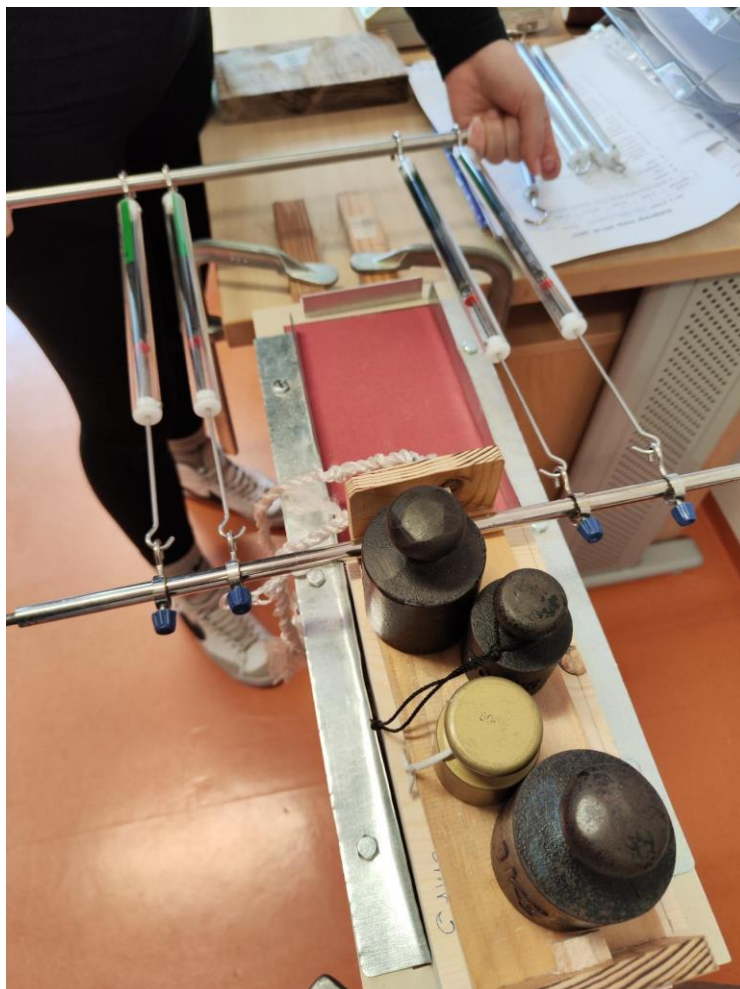


BRUŠENJE NA KRATKE ALI NA DOLGE PROGE?



Avtorica: Ana Karolina Juri

Mentorja:
Katarina Podgajski, prof.
matematike in fizike ter Matic
Krapež, prof. razrednega
pouka

Koper, marec 2023

BRUŠENJE NA KRATKE ALI NA DOLGE PROGE?

RAZISKOVALNA NALOGA S PODROČJA TEHNIKE IN TEHNOLOGIJE

Avtorica: Ana Karolina Juri

Mentorja:

Katarina Podgajski, prof. matematike in fizike

Matic Krapež, prof. razrednega pouka

Koper, marec 2023

Kazalo

1. Povzetek	1
2. Zahvala	2
3. Uvod – opredelitev problema	3
4. Teoretični del naloge	4
4.1 Delo	4
4.2 Vrste energij.....	5
4.3 Lastnosti lesa	5
4.4 Sila trenja.....	6
5. Eksperimentalni del	7
5.1 Raziskovalna vprašanja	7
5.2 Hipoteze	7
5.3 Priprava in potek eksperimentalnega dela.....	7
6. Razprava in zaključek.....	17
7. Seznam uporabljene literature	18

Kazalo slik

Slika 1: Modeli kosov lesa	8
Slika 2: Brušenje kosa lesa	8
Slika 3: Priprava merilnih pripomočkov 1	8
Slika 4: Priprava merilnih pripomočkov 2	9
Slika 5: Žaganje kosov lesa 2	9
Slika 6: Krivljenje kotnega profila	9
Slika 7: Preizkušanje merilnih pripomočkov	9
Slika 8: Preizkušanje merilnih pripomočkov 2	9
Slika 9: Merjenje vlečne sile s silomeri	10
Slika 10: Preizkušanje merilnih pripomočkov	10
Slika 11: Slika kvadra lesa.....	11

