

ამირან ტაბიძე



ქარის ენერჯეტიკა

დამხმარე სახელმძღვანელო სტუდენტებისათვის

(შესავალი კურსი)

Wind Energy Handbook
Student Guide

თბილისი

სარჩევი

- I. ენერჯია**
 - რა არის ენერჯია?
 - ✓ პოტენციური ენერჯია
 - ✓ კინეტიკური ენერჯია
 - ენერჯოეფექტურობა
 - ენერჯიის წყაროები
- II. ელექტრო ენერჯია**
- III. გავიცნოთ ქარი**
 - რა არის ქარი?
 - ქარის სახეობების და სიჩქარეთა შკალა
 - ადგილობრივი ქარი
 - ქარის სიჩქარეები
 - ქარის ტურბინა გუმინ და დღეს
- IV. ქარი და ელ.ენერჯია**
- V. ქარის ენერჯიის გამოყენების ისტორია**



ენერგია

რა არის ენერგია?

ქარი წარმოადგენს ენერგიის წყაროს, მაგრამ რა არის ენერგია? ენერგია აკეთებს ყველაფერს. ენერგია გვჭირდება ყველაფერში. ჩვენ გვჭირდება ენერგია რომ გავანათოთ და გავათბოთ სახლი, ენერგიაა საჭირო რომ ჩვენი ორგანიზმი განვითარდეს, ვიფიქროთ, ვიიაროთ, ვიმეტყველოთ. ენერგია ბუნებაში გვხვდება სხვადასხვა ფორმით; სითბური ფორმით, მექანიკური, ხმოვანი, სინათლის ,ელექტრო და ა.შ. ენერგიის უამრავი ფორმა არსებობს მაგრამ ისინი ორ ძირითად კატეგორიას განეკუთვნებიან: კინეტიკურ ენერგია და პოტენციურ ენერგიას , რომლებიც თავის მხრივ განეკუთვნებიან მექანიკურ ენერგიას.

პოტენციური ენერგია

აქვს სხეულს ურთიერთქმედების შედეგად. პოტენციური ენერგია აქვს დედამიწის ზედაპირიდან ატანილ სხეულს, შეკუმშულ ან გაჭიმულ ზამბარას, დრეკვდად დეფორმირებულ სხეულებს, შეკუმშულ აირს და სხვა.

პოტენციური ენერგია აღინიშნება E_p . h სიმაღლეზე ატანილი m მასის სხეულის პოტენციური ენერგიას:

$$E_p = mgh$$

m -სხეულის მასაა, g -თავისუფალი ვარდნის აჩქარება. პოტენციური ენერგიის ერთეულია ჯოული.

კინეტიკური ენერგია

ფიზიკური სიდიდეს, რომელიც სხეულის მასის მისი სიჩქარის კვარატზე ნამრავლის ნახევრის ტოლია სხეულის კინეტიკურ ენერგიას უწოდებენ:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

სხეულზე მოდებული ძალის მიერ შესრულებული მუშაობა სხეულის კინეტიკური ენერგიის ცვლილების ტოლია.

$$A = E_{k2} - E_{k1}.$$

ამ მტკიცებულებას *კინეტიკური ენერჯის თეორემას* უწოდებენ. იგი სამართლიანია ზოგად შემთხვევაშიც, როცა სხეული მოძრაობს ისეთი ცვლადი ძალის მოქმედებით, რომლის მიმართულება არ ემთხვევა გადაადგილების მიმართულებას.

კინეტიკური ენერჯია – მოძრაობის ენერჯიაა. \vec{v} სიჩქარით მოძრავე m მასის სხეულის კინეტიკური ენერჯია იმ მუშაობის ტოლია, რომელიც უნდა შეასრულოს უძრავ სხეულზე მოდებულმა ძალამ, სხეულისათვის ასეთი სიჩქარის მისანიჭებლად:

