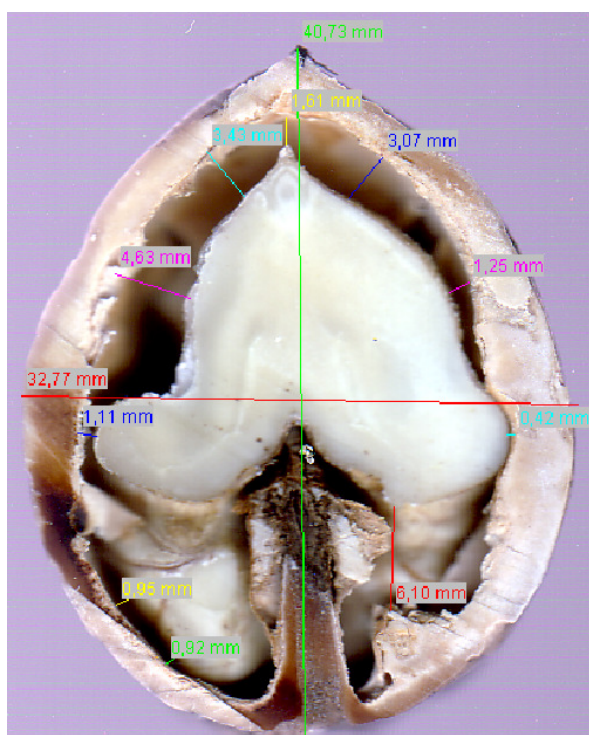
Table 3: The required energy for the destruction of the walnut shell and strain (ϵ) of an average walnut for each repetition measurement.

Sorta	Leto	Vlažnost (%)	Opravljeno delo (J)	Specifična deformacija (ϵ)	Sila deformacije (N)	Višina oreha (mm)	Deformacija lupine oreha (mm)
'Elit'	2010	39,4	0,055828	0,020571	166,0	35,0	0,72
		27,0	0,274104	0,090606	136,0	33,0	2,99
		20,0	0,024686	0,010651	136,0	33,8	0,36
		12,2	0,224242	0,090606	175,0	33,0	2,99
'G-139'		55,0	0,262618	0,085185	118,0	35,1	2,99
		27,5	0,166811	0,081421	99,0	36,6	2,98
		21,1	0,151870	0,071637	98,0	34,2	2,45
		13,1	0,219998	0,070380	155,0	36,8	2,59
'Elit'	2011	61,7	0,106493	0,022016	274,3	37,7	0,83
		26,9	0,127093	0,028659	268,8	32,8	0,94
		8,2	0,196056	0,042659	285,8	36,1	1,54
'Franquette'		>80,0	0,122082	0,027536	216,5	41,4	1,14
		80,0	0,141833	0,029665	225,8	41,8	1,24

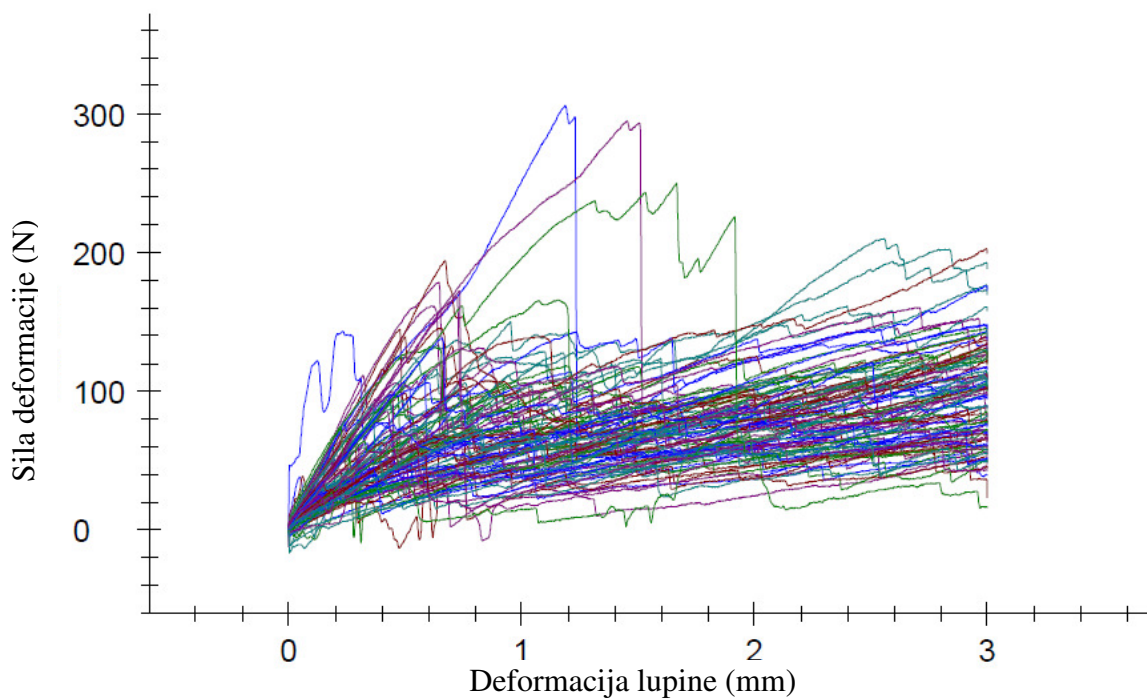
Za izračun dela za porušitev lupine oreha in specifične deformacije smo vzeli orehe, pri katerih je bila maksimalna sila deformacije blizu povprečnih vrednosti, ki smo jih izračunali v preglednici 2.



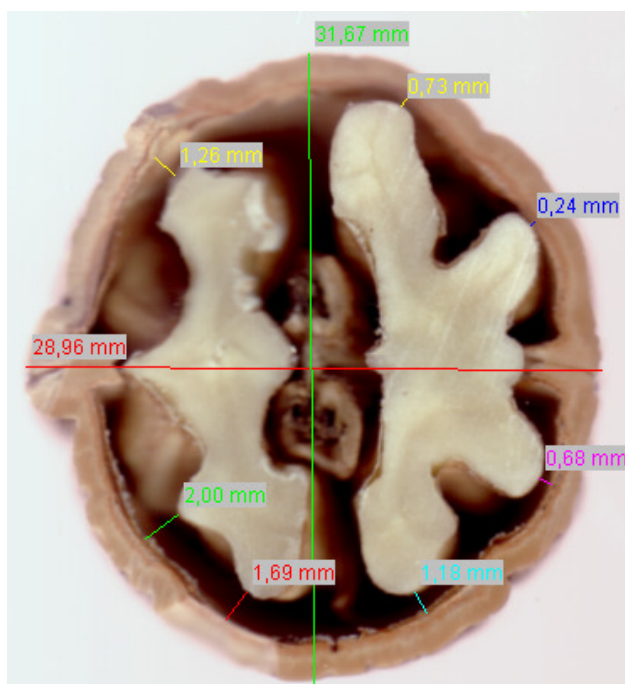
Slika 19: Sila (N) v odvisnosti od pomika orodja (mm) pri orehu sorte 'Elit'.
Figure 19: The force (N) in dependence on the displacement of the tool (mm) for the cultivar 'Elit'.



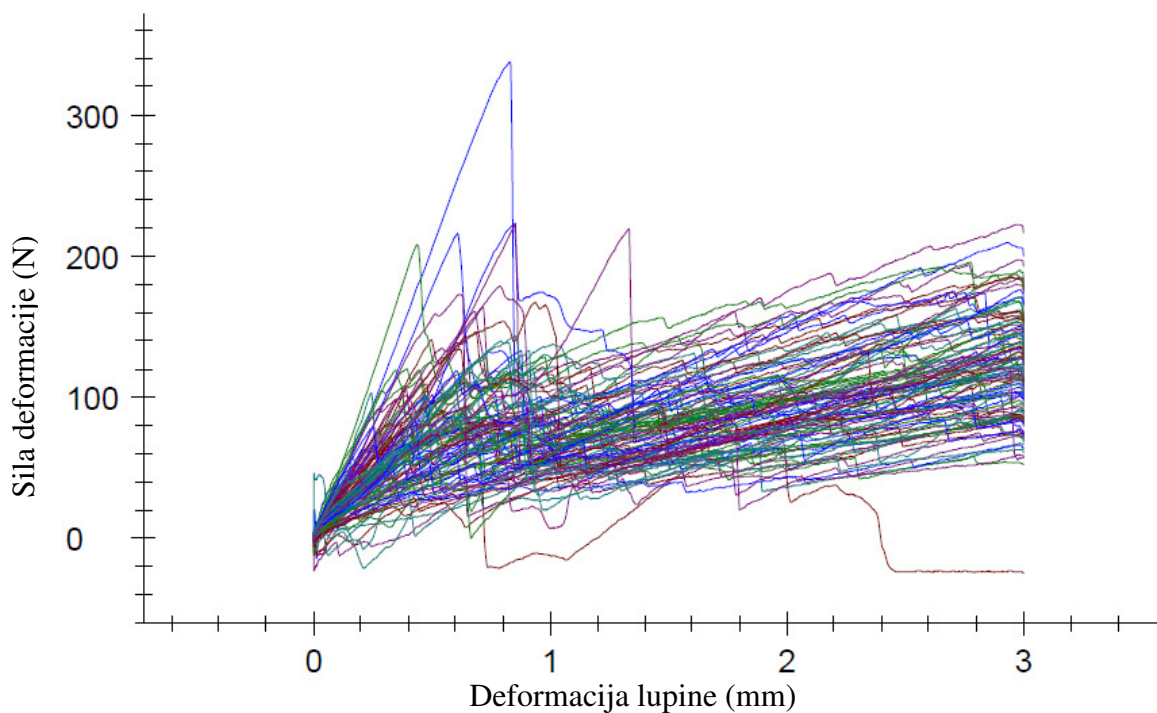
Slika 20: Prerez oreha sorte 'Elit' po višini s posameznimi odmiki jedrca od lupine oreha (foto: R. Bernik, 2011).
Figure 20: Cross-section of a walnut cultivar 'Elit' in height with individual deviations from the shell of a walnut kernels (photo: R. Bernik, 2011).



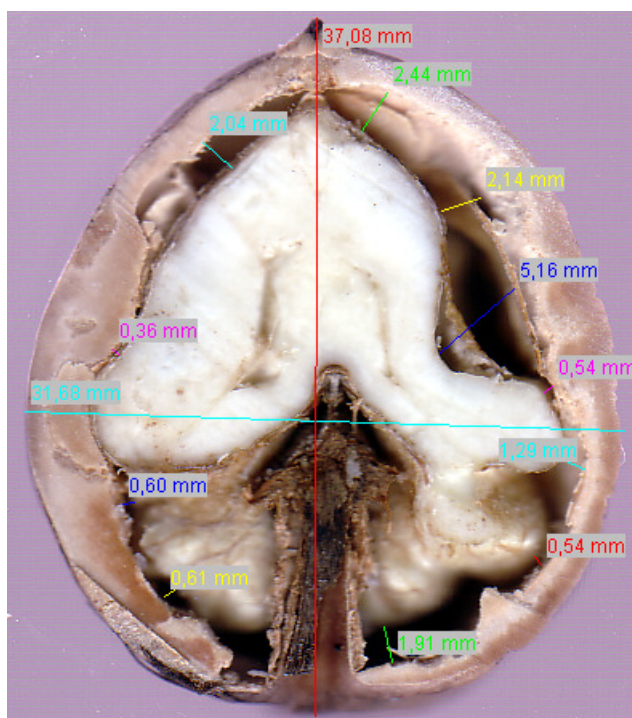
Slika 21: Sila (N) v odvisnosti od pomika orodja (mm) pri orehu sorte 'G-139'.
Figure 21: The force (N) in dependence on the displacement of the tool (mm) for the cultivar 'G-139'.



Slika 22: Prerez oreha sorte 'G-139' po višini s posameznimi odmiki jedrca od lupine oreha (foto: R. Bernik, 2011).
Figure 22: Cross-section of a walnut cultivar 'G-139' in height with individual deviations from the shell of a walnut kernels (photo: R. Bernik, 2011).



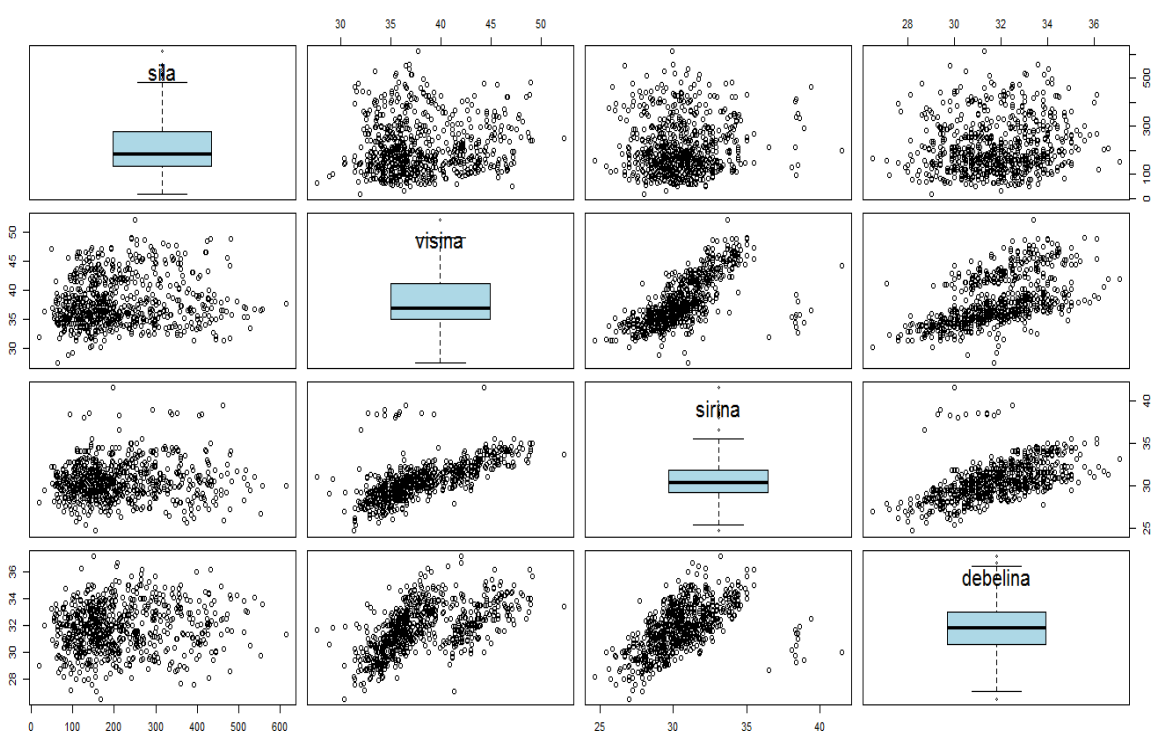
Slika 23: Sila (N) v odvisnosti od pomika orodja (mm) pri orehu sorte 'Franquette'.
Figure 23: The force (N) in dependence on the displacement of the tool (mm) for the cultivar 'Franquette'.



Slika 24: Prerez oreha sorte 'Franquette' po višini s posameznimi odmiki jedrca od lupine oreha (foto: R. Bernik, 2011).
Figure 24: Cross-section of a walnut cultivar 'Franquette' in height with individual deviations from the shell of a walnut kernels (photo: R. Bernik, 2011).

Na slikah 19, 21 in 23 so prikazane posamezne meritve sil deformacije v odvisnosti od pomika orodja za merjenje sile deformacije pri posameznih sortah orehov. Vsaka barva predstavlja meritev sile deformacije in deformacije lupine enega oreha. Iz teh slik je razvidno, da krivulje ustrezajo tipični krivulji sile in deformacije, kot je bila prikazana na sliki 4.

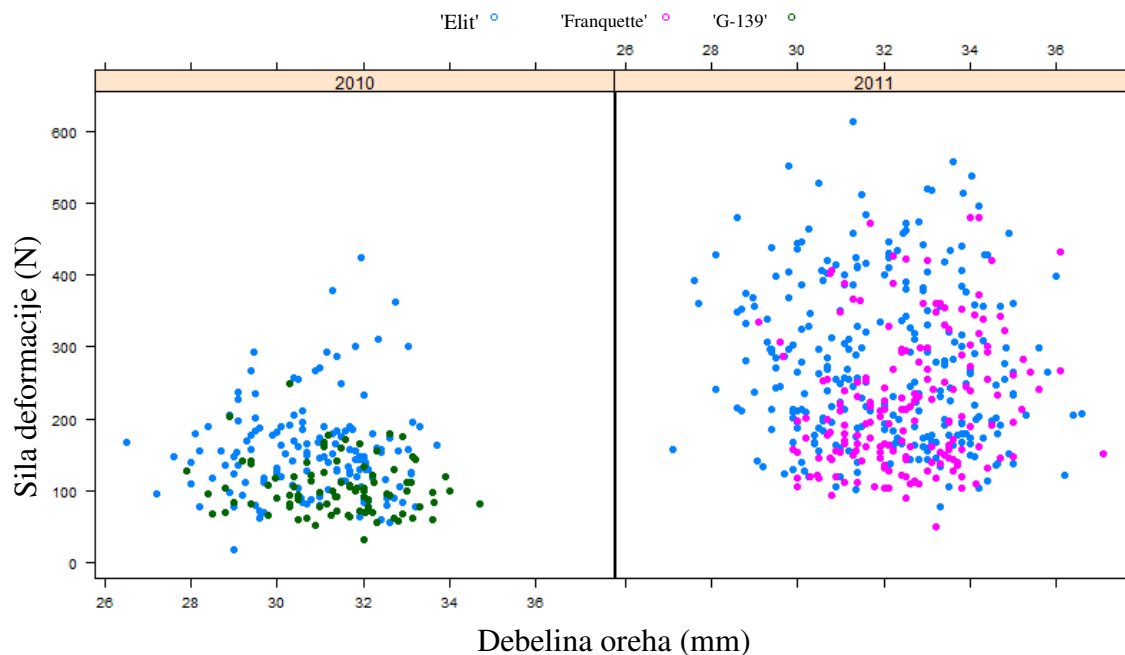
Na slikah 20, 22 in 24 je prikazan prerez posamezne sorte oreha, iz katerega lahko vidimo dimenzijo oreha in odstopanja v dimenziji jedrca od dimenzije lupine oreha. Prazen prostor med lupino in jedrcem nam nakazuje, kolikšna je možnost za deformacijo lupine, preden se začne deformacija prenašati tudi na jedrce oreha. V kolikor je deformacija lupine oreha prevelika, lahko pride do poškodbe jedrca in posledično do slabšega izplena celih jedrc pri trenju orehov.



Slika 25: Vpliv dimenzij oreha na silo, ki jo potrebujemo, da stremo oreh.

Figure 25: Influence of a walnut size on force needed to crush a walnut.

