




VJETROELEKTRANE

VJETAR

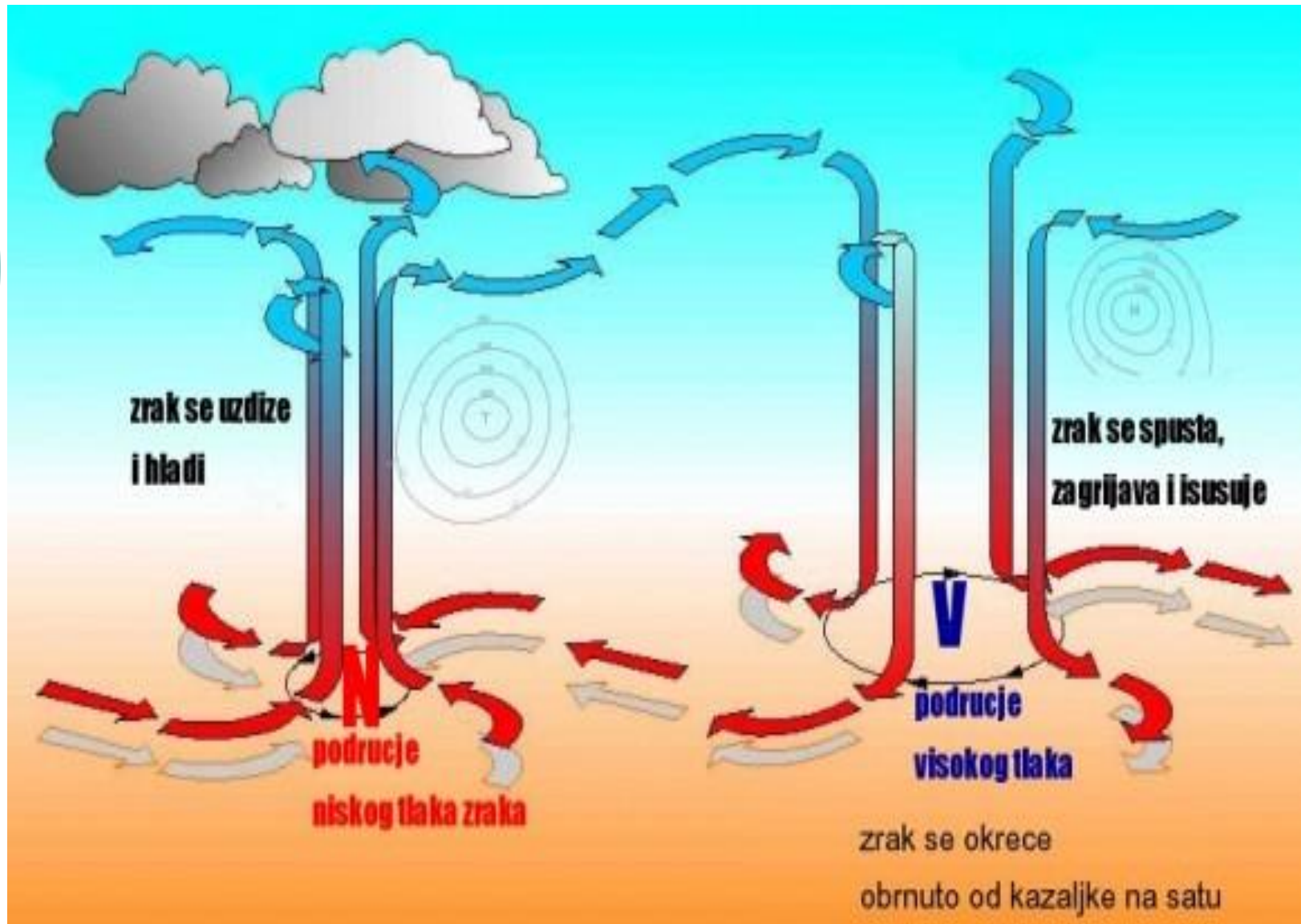
- horizontalno strujanje (gibanje) zraka zbog razlika u temperaturama
- toplinska ravnoteža - nemoguća
- strujanje je stalan prirodni proces
- strujanje zraka:
primarno, sekundarno, tercijarno

STRUJANJA ZRAKA

- **primarno**-nejednako grijanje tropskih i polarnih pojasa → izmjenjuje se toplina između toplijih i hladnijih dijelova Zemlje
- **sekundarno**-gibanje zraka različitih svojstava u umjerenim i visokim geografskim širinama → ciklone i anticiklone, tropski cikloni, druge nepogode

