

Vodna turbina

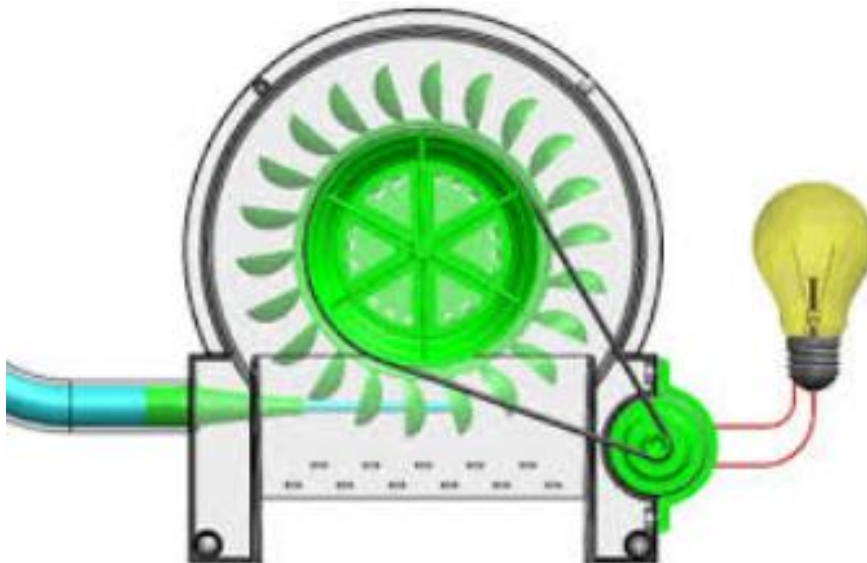
Za učitelje:

Znanje in razumevanje

- Voda je najpomembnejši obnovljivi vir energije.
- Za izkoriščanje vodne energije potrebujemo vodne stroje/turbine.
- Vodni vir ima določen padec in pretok. Glede na omenjeni karakteristiki izberemo vrsto vodnega stroja.
- Vodna turbina pretvarja energijo vode (potencialna, kinetična) v mehansko delo.
- Voda z višjega nivoja teče po cevi in nato skozi šobo doteka tangencialno na gonilnik/rotor turbine, kjer jo prestreže radialno pritrjena rotorska lopatica, jo razcepi na dva simetrična dela in ji spremeni smer za skoraj 180° . Posledica je koncentrirana sila na teoretično eni sami lopatici.
- Obodna sila deluje na imenskem premeru rotorja, ki je glavna dimenzija turbine.
- Obodna sila je odvisna od volumskega (masnega) pretoka, hitrosti iztekanja skozi šobo in hitrosti vrtenja rotorja (pretoka in padca vode).
- Izkoristek turbine nam pove kolikšen delež razpoložljive vodne energije (padec, količina/pretok) smo uspeli pretvoriti v mehansko delo.
- Izkoristek turbine bo večji, če bo:
 - število lopatic tako, da lopatice prihajajo stik s curkom zaporedno,
 - oblika polkrožna, da vodni curek v največji meri odda energijo, iztekanje vode brez mešanja in udarjanje v sosednjo lopatico,
 - velikost/površine lopatice v ustreznem sorazmerju s premerom curka/šobe,
 - obodna hitrost na imenskem premeru rotorja polovico manjša od hitrosti curka vode,
 - postavitev lopatice/kot pravokotna na smer curka,
 - natok vode na lopatice tangencialno na rotor s položajem šobe proti najnižji točki rotorja na imenskem premeru.