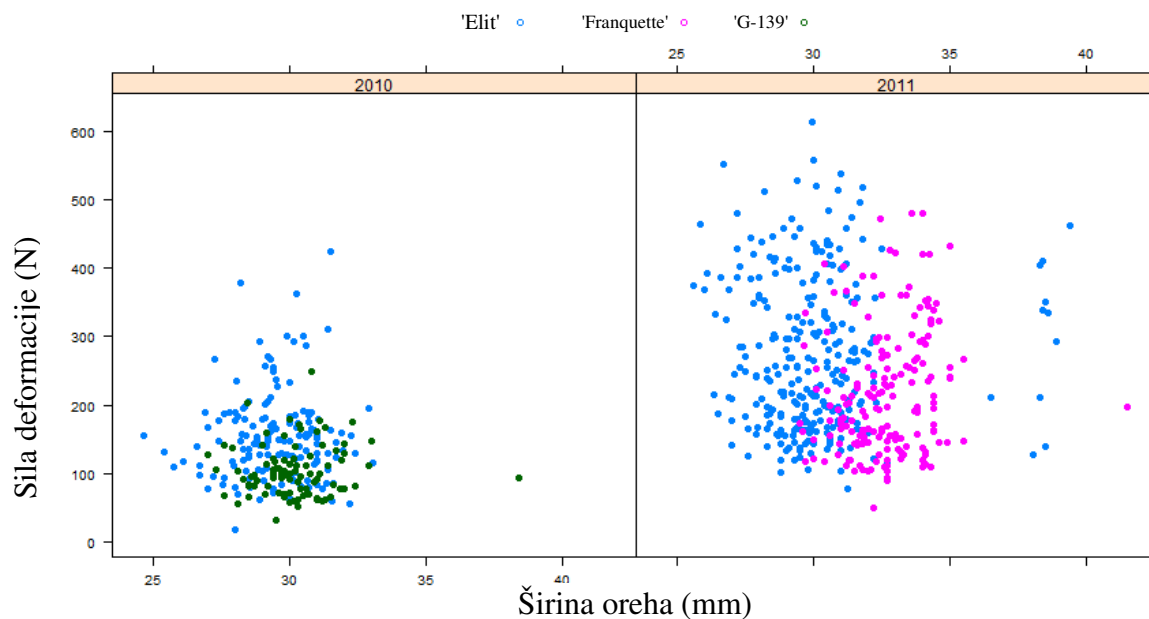
Iz slike 25 je razvidno, da višina, širina in debelina oreha ne vplivajo na silo, ki jo potrebujemo, da oreh stremo.



Slika 26: Vpliv debeline oreha na silo deformacije glede na leto in sorto oreha.

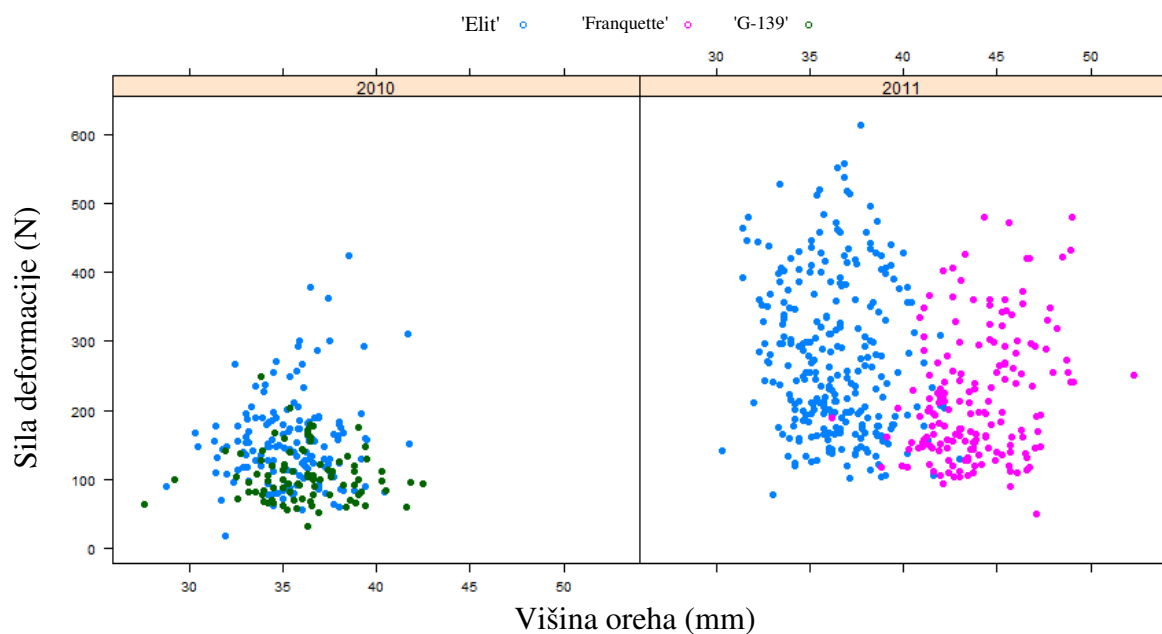
Figure 26: Influence of the walnut thickness on deflection force relative to a year and a walnut cultivar.

Iz slike 26 ni razvidno, da bi debelina oreha vplivala na silo deformacije, ki je potrebna za porušitev lupine oreha. Je pa razvidno, da je pri orehih iz pridelka leta 2010 sila deformacije nekoliko nižja, medtem ko je pri orehih pridelka leta 2011 sila deformacije nekoliko bolj razpršena.



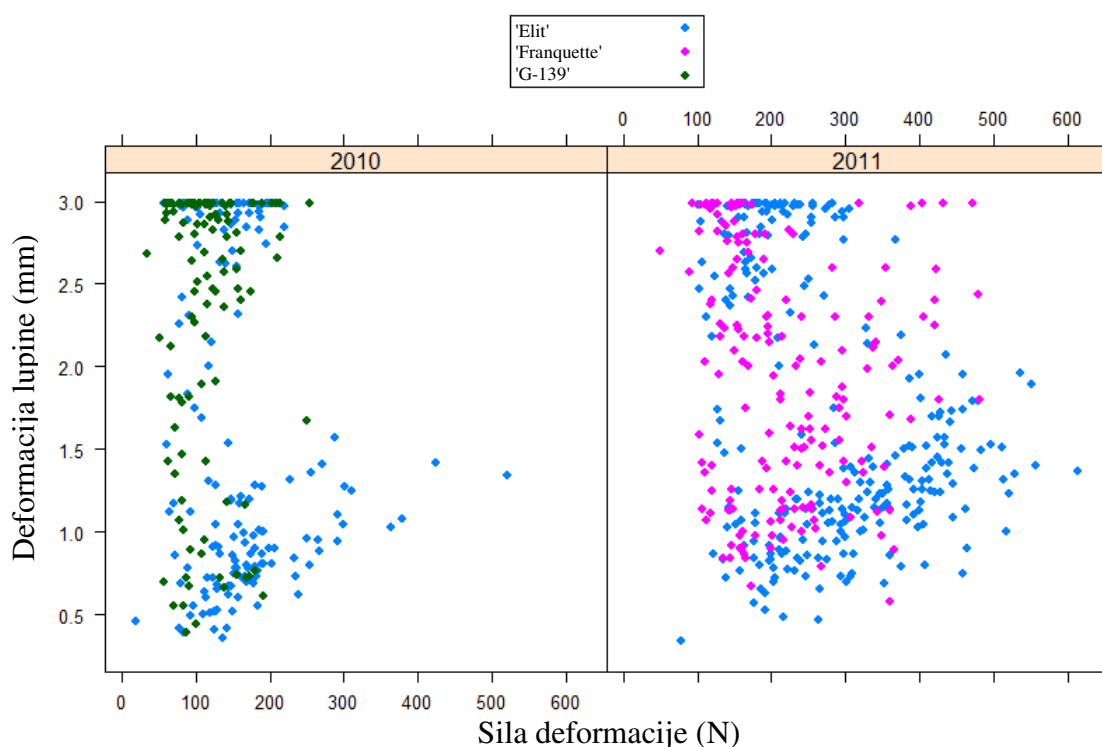
Slika 27: Vpliv širine oreha na silo deformacije glede na leto in sorto oreha.
Figure 27: Influence of the walnut width on deflection force relative to a year and a walnut cultivar.

Enako kot pri sliki 26, tudi pri slikah 27 in 28 ni razvidno, da bi širina in višina oreha vplivala na silo deformacije, ki je potrebna za porušitev lupine oreha. Je pa prav tako pri orehih pridelka leta 2011 sila deformacije nekoliko bolj razpršena, kot pri orehih iz pridelka leta 2010.



Slika 28: Vpliv višine oreha na silo deformacije glede na leto in sorto oreha.
Figure 28: Influence of the walnut height on deflection force relative to a year and a walnut cultivar.

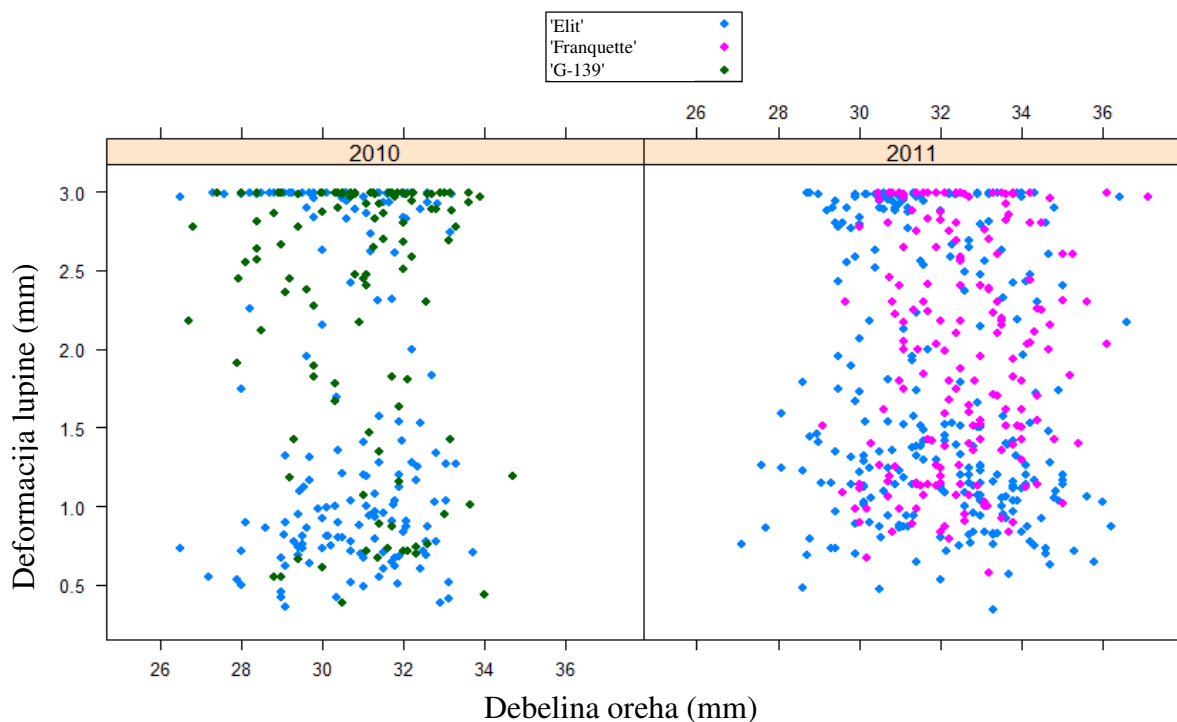
Pred nadaljnjo statistično obdelavo podatkov najprej pogledamo slike, ki prikazujejo posamezne zveze med silo deformacije in neodvisnimi spremenljivkami. To so dimenzije oreha (višina, širina, debelina), vlažnost lupine, sorta oreha in leto). Čeprav s slik dobimo občutek o povezanosti, moramo biti pazljivi, tudi če s slik vidimo, da ima ena sorta večjo povprečno silo deformacije od druge, saj to še ne pomeni, da obstaja odvisnost sile deformacije od sorte, saj so v ozadju lahko skriti še drugi vplivi. Ostale vplive preverimo tako, da poskušamo naše podatke čimbolj opisati z računalniškim modelom, na podlagi katerega se potem lahko odločimo, katere spremenljivke vplivajo na odvisno spremenljivko in katere ne.



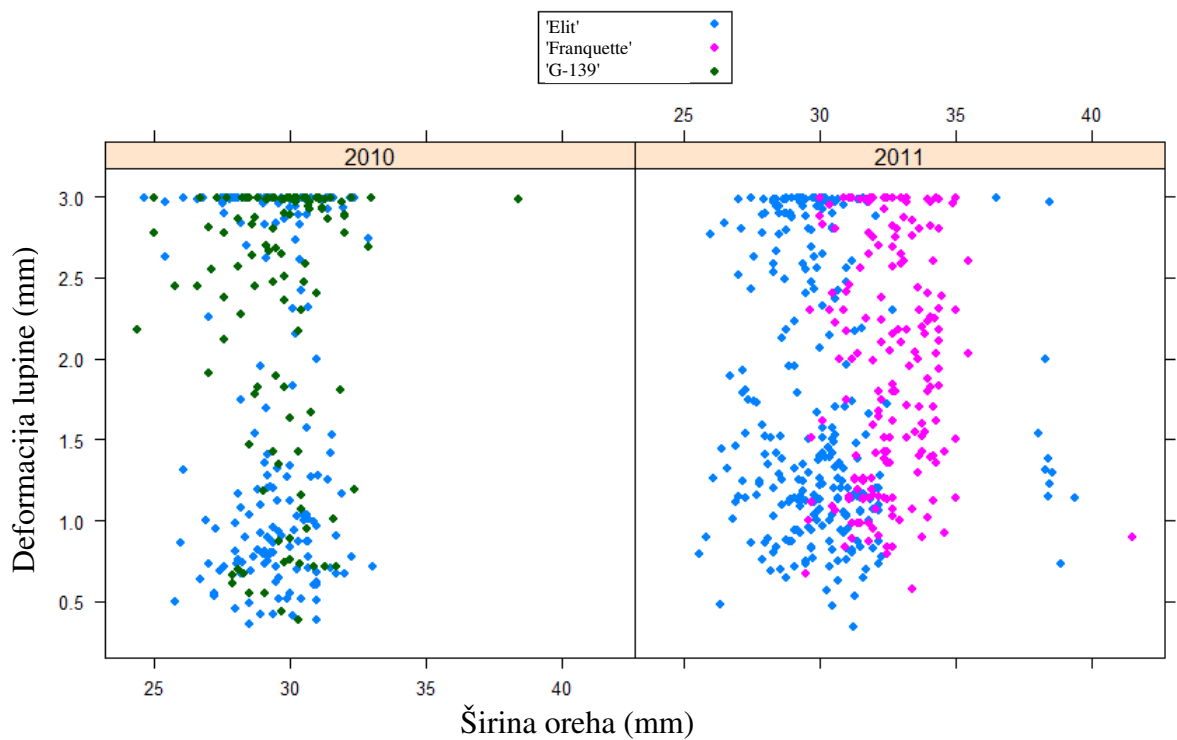
Slika 29: Odvisnost deformacije lupine oreha od sile deformacije glede na leto in sorto oreha.
Figure 29: Dependence of the deformation of the walnut shell on the deflection force relative to a year and a walnut cultivar.

Iz slike 29 je razvidno, da pri sortah 'Franquette' in 'G-139' deformacija lupine oreha ni odvisna od sile deformacije, pri sorti 'Elit' pa deformacija lupine oreha narašča s silo deformacije.

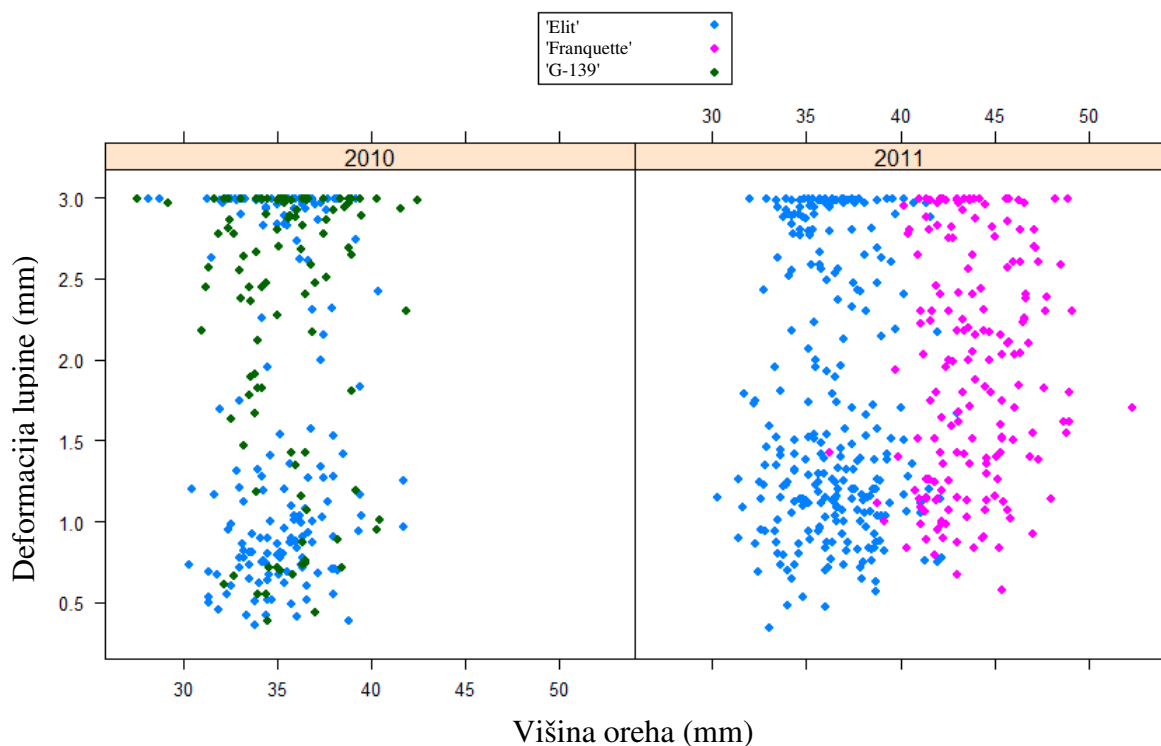
Pri vseh poskusih meritev je zaznati, da pri določenem številu orehov najvišjo silo deformacije odčitamo šele na koncu meritve, kar pomeni, da z napravo za merjenje sile deformacije in deformacije lupine oreha nismo zaznali nenadnega padca sile v območju med 0,5 in 2 mm deformacije lupine oreha. Razlog za to je verjetno večja elastičnost lupine oreha in premajhna zračnost med lupino oreha in jedrcem. Sila deformacije zato še naprej med meritvijo narašča tudi zaradi deformacije jedra.