- 
- Ciklone-sustavi niskog tlaka ,na dodiru dviju različitih zračnih masa

 - Anticiklone - sustavi visokog tlaka, nastaju u jednoj zračnoj masi.
 - Ciklone i anticiklone najčešće u umjerenom pojasu → prijelazni pojas između najtoplijeg i najhladnijeg dijela atmosfere.



zrak se uzdiže
i hladi

N
područje
niskog tlaka zraka

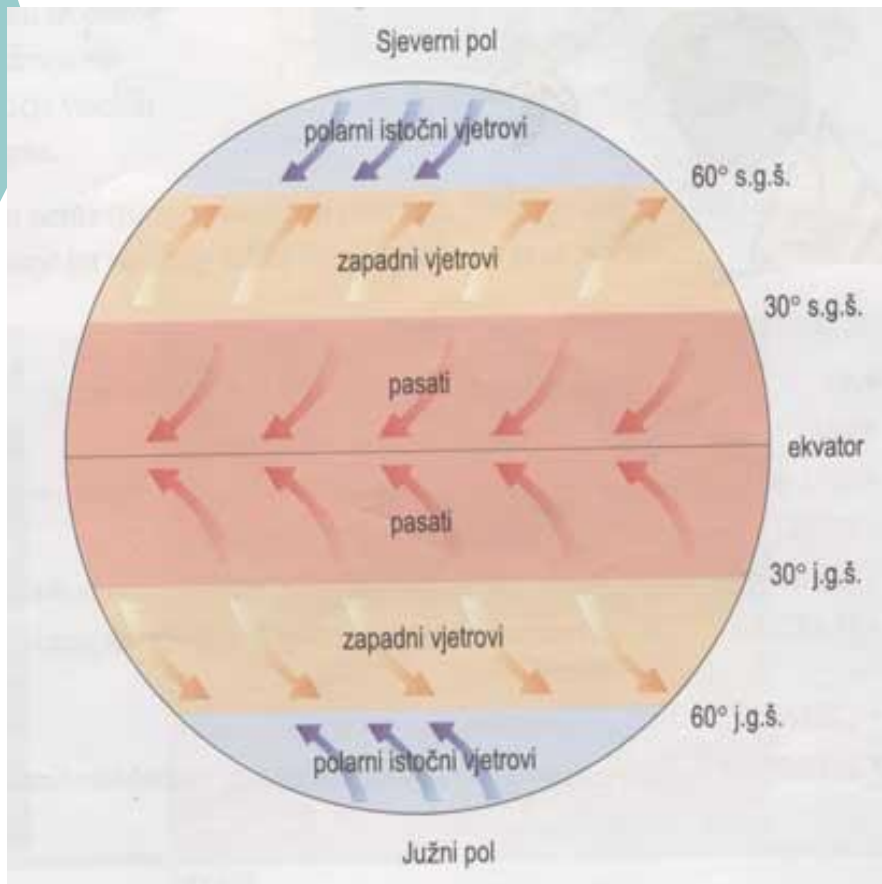
zrak se spusta,
zagrijava i isusuje

V
područje
visokog tlaka

zrak se okreće
obrnuto od kazaljke na satu

-
- **tercijarno** - posljedica toplinskih razlika na manjem prostoru, ovisi uglavnom o zagrijavanju i hlađenju tijekom dana.
 - strujanje između mora i kopna, kopna i jezera, planine i doline i sl.
 - zagrijavanje - topli zrak se izdiže,
→ polovi! (Coriolisova sila),
 - praznine – hladni zrak → stalni vjetrovi

