

STEM  
TOR  
NOOI

De Roterende Turbine





## **PROBLEEMSTELLING**

Elektriciteit is een nuttige vorm van energie die we dagelijks gebruiken om bijvoorbeeld TV te kijken, ons te verwarmen, te koken, ... Deze wordt vandaag hoofdzakelijk opgewekt uit kernenergie (radio actief afval) of uit de verbranding van fossiele brandstoffen ( $\text{CO}_2$  uitstoot). Om ervoor te zorgen dat onze kinderen in de toekomst ook nog schone lucht kunnen inademen, wordt het zoeken om zoveel mogelijk hernieuwbare energie op te wekken. Een vorm van een hernieuwbare energiebron is een windturbine. Zo'n windturbine zet windenergie om in elektrische energie.

De bedoeling van deze opdracht is om de efficiëntie van een windturbine te onderzoeken. Met het optimale resultaat kan je zoveel mogelijk windenergie omzetten naar elektrische energie. Om deze efficiëntie op te meten ontwerp en construeer je zelf een kleine windturbine met een opgegeven generator. Bij het ontwerp van de windturbine hou je rekening met de vorm van de wieken, de stand van die wieken, het aantal wieken, enz... Je kan testen uitvoeren aan de hand van een luchtstroming die ontstaat door een ventilator. De uiteindelijke efficiëntie wordt tijdens de finale getest met behulp van onze windtunnel.

## OMSCHRIJVING OPDRACHT

Bij de wedstrijdopdracht 'De Roterende Turbine' bedenken de leerlingen windturbine die kan elektriciteit opwekken op basis wind. De uitdaging is een turbine te bouwen die zo veel mogelijk elektriciteit moet opwekken in een bepaalde tijd. Een aantal zaken zullen in rekeningen worden gebracht bij het ontwerp van de turbine. Zo wordt voor iedere turbine dezelfde generator gebruikt. De turbine moet in staat zijn om getest te worden in een windtunnel zonder defect te gaan of schade toe te brengen aan de windtunnel. In deze lesactiviteit gaan de leerlingen nadenken hoe ze de turbine kunnen samenstellen om aan deze zaken te voldoen. Wat is daar allemaal voor nodig? Hoe kan ervoor gezorgd worden dat de turbine draait? Wanneer draait een windturbine snelst? De leerlingen ervaren dat de snelheid van een windturbine afhankelijk is van een aantal factoren. Hoe kies je het aantal wieken? Met welke hoek snijden de wieken de wind? Heeft dit een invloed op de opgewekte elektriciteit? En hoe wordt de hoeveelheid opgewekte elektriciteit gemeten? Waarom daalt de spanning van de generator als er een belasting wordt aangesloten? Wat is de nullastspanning?

(STEM1,2,3,4)



### WERKVORMEN

- Klassikaal
- Groepjes van 3 à 4 leerlingen (STEM8)

### MATERIALEN

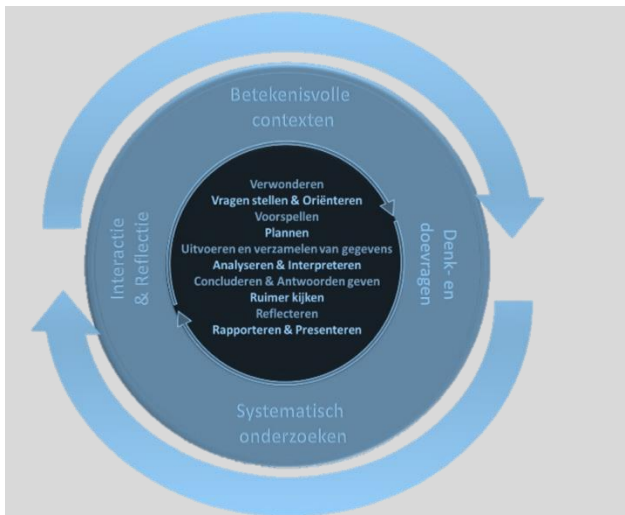
- Kidwind® generator
- Wieken
- Rotornaaf
- Multimeter (2x)
- Mast van de windturbine
- Andere ...

