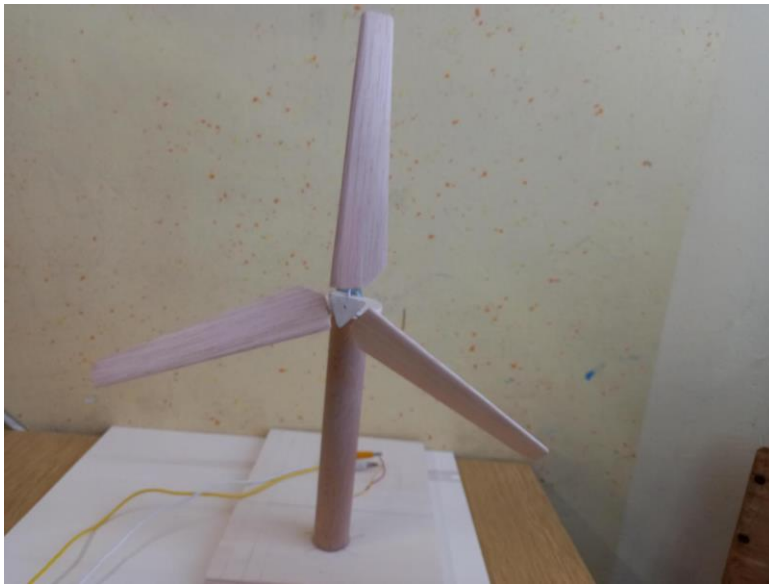


56. srečanje mladih raziskovalcev

»Vpliv vpadnega kota krakov na delovanje vetrne elektrarne«

Raziskovalno področje: tehnika in tehnologija

Raziskovalna naloga



Avtor: Klemen Marn

Mentor: Robert Hriberšek

Šola: Osnovna šola Martina Konšaka

15. 02. 2022, Maribor

Kazalo vsebine

1. UVOD	3
1.1 Namen naloge	4
1.2 Hipoteze	4
1.3 Opis postopka uporabljenih metod dela	4
1.2 Hipoteze	4
2. DELOVANJE VETRNE ELEKTRARNE	5
2.1 Kako vetrna elektrarna deluje	5
2.2 Oblika krakov	7
2.3 Pomen lokacijske postavitve	8
2.4 Problematika postavitve v Sloveniji	9
3. VPADNI KOTI	10
3.1 Kaj je vpadni kot	10
Vpliv vpadnega kota na vetrno elektrarno	10
4. IZDELAVA MODELA	11
4.1. Uporabljen profil krila	11
4.2 Uporabljeni vpadni koti	11
5. MERITVE	11
5.1. Vpadni kot 0° in 90°	12
5.1. Vpadni kot 30°	12
5.1. Vpadni kot 45° in 60°	13
6. SKUPNI PRIKAZ MERITEV	14
7. ZAKLJUČEK	15
8. LITERATURA	16

1. UVOD

Ker me zanima področje elektrotehnike in energetike sem se odločil, da bi v okviru tega področja z raziskovalnim delom pridobil dodatna znanja. Pri tem me posebej zanima področja pridobivanja električne energije, ki je v zadnjem času zelo popularno.

Zato sem se z mentorjem dogovoril o raziskovalnem delu na področju pridobivanja električne energije s pomočjo vetrnih elektrarn. Pri tem bi rad podrobno spoznal delovanje vetrne elektrarne ter s pomočjo praktičnega dela (izdelava in preizkušanje modela) ugotovil kakšen vpliv ima na delovanje oz. hitrost vrtenja vpadni kot krakov elise.

Pri svojem delu sem že v prejšnjem letu raziskal kako na delovanje vpliva oblika krakov, leto pa bi rad ob nespremenjeni obliki preizkusil kakšen vpliv ima vpadni kot krakov. Moč delovanja bom preverjal z voltmetrom.

1.1 Namen naloge

Namen naloge je raziskati, kakšen vpliv ima vpadni kot krakov na delovanje vetrne elektrarne. Pri tem bi rad raziskal ali ima sprememba vpadnega kota vpliv na regulacijo hitrosti vrtenja elise. Pri tem še želim dodati krakom obliko profila in s tem tudi izboljšati izkoristek delovanja.