STALNI VJETROVI



- polarni istočni vjetrovi
- glavni zapadni vjetrovi
- pasati

LOKALNI VJETROVI

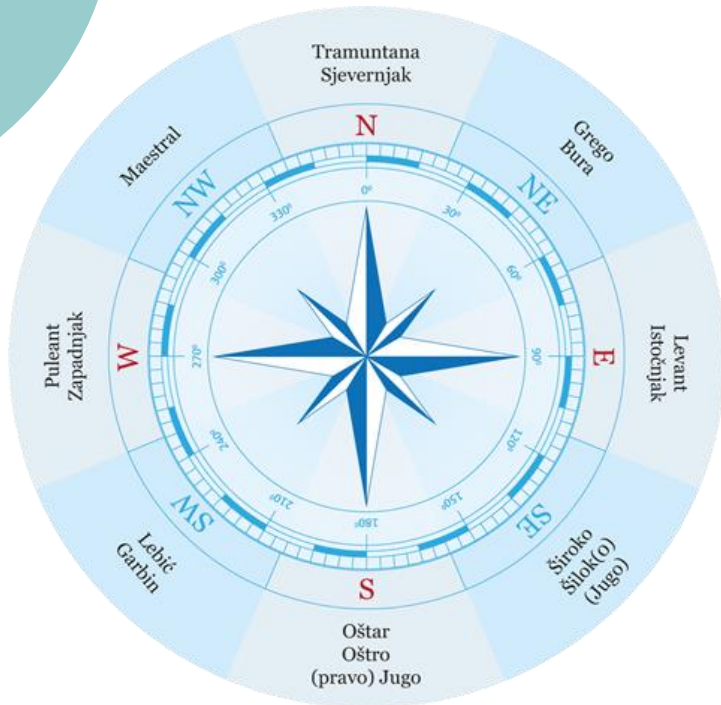
- nastaju zbog globalne raspodjele tlaka i cirkulacijskih sustava koji putuju.
- monsun - tropsko područje, važnost → monsunaska Azija
- Hrvatska - bura, jugo, lebić, maestral...

- vjetar → brzina, smjer i jačina

- brzina -mjeri se anemometrima, izražava se u m/s, km/h ili u čvorovima.



RUŽA VJETROVA



- opisuje brzine vjetra iz 12 različitih smjerova
- svaki smjer obuhvaća 30° horizonta (standard za europski atlas vjetrova)
- izgleda poput kompasa

bofora	naziv vjetra	učinak vjetra na kopnu	učinak vjetra na moru	slika	brzina vjetra
0	tišina	Dim se diže vertikalno u vis, zastave i lišće su nepomični	površina vode kao ogledalo		do 0.3 m/s do 1 km/h
1	lahor	vjetrulja se ne pokreće, može mu se razaznati smjer prema dimu koji se podiže	mrežkanje vode		0.4 - 1.5 m/s 1 - 5 km/h
2	povjetarac	vjetrulja se pokreće, lišće treperi, svileni zastava leprša	mali valići, kreste valića su još prozirne i ne lome se		1.6 - 3.3 m/s 6 - 11 km/h
3	slab vjetar	lišće zajedno s grančicama se neprekidno njiše i šušti, zastava leprša	veći valići, kreste valića se počinju lomiti		3.4 - 5.4 m/s 12 - 19 km/h
4	umjeren vjetar	diže prašinu, suho lišće i papir s tla; zastavu drži ispruženu, njiše manje grane	mali valovi, bijele krijeste na vrhovima valova		5.5 - 7.9 m/s 20 - 28 km/h
5	umjereno jak vjetar	njiše veće lisnate grane a i čitava mala stabla	umjereni valovi, puno bijelih krijesti na vrhovima valova		8.0-10.7 m/s 29 - 38 km/h
6	jak vjetar	svijaju se velike grane, teško je nositi otvoreni kišobran, telefonske žice zvižde	veliki valovi se formiraju, bijele krijeste su posvuda		10.8-13.8m/s 39 - 49 km/h
7	vrlo jak vjetar	njiše se neprekidno veće lisnato drveće, hodanje protiv vjetra je otežano	vjetar počinje otpuhivati pjenu sa valova niz vjetar		13.9-17.1m/s 50 - 61 km/h
8	olujni vjetar	njiše čitava stabla i lomi velike grane; sprečava svako hodanje protiv vjetra.	umjereno visoki valovi velike dužine, krijeste valova se lome kružno, vjetar nosi pjenu		17.2-20.7m/s 62 - 74 km/h
9	oluja	pomiče manje predmete i baca crijep, čini manje štete na kućama i drugim objektima	visoki valovi, guste pruge pjene niz vjetar, smanjena vidljivost		20.8-24.4m/s 75 - 88 km/h
10	jaka oluja	obara drveće i čupa ga s korijenjem; čini znatne štete na zgradama	vrlo visoki valovi sa velikim visećim krijestama, skoro cijela površina je bijela		24.5-28.4m/s 88-102 km/h
11	teška oluja	čini teške štete, na većem području djeluje razorno	extremno visoki valovi, sva površina bijela od pjene, vidljivost jako smanjena		28.5-32.6m/s 103-117km/h
12	orkan	opustoši čitav jedan kraj	zrak je ispunjen sa kapljicama vode i pjenom, cijela površina bijena, jako mala vidljivost		32.7-36.9m/s 118-133km/h