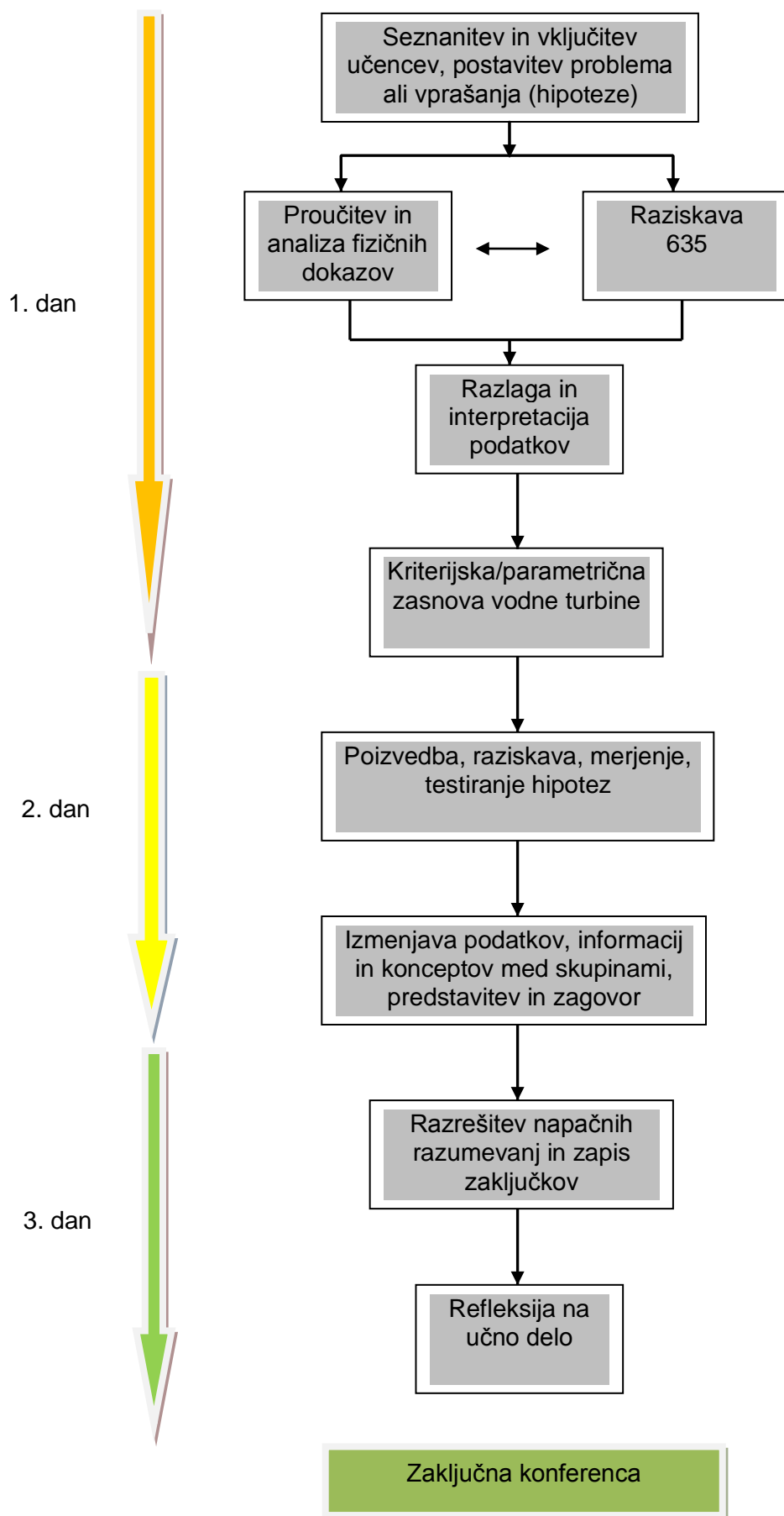
Predstavitev aktivnosti

Učenci so aktivni raziskovalci na področju problematike izkoriščenosti vodne energije. Seznanijo se z obstoječimi modeli turbin, proučujejo njihovo zgradbo in delovanje ter največ časa posvetijo oblikovalskim pristopom/načinom in zakonitostim delovanja vodne turbine. Za izboljšanje obstoječih vrednosti izkoristka, uporabijo tudi tehnike ustvarjalnega razmišljanja (večparametrično metodo 635), ki jih vodi do izluščanja ključnih faktorjev/parametrov, ki vplivajo na izkoristek. Učenci morajo proučiti parametre, ki značilno vplivajo na izkoristek turbine. V ta namen vsak določen parameter spreminjajo, ob nespremenjenih ostalih. Meritve zabeležijo, ugotovitve povežejo z znanstvenimi koncepti/znanjem (sintezni zaključki). Tako dobijo najbolj optimalno zasnovano vodne turbine merjeno z izkoristkom. Učenci predstavijo in zagovarjajo svoja dognanja. Na koncu podajo še refleksijo na potek učnega dela.



Slika 1: Enakotlačna vodna turbina.

Potek aktivnosti



Spretnosti in veščine

- Znanstveni pristop pri zbiranju in analizi podatkov.
- Uporaba tehnik ustvarjalnega razmišljanja za interpretacijo podatkov, ki omogoča preskušanje idej in razvoj/sintezo pritlehnih teorij.
- Uporaba znanstvenih teorij, modelov, pristopov za razlago pojavov in testiranje teorij.
- Zavedanje, da v znanosti ni optimalne/končne rešitve, vedno ostane še kaj nerešenega.
- Načrtovanje preskušanja znanstvenih idej, odgovarjanje na raziskovalna vprašanja in razvoj sposobnosti reševanja tehničnih/tehnoloških problemov.
- Zbiranje podatkov primarnih in sekundarnih virov, vključno z IKT viri in orodji.
- Varno, natančno in motivirano delo v učnih delavnicah tako posamezno kot skupinsko.
- Razvijanje sposobnosti (ocena) tehnološkega predvidevanja.
- Ovrednotiti metode zbiranja podatkov na zanesljivost in veljavnost.
- Razvijanje zmožnosti priklica, interpretacije, analize, uporabe in sinteze znanstvenih informacij in idej.
- Uporaba kvalitativnih in kvantitativnih pristopov.
- Uporaba različnih metod/kanalov/načinov za predstavitev znanstvenih informacij in omogočanje odprte diskusije o raziskovalnem problemu.
- Razvijanje sposobnosti kritičnega razmišljanja in odločanja o načrtovanju in rabi različnih tehnologij vključno z upoštevanjem okoljskih in družbenih (socialnih/socioloških) vplivov.