1.2 Hipoteze

- Predvidevam, da manjši kot je vpadni kot večja je hitrost
- Predvidevam, da večji kot je vpadni kot manjša je hitrost vrtenja
- Predvidevam, da vpadni kot 0° in 90° zaustavi vetrnico

1.3 Opis postopka uporabljenih metod dela

Raziskovalno nalogo sem naredil v štirih delih:

- Poglobil sem se v teoretično ozadje pogonov na veter in preučil tudi ostale načine pridobivanja električne energije
- Naredil sem maketo vetrne elektrarne in pripravil krake z ustreznim profilom (Clark Y)
- Opravil meritve delovanja za vsak vpadni kot posebej pri različnih hitrostih
- Analiziral meritve

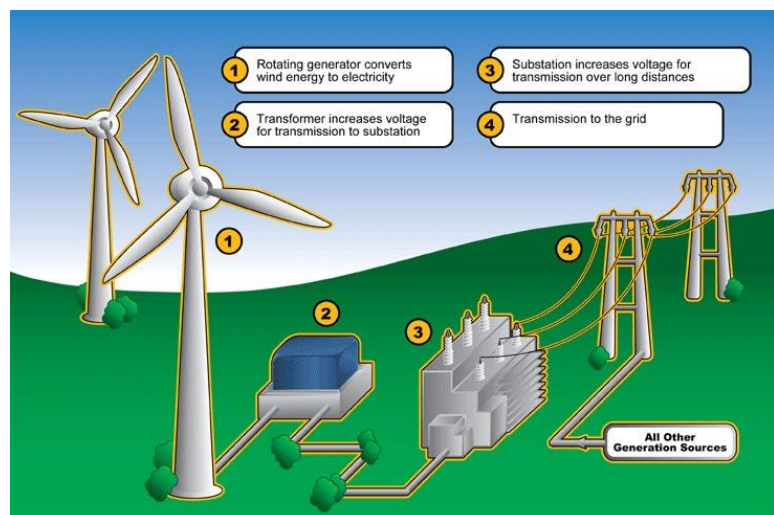
2. DELOVANJE VETRNE ELEKTRARNE

2.1 Kako vetrna elektrarna deluje

Vetrna elektrarna je elektroenergetski objekt, kjer z močjo vetra vrtimo vetrnico, s tem pa energijo vetra pretvarjamo v električno energijo. Sodobne vetrne turbine so visoki stolpi z vetrnicami. Veter obrača vetrnice, ki so povezane z električnim generatorjem. Pomembno je, da so vetrne turbine postavljene na predelih s čim bolj konstantnim vetrom. Vetrna elektrarna deluje tako, da veter poganja eliso, ta nato požene turbino in s tem poganja generator, ki pretvori energijo vetra v mehansko ali električno energijo. Razširjene so predvsem v razvitih državah, in sicer na dobro prevetrenih območjih.

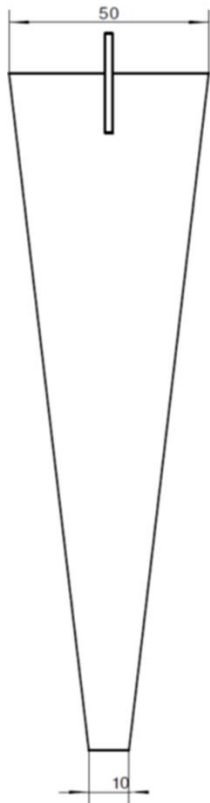
Vetrne elektrarne veljajo za okolju prijazne elektrarne, imajo pa tako številne prednosti kot slabosti. Prednosti (Energija in mi, b.d.) so brezogljivi vir energije, ko veter piha je na razpolago poceni vir energije. V okolici vetrnic se zemlja še vedno lahko uporablja za obdelovanje. Kot prednost se navaja tudi oskrba z energijo, kjer vzpostavitev elektroenergetske infrastrukture ni možna (gorske kočje). Slabosti so nestanovitnost vira: predvsem na slabo prevetrenih območjih ne zagotavlja zanesljive oskrbe z električno energijo (ni stalnega vetra – hitrost vetra in z njo tudi proizvodnja električne energije se spreminjata iz ure v uro). Slabost je tudi odvisnost vira od prevetrenosti potencialnih lokacij za postavitev vetrnih elektrarn, cena električne energije iz vetra je višja od cene električne energije, proizvedene v hidroelektrarnah ali klasičnih termoelektrarnah na premog ali jedrsko energijo. Avtorji omenjajo, da so lahko velike vetrnice v neposredni bližini tudi zelo glasne.

Slika 1: Veter vrta rotor, ta poganja generator, ki generira električno napetost.