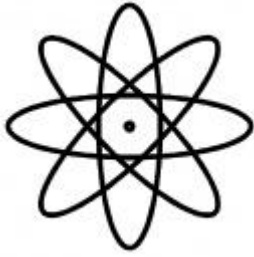
$$A = \frac{mv^2}{2} = E_k.$$

ენერგოეფექტურობა

ენერგოეფექტურობა - არის იმ ღონისძიებათა ერთობლიობა რომელთა განხორციელებაც საშუალებას გვაძლევს ნაკლები რაოდენობის ენერჯის მოხმარებით შევინარჩუნოთ არსებული პირობები

ენერჯის წყაროები

ენერჯის წყაროები იყოფა ძირითად 2 ჯგუფად, ესენია: ტრადიციული და არატრადიციული. ტრადიციული ენერჯის წყაროებს მიკუთვნება ის ენერგო წყაროები რომლებსაც აქვთ ლიმიტირებული რესურსი დედამიწაზე და საუკუნეების განმავლობაში ხდება მათი მოხმარება, ხოლო არატრადიციულ ენერჯის წყაროებს მიეკუთვნება ის ენერგო წყაროები, რომლებიც განიცდიან განახლებას, მაგალითად როგორებიცაა: მზის ენერჯია, ქარის ენერჯია, ბიომასის-ბიოგაზის ენერჯია, გეოთერმული ენერჯია, წყლის ენერჯია, ტალღების ენერჯია და ა.შ. ტრადიციულ ენერჯის წყაროებს მიეკუთვნება: ქვანახშირი, ნავთობი, ატომური ენერჯია, ბუნებრივი აირი და ა.შ.

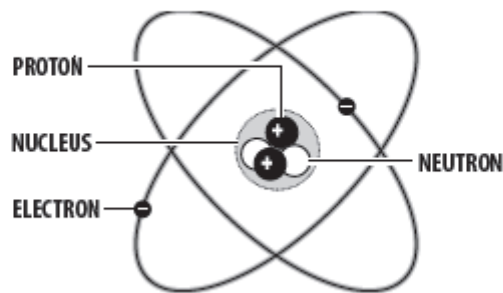


ელექტროენერგია

ელექტროენერგია წარმოადგენს მეორად ენერჯის წყაროს, რადგან ჩვენ ძირითადი ანუ პირველადი ენერჯის წყაროდან (მზე, ქარი, ატომური, ჰიდრო, ქვანახშირი, გაზი, ნავთობი) გარდავემნით მექანიკურ ,ან თბურ ენერჯიას ელ.ენერჯიად.

ბევრმა ადამიანმა არ იცის თუ როგორ ხდება ელ.ენერჯის გამომუშავება. ჩვენ არ შეგვიძლია დავინახოთ ელექტროენერგია, როგორც შეგვიძლია დავინახოთ მაგალითად მზე.

Parts of an Atom





რა არის ქარი?

ქარი წარმოადგენს ატმოსფერული ჰაერის მასების მოძრაობას, რომელიც წარმოიშვება მზიდან მოსული ენერჯის მიერ დედამიწის ზედაპირის და მასთან შეხებაში მყოფი ჰაერის (ატმოსფეროს) არათანაბარი გათბობით. არათანაბრად გამთბარ ჰაერში, სიმკვრივეთა სხვაობა (არქიმედეს ძალების მოქმედება) იწვევს თბილი და ცივი ჰაერის მასების ურთიერთ-ჩანაცვლებას და შედეგად მათ მოძრაობას.

