

# **POROČILO PRI PREDMETU PROJEKTNO DELO**

**NALOGA: ZABIJANJE ŽEBLJA**

SKUPINA: 12

Skupino 12 pri izbirnem predmetu projektno delo na FMF UL smo sestavljali:

- Tea Kokot Klančnik
- Jure Nemec
- Tamara Stojanov
- Miroslav Urbanč.



Naš mentor je bil doc. dr. Dušan Ponikvar.

Naša naloga je bila v fizikalnem smislu oceniti količino dela, potrebno za zabijanje žebnja v leseno klado. Oceno smo morali opraviti na več načinov in primerjati dobljene vrednosti ter oceniti vpliv različnih dejavnikov (vrsta lesa, vlažnost lesa, dimenzije žebnja, namazan žebelj) na potrebno delo.



## UVOD

Vsi smo že kdaj zabijali žebelje in imamo neko praktično predstavo, koliko dela je za to potrebnega. Naloga naše skupine je bila to delo izmeriti in izraziti v fizikalnih enotah.

Člani smo se strinjali, da bomo do dela najlažje prišli preko sile ali energije. A silo udarca je težko direktno izmeriti, posebno, če ne želimo tvegati poškodb merilnikov. Zato smo se osredotočili na energijo, ki se pretvori v delo (več o tem v *teoriji*).

Žebelje smo zabijali na tri načine: s popolnoma prosto padajočimi utežmi, s težko palico v vodilu in dejansko s kladivom.

Za prosto padajoče uteži smo se odločili, ker na njih deluje najmanj zunanjih dejavnikov (le zračni upor, za katerega smo pri vseh poskusih predpostavili, da je zanemarljiv). Težava pri tej metodi pa je, da nismo vedno uspeli udariti žebelja točno s središčem spodnje ploskve uteži, zato utež ni predala toliko energije, kot bi je, če bi bil žebelj točno pod njenim težiščem.

Kot najbolj zanesljivo smo zato obravnavali metodo, pri kateri smo na žebelj spustili medeninasto utež v obliki palice. Palico smo namreč spustili skozi vodilo – cev, da je pristala točno s težiščem nad žebeljem. Pri tej metodi je poleg zračnega upora delovalo tudi trenje med palico in vodilom. Trenja ni bilo veliko, ker je bilo vodilo nekoliko širše od palice, slednjo pa smo tudi namazali s posebnim oljem, namenjenim zmanjševanju trenja v ležajih. To metodo smo uporabili tudi pri ugotavljanju vplivov različnih dejavnikov na potrebno količino dela.

Poskus smo izvedli še na en način, žebelj smo udarili s pravim kladivom. Udarec smo posneli s kamero za hitro slikanje, ki naredi 300 fotografij na sekundo. S pomočjo računalniške analize posnetkov smo dobili ustrezne podatke, da smo izračunali delo. Za poskus smo uporabili običajno kladivo z jekleno glavo. Če bi uporabili kladivo iz kakšnega drugega materiala (npr. titana), bi dobili drugačne rezultate, saj različna kladiva prenesejo na žebelj različen delež energije udarca. Vendar so boljša kladiva tudi ustrezno draga, mehanska delavnica na FMF jih nima in le redko kdo ima priložnost delati z njimi. Naši rezultati z običajnim kladivom so zato bolj relevantni.



## TEORIJA

V besedilu so oznake za vektorske količine napisane krepko in ležeče, skalarne količine pa ležeče.

Delo je v fiziki količina, ki meri prehajanje energije med telesi. Merimo ga v joulih – J;  $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$ . Delo sile v splošnem izračunamo kot integral sile po poti, pri čemer je delo  $A$  skalarna količina, rezultanta sil  $\mathbf{F}$  in pot  $s$  pa vektorski.

Po prvem zakonu termodinamike – zakonu o ohranitvi energije je sprememba energije sistema enaka vsoti prejetega in oddanega dela ter prejete in oddane toplote, pri čemer prejeto delo in toploto po dogovoru štejemo pozitivno, oddano pa negativno. Če je sistem toplotno izoliran od okolice, je torej delo enako spremembi energije sistema.

Energijo sistema sestavlja več vrst energije. Pri zabijanju žebeljev se spreminjajo gravitacijska potencialna, kinetična in notranja.