2.2 Oblika krakov

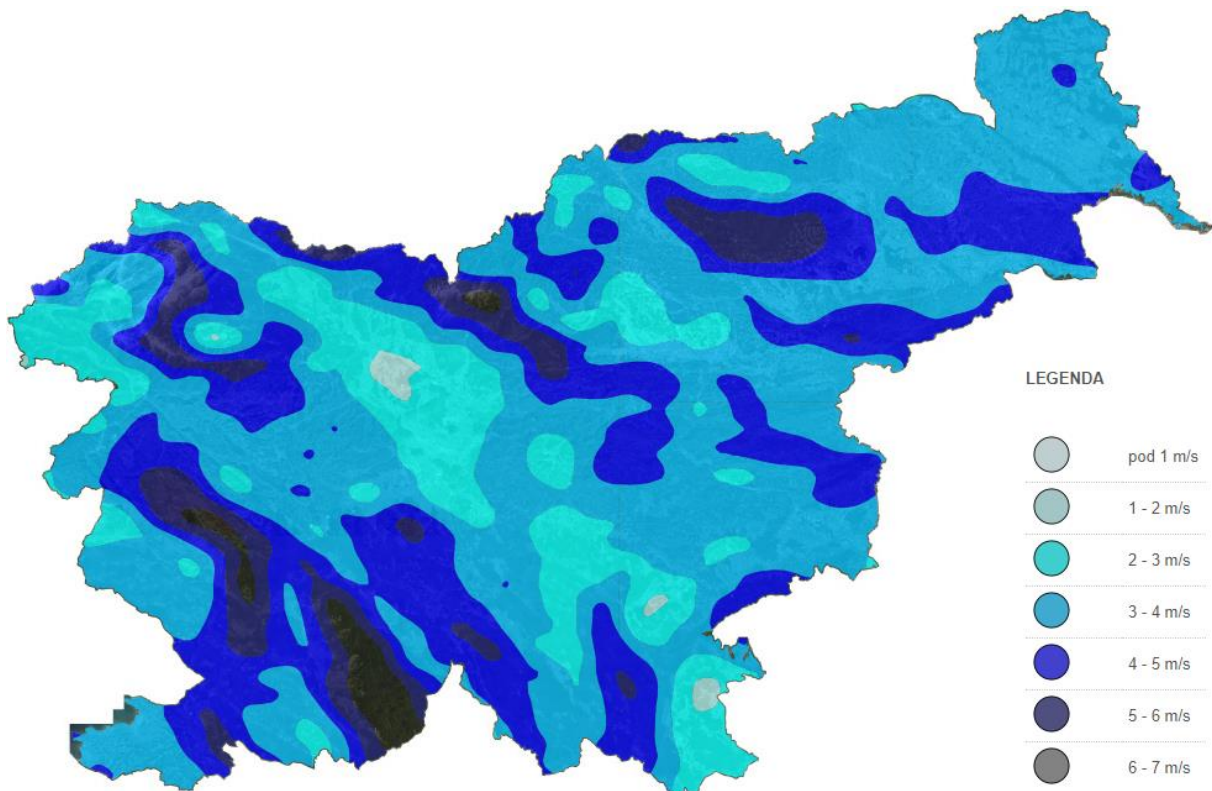
Pri lanski raziskovalni nalogi sem ugotovil, da je oblika krakov zelo pomembna. Namestil sem krake različnih oblik in sicer trikotne pravokotne in trapezne oblike, ter izmeril napetost v mV. Za najboljšo obliko se je izkazala trapezna oblika, zato sem v letošnji raziskovalni nalogi uporabil to obliko krakov.



Slika 2 in slika 3 : Uporabljena oblika krakov.