Aktivnost/vaja bo omogočila učencem tudi:

- Raziskavo, zagovor in diskusijo argumentov vključno z možnostjo reševanja napačnih razumevanj in postavitvev/zapis zaključkov.
- Uporabo različnih modelov in pripomočkov/primerov iz vsakdanjega življenja za sestavo znanstvenega konstrukta.

Predznanje

Za uspešno izvedbo aktivnosti, morajo učenci poznati osnove o energiji, poznati energetske vire, razumeti zmožnosti vode, poznati še druge fizikalne pojme kot so

potencialna energija, sila, delo, hitrost in izkoristek. Uporaba in pretvorba osnovnih dolžinskih, prostorskih in masnih merskih enot. Znanje tehniškega risanja in tehničnega/ tehnološkega načrtovanja. Poznavanje in uporaba tehnoloških postopkov kot so rezanje, delo na vibracijski žagi, kolutnem brusilnem stroju, delo z odrezovalnimi orodji in pripomočki.

Potrebne veščine/spretnosti

Zmožnost kontroliranega gibanja v učni delavnici, sposobnost ocene tveganja pri uporabi materialov in rezalnih orodji.

Potek aktivnosti

A. Učne oblike.

Celotna aktivnost sestoji iz posameznih povezanih sklopov, kjer se uporabijo različne učne oblike za učinkovito doseganje ciljev. Učenje se izvaja:

Faza aktivnosti	Oblika
Uvodna predstavitev in seznanitev	Frontalna oblika, vključen celoten razred.
Vključitev, postavitev hipotez / raziskovalnih vprašanj.	Individualno in skupinsko, samostojno delo učencev in diskusija.
Proučevanje in analiza fizičnih dokazov	Manjše skupine po 3-4, Tehnika 635.
Razlaga in interpretacija podatkov.	Manjše skupine in diskusija.
Zasnova vodne turbine.	Manjše skupine po 3-4.
Raziskava in testiranje hipotez.	Manjše skupine, skupinsko učenje in panel diskusija.
Komunikacija podatkov/informacij med skupinami.	Individualno, mnenjski vodja, ustvarjalno skupinsko delo (tekoče stopnice).
Zapis zaključkov/poročilo.	Individualno.
Refleksija.	Individualno.

Učno delo temelji na delu/raziskavi v manjši skupinah 3-4 učencev, kjer proučujejo obstoječe modele in zasnujejo (kriterijsko/parametrično) obliko turbine za doseganje najboljšega izkoristka. Pri tem vsak izbran/določen parameter proučuje tako, da izvedejo različne variacije le-tega ob nespremenjenih ostalih. Skupine se med seboj organsko dopolnjujejo za doseganje optimalnih vrednosti. Po stabilizaciji razumevanja, vsak posameznik napiše sintezno zaključno poročilo ugotovitev delovanja/vplivanja parametrov vseh skupin kot celote.

B. Časovni raspored.

Aktivnost traja tri šolske dni v okviru tehniških dni (5 šolskih ur dnevno). Prvi in drugi dan so aktivnosti aktivnega učenja vključno z izdelavo modelov. Tretji dan sledijo predstavitve in argumentacija.

C. Potek učnega dela.

Učitelj seznanja učence s potekom in jim razdeli delovne liste aktivnosti učencev. Delovni listi vsebuje osnovni koncept učnega dela s potrebnimi navodili za učence, tako vsebinskimi kot procesnimi. Podrobno so razčlenjeni izobraževalni cilji in pričakovani rezultati učnega dela. Rezultati se nanašajo na sintetično poročilo ugotovitev in dognanj raziskovanja za izboljšanje izkoristka vodne turbine. Učitelju služi tudi kot lista za preverjanje napredka.

Podlago za uspešno raziskovanje dobijo učenci iz prilog 1-3 tega dokumenta kot tudi preko eksperimentiranja na fizičnih modelih obstoječih izvedb. Učenci najprej preberejo osnovne zakonitosti delovanja vodnega stroja/turbine, proučijo sestavne dele in izvedejo preskus učinkovitosti.

Raziskovalno delo se prične s tehniko 635, kjer učenci poskusijo izluščiti ključne parametre turbine za čim višji izkoristek. Sledi diskusija in odločitev o izbiri. Pri tem jih usmeri tudi učitelj. Nato jim učitelj podeli tudi delovne liste priloga 3, kjer so izvedbeni parametri za proučevanje (število lopatic, površina lopatic, imenski premer ...). Učenci so razdeljeni v skupine po 3-4, kjer vsaka skupina opravi raziskavo enega parametra. Tabele z variacijo parametrov so narisane tudi na tabli, saj se skupine tudi dopolnjuje in zaporedno beležijo meritve za preskus naslednje skupine. vsak učenec si beleži tudi lastno/skupinsko aktivnost. Na voljo so tri merilne proge, kjer si po organskem sosledju sledijo parametri od položaja natoka do premera rotorja.