Kazalo tabel

Tabela 1: Primerjava med lastnostmi lesa	11
Tabela 2: Les slive	13
Tabela 3: Les češnje	13
Tabela 4: Les jesena	14
Tabela 5: Les oreha	15
Tabela 6: Les smreke	16

1. Povzetek

Namen raziskovalne naloge je bil preučiti odvisnost med granulacijo brusnega papirja in vrsto lesa. Ročno brušenje je vsekakor počasnejše od strojnega, a je z njim manj hrupa in prahu, je bolj prijazno do uporabnika, v nasprotju s strojnim brušenjem pa lahko dosežemo tudi težje dostopna mesta. Ročno brušenje je vsekakor primerno za izdelavo glasbil, butičnih lesenih izdelkov in izdelkov manjših dimenzij. V Sloveniji vsako leto poteka dražba lesa, kjer se slovenski les prodaja po izjemno visokih cenah na evropske trge in širše. Uporablja se za izdelovanje glasbil, butičnega pohištva itn. Pri raziskovalni nalogi sem uporabila brusni papir različnih granulacij in pet različnih vrst lesa: en iglavec (smreka) in štiri listavce: sliva, češnja, oreh, jesen.

Ključne besede: brusni papir, gostota, delo, energija, sila, les

Abstract

The aim of this research was finding the dependence between the sandpaper grit size and species of wood. Manual sanding compared to machine sanding is slower but there is less noise and dust, it is more user-friendly, and we can reach the hard-to-reach spots. It is suitable to produce musical instruments, handmade wooden products as well as products of smaller dimensions. In Slovenia there is an annual wood auction where the Slovenian wood is sold at very high prices to European and other markets around the world. The wood is used for musical instruments, handmade furniture etc. In the research I used different grit sizes and five types of wood: one conifer (spruce) and four deciduous species: plum, cherry, walnut and ash.

Key words: sandpaper, density, work, energy, force, wood

2. Zahvala

Iskreno se zahvaljujem mentorjema prof. matematike in fizike Katarini Podgajski in prof. razrednega pouka Maticu Krapežu za mentorstvo, strokovno usmerjanje, podporo in nasvete pri načrtovanju in pisanju raziskovalne naloge.

Predvsem pa se zahvaljujem svoji družini, ki me je ves čas bodrila in spodbujala v času izdelave raziskovalne naloge.

3. Uvod – opredelitev problema

Za raziskovalno nalogo sem se odločila zato, ker me je zanimalo, kako vpliva vrsta lesa na potek brušenja. Na šoli je zelo priljubljen predmet tehnika in tehnologija, kjer se učenci velikokrat ukvarjajo z brušenjem izdelkov iz lesa. Pri raziskovalni nalogi sem izhajala iz stališča, da bo les z manjšo gostoto lažje pobrusiti do željene gladkosti površine. Učenci izdelujejo izdelke pretežno iz smrekovega lesa, saj ima primerno gostoto in je cenovno najbolj dostopen.

Namen naloge je ugotoviti povezavo med vrsto lesa – obdelovanca in postopkom brušenja – količino odpadka. Da bi bili pogoji pri vseh obdelovancih enaki, smo z mentorjema izdelali poseben nosilec, na katerem sem izvajala brušenje. Potrebno je bilo zagotoviti tudi stalno silo – ta je bila dosežena tako, da je bil obdelovanec obtežen z utežmi. Mase uteži med postopkom nisem spreminjala. Za vsako vrsto lesa sem opravila isto število potegov po brusnem papirju in s tem opravila enako pot. Edini spremenljivki sta bili vrsta lesa in vrsta brusnega papirja.

4. Teoretični del naloge

4.1 Delo

Delo in energija sta fizikalna pojma, ki se izražata z določenimi količinami. Na podlagi fizikalnih teorij sta delo in energija tesno povezani, saj se skozi delo poveča stanje energije predmeta oziroma se zmanjšanje energije izrazi z delom. Kot navaja Wikipedija, *Mednarodni sistem enot določa za delo enoto Joule. Za opravljanje dela je potrebna energija, ki se po določenem delu zmanjša v količini opravljenega dela. Telesu, ki delo prejme, se poveča za vsoto prejetega dela, telesu, ki je delo oddalo, se zmanjša količina dela za vsoto oddanega dela* (Delo, 2018).

