



UDK: 631.172

## KORIŠĆENJE ENERGIJE VETRA U POLJOPRIVREDI PRIMENOM NOVOG TIPRA VETRENJAČE

Tanasije Miljević

**Sadržaj:** U radu je opisan novi tip vetrenjače, koji je prijavljen kao patent. Unifikacija modula prijavljenog trokrilnog turbinskog kola VH3, za vetrenjače sa vertikalnim vratilom, na osnovu kojeg je razvijena familija vetrenjača "Vetrohorizont" i njena kategorizacija i primenljivost uopšte, a posebno u poljoprivredi za navodnjavanje, grejanje i osvetljenje. Kategorizacija je izvršena prema snazi, odnosno prema broju ugrađenih turbinskih kola u vetrenjaču i naznačena njihova primenljivost u praksi.

**Ključne reči:** energija vetra, vetrenjače, navodnjavanje, grejanje, osvetljenje.

### 1. UVOD

Novi tip vetrenjače je razvijen na osnovu patentne prijave P-405/04 (11.05.2004) i PCT/YU 2005/000014 (26.04.2005) pod nazivom TROKRILNO TURBINSKO KOLO VH3, ZA VETRENJAČE SA VERTIKALNIM VRATILOM. Veličina kola VH3 je unificirana (prečnik  $D=1520$  mm i visina  $H=1100$  mm) kao modul, sa kojim je razvijena čitava familija vetrenjača pod zajedničkim nazivom "VETROHORIZONT". Snaga pojedinih vetrenjača zavisi od broja ugrađenih turbinskih kola VH3. Turbinska kola VH3 se postavljaju na vratilo vertikalno jedna na drugo, međusobno povezani kao turbina. Snaga vetrenjača zavisi od broja turbinskih kola VH3, te se one mogu kategorisati kao: male (do 5 kola VH3), srednje (do 50 kola VH3) i velike (preko 50 kola VH3).

Male i srednje vetrenjače se mogu uvrstiti u poljoprivrednu mehanizaciju, dok se velike vetrenjače mogu racionalno koristiti za proizvodnju električne struje, jednosmerne ili naizmjenične, u tzv. parkovima vetrova ili VETROELEKTRANAMA (Eolskim parkovima).

Male vetrenjače su pogodne za individualna poljoprivredna domaćinstva, za navodnjavanje, grejanje i osvetljenje, a srednje vetrenjače za veće plantaže, plastenike i živinarske i stočne farme.

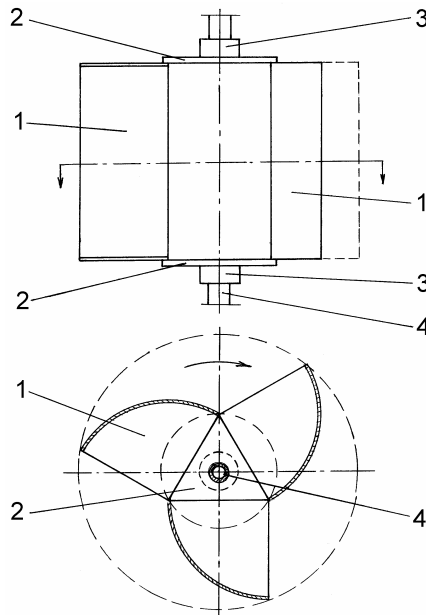
Na pogonski zupčanik vetrenjače, koji je pri zemlji, mogu se priključivati raznovrsne konzumne mašine i agregati, koji uhvaćenu energiju vetra mogu pretvarati u više oblika (vidova), koja se dalje može direktno koristiti ili akumulirati za periode kad nema dovoljno vetra. Akumulacija uhvaćene energije vetra može biti:

- Sa alternatorom (12 V ili 24 V) u električnim akumulatorima,
- Sa pumpama i vodotornjevima, rezervoarima i bazenima i
- Sa toplomotorima i vodenim akumulatorima toplote.