Po opravljenem preskušanju/raziskavi sledi poročanje skupin vodeno/moderirano s strani učitelja. Morebitna napačna razumevanja se odpravijo in učenci zapišejo zaključke. V svojem poročilu dodajo tudi umestitev vodnih turbin, njihovih prednosti in slabosti ter nakažejo perspektive. Za ta del uporabijo dosegljive sekundarne vire.

D. Podrobnosti raziskave.

Na osnovi priložene teorije, preskušanja in tehnike 635 učenci pridejo do izluščenja ključnih parametrov (P) turbine:

P1: število lopatic

P2: površina lopatic

P3: imenski premer rotorja

P4: oblika lopatic

P5: nagib lopatic

P6: položaj šobe/natok na turbino/svetli premer dovodne cevi

Za raziskavo ugotovitve vplivov parametrov na izkoristek turbine učenci (vsaka skupina) izdelajo potrebno število lopatic in rotorjev, katere namestijo na gred v ohišju merilne proge. Spustijo vodo na lopatice in merijo učinek/izkoristek turbine. Za P1 zaporedno vstavljajo v rotor različno število lopatic in izvedejo meritev učinka na izkoristek (površina lopatic S in imenski premer D_0 sta konstanti). P2 proučujejo s tem, da najprej izdelajo več različnih velikost lopatic in sestavljajo rotorje ter merijo izkoristek (število lopatic in D_0 sta konstanti). P3 proučuje s tem, da variirajo različne premere ob konstantnih vrednostih površine lopatic in enotnosti/nedeljivosti vodnega curka. Za P4 izdelajo tri različne oblike lopatic, premer rotorja, površina/presek natoka, število lopatic je konstantno. Za P5 skupina izdelava rotor in vrtljive lopatice (S , D_0 , število lopatic so konstantne). Za merjenje obrača nagib lopatice ob tangencialnem natoku. P6 pa se izvedbeno določa najprej, da učenci ugotovijo položaj šobe za najboljši izkoristek. Izdelajo rotor in lopatice (S , D_0 , št. lopatic je konstantno) ter izvedejo preskus.

E. Tehnične podrobnosti.

I. Merilna proga je sestavljena iz večje prozorne posode (60 l s pipo) za ohišje turbine, rotor z lopaticami, rezervoar za vodo (10 l) s pipo, na stojalu ($H=2,5$ m), dovodna PVC cev dolžine 3 m in svetlega premera 10 mm, turbinska gred (cev iz umetne snovi \varnothing 20 mm) na katero preko vrvice (\varnothing 1,5 mm, dolžine 3 m) posredno obesimo breme. Breme je vpeto na vrvici, ki se navija na gred in preko škripca omogoča dvig uteži (spremembo potencialne energije). Uteži so lahko debelejšje jeklene podložke, večje matice ali

umerjeni/kalibrirani kosi jekla na trnu. Delovna tekočina je voda, $T= 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\rho= 1000\text{ kg/m}^3$, $V=5\text{ l}$.

II. Rotor je iz penjenega PVC, lopatice iz aluminija $t = 0,6\text{ mm}$. Lopatice so vstavljene v utore in zalepljene s ciankrlatnim (ciankol) lepilom.

III. Stroji, naprave, orodja in pripomočki. Vibracijska žaga, kolutni in tračni brusilnik, stebelni vrtalni stroj, digitalna tehtnica, ročni kalkulator, vzvodne škarje, kombinirane klešče, kladio 250 g, sveder $\varnothing 20\text{ mm}$, kovinski merilni trak, pisala, šestilo, dva trikotnika ($45/45/90$ in $30/60/90$), kotomer, listi, brisače.

F. Varnost pri delu.

Učitelj mora poskrbeti za dobro organizacijo učnega dela v delavnici. Skupine morajo biti dobro kontrolirane in vodene, da ima vsak svoje delovno mesto, ustrezno pripravljeno in zaščiteno. Učitelj opozori učence na osebna zaščitna sredstva in ukrepe varnega dela. Vrtanje na stebelnem vrtalnem stroju izvede učitelj (lahko tudi bolj zmožni učenci), ostale tehnološke operacije ob nadzoru učitelja učenci sami. Posebno pozornost pri izdelavi lopatic (rezanje in krivljenje) ter sestavi v rotor. Učitelj jih opozori tudi na delo z lepilom.