Kinetično energijo ima telo zaradi svojega gibanja. Ko telo z maso  $m$  rezultanta sil  $\mathbf{F}$  premakne za  $ds$  s hitrostjo  $v$ , je delo  $dA$ , ki ga sila opravi in telo prejme, enako  $dA = \mathbf{F} ds$ . Z integracijo 2. Newtonovega zakona ugotovimo, da je to enako kinetični energiji  $W_k = \frac{mv^2}{2}$ .

Večji premik telesa sestavimo iz manjših, velja  $A = \int \mathbf{F} ds = W_{k2} - W_{k1}$ , kjer je  $W_{k1}$  kinetična energija telesa v začetni točki,  $W_{k2}$  pa v končni točki. Če deluje sila na telo v smeri gibanja, je delo pozitivno in kinetična energija telesa narašča. Z naraščanjem kinetične energije narašča tudi velikost hitrosti telesa. Če deluje sila v nasprotni smeri gibanja, je delo negativno in kinetična energija telesa pada. Ko pa je sila usmerjena pravokotno na smer gibanja, se kinetična energija ohranja, saj je delo enako nič.

Gravitacijsko potencialno energijo ima telo, na katerega drugo telo deluje z gravitacijsko silo. V resnici vsako telo deluje na druga telesa z to silo, izračunamo jo po formuli  $F = \kappa \frac{mM}{r^2}$ , kjer je  $F$  sila med telesoma,  $\kappa$  gravitacijska konstanta ( $\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$



$\text{m}^2/\text{kg}^2$ ),  $M$  in  $m$  masi teles ter  $r$  razdalja med telesoma. Vendar so sile med telesi na Zemlji zelo majhne; gravitacijska sila med 10-gramskim žebljem in 500-gramskim kladivom na razdalji 25 cm je naprimer velikostnega reda  $10^{-12}$  N. Ko obravnavamo energijo, jih lahko zato zanemarimo. Upoštevati pa moramo gravitacijsko silo med Zemljo in telesom, imenovano tudi teža telesa, ki jo lahko izračunamo po zgornji formuli ali ekvivalentno po drugem Newtonovem zakonu ( $\mathbf{F} = m\mathbf{g}$ , kjer je  $\mathbf{F}$  gravitacijska sila,  $m$  masa telesa in  $\mathbf{g}$  težni pospešek). Če na telo ne deluje nobena druga sila, je delo sile teže enako spremembi gravitacijske potencialne energije. Ko teža na telesu opravi delo (telo ga prejme), se mu poveča gravitacijska potencialna energija. Ta se lahko nato pretvori v drugo obliko energije, ali pa jo telo odda s tem, da samo opravi delo. Pri premiku telesa za  $ds$  lahko o delu sile teže povemo naslednje:  $dA = \mathbf{F}d\mathbf{s} = m\mathbf{g}d\mathbf{s} = mg ds \cos\alpha = -mg dh$ , pri čemer je  $\alpha$  manjši kot med smerjo težnega pospeška in smerjo gibanja ter  $dh$  sprememba višine telesa, če višino merimo vzporedno s smerjo delovanja težnega pospeška. Delo gravitacijske sile pri premiku telesa s točke 1 na višini  $h_1$  na točko 2 na višini  $h_2$  je torej  $A = mg(h_1 - h_2)$  ne glede na vodoravno razdaljo med točkama. Če je  $h_2$  višje kot  $h_1$ , se telesu pri premiku poveča gravitacijska potencialna energija za  $mg(h_2 - h_1)$ , če je  $h_2$  nižje, pa zmanjša za toliko. Ničelno višino lege telesa lahko pri obravnavanju potencialne energije poljubno izberemo, a moramo vse višine določiti glede na to točko.

Ko utež prosto pada, se njena gravitacijska potencialna energija spreminja v kinetično. Če za ničelno višino izberemo vrh glave žeblja ter zanemarimo zračni upor in trenje v vodilu, je tik pred udarcem po žeblju utež na višini 0, njena potencialna energija je nič, njena kinetična energija pa takšna, kot je bila potencialna na začetni višini  $h$ :  $W_{k2} = W_{p1} = mgh$ ; tu je  $W_{k2}$  kinetična energija na koncu,  $W_{p1}$  pa potencialna na začetku. Če po žeblju udarimo s kladivom, pa ima kladivo poleg energije, ki je posledica spremembe njegove višine med udarcem, še dodatno kinetično energijo zaradi sile, s katero smo ga zavihтели. Tik pred dotikom žeblja je energija kladiva enaka  $W_k = \frac{mv^2}{2}$ , kjer je  $v$  hitrost kladiva tik pred udarcem in je posledica tako našega vihtenja kot teže.