## 2. PRINCIP RADA I FORMIRANJE FAMILIJE VETRENJAČA "VETROHORIZONT"

### 2.1. Funkcionisanje trokrilnog turbinskog kola VH3

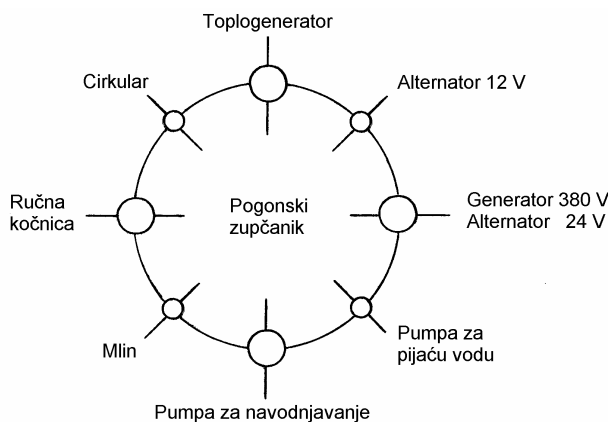
Trokrilno turbinsko kolo VH3 (slika 1), funkcioniše tako, što kroz njega protiče struja vetra, gde su uvek dva krila pod dejstvom dinamičkog pritiska vetra; jedno krilo pod akcionim i drugi pod reakcionim dejstvom dinamičkog pritiska vetra. Ovo prostrujavanje vetra kroz kolo VH3, u procesu "mlevenja" vetra, menja smer na svakom krilu u određenom položaju, tako da se smer prostrujavanja promeni tri puta za jedan obrtaj kola. Ovo je osnovni kvalitet ovih vetrenjača u odnosu na propelerne vetrenjače. Pored toga, turbinsko kolo VH3 nije osetljivo na vrtloženje i prizemne turbulencije vetra sa udarima, a neznatno uznemirava okolnu struju vetra, pa dve turbine mogu da se postave na relativno malom rastojanju (6 do 8 m), tim pre jer nemaju usmerivače na pravac vetra.



Sl. 1. Trokrilno turbirisko kolo VH3, za vetrenjače sa vertikalnim vratilom:  
1. krilo, 2. disk, 3. spojnica, 4. vratilo

Snage vetrenjača su veoma promenljive i zavise od brzine vetra ( $v_L$ ), temperature vazduha ( $t_L$ ), relativne vlažnosti ( $\varphi$ ) i atmosferskog pritiska ( $p_a$ ), ali upotrebom priključnih agregata koji mogu da funkcionišu pri promenljivim brojevima obrtaja i promenljivom snagom, ove vetrenjače imaju univerzalnu primenljivost i mogu se racionalno koristiti u praksi.

Na slici 2. prikazana je šema mogućnosti priključenja raznih konzumnih agregata na pogonski zupčanik vetrenjače.



Sl. 2. Šema mogućnosti priključenja raznih konzumnih agregata na pogonski zupčanik vetrenjača sa vertikalnim vratilom familije "Vetrohorizont"

## 2.2. Kategorizacija vetrenjača "VETROHORIZONT" prema snazi

Kategorizacija familije vetrenjača "VETROHORIZONT" izvršena je prema instalisanoj snazi, odnosno prema broju turbinskih kola VH3. U jednoj turbini - na jednom vratilu, može se postaviti veći broj turbinskih kola VH3, sa oznakom VH3/X.00, gde je "X" broj kola VH3 (X do 10), a ako ima više turbina na jednom mestu u funkcionalnoj povezanosti, takva vetrenjača ima oznaku VH3/X.00/N, gde je "N" broj istovetnih turbina.

