

Šolski center Celje  
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

## **NAPRAVA ZA TRENING SKOKA S PALICO**

### **Raziskovalna naloga**

Mentor:

Roman Zupanc, inž.

Avtorji:

David Ropotar, S-4. a

Jaka Podgoršek, S-4. a

Matic Jelenko, S-4. a

# KAZALO VSEBINE

1 POVZETEK.....	6
2 UVOD.....	7
3 SKOK S PALICO.....	8
4 POT DO ZAMISLI IN PREDSTAVITEV PROBLEMA.....	11
4.1 Predstavitev problema.....	11
4.2 Vaje, ki jih nadomesti naprava za trening skoka s palico.....	12
4.3 Hipoteza.....	13
4.4 Raziskovalne metode.....	13
5 POSTOPEK NAČRTOVANJA IZDELKA.....	14
5.1 Analiza obstoječih naprav za trening skoka s palico.....	14
5.2.1 Prva ideja.....	14
5.2.2 Druga ideja.....	15
5.2.3 Končna ideja naprave.....	17
6 KONSTRUIRANJE IN MODELIRANJE IZDELKA.....	18
6.1 CAD-programaska oprema Pro/ENGINEER.....	18
6.2 Ročajni sklop.....	18
6.3 Ročaja.....	19
6.4 Elastična vrv.....	20
6.5 Ročica.....	21
6.6 Ležajno ohišje.....	22
6.7 Drsni ležaj.....	23
6.8 Ojačitvena rebra.....	24
6.9 Vodilna plošča.....	25
6.10 Zavorna plošča.....	26
6.11 Vijak s povratno ročico.....	266
6.12 Dimenzioniranje števila vijakov.....	27
6.13 Aretirni čep z zaskočko.....	29
6.14 Pokončna vodila.....	30
7 KONČNA PODOBA NAPRAVE.....	32
8 REZULTATI.....	33
9 ZAKLJUČEK.....	34
10 ZAHVALE.....	35

11 VIRI IN LITERATURA.....	36
12 PRILOGE .....	37

## KAZALO SLIK

Slika 1: Moderen skok s palico.....	8
Slika 2: Faze skoka s palico.....	9
Slika 3: Izvajanje vaje na krogih .....	12
Slika 4: Izvajanje vaje na vrvi .....	12
Slika 5: Izvajanje vaje na švedski lestvi .....	12
Slika 6: Prvi osnutek prototipa naprave, rotacije in osnega zamika.....	15
Slika 7: Prvi osnutki višinske nastavitve .....	16
Slika 8: Skica naprave s podporo ležajnega ohišja.....	16
Slika 9: Preprosta skica končne podobe naprave.....	17
Slika 10: Ročajni sklop.....	19
Slika 11: Daljši ročaj .....	19
Slika 12: Ročaj s sistemom za vpetje .....	20
Slika 13: Izbira elastične vrvi .....	20
Slika 14: Ročica.....	21
Slika 15: Omejitvena podložka.....	21
Slika 16: Ležajno ohišje .....	22
Slika 17: Fiksirna podložka .....	22
Slika 18: Sklop ležajnega ohišja z ročajnim sklopom .....	23
Slika 19: Drsni ležaj .....	23
Slika 20: Ojačitveno rebro.....	24
Slika 21: Pozicije ojačitvenih reber .....	24
Slika 22: Vodilna plošča 1 .....	25
Slika 23: Vodilna plošča 2.....	25
Slika 24: Zavorna plošča .....	26
Slika 25: Vijak s povratno ročico .....	27
Slika 26: Skica glavne obremenitve .....	27
Slika 27: Aretirni čep z zaskočko .....	29
Slika 28: Pokončna vodila 1 .....	30
Slika 29: Pokončna vodila 2 .....	30
Slika 30: Vezni člen.....	31
Slika 31: Končna podoba naprave .....	32

## **KAZALO PRILOG**

Priloga 1: Sestavna risba s kosovnico

Priloga 2: Ročaj s sistemom za vpetje

Priloga 3: Daljši ročaj

Priloga 4: Ročica

Priloga 5: Omejitvena podložka

Priloga 6: Ležajno ohišje

Priloga 7: Drsni ležaj

Priloga 8: Fiksna podložka

Priloga 9: Vodilna plošča

Priloga 10: Zavorna plošča

Priloga 11: Ojačitveno rebro

Priloga 12: Pokončna vodila

Priloga 13: Vezni člen

# 1 POVZETEK

Skok s palico je ena najatraktivnejših atletskih disciplin, ki je tudi najbolj kompleksna. Atleti - skakalci s palico so vrhunski sprinterji in vrhunski telovadci, poleg tega pa so fizično izjemno pripravljene. Njihov trening je težak in zahteven, pripomočkov za ta specifični trening pa je zelo malo. Prav to je bilo naše izhodišče, da smo se odločili izdelati napravo, ki bi olajšala vsaj en segment treninga skoka s palico.

Hoteli smo narediti napravo, ki simulira prehod iz L-položaja v I-položaj. To vajo so do sedaj atleti izvajali na različnih pripomočkih, ki v izhodišču niso namenjeni treningu skoka s palico, zato je nevarnost poškodb precejšnja. Od prvih skic smo prešli k dejanskemu načrtu naprave. Konstruirali smo vse dele, ki so večinoma nestandardni. Soočili smo se z več problemi in jih uspešno rešili. Ker je večina delov nestandardnih, smo morali uporabiti vse naše praktično znanje za izdelavo naprave, ki je še v teku. Tako smo skice, delavniške risbe in preračune prenesli tudi v otipljivo stanje.

Upamo si trditi, da smo z našo raziskovalno nalogo pripomogli k razvoju naprav za trening skoka s palico. Želimo si, da bodo atleti s pomočjo te naprave dosegali še boljše rezultate.

## 2 UVOD

Atletika je eden najstarejših športov. S svojimi disciplinami je ena temeljnih dejavnosti v številnih drugih športih. To dokazuje način gibanja, ki je osnova drugim športom. Skok s palico je verjetno najatraktivnejša in ob tem tudi tehnično najbolj zahtevna atletska disciplina. Naš projekt ne zajema celotnega treninga skoka s palico, ampak samo določen segment.

V raziskovalni nalogi smo se lotili načrtovanja, konstrukcije, modeliranja in izdelave naprave za trening prehoda iz L-položaja v I-položaj. Pred nami je bil velik izziv, kako skakalcem s palico omogočiti vadbo z za to posebej pripravljeno napravo, ki bo nadomestila izvajanje vaj na drugih improviziranih pripomočkih.

Tehnologija in inovativnost sta bili vedno izziv za človeka, ki si želi na boljši način opravljati svoje aktivnosti. Tako želimo tudi mi s to napravo narediti trening skoka s palico modernejši.

### 3 SKOK S PALICO

Palica je od nekdaj služila človeku kot praktičen pripomoček, tudi kot orodje za premagovanje ovir. Cilj skoka s palico je preskočiti letvico, ki jo podpirata dve stoječi stojali, ne da bi jo pri tem tekmovalec podrl. Prvotno so bile palice narejene iz lesa, doskok pa se je končal v jami s peskom. Zalet je bil neenakomeren in počasen, tehnika pa zelo enostavna.

Tako kot je napredovalo človeštvo, bi lahko opisali tudi napredek te atletske discipline. Z vidika strojništva lahko napredek in razvoj opazimo v samem materialu palic, ki se je skozi leta na podlagi raznovrstnih izkušenj in ugotovitev razvijal v vedno boljšo smer. Največji napredek so prinesle palice iz steklenih vlaken, ki se uporabljajo še danes. Odlika teh palic je izredna prožnost, kar omogoča velik upogib in izkoriščanje nastalega katapulta. Z razvojem palic se je vseskozi izpopolnjevala tudi tehnika skoka in s tem tudi dosežki. Danes znaša rekord skoka s palico 6,15 m.

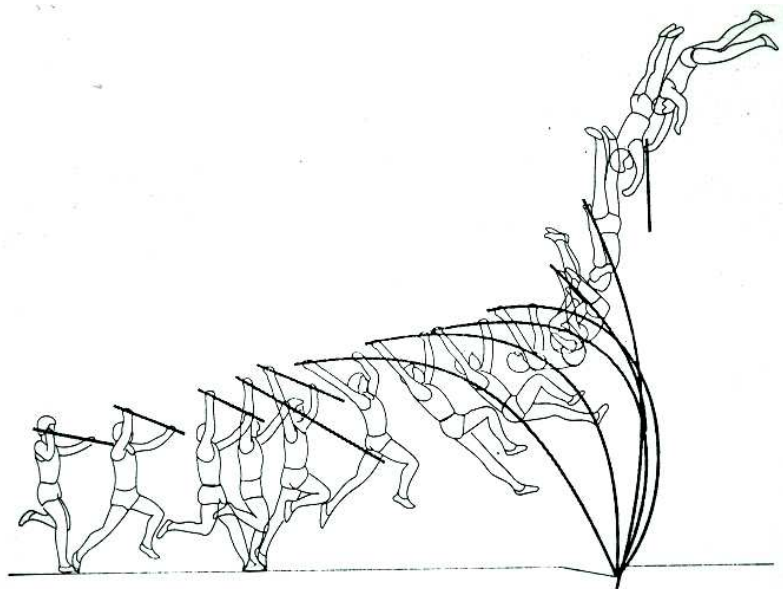


**Slika 1:** Moderen skok s palico



Skok s palico lahko v grobem razdelimo na del, ki se odvija na tleh, in na del, ki se odvija v zraku. Njegove faze pa so:

- prijem in nošenje palice,
- zalet,
- vbod,
- odriv,
- visenje pod palico,
- zamah,
- L-položaj,
- I-položaj,
- obrat,
- prehod preko letvice.