Slika 30: Odvisnost deformacije lupine oreha od debeline oreha glede na leto in sorto oreha.
Figure 30: Dependence of the deformation of the walnut shell on the walnut thickness relative to a year and a walnut cultivar.



Slika 31: Odvisnost deformacije lupine oreha od širine oreha glede na leto in sorto oreha.
Figure 31: Dependence of the deformation of the walnut shell on the walnut width relative to a year and a walnut cultivar.

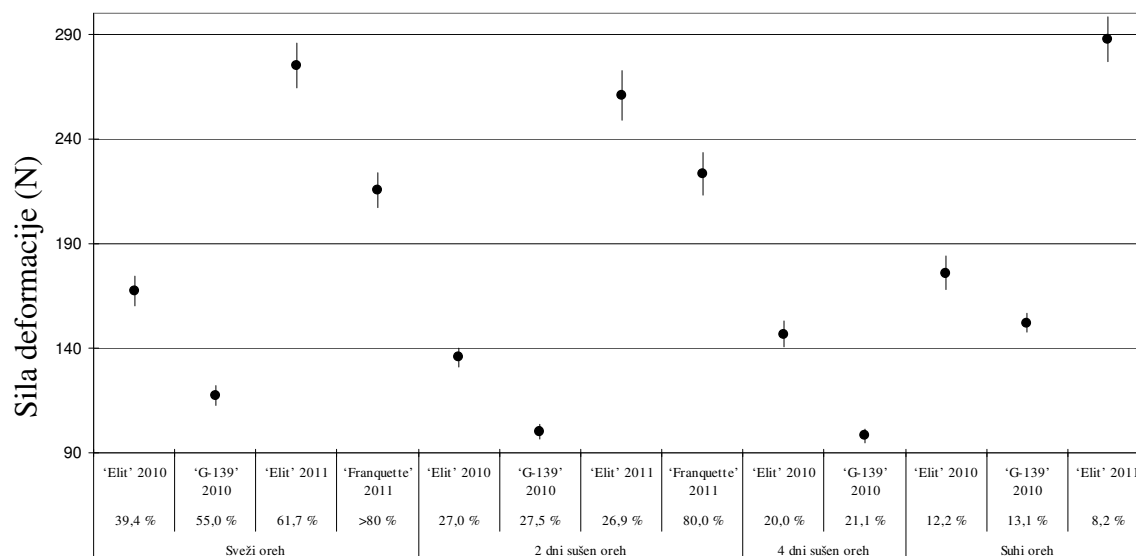


Slika 32: Odvisnost deformacije lupine oreha od višine oreha glede na leto in sorto oreha.

Figure 32: Dependence of the deformation of the walnut shell on the walnut height relative to a year and a walnut cultivar.

S slik 30, 31 in 32 ni razvidno, da bi bila deformacija lupine oreha med trenjem lupine oreha odvisna od dimenzije oreha. To lahko sklepamo iz tega, da medtem ko vidimo majhen razpon v višini/širini/debelini, vidimo velik razpon v deformaciji lupine oreha. Če bi skozi podatke narisali premico, bi bila ta bolj ali manj navpična.

Slike odvisnosti deformacije lupine od dimenzij oreha nakazujejo predvsem razlike med posameznimi sortami.

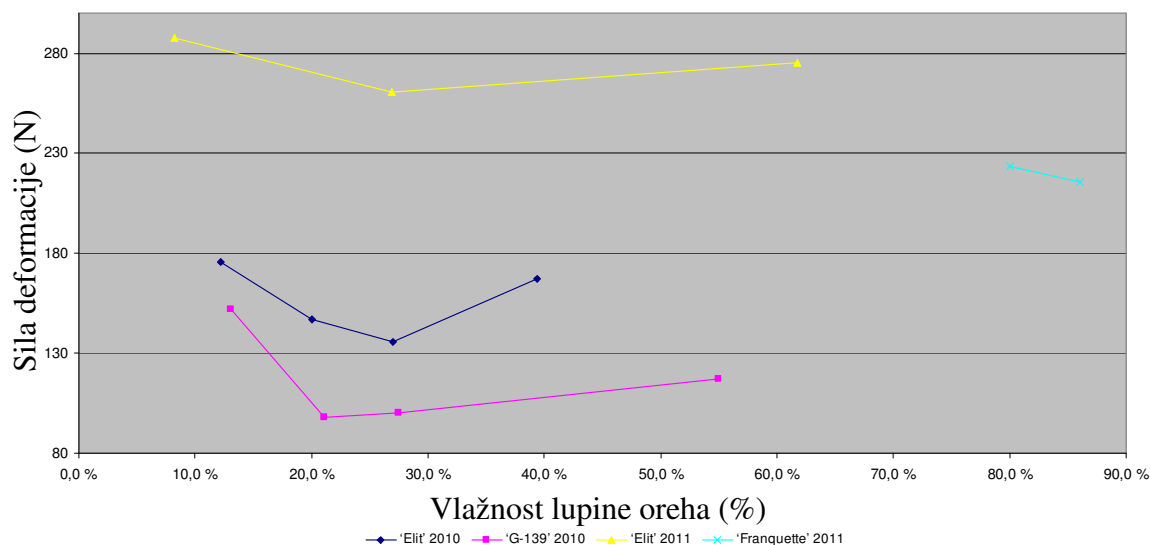


Vzorci orehov glede na sorto, leto pridelka in vlažnost lupine

Slika 33: Sila deformacije (N) (povprečje ± standardna napaka) potrebna za porušitev lupine pri različnih sortah, letih pridelka in povprečni vlažnosti lupine, dosežene z različnim trajanjem sušenja orehov.

Figure 33: Deformation force (N) (average ± standard error) required to crush the walnut shell, with different cultivars, crop years and average walnut shell moisture content, achieved with different duration of drying walnut fruits.

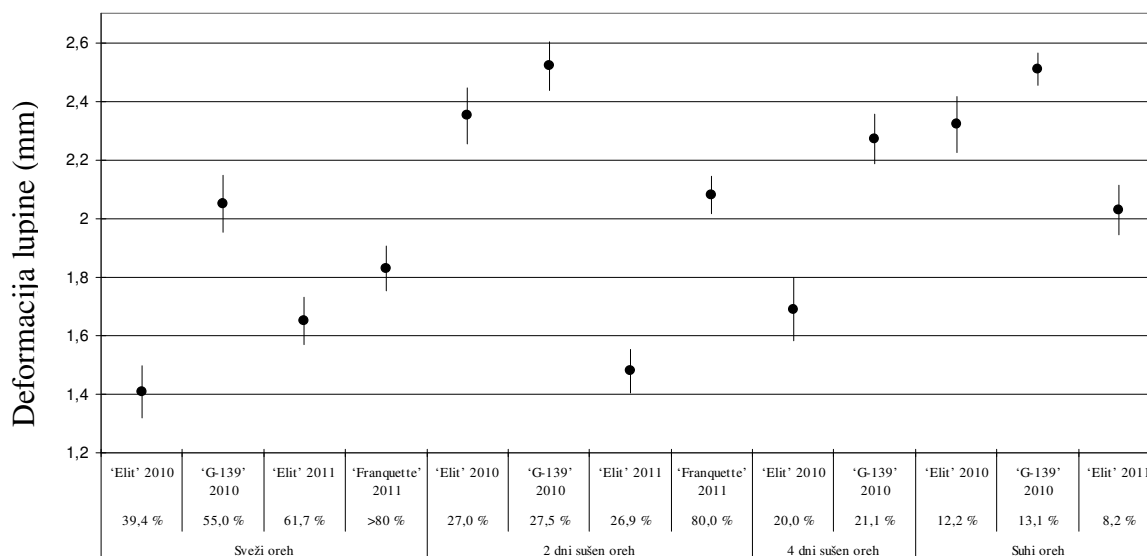
Kot je razvidno iz slike 33, tudi pri različnih vlažnostih lupine orehov ne zaznamo vpliva na silo deformacije. Sila deformacije je lahko velika pri majhnih vlažnostih lupine oreha, kot tudi pri veliki vlažnosti. Enako velja za majhno silo deformacije.



Slika 34: Srednja vrednost potrebne sile deformacije pri posameznih vlažnostih lupine posameznih sort orehov in letih pridelka.
Figure 34: Mean deformation forces necessary for specific walnut shell moisture content of individual walnut cultivars and crop years.

Na sliki 33 je prikazan vpliv vlažnosti lupine na silo deformacije, vendar iz vseh podatkov izmerjenih orehov ni razbrati, da bi vlažnost lupine vplivala na silo deformacije. Ko pa povprečja povežemo med seboj glede na to, kateri sorti in kateremu letu pripadajo, lahko na sliki 34 opazimo, da je vpliv vlažnosti na silo deformacije veliko bolj kompleksen. Znotraj posamezne sorte v posameznem letu nizka in velika vlažnost lupine kažeta na večjo potrebno silo deformacije, medtem ko srednje vlažnosti lupine orehov kažejo na manjšo potrebno silo deformacije.

Iz slike 34 je razvidno tudi, da sorta oreha vpliva na to, kakšna je potrebna sila deformacije, da oreh stremo. Pri sorti 'Elit' pa se močno razlikujejo tudi rezultati glede na leto, saj v primerjavi z letom 2010, v letu 2011 močno naraste sila deformacije.

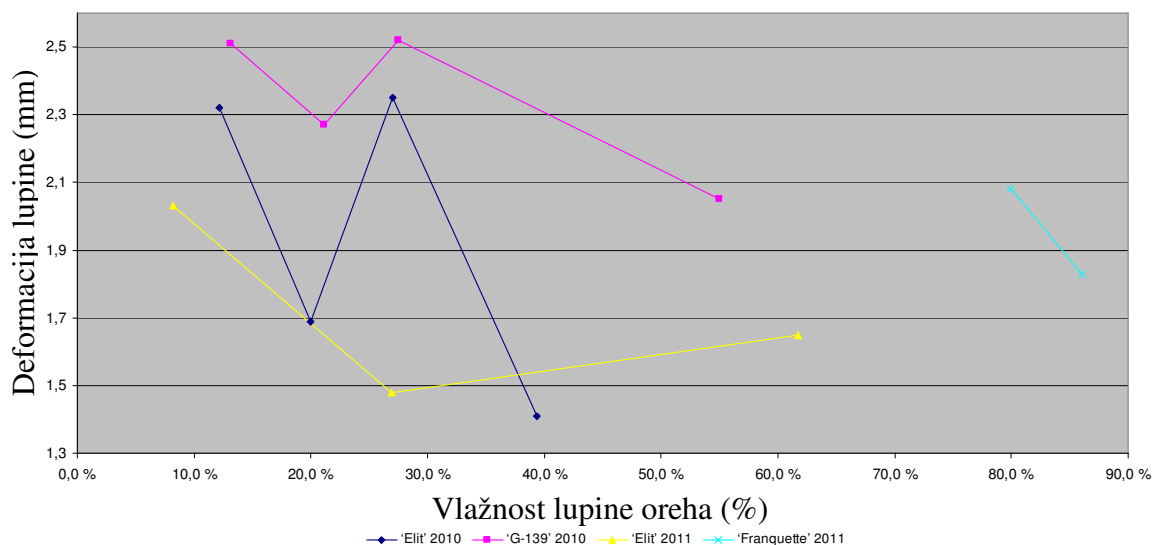


Vzorci orehov glede na sorto, leto pridelka in vlažnost lupine

Slika 35: Deformacija lupine oreha (mm) (povprečje \pm standardna napaka) pri različnih sortah, letih pridelka in povprečni vlažnosti lupine, dosežene z različnim trajanjem sušenja orehov.

Figure 35: Deformation of the walnut shell (average \pm standard error) with different cultivars, crop years and average walnut shell moisture content, achieved with different duration of drying walnut fruits.

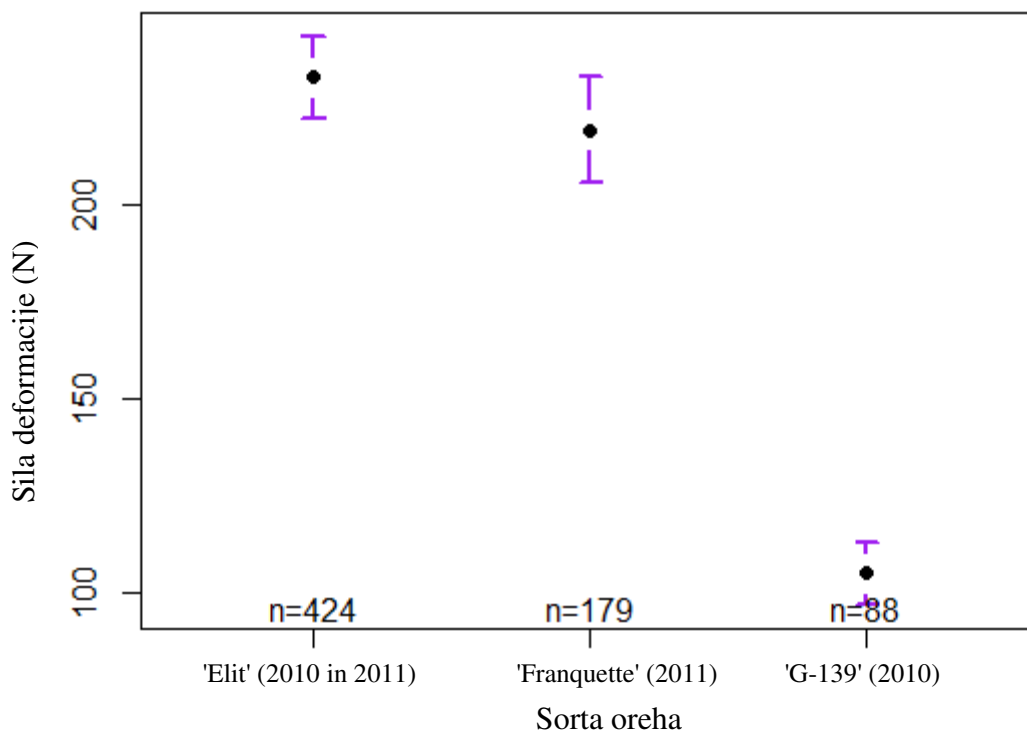
Iz slike 35 ni razvidno, da večja/manjša vlažnost lupine oreha pomeni večjo/manjšo deformacijo lupine oreha. Vendar pa dobimo malo boljši vpogled v situacijo, če prikažemo povprečja po skupinah, ki smo jih oblikovali glede na leto in sorto orehov.



Slika 36: Srednja vrednost deformacije lupine oreha pri posameznih vlažnostih lupine posameznih sort orehov in letih pridelka.

Figure 36: Mean deformation of the walnut shell necessary for specific walnut shell moisture content of individual walnut cultivars and crop years.

Slika 36 enako kot slika 35 prikazuje srednjo vrednost deformacije lupine oreha, le da so povprečja povezana med seboj glede na to, kateri sorti in kateremu letu pripadajo. Iz slike je razvidno, da večja vlažnost lupine določene sorte orehov pomeni manjšo deformacijo lupine. Opazimo pa lahko tudi, da so pri sorti 'Elit' deformacije lupine večje leta 2010 kot 2011.

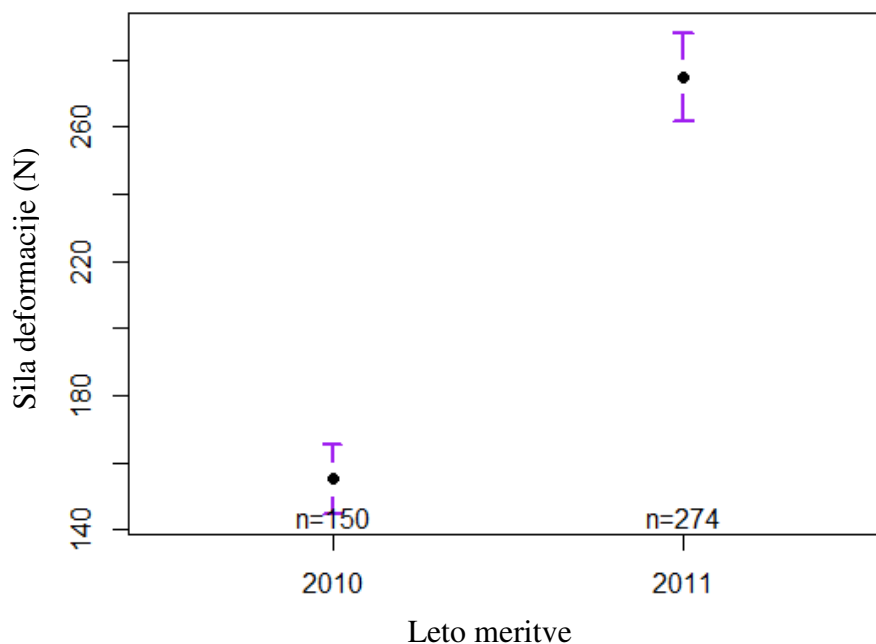


Slika 37: Srednje vrednosti sil deformacije glede na sorte orehov.

Figure 37: Mean deformation forces depending on the individual walnut cultivars.

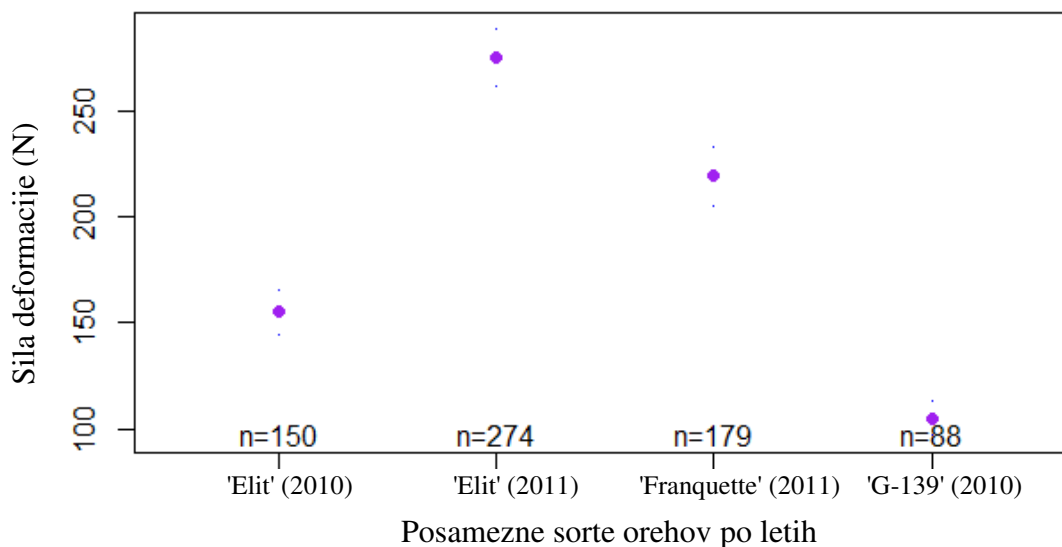
Iz slike 37 je razvidno, da je sila deformacije za porušitev lupine oreha najmanjša pri sorti 'G-139', največja pa pri sorti 'Elit'.