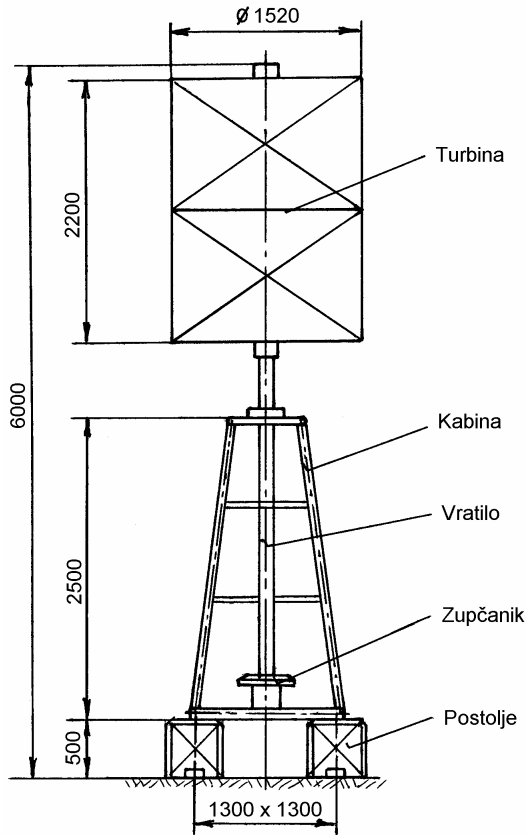
Sve vetrenjače imaju unificiranu kabinu, sa betonskim osloncima u vidu vezanih kocki (4 x 300 kg), koje slobodno stoje na tlu.

### 2.2.1. Male vetrenjače

Male vetrenjače, sa jednim do tri turbinska kola VH3, slobodno stoje na tlu. Na slici 3. je prikazana vetrenjača "KOŠAVA", oznake VH3/2.00, kao najperspektivnija za široku primenu. U tabeli 1. data je proračunska snaga vetrenjače "KOŠAVA", prema obrascu:

$$P \text{ [kW]} = 0,75383 \cdot 10^3 \cdot \gamma_L \cdot v_L^3$$

gde je:  $\gamma_L$  [kg/m<sup>3</sup>] gustina vazduha i  
 $v_L$  [m/s] brzina vetra.



Sl. 3. Vetrenjača VH3/2.00 "KOŠAVA",  $X = 2$  i  $N = 1$

Tab. 1. Proračunske vrednosti snage vetrenjače "KOŠAVA"

Snaga (kW)	$v_L$		$t_L$			
	km/h	m/s	-15 °C	0 °C	+15 °C	+50 °C
	18	5	0,13	0,12	0,11	0,10
36	10	1,00	0,94	0,87	0,85	
54	15	3,37	5,18	3,01	2,85	
72	20	7,99	7,54	7,15	6,75	
90	25	15,61	14,72	13,96	13,19	

### 2.2.2. Srednje vetrenjače

Ove vetrenjače se grade sa više turbina, koje imaju veći broj turbinskih kola VH3. Na slici 4. prikazana je vetrenjača sa tri turbine po deset turbinskih kola VH3, oznake VH3/10.00/3, odnosno ukupno 30 VH3. Proračunska snaga ove vetrenjače data je u tabeli 2.