ბოფორტის შკალა

ბალი	დასახელება	სიჩქარე მ/წმ	ქარის მოქმედება
0	შტილი (Calm)	0—0,2	ხის ფოთლები უძრავია, კვამლი ადის ვერტიკალურად, ზღვის ზედაპირი სარკისებურად გლუვია
1	წყნარი (სიო) (Light air)	0,3—1,5	კვამლი იხრება ვერტიკალური მიმართულებიდან, ზღვაზე წარმოიშვება მცირე ტალღები
2	მსუბუქი ნიავი (Light breeze)	1,6—3,3	ნიავი შეიგრძნობა სახეზე, ხეებზე ფოთლები ირხევინან, ზღვაზე ნიავი შეიგრძნობა სახეზე, ხეებზე ფოთლები ირხევინან, ზღვაზე წარმოიშვება მოკლე ტალღები, ფლუგერი იწყებს მოძრაობას
3	სუსტი ნიავი (Gentle breeze)	3,4—5,4	ხეებზე ფოთლები და წვრილი ტოტები ირხევინან, ირხევინან მსუბუქი დროშები, ზღვაზე მსუბუქი ღელვა და ტალღის ქიმებზე იშვიათად მაგრამ წარმოიშვება თეთრი ქაფი
4	ზომიერი ქარი (Moderate breeze)	5,5—7,9	ქარი მიწიდან იღებს მტვერს და ქალაქის ფურცლებს, ხის ტოტები ირხევინან, ზღვაზე ტალღის ქიმებზე თეთრი ქაფი მრავლდება
5	ცოცხალი ქარი (Fresh breeze)	8,0—10,7	ირხევა წვრილტანიანი ხეები, ზღვაში ტალღებზე მრავლადაა თეთრი ქაფი
6	ძლიერი ქარი (Strong breeze)	10,8—13,8	ირხევა ხეების მსხვილი ტოტები, წვრილტანიანი ხეები იღუნებიან, ჰაერში გაბმული მავთულები ზუზუნებენ, ზღვაზე წარმოიქმნება წყლის „მტვერი“

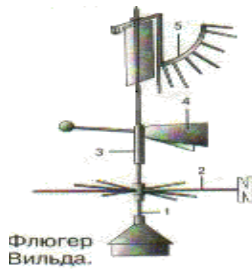
7	ზომიერი ქარიშხალი (Moderate gale)	13,9—17,1	იზხევა ხის ტანი, ქარის საწინააღმდეგოდ სიარული გაძნელებულია
8	ცოცხალი ქარიშხალი (Fresh Gale)	17,2—20,7	ქარი ხეებზე ამტვრევს წვრილ და გამხმარ ტოტებს, ქარის საწინააღმდეგოდ სიარული თითქმის შეუძლებელია
9	ძლიერი ქარიშხალი (Strong Gale)	20,8—24,4	მსხვილი ხეები იღუნებიან, შესაძლებელია სახურავების დაზიანება
10	შტორმული ქარი (Storm)	24,5—28,4	ხმელეთზე იშვიათად არის, ამტვრევს და თხრის ხეებს, იტაცებს სახურავებს
11	ძლიერი შტორმი (Violent storm)	28,5—32,6	ძალიან იშვიათად ხდება, იწვევს ნგრევებს
12	გრივალის, ურაგანი (Hurricane)	> 32,6	იწვევს კაპიტალური შენობების სეროზულ დაზიანებას

ადგილობრივი ქარი

ქარის სიჩქარე უფრო სტაბილური და მდგრადია მთიან ადგილებში ვიდრე მდებლოებში და ურბანულ დასახლებებში. ლოკალური ქარები განიცდიან ცვლილებებს რელიეფის ფორმის მიხედვით. ქარის მიმართულებას და სიჩქარეზე უამრავი ფაქტორი მოქმედებს, ესენია: რელიეფის ფორმა, ინფრასტრუქტურა, ადგილობრივი ტყის რესურსი და ა.შ.

ქარის სიჩქარეები

ქარის სიჩქარეების ათვლა ჩვეულებრივად წარმოებს მეტეოსადგურებზე, სადაც სხვა მონაცემებთან (ტემპერატურა, წნევა, მზის რადიაცია, ტენიანობა) ერთად იზომება ქარის სიჩქარე. ქარის სიჩქარის გამზომ ხელსაწყოს ანემომეტრი ეწოდება. ანემომეტრები განსხვავდებიან მოქმედების პრინციპით და კონსტრუქციით. მეტეოსადგურებში ფართოდ იყო გავრცელებული ფლუგერ-ანემომეტრები (სურ. #1)