Pri sorti 'Elit' je bilo v preizkus sile deformacije vključenih 424, pri sorti 'Franquette' 179 in sorti 'G-139' 88 orehov.



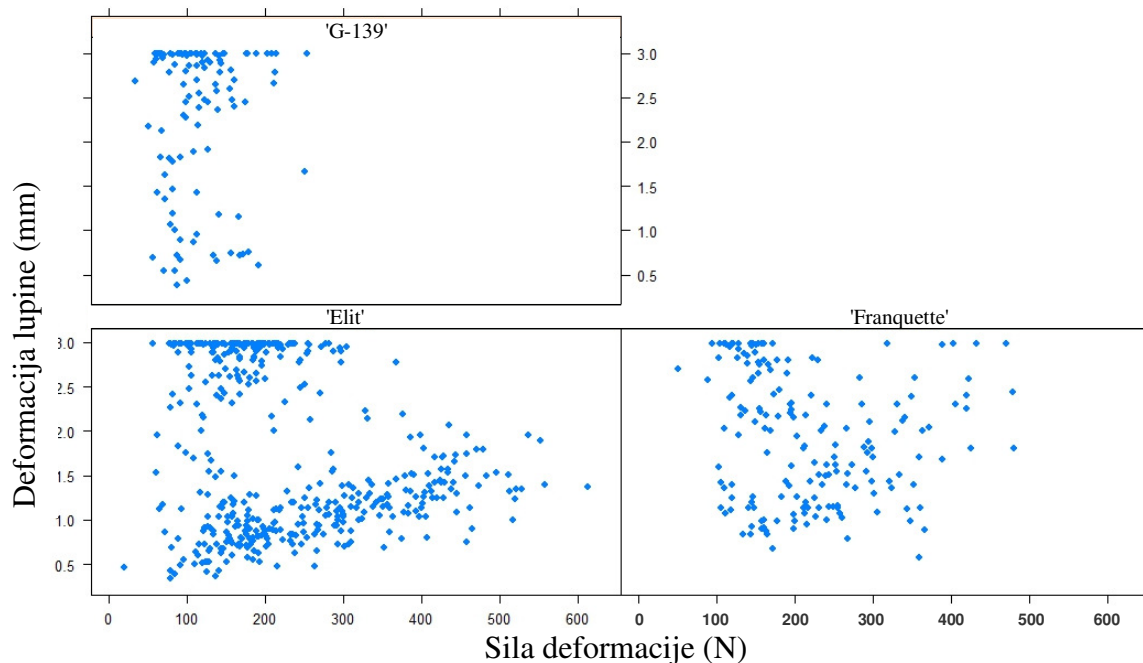
Slika 38: Povprečne sile potrebne za porušitev lupine oreha sorte 'Elit' po dveh pridelkih.
Figure 38: The average force required to break the walnut shell of a cultivar 'Elit' at different crops.

Iz slike 38 je razvidno, da leto močno vpliva na to, kakšna sila je potrebna za porušitev lupine oreha. Razlog za tako različne sile deformacije so lahko vremenske razmere, ali vpliv, ki ga trenutno ne moremo definirati.



Slika 39: Povprečne sile deformacije za porušitev lupine oreha po sortah orehov in letih (slika 37 in slika 38 združeni).
Figure 39: The average force required to break the walnut shell of different walnut cultivars and crops (figure 37 and 38 combined).

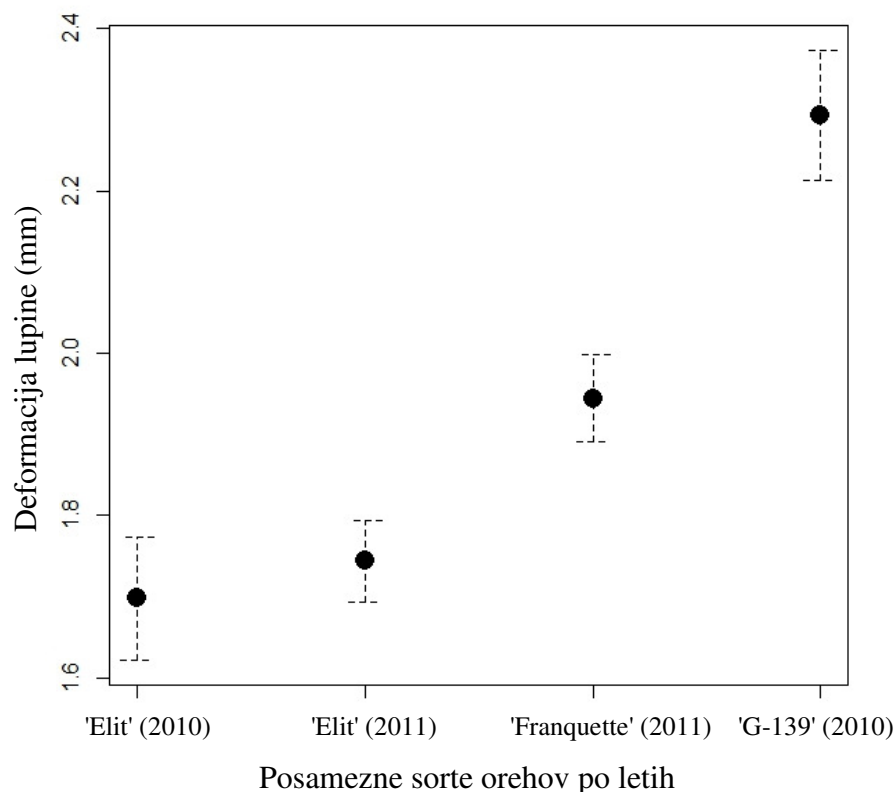
Iz slike 39 vidimo, da imata sorti iz leta 2010 ('Elit 2010' in 'G-139') manjšo povprečno silo deformacije, ki je potrebna, da stremo oreh, medtem ko za sorti iz leta 2011 ('Elit' 2011 in 'Franquette') potrebujemo v povprečju večjo silo deformacije, da stremo oreh.



Slika 40: Odvisnost deformacije lupine oreha od sile deformacije za vsako sorto posebej.

Figure 40: Dependence of the walnut shell deformation of the deformation force for each walnut cultivar.

Iz slike 40 je razvidno, da pri sorti 'Elit' obstaja odvisnost deformacije lupine oreha od sile deformacije, in sicer večja kot je deformacija lupine, večja je sila deformacije. Pri sorti 'Franquette' ta odvisnost ni toliko linearna in je bolj razpršena. Pri sorti 'G-139' pa je razvidno, da sila deformacije ne vpliva na deformacijo lupine, saj je deformacija lupine oreha razpršena v zelo ozkem območju sile deformacije.



Slika 41: Povprečna deformacija lupine po posameznih sortah in letih s standardnimi napakami.
Figure 41: The average walnut shell deformation by different walnut cultivars and years with standard errors.

Iz slike 41 lahko sklepamo, da je deformacija lupine oreha različna pri različnih sortah orehov.

Za ugotavljanje odvisnosti deformacije lupine oreha in sile deformacije od ostalih merjenih spremenljivk (sorta oreha, dimenzije oreha in leto) uporabimo multiplo regresijo. Gre za linearno regresijo, ki preučuje vpliv večjih neodvisnih spremenljivk glede na odvisno spremenljivko.

V model najprej vključimo spremenljivke, kot so višina, širina, debelina oreha, sila deformacije, sorta, leto in vlažnost lupine. Potem preverimo, ali so predpostavke te metode izpolnjene. Sledi optimizacija modela, kar pomeni, da za naše podatke poiščemo najbolj ustrezen model. Nadaljujemo z modeliranjem, zato v naslednjem koraku poiščemo najprimernejši model, tako da izločimo vse tiste spremenljivke iz modela, ki ga ne izboljšajo.

Nato v model vključimo spremenljivke, to so višina, širina, debelina oreha, deformacija lupine, sorta, leto in vlažnost lupine oreha. Potem preverimo, ali so tudi predpostavke te metode izpolnjene. Sledi optimizacija modela in pregled rezultatov.

Preglednica 4: Korelacije med neodvisnimi spremenljivkami.
Table 4: Correlations between independent variables.

Neodvisna spremenljivka	GVIF	Df	GVIF ^{1/(2*Df)}
Višina oreha	5,542697	1	2,354293
Širina oreha	2,120783	1	1,456291
Debelina oreha	2,384331	1	1,544128
Vlažnost lupine oreha	3,809406	1	1,951770
Sila deformacije	1,457677	1	1,207343
Letnik oreha	2,219084	1	1,489659
Sorta oreha	9,027702	2	1,733382

S korelacije med neodvisnimi spremenljivkami ugotovimo, da imamo v našem modelu težave z multikolinearnostjo, kar pomeni da kršimo predpostavko o neodvisnosti spremenljivk. Vrednosti VIF (variance inflation factor) morajo biti manjše od 5, da z multikolinearnostjo nimamo težav. V našem primeru pričakujem težave, saj so višina oreha, širina oreha in debelina oreha povezane med seboj. To kažejo tudi korelacije, izračunane v preglednici 4. V naslednjem koraku iz spremenljivk: višina, širina in debelina oreha izluščimo le eno komponento, ki odraža vse tri, tako da v nadaljevanju namesto treh spremenljivk v model vključimo le eno in se s tem znebimo odvisnosti med spremenljivkami, ki morajo biti neodvisne. To storimo z metodo glavnih komponent.

Najbolj optimalen model dobimo, če spremenljivke, kot so višina, širina, debelina oreha odstranimo iz modela, ker dimenzija torej ne vpliva na deformacijo lupine, niti ne na silo deformacije.

Preglednica 5: Analiza vpliva neodvisnih spremenljivk na deformacijo lupine oreha, glede na referenčno skupino (sorta 'Elit' in letnik 2010).

Table 5: Analysis of the impact of independent variables on the walnuts shell deformation, relative to the reference group (cultivar 'Elit' and year 2010).

Neodvisna spremenljivka	Ocena	Standardna napaka	t-vrednost	Pr(> t)	Stopnja značilnosti
Vlažnost lupine oreha	-0,0083790	0,0015868	-5,280	1,70 x 10 ⁻⁶	<0,001
Sila deformacije	-0,0021241	0,0003403	-6,242	7,28 x 10 ⁻⁹	<0,001
Letnik 2011	0,3121122	0,0891249	3,502	4,9 x 10 ⁻³	<0,001
Sorta 'Franquette'	0,6633444	0,1363365	4,865	1,40 x 10 ⁻⁵	<0,001
Sorta 'G-139'	0,5140575	0,1003949	5,120	3,90 x 10 ⁻⁶	<0,001

Model kot referenčno skupino vzame vrsto 'Elit' in letnik 2010. Vpliv na deformacijo lupine je statistično značilen za vlažnost lupine oreha, silo deformacije, sorto in letnik.

Deformacija lupine je odvisna od vlažnosti lupine in od sile deformacije ob upoštevanju ostalih spremenljivk. Povezanosti sta negativni, če se vlažnost lupine oreha poveča, se deformacija lupine oreha zmanjša. Enako velja za silo deformacije, kar je verjetno posledica izmerjenih vrednosti sile deformacije pri deformaciji lupine oreha blizu 3 mm. Če teh vrednosti ne bi bilo, bi lahko pričakovali pozitiven vpliv sile deformacije na deformacijo lupine oreha (večja sila deformacije pomeni večjo deformacijo lupine oreha). Letnik pridelka ob upoštevanju ostalih spremenljivk statistično značilno vpliva na deformacijo lupine. V povprečju je deformacija lupine večja pri letniku 2011.

Sorti 'Franquette' in 'G-139' imata ob upoštevanju ostalih spremenljivk statistično značilno večjo povprečno deformacijo lupine oreha od sorte 'Elit'. Če želimo določiti, ali je razlika med sortama 'Franquette' in 'G-139' statistično značilna, moramo spremeniti vrstni red vrednosti spremenljivke sorta oreha.

Preglednica 6: Analiza vpliva neodvisnih spremenljivk na deformacijo lupine oreha, glede na referenčno skupino (sorta 'Franquette' in letnik 2010).

Table 6: Analysis of the impact of independent variables on the walnuts shell deformation, relative to the reference group (cultivar 'Franquette' and year 2010).

Neodvisna spremenljivka	Ocena	Standardna napaka	t-vrednost	Pr(> t)	Stopnja značilnosti
Vlačnost lupine oreha	-0,0083790	0,0015868	-5,280	$1,70 \times 10^{-6}$	<0,001
Sila deformacije	-0,0021241	0,0003403	-6,242	$7,28 \times 10^{-9}$	<0,001
Letnik 2011	0,3121122	0,0891249	3,502	$4,9 \times 10^{-3}$	<0,001
Sorta 'Elit'	-0,6633444	0,1363365	-4,865	$1,40 \times 10^{-5}$	<0,001
Sorta 'G-139'	-0,1492870	0,1667909	-0,895	0,37105	0,1<1

Povprečna razlika v deformaciji lupine oreha med sortama 'Franquette' in 'G-139' ni statistično značilna, saj med obema sortama ob upoštevanju ostalih lastnosti orehov nismo dokazali razlike v deformaciji lupine oreha.

Preglednica 7: Analiza vpliva neodvisnih spremenljivk na silo deformacije, glede na referenčno skupino (sorta 'Elit' in letnik 2010).

Table 7: Analysis of the impact of independent variables on the deformation forces, relative to the reference group (cultivar 'Elit' and year 2010).

Neodvisna spremenljivka	Ocena	Standardna napaka	t-vrednost	Pr(> t)	Stopnja značilnosti
Dimenzija orehov	-0,8175	3,0769	-0,266	0,79055	0,1<1
Vlačnost lupine oreha	-0,1354	0,1788	-0,757	0,44906	0,1<1
Letnik 2011	116,5731	8,9017	13,096	$< 2,0 \times 10^{-15}$	<0,001
Sorta 'Franquette'	-48,1292	14,8896	-3,232	$1,28 \times 10^{-2}$	0,001<0,01
Sorta 'G-139'	-42,6198	10,7902	-3,950	$8,57 \times 10^{-4}$	<0,001

Iz preglednice 7 je razvidno, da sila deformacije ni odvisna od dimenzij orehov in od vlažnosti lupine orehov, je pa močno odvisna od sorte in od letnika.

Pri letniku 2011 je povprečna sila deformacije statistično značilno večja od sile deformacije pri letniku 2010, pri upoštevanju ostalih spremenljivk v modelu. Za sorti 'Franquette' in 'G-139' je za porušitev lupine oreha potrebna statistično značilno manjša sila deformacije, kot pri sorti 'Elit'.

Za določitev statistično značilne razlike med sortama 'Franquette' in 'G-139' ponovno spremenimo vrstni red vrednosti spremenljivke sorta oreha.

Preglednica 8: Analiza vpliva neodvisnih spremenljivk na silo deformacije, glede na referenčno skupino (sorta 'Franquette' in letnik 2010).

Table 8: Analysis of the impact of independent variables on the deformation forces, relative to the reference group (cultivar 'Franquette' and year 2010).

Neodvisna spremenljivka	Ocena	Standardna napaka	t-vrednost	Pr(> t)	Stopnja značilnosti
Dimenzija orehov	-0,8175	3,0769	-0,266	0,79055	0,1<1
Vlažnost lupine oreha	-0,1354	0,1788	-0,757	0,44906	0,1<1
Letnik 2011	116,5731	8,9017	13,096	$< 2,0 \times 10^{-15}$	<0,001
Sorta 'Elit'	48,1292	14,8896	3,232	$1,28 \times 10^{-2}$	0,001<0,01
Sorta 'G-139'	5,5094	18,1725	0,303	0,76184	0,1<1

Iz preglednice 8 je razvidno, da za porušitev lupine oreha med sortama 'Franquette' in 'G-139' ni statistično značilne razlike v potrebni sili deformacije, ob upoštevanju ostalih spremenljivk v modelu.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

S slik 26, 27 in 28 je razvidno, da dimenzije orehov ne vplivajo na silo, ki je potrebna, da stremo oreh, kar se sklada tudi z ugotovitvami, ki so jih dobili Sharifian in sod. (2008). Tudi vlažnost lupine orehov ne vpliva na silo deformacije. Pri naši raziskavi smo se odločili za merjenje sile deformacije samo po višini plodu oreha, saj so druge raziskave, med drugim raziskava, ki sta jo opravila Sharifian in Haddad Derafshi (2008), pokazale, da je v primerjavi z ostalimi smermi, za trenje lupine oreha v smeri višine plodu, potrebna največja sila, absorbirana energija in moč. Glede na naše podatke pa sta najpomembnejša vpliva na silo deformacije leto in sorta oreha. Do teh rezultatov pridemo tudi, ko izvedemo regresijsko analizo, kjer leto in sorta oreha statistično značilno vplivata na silo, potrebno za porušitev lupine oreha. Ostale lastnosti ne vplivajo statistično značilno na silo. Z računalniškim modelom pojasnimo le okoli 30 % variabilnosti sile, potrebne za porušitev lupine oreha. To pomeni, da obstajajo še drugi vzroki, zaradi katerih pride do različnih sil deformacije, ki so potrebne za porušitev lupine oreha, vendar so nam ti vzroki neznani. Preko metode glavnih komponent smo poizkusili tudi vse tri dimenzije (širina, višina, debelina) združiti v eno spremenljivko in preveriti, ali skupek teh treh lastnosti vpliva na silo deformacije, ki je potrebna za porušitev lupine oreha. Pokazalo se je, da dimenzija tudi v tem primeru ne vpliva na silo deformacije.

Ko pripravimo vse podatke in jih vključimo v računalniški model programske opreme 'R', se izkaže, da je kot referenčna skupina najprimernejša sorta 'Elit' in leto 2010.

Podatki iz preglednice 5 kažejo, da vlažnost lupine oreha, sila deformacije, sorta oreha in leto močno statistično značilno vplivajo na deformacijo lupine oreha. Vendar pri poskusih meritev določenega števila orehov najvišjo silo deformacije odčitamo šele na koncu meritve, kar pomeni, da z meritvijo nismo zaznali nenadnega padca sile v območju med 0,5 in 2 mm deformacije lupine oreha. Razlog za to pripisujemo večji elastičnosti lupine oreha in premajhni zračnosti med lupino oreha in jedrcem oreha. Sila deformacije je, tudi po tem, ko je lupina oreha počila, naraščala zaradi nadaljnje deformacije jedrca.