2.3 Pomen lokacijske postavitve

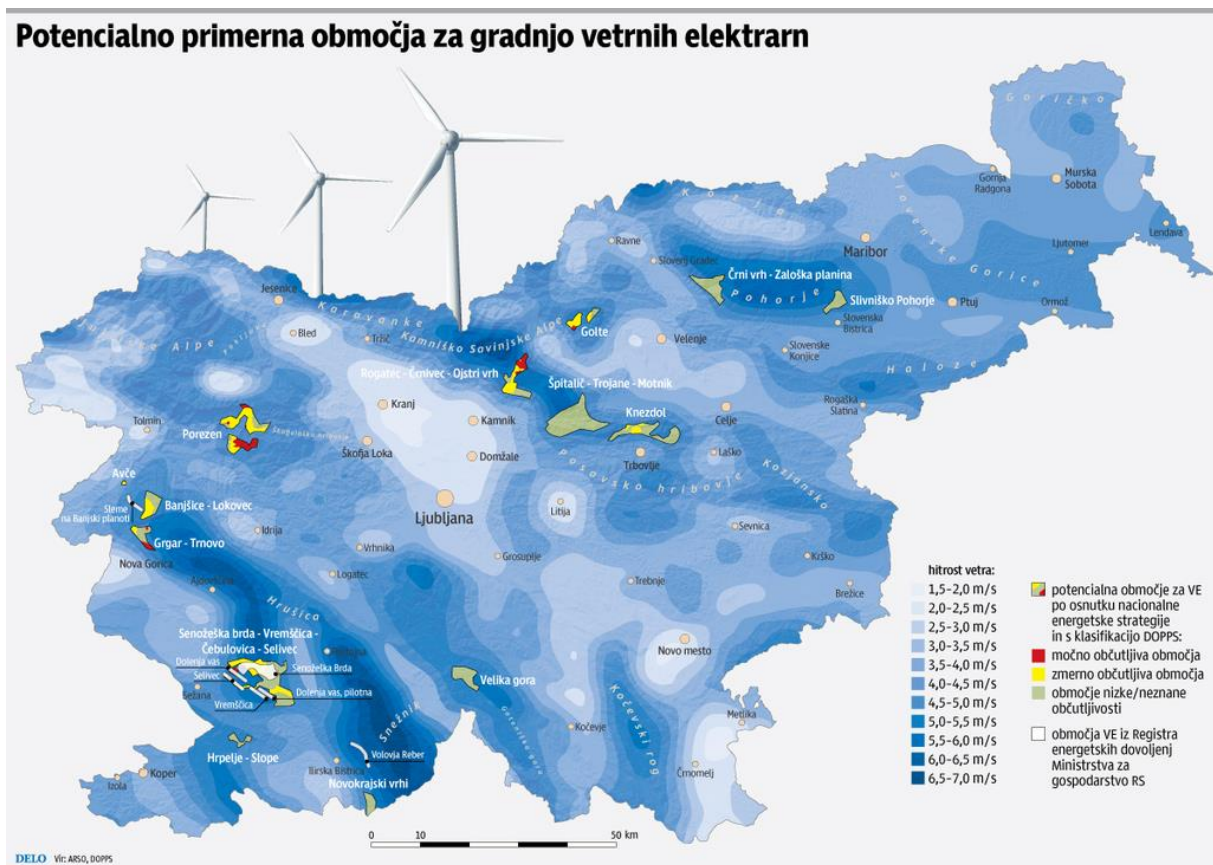
Vetrne elektrarne se postavljajo na območjih, kjer je veliko stalnega vetra. Pogosto so to obalni predeli. Priporočeno je, da se postavljajo na visokih, izpostavljenih predelih. Še posebej pomembna je višina droga, kajti večja kot je, več vetra zajame in ima tako posledično večji izkoristek. Pametno je postaviti elektrarno, ki je prave velikost za hitrost vrtenja na določenem področju. Za gradnjo manjših elektrarn je primerna hitrost vetra 1,5 m/s. Za večje pa od 15 do 25 m/s. Najbolj primerna hitrost je 15 m/s. Vetrne elektrarne se ustavijo, če je hitrost vetra večja od 25 m/s.



Slika 4 : Hitrost vetra na različnih lokacijah

2.4 Problematika postavitve v Sloveniji

V Sloveniji obstaja le 12 potencialnih območij kjer bi se dalo postaviti vetrne elektrarne, ki bi lahko proizvedle nad 5 MW. “Ta območja so Porezen – Podbrdo, Rogatec – Černivec – Ojstri vrh, Špitalič – Trojane – Motnik, Mrzlica, Golte, Črni Vrh – Zaloška planina, Velika gora, Novokrajski vrhi, Hrpelje – Slope – Mrše, Senoženska brda, Grgar – Trnovo ter Banjšice – Lokavec.” (Ocena vetrnega potenciala Slovenije, 2021). Skupna potencialna kapaciteta bi bila od 330 MW do 480 MW. Toliko energije bi zadostovalo za od 330.000 do 480.000 gospodinjstev.” Slovenija je še v pravem začetku z postavitvijo vetrnih elektrarn v primerjavi z Dansko, Nizozemsko, Nemčijo, ter Španijo.