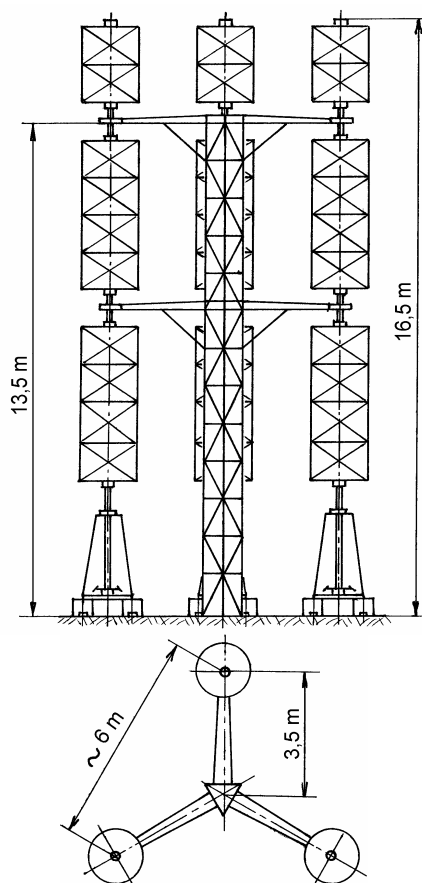
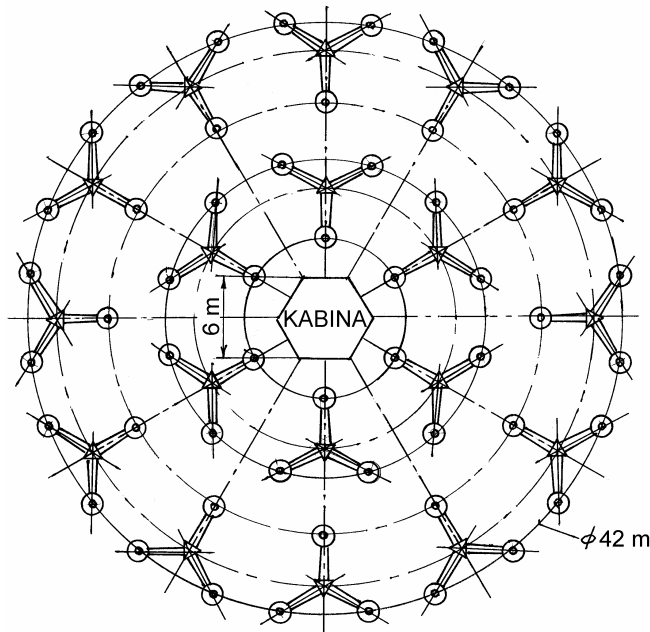
Sl. 4. Vetrenjača VH3/10.00/3,  $X = 30$ 

Tabela 2. Proračunske vrednosti snage vetrenjače VH3/10.00/3

	$v_L$		$t_L$			
	km/h	m/s	-15 °C	0 °C	+15 °C	+50 °C
Snaga (kW)	18	5	1,9	1,8	1,6	1,5
	36	10	15	14	13	12
	54	15	51	48	45	43
	72	20	120	113	107	101
	90	25	234	221	209	198

### 2.2.3. Velike vetrenjače - Vetroelektrane

Veće instalisane snage vetrenjača, sa više od 50 turbinskih kola VH3, racionalno je graditi samo za proizvodnju struje, jednosmerne (za lokalnu upotrebu) ili naizmenične (za umrežavanje u javnu el. mrežu). Takva vetroelektrana je prikazana na slici 5., sa oznakom VH3/10.00/54, sa ukupno 540 turbinskih kola VH3 u 54 turbine. U tabeli 3. prikazana je proračunska snaga ove vetrenjače.



Sl. 5. Vetroelektrana VH3/10.00/54, formirana od 18 vetrenjača VH3/10.00/3, sa ukupno  $X = 540$  i  $N = 54$

Tab. 3. Proračunske vrednosti snage VETROELEKTRANE VH3/10.00/54, gde je  $X = 540$  i  $N = 54$

	$v_L$		$t_L$			
	km/h	m/s	-15 °C	0 °C	+15 °C	+50 °C
Snaga (kW)	18	5	34,2	32,4	28,8	27,0
	36	10	270	252	234	216
	54	15	918	864	810	774
	72	20	2160	2034	1926	1818
	90	25	4212	3978	3762	3564

### 3. PRIMENA ZA NAVODNJAVANJE

U ovom radu se neće analizirati vrste i oprema zalivnih sistema, što spada u domen rada agronoma, već isključivo svi vidovi snabdevanja vodom, dovođenjem do mesta upotrebe.

