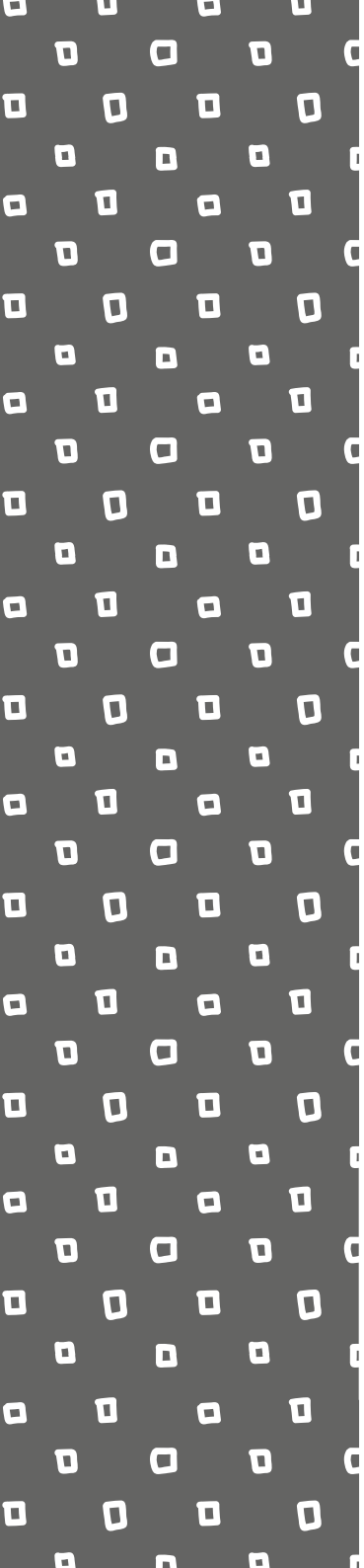




ZAKRĘCONA HISTORIA

WYZWANIE

ZBUDUJ EFEKTYWNE ŚMIGŁO
DLA ELEKTROWNI WIATROWEJ

KOLEJNOŚĆ WYKONYWANIA

5



ZAKRĘCONA HISTORIA

WYZWANIE

ZBUDUJ EFEKTYWNE ŚMIGŁO
DLA ELEKTROWNI WIATROWEJ

KOLEJNOŚĆ WYKONYWANIA

5

ZAKRĘCONA HISTORIA

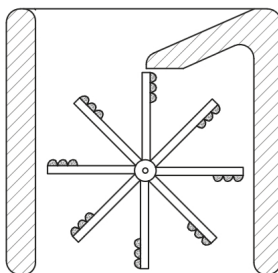
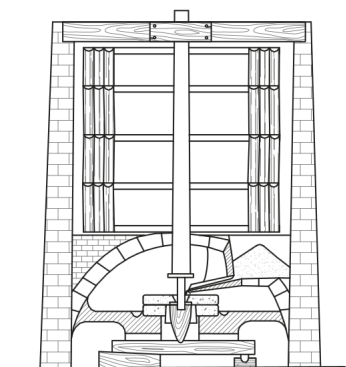
Pewnie dla wielu z was wiatraki i młyny są częścią rustykalnego krajobrazu sprzed lat. Ich obecność jest jednak wyznacznikiem kolejnej odsłony pasjonującego procesu wykorzystywania unikalnych właściwości powietrza.

Skrzydła, które dają wodę

Historia wiatraków sięga tysiąca, a jeśli wierzyć chińskim zapisom – nawet dwóch tysięcy lat. Już wtedy mieszkańcy Państwa Środka mieli ich używać do pompowania wody ze studni. Nie wiadomo jednak, jak wyglądały te pompy, bo nie zachowały się żadne rysunki. Pierwsza „dokumentacja” wietrznego młyna pochodzi z obszaru dzisiejszego Iranu i Syrii, a najwcześniejsze z tamtejszych konstrukcji datuje się na V–IX wiek. Daleko im było do tego, co dziś kojarzy się nam z wiatrakami. Trzon