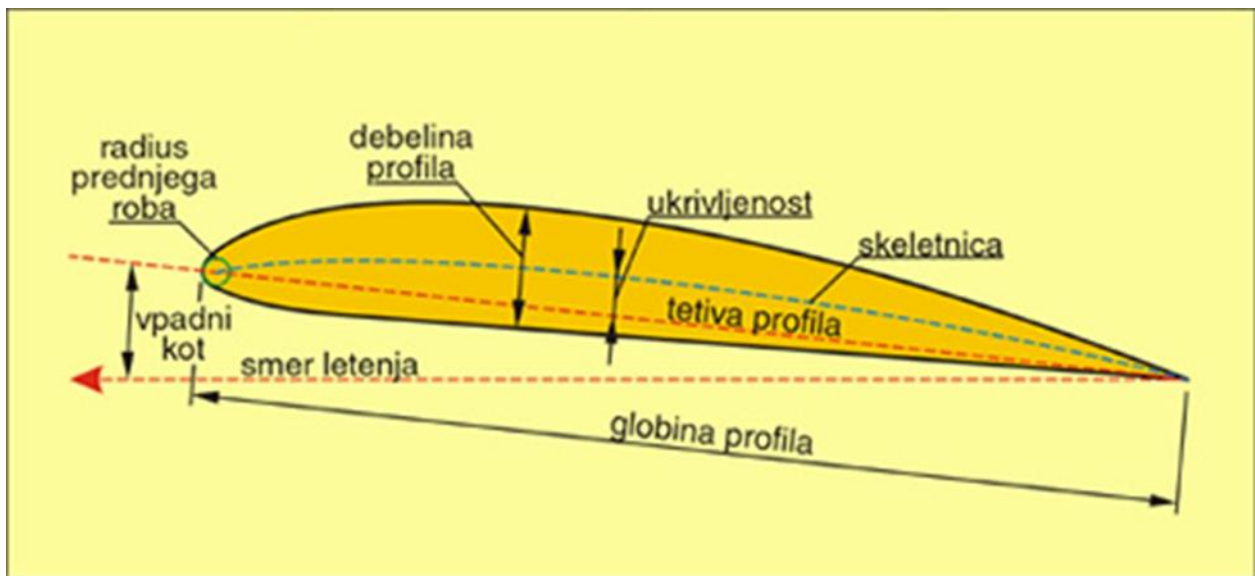
Slika 5: Vetrovno primerna območja v Sloveniji

3. VPADNI KOT

3.1 Kaj je vpadni kot

Vpadni kot je kot med tetivo profila krila in smerjo zračnega toka. Odraža se v stopinjah. Ko premikajočemu se krili povečamo vpadni kot, se s tem poveča tudi vzgonski količnik in posledično tudi sila vzgona na krilu.

Zmogljivost krila je prav tako odvisna od uporabljenega profila, njegove ukrivljenosti in debeline. Zato sem pri svojem delu uporabil zelo preizkušen letalski profil »Clark Y«.



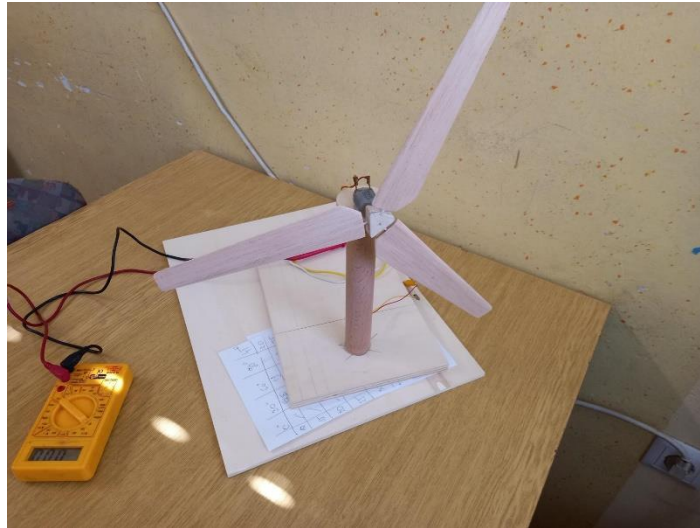
Slika 6: Vpadni kot krila

3.2 Vpliv vpadnega kota na vetrno elektrarno

Vpadni kot na lopaticah vetrnih elektrarnah je zelo pomemben, saj lahko z njim spreminjamo hitrost vrtenja turbine. S tem reguliranjem vpadnega kota lahko tako zvišamo ali znižamo hitrost vrtenja krakov. Tudi zavorni mehanizem deluje tako. S pomočjo nastavitve vpadnega kota se zato lahko prilagodi hitrost vrtenja krakov moči hitrosti vetra. In sicer, močnejši kot je veter večji je kot krakov, manjši kot je veter manjši je kot krakov. Ko se vpadni kot nastavi 90° oz. na kot pri katerem kraki ne proizvajajo vzgona se rotor ustavi.