### SPECIFICATIES OPDRACHT

Zie wedstrijdbrief.



## ONDERZOEKEND EN ONTWERPEND LEREN



### Wat is onderzoekend en ontwerpnd leren? (STEM9)

Onderzoeken en ontwerpen zijn verschillende werkwijzen. Onderzoekend leren is gericht op het vergroten van kennis door het doen van een onderzoek (vraag: hoe zit dat?), terwijl bij ontwerpnd leren het bedenken en maken van een product centraal staat (vraag: hoe maak ik iets beter?). Stel, je wilt een speedboot ontwerpen. Je moet dan eerst onderzoeken wat de beste manier van aandrijving is en welke materialen je nodig hebt voordat je een boot kunt gaan ontwerpen en maken. Dat is hier ook het geval, deze lesactiviteit is gericht op onderzoekend leren. De activiteit bereidt de leerlingen voor op de ontwerpopdracht van het STEM Tornooi .

### FASE 1: VERWONDEREN

Vertel dat de leerlingen gaan deelnemen aan het STEM Tornooi met de uitdaging 'De Roterende Turbine'. In deze fase introduceer je het onderwerp van de opdracht. Gebruik voorbeelden uit de praktijk. Vraag aan de leerlingen wat een windturbine is en wat dit precies doet. Wat hebben we daaraan in het dagelijks leven (STEM6,9,10)? Uit welke onderdelen bestaat een windturbine? Je kunt hierbij gebruik maken van onderstaande video's. Vertel de leerlingen dat ze voor het STEM Tornooi zelf een windturbine zullen ontwerpen (STEM9). Een echte windturbine is namelijk te vergelijken met zo'n miniatuur windturbine. Maar voordat de leerlingen aan de slag gaan met materialen, dienen ze eerst te onderzoeken hoe een dergelijke windturbine werkt en hoe deze elektriciteit opwekt (STEM2,3).

#### Inspiratie nodig?

[Filmfragment 1](#)

[Filmfragment 2](#)

[Filmfragment 3](#)

[Filmfragment 4](#)

[Filmfragment 5](#)

[Filmfragment 6](#)

[Rhombus® Kidwind®](#)

**FASE 2: VERKENNEN** (STEM1,2)

Nadat de leerlingen geïnteresseerd zijn geraakt, start het verkennen met de materialen. De leerlingen mogen in deze fase vrij experimenteren. Uit deze verkenning kunnen vragen ontstaan.

De leerlingen kunnen zich bijvoorbeeld afvragen van welke richting de wind moet komen om een windturbine te laten roteren. Dergelijke vragen dienen te worden omgezet in onderzoekbare vragen. De onderzoeksvraag kunnen de leerlingen zelf formuleren. Leerlingen die vastlopen, kun je helpen door samen bepaalde variabelen aan te wijzen en te benoemen. Zo kun je bijvoorbeeld vragen: 'Onder welke hoek staan de wieken ten opzichte van de richting van de wind?'.  
  
**FASE 3: ONDERZOEK OPZETTEN** (STEM3)

Tijdens deze fase laat je de leerlingen een plan bedenken voor een experiment om de onderzoeksvraag te beantwoorden. De onderzoeksvraag zou bijvoorbeeld kunnen zijn: 'Onder welke hoek moeten de wieken staan zodat de windturbine zo veel mogelijk elektriciteit opwekt?'. De leerlingen maken met hun groepje een stappenplan van het experiment. Ze denken na over de variabelen die ze nodig hebben. De verschillende variabelen die ze kunnen gebruiken zijn:

1. De constructie en de eigenschappen van de windturbine
2. Mogelijkheden meetmethodes en schakelingen
3. De elektrische basisgrootheden

**FASE 4: ONDERZOEK UITVOEREN** (STEM3)

Tijdens deze fase kunnen de leerlingen de volgende experimenten uitvoeren.

**1. Experimenteren met spanning en stroom, vermogen en energie**

De leerlingen gaan tijdens dit experiment onderzoeken wat spanning en stroom, vermogen en energie zijn. Wanneer wordt er over spanning gesproken en aan welke voorwaarde moet voldaan zijn zodat er stroom kan vloeien in een netwerk? Wat is het verband tussen spanning, stroom en de hoeveelheid opgewekte elektriciteit van een windturbine? Wat is elektrisch vermogen en elektrische energie?