სურ. #1 ვილდეს ფლუგერი

ეს ხელსაწყო შექმნილ იქნა შვეიცარიელი მეცნიერის ვილდეს მიერ და მისი დანიშნულებაა ქარის სიჩქარის და მიმართულების გაზომვა. სიჩქარის გასაომად ვილდეს ფლუგერში გამოყენებულია ვერტიკალურად დაკიდებული ფირფიტები, რომლებიც ქარის სიძლიერის მიხედვით გადაიხრებიან ვერტიკალური მდგომარეობიდან და სპეციალური შკალის მიხედვით დამკვირვებლის მიერ ხდება ანათვალის აღება. რაც შეეხება ქარის მიმართულების გაზომვას, ის წარმოადგენს ვერტიკალურ ღერძზე მბრუნავ ორ ფირფიტას და საპირწონეს, რომელიც ქარის მიმართულების მიხედვით შემობრუნდება. მიმართულება განისაზღვრება სკალის მიხედვით. მეტეოსადგურებზე ანათვლების აღება წარმოებდა დღე-ღამეში 4-ჯერ ან 6-ჯერ. როგორც წესი ფლუგერი მოთავსებულია რაღაც გარკვეულ სიმაღლეზე და დამკვირვებელს უწევს ანათვლის აღება გარკვეული სიმაღლიდან, რაც იწვევს გარკვეულ ცდომილებას.

შემდგომში, ტექნიკის განვითარებასთან ერთად დამუშავებულ იქნა შედარებით უფრო სრულყოფილი ფლუგერ-ანემომეტრები (სურ.#2), რომლებშიც ქარის სიჩქარის და მიმართულების განსაზღვრა და ჩანერა ხდება ავტომატურ რეჟიმში.



ა)



ბ)

სურ. #2 თანამედროვე ფლუგერ-ანემომეტრები: ა) ნიჩბებიანი; ბ) ჯამებიანი



სურ. #3 თანამედროვე პორტატული ანემომეტრები

ქარის ტურბინა გუშინ და დღეს

ქარის ტურბინების განვითარება დაიწყო 1200 წლიდან ჩვენი წელთაღრიცხვით, როდესაც აშენდა ევროპაში პირველად ქარის წისქვილები. თავდაპირველად ქარის წისქვილებმა დიდი გავრცელება ჰპოვა მთელი მსოფლიოს მასშტაბით. შენდებოდა მილიონობით წისქვილები აშშ-ში, დანიაში, ესპანეთში, საფრანგეთში, სამხრეთ ევროპაში. პირველად სპარსული ტიპის წისქვილები გაავრცელა მონღოლების არმიამ ევროპაში მათი საბრძოლო მოქმედებების დროს.