Ob trku z žebljem se večina te energije prenese na žebelj. Nekaj se je sprosti kot zvok, nekaj pa pretvori v notranjo energijo uteži/kladiva in žeblja, zato se žebelj po več zaporednih



udarcih nekoliko segreje. Kakšen delež energije se pretvori v kinetično energijo žablja je v veliki meri odvisno od materiala uteži oz. kladiva. Običajno jekleno kladivo prenese na žebelj okoli 70 % energije udarca, kladivo iz titana pa celo do 97 %<sup>1</sup>. Žebelj potrebuje enako energije, da se zabije v les, a z boljšim kladivom je za enak učinek potrebnega manj dela z naše strani.

Kako močno se žebelj zabije z enako količino dela je razen od kladiva odvisno tudi od lastnosti žablja in lesa, kar smo preverjali s poskusi. Naša predvidevanja so bila sledeča:

- Če je les trši, je za enak rezultat potrebnega več dela, saj mora biti sila žablja na les večja, da ga prebije.
- Že za drugi udarec po istem žablju je potrebno več dela za enake rezultate, saj je les pod konico žablja zbit od prvega udarca in površina, s katero se žebelj dotika lesa in na kateri deluje trenje, večja.
- Če je les bolj vlažen, je potrebno manj dela, saj so traheide v lesu napolnjene z vodo in njihove stene zato narazen; les je redkejši.
- Če žablje namastimo, je potrebno manj dela, ker je manjše trenje med žabljem in lesom.
- Če so žablji debelejši, je potrebnega več dela, saj mora v lesu nastati večja luknja, da gre žebelj vanjo.

---

<sup>1</sup> po podatkih proizvajalca titanovih kladiv Stiletto Tool Company  
6



# ***EKSPERIMENT***

Za izvedbo naših eksperimentov smo imeli na voljo tri dni, vsak dan po tri ure. Potek vsakega srečanja je opisan v nadaljevanju.

## **1. SREČANJE**

Na začetku našega izvajanja projektne naloge smo se morali najprej posvetovati, kako bomo nalogo izvedli, kakšne metode bomo uporabili in kakšne pripomočke bomo za izvedbo potrebovali.

Odločili smo se za več variant poskusa:

1. zabijanje žeblice s prosto padajočimi utežmi v smrekovo klado
2. zabijanje žeblice z vodilom in palico v smrekovo klado
3. zabijanje žeblice z vodilom in palico v hrastovo klado
4. zabijanje žeblice z vodilom in palico v smrekovo klado, ki se je močno napila vode
5. zabijanje žeblice, namazanih s sredstvom za preprečevanje trenja v ležajih, z vodilom in palico v smrekovo klado
6. zabijanje žeblice različnih dimenzij v vodilom in palico v smrekovo klado
7. zabijanje žeblice v smrekovo klado s kladivom; snemanje udarcev s kamero

Za večino poskusov smo izbrali smrekov les, ker je dovolj mehak, da je mogoče žeblice vanj zabiti tudi z majhno silo, in omogoča izvajanje eksperimentov z različno težkimi utežmi. Hrastov les je znatno bolj trd.



Ugotovili smo, da bomo za izvedbo potrebovali naslednje:

- žeblice različnih dimenzij
- kladivo
- smrekovo in hrastovo klado
- kljunasto merilo
- uteži
- stojalo
- palico in vodilo
- milimetrski papir
- ravnilo
- kamero
- vžigalnik
- vrvico
- klešče za odstranjevanje zabitih žebeljev
- sprej za namastitev žebeljev in palice

Ker v delavnici ni bilo vsega, kar smo potrebovali za naše eksperimente, smo manjkajoče elemente – klade in uteži – naročili v lesarski in mehanski delavnici.