Osnovni vir energije na tem planetu je sončna energija, ki jo pridobimo v obliki elektromagnetnega valovanja. Sončna energija se šteje med obnovljive vire energije. Vsako telo, ki ima energijo, lahko opravi delo, kar pomeni, da določena sila, ki se ji premika prijemališče, deluje na telo. Energija se telesu spremeni za toliko, koliko dela telo sprejme ali odda: $A = \Delta W_{\text{systema}}$.

Delo lahko opravimo tudi z orodji, ki nam olajšajo delo oziroma nam omogočajo, da opravimo enako delo z manjšo silo.

$$A = F \cdot s \quad [J = Nm]$$

A: opravljeno delo

F: sila, ki je vzporedna s smerjo premika

s: opravljena pot

W: oznaka za energijo

J (joule): enota za merjenje energije in dela

Delo opravlja le tista komponenta sile, ki kaže v smeri premikanja predmeta (vodoravni smeri).

$$A = F_x \cdot s \quad (\text{Wikipedija, 2023})$$

4.2 Vrste energij

POTENCIALNA ENERGIJA je energija, ki jo ima vsako telo, dvignjeno od tal. Kadar imajo telesa višino imajo potencialno energijo. Potencialna energija je odvisna od mase telesa, gravitacijskega pospeška in višine, kjer se telo nahaja.

$$W_p = F_g \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

Potencialna energija narašča premo sorazmerno z maso oziroma višino.

KINETIČNA ENERGIJA je energija, ki jo ima vsako telo, ki se giblje in se spremeni zaradi dela, ki ga opravijo zunanje sile. Odvisna je od mase in hitrosti telesa.

$$W_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Kinetična energija narašča premo sorazmerno z maso telesa in s kvadratom njegove hitrosti. Telo ima lahko hkrati potencialno in kinetično energijo (Fizika 9: Samostojni delovni zvezek s poskusi za fiziko v devetem razredu osnovne šole, 2021).

PROŽNOSTNA ENERGIJA je energija, ki jo imajo napeta ali stisnjena prožna telesa. S silo (F) delujemo na prožno telo (npr. elastična vzmet). Telo se posledično (zaradi sile) deformira: raztegne ali skrči. Takšno telo prejme prožnostno energijo.

$$A = \Delta W_{pr} \quad (\text{Openprof, 2023})$$

NOTRANJA ENERGIJA je energija, ki je povezana s temperaturo telesa. Ta energija je energija vseh sestavnih delov snovi. Ko se snov segreva, se večja kinetična energija atomov oz. molekul. Notranja energija je sorazmerna z višanjem temperatur.

$$W_n \sim T \quad (\text{Eucbeniki, 2023})$$

4.3 Lastnosti lesa

Iz debel dreves in grmov pridobivamo les, ki je organski material. Suh les ima 40%–50% celuloze in 25%–30% hemiceluloze. Les sestavlja 50% ogljika, 44% kisika in 6% vodika, skupna količina dušika in ostalih elementov (kalij, kalcij, železo) pa je manj kot 1%.

FIZIKALNE LASTNOSTI LESA

1. Gostota lesa
2. Količina vode v lesu
3. Krčenje in nabrekanje lesa
4. Toplotne lastnosti

5. Akustične lastnosti
6. Električne lastnosti.

MEHANSKE LASTNOSTI LESA

1. Trdota lesa
2. Napetosti v lesu
3. Trdnost lesa (Obdelava gradiv – Les, učbenik za izbirni predmet obdelava gradiv – les v 7., 8. in 9. razredu osnovne šole, str. 35 – 67, 2005).

Les, ki ga posekamo in posušimo, se uporablja za različne namene. Skozi zgodovino pa ostaja najpomembnejši gradbeni material in vir pridobivanja energije - ogrevanje (Wikipedija, 2023).