**Slika 2:** Faze skoka s palico

Sama vaja se prične s prijemom palice. Atlet z obema rokama prime palico z nadprijemom v razmiku približno 50 cm tako, da ima konico palice na tleh pred sabo, zadnji konec pa nad glavo. Sledi zalet, ki mora biti izveden čim bolj sproščeno, hitrost pa se mora kontrolirano povečevati. Proti koncu zaleta skakalec palico spušča in se pripravlja na njen vbod.

Vbod se začne tri korake pred odrivom, katerega najpomembnejši del je zadnji korak. Med samim odrivom je desna noga v kolenu skrčena, kar omogoča boljši odriv, boljši prodor v

palico in torej tudi boljšo globino skoka. Sledi faza visenja pod palico, ki je kratka, a predstavlja pomemben del samega skoka.

Iz te faze atlet preide v fazo zamaha, kjer se energija prenese na palico. Zamah poteka z iztegnjeno odzivno nogo naprej in gor. Ko se palica maksimalno zviže, se telo skrči v ramenih in bokih, odzivna noga pa ostane še vedno iztegnjena. Nato si hitro sledita položaja L in I, ki sta tudi položaja, ki ju bo atlet treniral z našo napravo. Pri L-položaju predstavljajo ramena vrtilno os, okrog katere zavrtimo boke nad višino glave. Telo se pri tem položaju »naloži« na palico in dobi obliko črke L, po kateri poimenujemo ta položaj. Do izraza pride moč mišic na rokah ter trupu, saj z njimi skakalec izvede položaj. Leva roka je pokrčena, boki so visoko nad glavo in noge iztegnjene preko nje. Skakalec začuti, da se palica pričinja iztegovati, tako popusti levo roko, kar omogoči energiji palice, da ga z vso močjo »izstrelji«. Krivina palice se med prehodom iz L-položaja v I-položaj umakne na stran, da lahko atlet potuje mimo nje.

Sledi I-položaj, pri katerem se palica začne iztegovati. Za doseg maksimalnega rezultata mora biti težišče skakalca blizu linije delovanja sile palice in rok. To doseže skakalec tako, da se z rokami pritegne k palici in vztraja v tem položaju, drugače telo ne bi potovalo v pravi smeri in bi lahko padlo proč od palice. Ko je palica še v fazi iztegovanja, sledi obrat okrog vzdolžne osi v levo, saj atlet letvico prečka s prsno stranjo. Telo se pri tem nekoliko odmakne od palice, desna roka se pokrči in sledi odziv od palice z obema rokama. Tako je izkoriščen še zadnji impulz palice.

Zadnja faza je prehod prekop letvice, pri kateri se oceni uspešnost skoka. Zaradi velike vertikalne hitrosti dobi telo obliko strehe, in sicer zaradi upogiba v bokih. Tako atlet pridobi še kakšen dodaten centimeter pri višini skoka.

## **4 POT DO ZAMISLI IN PREDSTAVITEV PROBLEMA**

Idejo za izdelavo naprave za trening skoka s palico smo dobili na zanimiv način. Med uro športne vzgoje na atletskem stadionu smo se zapletli v pogovor s profesorjem z našega šolskega centra Darkom Rennerjem, ki ima dolgoletne izkušnje s skokom s palico, in trenerjem skoka s palico Milanom Kranjcem. Orisala sta nam problem pomanjkljive opreme za vadbo te atletske discipline. Ker smo prav takrat premišljevali o temi naše raziskovalne naloge, smo v tem videli izziv in se odločili, da poskušamo takšno napravo izdelati.

Idejo smo dodelali in se osredotočili na najtežavnejši del skoka s palico – prehod iz L-položaja v I-položaj. Nastala je osnovna ideja naprave za trening skoka s palico. Do njene končne podobe pa smo potrebovali veliko časa, vseskozi pa smo naše ideje nadgrajevali.

### **4.1 Predstavitev problema**

Tehnika skoka s palico je zelo kompleksna in zahtevna z vidika koordinacije, časovne usklajenosti in prostorske predstave. Potrebna je tudi velika in enakomerna moč vseh mišičnih segmentov. Visok skok pa zahteva še veliko zaletno hitrost v povezavi z izjemno tehniko.

V fazi prehoda iz visenja pod palico v L-položaj in nato v I-položaj se krivina palice umakne na stran, da lahko atlet potuje mimo nje. Pri tem palice ne drži soosno, saj je le-ta na njegovi levi ali desni strani.

Vajo prehoda iz L-položaja v I-položaj atleti izvajajo na orodjih, ki temu v osnovi niso namenjena. Tako se poslužujejo krogov, vrvi in švedske lestve. Na vseh naštetih orodjih je prijem soosen, kar ne predstavlja realnega položaja, ki nastane pri skoku. Poleg tega, da je vaja na ta način izvedena nepopolno, na omenjenih orodjih obstaja tveganje poškodb.

Hkrati mora biti naprava zelo toga, kar orodja, na katerih so atleti do sedaj izvajali vaje, niso. Zagotoviti je treba napenjalno silo, ki simulira elastičnost in upogljivost palice iz steklenih vlaken. Najlažje jo je zagotoviti z vzmetmi ali elastikami, vendar nastane problem, saj lahko le-te ovirajo atleta. Drug problem predstavlja tudi razlika levičar/desničar.

## 4.2 Vaje, ki jih nadomesti naprava za trening skoka s palico



Slika 3: Izvajanje vaje na krogih



Slika 4: Izvajanje vaje na vrvi



Slika 5: Izvajanje vaje na švedski lestvi

## 4.3 Hipoteza

Zastavljena hipoteza:

Ali lahko izdelamo ergonomičen trenažer, ki bi nadomestil vaje, prikazane na slikah 3, 4 in 5?

## 4.4 Raziskovalne metode

Pri raziskovalni nalogi smo uporabili različne metode dela. Najprej smo pridobili gradivo in informacije za naše delo ter jih analizirali. Preučili smo skok s palico ter si ogledali trening te atletske discipline v lokalnem atletskem klubu. Upoštevali smo strokovna mnenja trenerja za skok s palico Milana Kranjca in njegovega varovanca, mladinskega državnega rekorderja Roberta Rennerja.

Na podlagi pridobljenih informacij smo načrtovali izdelek in izrisali prve idejne skice. Izmed vseh idej smo izluščili najboljšo, ki je prešla v postopek realizacije.

Raziskovalna metoda našega dela je bila tudi uporaba modelirnika Pro/ENGINEER. Omenjeni program nam je pomagal konstruirati in modelirati vse strojne elemente, potrebne za načrtovan izdelek. Na podlagi modelov smo izdelali vse delavniške risbe prototipa naprave. Ko smo izbirali materiale za napravo, smo obiskali več podjetij, ki so nam predstavila svoje proizvode. Strokovni delavci so nam predstavili karakteristike in nam svetovali pri izbiri.

Ker je naprava inovacija, smo se morali velikokrat posluževati metode preizkušanja. Atlet je napravo preizkušal, mi pa smo na podlagi njegovih mnenj in ugotovljenih dejstev spreminjali določene komponente do stanja popolnosti.