Primerjalno preverjanje z dejanskimi uporabnimi/nešolskimi izvedbami

Vodne turbine so stroji z imenskim premerom rotorja lahko tudi po več metrov. Tovrstne stroje vgrajujejo na hidroelektrarne različnih vodnih virov (od majhnih potokov do rek in celo pri izkoriščanju morja). Izkoristimo lahko že najmanjše pretoke in padce vode. Izkoristek pravih turbin je bistveno večji od izmerjenega naše šolske turbine in znaša čez 90 %. Za izdelavo prave turbine se najprej poslužujemo modelov, ki jih preskusimo za realne razmere, nato pa s pomočjo posebne analize (dimenzijska analiza) določimo mere (konstrukcija, projekt) prave turbine. Posebno pozornost se posveti izgubam turbine (mešanje, ventilacija, izguba vode, trenju, nepravilnem toku tekočine po lopatici) kot tudi izgubam do samega rotorja. Te so navadno največje, zlasti zaradi toka po ceveh (tlačne izgube), iztekanja iz šobe ...

Vodna turbina

Za učence:

Določitev učnega okolja

Osrednja problematika tvojega dela je izkoristek vodne turbine. V ta namen boš raziskal/a in določil/a ključne parametre vodne turbine. Na osnovi dobljenih parametrov boš v skupini po 3-4 zasnoval/a novo turbino, kjer boš proučeval/a svoj določen parameter. Najprej boš izdelal/a sestavne dele kriterijsko zasnovanega rotorja in s pomočjo merilne proge določil/a vrednosti parametra. Natančno izmeri potrebne vrednosti in pozorno beleži rezultate. Po predstavitvi in diskusiji rezultatov/ugotovitev raziskave boš napisal/a še zaključno poročilo.

Pri tej dejavnosti se boš naučil/a:

- Voda je najpomembnejši obnovljivi vir energije.
- Za izkoriščanje vodne energije potrebujemo vodne stroje/turbine.
- Vodni vir ima določen padec in pretok. Glede na omenjeni karakteristiki izberemo vrsto vodnega stroja.
- Vodna turbina pretvarja energijo vode (potencialna, kinetična) v mehansko delo.
- Voda z višjega nivoja teče po cevi in nato skozi šobo doteka tangencialno na gonilnik/rotor turbine, kjer jo prestreže radialno pritrjena rotorska lopatica, jo razcepi na dva simetrična dela in ji spremeni smer za skoraj 180°. Posledica je koncentrirana sila na teoretično eni sami lopatici.
- Obodna sila deluje na imenskem premeru rotorja, ki je glavna dimenzija turbine.
- Obodna sila je odvisna od volumskega (masnega) pretoka, hitrosti iztekanja skozi šobo in hitrosti vrtenja rotorja (pretoka in padca vode).
- Izkoristek turbine nam pove kolikšen delež razpoložljive vodne energije (padec, količina/pretok) smo uspeli pretvoriti v mehansko delo.
- Izkoristek turbine bo večji, če bo:
 - število lopatic tako, da lopatice prihajajo v stik s curkom zaporedno,
 - oblika polkrožna, da vodni curek v največji meri odda energijo, iztekanje vode brez mešanja in udarjanja v sosednjo lopatico,

- velikost/površine lopatice v ustreznem sorazmerju s premerom curka/šobe,
- obodna hitrost na imenskem premeru rotorja polovico manjša od hitrosti curka vode,
- postavitev lopatice/kot pravokotna na smer curka,
- natok vode na lopatice tangencialno na rotor s položajem šobe proti najnižji točki rotorja na imenskem premeru,
- dotok vode do turbine po ustrezni cevi, ki omogoča večjo prevodnost/pretočnost (večji premer cevi, krajša cev, ravna cev, material cevi).

Rezultat učnega dela

V zaključnem poročilu boš napisal/a namen in cilje raziskave, kaj je bil osrednji raziskovalni problem, kako si se lotil dela/proučevanja, dobljene meritve/rezultate in sintezne zaključke. Poudari bistven in celovit pristop zasnove, oblikovanja in konstrukcije vodne turbine s poudarkom na rotorju za **boljši izkoristek**. Pri določanju izboljšav izkoristka sistema vodne turbine upoštevaj vse elemente od zgornjega nivoja vode (posoda z vodo) do učinka dvigovanja uteži (mase) na določeno višino.