4.4 Sila trenja

Sila trenja nastane lahko samo v času gibanja, če je gibanje premo enakomerno, je sila trenja stalna. Preden se gibanje prične imamo med telesom in spodnjo ploskvijo silo lepljenja, katera preprečuje zdrs telesa po površini, ta narašča do mejne vrednosti. Ko pa je mejna vrednost presežena, se predmet začne gibati. Sila trenja je nasprotno enaka vlečni sili in delo, ki ga trenje opravlja ima negativen predznak (Fizika 9: Samostojni delovni zvezek s poskusi za fiziko v devetem razredu osnovne šole, 2021).

5. Eksperimentalni del

5.1 Raziskovalna vprašanja

1. Kakšna je povezava med gostoto in opravljenim delom?
2. Kako vpliva granulacija na odpadek?
3. Ali je gostota lesa premo sorazmerna z opravljenim delom?

5.2 Hipoteze

1. Večja kot je gostota lesa, manj odpadkov bo nastalo pri brušenju.
2. Z višanjem granulacije brusnega papirja se manjša količina odpadnega materiala.
3. Z višanjem granulacije je opravljeno delo manjše.

5.3 Priprava in potek eksperimentalnega dela

Pripomočki:

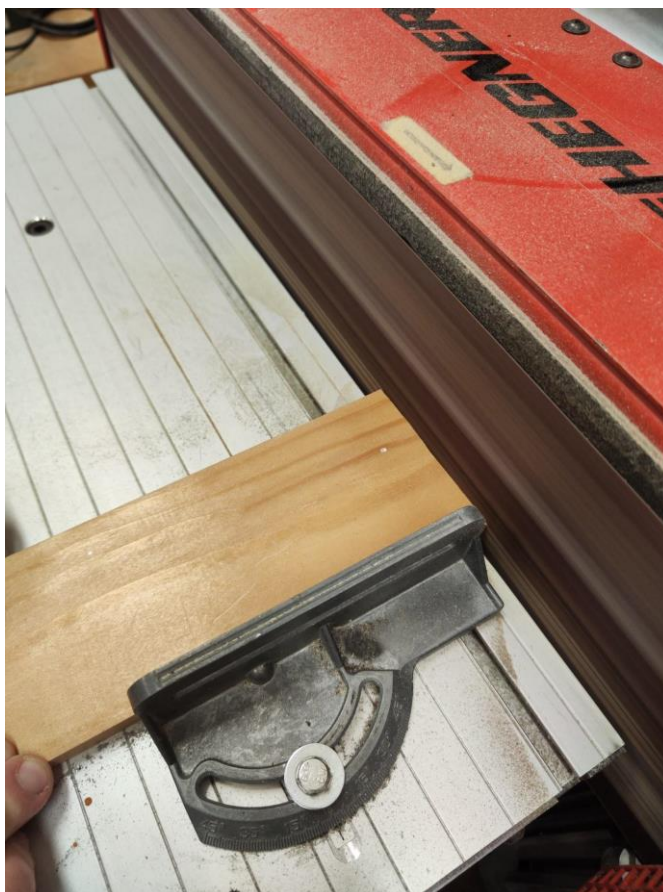
- Les (smreka, sliva, jesen, oreh, češnja)
- Brusni papir (granulacija 60, 120, 180, 240)
- Uteži (2 krat 1 kg, 2 krat 500 g)
- Nosilec lesa (135,7 g)
- Nastavek za uteži
- Štirje silomeri
- Štiri sponse

Priprava eksperimenta:

Pri eksperimentalnem delu sem potrebovala različne vrste lesa. Eksperiment smo začeli s smreko, nadaljevali s slivo, češnjo, z jesenom in zaključili z orehom. Pri brušenju lesa sem uporabila uteži, s katerimi sem obtežila nosilec, ki je na nastavku za uteži. Pred pričetkom brušenja smo zataknili štiri silomere, s pomočjo katerih smo izmerili vlečno silo. Brušenje je potekalo, tako da smo kos lesa premaknili v vsako smer 40-krat in s tem naredili 16 metrov potega.