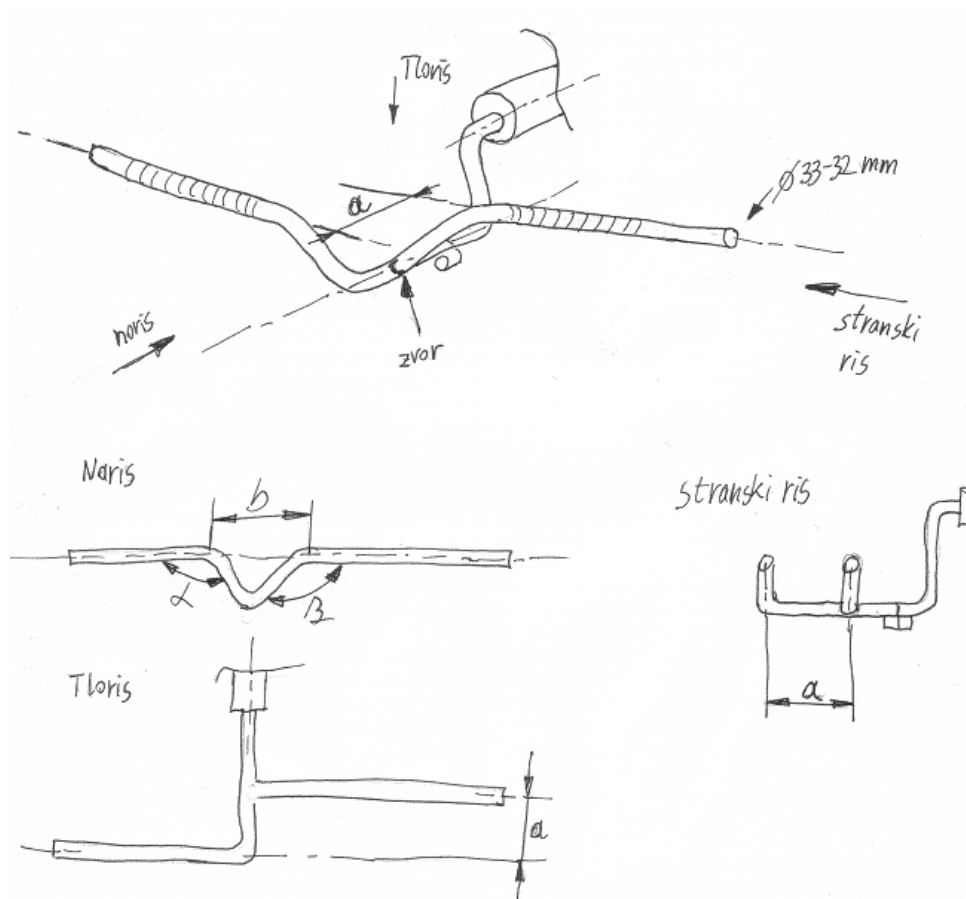
## **5 POSTOPEK NAČRTOVANJA IZDELKA**

### **5.1 Analiza obstoječih naprav za trening skoka s palico**

Na spletu in na različnih forumih smo iskali že obstoječe naprave za trening skoka s palico. Evropski trg tovrstnih pripomočkov ne ponuja. Zasledili smo nekaj naprav na ameriškem trgu, od tega eno, ki je vsaj nekoliko podobna naši zamisli. Ostale naprave večinoma zajemajo celoten skok s palico, izvedbe pa so precej nerodne. Prišli smo do ugotovitve, da ta atletska disciplina trpi veliko pomanjkanje pripomočkov za trening ter da trg takšno napravo potrebuje.

#### **5.2.1 Prva ideja**

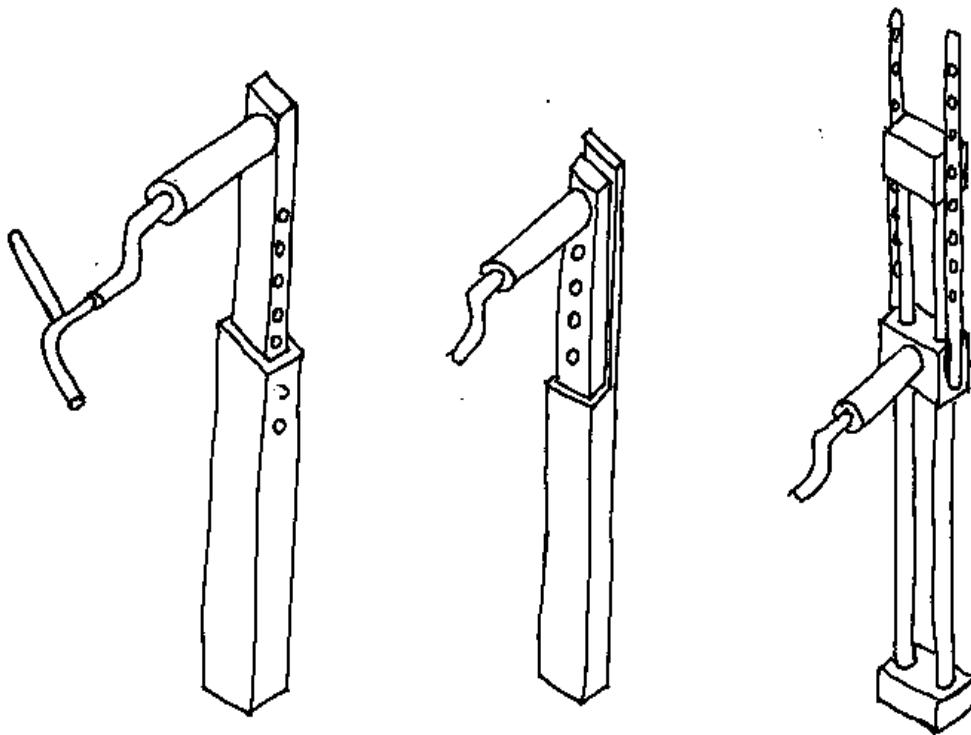
Naša prva ideja je bila, da bi naredili enostavno napravo, ki bi simulirala dejanski skok in upoštevala vse lastnosti palice med prehodom iz L-položaja v I-položaj. Pri sami ideji smo se osredotočili na rotacijo, ki nastane pri vaji. Dolžina ročice od osi uležajenja vpliva na potrebno silo, ki jo mora atlet zagotoviti, da doseže dovolj vztrajnostne sile za izvedbo vaje. Napenjalno silo zagotavljajo ena ali več elastik. Prvi konec elastike je vpet v tla, drugi pa na ročico, ki jo drži atlet s prednjo roko. Palica se v tem prehodu zvije, kar povzroči osni zamik prijema. To naša ideja vključuje, saj osi prijema niso v isti ravnini, kar je razvidno iz slike 6. Razmišljali smo tudi o problemu levičar in desničar, saj imajo levičarji drugačen prijem kot desničarji in obratno. Ročaji so odstranljivi, tako jih lahko preprosto zamenjamo in s tem rešimo omenjeni problem. Pri prvi ideji se še nismo osredotočili na postavitev naprave in višinsko nastavitev.



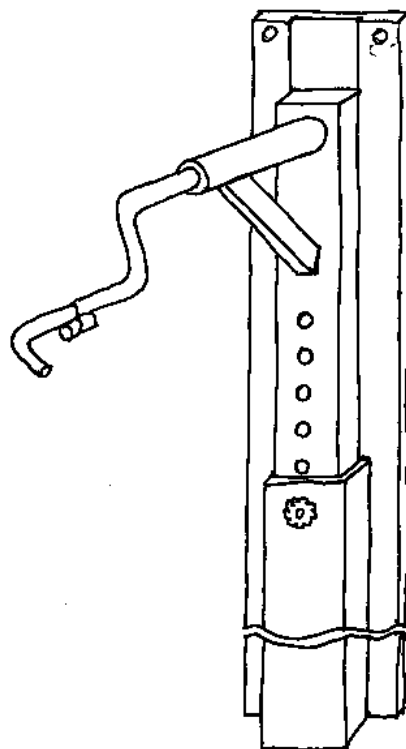
Slika 6: Prvi osnutek prototipa naprave, rotacije in osnega zamika

### 5.2.2 Druga ideja

Druga ideja je nadgradnja prve ideje. Skušali smo doseči, kar se da večjo fleksibilnost naprave, saj smo ljudje po naravi grajeni različno. Ob tej misli smo se soočili s problemom višinske nastavitve naprave. Premični del, na katerega je pritrjeno ležajno ohišje, je možno pomikati po vodilih in tako doseči želeno višino. Vodila bi bila nameščena na I-profil, ki je del konstrukcije dvorane na atletskem stadionu Kladiivar. Ker se bodo na mestu pritrditve ležajnega ohišja pojavljale velike obremenitve, smo načrtovali še podporo za večjo togost in prenašanje sil, kar je prikazano na sliki 8. Vodila segajo pri tej ideji od tal pa vse do višine več kot tri metre, kolikor je potrebno za uporabnike naprave. Uporabljenega bi bilo veliko materiala, teža samih vodil pa bi bila prevelika, da bi atlet ali trener nastavil višino brez težav. Tako smo to idejo ovrgli.



Slika 7: Prvi osnutki višinske nastavitve



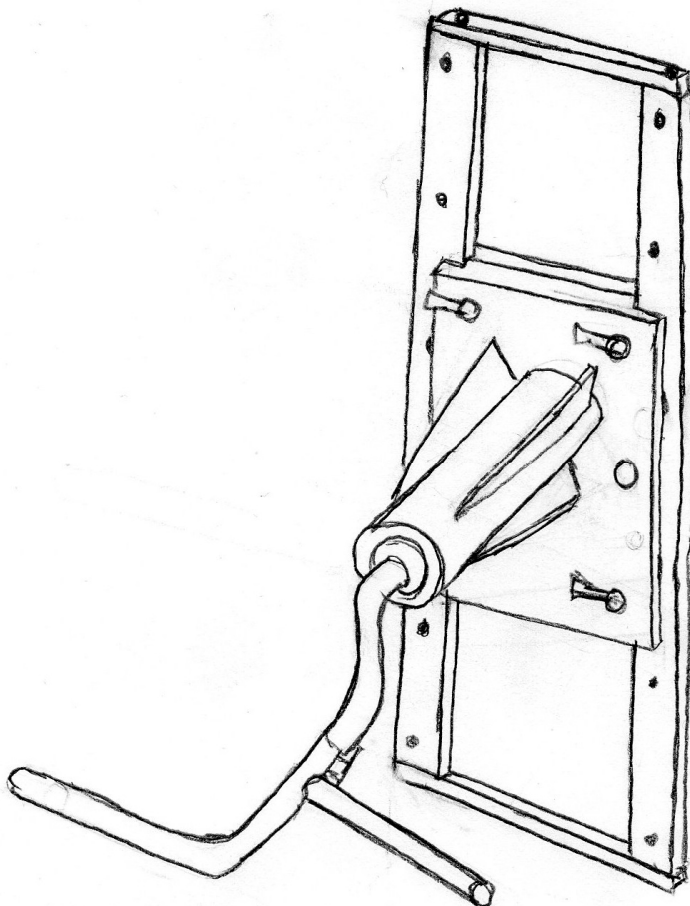
Slika 8: Skica naprave s podporo ležajnega ohišja



### 5.2.3 Končna ideja naprave

Končna ideja naprave ni daleč od druge ideje. Prejšnja izvedba ima vodila do tal, kar ni potrebno, poleg tega pa povzroča težave sama teža naprave.