Priloga 1: Oblikovanje/zasnova vodnih turbin

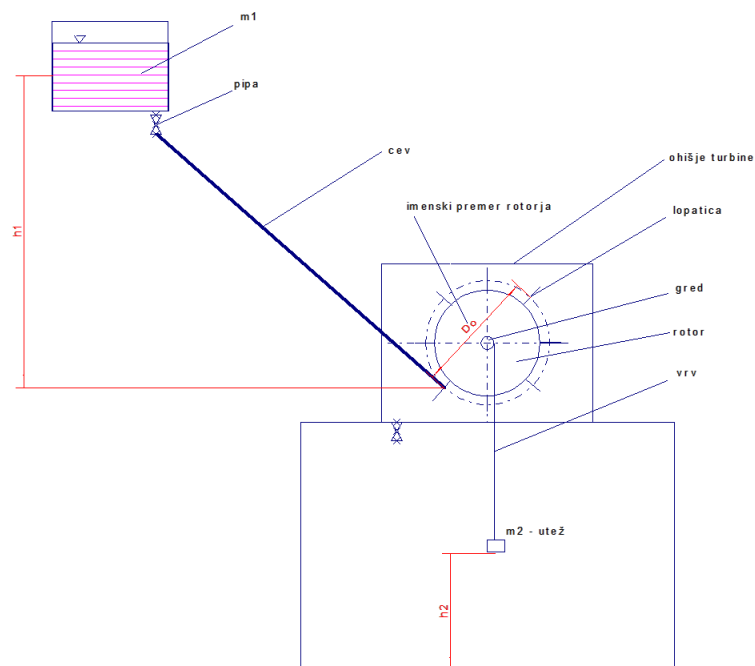
Vodna turbina

1. Predstavitev

Izkoriščenost vodne turbine ni nikoli 100 %, kar pomeni, da se del vodne energije ne izrabi koristno. Ključnega pomena pri zasnovi/oblikovanju je dobro poznavanje dejavnikov, ki vplivajo na izboljšanje izkoriščenosti. Kot glavni rezultat te vaje je dognanje, da že najmanjša sprememba določenega parametra vpliva na značilno spremembo izkoristka. Če upoštevamo dejstvo, da so ti vodni stroji v uporabi 24 ur dnevno, se že nekaj % spremembe pozna pri pridobivanju končne električne energije. Vaja bo v dober poduk tudi vsem bodočim oblikovalcem/snovalcem vodnih strojev, da bodo pri delu v pravem laboratoriju upoštevali nekatera ključna dognanja za izdelavo modela turbine. Izraba vodne energije bo tudi v bodoče ključnega pomena, saj ne obremenjuje okolja in je navkljub spremenjenim podnebnim razmeram izredno prilagodljiva.

2. Mehanizem delovanja turbine

Slika 1 prikazuje osnovni mehanizem delovanja vodne turbine za namen preskušanja parametrov, ki vplivajo na sam izkoristek turbine.



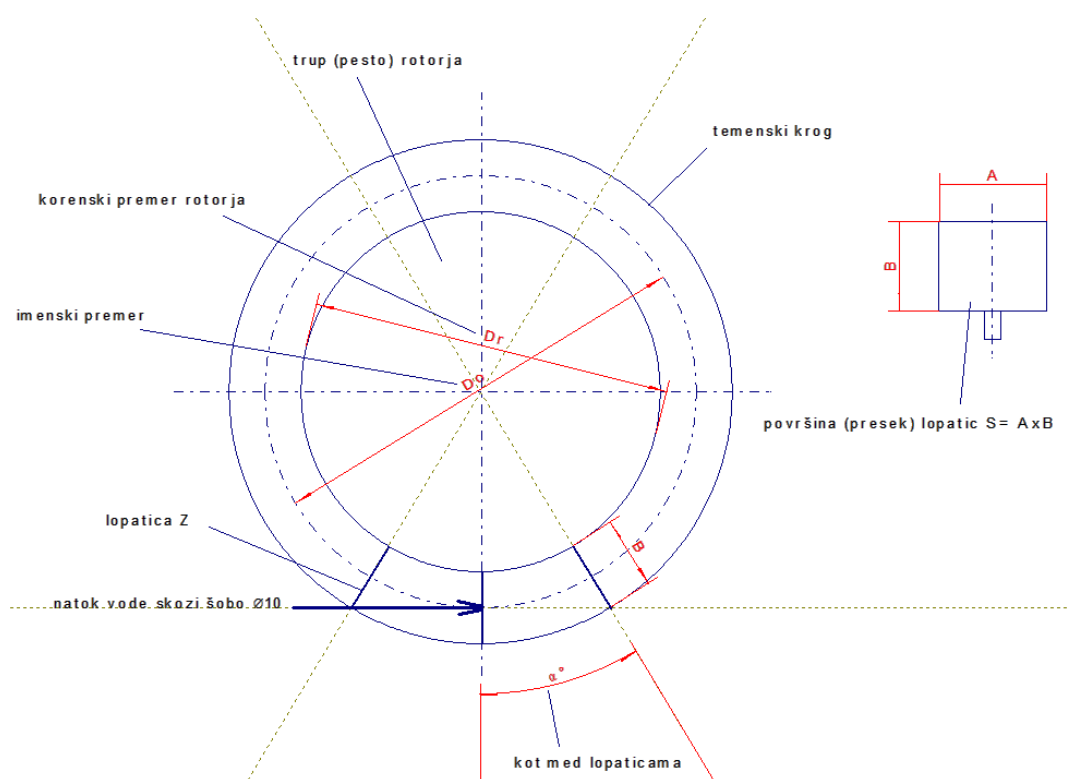
Slika 1: Shematski prikaz mehanizma vodne turbine.