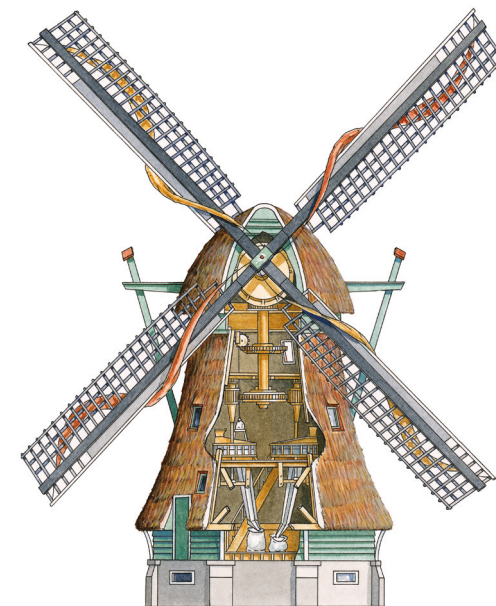
stanowiła pionowa oś, do której przytwierdzano poziome żerdzie niczym szprychy w kole. Na tych żerdziach mocowano z kolei coś w rodzaju żagli, które „łapały” wiatr i dzięki temu koło się obracało, pompując wodę albo mieląc ziarna na mąkę. Nie było to zbyt efektywne, dlatego że w dowolnej chwili na wiatr mogła być wystawiona maksymalnie połowa skrzydeł (podobnie jak w przypadku wodnego młyna zanurzonego w wodzie może być jedynie część koła). Tylko wtedy jego siła mogła wprawić taki wiatrak w ruch obrotowy.

Wietrzny młyn, Nashtifan, Iran



Model holenderski

W naszej części Europy wiatraki pojawiły się w średniowieczu (ok. 1300 roku), za to ich konstrukcja została ulepszona. Główna oś ustawiona była pionowo zamiast poziomo (podobnie jak w znanych o wiele wcześniej młynach wodnych), co pozwalało uzyskać wyższą moc – powietrze mogło działać na wszystkie skrzydła wiatraka jednocześnie. Aby optymalnie wykorzystać siłę wiatru przy jednoczesnej ochronie łopaty wiatraka przed uszkodzeniami, trzeba było ręcznie (a w zasadzie poprzez specjalny system kół i przekładni) zmieniać orientację wirnika. To wymuszało inne ustawienie całego budynku względem kierunku wiatru. W XIX wieku niewielkie, wielołopatkowe turbiny pompujące wodę podbijały z pionierami Dzikiego Zachodu.



Ilustracją przekroju tradycyjnego wiatraka, krytego strzechą, z mechanizmem wewnętrznego szlifowania.

CZY WIESZ, ŻE...

Najnowsze turbiny wiatrowe potrafią generować przeciętnie 19 razy więcej energii niż te konstruowane w latach 90. XX wieku.

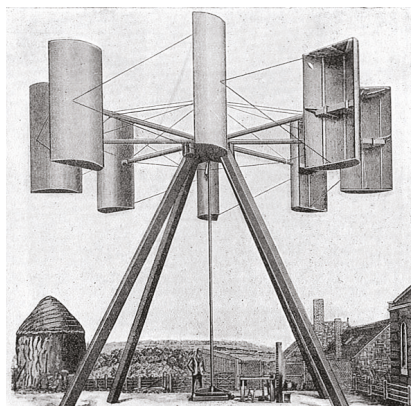
Większość współczesnych wiatraków ma trzy łopaty, których końce mogą się kręcić z prędkością obrotową sięgającą 320 km/h.



W pewnym momencie ich konstruktorzy osiągnęli tak wysoką sprawność swoich maszyn, że trzeba je było wyposażać w przekładnie redukcyjne zmniejszające prędkość wału. Standardowe pompy po prostu nie mogły nadążyć.

Prąd z wiatru

Korzystając z rosnącej mocy wiatraków, w 1897 roku zbudowano pierwszy, który zamiast mielenia czy pompowania wytwarzał elektryczność. Turbina profesora Jamesa Blytha zaopatrywała jego dom w prąd przez ponad ćwierć wieku. W znanej z wietrznego klimatu Danii niewielkie, wytwarzające ok. 25 kW wiatraki rozpowszechniły się pod koniec I wojny światowej, a w Związku Radzieckim pierwszą elektrownię wiatrową z prawdziwego zdarzenia uruchomiono w 1931 roku. Wiatrak Bataktawa działał przez około dwa lata. Na długi czas takie elektrownie odeszły jednak w zapomnienie, bo wyparty je parowe, a później spalinowe silniki, które mogą produkować prąd w każdych warunkach, niezależnie od pogody. Poza tym we współczesnych domach elektryczności wymagały już nie tylko żarówki, ale i coraz więcej sprzętów AGD, które nie zadowalały się marnymi 25 kW mocy. Renesans turbin przyszedł dopiero



Wiatrak Jamesa Blytha, 1897

wraz z kryzysem paliwowym lat 70. XX wieku. W 2014 roku w takich krajach jak Dania czy Hiszpania już 20–30% rocznego zapotrzebowania na energię pokrywały tam farmy wiatrowe.