Dve pokončni vodilni letvi, privijačeni v I-profil v atletske dvorani, nosita vodilno in zavorno ploščo. Plošči, privijačeni skupaj z vijaki s povratno ročico, se oklepata vodilnih letev ter tako zagotavljata togost in ohranjata višinsko nastavitvev. Omejitev predstavlja samo širina I-profila, na katerega sta privijačeni vodilni letvi, ki znaša 300 mm. Za prenašanje večjih obremenitev ima ležajno ohišje privarjena štiri ojačitvena rebra. Vezna člena zagotavljata, da plošči ne zdrsneti iz najnižjega položaja in vežeta pokončni vodili v sklop. Togost naprave ima velik pomen, zato smo precejšnji del časa, namenjenega snovanju te ideje, posvetili prav temu problemu.



**Slika 9:** Preprosta skica končne podobe naprave

## **6 KONSTRUIRANJE IN MODELIRANJE IZDELKA**

Že ko smo končno idejo naprave dodelali, smo uporabili večino pridobljenega znanja o tehničnih rešitvah, s katerimi smo se ubadali. Pri konstruiranju in modeliranju pa smo vsak sestavni element trenažerja oblikovali tako, da je končni izdelek funkcionalen in ergonomičen.

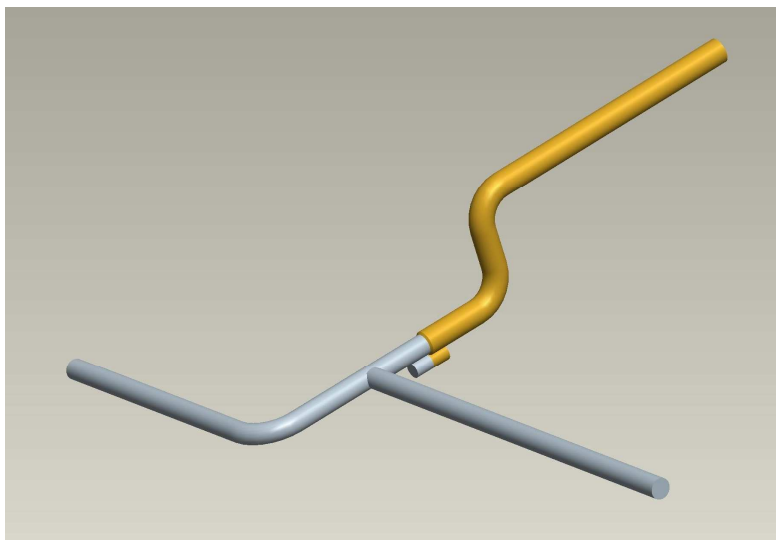
### **6.1 CAD-programaska oprema Pro/ENGINEER**

CAD je okrajšava za angleški izraz »Computer Aided Design«. To so računalniška orodja, ki pomagajo arhitektom, oblikovalcem in inženirjem strojništva pri zasnovi izdelkov. Moderna CAD-programaska orodja vključujejo konstruiranje, dizajniranje, izmenjavo podatkov, izdelavo tehniške dokumentacije obstoječih izdelkov itd.

Pro/ENGINEER je CAD-programaska oprema, kjer je prikaz tridimenzionalnih oblik najpopolnejši. Okolje je izdelano na podlagi tridimenzionalnih gradnikov, ki delujejo po treh sistemih. Prva metoda je površinska. Model pozna samo mrežno povezavo mejne točke. Tako se gradijo površine, med seboj povezane v sklop. Izdelamo lahko zelo zahtevne oblike, kot so avtomobilski karoserijski deli, vendar model ne prepozna svojega volumna. Druga metoda so volumski modelirniki, ki so se razvili iz površinskih. Uporablja se princip dodajanja in odzemanja. Osnovni gradniki za delo so poleg oblike še vrtenje okoli osi, sledenje po dani osi in spremembe preseka. Pomožni gradniki so posnetja, zaokrožitve, luknje ipd. Tretja metoda so modelirniki za površine z negeometrijskimi oblikami, za katere sta znana tako volumen kot površina. Ta metoda nam omogoča parametrične spremembe oz. manipulacijo, ob tem pa model še vseeno prepozna volumen. S tega vidika ima Pro/ENGINEER največjo prednost pred ostalimi modelirniki.

### **6.2 Ročajni sklop**

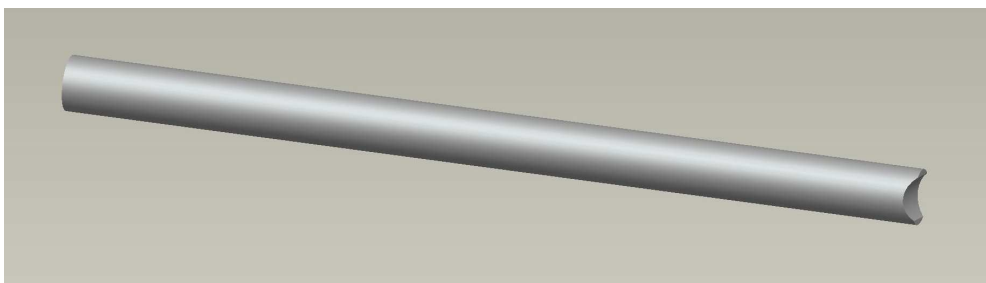
Najprej smo se lotili izdelave ročajnega sklopa, ki se ga atlet oprijema med vajo. To je ključni element naše naprave, hkrati pa predstavlja tudi največji problem. Sestavljen je iz dveh ročajev in ročice z osjo, kot je razvidno s slike 10. Dela sta razstavljivo povezana z zatičem, da je ročaja možno zamenjati za uporabo levičar/desničar.



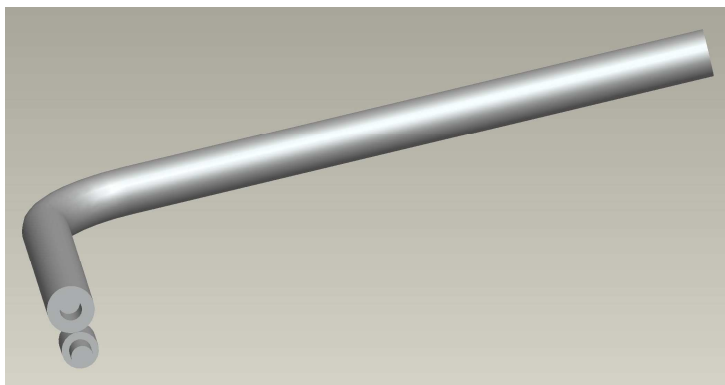
**Slika 10:** Ročajni sklop

### 6.3 Ročaja

Atlet v prehodu iz L-položaja v I-položaj palice ne drži soosno. Zaradi tega smo konstruirali ročaja tako, da sta njuni osi oddaljeni za dolžino osnega zamika. Nadprijem palice, z razmikom med rokama 50 cm, povzroči približno 20 cm osnega zamika med rokama. Razdalje se spreminjajo glede na atleta, vendar so razlike minimalne. Ročaja sta različna, saj ima eden prosti konec in podaljšek za vpetje, na drugega pa je pripeta elastična vrv. Ročaj, na katerega je pripeta elastična vrv, je daljši, da se lahko oddalji od atleta in ga ne ovira med vajo. Ročaj s sistemom za vpetje je ukrivljen iz ene palice, daljši ročaj pa je na razdalji osnega zamika privarjen na krajšega. Debelino ročajev smo izbrali glede na debelino prave palice.



**Slika 11:** Daljši ročaj

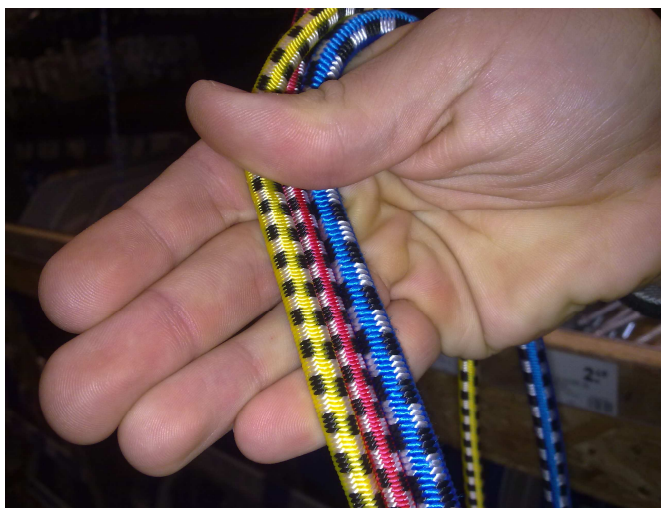


Slika 12: Ročaj s sistemom za vpetje

## 6.4 Elastična vrv

Z elastično vrvjo zagotovimo potrebno napenjalno silo, da je izvedba vaje sploh mogoča. En konec elastične vrvi je vpet na daljši ročaj, drugi konec pa je vpet v steno pri tleh, da atlet ni oviran. Med vajo uporabnik naprave z lastno težo napenja elastično vrv, da vzpostavi ravnotežje in doseže realen položaj skoka s palico. Število je nastavljivo, tako da teža atleta določa število elastičnih vrvi.