4. IZDELAVA MODELA

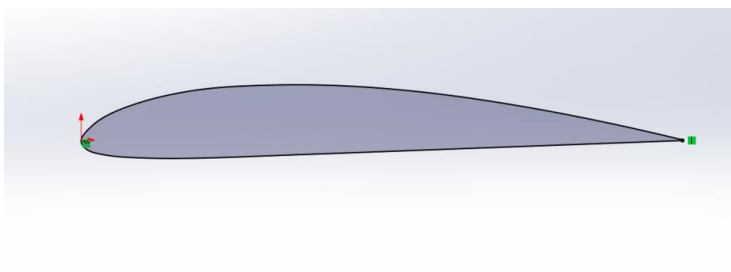
Pri izdelavi sem uporabil lansko trapezno obliko krakov. Dodal sem še različne vpadne kote in profil.



SLIKA 7: Izdelan model

4.1 Uporabljen profil kraka

Pri izdelavi krakov sem uporabil letalski profil Clark Y. Za ta profil sem se odločil iz dveh razlogov in sicer, ker je primeren za nizke hitrosti in tudi zato, ker ga je dokaj enostavno izdelati zaradi njegove ravne spodnje površine.



SLIKA 8: Prerez profila Clark Y.

4.2 Uporabljeni vpadni koti

Pri meritvah sem uporabil naslednje vpadne kote 180, 30, 60, 90, 0. Saj sem s tem želel preveriti kako različni koti vplivajo na hitrosti vrtenja.

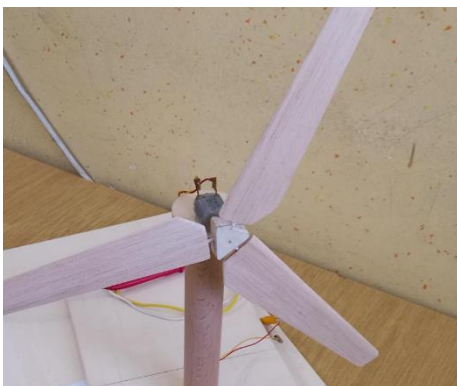
5. Meritve

Meritve so potekale tako, da sem za vsak kot posebej njegov vpliv izmeril pri različnih hitrostih. Tako sva z učiteljem s pomočjo avtomobila po ravnem in neprometnem odseku izvajala meritve za vsak kot pri hitrostih 5, 10, 15, 20, 25 in 30 km/h.

Izkoristek sva merila tako, da je rotor poganjal elektromotor, ki je služil kot generator električne napetosti. Pri tem sva upoštevala, da višji kot so vrtljaji večja je generirana napetost in le-to sva merila z voltmetrom.

5.1 Vpadni kot 0° in 90°

Ugotovil sem, da imata vpadna kota 0° in 90° nično hitrost vrtenja. Saj se vetrnica z tema vpadnima kotoma, pri nobeni hitrosti ne vrti. S tem sem potrdil svojo hipotezo, da se rotor pri vpadnem kotu 0° in 90° ne vrti. To pomeni, da je to način s katerim lahko vrtenje tudi ustavimo. Pri tem pa sem opazil, da so kraki pri kotu 90° neobremenjeni, medtem kot pri kotu 0° so zelo obremenjeni na upogib zaradi zračnega upora.



SLIKA 9, 10: Kot krakov 0° in 90°

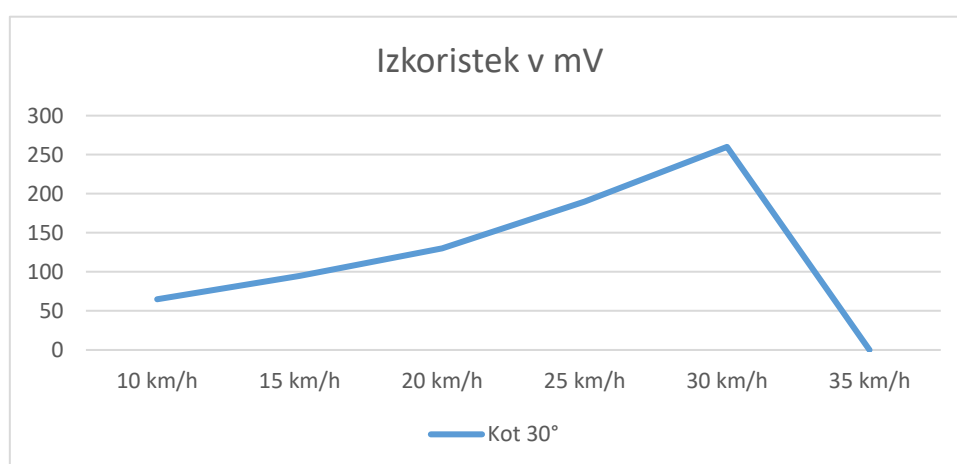
5.2 Vpadni kot 30°

Vpadni kot 30° je imel od vseh kotov največjo hitrost vrtenja. To se je pokazalo tako pri visokih kot nizkih hitrostih vetra. Pri hitrosti vetra 10 km/h je imel za kar 3-krat višjo hitrost vrtenja od kotov 45° in 60°. Slabost tega vpadnega kota je bila ta, da je pri višjih hitrostih vetra tudi hitrost vrtenja previsoka in s tem je prišlo do porušitve (razpada) rotorskih krakov.