- jačina vjetra procjenjuje se prema Beaufortovoj ljestvici koja ima dvanaest stupnjeva
- u gradu se povećava prizemno trenje koje vjetar treba savladati → smanjenje brzine vjetra, povećanje jačine

ZNAČENJE VJETRA

- pomorsko (Kristophor Columbo)
- mlinovi, vjetrenjače
- obnovljivi izvor energije
- energija vjetra ne može se iscrpiti jer će uvijek biti razlika u temperaturi i strujanja zraka

GRAĐA VJETROELEKTRANE

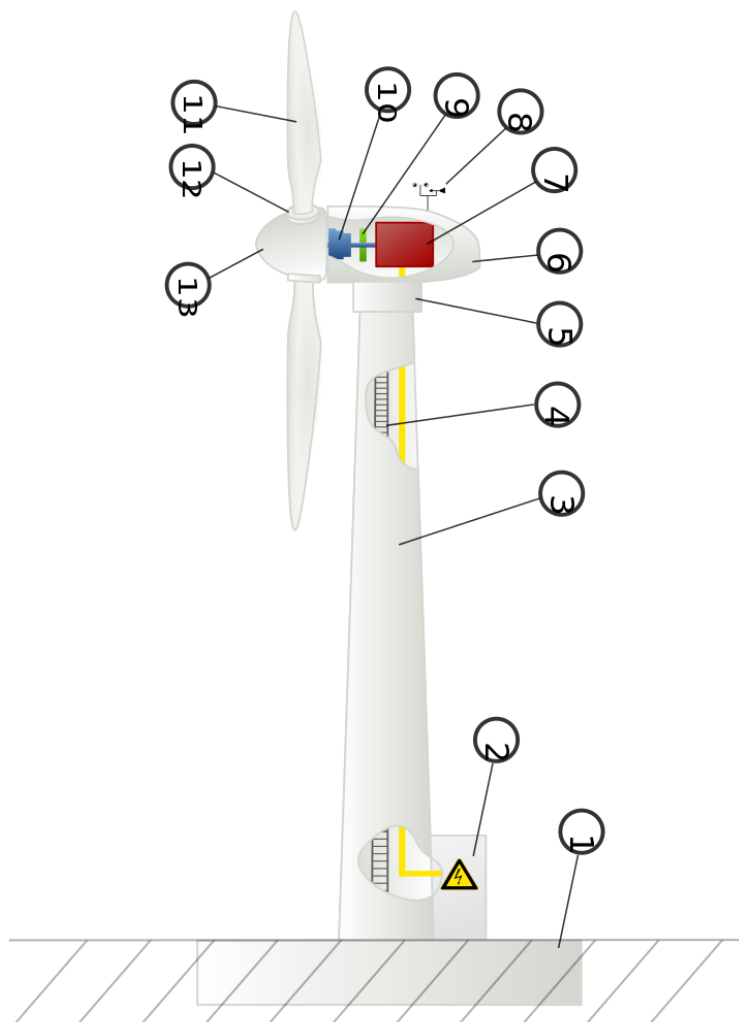


- vjetroelektrana-
elektroenergetski
objekt
- gorivo → vjetar
- dijelovi:
 - vjetroatregat
 - transformatorska
stanica
 - kabel
 - vodovi...

VJETROAGREGATI

- rotirajući stroj, kinetička energija vjetra → mehanička energija → električni generatori → električna energija.
- vrste prema:
 - položaju osi turbinskog kola,
 - broju lopatica,
 - načinu pokretanja
 - učinkovitosti pretvorbe energije...

VJETROAGREGATI S VODORAVNOM OSI

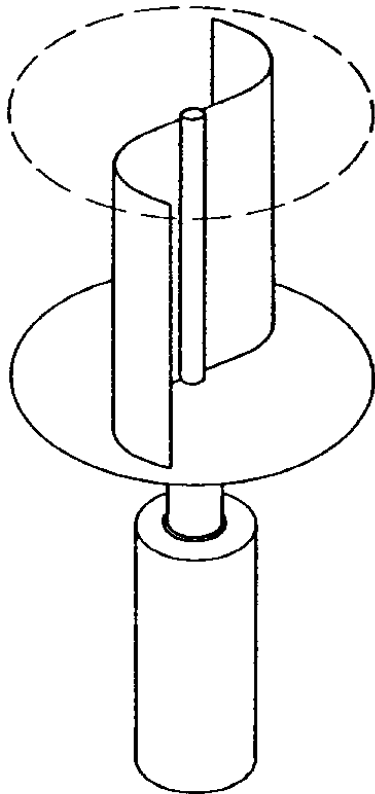


1. temelj
2. priključak
3. stup
4. ljestve za pristup
5. zakretnik
6. kućište stroja ili gondola
7. električni generator
8. anemometar
9. kočioni sustav
10. prijenosnik snage
11. lopatice rotora
12. sustav zakretanja lopatica
13. glavčani rotor