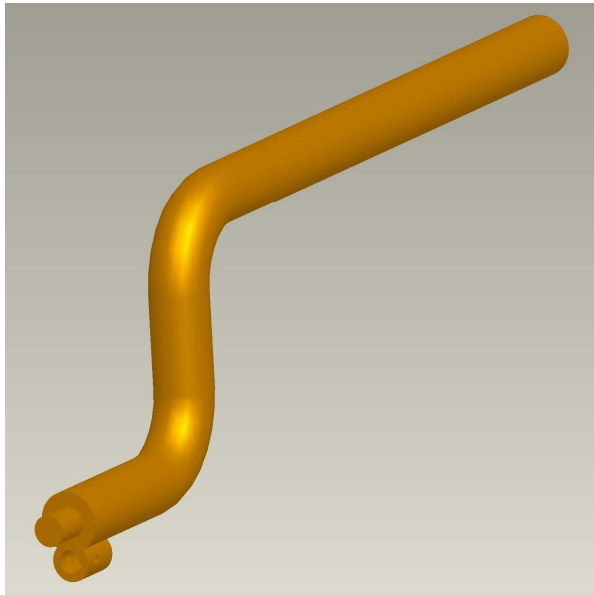
Iskali smo standardne elastične vrvi, ki jih je v našem prostoru težko dobiti. Obiskali smo veliko trgovin in samo v eni našli zelen izdelek. Tako možnosti izbire sploh nismo imeli. S pomočjo preizkušanja smo izbrali elastično vrv premera 10 mm. Specifikacije te elastične vrvi so nam ostale neznane, saj kljub vztrajnemu poizvedovanju pri nemškem proizvajalcu nismo dobili podatkov o koeficientu raztezanja te vrvi.



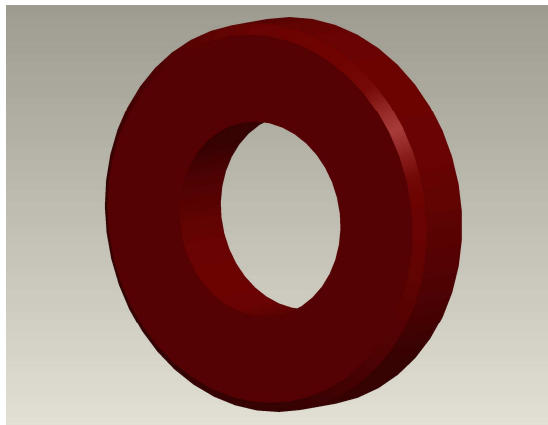
Slika 13: Izbira elastične vrvi

## 6.5 Ročica

Ročica je element, ki zagotavlja, da atlet doseže dovolj vztrajnostnega momenta za izvedbo vaje. Če bi bila ročica prekratka, vaje ne bi bilo mogoče izvesti. Če pa bi bila predolga, bi atlet dosegel prevelik vztrajnostni moment, kar bi povzročilo, da bi preveč zanihal. Takšna vadba ne bi opisovala pravega položaja pri skoku s palico. Dolžino ročice smo določili eksperimentalno, in sicer s pomočjo poskusov skakalca s palico Roberta Rennerja. Daljši konec ročice predstavlja os vrtenja in je vpet v ležajno ohišje, na drugi konec pa sta z zatičem pritrjena ročaja. Na ročico je privarjena omejitvena podložka za omejitev osi ročice v ležajno ohišje.



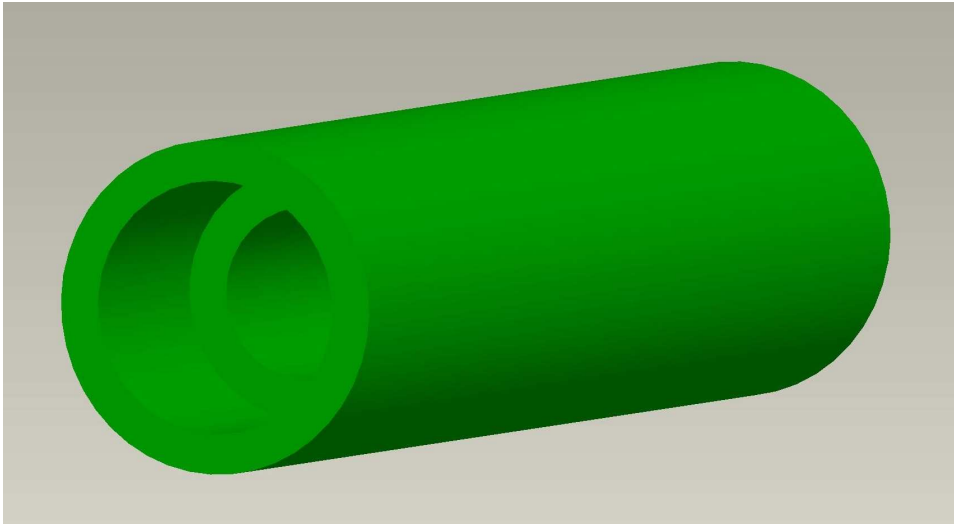
Slika 14: Ročica



Slika 15: Omejitvena podložka

## 6.6 Ležajno ohišje

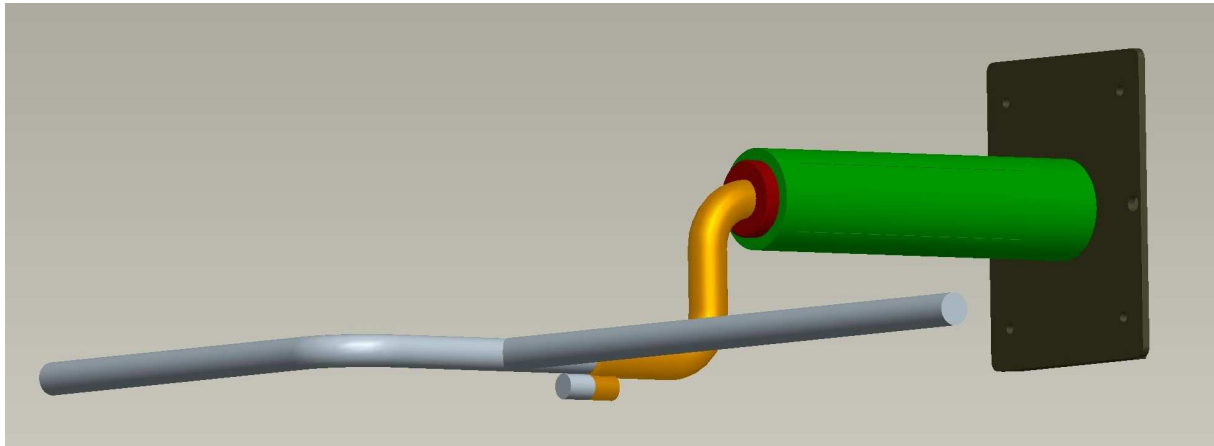
Ležajno ohišje služi za vgraditev dveh drsnih ležajev, v katera namestimo ročico, katere daljši konec predstavlja os rotacije. Os je v ležajno ohišje privijačena preko fiksirne podložke z vijakom M12x35. Ležajno ohišje je privarjeno na vodilno ploščo.



**Slika 16:** Ležajno ohišje



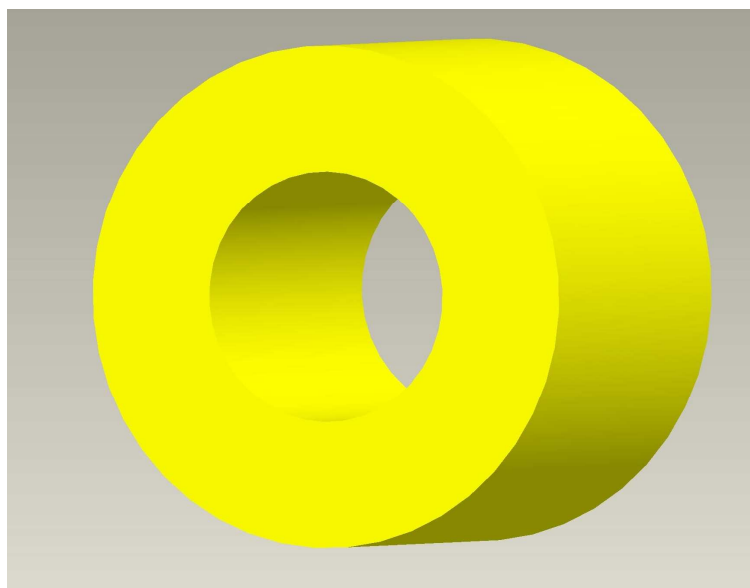
**Slika 17:** Fiksirna podložka



**Slika 18:** Sklop ležajnega ohišja z ročajnim sklopom

## 6.7 Drsni ležaj

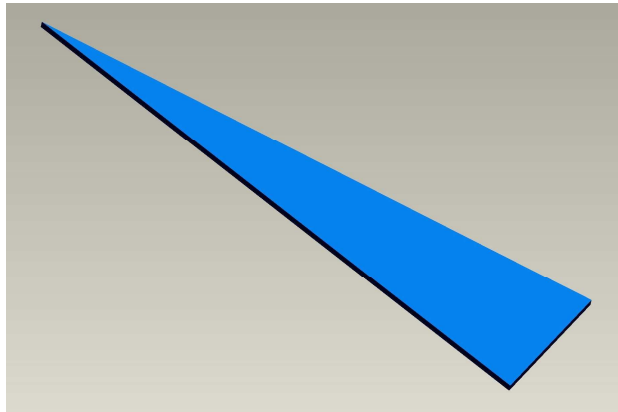
Za material drsnih ležajev smo izbrali poliamidno inženirsko plastiko, imenovano Novilon Oilon, ki ima v svoji strukturi olje, zato ležaja ni potrebno mazati. Mehanske in fizikalne lastnosti tega materiala so izjemne. Koeficient trenja je zelo nizek. Material je zelo odporen proti koroziji in vsem ostalim kemičnim procesom ter vplivom. Poleg vsega naštetega pa ga je lahko obdelovati.