Pri tem se je torej že pokazala potreba po spremembi vpadnega kota in s tem prilagajanje hitrosti vrtenja rotorja in s tem tudi boljše izkoriščanje danih vetrovnih razmer.



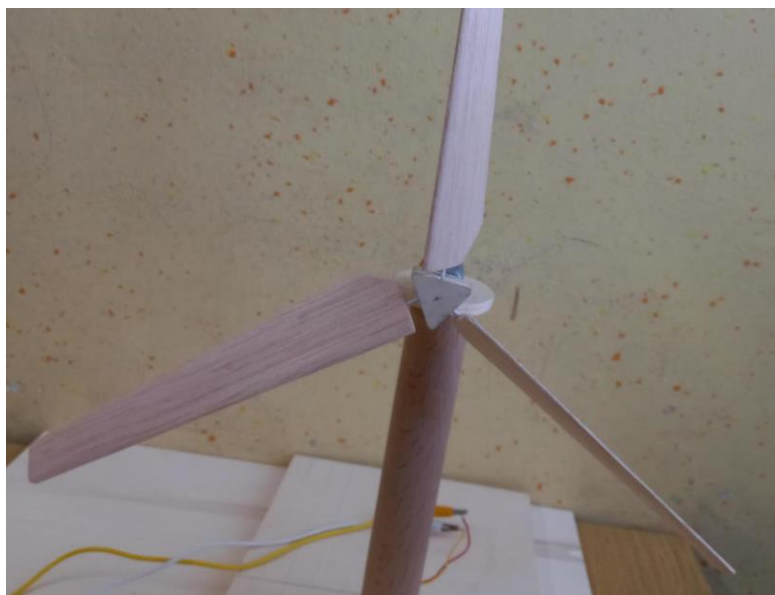
SLIKA 10: Kot krakov 30°.



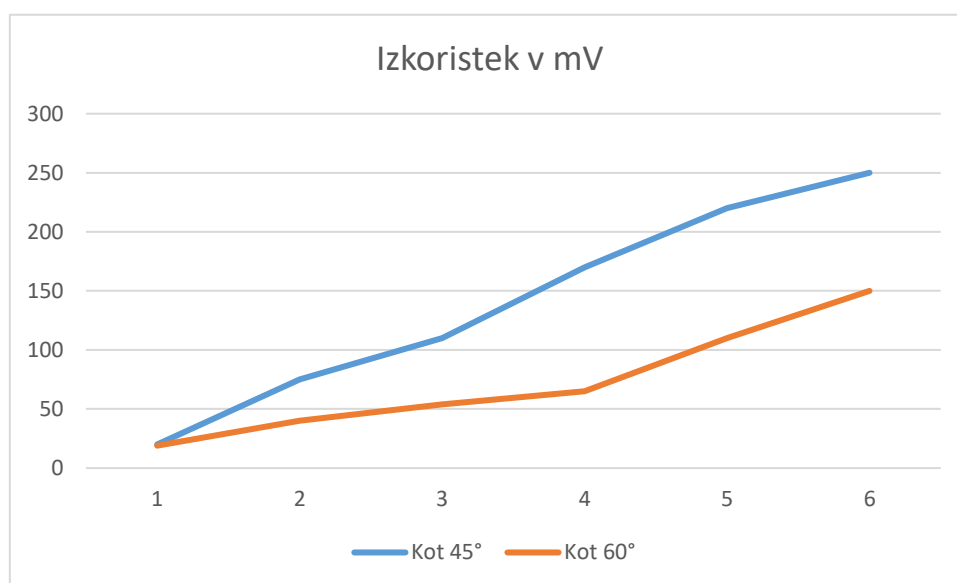
Grafikon: Generirana napetost v mV pri kotu 30° glede na hitrost.