## 2. SREČANJE

Ko smo se sestali naslednjič, smo imeli vse potrebščine za izvedbo našega eksperimenta.

Najprej smo iz odpadnega lesa naredili šablono, ki nam bo v pomoč pri zabijanju žebeljev, saj smo morali vsak žebelj že predhodno zabiti za nekaj milimetrov. Drugače bi se pod težo uteži ukrivil ali pa ga ne bi bilo mogoče zabiti.

### **Najprej smo se lotili izvedbe z utežmi:**

Na voljo smo imeli 500-, 1000- in 1500-gramske uteži, ki smo jih z vrvico privezali na tanko železno palico, pritrjeno na stojalo. Palico smo lahko z drsnikom regulirali na različne višine na stojalu. Pod stojalom pa je bila dolga smrekova klada, v katero smo narahlo že zabili žebelje s pomočjo šablone. Izmerili smo višino žebeljev.

Najprej smo uporabili 500-gramsko utež. Z vrvico smo jo namestili 10 centimetrov nad žebelj, nato pa vrvico z vžigalnikom prežgali, da je utež padla na žebelj. Enako utež smo uporabili na petih žebeljih, da bomo kasneje lahko primerjali rezultate oziroma odstopanja. Po petih poizkusih smo s kljunastim merilom izmerili, koliko žebelja še gleda iz klade, da smo lahko izračunali za koliko se je zabil. Na to smo nastavili višino še na 20 centimetrov in kasneje na 25 centimetrov ter uporabili enako izvedbo poizkusa.

Enako metodo smo uporabili še s 1000- in 1500-gramsko utežjo ter si zapisali vse rezultate.

Ko smo končali z meritvami za vsako utež posebej, smo prišli še na idejo, da bi lahko vsako utež namesto enkrat, spustili dvakrat na isti žebelj in primerjali, ali se bo v drugem poskusu zabil enako globoko kot v prvem. Ponovno smo uporabili pet žebeljev, na vsakega spustili utež in izmerili za koliko se je zabil, ter na isti žebelj še enkrat spustili enako utež. Uporabili smo vse tri vrste uteži, spuščali smo jih s 25 centimetrov.



### **Nato smo poskusili posneti udarec s kladivom:**

Žebelj smo toliko zabili s šablono, da je stal v kladi. Postavili smo ga pred list milimetrskega papirja in z običajnim digitalnim fotoaparatom posneli udarec kladiva po žeblju. Ko smo na računalniku analizirali posnetek, smo ugotovili, da 30 slik na sekundo, kolikor jih zmore fotoaparati, ni dovolj, da bi lahko z zadovoljivo natančnostjo določili hitrost udarca. Zato smo se dogovorili, da si bomo pri prof. Planinšiču izposodili aparat za hitro slikanje, ki lahko naredi do 1200 slik v sekundi.

Ob koncu našega srečanja smo še v čašo z vodo namočili majhno smrekovo klado, da jo bomo naslednjič uporabili za izvedbo poskusa zabijanja žeblja v moker les.



### 3. SREČANJE

Zadnji dan, ki smo ga imeli za izvedbo naših poskusov, smo porabili za merjenje z vodilom in palico, preizkušanja različnih žebeljev in lesa ter za merjenje hitrosti zabijanja žeblja s kladivom s fotoaparatom za hitro slikanje.

#### **Najprej smo se lotili merjenja z vodilom in utežjo:**

Na stojalo smo s pomočjo držala namestili vodilo, skozi katerega bomo spuščali utež na pet žebeljev, zabitih v klado pod stojalom. Seveda smo najprej določili višino, s katere bomo spuščali utež po vodilu.

Ko smo naredili poskus, smo se odločili, da bomo prav tako kot z prejšnjimi utežmi izvedli še varianto, pri kateri na isti žebelj spustimo utež dvakrat, ter izmerimo, za koliko se je zabil prvič in za koliko drugič. Vse rezultate smo vestno zapisovali.

#### **Ocena vpliva različnih dejavnikov:**

Ko smo končali, smo izvedli še zabijanje žebeljev v hrast, tršo vrsto lesa, s pomočjo vodila in uteži, ter zabijanje žebeljev v smrekovo klado, napito vode. V namočen les žebeljev nismo zabijali z dvema udarcema, saj je drugi udarec žebelj popolnoma zabil v klado. Zato ne moremo biti prepričani, kaj je ustavilo žebelj – morda je porabil vso energijo, morda pa je klada zaustavila palico in ta ni mogla predati žeblju vse energije.