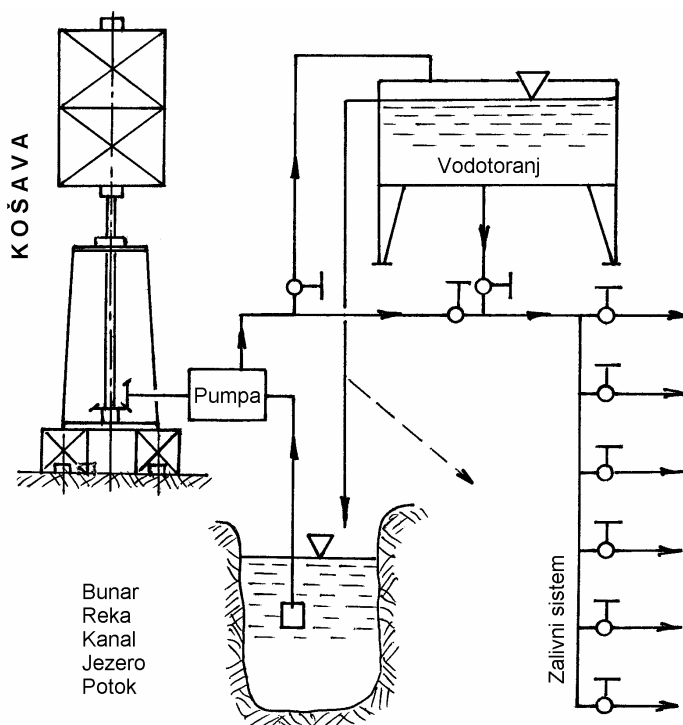
#### 3.1. Izvorišta vode koja su pogodna za navodnjavanje

Mesta sa kojih se može uzimati voda za navodnjavanje poljoprivrednih kultura, su:

- sve vrste bunara,
- sve vrste reka i potoka,
- veštački kanali i
- jezera i bare.

### 3.2. Oprema za snabdevanje vodom za navodnjavanje

Na slici 6. šematski je prikazana vetrenjača "KOŠAVA" sa osnovnim elementima sistema za dovodenje vode za navodnjavanje; pumpa sa usisnom korpom, vodotoranj i cevovodi sa razvodnom armaturom.



Sl. 6. Šema sistema za navodnjavanje pomoću vetrenjače "KOŠAVA" postavljene neposredno pored izvorišta vode

### 3.3. Međusobni odnos izvorišta vode i vetrenjača

Potisni krak cevovoda od pumpe, odnosno nivo pritiska, zavisi od vrste i konstrukcije pumpe i raspoložive pogonske snage, a čija dužina nije ograničena. Ali usisni krak pumpe je poseban problem kod pretakanja svih vrsta tečnih fluida, pa i kod vode, zbog napora pare, gde i temperatura fluida znatno utiče.

Zbog toga, zbir visinske razlike i otpora usisnog cevovoda, zajedno sa usisnom korpom, ne sme da pređe granicu napora pare, što je kod vode  $H_u = 9,5 \text{ m VS}$ , a zbog sprečavanja pojave kavitacije. Zato je uobičajeno, da prečnik usisnog cevovoda bude veći za oko 20 % od potisnog cevovoda. Takođe, treba izbegavati da usisni cevovod bude duži od 25 metara.

### 3.4. Vetrenjače u blizini izvorišta vode

Ako se pored izvorišta vode nalazi pogodno mesto za postavljanje vetrenjače, pumpa se vezuje direktno na pogonski zupčanik. Takva izvorišta su:

- Relativno plitki bunari, sa nivoom vode do 8 metara dubine,
- Reke, kanali, jezera i bare, sa čvrstim i pristupačnim obalama,
- Živi potoci (koji ne presušuju), bez obzira na veličinu protoka, jer se lako mogu stvoriti lokalni rezervoari vode; male brane ili veštačke jame u koritu potoka (u obliku virova).

Na rekama, kanalima i jezerima, vetrenjače se mogu postavljati i na odgovarajućim pontonima - splavovima, čime se mogu postići optimalni uslovi za rad pumpi.

### 3.5. Vetrenjača udaljena od izvorišta vode

Ako su izvorišta vode nepristupačna za bliže postavljanje vetrenjača od 25 metara, tada se pored izvorišta postavlja samo pumpni agregat, pogonjen elektromotorom koji se napaja iz alternatora, koji je vezan za pogonski zupčanik vetrenjače. Alternator može biti 24(28) V i 12(14) V. Ovde se takođe može stvarati akumulacija energije u el. akumulatorima, kao rezerva kad nema vetra.