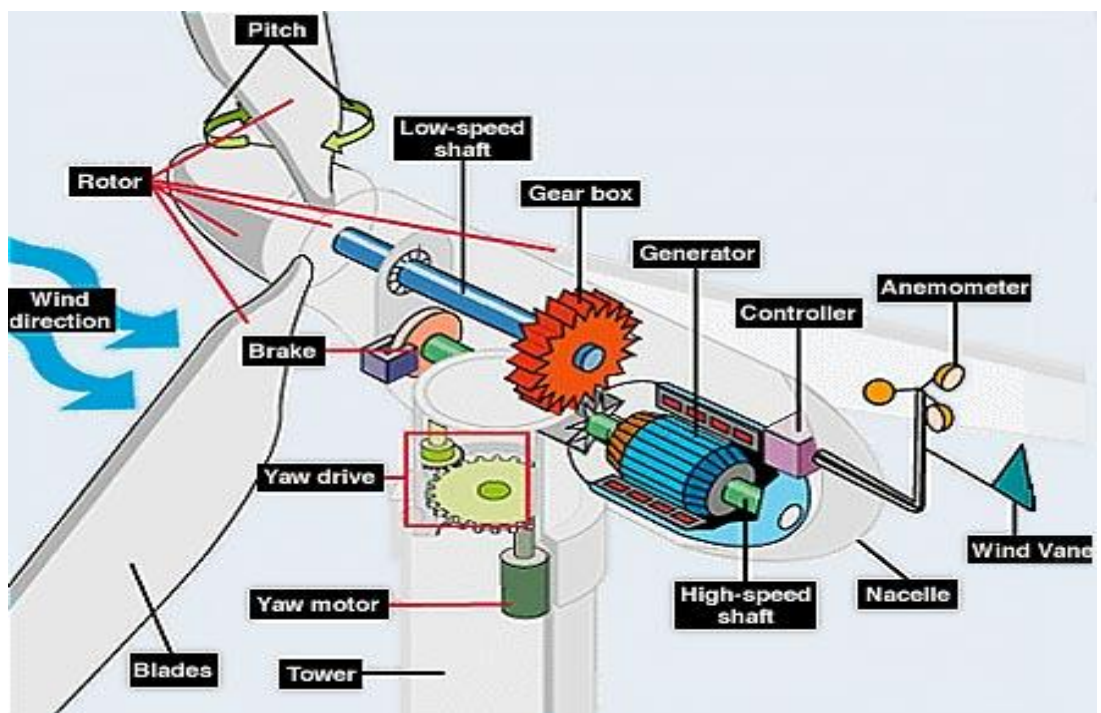


თანამედროვე ტურბინები



სურ # 4 თანამედროვე ქარის ტურბინები

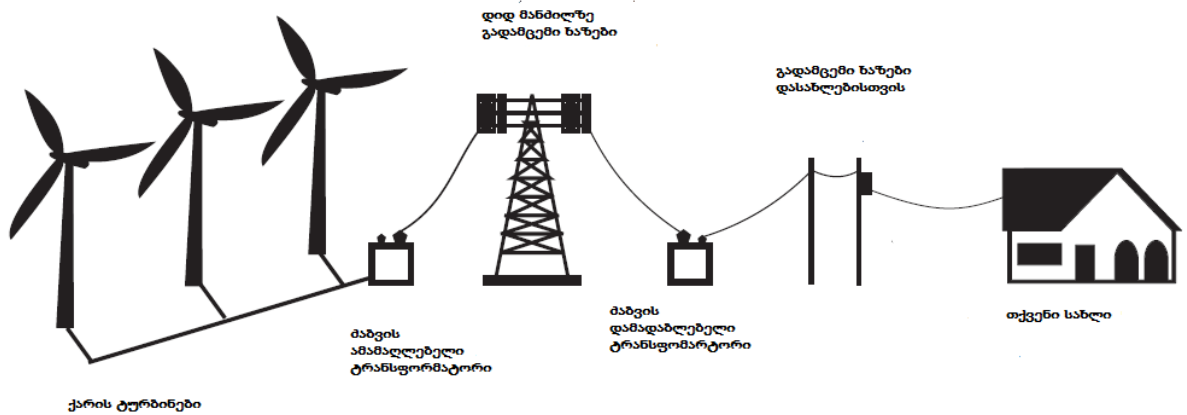
თანამედროვე ქარის ტურბინის აგებულება

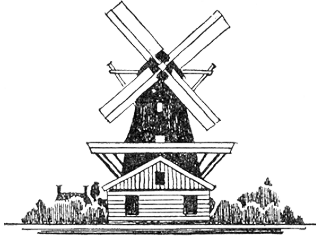


<ol style="list-style-type: none"> 1. Tower -კოშკი 2. Nacelle-კაბინა 3. Blades-ფრთები 4. Rotor-როტორი 5. Generator-გენერატორი 	<ol style="list-style-type: none"> A. Anemometer-ანემომეტრი B. Brake-მუხრუჭი C. Gear Box-ამძრავი მექანიზმის ყუთი D. Controller-მომმართველი E. Low speed shaft-დაბალი სიჩქარის ბუნი 	<ol style="list-style-type: none"> I. High speed shaft-მაღალი სიჩქარის ბუნი II. Wind vane-მიმართულების მომმართველი III. Pitch-დახრილობა IV. Yaw drive-კურსის შემცვლელი V. Yaw motor-კურსიდან გადახვევის ძრავი
---	--	---

ქარის მიერ გამოიყენებული ელ-ენერჯის გადაცემის სქემა

ქარის ელ-ენერჯის ტრანსპორტირება





ქარის ენერჯის გამოყენების ისტორია

3200 წ წ.წელთ აღრიცხვამდე- ძველი ეგვიპტელები იყენებდნენ სანაოსნო სექტორში, მდინარე ნილოსზე ტრანსპორტირებისათვის;

0- ძველი ჩინელები იყენებდნენ საჰაერო ფრანებს საბრძოლო მოქმედებებში ნიშნის მისაცემად;