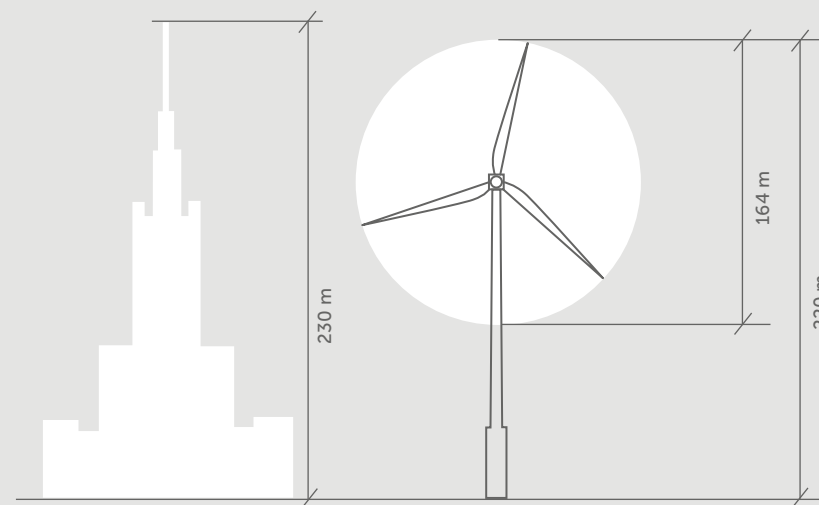
W poszukiwaniu idealnego śmigła

Wizja darmowej energii, którą można rozmaicie wykorzystać, sprawiała, że również wiatrakowe śmigła udoskonalano przez ponad 500 lat. Zwiększano ich rozmiar, za to zmniejszano ciężar. Jak wyliczyli fizycy dwukrotne wydłużenie skrzydła zwiększa moc turbiny wiatrowej czterokrotnie. Gdy dwukrotnie rośnie prędkość wiatru, moc wzrasta osiem razy. Każdy konstruktor musi jednak pamiętać o prawie Betza, zgodnie

CZY WIESZ, ŻE...

Największa działająca turbina wiatrowa to duńska Vestas V164-8.0 MW

Wysokość	220 m
Średnica rotoru	164 m
Powierzchnia działania łopat	ponad 21000 m ²
Waga	1300 ton
Waga fundamentu	4000 ton
Wytwarza ciągu doby	192 MWh energii = ok. 77 ton węgla



z którym nawet idealna turbina nie potrafi przekształcić w energię więcej niż 59% tego, co niesie ze sobą wiatr. Jednak ważniejsza jest wytrzymałość łopat czy stabilność słupa, na którym wirują. Projektując idealną turbinę, trzeba też wiedzieć, w jak wietrznym

otoczeniu będzie pracować, czyli jakie średnie prędkości wiatru będą na nią działać.

To wszystko będziecie mogli sprawdzić w eksperymencie. Pamiętajcie o współpracy!





OPIS TECHNICZNY

A JEDNAK SIĘ KRĘCI!

MATERIAŁY Z ZESTAWU

- piasta śmigła 2 mm z kołpakiem
- listewka z balsy do wykonania projektu śmigła
- suszarka do włosów
- drugi zestaw kształtek z rur PVC zawierający silnik (mniejszy) komutatorowy, przewody łączące, końcówki podłączeniowe (jak do baterii 9V), wyłącznik kotyskowy, kable do podłączenia miernika
- podstawka pod zestaw
- miernik uniwersalny
- zestaw z ogniwem fotowoltaicznym i kablem wyposażonym w złącze typu minijack