Sličan sistem se može upotrebiti i kod dubljih bunara od 9 metara, gde se pumpni agregat postavlja iznad tačke maksimalnog nivoa vode.

## 4. PRIMENA ZA GREJANJE

Energija vetra može se efikasno koristiti za grejanje u zimskom periodu, jer je tada pojava vetra češća i intenzivnija. Za pretvaranje energije vetra u toplotu postoje dva načina, i to:

- Direktno pretvaranje mehaničke energije vetra u toplotu pomoću toplogeneratora, koji je priključen na pogonski zupčanik vetrenjače, i
- Posredno, gde se energija vetra pomoću alternatora pretvara u električnu struju, kojom se pomoću grejača zagreva voda u grejnom sistemu.

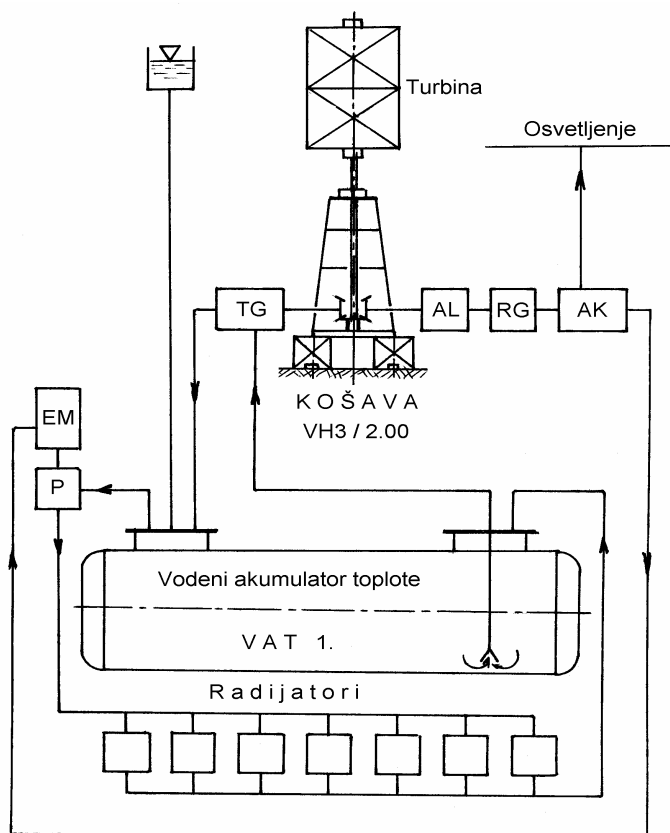
U oba slučaja koristi se tzv. vodeni akumulator toplote (VAT), gde se stvara rezerva za periode kad nema vetra ili njegov intenzitet opadne - varira.

VAT je standardni oblik cisterne ispunjen vodom, koja se zagreva energijom vetra pomoću vetrenjače, a razvodi se u grejnom sistemu posebnom pumpom na električni pogon iz akumulatora, a koji se napaja alternatorom prikopčanim za pogonski zupčanik vetrenjače.

### 4.1. Grejni sistem sa toplogeneratorom

Na slici 7. je prikazan grejni sistem, gde toplogenerator uzima hladniju vodu sa donje strane cisterne i vraća je zagrejanu u gornji deo cisterne (VAT 1). Posebna pumpa uzima toplu vodu i potiskuje je u grejni sistem - radijatore, koja se ponovo vraća u VAT 1 - cirkuliše.