Voda (5 l) z razpoložljivim padcem h_1 izteka skozi pipo na posodi v cevovod, ki vodi do rotorja turbine. Na lopatici odda energijo in rotor se začne vrteti. Na rotorsko gred obesimo breme (predhodno umerimo merilno območje) in to breme se začne dvigovati v smeri h_2 . Ko izteče vsa voda iz zgornje posode, izmerimo končno višino h_{2k} . Učinek naše energije merimo z izkoristkom, ki predstavlja razmerje med dobljeno koristno energijo (delom) in razpoložljivo (teoretično) energijo. To se izrazi kot:

$$\eta = \frac{m_2 \cdot g \cdot h_2}{m_1 \cdot g \cdot h_1} \cdot 100[\%], \quad (2.1)$$

kjer je m_1 = masa vode v posodi v kg, g - težni pospešek $9,81 \text{ m/s}^2$, h_1 -razpoložljiv padec v m, m_2 -masa uteži v kg, h_2 - višina dviga uteži v m.

Osnovni element turbine je rotor, slika 2. Osnove karakteristike so imenski premer, število lopatic Z , delilni kot α ter velikost (površina) lopatic S . Trup (pesto) rotorja je izdelano iz penjenega PVC, lopatice pa iz aluminijaste pločevine debeline $t=0,6 \text{ mm}$.



Slika 2: Rotor vodne turbine.

3. Učno delo po skupinah

Učitelj razdeli učence v majhne skupine po 3-4. Vsaka skupina (SKP1-6) proučuje svoj parameter (P), meritve beleži v tabelo na listu in na tablo.

SKP1

P1: Število lopatic turbine Z (/) ($D_r = 100$ mm, $D_0 = 120$ mm, $S = A \times B = 25 \times 20$ mm²).
Meritve izvaja kot četrta (4) po vrsti. $h_1 = 2,3$ m, $m_1 = 1-5$ kg, $m_2 = 0,30-0,150$ kg.

Skupina izdelava 16 lopatic, dimenzije 25x20 mm in 3 rotorje premera 100 mm v katere zareže utore za vstavitev lopatic glede na kot med lopaticama!

Izvedete po tri meritev za vsako število lopatic in vpišite v tabelo, izračunajte še povprečno vrednost ter to vrednost vstavite v enačbo za izračun izkoristka!

Število lopatic Z [/]	Kot med lopaticama α [°]	Meritve: (masa 1, masa 2) [kg]				Izkoristek turbin. sistema η $\eta = \frac{m_2 \cdot g \cdot h_2}{m_1 \cdot g \cdot h_1} \cdot 100[\%]$
		Meritev 1 m_2/m_1	Meritev 2 m_2/m_1	Meritev 3 m_2/m_1	Povpr. m_2/m_1	
4	90					
6	60					
8	45					
10	36					
12	30					
16	22,5					

SKP2

P2: Površina lopatice S (mm²) ($D_{1r} = 105$ mm, $D_{2r} = 90$ mm; $D_0 = 120$ mm, $Z = 10$, $\alpha = 36^\circ$). Meritve izvaja kot peta (5). $h_1 = 2,3$ m, $m_1 = 1-5$ kg, $m_2 = 0,30-0,150$ kg.

Skupina SKP2 izdelava dva rotorja D_{1r} in D_{2r} , z utori za lopatice, kot med lopaticama je 36° , izdelava tudi 2x10 lopatic ($S_1 = 20 \times 15$ in $S_5 = 40 \times 30$).

Velikost lopatic S [mm ²]	Meritev izvaja	Meritve: (masa 1, masa 2) [kg]				Izkoristek turbin. sistema η $\eta = \frac{m_2 \cdot g \cdot h_2}{m_1 \cdot g \cdot h_1} \cdot 100[\%]$
		Meritev 1 m_2/m_1	Meritev 2 m_2/m_1	Meritev 3 m_2/m_1	Povpr. m_2/m_1	
20x15	SKP2					
25x20	SKP1					
30x25	SKP5					
35x30	SKP6					
40x30	SKP2					

SKP3

P3: Premer rotorja (zaporedni natok na lopatice, $S=30 \times 25 \text{ mm}^2$). Meritve izvaja kot šesta (6).

$h_1= 2,3 \text{ m}$, $m_1=1\text{-}5 \text{ kg}$, $m_2=0,30\text{-}0,150 \text{ kg}$.

Skupina SKP3 izdelava 4 rotorje z utori ($D_{1r}= 40 \text{ mm}$, $D_{2r}= 60 \text{ mm}$, $D_{3r}= 100 \text{ mm}$, $D_{4r}=140 \text{ mm}$, $D_{5r}= 180 \text{ mm}$ in 12 lopatic!