**2. Experimenteren met de hoeveelheid wieken**

De leerlingen gaan tijdens dit experiment onderzoeken wat de invloed is van de hoeveelheid wieken. Waarom bestaan de meeste windturbines uit 3 wieken? Zou de turbine niet meer elektriciteit opwekken met 4 wieken?

### 3. Experimenteren met de stand van de wieken

De leerlingen gaan tijdens dit experiment onderzoeken wat de invloed is de stand van de wieken. Wat gebeurt er als de wieken lichtjes verdraaid worden? Zou dit een windturbine kunnen beschermen tegen een te grote draaisnelheid zodat deze niet uit defect draait?

### 4. Experimenteren met de stand van de windturbine

De leerlingen gaan tijdens dit experiment onderzoeken welke stand de windturbine moet hebben ten opzichte van de windrichting met als doel zoveel mogelijk elektriciteit op te wekken. Wordt deze hoek ook geregeld bij een echte windturbine? Hoe wordt dit gedaan? Wat is het gevolg als we de turbine niet perfect richten volgens de windrichting?

### FASE 5: CONCLUDEREN (STEM3,4,5)

De leerlingen gaan tijdens deze fase hun onderzoeksvraag beantwoorden. Wat is er precies gebeurd? Wat hebben de leerlingen ontdekt?

Vragen die je kunt stellen:

- Met hoeveel wieken wekt de turbine het meest elektriciteit op?
- Onder welke hoek plaatsen we de windturbine in de windtunnel het best?
- Onder welke hoek moeten de wieken staan om zoveel mogelijk elektriciteit op te wekken?

### FASE 6: PRESENTEREN (STEM6,7,8)

Bij deze stap kunnen de leerlingen de gevonden resultaten met elkaar delen. Laat de groepjes bijvoorbeeld hun onderzoek presenteren aan de klas. De rest van de klas mag het groepje vragen stellen of reacties geven op het onderzoek. Stimuleer de leerlingen om kritisch naar de presentaties te luisteren.

### FASE 7: VERDIEPEN EN VERBREDEN (STEM3,4,5)

Laat de leerlingen de kennis die ze tijdens deze lesactiviteit hebben opgedaan toepassen binnen de wedstrijdopdracht. In deze wedstrijdopdracht gaan de leerlingen het experiment herhalen met de roterende turbine. Laat ze onderzoeken hoe ze de eigenschappen van de turbine zo kunnen instellen dat deze zoveel mogelijk elektriciteit opwekt.

Houd hierbij rekening met de wedstrijdcriteria.

### VEEL SUCCES!

STEM Tornado © 2018.

[www.stemtornado.be](http://www.stemtornado.be)

## DE UITDAGING

Bij de wedstrijdopdracht 'De Roterende Turbine' bedenken de leerlingen een windturbine die zo veel mogelijk elektriciteit kan opwekken in een windtunnel. Een aantal parameters zullen in rekening moeten gebracht worden om in deze uitdaging te slagen. Zo moet de turbine in een windtunnel passen, dit wil zeggen dat de afmetingen beperkt zijn. Ook de stand van de turbine ten opzichte van de windrichting, de stand van de wieken, het aantal wieken, de hoogte van de mast,... zijn belangrijk. Eéns de windturbine ontworpen en gemaakt is, kunnen de deelnemers over naar het elektrische luik. In dit luik gaan de leerlingen nadenken hoe elektriciteit wordt opgewekt. Hoe werkt een elektriciteitsgenerator? Hoe kunnen we dit meten? Welke toestellen hebben we hiervoor nodig? De leerlingen ervaren dat de hoeveelheid opgewekte elektriciteit van de turbine, afhankelijk is van een aantal factoren. Wekt de turbine meer of minder vermogen op door een wiek toe te voegen of te verwijderen, de wieken te verdraaien, de turbine te draaien ten opzichte van de windrichting, de mast te verhogen/verlagen,...? Wat zijn de elektrische grootheden en in wat worden deze uitgedrukt? In wat wordt de hoeveelheid elektrische energie die een windturbine of elektrische generator opwekt uitgedrukt? Wat is de invloed op de snelheid van de wieken van de windmolen, als de generator een lamp doet branden (belast), of als de schakelaar van de lamp wordt uitgeschakeld (onbelast).