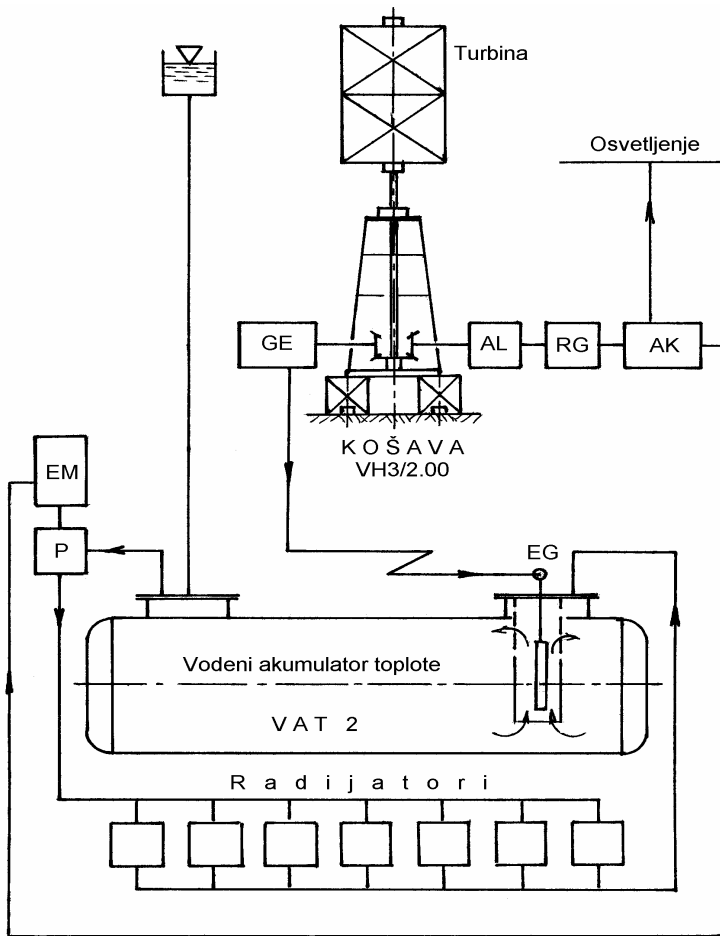
Sl. 7. Šema sistema grejanja pomoću vetrenjače "KOŠAVA" i toplogenerators, a posredstvom vodenog akumulatora toplote, gde je: TG - Toplogenerator; AL - Alternator; RG - Regler; AK - Akumulatorska baterija; EM - Elektromotor; P - Pumpa.

#### 4.2. Grejni sistem sa alternatorom i električnim grejačima

Na slici 8. prikazan je grejni sistem, gde se voda zagreva pomoću električnih grejača ugrađenih direktno u VAT 2, koji se napajaju iz alternatora, koji je priključen na pogonski zupčanik vetrenjače. Razvod tople vode po grejnim telima - radijatorima vrši se posebnom pumpom na električni pogon iz akumulatora.

Ovakav grejni sistem pomoću vetrenjača "VETROHORIZONT", sa VAT 1 ili VAT 2, može imati izuzetno racionalnu i svestranu primenu u privredi zemlje, i to:

- Za zagrevanje stambenih prostorija, naročito individualnih poljoprivrednih domaćinstava ili u prigradskim naseljima.
- Zagrevanje radnih prostorija u maloj privredi, usamljenih planinskih objekata i slično.
- Zagrevanje plastenika - staklenika za uzgajanje voća i povrća.
- Zagrevanje na živinarskim i stočarskim farmama, i
- Zagrevanje u procesu prerade poljoprivrednih proizvoda.



Sl. 8. Šema sistema grejanja pomoću vetrenjače "KOŠAVA" posredstvom generatora i el. grejača i vodenog akumulatora toplote, gde je: GE - Generator; EG - El. grejač; AL - Alternator; RG - Regler; AK - Akumulatorska baterija; EM - Elektromotor; P - Pumpa.

#### 4.3. Kombinovano korišćenje vetrenjača za grejanje i navodnjavanje

U pogodnim situacijama, naročito kod individualnih poljoprivrednih proizvođača, može se ista vetrenjača koristiti dvojako, zimi za grejanje, a ljeti za navodnjavanje, pogotovu za domaćinstva koja imaju sopstveni bunar (ili neko drugo pogodno izvorište vode) i obradivo zemljište u blizini.