Imenski premer rotorja D_0 [mm]	Število lopatic Z [l]	Kot med lopaticama α [°]	Meritve: (masa 1, masa 2) [kg]				Izkoristek turbin. sistema η $\eta = \frac{m_2 \cdot g \cdot h_2}{m_1 \cdot g \cdot h_1} \cdot 100[\%]$
			Meritev 1 m_2/m_1	Meritev 2 m_2/m_1	Meritev 3 m_2/m_1	Povpr. m_2/m_1	
60	8	45					
80	8	45					
120	10	36 (SKP5)					
160	12	30					
200	12	30					

SKP4

P4: Oblika lopatic O1-3 ($D_r= 100 \text{ mm}$, $D_0=120 \text{ mm}$, $Z=10$, $\alpha= 36^\circ$, $S=500 \text{ mm}^2$), meri kot 3. $h_1= 2,3 \text{ m}$, $m_1=1\text{-}5 \text{ kg}$, $m_2=0,30\text{-}0,150 \text{ kg}$.

O1: trikotna z zavihki (enakostranični trikotnik stranica $a= 34 \text{ mm}$ z zavihki)

O2: pravokotna ($A \times B= 25 \times 20 \text{ mm}$)

O3: pravokotna z zavihki ($A \times B = 25 \times 20 \text{ mm}$)

O4: okrogla z zavihki

O5: predlog: _____

Skupina SKP4 izdelava rotor z utori za 10 lopatic, $\alpha= 36^\circ$ ter po 10 lopatic trikotne oblike in 10 pravokotnih lopatic brez zavihkov in 10 lopatic krožne oblike z zavihki.

Oblika lopatic O	Meritev izvaja	Meritve: (masa 1, masa 2) [kg]				Izkoristek turbin. sistema η $\eta = \frac{m_2 \cdot g \cdot h_2}{m_1 \cdot g \cdot h_1} \cdot 100[\%]$
		Meritev 1 m_2/m_1	Meritev 2 m_2/m_1	Meritev 3 m_2/m_1	Povpr. m_2/m_1	
O1	SKP4					
O2	SKP4					
O3	SKP1					
O4	SKP4					
O5	SKP4					

SKP5

P5: zasuk lopatic β ($D_r= 100$ mm , $D_0=120$ mm, $Z=10$, $\alpha= 36^\circ$; $S=30 \times 25$ mm²), meri kot druga (2). $h_1= 2,3$ m, $m_1=1-5$ kg, $m_2=0,30-0,150$ kg.

Skupina SKP5 izdelava rotor z delitvijo za vijake in 10 lopatic. Debelina materiala rotorja je 10 mm.

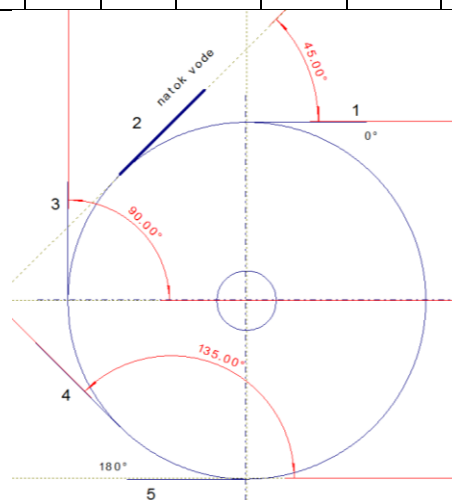
Zasuk lopatic β [°]	Meritve: (masa 1, masa 2) [kg]				Izkoristek turbin. sistema η $\eta = \frac{m_2 \cdot g \cdot h_2}{m_1 \cdot g \cdot h_1} \cdot 100[\%]$
	Meritev 1 m_2/m_1	Meritev 2 m_2/m_1	Meritev 3 m_2/m_1	Povpr. m_2/m_1	
90					
75					
60					
45					
30					

SKP6

P6: Natok vode do turbine. Slika L1-5, glej sliko 3. **Uporabimo cev $\phi 10$ mm in $\phi 19$ mm** ($D_r= 100$ mm , $D_0=120$ mm, $Z=10$ lopatic, $\alpha= 36^\circ$, $S=35 \times 30$ mm²), meri kot prva (1). $h_1= 2,3$ m, $m_1=1-5$ kg, $m_2=0,30-0,150$ kg.

Skupina SKP6 izdelava rotor z utori in 10 lopatic. Uporabi cev premera 10 mm in cev 19 mm.

Položaj šobe/natok vode [°]	Meritve: (masa 1, masa 2) [kg]								Izkoristek turbin. sistema η $\eta = \frac{m_2 \cdot g \cdot h_2}{m_1 \cdot g \cdot h_1} \cdot 100[\%]$
	Meritev 1 m_2/m_1		Meritev 2 m_2/m_1		Meritev 3 m_2/m_1		Povpr. m_2/m_1		
	10	19	10	19	10	19	10	19	
1-vrh 0°									
2-s strani 45°									
3-s strani 90°									
4-s strani 135°									
5-spodaj 180°									



Slika 3: Natok vode na rotor, premer cevi $\phi 10$ mm in $\phi 19$ mm.

4. Kaj in kako: sem se naučil

Nariši graf odvisnosti za svoj parameter, ter preiši grafe ostalih skupin!