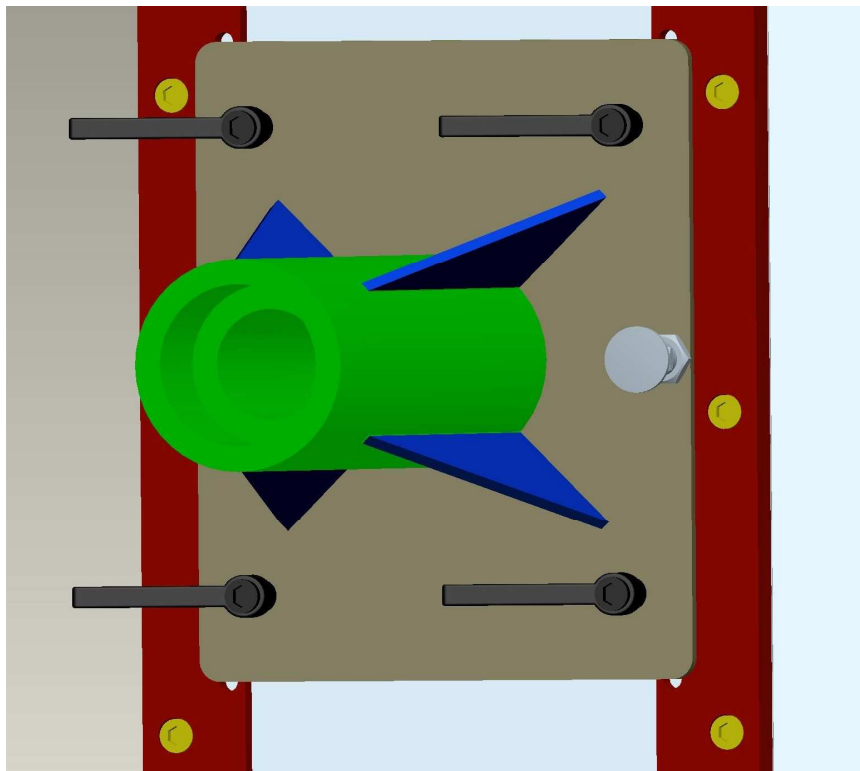
**Slika 19:** Drsni ležaj

## 6.8 Ojačitvena rebra

Ležajno ohišje predstavlja konzolni nosilec, ki nosi glavno obremenitev. Za prenašanje večjih sil in obremenitev ga moramo podpreti. Konstruirali smo štiri ojačitvena rebra, ki so privarjena na vodilno ploščo in ležajno ohišje.



Slika 20: Ojačitveno rebro

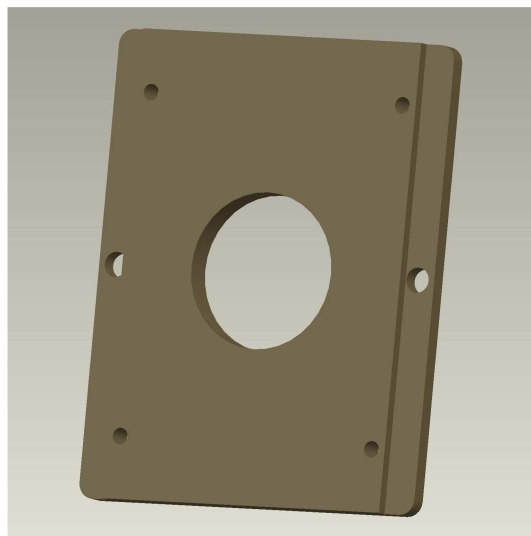


Slika 21: Pozicije ojačitvenih reber

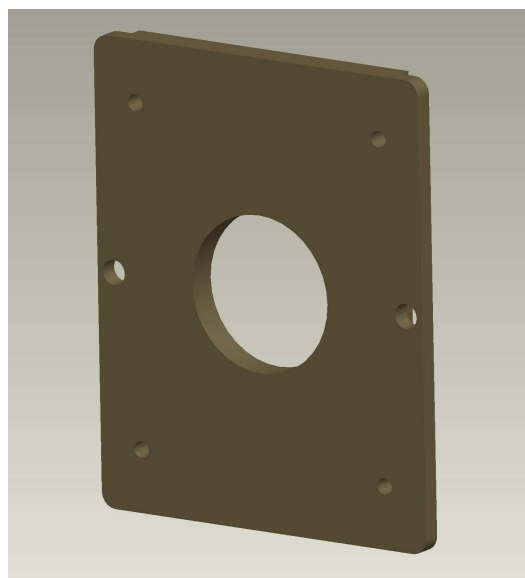


## 6.9 Vodilna plošča

Vodilna plošča nosi ležajno ohišje. V sklopu z zavorno ploščo pa ima funkcijo nastavljanja višine vadbe. Na zavorno ploščo je privijačena s šestimi vijaki s povratno ročico, dva aretirna čepa pa sta nameščena za pozicioniranje vodilne plošče na željeno višinsko nastavitev. Vijake s povratno ročico smo izbrali za preprosto spreminjanje višine, saj jih ni težko odviti, medtem ko aretirna čepa samo potegnemo iz pozicionirnih lukenj, da prestavimo sklop vodilne in zavorne plošče.



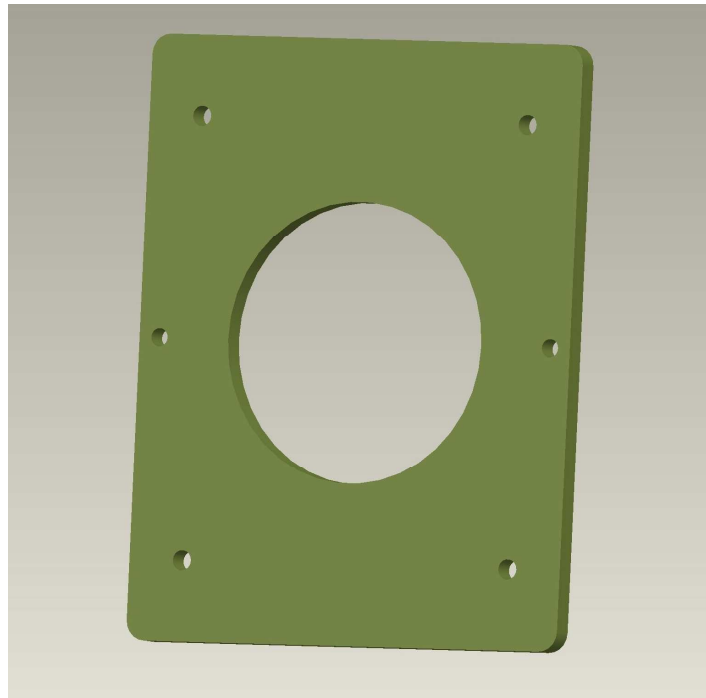
**Slika 22:** Vodilna plošča 1



**Slika 23:** Vodilna plošča 2

## 6.10 Zavorna plošča

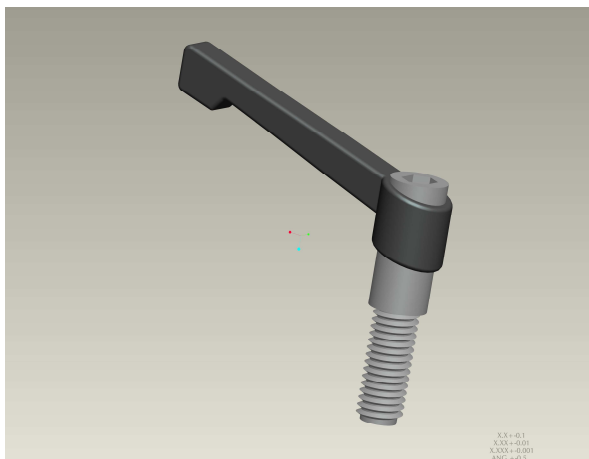
Zavorna plošča je konstruirana tako, da ob skrajnem privitju vijakov s povratno ročico pritisne vodilno ploščo tesno ob pokončna vodila, kar daje napravi togost.