VJETROAGREGATI S OKOMITOM OSI

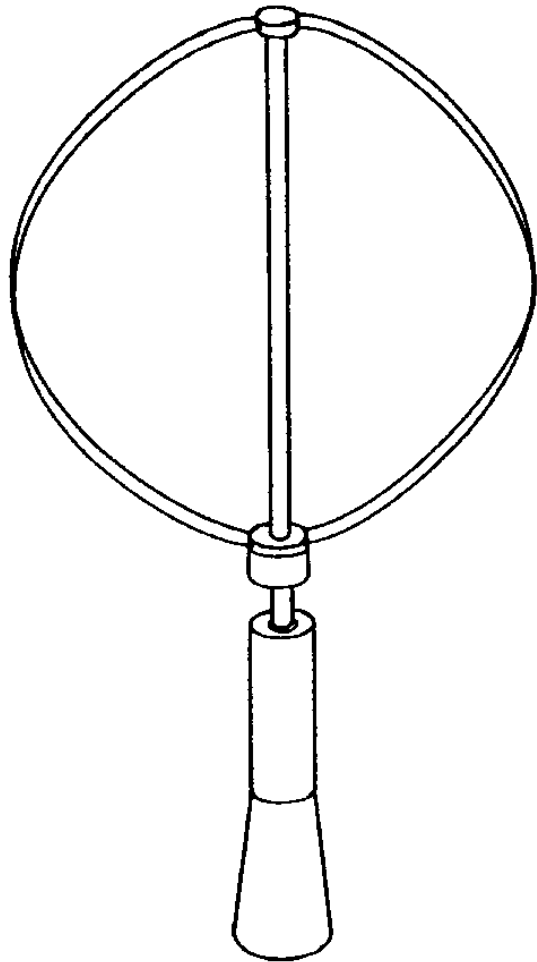
- najstariji sustav za iskorištavanje energije vjetra
- puno pozitivnih strana
- negativna strana - manja iskoristivost
- vrste rotora:
 - Savoniusov rotor
 - Darrieusov rotor
 - Heidelberg rotor

Savoniusov rotor



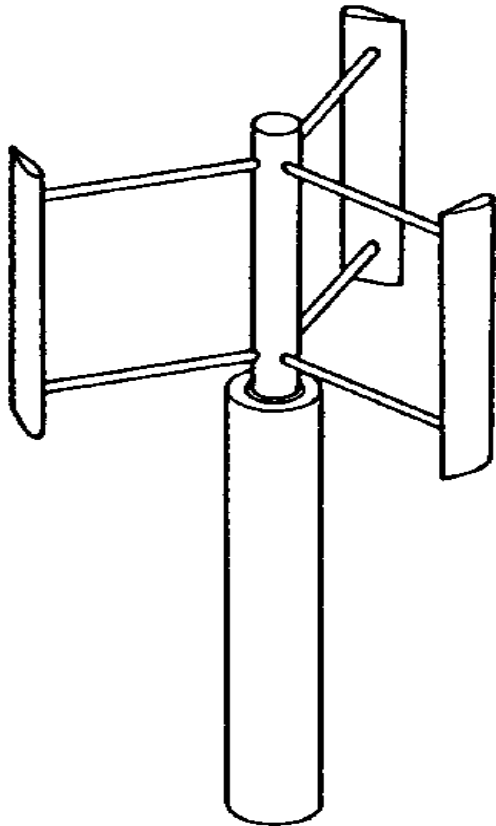
- princip otpornog djelovanja koji kombinira s potiskom
- dvije polucilindrične lopatice poklapaju se blizu osi
→ preusmjereni vjetar može strujati iz jedne lopatice u drugu
- pokreće ga i slabi vjetar
- nedostatak → izrađuje se od puno materijala

Darrieusov rotor



- 2 ili 3 lopatice oblika parabole
- profil rotorskih lopatica oblikom odgovara radu na principu potiska
- nedostatak - pomoćni uređaj za pokretanje

Heidelberg rotor



- u strukturu rotora integriran je generator s permanentnim magnetom
- ne zahtijeva sustav prijenosa.