Slika 1: Modeli kosov lesa



Slika 2: Brušenje kosa lesa



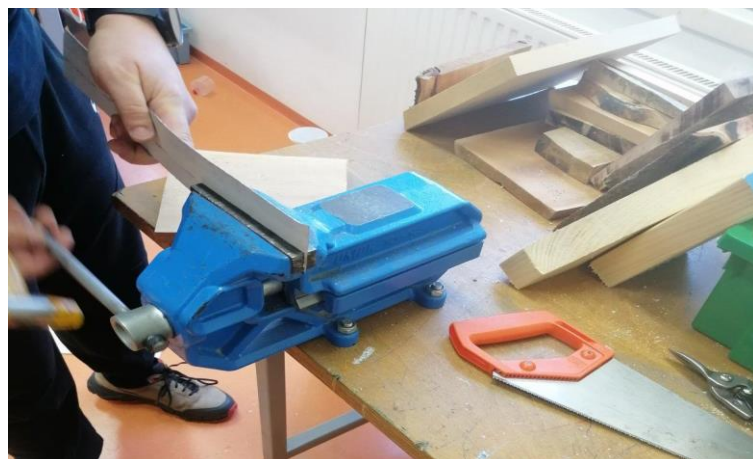
Slika 3: Priprava merilnih pripomočkov 1



Slika 4: Priprava merilnih pripomočkov 2



Slika 5: Žaganje kosov lesa 2



Slika 6: Krivljenje kotnega profila



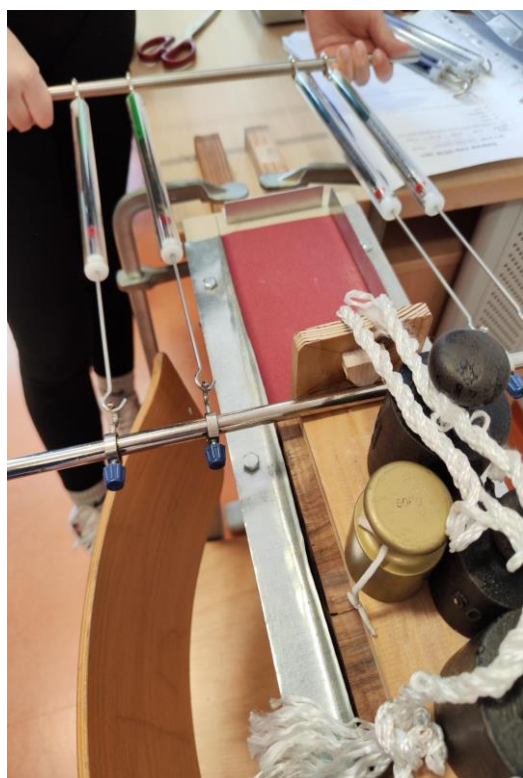
Slika 7: Preizkušanje merilnih pripomočkov



Slika 8: Preizkušanje merilnih pripomočkov 2



Slika 9: Merjenje vlečne sile s silomeri



Slika 10: Preizkušanje merilnih pripomočkov

MERITEV 1:

PRIPOMOČKI: obdelovanci, ravnilo, tehtnica

Iz podatkov, ki sem jih pridobila s tehtanjem in z računanjem prostornine posameznega kosa lesa, sem najprej določila gostoto posameznih vrst lesa. Gostoto sem primerjala z gostoto, navedeno v tabeli gostot (učbenik: obdelava gradiv – les), določila sem odstopanje meritve v odstotkih in ugotovila, da so rezultati meritev v mejah sprejemljivosti.

Posamezne količine sem izračunala po sledečih formulah:

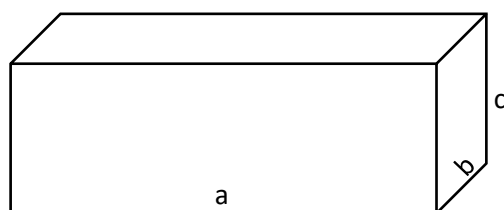
PROSTORNINA: $V = a \cdot b \cdot c \text{ [cm}^3\text{]}$

GOSTOTA: $\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right]$

ODSTOPANJE MERITVE: $\delta = \frac{\Delta\rho}{\rho_{\text{tabela}}} \cdot 100[\%]$