Deformacija lupine oreha je odvisna od vlažnosti lupine oreha in od sile deformacije. Povezanosti sta negativni. Če se vlažnost oreha poveča za 10 %, se deformacija lupine oreha zmanjša za 0,08 mm pri istih vrednostih ostalih spremenljivk. Če se sila deformacije poveča za 10 N, se deformacija lupine oreha zmanjša za 0,02 mm pri istih vrednostih ostalih spremenljivk. Tudi to je verjetno posledica izmerjenih vrednosti sile deformacije pri deformaciji lupine oreha blizu 3 mm. Brez teh vrednosti bi lahko pričakovali pozitiven vpliv sile deformacije na deformacijo lupine oreha, kar pomeni, da bi večja sila deformacije pomenila večjo deformacijo lupine oreha.

Raziskava, ki sta jo izvedla Sharifian in Haddad Derafshi (2008), pa je pokazala, da se do določene stopnje vlažnosti med trenjem povečuje deformacija lupine. Od določene vlažnosti lupine pa se deformacija lupine med trenjem ne povečuje več. Ugotovila sta tudi, da vsebnosti vlage v lupini oreha statistično značilno vpliva na silo deformacije, specifično deformacijo, absorbirano energijo in moč, potrebno za porušitev lupine oreha. Ta vpliv ni bil statistično značilen le pri vlažnostih lupine oreha, večji od 21 %.

Ob upoštevanju ostalih spremenljivk, leto statistično značilno vpliva na deformacijo lupine oreha. V povprečju je deformacija lupine oreha večja leta 2011.

Sorti 'Franquette' in 'G-139' imata ob upoštevanju ostalih spremenljivk statistično značilno večjo povprečno deformacijo lupine oreha od sorte 'Elit'.

Izkaže pa se, da povprečna razlika v deformaciji lupine med sortama 'Franquette' in 'G-139' ni statistično značilna, saj med obema sortama, ob upoštevanju ostalih lastnosti orehov, nismo dokazali razlike v deformaciji lupine oreha, kar je razvidno iz preglednice 6.

Statistična analiza podatkov z računalniškim modelom sicer kaže najvišje povprečje deformacije lupine za sorto 'Franquette', vendar pa je iz diagrama povprečij na sliki 41 jasno videti, da ima sorta 'G-139' največjo variabilnost. Ker vemo, da so to rezultati, ki so nastali ob upoštevanju ostalih spremenljivk v modelu, in ker vemo, da večja vlažnost lupine oreha pomeni manjšo deformacijo lupine, lahko vzrok najdemo v tem, da imamo za sorto 'Franquette' samo dve največji izmerjeni vlažnosti, in so deformacije lupine orehov manjše, kot bi bile, če bi imeli pri meritvah še orehe sorte 'Franquette' manjše vlažnosti. Deformacije lupine bi bile v tem primeru verjetno večje od deformacij lupine orehov sorte 'G-139', saj so ti izmerjeni pri nižji vlažnosti lupine orehov, nižja vlažnost lupine pa pomeni večjo deformacijo lupine orehov.

Statistična analiza podatkov nam pokaže tudi, da sila deformacije ni odvisna od dimenzij oreha, niti ne od vlažnosti lupine oreha, je pa močno odvisna od sorte oreha in od leta. Gilberto in sod. (1999) pa so ugotovili, da je sila deformacije v veliki meri odvisna od vsebnosti vlage. Pri nižji vlagi je pri vseh treh smereh merjenja potrebna večja sila deformacije.

Iz preglednice 7 je razvidno, da je za orehe iz leta 2011 potrebna povprečna sila deformacije za porušitev lupine oreha statistično značilno večja, kot je sila deformacije pri letniku 2010, če upoštevamo ostale spremenljivke v računalniškem modelu. Za sorti 'Franquette' in 'G-139' pa je potrebna statistično značilno manjša sila deformacije, kot je sila deformacije za porušitev lupine oreha sorte 'Elit'.

Med sortama 'Franquette' in 'G-139' ni statistično značilne razlike v potrebni sili deformacije, če upoštevamo ostale spremenljivke v modelu.

Kot so ugotovili že Hassan-Beygi in sod. (2009), je ključ do maksimalnega in kvalitetnega pridelka pravilno spravilo in ravnanje s pridelkom po spravilu. Rezultati naše raziskave pa potrjujejo ugotovitve Ghafarija in sod. (2011), da je poznavanje fizikalnih in mehanskih lastnosti kmetijskih pridelkov ključno za pravilno spravilo in zasnovo strojev za spravilo pridelkov.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

V raziskovalni nalogi smo izdelali analizo opravljenih meritev, potrebnih sil za lomljenje in deformacij lupine orehov za sorte orehov 'G-139', 'Elit' in 'Franquette' iz pridelka leta 2010 in leta 2011, pri različnih vsebnostih vlage v lupini plodu oreha. Od vsakega vzorca smo pridobili tudi podatke o višini, širini in debelini orehov in preverili vpliv teh spremenljivk na silo deformacije in deformacijo lupine oreha.

Pri plodovih orehov smo trdnost lupine ugotavljali s stiskalno napravo Zwick / Roell po višini ploda. Merili smo silo, ki je potrebna za porušitev lupine oreha, hkrati pa smo merili tudi deformacijo lupine oreha, ki se je dogajala medtem, ko smo na oreh nanašali silo. Če vse vrednosti, ki smo jih dobili z meritvijo, predstavimo kot točke v koordinatnem sistemu, kjer so na y osi vrednosti sile deformacije, na x osi pa deformacija lupine, dobimo graf, iz katerega lahko ocenimo, kje je prišlo do porušitve lupine oreha. V točki, kjer pride do porušitve lupine oreha, v večini primerov zaznamo nenaden padec v sili deformacije. Iz vrednosti, ki smo jih dobili, smo izračunali delo, ki je bilo potrebno, da lupino oreha stremo. Za izračun opravljenega dela smo upoštevali tiste podatke o sili deformacije in deformacije lupine, dokler sila ni dosegla maksimalne vrednosti. Pri posameznih meritvah smo izračunali tudi specifično deformacijo (ϵ) lupine oreha, ki predstavlja razmerje med deformacijo lupine in višino oreha.

Ugotovili smo, da dimenzije orehov ne vplivajo na silo, ki je potrebna, da stremo oreh. Tudi vlažnost lupine oreha ne vpliva na silo deformacije. Glede na naše podatke pa sta najpomembnejša vpliva na silo deformacije leto in sorta oreha. Ko izvedemo regresijsko analizo, pridemo do rezultatov, da leto in sorta oreha statistično značilno vplivata na silo, potrebno za porušitev lupine oreha. Na silo deformacije ostale lastnosti orehov statistično značilno ne vplivajo. Z analizo pridobljenih podatkov in spremenljivk, ki smo jih spremljali, pojasnimo le okoli 30 % variabilnosti sile, potrebne za porušitev lupine oreha. To pomeni, da obstajajo še drugi vzroki, da so sile deformacije, potrebne za porušitev lupine oreha, različne, vendar so nam ti vzroki neznani.

Ugotovimo pa, da vlažnost lupine oreha, sila deformacije, sorta oreha in leto močno statistično značilno vplivajo na deformacijo lupine oreha.

Sorti 'Franquette' in 'G-139' imata ob upoštevanju ostalih spremenljivk statistično značilno večjo povprečno deformacijo lupine oreha od sorte 'Elit'. Izkaže pa se, da povprečna razlika v deformaciji lupine med sortama 'Franquette' in 'G-139' ni statistično značilna, saj med obema sortama, ob upoštevanju ostalih lastnosti orehov, nismo dokazali razlike v deformaciji lupine oreha.

Iz rezultatov ugotovimo tudi, da je sila deformacije močno odvisna od sorte oreha in od leta pridelka. Za orehe iz pridelka leta 2011 je potrebna povprečna sila deformacije za porušitev lupine oreha statistično značilno večja od sile deformacije leta 2010. Za sorti 'Franquette' in 'G-139' je potrebna statistično značilno manjša sila deformacije kot sila deformacije za porušitev lupine oreha sorte 'Elit'. Iz podatkov, ki smo jih imeli na voljo,

pa med sortama 'Franquette' in 'G-139' nismo mogli dokazati statistično značilne razlike v potrebni sili deformacije za porušitev lupine orehov.

6.2 SUMMARY

In this research project we made an analysis of the measurements of deformation forces and walnuts shell deformation for walnut cultivars 'G-139', 'Elit' and 'Franquette' for the crop years 2010 and 2011 at various walnut shell moisture content. From each sample we collected the data on height, width and thickness of the walnut and verify the impact of these variables on the deformation force and walnut shell deformation at that force.

The hardness of walnut shell was determined by Zwick / Roell device in the longitudinal direction of the walnut. We measured the force required to crack the shell of a walnut, and at the same time, we measured the deformation of the shell of a walnut, which occurred while the walnuts were compressed. If all the values, which were obtained by the measurement, are represented as a point in a coordinate system, where the y-axis values represent the deformation force and, the x-axis represents the deformation of the shell, we get a graph, from which it can be estimated, where the burst of the walnut shell occurs. In most cases, we detected a sudden drop of deformation force at the point where the walnut shell cracks. From the values we calculated the energy needed to crack a walnut shell. For this calculation we considered only the data of deformation force and deformation of the shell until the force reached the maximum value. For each measurement, we calculated the specific deformation (ϵ) of a walnut shell, which represents the ratio between the amount of deformation of the shell and the height of a walnut.

The research confirms that the dimensions of walnuts do not affect the force needed to crack a walnut. Furthermore, walnut shell moisture content does not affect the deformation force. According to our data, the most important factors influencing the deformation force represents a crop year and a walnut cultivar. These results are also confirmed with a regression analysis, where a crop year and a walnut cultivar statistically significant affect the force needed to break the walnut shell. Other variables do not have a statistically significant effect on the force of deformation. The analysis of the data and the variables that we measured, explains only about 30 % of the variability of the force needed to break the walnut shell. This means that there are other reasons causing a variety of deformation forces required to break the walnut shell, though these causes are unknown.

However, the analysis confirms, that the walnut shell moisture content, deformation force, walnut cultivar and crop year have a strong statistically significant impact on the deformation of the walnut shell.

Taking into account other variables, the walnut cultivars 'Franquette' and 'G-139' have statistically significantly greater mean deformation of the shell than a walnut cultivar 'Elit'. But it turns out that the average difference in deformation of the shell between the cultivar 'Franquette' and 'G-139' is not statistically significant.

Based on the results, we have also found out that the deformation force depends heavily on a walnut cultivar and a crop year. For 2011 walnuts, a required average deformation force, to break the walnut shell, is statistically significantly greater than the deformation force for 2010 walnuts. Walnut cultivars 'Franquette' and 'G-139' require statistically significantly less force to break the walnut shell than a cultivar 'Elit'. From the data available, for the walnut cultivars 'Franquette' and 'G-139', we could not demonstrate a statistically significant difference in the deformation force required to crush the walnut shell.

7 VIRI

- Altuntas, E., Erkol M., 2010. Physical properties of shelled and kernel walnuts as affected by the moisture content. *Czech Journal of Food Sciences*, 28, 6: 547-556
- Aydin C. 2002. Physical properties of hazelnuts. *Biosystems Engineering*, 82, 3: 297-303
- Bernik R. 2000. Drobilnik lupinarjev. Patent št. P-200500303. Ljubljana, Urad RS za intelektualno lastnino: 8 str.
- Bernik R., Solar A., Skok D. 2004. Fizikalne lastnosti ploda oreha (*Juglans regia* L.) = Physical traits of fruit in common walnut (*Juglans regia* L.). *Acta agriculturae Slovenica*, 83, 1: 119-135
- Ercisli S., Kara M., Ozturk I., Sayinci B., Kalkan F. 2011. Comparison of some physico-mechanical nut and kernel properties of two walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 39, 2: 227-231
- Ghafari A., Chegini G.R., Khazaei J., Vahdati K. 2011. Design, Construction and Performance Evaluation of the Walnut Cracking Machine. *International Journal of Nuts and Related Sciences* 2, 1: 11-16
- Ghatrehsamani S.H., Zomorodian A. 2012. Impacts of drying air temperature, bed depth and air flow rate on walnut drying rate in an indirect solar dryer. *International Journal of Agriculture Sciences*, 4, 6: 253-256
- Gilberto C. B., Couto S. M., Hara T., Almeida Neto J. T. P. 1999. Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72: 239-245
- Godec B., Jankovič I. 2003. Sadni izbor za Slovenijo 2002. 1. izdaja, Krško, SAD: 143 str.
- Hassan-Beygi S.R., Aghbashlo M., Kianmehr M.H., Massah J. 2009. Drying characteristics of walnut (*Juglans regia* L.) during convection drying. *International Agrophysics*, 23: 129-135
- KGZS. 2010. Kmetijsko gozdarski zavod Ljubljana.
<http://lj.kgzs.si/1/sadna-drevesnica/seznami-sadik/drugo.aspx> (29.11.2015)
- Koyuncu M. A., Ekinci K., Savran E. 2004. Cracking characteristics of walnut. *Biosystems Engineering*, 87, 3: 305-311
- Košmelj K. 2001. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani: 249 str.

- Liu R., Wang C. H., Bathgate R. G. 1999. Fracture analysis of cracked macadamia nutshells under contact load between two rigid plates. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74: 243-250
- Ocepek R. 1995. Oreh: pridelovanje in uporaba. Ljubljana, ČZD Kmečki glas: 98 str.
- Ozdemir F., Akinci I. 2004. Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. *Journal of Food Engineering*, 63: 341-347
- Özdemir M., Özilgen M. 1997. Comparison of the quality of hazelnuts unshelled with different sizing and cracking systems. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67: 219-227
- Pinney K., Labavitch J. M., Polito V. S. 1998. Fruit growth and development. V: Walnut Production Manual. Publication 3373. David E. Ramos (ur.). Oakland, California, Univ. Calif. Div. Agr. Natural Resources: 139-143
- Polito S. 1998. Floral biology: Structure, development, and pollination. V: Walnut Production Manual. Publication 3373. David E. Ramos (ur.). Oakland, California, Univ. Calif. Div. Agr. Natural Resources: 127-132
- Sancin V. 1988. Sadje iz našega vrta. Trst, založništvo tržaškega tiska: 376 str.
- Shahbazi F. 2012. Effects of moisture content, impact direction and impact energy on the cracking characteristics of apricot pit. *World Applied Sciences Journal*, 20, 11: 1520-1528
- Sharifian F., Haddad Derafshi M. 2008. Mechanical behaviour of walnut under cracking Conditions. *Journal of Applied Sciences*, 8, 5: 886-890
- Sharifian F., Rahmani Didar A., Haddad Derafshi M. 2008. Design of a walnut cracking machine based on acquired mechanical properties. V: 10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture. Antalya, Turkey: 826-831
- Solar A., Ivančič A., Štampar F., Hudina M. 2002. Genetic resources for walnut (*Juglans regia* L.) improvement in Slovenia. Evaluation of the largest collection of local genotypes. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 45: 491-501
- Šob M., Friák M., Legut D., Fiala J., Vitek V. 2004. The role of ab initio electronic structure calculations in studies of the strength of materials. *Materials Science and Engineering*, 387-389: 148-157

ZAHVALA

Za pomoč in napotke pri izdelavi magistrske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju, prof. dr. Rajku Berniku ter vsem ostalim, ki ste mi pri delu pomagali in mi stali ob strani.

Posebna hvala družini, za vso potrpežljivost in podporo.

PRILOGA A

Merjenje vlažnosti lupine orehov v poskusnem obdobju 2010 in 2011.

Leto	Ponovitev	Sorta in oznaka vzorca	Datum merjenja	Vlažnost lupine orehov (%)
2010	1.	'Elit' (A)	8. 10. 2010	39,4 %
		'G-139' (B)	8. 10. 2010	55,0 %
	2.	'Elit' (C)	14. 10. 2010	27,0 %
		'G-139' (D)	14. 10. 2010	27,5 %
	3.	'Elit' (E)	19. 10. 2010	20,0 %
		'G-139' (F)	19. 10. 2010	21,1 %
	4.	'Elit' (G)	2. 6. 2011	12,2 %
		'G-139' (H)	2. 6. 2011	13,1 %
2011	1.	'Elit' (I)	6. 10. 2011	61,7 %
		'Franquette' (J)	6. 10. 2011	>80,0 %
	2.	'Elit' (K)	12. 10. 2011	26,9 %
		'Franquette' (L)	12. 10. 2011	80,0 %
	3.	'Elit' (M)	28. 2. 2012	8,2 %

PRILOGA B

Sorte orehov uporabljene v poskusu, posamezne ponovitve in časi meritev:

Letnik 2010

- Sorta 'Elit'

1. Sveži oreh, za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 7. 10. 2010.
2. Sveži oreh (dva dni sušeno), za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 12.10.2010. Skupaj masa vzorca 947 g.
3. Sveži oreh (štiri dni sušeno), za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 18.10.2010. Skupaj masa vzorca 878 g.
4. Suhi oreh, za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 22. 10. 2010.

- Sorta 'G-139'

1. Sveži oreh, za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 7. 10. 2010.
2. Sveži oreh (dva dni sušeno), za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 12.10.2010. Skupaj masa vzorca 1059 g.
3. Sveži oreh (štiri dni sušeno), za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 18.10.2010. Skupaj masa vzorca 1005 g.
4. Suhi oreh, za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 22. 10. 2010.

Letnik 2011

- Sorta 'Elit'

1. Sveži oreh, za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 3. 10. 2011. Skupaj masa vzorca 1764,6 g.
2. Sveži oreh (dva dni sušeno), za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 10. 10. 2011.
3. Suhi oreh, za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 5. 12. 2011.

- Sorta 'Franquette'

1. Sveži oreh, za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 3. 10. 2011. Skupaj masa vzorca 1392,7 g.
2. Sveži oreh (dva dni sušeno), za merjenje sile po višini, merjenje opravljeno 10. 10. 2011.

PRILOGA C

Podatki meritev višine, širine, debeline, sile deformacije, deformacije lupine in vlažnosti lupine orehov, za vse orehe, ki so bili vključeni v raziskovalno nalogo.