POTRZEBNE BĘDĄ TAKŻE

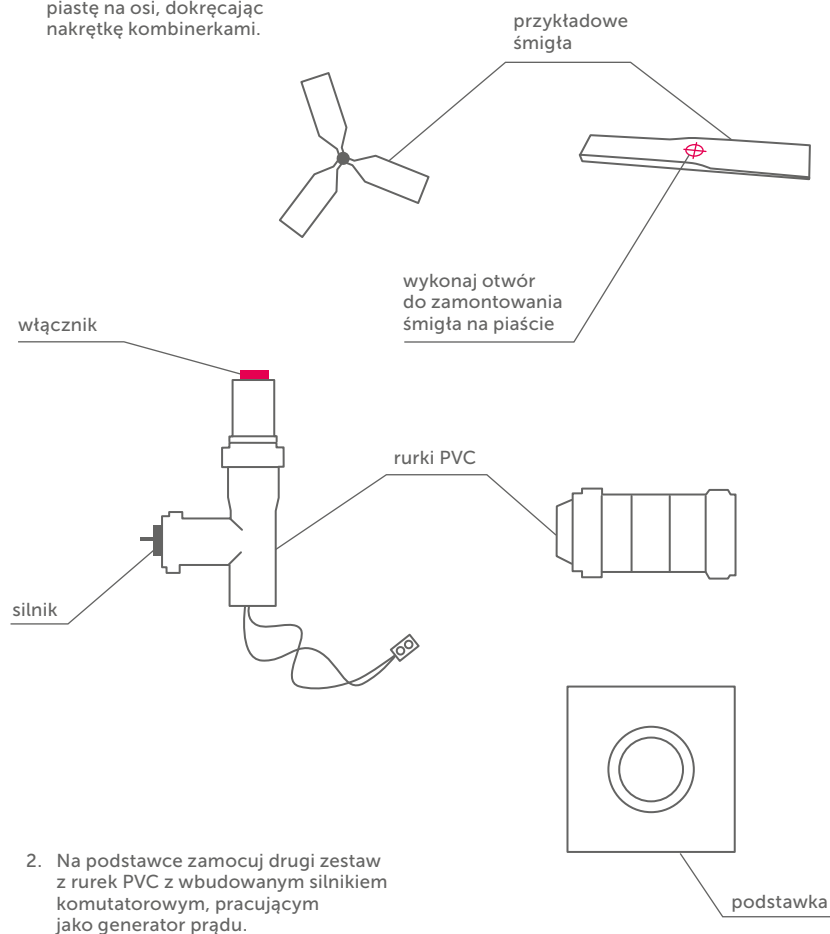
- arkusz folii, kartonu lub papieru do budowy śmigła
- komputer z wejściem mikrofonowym i zainstalowanym programem do rejestracji dźwięku, np. Audacity
- latarka lub wskaźnik laserowy
- nożyczki do wycięcia śmigła z kartonu lub folii
- kombinerki do montażu piasty śmigła
- piła, pilnik, papier ścierny do wykonania śmigła z drewna balsa

Będziecie poznawać czynniki decydujące o uzyskaniu optymalnego kształtu śmigła. Zbadacie, jak zapewnić maksymalną wartość napięcia generowanego przez silnik (pracujący jako prądnica) oraz maksymalną częstotliwość obrotów.

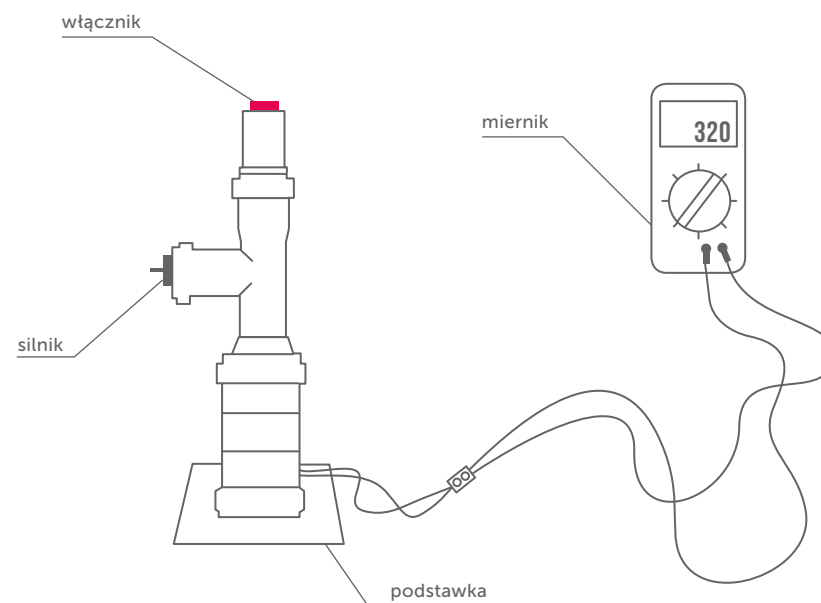


PRZEBIEG DOŚWIADCZENIA

1. Z dowolnego materiału przygotuj śmigło. Grubość śmigła w miejscu osi nie powinna być większa niż 5 mm. Po wykonaniu otworu w śmigle zamocuj je na piaście (z osią o średnicy 2 mm) i stabilnie zablokuj piastę na osi, dokręcając nakrętkę kombinerkami.