Vjetrenjača s rotirajućim jedrima



- sastoji se od 3 jedra promjenjive površine

Električni generatori

moraju ispunjavati određene zahtjeve :

- visok stupanj iskoristivosti
- izdržljivost rotora na povećani broj okretaja
- dugotrajnost

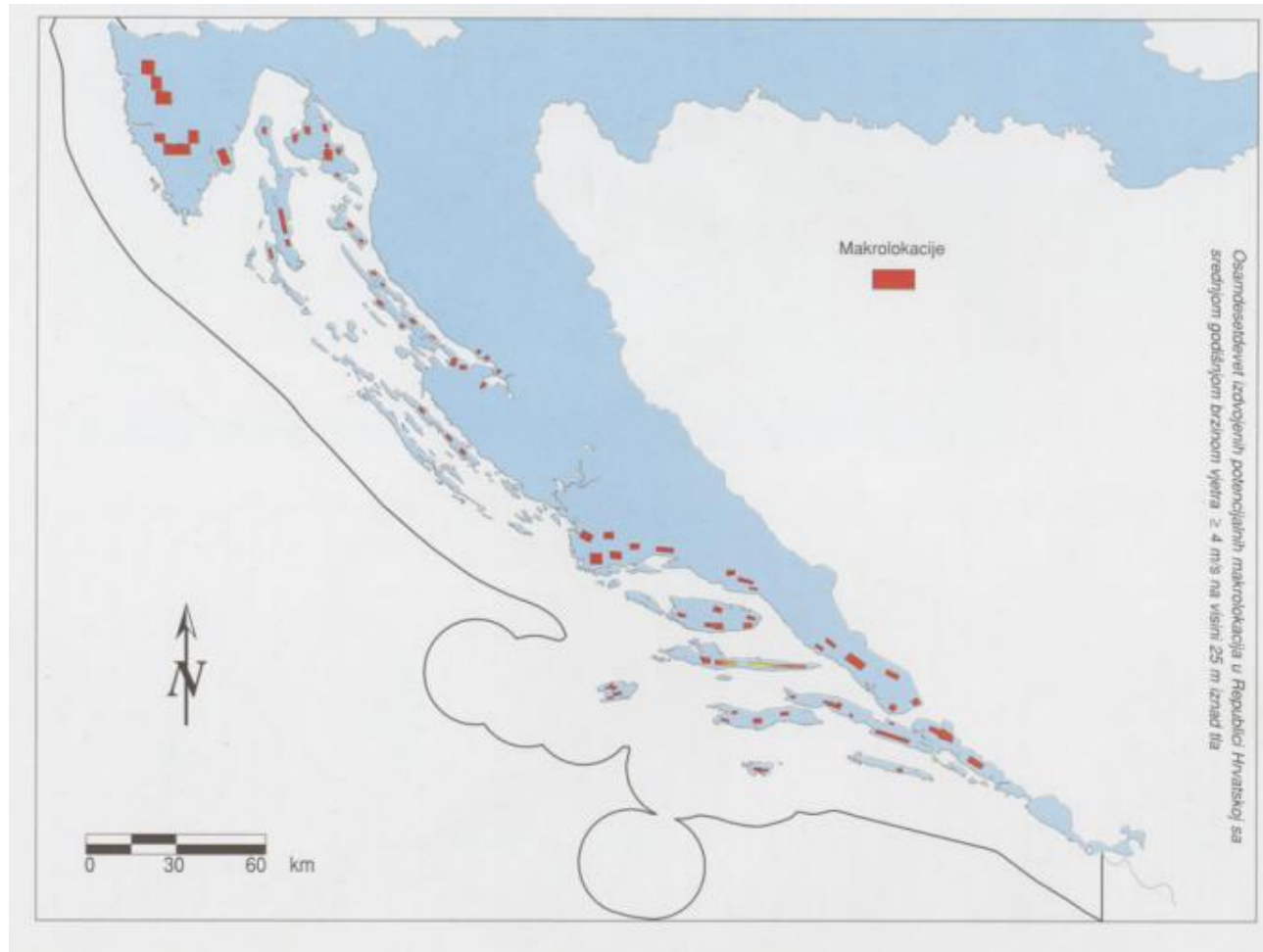
podjela generatora prema načinu rada:

- generator za paralelni rad s distributivnom mrežom
- generator za samostalni rad
- generator za spregnuti rad s drugim izvorima

Princip rada vjetroagregata

- vjetar (kinetička energija) okreće lopatice vjetroturbine spojene preko osovine na generator
- prilikom pretvorbe kinetičke energije vjetra u mehaničku energiju iskorištava se samo razlika brzine vjetra na ulazu i izlazu
- Betzov zakon - pomoću turbine možemo pretvoriti samo manje od 59 % (teoretski maksimum) kinetičke energije vjetra u mehaničku energiju