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
1A	30,45	29,20	31,90	147,0	1,20	'Elit'	A
2A	34,65	29,20	31,00	271,0	1,41	'Elit'	A
3A	38,55	31,50	31,95	425,0	1,42	'Elit'	A
4A	34,00	29,55	29,10	228,0	1,32	'Elit'	A
5A	36,35	33,05	32,50	116,0	0,72	'Elit'	A
6A	32,90	26,10	29,70	117,0	1,31	'Elit'	A
7A	41,75	31,00	31,30	152,0	0,97	'Elit'	A
8A	39,50	30,6	33,05	157,0	1,04	'Elit'	A
9A	33,55	28,05	29,50	235,0	0,73	'Elit'	A
10A	36,85	30,60	31,40	287,0	1,57	'Elit'	A
11A	37,70	30,80	31,35	165,0	2,99	'Elit'	A
12A	36,50	28,20	31,30	378,0	1,08	'Elit'	A
13A	34,10	28,35	28,10	180,0	0,90	'Elit'	A
14A	35,40	31,00	31,80	144,0	0,62	'Elit'	A
15A	33,20	26,70	28,90	98,0	2,99	'Elit'	A
16A	36,40	29,70	32,05	130,0	0,91	'Elit'	A
17A	34,70	28,00	29,50	79,0	2,99	'Elit'	A
18A	34,30	28,10	29,50	184,0	0,76	'Elit'	A
19A	33,10	27,90	28,50	117,0	2,99	'Elit'	A
20A	36,40	32,25	32,80	155,0	0,78	'Elit'	A
21A	33,00	29,20	30,70	154,0	0,78	'Elit'	A
22A	32,40	27,25	29,40	266,0	0,95	'Elit'	A
23A	36,00	29,30	30,90	267,0	0,88	'Elit'	A
24A	31,80	32,00	31,80	144,0	0,67	'Elit'	A
25A	35,80	28,90	29,45	292,0	1,10	'Elit'	A
26A	36,90	30,65	31,70	189,0	0,87	'Elit'	A
27A	36,90	31,60	32,10	86,0	2,99	'Elit'	A
28A	34,40	28,25	29,40	157,0	0,74	'Elit'	A
29A	35,55	28,55	32,55	80,0	0,69	'Elit'	A
30A	33,10	27,60	29,60	188,0	2,90	'Elit'	A
31A	36,30	30,90	30,10	164,0	0,99	'Elit'	A
32A	38,20	29,70	32,00	83,0	2,99	'Elit'	A
33A	35,90	30,70	31,75	185,0	1,01	'Elit'	A
34A	34,65	26,90	31,10	190,0	1,00	'Elit'	A

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
35A	37,20	29,80	31,10	148,0	2,86	'Elit'	A
36A	28,80	29,05	30,55	90,0	2,99	'Elit'	A
37A	39,40	31,90	32,30	159,0	1,17	'Elit'	A
38A	35,80	30,30	32,60	174,0	0,87	'Elit'	A
39A	38,00	31,05	32,20	180,0	1,28	'Elit'	A
40A	32,00	29,15	30,35	108,0	1,69	'Elit'	A
41A	36,20	28,50	30,70	127,0	1,04	'Elit'	A
42A	37,70	30,00	31,90	64,0	1,12	'Elit'	A
43A	37,40	30,25	32,75	363,0	1,03	'Elit'	A
44A	36,10	30,20	31,20	102,0	2,73	'Elit'	A
45A	35,90	30,50	31,80	300,0	1,04	'Elit'	A
46A	35,40	29,40	31,00	173,0	1,20	'Elit'	A
47A	36,10	30,00	32,00	233,0	0,84	'Elit'	A
48A	34,60	28,20	29,00	147,0	0,67	'Elit'	A
49A	35,55	30,35	32,05	139,0	2,83	'Elit'	A
50A	36,70	30,35	31,80	155,0	2,61	'Elit'	A
51A	37,50	29,90	33,05	301,0	1,27	'Elit'	A
52A	38,80	31,00	32,90	84,0	0,39	'Elit'	A
53A	34,75	29,60	30,70	150,0	0,52	'Elit'	A
54A	36,60	31,00	32,40	157,0	0,60	'Elit'	A
55A	37,45	30,20	30,00	121,0	2,15	'Elit'	A
56A	33,50	29,60	31,70	128,0	0,65	'Elit'	A
57A	35,00	29,50	30,70	166,0	0,72	'Elit'	A
58A	41,70	31,40	32,35	311,0	1,25	'Elit'	A
59A	36,30	29,10	30,00	182,0	0,73	'Elit'	A
60A	36,20	28,30	30,10	119,0	2,99	'Elit'	A
61A	35,00	29,00	31,30	180,0	0,79	'Elit'	A
62A	33,40	28,90	30,35	141,0	0,42	'Elit'	A
63A	36,90	30,50	30,30	191,0	1,00	'Elit'	A
64A	35,90	30,00	32,60	173,0	2,93	'Elit'	A
65A	38,20	30,25	30,95	168,0	0,70	'Elit'	A
66A	36,55	31,95	31,65	133,0	2,93	'Elit'	A
67A	35,10	31,70	31,00	146,0	0,67	'Elit'	A
68A	36,90	30,10	31,35	91,0	2,31	'Elit'	A
69A	38,00	31,70	31,70	123,0	0,91	'Elit'	A
70A	33,65	28,90	30,00	127,0	0,92	'Elit'	A
71A	34,05	29,50	29,10	238,0	0,62	'Elit'	A
72A	37,60	31,40	32,85	106,0	2,92	'Elit'	A
73A	34,50	29,40	30,50	254,0	0,80	'Elit'	A

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
74A	40,40	30,40	30,70	82,0	2,42	'Elit'	A
75A	36,00	32,20	32,60	56,0	2,99	'Elit'	A
76A	35,30	29,30	30,40	169,0	0,80	'Elit'	A
77A	39,20	32,90	33,15	195,0	2,74	'Elit'	A
78A	39,35	30,15	31,15	292,0	0,94	'Elit'	A
79A	36,70	30,80	33,30	189,0	1,27	'Elit'	A
80A	35,15	30,65	32,55	89,0	0,78	'Elit'	A
81A	34,20	29,20	30,20	151,0	0,75	'Elit'	A
82A	33,50	28,00	30,10	190,0	0,81	'Elit'	A
83A	37,30	31,00	32,20	118,0	2,00	'Elit'	A
84A	33,20	28,65	29,30	170,0	0,78	'Elit'	A
85A	35,60	29,30	30,60	211,0	2,99	'Elit'	A
86A	35,40	29,40	31,50	249,0	0,96	'Elit'	A
87A	35,80	29,20	30,40	206,0	0,90	'Elit'	A
88A	32,60	30,90	31,50	114,0	0,60	'Elit'	A
89A	34,50	28,90	29,60	62,0	1,95	'Elit'	A
90A	31,40	27,40	29,40	177,0	0,69	'Elit'	A
91A	33,80	31,00	31,85	120,0	0,51	'Elit'	A
92A	34,30	28,80	31,10	148,0	1,19	'Elit'	A
93A	33,30	28,50	28,90	206,0	2,99	'Elit'	A
94A	38,00	30,00	31,40	184,0	0,55	'Elit'	A
95A	36,10	30,10	33,10	125,0	0,41	'Elit'	A
96A	38,00	31,55	32,40	60,0	1,53	'Elit'	A
97A	35,55	27,95	29,25	112,0	2,99	'Elit'	A
98A	34,50	28,35	29,10	198,0	0,90	'Elit'	A
99A	32,35	27,20	27,20	96,0	0,55	'Elit'	A
100A	35,85	28,85	31,95	105,0	2,99	'Elit'	A
6B	36,70	28,80	30,00	89,0	2,99	'G-139'	B
7B	37,00	29,40	30,80	122,0	2,47	'G-139'	B
9B	36,60	31,10	31,20	177,0	2,99	'G-139'	B
11B	38,45	31,70	32,00	133,0	0,72	'G-139'	B
12B	39,00	31,85	32,10	77,0	1,81	'G-139'	B
13B	41,85	30,40	32,55	95,0	2,30	'G-139'	B
17B	32,55	30,00	31,90	72,0	1,63	'G-139'	B
18B	35,00	29,15	30,80	113,0	2,98	'G-139'	B
23B	35,85	28,30	31,35	91,0	0,67	'G-139'	B
34B	36,50	31,00	31,10	161,0	2,40	'G-139'	B
39B	35,50	30,25	32,25	111,0	2,99	'G-139'	B
42B	39,40	31,00	30,70	61,0	2,99	'G-139'	B

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
44B	40,30	30,60	33,00	112,0	0,95	'G-139'	B
45B	37,65	31,40	31,50	112,0	2,86	'G-139'	B
53B	39,00	32,30	32,90	176,0	2,99	'G-139'	B
55B	34,55	31,30	31,10	168,0	0,72	'G-139'	B
57B	36,55	30,30	33,15	62,0	1,43	'G-139'	B
58B	36,35	30,20	31,85	104,0	2,99	'G-139'	B
61B	35,10	30,15	32,20	122,0	2,99	'G-139'	B
63B	35,00	29,40	32,00	99,0	2,80	'G-139'	B
66B	35,20	28,10	32,30	56,0	0,70	'G-139'	B
67B	36,30	30,40	31,90	166,0	1,16	'G-139'	B
68B	40,30	29,90	33,60	97,0	2,99	'G-139'	B
70B	35,10	29,15	31,50	160,0	2,70	'G-139'	B
71B	37,45	30,00	30,80	113,0	2,99	'G-139'	B
74B	36,00	29,60	31,40	71,0	1,35	'G-139'	B
75B	37,00	29,70	34,00	100,0	0,44	'G-139'	B
78B	33,20	28,50	31,15	81,0	1,47	'G-139'	B
81B	35,40	28,45	28,90	203,0	2,99	'G-139'	B
85B	35,10	29,45	29,95	118,0	2,99	'G-139'	B
90B	39,00	30,00	33,00	99,0	2,99	'G-139'	B
91B	36,35	29,60	31,70	108,0	0,87	'G-139'	B
93B	39,40	33,00	33,15	148,0	2,99	'G-139'	B
95B	34,40	29,10	28,80	70,0	0,55	'G-139'	B
96B	35,55	29,80	32,05	70,0	2,98	'G-139'	B
97B	33,80	30,80	30,30	250,0	1,67	'G-139'	B
98B	32,70	27,90	29,40	138,0	0,66	'G-139'	B
100B	36,35	30,35	31,60	172,0	0,73	'G-139'	B
1C	38,10	31,33	32,00	86,0	2,99	'Elit'	C
2C	31,30	24,65	28,20	156,0	2,99	'Elit'	C
3C	39,20	32,40	32,10	129,0	2,99	'Elit'	C
4C	35,00	29,40	29,60	72,0	0,86	'Elit'	C
5C	37,50	31,40	31,40	129,0	2,99	'Elit'	C
6C	34,40	30,20	30,60	186,0	2,94	'Elit'	C
7C	35,20	28,70	31,90	143,0	1,54	'Elit'	C
8C	33,00	28,30	28,80	136,0	2,99	'Elit'	C
9C	32,90	26,60	28,00	139,0	2,98	'Elit'	C
10C	37,90	31,50	33,70	164,0	0,71	'Elit'	C
11C	34,50	26,70	29,70	111,0	0,64	'Elit'	C
12C	31,70	28,10	29,70	69,0	1,17	'Elit'	C
13C	35,70	30,60	32,05	133,0	0,87	'Elit'	C

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
14C	36,25	29,15	31,20	140,0	2,62	'Elit'	C
15C	35,50	31,20	33,20	77,0	2,98	'Elit'	C
16C	34,20	30,00	32,00	148,0	2,98	'Elit'	C
17C	33,90	27,80	28,40	190,0	2,98	'Elit'	C
18C	36,35	29,00	30,50	103,0	2,96	'Elit'	C
19C	35,70	30,60	32,40	153,0	2,89	'Elit'	C
20C	32,00	27,40	27,60	147,0	2,98	'Elit'	C
1D	38,80	31,90	33,90	120,0	2,97	'G-139'	D
2D	35,80	38,40	30,50	94,0	2,98	'G-139'	D
3D	42,50	29,70	32,60	94,0	2,98	'G-139'	D
4D	40,50	31,60	33,65	84,0	1,01	'G-139'	D
5D	36,60	30,40	31,00	78,0	1,07	'G-139'	D
6D	38,80	32,90	33,10	112,0	2,69	'G-139'	D
7D	41,60	31,20	33,60	60,0	2,93	'G-139'	D
8D	36,60	31,10	31,30	99,0	2,98	'G-139'	D
9D	37,50	32,00	33,30	77,0	2,78	'G-139'	D
10D	36,10	31,20	31,40	142,0	2,92	'G-139'	D
11D	35,40	30,20	30,70	140,0	2,97	'G-139'	D
12D	38,60	30,70	32,20	69,0	2,94	'G-139'	D
13D	34,50	30,30	30,50	87,0	0,39	'G-139'	D
14D	32,50	28,10	28,80	103,0	2,86	'G-139'	D
15D	33,90	30,60	30,30	78,0	2,99	'G-139'	D
16D	33,90	29,00	29,20	141,0	1,18	'G-139'	D
17D	35,00	31,30	32,70	61,0	2,98	'G-139'	D
18D	35,30	29,40	30,30	93,0	2,99	'G-139'	D
19D	35,40	29,20	29,40	82,0	2,98	'G-139'	D
20D	34,40	29,80	30,40	120,0	2,90	'G-139'	D
1E	31,90	28,00	29,00	19,0	0,46	'Elit'	E
2E	31,50	25,40	30,00	132,0	2,63	'Elit'	E
3E	35,40	30,30	30,80	88,0	2,89	'Elit'	E
4E	34,20	29,20	31,40	127,0	1,28	'Elit'	E
5E	32,60	28,00	29,90	178,0	0,98	'Elit'	E
6E	33,20	28,80	29,05	154,0	0,82	'Elit'	E
7E	33,80	28,50	29,10	136,0	0,36	'Elit'	E
8E	32,60	28,40	28,70	156,0	2,99	'Elit'	E
9E	33,00	29,30	30,50	161,0	1,21	'Elit'	E
10E	33,00	28,30	30,60	195,0	2,99	'Elit'	E
11E	34,20	27,00	28,20	78,0	2,26	'Elit'	E
12E	37,30	30,70	31,00	80,0	2,97	'Elit'	E

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
13E	37,70	28,40	32,00	104,0	2,99	'Elit'	E
14E	30,30	27,00	26,50	167,0	0,73	'Elit'	E
15E	34,50	29,90	30,70	127,0	0,52	'Elit'	E
16E	35,75	28,50	31,00	92,0	0,49	'Elit'	E
17E	34,20	27,60	29,20	93,0	2,99	'Elit'	E
18E	35,00	27,55	30,60	83,0	2,96	'Elit'	E
19E	37,90	30,70	31,70	157,0	2,32	'Elit'	E
20E	36,60	30,40	33,10	124,0	0,52	'Elit'	E
21E	34,40	29,40	29,00	78,0	0,42	'Elit'	E
22E	36,00	28,50	29,00	124,0	2,99	'Elit'	E
23E	39,40	30,10	32,70	89,0	1,83	'Elit'	E
24E	31,40	25,75	28,00	109,0	0,50	'Elit'	E
25E	35,70	29,10	30,40	256,0	1,36	'Elit'	E
26E	35,20	29,10	29,50	202,0	0,81	'Elit'	E
27E	35,20	30,00	31,60	114,0	2,99	'Elit'	E
28E	38,05	30,70	31,50	176,0	0,71	'Elit'	E
29E	37,20	31,00	31,90	129,0	0,68	'Elit'	E
30E	36,40	30,00	31,60	183,0	2,98	'Elit'	E
1F	38,40	30,15	30,50	59,0	2,99	'G-139'	F
2F	31,90	27,60	29,40	142,0	2,78	'G-139'	F
3F	36,60	29,40	31,70	105,0	2,99	'G-139'	F
4F	36,50	29,80	32,30	156,0	0,74	'G-139'	F
5F	38,80	31,00	32,00	92,0	2,99	'G-139'	F
6F	33,50	28,70	30,30	81,0	1,78	'G-139'	F
7F	34,20	27,30	30,40	106,0	2,99	'G-139'	F
8F	34,00	27,60	28,50	67,0	2,12	'G-139'	F
9F	37,60	29,80	32,00	103,0	2,51	'G-139'	F
10F	36,90	30,30	30,90	51,0	2,17	'G-139'	F
11F	36,50	30,50	32,90	68,0	2,99	'G-139'	F
12F	34,20	28,70	31,00	98,0	2,45	'G-139'	F
13F	36,00	32,00	33,20	144,0	2,88	'G-139'	F
14F	34,20	29,80	29,80	66,0	1,82	'G-139'	F
15F	38,20	30,00	31,40	92,0	0,89	'G-139'	F
16F	36,30	29,50	32,00	33,0	2,68	'G-139'	F
17F	33,80	27,00	27,90	127,0	1,91	'G-139'	F
18F	33,20	28,60	28,40	95,0	2,64	'G-139'	F
19F	27,60	31,00	31,70	63,0	2,99	'G-139'	F
20F	34,50	28,50	31,25	65,0	2,99	'G-139'	F
21F	36,50	30,00	32,60	179,0	0,76	'G-139'	F

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
22F	34,00	28,50	29,00	84,0	0,55	'G-139'	F
23F	29,20	30,75	31,80	100,0	2,97	'G-139'	F
24F	39,50	32,00	32,70	130,0	2,89	'G-139'	F
25F	38,90	31,50	31,65	65,0	2,99	'G-139'	F
26F	35,00	30,90	32,10	87,0	0,72	'G-139'	F
27F	33,60	29,50	29,80	108,0	1,89	'G-139'	F
28F	38,00	30,75	31,10	126,0	2,92	'G-139'	F
29F	39,20	32,40	34,70	82,0	1,19	'G-139'	F
30F	35,70	30,00	32,80	58,0	2,89	'G-139'	F
1G	35,40	29,50	32,00	220,0	2,84	'Elit'	G
2G	37,30	30,00	32,80	521,0	1,34	'Elit'	G
3G	34,10	28,10	29,05	134,0	2,99	'Elit'	G
4G	31,30	26,10	27,30	159,0	2,99	'Elit'	G
5G	32,10	25,40	26,50	220,0	2,97	'Elit'	G
6G	32,25	29,70	30,00	190,0	2,99	'Elit'	G
7G	33,00	27,80	29,70	175,0	2,99	'Elit'	G
8G	33,00	28,20	28,00	99,0	1,75	'Elit'	G
9G	34,30	29,10	30,60	186,0	2,83	'Elit'	G
10G	33,70	28,00	30,15	192,0	0,81	'Elit'	G
11G	33,15	26,00	28,60	150,0	0,86	'Elit'	G
12G	31,40	27,20	27,90	128,0	0,53	'Elit'	G
13G	28,20	26,80	28,00	199,0	2,99	'Elit'	G
14G	36,80	30,00	32,10	146,0	2,99	'Elit'	G
15G	36,70	29,60	31,30	166,0	0,93	'Elit'	G
16G	34,00	30,40	30,70	173,0	2,99	'Elit'	G
17G	34,20	27,50	28,70	178,0	2,99	'Elit'	G
18G	37,00	29,60	29,80	101,0	2,96	'Elit'	G
19G	35,00	28,20	29,80	168,0	2,84	'Elit'	G
20G	33,00	27,60	28,00	123,0	0,72	'Elit'	G
21G	35,15	28,90	30,80	156,0	2,99	'Elit'	G
22G	33,20	29,55	29,55	93,0	1,12	'Elit'	G
23G	35,10	28,40	31,50	149,0	2,70	'Elit'	G
24G	32,80	28,00	29,80	214,0	2,99	'Elit'	G
25G	34,40	30,00	31,50	158,0	2,93	'Elit'	G
1H	32,70	25,00	26,80	213,0	2,78	'G-139'	H
2H	31,00	24,40	26,70	114,0	2,18	'G-139'	H
3H	36,80	30,55	32,20	155,0	2,59	'G-139'	H
4H	36,40	28,60	31,30	123,0	2,83	'G-139'	H
5H	33,90	29,25	29,00	211,0	2,66	'G-139'	H