Slika 24: Zavorna plošča

## 6.11 Vijak s povratno ročico

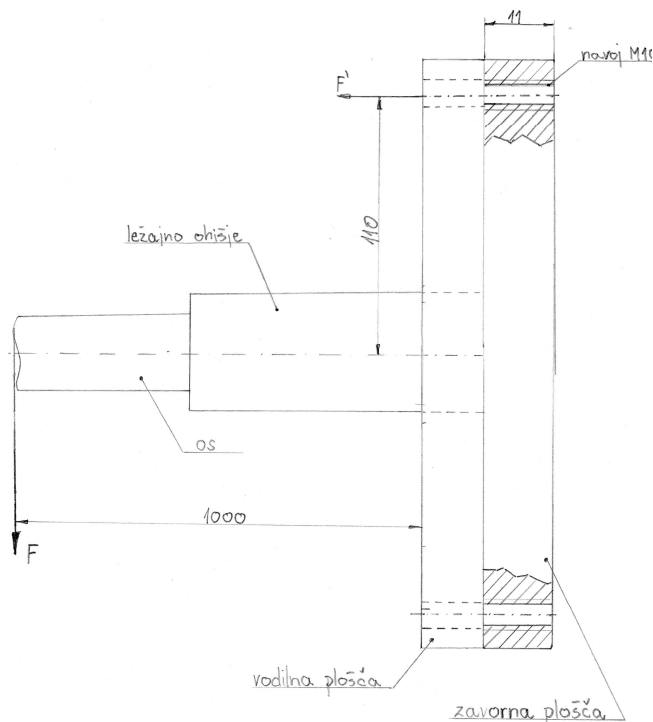
Vijak s povratno ročico je primeren za našo napravo, ker je tako pomik vodil enostavnejši. Za potrebno nastavitvev ne potrebujemo nobene priprave, samo preprosto pritegnemo ali popustimo vse vijake. Izbrali smo standardni vijak s povratno ročico T 31892 M10×32, katerega model je prikazan na sliki 25.



Slika 25: Vijak s povratno ročico

## 6.12 Dimenzioniranje števila vijakov

Na zgornja dva vijaka s povratno ročico skozi vodilno in zavorno ploščo deluje velika natezna napetost kot posledica velike razdalje od težišča atleta do stene. Sila  $F'$  vijaka na zgornji polovici plošč deluje v smeri izpultitve vijakov, kot kaže slika 26. Kontroliramo, ali dva vijaka s povratno ročico M10 preneseta maso 100 kg z varnostnim faktorjem 3 v oddaljenosti težišča atleta za 1 m.



Slika 26: Skica glavne obremenitve

Sila izpulitve na posamezni vijak zgornje polovice zavorne plošče:

$$F^I = \frac{3000}{2} = 13636,36 \text{ N}$$

Dopustna natezna napetost pri varnostnem faktorju 4:

$$\delta_{dop} = \frac{\delta_{pl}}{\nu} = \frac{640}{4} = 160 \text{ N/mm}^2$$

Število ovojev, potrebnih za prenašanje sile F, če upoštevamo, da je dopustni tlak 50 MPa:

$$A_p = \frac{F}{p_{dop}} = \frac{13636,3}{50} = 272,73 \text{ mm}^2$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d_1^2) \cdot n$$

$$n = \frac{A_p}{\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d_1^2)} = \frac{272,73}{\frac{\pi}{4} \cdot (10^2 - 8,376^2)} = 11,63$$

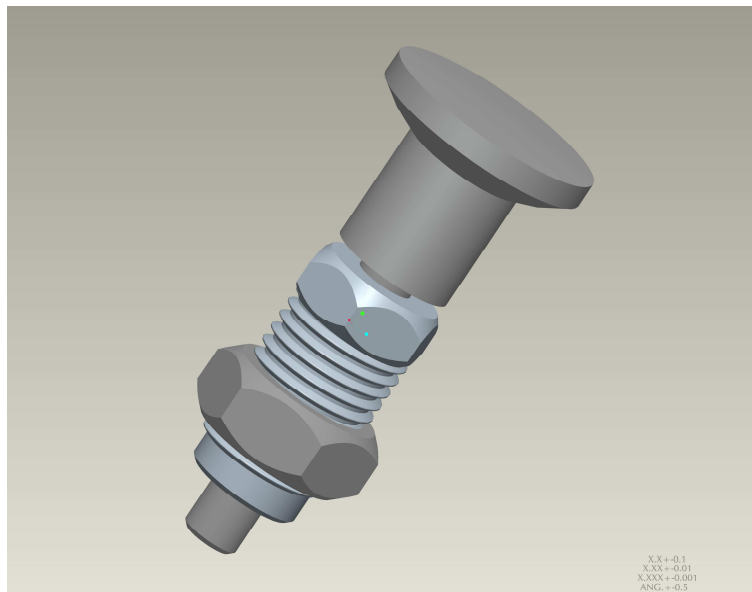
Število ovojev na zavorni plošči, debeline 12 mm, s posnetjem lukenj in korakom navoja M10x1,5:

$$n = \frac{s}{P} = \frac{10}{1,5} = 6,66$$

Ugotovili smo, da je število navojnic na en vijak s povratno ročico 6,66; za našo silo pa je potrebnih vsaj 11,63 navojnic. Tako smo ponovno konstruirali in modelirali vodilno ploščo s štirimi vijaki na zgornji polovici, saj dva vijaka ne prenašata sile, ki nastane med vajo. Popravek je opazen na končnem izdelku raziskovalnega dela.

### 6.13 Aretirni čep z zaskočko

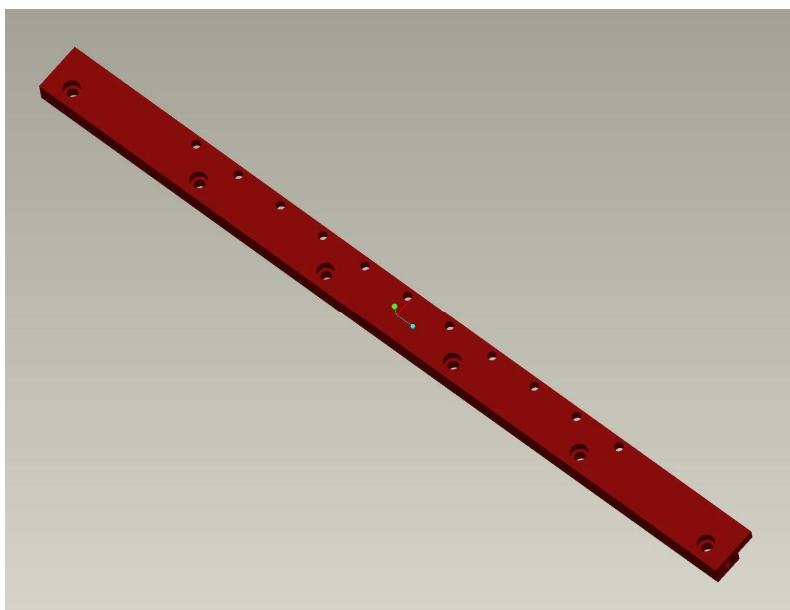
Za preprostejšo in lažjo nastavitve višine smo uporabili aretirne čep z zaskočko. Ko uporabnik naprave odvije vse vijake s povratno ročico, mora z rahlim potegom iz pozicijske luknje na pokončnih vodilih potegniti dva aretirna čepa. Ko se vodilna plošča pomakne na pravo pozicijo, se aretirna čepa spet zaskočita v pozicijsko luknjo. Izbrali smo standardne aretirne čep z zaskočko M16x1,5 (T 63 606).



**Slika 27:** Aretirni čep z zaskočko

## 6.14 Pokončna vodila

Pokončna vodila sestavljata dve vodilni letvi, priviti v steno s standardnimi imbus vijaki z ugreznjeno glavo M10x35. Omogočata vertikalno premikanje vodilne in zavorne plošče, da si atlet lahko nastavlja višino za izvajanje vaje. Na pokončna vodila smo konstruirali 11 lukenj na razdalji 50 mm, v katere atlet zatakne aretirna čepa, ko izbere želeno višino.