Vjetroelektrane u Hrvatskoj



Vjetroelektrane u Hrvatskoj

- 1988. je Končar Elektroindustrija postavila prvi vjetroatregat u brodogradilištu Uljanik
- 19. kolovoza 2004. na lokaciji Ravne na otoku Pagu - prva komercijalna vjetroelektrana

Vjetroelektrane u Hrvatskoj

- obalni prostor Hrvatske ima veliki vjetropotencijal
- 12 vjetroelektrana u normalnom radu (podatak iz lipnja 2014.)
- instalirana snaga svih vjetroelektrana je 280 MW
- u radu je 148 vjetroatregata koji isporučuju godišnje oko 810 GWh električne struje

Vjetroelektrana Ravne 1, Pag

- u blizini grada Paga, iznad paške solane
- instalirane snaga joj je 5,950 kW, a sastoji se od 7 Vestasovih vjetroagregata od 850 kW
- srednja godišnja brzina vjetra - oko 6,4 m/s
- visina stupa svake turbine je 49 m, a promjer rotora 52 m



Šest od sedam vjetroagregata iz sustava VE Ravne 1

Vjetroelektrana Trtar-Krtolin

- u blizini Šibenika na istoimenom brdu uz autocestu od izlaza Šibenik prema Splitu
- puštena u pogon u lipnju 2006. godine
- sastoji se od 14 vjetroatregata i ukupna instalirana snaga joj je 11,2 MW
- promjer lopatica vjetroatregata je 48 m, a visina osi 50 m

Vjetroelektrana Orlice

- u blizini Šibenika, kod izlaza Vrpolje
- u pogonu je od ljeta 2009. godine
- Sastoji se od 11 vjetroatregata, a ukupna instalirana snaga joj je 9,6 MW

•

Vjetroelektrana Crno Brdo

- u blizini Šibenika sjeverno od autoceste između izlaza Šibenik i Vrpolje
- zbog ograničenja priključne snage na distributivnoj mreži izlazna snaga cijele vjetroelektrane je ograničena na 10 MW

Vjetroelektrana Vrataruša

- u blizini Senja na obroncima Velebita
- izgrađena je još 2009., ali je dobila sve dozvole i u punom pogonu je od siječnja 2011.
- najveća je hrvatska vjetroelektrana sa ukupno instaliranih 42 MW
- sastoji se od 14 Vestasovih vjetroatregata pojedinačne nazivne snage 3 MW

Vjetroelektrana Velika Popina

- na području općine Gračac
- u pogon je puštena u siječnju 2011.
- sastoji se od 4 vjetroatregata od 2,3 MW
- ukupna snaga iznosi 9,2 MW

Vjetroelektrana Bruška

- u blizini mjesta Bruška, sjeveroistočno od Benkovca
- dvije vjetroelektrane - VE ZD2 i VE ZD3, pojedinačne snage 18 MW
- status povlaštenog proizvođača električne energije dobila je 14. veljače 2012. godine
- priključena na prijenosnu mrežu HEP-OPS-a
- sastoji se od 16 vjetroagregata Siemens SWT-93 pojedinačne snage 2,3 MW
- predviđena godišnja proizvodnja 122 GWh (dovoljno struje za 40 tisuća kućanstava ili dvije trećine Zadarske županije)

Vjetroelektrana Pometeno Brdo

- kraj Konjskog, u blizini Dugopolja
- prvi puta korišteni vjetroagregati proizvedeni i dizajnirani u Hrvatskoj, (Končar)
- 16 vjetroagregata ukupne snage 17.5 MW



Vjetroelektrana Ponikve

- na poluotoku Pelješcu, u mjestu Ponikve kraj Stona
- prva vjetroelektrana sagrađena u Dubrovačko-Neretvanskoj županiji
- instalirana snaga 36,8 MW, a koristi 16 Enerconovih E - 70 vjetroatregata snage 2,3 MW
- godišnja proizvodnja može zadovoljiti potrebe za 26 tisuća kućanstava

Vjetroelektrana Jelinak

- na predjelu Blizna-Bristivica u trogirskom zaleđu
- prva vjetroelektrana koju je u Hrvatskoj izgradila španjolska tvrtka Acciona
- sastoji se od 20 vjetroatregata pojedinačne nazivne snage 1,5 MW, ukupno 30 MW instalirane snage
- Godišnje bi trebala proizvoditi 81 milijun kWh električne energije (dovoljno za opskrbu 30.000 kućanstava)