Prav tako smo preizkusili metodo zabijanja namaščenih žebeljev v smrekovo klado s pomočjo vodila in uteži. Žebelje smo namastili s sprejem za zmanjševanje trenja v ležajih SonaxMoS<sub>2</sub>. Nato smo testirali še dve dodatni dimenziji žebeljev; zabijali smo jih z vodilom in palico v smrekov les pri običajnih pogojih.



### **Zabijanje s kladivom:**

Na koncu smo uporabili še zadnjo metodo, zabijanja žebnja s kladivom v klado. Poskus smo izvedli tako, da smo na stojalo pritrdili milimetrski papir ter na milimetrski papir še 30-centimetrsko kovinsko merilo, ki nam je bilo v pomoč pri določitvi hitrosti udarca. Približno meter stran smo namestili kamero, ki je snemala naš poskus s 300 slikami na sekundo. Nastavili smo tudi reflektor, ki nam je osvetljeval celotno delovno površino, saj je za take posnetke potrebno veliko svetlobe. Posneli smo zabijanje sedmih žebnjev, vsakega z dvema udarcema.



## **REZULTATI**

Na podlagi meritev smo izračunali, kolikšna količina dela je potrebna, da zabijemo žebelj v leseno klado. Delo smo izračunali tako, da smo ugotavljali, kolikšno energijo ima utež oz. kladivo, ko zadane žebelj. Da smo lahko rezultate primerjali, smo izračunali, koliko dela je potrebno, da žebelj zabijemo v klado za 1 cm.

Pri utežeh in palici v vodilu smo računali potencialno energijo glede na mase uteži in višino, s katere smo le-te spuščali. Pri kladivu pa smo na podlagi izmerjene hitrosti tik pred udarcem in mase računali kinetično energijo. Hitrost kladiva smo izračunali kot kvocient poti, ki jo je prepotovalo med dvema zaporednima posnetkoma udarca, in časa med posnetkoma (1/300 sekunde). Prepotovano pot smo razbrali s posnetkov. V galeriji sta zaporedni sliki posnetka prvega udarca po 6. žeblju, s katerih je razvidno, da je kladivo v 1/300 sekunde prepotovalo 10 mm; torej je imelo hitrost 3,0 m/s in kinetično energijo ob udarcu 2,64 J (saj je masa kladiva 587 g).

Če bi nas zanimalo, koliko energije potrebuje utež, da potisne žebelj, bi tej energiji morali prišteti še negativno potencialno energijo, ki jo ima utež/kladivo po tem, ko zabije žebelj –  $mgdh_{\text{žeblja}}$ . Skupna energija (ki je manjša od energije, ki jo ima utež/kladivo ob dotiku glave žeblja) je dejansko enaka delu, ki ga opravi utež/kladivo. Vendar smo mi, ki smo zabijali, opravili več dela – toliko, kolikor je energija uteži/kladiva ob dotiku glave žeblja. Analizirali smo delo, ki ga opravimo mi; razlika med našim delom in delom uteži/kladiva je glede na dobljene podatke manjša od 3 %.

Dobljene rezultate smo analizirali in ugotavljali, koliko se razlikujejo med seboj, glede na metodo zabijanja in glede na različne dejavnike. Za vse poskuse, razen primerjanje žebeljev različnih dimenzij, smo uporabljali enake žeblje (dolžine 3 cm in premera 1,75 mm).

Kakor smo predvideli že med samim poizkusom, smo takoj ugotovili, da je metoda s spuščanjem uteži najmanj zanesljiva, saj so posamezni rezultati močno odstopali od povprečnih in jih zato v izračunih nismo upoštevali. Kot najbolj zanesljiva se je izkazala metoda s spuščanjem medeninaste palice v vodilu, prav tako rezultati pri zabijanju žeblja niso preveč odstopali eden od drugega.