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
6H	33,50	26,60	29,20	174,0	2,45	'G-139'	H
7H	35,00	28,20	29,80	99,0	2,27	'G-139'	H
8H	33,60	29,80	29,10	139,0	2,36	'G-139'	H
9H	34,40	30,50	31,10	158,0	2,47	'G-139'	H
10H	33,10	27,60	29,60	116,0	2,38	'G-139'	H
11H	32,40	27,00	28,40	156,0	2,81	'G-139'	H
12H	31,20	25,75	27,95	127,0	2,45	'G-139'	H
13H	33,00	27,10	28,10	116,0	2,55	'G-139'	H
14H	31,40	28,10	28,40	138,0	2,57	'G-139'	H
15H	33,10	28,40	29,00	214,0	2,99	'G-139'	H
16H	32,20	26,70	28,40	209,0	2,99	'G-139'	H
17H	35,60	28,70	30,00	84,0	2,87	'G-139'	H
18H	31,70	25,00	27,40	189,0	2,99	'G-139'	H
19H	32,20	27,90	30,00	192,0	0,61	'G-139'	H
20H	35,20	28,25	28,00	254,0	2,99	'G-139'	H
21H	39,00	29,70	31,25	136,0	2,65	'G-139'	H
22H	35,10	27,70	29,95	146,0	2,99	'G-139'	H
23H	35,80	29,40	29,30	113,0	1,43	'G-139'	H
24H	32,40	29,20	30,50	137,0	2,99	'G-139'	H
25H	34,00	28,80	31,70	91,0	1,82	'G-139'	H
1I	38,40	32,20	35,60	299,7	1,06	'Elit'	I
2I	37,10	30,50	32,70	196,3	0,82	'Elit'	I
3I	34,60	27,50	31,00	249,2	0,86	'Elit'	I
4I	36,50	30,85	32,70	250,3	1,24	'Elit'	I
5I	37,05	30,50	33,55	434,7	1,57	'Elit'	I
6I	37,40	31,35	34,65	136,7	1,48	'Elit'	I
7I	37,40	30,60	33,40	417,3	1,70	'Elit'	I
8I	40,40	32,25	34,70	356,7	1,28	'Elit'	I
9I	33,90	29,85	31,00	160,3	2,99	'Elit'	I
10I	36,50	30,95	33,00	292,9	1,04	'Elit'	I
11I	38,25	31,40	33,00	351,4	1,15	'Elit'	I
12I	34,65	30,50	32,35	200,1	2,98	'Elit'	I
13I	38,80	29,70	32,70	163,4	2,69	'Elit'	I
14I	38,20	30,10	33,80	300,4	0,97	'Elit'	I
15I	38,80	31,40	33,20	278,0	2,98	'Elit'	I
16I	36,40	30,70	33,80	317,1	1,13	'Elit'	I
17I	37,95	31,60	35,80	265,7	0,65	'Elit'	I
18I	35,90	38,60	31,90	334,3	1,30	'Elit'	I
19I	39,30	31,60	34,00	173,7	2,99	'Elit'	I

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
20I	38,10	30,10	32,70	188,8	2,65	'Elit'	I
21I	39,50	31,20	34,65	180,2	2,60	'Elit'	I
22I	38,20	31,80	32,90	442,2	1,66	'Elit'	I
23I	37,80	29,40	33,90	179,3	2,99	'Elit'	I
24I	34,90	31,85	30,10	278,4	1,13	'Elit'	I
25I	39,70	30,50	34,80	254,4	2,90	'Elit'	I
26I	37,70	32,00	33,40	274,3	0,83	'Elit'	I
27I	36,80	31,00	34,05	537,2	1,96	'Elit'	I
28I	38,60	31,40	32,80	473,5	1,38	'Elit'	I
29I	35,40	38,05	30,15	128,0	1,54	'Elit'	I
30I	39,55	30,20	33,40	190,9	2,99	'Elit'	I
31I	40,30	31,50	33,60	282,1	1,06	'Elit'	I
32I	35,65	30,80	31,35	288,7	0,94	'Elit'	I
33I	35,50	38,30	31,70	211,2	2,00	'Elit'	I
34I	37,80	30,90	34,30	173,5	2,99	'Elit'	I
35I	37,60	29,40	31,40	256,0	2,97	'Elit'	I
36I	37,90	30,20	33,65	307,1	1,39	'Elit'	I
37I	40,60	30,75	30,80	312,1	1,36	'Elit'	I
38I	36,80	30,30	32,10	424,5	1,45	'Elit'	I
39I	37,20	30,40	34,15	199,8	0,87	'Elit'	I
40I	37,60	31,05	32,70	319,1	1,20	'Elit'	I
41I	37,90	30,40	32,60	293,1	1,00	'Elit'	I
42I	36,50	39,40	32,50	462,1	1,14	'Elit'	I
43I	33,60	28,00	29,00	357,3	1,41	'Elit'	I
44I	35,70	28,40	32,30	173,3	2,66	'Elit'	I
45I	34,80	32,20	34,85	298,8	1,10	'Elit'	I
46I	37,90	30,35	35,30	204,6	0,72	'Elit'	I
47I	35,80	28,90	32,00	218,6	1,11	'Elit'	I
48I	36,00	29,20	32,20	230,4	2,99	'Elit'	I
49I	42,00	31,30	36,60	207,8	2,17	'Elit'	I
50I	38,10	31,50	34,80	277,6	1,05	'Elit'	I
51I	34,40	30,50	33,00	160,2	1,50	'Elit'	I
52I	40,00	30,95	34,40	427,3	1,70	'Elit'	I
53I	37,70	29,95	31,30	613,8	1,37	'Elit'	I
54I	36,70	30,60	32,50	380,7	1,33	'Elit'	I
55I	35,60	29,40	31,10	401,0	1,18	'Elit'	I
56I	37,40	31,60	34,00	165,0	2,99	'Elit'	I
57I	33,60	38,40	29,30	338,6	1,15	'Elit'	I
58I	39,30	30,50	33,80	440,5	1,42	'Elit'	I

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
59I	34,70	30,70	31,30	245,8	1,14	'Elit'	I
60I	43,00	29,90	29,90	130,5	1,67	'Elit'	I
61I	36,60	31,20	34,90	458,4	1,74	'Elit'	I
62I	38,80	30,70	33,00	403,5	1,26	'Elit'	I
63I	39,20	31,00	34,90	151,6	1,04	'Elit'	I
64I	36,00	29,30	33,20	145,1	2,99	'Elit'	I
65I	42,00	30,70	34,30	309,5	0,75	'Elit'	I
66I	33,80	30,00	30,00	265,6	1,22	'Elit'	I
67I	37,50	29,70	33,00	143,8	2,47	'Elit'	I
68I	37,40	30,80	35,00	235,9	1,20	'Elit'	I
69I	34,60	28,30	32,00	184,4	0,80	'Elit'	I
70I	35,70	29,30	32,20	204,3	2,99	'Elit'	I
71I	40,20	29,50	35,00	138,5	2,40	'Elit'	I
72I	40,70	31,75	36,40	205,0	2,97	'Elit'	I
73I	41,10	29,80	34,00	269,0	1,11	'Elit'	I
74I	37,70	29,70	33,40	199,8	0,83	'Elit'	I
75I	38,80	29,80	33,90	248,2	1,04	'Elit'	I
76I	40,20	30,90	33,80	194,1	2,99	'Elit'	I
77I	36,00	31,70	34,60	202,0	0,70	'Elit'	I
78I	37,95	31,30	35,00	264,5	1,17	'Elit'	I
79I	36,60	30,50	32,60	326,9	1,09	'Elit'	I
80I	42,10	31,50	34,10	219,9	1,14	'Elit'	I
81I	41,50	32,20	35,00	233,4	1,20	'Elit'	I
82I	37,40	30,50	34,60	136,4	2,80	'Elit'	I
83I	38,30	31,50	34,00	262,9	0,84	'Elit'	I
84I	35,80	29,90	33,10	166,8	2,56	'Elit'	I
85I	39,00	30,40	33,00	330,7	2,14	'Elit'	I
86I	32,70	38,50	31,00	351,3	1,23	'Elit'	I
87I	42,20	32,30	34,20	202,7	0,78	'Elit'	I
88I	37,40	31,20	35,00	359,7	1,14	'Elit'	I
89I	38,20	30,60	32,30	433,8	1,53	'Elit'	I
90I	34,60	28,00	29,70	287,1	2,90	'Elit'	I
91I	36,70	32,10	34,10	290,0	1,20	'Elit'	I
92I	37,00	31,80	33,10	516,8	1,00	'Elit'	I
93I	35,50	30,10	33,00	520,6	1,23	'Elit'	I
94I	39,00	31,00	36,00	397,7	1,03	'Elit'	I
95I	37,00	29,20	31,60	217,4	2,99	'Elit'	I
96I	35,40	28,80	30,90	163,7	2,90	'Elit'	I
97I	38,50	31,00	33,30	133,9	0,83	'Elit'	I

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
98I	39,10	31,20	33,30	239,5	0,82	'Elit'	I
99I	36,40	28,90	31,10	213,9	0,87	'Elit'	I
100I	35,10	30,10	32,90	162,1	2,99	'Elit'	I
1J	46,60	34,10	32,70	113,2	2,97	'Franquette'	J
2J	45,40	35,50	36,10	266,5	2,03	'Franquette'	J
3J	46,40	34,40	34,20	160,7	2,80	'Franquette'	J
4J	36,20	33,80	34,00	188,5	1,43	'Franquette'	J
5J	43,70	32,60	32,80	110,0	1,36	'Franquette'	J
6J	43,40	30,90	32,10	128,0	2,99	'Franquette'	J
7J	43,80	32,60	31,10	238,2	2,05	'Franquette'	J
8J	45,80	32,50	31,60	160,5	2,99	'Franquette'	J
9J	42,60	30,40	30,80	406,2	2,30	'Franquette'	J
10J	46,90	34,20	32,70	235,9	1,40	'Franquette'	J
11J	38,80	29,70	30,00	117,7	1,11	'Franquette'	J
12J	41,40	30,00	31,30	149,0	2,88	'Franquette'	J
13J	43,80	33,00	31,90	154,0	2,65	'Franquette'	J
14J	42,20	32,20	32,70	225,4	1,64	'Franquette'	J
15J	44,40	34,40	35,00	195,9	2,31	'Franquette'	J
16J	41,90	31,10	30,75	180,6	2,46	'Franquette'	J
17J	43,30	32,40	33,60	127,6	2,92	'Franquette'	J
18J	40,90	29,70	29,10	334,8	1,51	'Franquette'	J
19J	43,10	32,20	32,20	388,5	1,68	'Franquette'	J
20J	41,30	30,60	30,70	198,6	1,06	'Franquette'	J
21J	40,30	30,95	30,80	144,2	0,84	'Franquette'	J
22J	42,60	32,80	32,20	154,7	2,75	'Franquette'	J
23J	40,20	30,40	30,50	117,3	2,95	'Franquette'	J
24J	43,40	33,20	32,00	131,7	2,18	'Franquette'	J
25J	41,40	32,40	31,70	216,5	1,14	'Franquette'	J
26J	44,40	32,20	32,60	160,5	0,91	'Franquette'	J
27J	42,00	30,10	31,70	223,1	2,83	'Franquette'	J
28J	45,20	31,90	32,45	183,7	1,26	'Franquette'	J
29J	42,40	31,20	30,20	200,5	0,98	'Franquette'	J
30J	47,10	33,70	34,50	192,2	2,80	'Franquette'	J
31J	42,60	33,40	31,60	257,6	1,07	'Franquette'	J
32J	40,80	31,90	30,75	144,7	1,19	'Franquette'	J
33J	43,50	32,70	33,10	227,4	1,03	'Franquette'	J
34J	41,35	30,00	30,45	121,4	2,99	'Franquette'	J
35J	41,80	32,50	32,20	268,1	0,79	'Franquette'	J
36J	42,20	32,95	33,15	240,7	1,00	'Franquette'	J

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
37J	41,40	31,10	31,40	250,1	1,15	'Franquette'	J
38J	43,00	31,80	32,10	163,0	0,87	'Franquette'	J
39J	43,50	31,10	31,90	212,1	1,13	'Franquette'	J
40J	43,30	32,80	32,20	426,0	1,80	'Franquette'	J
41J	42,60	30,75	31,45	363,7	2,00	'Franquette'	J
42J	43,00	31,20	31,40	111,3	2,99	'Franquette'	J
43J	41,10	30,50	29,60	306,3	1,09	'Franquette'	J
44J	43,90	33,00	33,50	157,7	2,99	'Franquette'	J
45J	41,80	32,40	33,60	134,6	1,51	'Franquette'	J
46J	45,25	32,70	33,70	134,6	0,84	'Franquette'	J
47J	42,00	31,80	30,00	105,6	1,14	'Franquette'	J
48J	41,50	31,60	30,50	146,1	1,26	'Franquette'	J
49J	44,50	32,10	32,40	213,0	1,07	'Franquette'	J
50J	45,60	32,45	31,70	471,5	2,99	'Franquette'	J
51J	43,00	32,20	32,00	243,6	1,15	'Franquette'	J
52J	43,10	31,80	31,10	389,2	2,97	'Franquette'	J
53J	40,50	32,85	32,40	229,2	2,80	'Franquette'	J
54J	45,30	34,60	34,80	322,0	1,43	'Franquette'	J
55J	42,15	31,10	30,75	403,2	2,99	'Franquette'	J
56J	41,10	29,65	29,65	286,9	2,30	'Franquette'	J
57J	39,90	31,35	30,30	120,0	1,40	'Franquette'	J
58J	41,10	31,80	29,90	157,5	0,98	'Franquette'	J
59J	39,10	29,60	33,10	160,7	1,00	'Franquette'	J
60J	44,60	32,50	32,90	361,1	1,13	'Franquette'	J
61J	43,90	32,50	32,00	165,0	0,84	'Franquette'	J
62J	43,00	32,90	32,50	214,1	2,18	'Franquette'	J
63J	44,70	33,60	34,65	234,0	2,00	'Franquette'	J
64J	44,35	41,50	30,00	198,2	0,90	'Franquette'	J
65J	45,40	32,30	32,40	292,8	1,75	'Franquette'	J
66J	46,60	34,25	34,50	420,5	2,25	'Franquette'	J
67J	41,90	31,60	31,50	141,5	1,13	'Franquette'	J
68J	43,70	32,00	32,50	146,0	2,99	'Franquette'	J
69J	45,40	33,20	33,90	244,6	1,51	'Franquette'	J
70J	45,70	32,70	32,70	111,3	1,07	'Franquette'	J
71J	41,50	30,60	30,70	177,4	2,80	'Franquette'	J
72J	41,70	30,90	31,60	194,0	2,30	'Franquette'	J
73J	42,20	31,40	31,40	178,1	0,98	'Franquette'	J
74J	41,20	31,40	31,90	162,0	2,03	'Franquette'	J
75J	42,30	32,50	32,80	278,2	1,36	'Franquette'	J

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
76J	49,10	35,00	35,60	240,7	2,30	'Franquette'	J
77J	40,90	31,80	31,10	190,4	2,65	'Franquette'	J
78J	45,40	33,40	33,20	360,2	0,58	'Franquette'	J
79J	43,70	31,85	31,00	153,4	2,99	'Franquette'	J
80J	41,10	30,60	30,90	156,3	2,22	'Franquette'	J
81J	44,40	34,40	33,50	163,7	2,18	'Franquette'	J
82J	42,20	31,40	32,00	213,9	1,19	'Franquette'	J
83J	41,10	31,50	31,00	348,8	0,98	'Franquette'	J
84J	39,70	34,40	33,80	203,2	1,94	'Franquette'	J
85J	46,10	34,20	34,40	301,0	1,70	'Franquette'	J
86J	43,60	31,20	31,10	169,1	2,00	'Franquette'	J
87J	44,00	32,70	33,50	198,1	2,15	'Franquette'	J
88J	43,60	33,80	33,50	195,2	2,20	'Franquette'	J
89J	47,30	35,50	35,00	147,0	2,60	'Franquette'	J
90J	42,30	33,80	33,80	157,9	0,90	'Franquette'	J
91J	46,80	32,30	32,40	296,2	2,10	'Franquette'	J
92J	41,90	32,20	31,00	211,7	1,80	'Franquette'	J
93J	41,60	31,00	31,10	165,5	1,75	'Franquette'	J
94J	41,40	31,20	31,30	366,1	0,89	'Franquette'	J
95J	42,00	31,60	31,40	230,6	1,14	'Franquette'	J
96J	46,00	33,10	35,25	283,2	2,60	'Franquette'	J
97J	43,60	31,50	32,50	143,1	2,56	'Franquette'	J
98J	43,30	31,70	31,35	154,5	2,25	'Franquette'	J
99J	40,40	31,80	30,00	153,3	2,78	'Franquette'	J
100J	43,00	29,5	30,20	172,5	0,67	'Franquette'	J
1K	39,00	30,50	33,80	405,5	1,04	'Elit'	K
2K	38,80	31,00	34,20	103,1	2,47	'Elit'	K
3K	36,20	28,80	33,00	142,6	2,79	'Elit'	K
4K	38,40	29,80	33,30	356,6	1,16	'Elit'	K
5K	36,90	30,90	34,50	197,2	0,92	'Elit'	K
6K	38,20	32,70	34,40	112,7	2,30	'Elit'	K
7K	38,90	29,25	33,00	156,1	1,25	'Elit'	K
8K	38,70	32,20	36,20	121,6	0,87	'Elit'	K
9K	35,70	29,60	32,80	211,6	0,96	'Elit'	K
10K	33,00	31,25	33,30	78,2	0,34	'Elit'	K
11K	31,40	26,10	27,60	392,9	1,26	'Elit'	K
12K	35,10	29,10	31,15	269,7	0,94	'Elit'	K
13K	33,60	26,40	28,80	331,9	1,44	'Elit'	K
14K	40,20	29,60	32,90	378,7	1,50	'Elit'	K