950 წელს ჩვენი წელთაღრიცხვით- პირველი ქარის წისქვილი ააგეს ძველ სპარსეთში (თანამედროვე ირანში) ;

1200 წ- ევროპელები იწყებენ ქარის წისქვილების მშენებლობას;

1200 წ- მონღოლების არმია სპარსული სტილის ქარის წისქვილებს აშენებენ შუა აღმოსავლეთში;

1500 წ- წისქვილების მშენებლობა მიმდინარეობს ესპანეთში, საბერძნეთში, სამხრეთ ევროპაში, და საფრანგეთში;

*1600წ-*ევროპელი ახალმოსახლეები ქარის წისქვილებს აშენებენ ჩრდილოეთ ამერიკაში;

1700წ- 1700 წლამდე ინგლისში და ნიდერლანდებში უკვე 10 000 ქარის წისქვილი იყო აგებული;

1888 წ- ჩარლზ ბრუშმა ,კლივლენდში, ოჰაიოში ააგო მაშინდელი დროის უდიდესი წისქვილი რომელიც გამოიმუშავებდა ელ.ენერჯიას. მან შექმნა კომპანია Brush Electric Co. რომელიც ერთი წლის შემდეგ შეისყიდა General Electric-მა;

1880-წლამდე ქარის წისქვილების ფრთები განვითარდა და უკვე მეტალისგან მზადდებოდა, რომელსაც მაღალი მქვ გააჩნდა. ამ დროისთვის უკვე 6 მილიონი ქარის წისქვილი მოქმედებდა, რომელიც გამოიყენებოდა საირიგაციო სისტემებში ;

1892 წ- დანიელმა გამომგონებელმა ჰოლ ლაკოურმა შექმნა მაღალი ბრუნვის მქონე როტორი რამდენიმე ფრთით , რომელსაც გააჩნდა უფრო მეტი მარჯი ქმედების კოეფიციენტი , ვიდრე დაბალი ბრუნვის მქონე ბევრ ფრთიან წისქვილს. 1908 წელს დანიაში იყო 72 ქარის წისქვილი რომელიც გამოიმუშავებდა დაბალ ფასიან ელ.ენერჯიას , რომელსაც მოიხმარდა სოფლები და ფერმები;

1920წ- G.J.M. დარიუსმა ,ფრანგმა გამომგონებელმა შექმნა პირველი ვერტიკალური ტიპის ქარის ტურბინის დიზაინი. (VAWT);

1941-1943 1934 წელს, ინჟინერმა პალმერ პუტმანმა შეკრიბა ჯგუფი,რომელშიც შედიოდნენ ენერგეტიკოსები, აეროდინამიკოსები, ინჟინრები, კლიმატოლოგები, გარემოსდამცველები, მშენებლები,რომელთაც დააპროექტეს პირველი ქარის ტურბინების ფერმა; 1941 წელს აშშ-ში დაიწყო ფუნქციონირება პირველად ქარის ტურბინების პირველმა ფერმამ;

1971 წ- დანიამ პირველმა აამოქმედა საზღვაო ქარის ფერმა;

1989- ფისკალური წელიწადი ქარის ენერგეტიკაში;

1992 წ- დაიწყო მუშაობა ენერჯის საკანონმდებლო აქტებზე ,რომელიც ითვალისწინებდა ქარის ელ.ენერჯიაზე ფასს-1,5 ცენტი /1კვტ-ზე;

2005 წ- ენერგეტიკული საკანონმდებლო აქტი 2005 ასტიმულირებს ქარის და სხვა განახლებადი ენერგეტიკის წყაროების გამოყენებას და განვითარებას;

აღნიშვნები

E_პ- პოტენციური ენერჯია

H- სიმაღლე

m- მასა

g-თავისუფალი ვარდნის აჩქარება

E_კ= კინეტიკური ენერჯია

V-სხეულის სიჩქარე

VAWT- VERTICAL AXIS WIND TURBINE (ვერტიკალური ქარის ტურბინა)

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ქარის ენერჯეტიკული ატლასი -„ქარენერჯო“
2. გ.გიგინეიშვილი-ქარის ენერჯია ტომი 4
3. Energy From the Wind- Student Guide- National Energy Education Development Project