Če pogledamo povprečno vrednost vseh meritev pri posameznih metodah, dobimo naslednje rezultate:

SPUŠČANJE UTEŽI:

PALICA V VODILU:

KLADIVO:

1.spust: **5,53 J/cm**

1.spust: **4,35 J/cm**

1.spust: **4,22 J/cm**

2.spust: **7,05 J/cm**

2.spust: **5,13 J/cm**

2.spust: **5,74 J/cm**

V spodnjih tabelah so predstavljeni izračuni na podlagi naših meritev in povprečne vrednosti:

SPUŠČANJE UTEŽI							
Masa uteži		1501 g		1001 g		501 g	
<i>h</i> [cm]	<i>Delo</i>	<i>1.spust</i>	<i>2. spust</i>	<i>1.spust</i>	<i>2. spust</i>	<i>1.spust</i>	<i>2. spust</i>
15	A [J/cm]	6,3106		5,8919		3,7806	
		5,1366		8,4170		5,8978	
		4,3737		4,6761		7,0212	
Ā [J/cm]		<b>5,2736</b>		<b>6,3283</b>		<b>5,5665</b>	
20	A [J/cm]	3,9006		5,7764		3,4490	
		4,9083		12,6707*		5,3133	
		4,3308		4,5674		10,9218*	
Ā [J/cm]		<b>4,3799</b>		<b>5,1719</b>		<b>4,3811</b>	
25	A [J/cm]	8,3664	7,2895	8,1832	5,7764	4,0957	6,3010
		7,2895	9,2030	4,1609	6,5465	5,2285	11,1700*
		6,4021	14,4361*	5,0618	6,0616	5,5850	8,1913
Ā [J/cm]		<b>7,3527</b>	<b>8,2463</b>	<b>5,8020</b>	<b>6,1282</b>	<b>4,9697</b>	<b>7,2462</b>

\* vrednosti niso bile upoštevane v izračunu povprečnega dela-Ā



PALICA V VODILU + UTEŽI					
Masa palice+uteži		1155 g		1755 g	
<i>h [cm]</i>	<i>Delo</i>	<i>1.spuščanje</i>	<i>2.spuščanje</i>	<i>1.spuščanje</i>	<i>2.spuščanje</i>
20	A [J/cm]	4,4817	4,8591	5,5923	7,0176
		4,0779	5,2260	4,9264	4,2882
		3,6518	5,2526	3,8817	4,9074
		3,7827	4,8258	3,8817	5,1392
		4,2332	3,7311	4,9600	6,1005
$\bar{A}$ [J/cm]		<b>4,0455</b>	<b>4,7789</b>	<b>4,6484</b>	<b>5,4906</b>

KLADIVO		
Masa kladiva	587 g	
<i>Delo</i>	<i>1.udarec</i>	<i>2.udarec</i>
A [J/cm]	5,5574	7,2529
	3,5660	5,1139
	3,5960	5,1794
	4,3225	5,5574
	4,7351	6,3651
	4,0953	6,4427
	3,6930	4,2605
$\bar{A}$ [J/cm]	<b>4,2236</b>	<b>5,7389</b>



**PALICA V VODILU 1155g – RAZLIČNI DEJAVNIKI**

		LES PREPOJEN Z VODO		HRASTOV LES		ŽEBELJ NAMAZANI Z SONAX MoS <sub>2</sub> OLJEM		ŽEBELJ 5,0 x 0,225		ŽEBELJ 3,4 x 0,165	
<i>h</i> [cm]	<i>Delo</i>	<i>1.spust</i>	<i>2. spust</i>	<i>1.spust</i>	<i>2. spust</i>	<i>1.spust</i>	<i>2. spust</i>	<i>1.spust</i>	<i>2. spust</i>	<i>1.spust</i>	<i>2. spust</i>
20	A [J/cm]	1,9021	Žebelj se je zabil do konca, zato rezultatov nismo upoštevali	8,2079	7,7048	4,0490	3,4800	5,6464	6,5541	3,8587	4,2501
		1,8726		4,9965	8,3801	3,6059	/	6,2073	6,5385	2,9698	4,0520
		1,9331		5,6466	6,2758	2,9788	4,1428	4,3216	7,1126	3,2786	4,7639
		1,5854		6,1151	6,8411	2,4818	4,2234	5,7414	6,0436	4,2879	3,9860
		2,6306		5,4238	7,0136	3,5467	4,9367	5,2264	6,7700	3,6814	4,6197
$\bar{A}$ [J/cm]		<b>1,9848</b>	/	<b>6,0780</b>	<b>7,2431</b>	<b>3,3324</b>	<b>4,1957</b>	<b>5,4286</b>	<b>6,6038</b>	<b>3,6153</b>	<b>4,3343</b>