Vjetroelektrana Kamensko-Voštane

- na području Grada Trilja u Splitsko-Dalmatinskoj županiji
- snaga 20 MW s pripadajućom trafostanicom Voštane 20/110 kV i priključnim dalekovodom 2×110 kV
- na istu trafostanicu spojena i vjetroelektrana Voštane
- u pogonu od srpnja 2013.
- ukupna proizvodnja obje vjetroelektrane iznosit će 114 GW h električne energije godišnje (za potrebe oko 38 000 kućanstava)



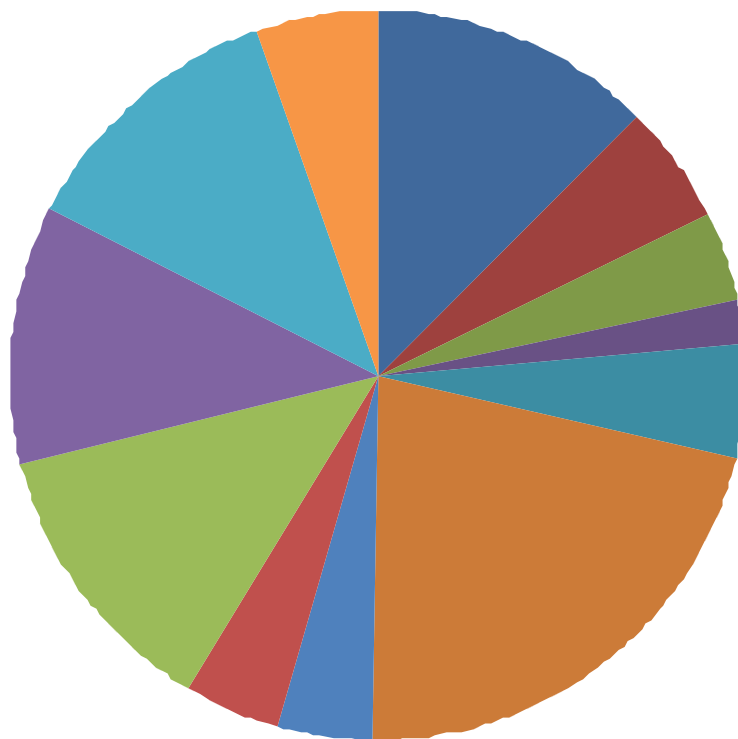
Vjetroelektrana Kamensko-Voštane, Trilj

Vjetroelektrana Danilo

- u blizini sela Danilo u Šibensko-Kninskoj županiji
- 19 vjetroagregata ENERCON E-82 (svaki pojedinačne snage 2,3 MW),
- ukupna instalirana snaga od 43,7 MW proizvodi oko 100 GWh električne energije godišnje (za oko 22 000 kućanstava)

Udio vjetroelektrana u proizvodnji (%) u razdoblju siječanj – kolovoz 2013.

Sudjelovanje u proizvodnji



- VE Ponikve
- VE Trtar-Krtolin
- VE Orlice
- VE Ravne 1
- VE Velika Popina
- VE Vrataruša
- VE Pometeno Brdo
- VE Crno Brdo
- VE Bruška-ZD2
- VE Bruška-ZD3
- VE Jelinak
- VE Voštane

Planirana izgradnja vjetroelektrana

- vjetroelektrana Glunča, u blizini Sibenika, trebala bi imati vjetroatregate Siemens SWT-93 2,3 MW(10 vjetroatregata, instalirana snaga 23 MW)
- vjetroelektrana Rudine, u blizini Slanoga u Dubrovačko-Neretvanskoj županiji (12 Enercon E82 vjetroatregata pojedinačne snage 2,3 MW)

Planirana izgradnja vjetroelektrana

- Vjetroelektrana Mravinjac, izgradit će se u Dubrovačko-Neretvanskoj županiji, na području općine Dubrovačko primorje i grada Dubrovnika (instalirane snage do 87 MW)
- Izgradnja vjetroelektrane Zelengrad u blizini Obrovca trebala bi uskoro početi, snaga vjetroelektrane trebala bi biti 42MW, a sastojala bi se od 14 V - 90 vjetroatgregata snage 3 MW tvrtke Vestas

Planirana izgradnja vjetroelektrana

- vjetroelektrana Ogorje: Na HEP-ovoj listi vjetroelektrana, nositelj koje je tvrtka Aiolos Projekt d.o.o. u privatnom vlasništvu, a instalirana snaga bi trebala biti 44 MW