Tabela 1: Primerjava med lastnostmi lesa

	SMREKA	SLIVA	ČEŠNJA	JESEN	OREH
masa [g]	316	388,8	208,1	330,7	361,8
a [cm]	20	20	20	20	20
b [cm]	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
c [cm]	4	2,2	1,8	2,6	2,85
prostornina [cm ³]	800	448,8	367,2	530,4	581,4
izračunana gostota [g/cm ³]	0,40	0,87	0,57	0,63	0,62
tabela gostot [g/cm ³]	0,47	0,8	0,63	0,69	0,68
odstopanje meritve gostot [%]	14,8	8,7	9,5	8,7	8,8



Slika 11: Slika kvadra lesa

Juri, Ana Karolina (2023): *Brušenje na kratke ali na dolge proge?*. Raziskovalna naloga. Koper: Osnovna šola Koper

Posamezne količine v tem delu naloge sem izračunala po sledečih formulah:

Opravljen delo :

$$A = F \cdot s \ [N \cdot m = J]$$

Sprememba mase:

$$\Delta m = m_{začetna} - m_{končna} \ [g]$$

Izračun poti:

$$s = \text{št. potegov} \times \text{št. ponovitev} \times \text{dolžina poti}$$

Tabela 2: Les slive

	GRANULACIJA 60	GRANULACIJA 120	GRANULACIJA 180	GRANULACIJA 240
vlečna sila [F]	20 N	28 N	32 N	32 N
pot [s]	16 m	16 m	16 m	16 m
delo [A]	320 J	448 J	512 J	512 J
začetna masa	388,8 g	388,5 g	388,3 g	388 g
končna masa	388,5 g	388,3 g	388 g	387,9 g
spr. mase	0,3 g	0,2 g	0,3 g	0,1 g

Izračun poti:

$$s = \text{št. potegov} \times \text{št. ponovitev} \times \text{dolžina poti}$$

$$s_{60} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{120} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{180} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{240} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

Tabela 3: Les češnje

	GRANULACIJA 60	GRANULACIJA 120	GRANULACIJA 180	GRANULACIJA 240
vlečna sila [F]	34 N	32,8 N	31,2 N	32,8 N
pot [s]	16 m	16 m	16 m	16 m
delo [A]	544 J	524,8 J	499,2 J	524,8 J
začetna masa	208,1 g	207,8 g	207,5 g	207,2 g
končna masa	207,8 g	207,5 g	207,2 g	206,8 g
spr. mase	0,3 g	0,3 g	0,3 g	0,4 g

Izračun poti:

$$s = \text{št. potegov} \times \text{št. ponovitev} \times \text{dolžina poti}$$

$$s_{60} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{120} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{180} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{240} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

Tabela 4: Les jesena

	GRANULACIJA 60	GRANULACIJA 120	GRANULACIJA 180	GRANULACIJA 240
vlečna sila [F]	32 N	32 N	32 N	36 N
pot [s]	16 m	16 m	16 m	16 m
delo [A]	512 J	512 J	512 J	576 J
začetna masa	330,7 g	330,5 g	330,2 g	330 g
končna masa	330,5 g	330,2 g	330 g	329,7 g
spr. mase	0,2 g	0,3 g	0,2 g	0,3 g

Izračun poti:

$$s = \text{št. potegov} \times \text{št. ponovitev} \times \text{dolžina poti}$$

$$s_{60} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{120} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{180} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{240} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

Tabela 5: Les oreha

	GRANULACIJA 60	GRANULACIJA 120	GRANULACIJA 180	GRANULACIJA 240
vlečna sila [F]	40 N	34 N	36 N	36 N
pot [s]	16 m	16 m	16 m	16 m
delo [A]	640 J	544 J	576 J	576 J
začetna masa	361,8 g	361,5 g	361,35 g	361,2 g
končna masa	361,5 g	361,35 g	361,2 g	360,9 g
spr. mase	0,3 g	0,15 g	0,15 g	0,3 g

Izračun poti:

$$s = \text{št. potegov} \times \text{št. ponovitev} \times \text{dolžina poti}$$

$$s_{60} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{120} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{180} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{240} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