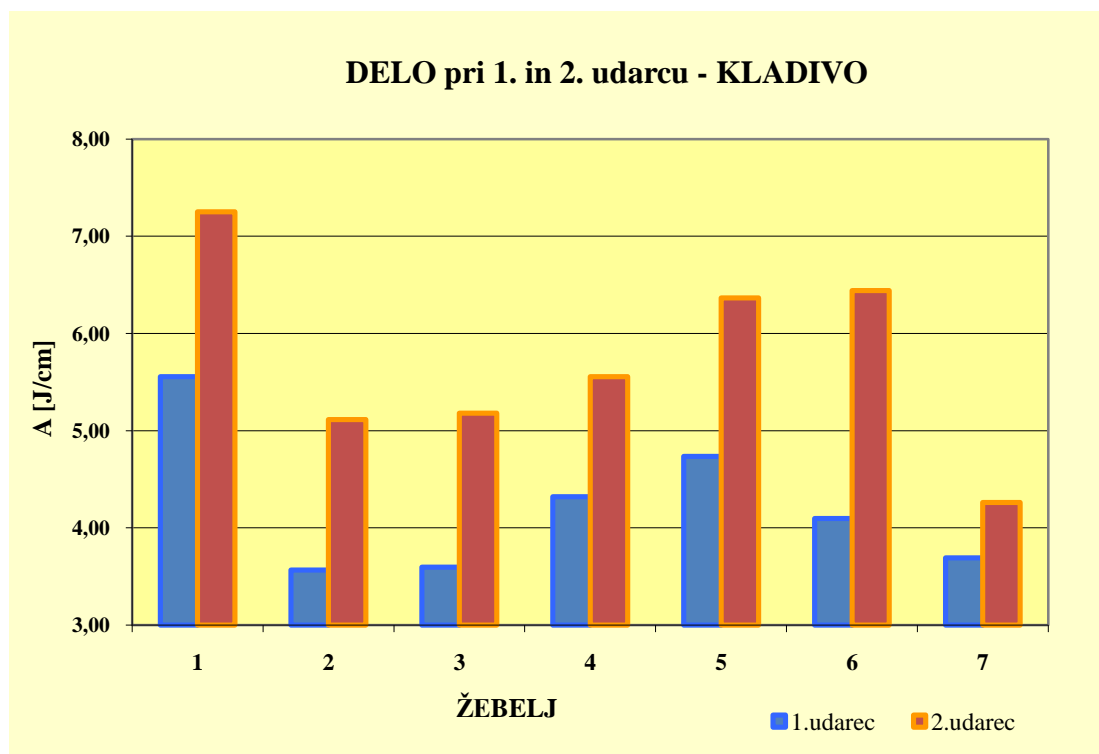
## UGOTOVITVE IN ZAKLJUČKI

Iz rezultatov lahko sklepamo, da so povprečni rezultati pri spuščanju uteži večji kot pri ostalih dveh metodah. Kot smo že zapisali v uvodu, je ta metoda najmanj zanesljiva, ker nam ni vedno uspelo spustiti uteži na žebelj tako, da bi ta udarila žebelj točno s središčem ploskve, kjer bi na žebelj predala največ energije. Zaradi tega je bila pri tej metodi potrebna večja količina dela, da zabijemo žebelj 1cm v klado.

Manjša odstopanja smo ugotovili pri ostalih dveh metodah. Najmanjša odstopanja so pri spuščanju palice v vodilu brez, kjer smo lahko palico s pomočjo vodila spustili na žebelj tako, da je bilo pri udarcu njeno težišče točno nad žebeljem. Pri zabijanju s kladivom pa je tako, da včasih »zapiha veter« in lahko posamezen rezultat tudi bolj odstopa.