5.3 Vpadni kot 45° in 60°

Vpadna kota 45° in 60° sta imel pri nižjih hitrostih vetra tudi precej manjšo hitrost vrtenja kot kot 30°. Pri tem pa se je izkazalo, da je kljub temu zelo pomembna, saj omogočata delovanje in vetrne elektrarne pri močnejšem vetru.

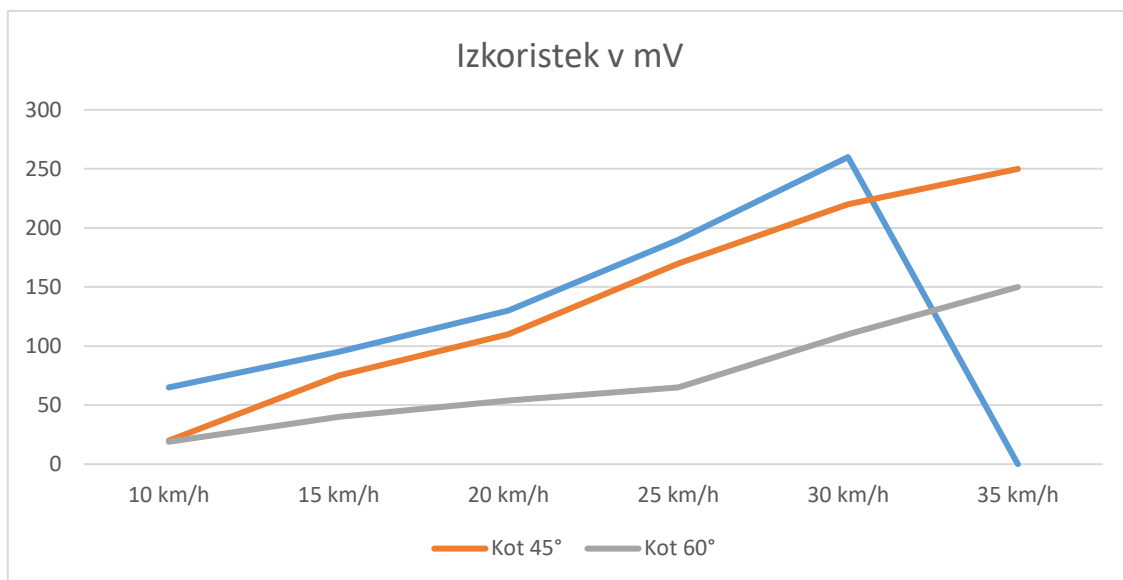


SLIKA 11: Kot krakov 60°.



Grafikon: Generirana napetost v mV pri kotu 45° in 60° glede na hitrost.

6. Skupni prikaz meritev



Grafikon: meritve dobljene napetosti pri nastavljenem vpadnem kotu ob določeni hitrosti vetra.

7. ZAKLJUČEK

Pri svojem delu sem ugotovil, da ima vpadni kot velik vpliv na delovanje oz. na moč vetrne elektrarne. S spremembami vpadnega kota krakov tako lahko reguliramo hitrost vrtenja elise oz. glede na spremembe hitrosti vetra vzdržujemo enako število vrtljajev in s tem tudi konstantno moč delovanja elektrarne.

To je predvsem uporabno pri morebitnih tehničnih težavah oz. ob premočnem vetru saj je v obeh primerih možno ob postavitvi krakov na kot 90° rotor popolnoma ustaviti ter obvarovati celoten mehanizem pred poškodbami oz. izvesti morebitno vzdrževanje delov.

8. LITERATURA

Spletni viri:

- <https://www.mojprihranek.si/energija-in-okolje/proizvodnja-energije/kako-deluje- vetrna-turbina/>
- <https://www.terraverde.si/raziskave-in-statistike/ocena-vetrnega-potenciala-slovenije/>
- <https://vetrna-energija.si/primerne-lokacije/>
- <https://dk.um.si/Dokument.php?id=119045&dn=>
- https://www.modelarstvo.si/vzgonski_koeficient/
- <https://www.mh-aerotoools.de/airfoils/windmill.htm>
- <https://www.mh-aerotoools.de/airfoils/mh110koo.htm>

Slike

Slika 1: <https://3.bp.blogspot.com>

Slika 2: lastni arhiv

Slika 3: lastni arhiv

Slika4: <https://vetrna-energija.si/primerne-lokacije/>

Slika 5: http://eprihodnost.si/media/cms_page_media/

Slika 6: http://projlab.fmf.unilj.si/arhiv/2007_08/

Slika 7: lastni arhiv

Slika 8: <https://grabcad.com/library/clark-y-airfoil-profile-1>

Slika 9: lastni arhiv

Slika 10: lastni arhiv

Slika 11: lastni arhiv