Po opravljenih meritvah z različnimi vrstami lesa sem ugotovila, da so bile razlike med silo s katero smo delovali na obdelovanec in odpadkom zanemarljive. Meritev je potekala vedno na istem obdelovancu – od najbolj grobe do najbolj fine brusne površine. Zato sem se odločila, da izvedem še novo meritev – pripravili smo štiri obdelovance iz smreke – neobdelane in vsakič startali z enako grobo površino in različnimi granulacijami. Dobila se sledeče rezultate:

Tabela 6: Les smreke

	GRANULACIJA 60	GRANULACIJA 120	GRANULACIJA 180	GRANULACIJA 240
vlečna sila [F]	36 N	32 N	32,8 N	38 N
pot [s]	16 m	16 m	16 m	16 m
delo [A]	316 g	315 g	314,8 g	314,4 g
začetna masa	315g	314,8 g	314,4 g	314,1 g
končna masa	1 g	0,2 g	0,4 g	0,3 g

Izračun poti:

$$s = \text{št. potegov} \times \text{št. ponovitev} \times \text{dolžina poti}$$

$$s_{60} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{120} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{180} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

$$s_{240} = 40 \times 2 \times 20 \text{ cm} = 1600 \text{ cm} = 16 \text{ m}$$

6. Razprava in zaključek

Pred izvedbo eksperimenta sem z mentorjema razpravljala o različnih možnostih poteka le-tega. Predvsem me je zanimalo ali vrsta lesa vpliva na potek brušenja. Torej – les z manjšo gostoto bi hitreje izgubljal maso. To vprašanje me je zanimalo predvsem zaradi pouka tehnike in tehnologije oziroma predmeta obdelava gradiv les. Učenci že vedo, da je brušenje dolgotrajen postopek, če želijo doseči zadovoljivo gladko površino njihovih izdelkov. Z raziskovalno nalogo sem pokazala, da je (če cena materiala – lesa ne bi bila pomembna) potrebna enaka količina truda in volje za vse vrste lesa. Izdelki iz lesa sadnih dreves so za razliko od smrekovine bolj barviti in estetski. Zato menim, da je takšen les primernejši za izdelavo različnih okrasnih izdelkov. Poleg tega je les smreke mehek in se hitreje poškoduje.

Po opravljenih meritvah lahko zaključim sledeče:

1. Vrsta lesa ne vpliva na količino odpadka. Pri meritvah sem zagotovila enake pogoje – stalno silo in enako število potegov po brusni površini. Sile na obdelovanec nisem spreminjala, ker sem predvidevala, da pri manjši sili ne bi bilo dovolj velikih sprememb, če pa bi obdelovanec obtežila z večjo količino uteži, eksperimenta v danih pogojih ne bi mogla izvesti.
2. Na papir z manjšo granulacijo sem vedno polagala že predhodno pobrušen obdelovanec, rezultati meritve so bili presenetljivi, saj sem predvidevala, da bo manj groba površina in manj grob brusni papir povzročil manj odpadka. Očitno pa imata obe površini približno enako količino delcev, ki se zatikajo drug v drugega in nastane enaka količina odpadka.

7. Seznam uporabljene literature

Wikipedija: prosta enciklopedija (online). Delo. (citirano 1.3.2023). Dostopno na naslovu: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Delo_\(fizika\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Delo_(fizika))

Wikipedija: prosta enciklopedija (online). Les. (citirano 3.3.2023). Dostopno na naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Les>

Eucbeniki (online). Notranja energija. (citirano 1.3.2023). Dostopno na naslovu: <https://eucbeniki.sio.si/fizika9/185/index.html>

Openprof (online). Prožnostna energija. (citirano 2.3.2023). Dostopno na naslovu: https://si.openprof.com/wb/pro%C5%BEnostna_energija?ch=237

Pucer, Z. Obdelava gradiv – Les: učbenik za izbirni predmet obdelava gradiv – les v 7., 8. in 9. razredu osnovne šole. Ljubljana: Izotech založba d.o.o., 2005. ISBN 9789619104880.

Žigon, S., Pintarič, M. in Jagodic, A.: FIZIKA 9: Samostojni delovni zvezek s poskusi za fiziko v devetem razredu osnovne šole. Ljubljana: Mladinska knjiga založba, d. d., 2021, str. 38–39. ISBN 9789610159841.