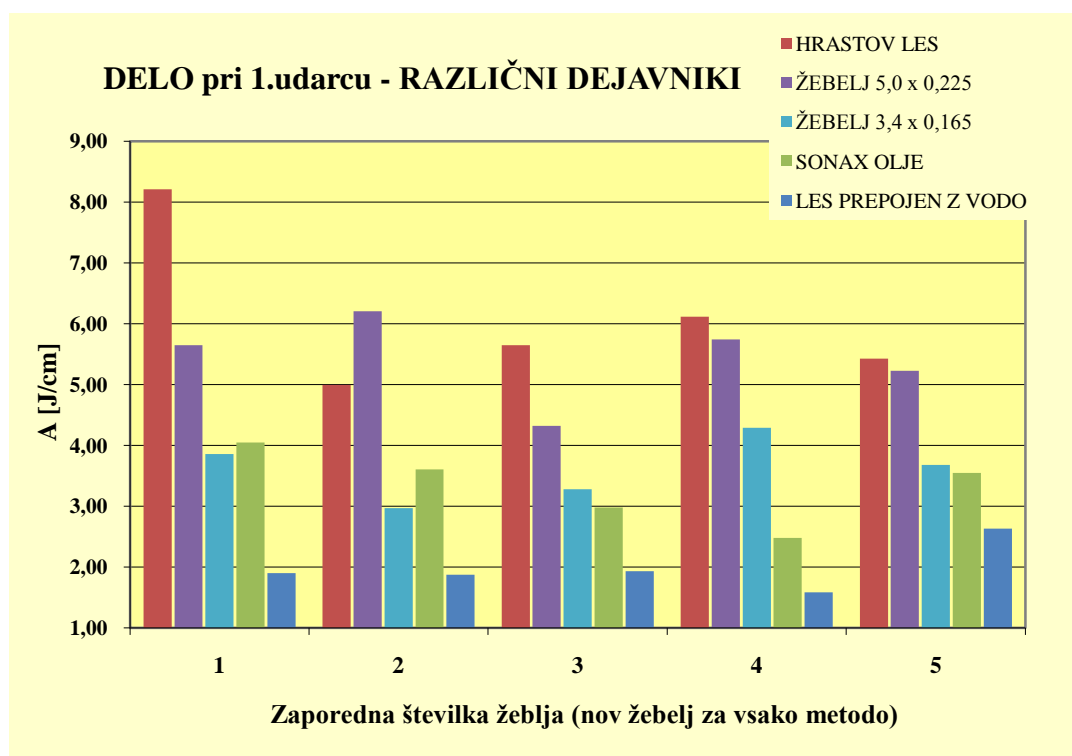
Na odstopanje rezultatov lahko vplivajo tudi drugi dejavniki kot so različna trdota lesa na kladi, bližina grče, gostota letnic, kot pod katerim je žebelj zabit v klado itd.

Pri vseh meritvah smo ugotovili, da je bilo pri drugem udarcu žebelja v povprečju potrebno več dela kot pri prvem, kar je v skladu z našimi pričakovanji, saj je les pod žebeljem bolj zbit in tudi površina žebelja, na katero deluje trenje, je večja.



Rezultati so pokazali, da pri različnih dejavnikih oz. pogojih, pri katerih zabijamo žebelj, potrebujemo različno količino dela za enak rezultat. Vsi rezultati so bili v skladu z našimi pričakovanji.

Za zabijanje žebelja v vlažen les je potrebno manj dela, saj je les redkejši – se omehča. Ko smo zabijali žebelj v trši hrastov les, smo za to potrebovali precej več dela. Ko smo žebelje namazali s »SONAX« oljem in s tem zmanjšali trenje med lesom in žabljem, smo za zabijanje žebelja potrebovali manj dela. Na koncu smo primerjali kako je z delom, če zabijemo žebelje z različnim premerom, in ugotovili, da je za debelejšje žebelje potrebno več dela, ker mora v lesu nastati večja luknja in ker se ob debelešem žablju les bolj zbije, kar povzroči večje trenje.



Rezultati se pri zabijanju žebelja s palico v vodilu in s kladivom med seboj le malo razlikujejo, zato lahko rečemo, da sta ti dve metodi primerni za ugotavljanje količine dela potrebnega za zabijanje žebelja v leseno klado. Pri spuščanju uteži pa bi morali zagotoviti, da bi utež vedno udarila v žebelj točno s sredino spodnje ploskve (da bi bilo težišče točno nad žabljem).

### »DELO KREPI ČLOVEKA«