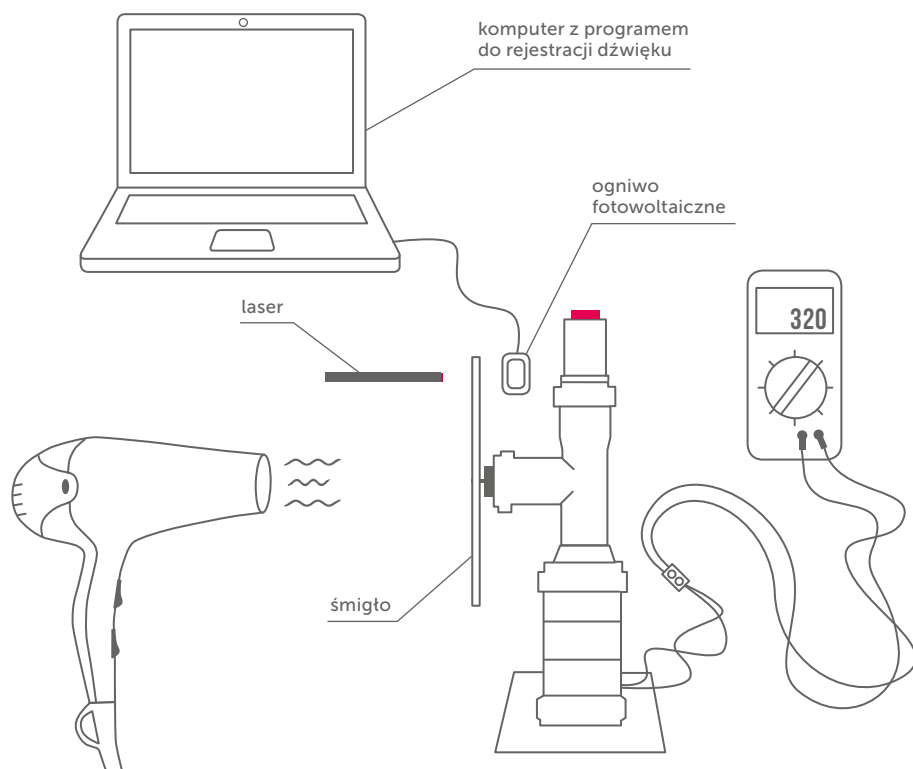
2. Na podstawce zamocuj drugi zestaw z rurek PVC z wbudowanym silnikiem komutatorowym, pracującym jako generator prądu.



3. Kable z silnika podłącz do miernika.

Ustaw suszarkę przed śmigłem i włącz ją. Jeśli śmigło zacznie się kręcić – rozpocznij pomiary uzyskanego napięcia. Podczas obracania śmigła można określić szybkość jego obrotów jako pewną miarę sprawności konstrukcji. Wykorzystaj do pomiarów ogniwo fotowoltaiczne podłączone

minijackiem do wejścia mikrofonowego w komputerze. „Przez” śmigło oświetl ogniwo i uruchom program do rejestracji dźwięku. Śmigło, przerywając wiązkę światła, powoduje zmiany napięcia, które można rozpoznać na obrazie w programie rejestracyjnym w postaci pików.



Eksperymentuj ze śmigłami wykonanymi z różnych materiałów. Jak na sprawność wpływa kształt i wielkość śmigła? Czy są jeszcze inne parametry, których wpływ na sprawność śmigła można określić?

DOKUMENTACJA

Pamiętaj, że twój dzienniczek konstruktora jest miejscem do notowania nie tylko bezpośrednich wyników pomiarów i obserwacji, ale też obliczeń.



1. Jakie parametry decydują o efektywności śmigła?

Pamiętaj o bezpiecznej obsłudze śmigła, zachowaj ostrożność przy docinaniu listewek z balsy lub innego drewna.



NOTATKI

Redakcja Korekta	Małgorzata Zatoğa, Adam Zahler, Maciej Stanecki Milena Ryćkowska	
Projekt graficzny, rysunki, skład	Joanna Franczykowska	
Zdjęcia	Wikipedia (4, 14,15), Thinkstock (5)	

CENTRUM NAUKI KOPERNIK
UL. WYBRZEŻE KOŚCIUSZKOWSKIE 20
00-390 WARSZAWA

www.kopernik.org.pl
www.kmo.org.pl



KLUB MŁODEGO
ODKRYWCY



CENTRUM NAUKI
KOPERNIK



POLSKO-AMERYKAŃSKA
FUNDACJA WOLNOŚCI



POLISH-AMERICAN
FREEDOM FOUNDATION