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
15K	37,90	30,70	33,80	168,2	2,42	'Elit'	K
16K	36,20	30,25	31,50	229,7	2,97	'Elit'	K
17K	36,10	27,20	31,30	386,3	1,93	'Elit'	K
18K	37,00	32,20	34,60	246,9	0,73	'Elit'	K
19K	39,40	29,30	33,80	178,5	1,11	'Elit'	K
20K	35,90	30,40	32,40	336,5	1,39	'Elit'	K
21K	39,30	38,40	31,40	410,3	1,38	'Elit'	K
22K	35,00	28,60	31,50	298,3	1,38	'Elit'	K
23K	37,70	29,80	34,10	148,4	2,43	'Elit'	K
24K	34,20	29,50	29,70	123,7	2,55	'Elit'	K
25K	38,60	29,70	33,10	176,5	0,84	'Elit'	K
26K	36,15	29,10	32,15	138,3	0,72	'Elit'	K
27K	36,60	27,70	33,80	383,5	1,16	'Elit'	K
28K	38,70	30,25	33,70	177,1	0,57	'Elit'	K
29K	36,60	29,90	33,50	320,2	1,00	'Elit'	K
30K	36,30	29,75	32,75	222,2	0,77	'Elit'	K
31K	38,50	31,00	33,30	231,8	0,76	'Elit'	K
32K	34,80	29,00	32,00	133,2	2,88	'Elit'	K
33K	32,60	31,05	33,55	242,3	0,95	'Elit'	K
34K	39,75	31,55	33,90	375,6	2,19	'Elit'	K
35K	35,00	28,95	32,00	400,2	1,13	'Elit'	K
36K	33,40	29,00	30,50	297,2	0,87	'Elit'	K
37K	34,10	27,00	30,40	178,1	2,52	'Elit'	K
38K	35,40	28,20	31,50	511,8	1,51	'Elit'	K
39K	38,00	30,00	32,80	144,5	1,13	'Elit'	K
40K	33,30	29,70	33,00	176,0	0,94	'Elit'	K
41K	36,00	28,40	32,80	235,6	0,84	'Elit'	K
42K	34,20	28,80	31,40	186,5	0,65	'Elit'	K
43K	41,10	30,90	33,50	177,4	1,05	'Elit'	K
44K	33,80	25,60	28,80	374,8	0,79	'Elit'	K
45K	34,20	27,90	30,60	201,8	2,89	'Elit'	K
46K	34,00	27,80	30,70	420,1	1,24	'Elit'	K
47K	38,60	29,30	33,60	162,5	0,92	'Elit'	K
48K	39,00	29,80	33,50	105,8	2,63	'Elit'	K
49K	38,55	30,55	33,40	281,2	1,20	'Elit'	K
50K	38,20	31,70	34,20	496,0	1,53	'Elit'	K
51K	36,30	28,30	30,60	198,0	2,97	'Elit'	K
52K	41,30	27,90	27,10	156,6	0,76	'Elit'	K
53K	38,80	30,10	31,35	425,1	1,57	'Elit'	K

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
54K	35,10	29,70	30,00	195,6	2,79	'Elit'	K
55K	41,60	32,10	30,90	104,9	2,88	'Elit'	K
56K	30,30	27,00	29,05	141,7	1,15	'Elit'	K
57K	38,90	28,80	31,00	219,7	0,88	'Elit'	K
58K	37,00	29,30	31,00	120,5	2,97	'Elit'	K
59K	34,40	29,50	30,10	213,9	1,12	'Elit'	K
60K	36,00	29,30	32,70	309,9	1,15	'Elit'	K
61K	32,85	26,90	28,95	368,0	1,46	'Elit'	K
62K	37,40	30,10	33,55	224,7	2,33	'Elit'	K
63K	40,20	31,60	34,30	356,6	1,17	'Elit'	K
64K	35,15	28,10	29,90	210,0	0,89	'Elit'	K
65K	37,10	30,90	33,85	513,6	1,32	'Elit'	K
66K	35,75	30,55	31,60	483,0	1,49	'Elit'	K
67K	35,70	28,30	32,25	165,7	2,59	'Elit'	K
68K	31,60	29,30	32,10	445,2	1,09	'Elit'	K
69K	36,00	28,30	30,10	140,4	1,03	'Elit'	K
70K	36,80	30,00	33,60	557,5	1,40	'Elit'	K
71K	36,90	30,00	32,90	382,6	1,07	'Elit'	K
72K	32,80	29,20	30,70	268,8	0,94	'Elit'	K
73K	38,50	30,50	33,20	166,9	2,81	'Elit'	K
74K	38,70	30,70	34,70	191,8	0,63	'Elit'	K
1L	44,60	34,10	33,80	352,9	1,39	'Franquette'	L
2L	45,70	33,00	33,40	149,0	2,10	'Franquette'	L
3L	47,60	34,10	33,80	288,9	1,82	'Franquette'	L
4L	45,70	32,70	32,50	89,2	2,57	'Franquette'	L
5L	45,40	33,80	33,00	268,3	1,52	'Franquette'	L
6L	46,70	34,00	33,00	420,8	2,40	'Franquette'	L
7L	42,60	31,30	30,90	119,6	1,25	'Franquette'	L
8L	46,70	32,30	33,20	117,5	2,38	'Franquette'	L
9L	52,30	33,70	33,40	250,7	1,70	'Franquette'	L
10L	46,40	34,20	33,40	353,8	2,60	'Franquette'	L
11L	42,80	32,00	31,40	166,4	2,75	'Franquette'	L
12L	45,85	34,00	35,00	260,4	1,02	'Franquette'	L
13L	44,20	33,20	32,40	121,2	2,99	'Franquette'	L
14L	43,40	32,10	31,80	106,0	1,42	'Franquette'	L
15L	46,30	34,40	33,60	172,1	2,98	'Franquette'	L
16L	43,10	31,00	31,70	173,0	2,41	'Franquette'	L
17L	43,70	31,80	33,60	144,4	2,98	'Franquette'	L
18L	48,95	34,30	33,60	241,2	1,62	'Franquette'	L

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
19L	42,10	32,50	31,70	219,6	1,43	'Franquette'	L
20L	44,00	34,00	32,50	295,1	1,88	'Franquette'	L
21L	48,00	35,00	34,40	254,8	1,14	'Franquette'	L
22L	44,00	33,10	32,00	135,5	2,87	'Franquette'	L
23L	45,60	32,70	33,80	119,6	2,99	'Franquette'	L
24L	48,70	32,70	34,00	273,4	1,62	'Franquette'	L
25L	42,70	32,70	32,00	103,3	2,82	'Franquette'	L
26L	47,00	33,90	34,40	292,3	1,55	'Franquette'	L
27L	46,35	33,50	34,20	371,6	2,04	'Franquette'	L
28L	45,00	32,00	30,70	254,9	1,16	'Franquette'	L
29L	47,80	34,50	33,20	349,3	2,39	'Franquette'	L
30L	46,00	35,00	34,00	240,0	1,50	'Franquette'	L
31L	42,70	32,00	32,10	102,9	1,59	'Franquette'	L
32L	45,30	33,80	32,70	196,3	1,60	'Franquette'	L
33L	42,00	33,20	37,10	151,1	2,97	'Franquette'	L
34L	43,05	30,10	30,60	252,3	1,62	'Franquette'	L
35L	45,50	34,20	34,10	343,8	1,12	'Franquette'	L
36L	48,50	33,00	32,50	423,1	2,59	'Franquette'	L
37L	45,80	34,40	34,30	338,1	2,11	'Franquette'	L
38L	45,10	33,70	35,40	265,8	1,40	'Franquette'	L
39L	43,70	33,20	33,30	359,8	1,71	'Franquette'	L
40L	48,90	35,00	36,10	432,4	2,99	'Franquette'	L
41L	42,40	34,00	32,60	109,5	2,98	'Franquette'	L
42L	47,20	32,70	32,40	168,9	2,69	'Franquette'	L
43L	43,80	34,00	32,50	119,1	2,40	'Franquette'	L
44L	44,70	31,00	31,10	179,4	2,17	'Franquette'	L
45L	44,50	34,90	34,70	145,2	2,96	'Franquette'	L
46L	44,60	34,30	33,50	324,6	1,36	'Franquette'	L
47L	42,10	30,50	31,00	220,8	2,40	'Franquette'	L
48L	41,00	32,70	32,50	148,3	1,14	'Franquette'	L
49L	45,30	33,90	34,70	341,7	2,15	'Franquette'	L
50L	43,00	31,50	33,80	104,7	2,98	'Franquette'	L
51L	47,10	32,20	33,20	50,0	2,70	'Franquette'	L
52L	46,10	34,30	34,15	110,6	2,03	'Franquette'	L
53L	44,30	33,60	34,20	479,6	2,44	'Franquette'	L
54L	46,60	34,10	34,40	130,7	2,26	'Franquette'	L
55L	41,00	32,40	33,30	154,0	2,99	'Franquette'	L
56L	42,40	33,30	33,00	128,4	1,95	'Franquette'	L
57L	41,60	32,30	31,70	195,7	2,24	'Franquette'	L

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
58L	44,80	32,70	32,85	298,3	1,80	'Franquette'	L
59L	43,00	32,40	33,00	298,3	1,43	'Franquette'	L
60L	41,40	31,30	31,90	202,8	1,26	'Franquette'	L
61L	48,20	34,30	34,20	318,8	2,99	'Franquette'	L
62L	41,80	31,60	32,00	225,8	1,24	'Franquette'	L
63L	47,30	32,40	32,10	193,1	1,38	'Franquette'	L
64L	47,70	33,70	33,40	331,4	2,30	'Franquette'	L
65L	45,70	33,40	33,70	139,2	2,85	'Franquette'	L
66L	46,50	34,00	33,30	137,1	2,23	'Franquette'	L
67L	42,10	32,70	30,80	93,9	2,99	'Franquette'	L
68L	43,80	32,60	32,80	231,5	1,51	'Franquette'	L
69L	44,50	34,40	35,20	212,4	1,83	'Franquette'	L
70L	47,00	34,60	33,50	145,1	0,92	'Franquette'	L
71L	41,60	31,70	31,10	111,5	2,98	'Franquette'	L
72L	45,00	33,40	33,10	139,6	2,76	'Franquette'	L
73L	49,00	34,00	34,00	480,5	1,80	'Franquette'	L
74L	46,30	32,70	31,60	252,8	1,84	'Franquette'	L
75L	42,30	32,00	31,90	146,3	2,99	'Franquette'	L
76L	42,00	32,00	32,60	216,2	0,95	'Franquette'	L
77L	44,90	34,10	33,60	126,9	2,82	'Franquette'	L
78L	42,80	32,00	32,10	329,2	1,99	'Franquette'	L
79L	44,60	33,60	34,00	301,9	1,30	'Franquette'	L
80L	48,80	33,50	33,00	254,4	1,55	'Franquette'	L
1M	35,10	27,60	31,40	126,2	1,74	'Elit'	M
2M	35,40	29,90	30,80	217,0	2,94	'Elit'	M
3M	36,90	28,80	32,20	182,9	2,99	'Elit'	M
4M	34,40	30,10	32,10	429,4	1,42	'Elit'	M
5M	36,00	29,40	29,90	168,0	2,97	'Elit'	M
6M	32,50	29,40	30,25	329,2	1,24	'Elit'	M
7M	33,50	26,80	30,10	323,7	1,01	'Elit'	M
8M	38,70	28,30	32,50	342,0	1,20	'Elit'	M
9M	34,40	38,90	29,40	293,1	0,73	'Elit'	M
10M	35,30	27,10	29,60	245,6	2,80	'Elit'	M
11M	32,40	28,20	28,70	352,1	0,69	'Elit'	M
12M	39,50	30,10	32,50	390,0	1,51	'Elit'	M
13M	35,10	26,90	30,00	210,6	1,11	'Elit'	M
14M	35,40	29,10	31,40	328,3	2,23	'Elit'	M
15M	34,40	26,60	30,10	386,1	1,32	'Elit'	M
16M	33,40	28,00	31,10	387,1	1,52	'Elit'	M

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
17M	32,00	36,50	28,70	211,9	2,99	'Elit'	M
18M	33,30	29,10	29,50	399,2	1,95	'Elit'	M
19M	34,80	27,30	30,90	255,1	1,14	'Elit'	M
20M	32,60	29,10	29,80	295,8	1,14	'Elit'	M
21M	36,40	29,20	32,50	471,2	1,79	'Elit'	M
22M	38,55	32,50	34,35	427,8	1,72	'Elit'	M
23M	33,80	29,50	29,20	132,8	2,88	'Elit'	M
24M	35,60	28,40	30,15	234,3	2,98	'Elit'	M
25M	34,00	26,35	28,60	216,1	0,48	'Elit'	M
26M	35,95	28,65	32,20	157,3	2,98	'Elit'	M
27M	35,70	28,40	30,80	195,0	2,98	'Elit'	M
28M	32,30	28,00	27,70	359,8	0,86	'Elit'	M
29M	33,60	27,30	30,70	402,4	1,81	'Elit'	M
30M	36,50	28,30	31,60	250,1	2,53	'Elit'	M
31M	36,10	27,30	30,70	285,8	1,54	'Elit'	M
32M	35,60	27,20	28,10	428,9	1,24	'Elit'	M
33M	34,70	28,40	30,50	188,1	2,94	'Elit'	M
34M	37,10	28,80	31,35	101,0	2,98	'Elit'	M
35M	35,80	28,40	31,60	417,0	1,42	'Elit'	M
36M	36,20	28,50	31,60	192,5	2,94	'Elit'	M
37M	35,50	28,90	31,30	458,6	1,95	'Elit'	M
38M	37,00	28,60	31,10	257,7	2,13	'Elit'	M
39M	32,30	27,40	29,50	285,1	1,75	'Elit'	M
40M	35,10	28,50	30,10	446,0	1,29	'Elit'	M
41M	35,10	30,00	30,00	435,3	2,07	'Elit'	M
42M	38,10	38,50	31,40	139,7	2,97	'Elit'	M
43M	35,10	28,55	32,10	409,3	1,52	'Elit'	M
44M	32,70	27,50	29,50	270,2	2,43	'Elit'	M
45M	34,65	28,50	31,20	297,2	2,77	'Elit'	M
46M	37,60	30,70	33,80	195,3	2,98	'Elit'	M
47M	35,25	29,40	29,90	200,5	2,59	'Elit'	M
48M	34,80	31,30	32,00	192,3	0,53	'Elit'	M
49M	36,10	28,70	32,60	244,4	2,49	'Elit'	M
50M	36,60	27,95	30,40	167,6	2,98	'Elit'	M
51M	33,60	29,50	29,30	307,0	0,73	'Elit'	M
52M	34,90	27,50	30,60	183,8	2,99	'Elit'	M
53M	38,00	29,50	32,45	457,9	0,75	'Elit'	M
54M	36,60	30,00	32,90	174,0	2,98	'Elit'	M
55M	36,70	31,00	31,50	188,8	2,56	'Elit'	M

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
56M	35,00	29,00	31,20	254,2	2,87	'Elit'	M
57M	34,40	38,30	29,80	404,0	1,31	'Elit'	M
58M	37,70	32,00	33,00	159,3	1,07	'Elit'	M
59M	35,30	30,00	31,10	304,3	2,95	'Elit'	M
60M	33,90	30,10	31,00	222,4	2,92	'Elit'	M
61M	34,20	28,80	30,25	120,0	2,18	'Elit'	M
62M	36,40	30,00	34,10	358,2	1,26	'Elit'	M
63M	33,45	31,20	30,55	407,2	0,80	'Elit'	M
64M	37,20	28,30	30,70	238,7	2,98	'Elit'	M
65M	34,00	28,55	29,90	302,0	0,70	'Elit'	M
66M	34,70	29,60	29,40	184,7	2,80	'Elit'	M
67M	37,00	28,60	30,90	414,3	1,25	'Elit'	M
68M	36,00	30,50	30,50	263,8	0,47	'Elit'	M
69M	36,30	30,00	29,90	212,4	2,98	'Elit'	M
70M	33,40	29,45	29,00	237,1	2,98	'Elit'	M
71M	36,35	29,50	32,40	165,7	2,98	'Elit'	M
72M	34,30	27,90	29,50	243,0	2,78	'Elit'	M
73M	33,50	29,40	29,40	295,9	2,94	'Elit'	M
74M	33,40	29,40	30,50	527,9	1,35	'Elit'	M
75M	31,70	27,20	28,60	479,4	1,79	'Elit'	M
76M	36,70	30,60	32,60	144,2	2,37	'Elit'	M
77M	41,40	30,60	34,00	148,8	2,97	'Elit'	M
78M	32,90	29,00	28,80	281,7	2,99	'Elit'	M
79M	35,20	26,00	29,80	367,9	2,77	'Elit'	M
80M	34,20	26,50	30,00	186,5	2,84	'Elit'	M
81M	34,20	29,90	30,30	346,4	1,05	'Elit'	M
82M	37,50	29,10	31,40	412,7	1,32	'Elit'	M
83M	36,50	26,70	29,80	552,4	1,89	'Elit'	M
84M	33,50	27,60	30,40	164,9	2,63	'Elit'	M
85M	34,40	28,70	31,20	156,2	2,90	'Elit'	M
86M	34,20	27,00	30,20	210,1	2,98	'Elit'	M
87M	36,10	31,40	31,20	310,0	0,87	'Elit'	M
88M	32,20	27,70	30,00	444,4	1,73	'Elit'	M
89M	36,40	29,75	31,35	176,3	2,99	'Elit'	M
90M	34,40	28,95	30,50	155,2	2,90	'Elit'	M
91M	36,60	28,60	30,60	392,5	1,10	'Elit'	M
92M	35,20	30,90	30,70	272,3	2,95	'Elit'	M
93M	35,60	29,60	31,60	320,3	1,30	'Elit'	M
94M	33,90	27,80	28,60	347,8	1,23	'Elit'	M

se nadaljuje

nadaljevanje

Oznaka oreha	Višina oreha (v) (mm)	Širina oreha (š) (mm)	Debelina oreha (d) (mm)	Sila deformacije (N)	Deformacija lupine oreha (mm)	Sorta oreha	Ponovitve meritev
95M	32,80	28,10	29,40	438,7	1,35	'Elit'	M
96M	35,30	29,40	31,60	255,4	2,99	'Elit'	M
97M	33,00	27,90	28,10	241,6	1,59	'Elit'	M
98M	35,70	30,10	29,40	212,2	0,97	'Elit'	M
99M	31,40	25,85	30,25	464,6	0,90	'Elit'	M
100M	34,00	28,50	29,35	296,7	2,90	'Elit'	M