U slučaju da je obradivo zemljište dosta udaljeno od kuće, a na kome u blizini ima pogodno izvorište vode, postoji mogućnost da se vetrenjača ("KOŠAVA") prenosi između kuće i njive i obratno.

Ovo je izvodljivo bez demontaže same vetrenjače, a pomoću odgovarajućeg viljuškara, jer je težina "KOŠAVE" oko 1500 kg. Isto tako je racionalno da se ovako koristi ista vetrenjača, čak i uz delimičnu demontažu pri prenošenju.

## 5. OSVETLJENJE I POGON KUĆNIH APARATA I DRUGIH RADNIH UREĐAJA

Ako je na vetrenjaču kategorije "mala" ili "srednja" stalno priključen odgovarajući alternator i povezan sa baterijom akumulatora, tada se el. struja može koristiti u razne svrhe, i to:

- Osvetljenje stambenih i radnih prostorija,
- Pogon hidrofora za pijaću i tehničku vodu, i
- Pogon kućnih aparata adaptiranih na = 12 V ili = 24 V.

## 6. DIREKTNO KORIŠĆENJE MEHANIČKE ENERGIJE VETRA

Na pogonski zupčanik vetrenjače mogu se direktno mehanički priključivati razne mašine, koje mogu efikasno da rade kad ima vetra, bez obzira na nestalan i promenljiv intenzitet vetra. Takve mašine i uređaji su:

- Mlinovi i krunjači,
- Cirkulari za rezanje drva i drvene građe,
- Seckalice za silažu stočne hrane, i
- Seckalice i cedilice pri preradi voća i povrća.

Ovakva upotreba vetrenjača je prikladna u jesenjem periodu, u sezoni između navodnjavanja i grejanja, a kad je inače znatno pojačan intenzitet vetrova.

## 7. ZAKLJUČAK

Iskorišćenje energije vetra na razne načine datira iz dubine istorije čovečanstva. Iz srednjeg i početkom novog veka datira upotreba vetrenjača sa obrtnim kupolama, koje su direktno iskorišćavale energiju vetra, uglavnom kao mlinovi. Razvojem elektrotehnike, razvijene su vetrenjače za proizvodnju struje, jednosmerne i u poslednje vreme naizmenične. Ove vetrenjače su skoro isključivo propelerne i postavljaju se na visoke stubove radi izbegavanja prizemnog vrtloženja i turbulencije vetra, tj. zbog stabilnijeg usmeravanja na pravac vetra.

U novije vreme javio se izražen trend razvoja turbinskih vetrenjača sa vertikalnim vratilom, koja su racionalnije i sa univerzalnijom primenljivosti u praksi.

U ovom radu je prikazan novi tip turbinskog kola za vetrenjače sa vertikalnim vratilom, na osnovu čega je razvijena familija vetrenjača pod zajedničkim nazivom "VETROHORIZONT". Kroz detaljniju analizu pokazana je širina primenljivosti ovih vetrenjača, kroz kategorizaciju po snazi, gde je posebno istaknut značaj za navodnjavanje i grejanje.

## LITERATURA

- [1] Sopstveni eksperimenti i radovi na domaćoj i međunarodnoj prijavi patenta i izradi konstrukciono - tehnološke dokumentacije za izradu prototipa i serijsku proizvodnju.
- [2] Razni časopisi i knjige u svetu.
- [3] Izveštaji - napisi na internetu iz oblasti energije vetra.

**UTILIZE WIND ENERGY IN AGRICULTURE  
BY USE NEW TYPE OF WINDMILL**

**Tanasije Miljević**

**Abstract:** Here is described new type of windmill, which is registered as a patent. Unification of modul registered three - wing turbine round VH3, for windmills with vertical shaft, which was base for development of windmills "WINDHORIZON" and its categorization and usage generally, especially in agriculture for irrigation, heating and illumination.

Categorization was made according to power, respectively according to number of embedded turbine rounds in windmill as it is indicated its usage in practice.

**Key words:** *wind energy, windmills, irrigation, heating and illumination.*