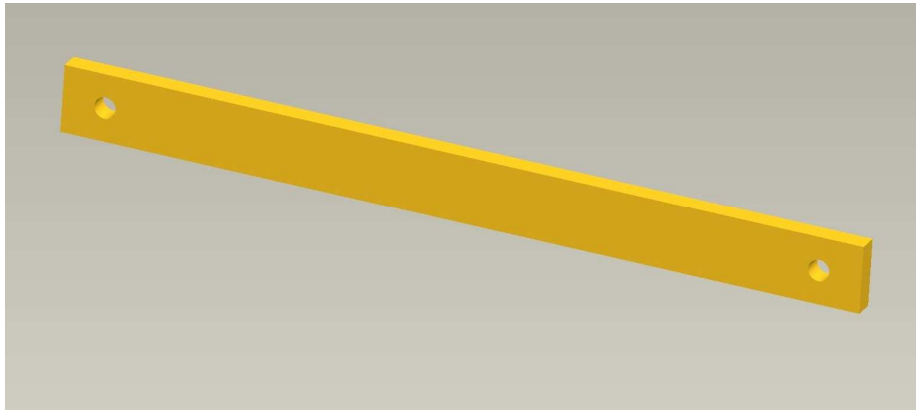
Slika 28: Pokončna vodila 1



Slika 29: Pokončna vodila 2

## 6.15 Vezni člen

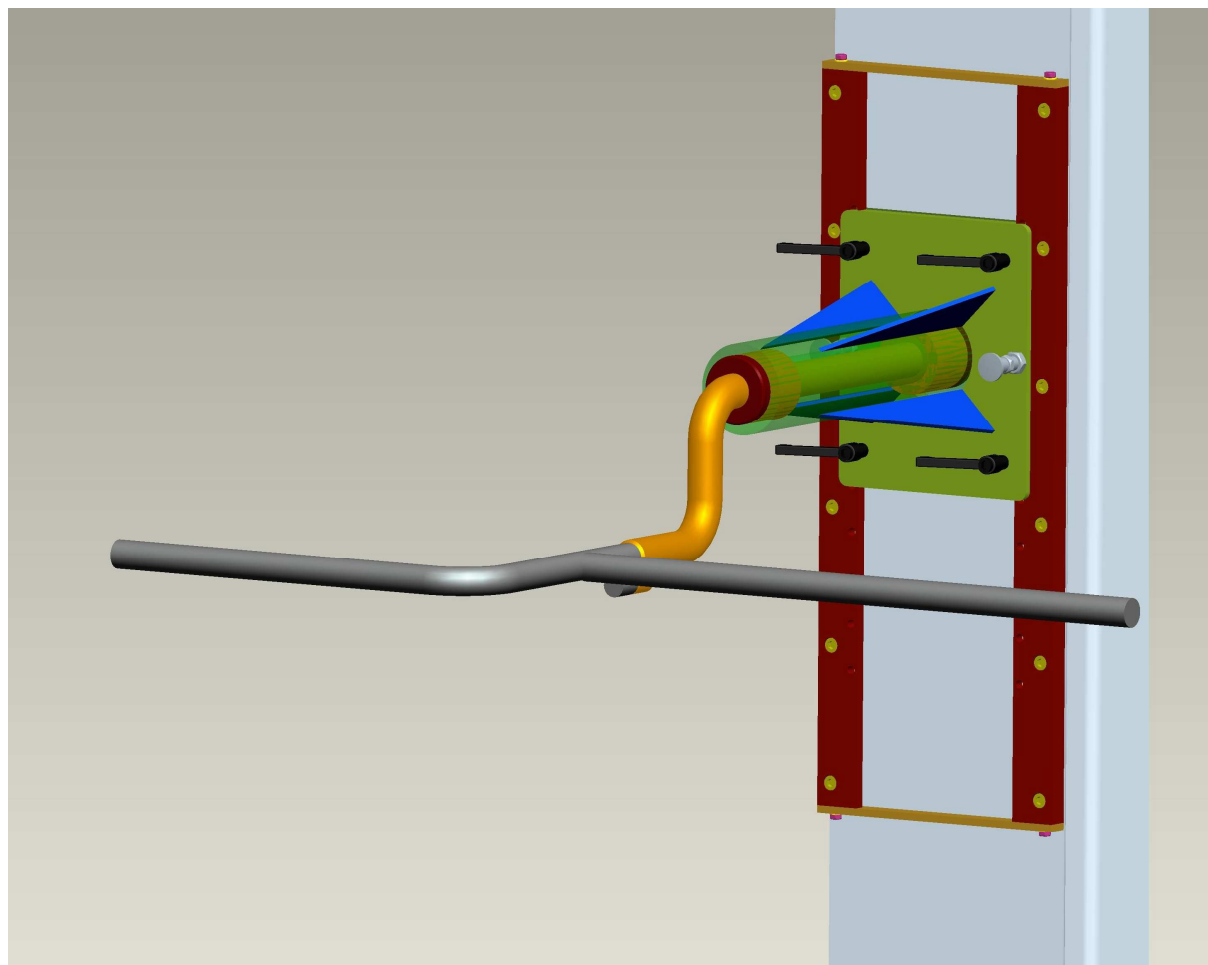
Vezni člen smo konstruirali, da smo povezali skupaj pokončni vodilni letvi. Uporabili smo dva vezna člena; na vrhu in na dnu pokončnih vodil. S tem smo pridobili dvoje: večjo togost naprave in večjo varnost, saj vodilna in zavorna plošča ne moreta zdrsniti z vodil. V pokončna vodila sta vezna člena privijačena vsak s po dvema standardnima imbus vijakoma M8x15.



**Slika 30:** Vezni člen

## 7 KONČNA PODOBA NAPRAVE

Naprava za trening skoka s palico bo imela mesto v dvorani atletskega društva Kladivar, kjer bo privijačena na I-profil, ki je del konstrukcije dvorane. Pokončna vodila so od tal oddaljena tri metre.



**Slika 31:** Končna podoba naprave



## 8 REZULTATI

Preučili smo skok s palico in ob ogledu treninga spoznali, da atleti največ tvegajo z izvedbo vaje prehoda iz L-položaja v I-položaj na pripomočkih, ki niso namenjeni za tovrstni trening. Poleg tega pa te vaje ne zagotavljajo osnega zamika prijema, kar pomeni, da z njimi ne dosežejo pravega učinka. Analizirali smo trg in ugotovili, da so pripomočki za trening skoka s palico v evropskem prostoru prava redkost. Izdelali smo idejne skice naprave, nekatere boljše, nekatere slabše. Po temeljiti presoji smo izbrali idejno skico, ki je prešla v postopek realizacije. Konstruirali, modelirali in izdelali smo napravo za trening skoka s palico, ki uspešno nadomesti opisane vaje na improviziranih pripomočkih. Uspešno smo potrdili hipotezo, podano na začetku naše naloge. Naprava je uporabniku prijazna in varna. Atleti bodo dosegli maksimalno funkcionalnost naprave, ki se bo z našimi največjimi upi poznala na njihovih rezultatih. Ker takšna naprava še ne obstaja, smo na tržišče posredovali zelo zanimiv izdelek.

## 9 ZAKLJUČEK

Na začetku naloge si nismo predstavljali, s koliko problemi se bomo soočili. Šele ko smo se poglobili, smo odkrivali nove in nove probleme, vendar smo jim bili vedno kos. Tako smo rešili problem osnega zamika prijema, problem višinske nastavitve, problem togosti naprave, problem napenjalne sile, problem razlike levičar/desničar in še številne manjše probleme, ki so nastajali sproti ob našem delu. Do izraza je prišlo ekipno delo, saj smo si naloge vedno porazdelili in ob zaključku analizirali delo drug drugega. Rečemo lahko, da smo v nalogo vložili veliko truda in časa.

Sami smo videli, kako zahteven je vrhunski šport in kako izgleda trening enega boljših mladinskih skakalcev v svetovni konkurenci Roberta Rennerja. Kljub njegovi uspešnosti pa so pripomočki, s katerimi trenira, improvizirani ali pa zelo slabi. Veseli nas, da smo z našo raziskovalno nalogo to spremenili in prispevali delež h kakovostnejšemu treningu skoka s palico.

## 10 ZAHVALE

Največje zahvale je deležen naš mentor Roman Zupanc, inž., ki nas je vseskozi vodil po pravi poti do uspeha. Njegovo obsežno strokovno znanje nam je pomagalo v problematičnih situacijah. Velika zahvala gre tudi družini Renner. Darko Renner, univ. dipl. inž., profesor na Šolskem centru Celje je bil pobudnik te naloge in je prispeval s svojim športnim znanjem. Njegov sin Robert Renner, mladinski državni rekorder v skoku s palico, je bil v pomoč pri preizkušanju naprave, ko smo potrebovali mnenje atleta. Zahvaliti se moramo tudi Brigiti Renner, prof., za lektoriranje našega raziskovalnega dela. S strokovnim znanjem je k naši nalogi prispeval tudi trener skoka s palico Milan Kranjc, prof.

Pri modeliranju v CAD-programski opremi sta nam bila v pomoč Franc Rozman, univ. dipl. inž., in Feliks Lednik, inž.

Zahvale gredo še Antonu Glušiču, univ. dipl. inž., Igorju Lahu, univ. dipl. inž., ter vsem ostalim strokovnim delavcem Srednje šole za strojništvo, mehatroniko in medije, ki so prispevali k nastanku naše raziskovalne naloge.

## 11 VIRI IN LITERATURA

- [1] Čretnik, S. (2005). Pro/ENGINEER Wildfire. Ljubljana: Pasadena.
- [2] Jakopič, F., Plazar, S. (2001). Tehnologija odrezavanja kovin. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo.
- [3] Kranjc, M. (1996). Vpliv antropometrijskih značilnosti in specialno motoričnih sposobnosti na rezultat skoka ob palci. Diplomsko delo. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- [4] Kraut, B. (2003). Krautov strojniški priročnik. 14. izdaja. Ljubljana: Littera picta.
- [5] Prebil, I. (1995). Tehniška dokumentacija. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- [6] Video posnetek naprave Swing up invert (2010) [Online]. [22. september 2010; 12:03]. Dostopno na [http:// www.swingupinvert.com](http://www.swingupinvert.com) .
- [7] Katalog vijakov s povratno ročico in aretirnih čepov (2010) [Online]. [10. januar 2011; 19:54]. Dostopno na [http:// www.ideal-velenje.si](http://www.ideal-velenje.si).
- [8] Katalog vrvi ine elastičnih vrvi (2010) [Online]. [26. januar 2011; 12:57]. Dostopno na [http:// www.vormann.com](http://www.vormann.com).
- [9] Katalog litih poliamidov Novilon (1996) [Online]. [11. januar 2011; 22:27]. Dostopno na [http:// www.akripol.com](http://www.akripol.com) .

## **12 PRILOGE**