## DE UITDAGING

Bouw een windturbine, die zo veel mogelijk elektrische energie opwekt.

## TEAM (stem8)

Team van 3 à 4 leerlingen.

## MATERIALEN

Lees de paragraaf 'Wat mag wel en wat mag niet?' voor de voorwaarden waaraan de turbine moet voldoen.

## SPECIFICATIES

- De ontworpen en samengestelde windturbine wordt getest in een windtunnel.
- De windtunnel is 90 cm breed.
- De windtunnel is 90 cm hoog.
- De windturbine mag niet groter zijn dan de windtunnel of de windtunnel raken tijdens de test.
- Iedere deelnemer gebruikt dezelfde generator. Zo wordt een eerlijke wedstrijd bekomen waarbij het doel is om zo efficiënt mogelijk een windturbine te bouwen met de gegeven onderdelen.
- De hoeveelheid elektrische energie wordt gedurende een halve minuut gemeten.
- De windturbine mag niet breken tijdens de test.

## ACTIVITEITEN OP SCHOOL

Laat de leerlingen experimenteren met het bouwen van een prototype. Dit model wordt gebruikt om te experimenteren met het opwekken van elektriciteit, welke parameters een invloed hierop hebben, zich te verdiepen in de werking van een windturbine, welke invloed de windsnelheid heeft op de rotatiesnelheid van de wieken,... Vanaf welke windsnelheid zal de turbine beginnen roteren? Hoe zorg je ervoor dat turbine niet defect geraakt bij een hoge windsnelheid? Hoe zorg je ervoor dat de turbine zo veel mogelijk elektriciteit opwekt? Hoe zal je dit meten? Als hulpmiddel wordt een appendix bezorgt samen met deze les- en wedstrijdbrief met welke zaken je rekening kan houden bij het ontwerp van een windturbine. Laat de leerlingen een papieren **logboek** maken waaruit blijkt welke activiteiten ze tijdens de voorbereidende lessen hebben ondernomen. Wat is het plan van aanpak? Welke zaken hebben ze uitgetoet? Welke vragen hebben ze gesteld? Welke oplossingen werden door de leerlingen aangeleverd? Wat hebben ze eruit geleerd? Kunnen de leerlingen dat ook uitleggen? Het posterverslag kan een goed hulpmiddel zijn om met de leerlingen te reflecteren over hun individueel- en groepsproces en het eindproduct. Het **posterverslag** bevat tekeningen, foto's, oplossingen van STEM onderzoeksvragen, en een duidelijke weergave van het verloop van het (technisch) proces. Waar is de wiskunde toegepast (vb: onderzoek stand van de wieken, stand van de turbine ten opzichte van de wind, ...)? Kan er een antwoord gegeven worden over het maatschappelijk belang van dit onderzoek? Wat kan er nog beter aan de realisatie?

## MATERIALEN OP SCHOOL

- 2 meettoestellen
- Weerstand van  $100\Omega$
- Kidwind® generator
- Wiekstaafjes
- Rotornaaf
- Materialen om de mast te maken.
- Materialen om de voet te maken waar de windturbine op staat.
- Zelf ontworpen windtunnel om de windturbine te testen.
- Standaard gereedschap

## DE SCHOOL NEEMT MEE NAAR DE WEDSTRIJD

- Een afgewerkte windturbine die stabiel moet blijven staan in de windtunnel.
- Materiaal om de windturbine ter plaatse samen te stellen/ herstellmateriaal om eventueel, tijdens de wedstrijd opgelopen schade te kunnen herstellen.
- Het logboek met notities van alle voorbereidingen.
- Het papieren posterverslag van het verloop van de voorbereidingen op school (verplicht!). (stem7)
- Gewichten om op de voet van de turbine te plaatsen.

## DE ORGANISATIE ZORGT VOOR

- Een windtunnel
- Data logging systeem om vermogen en energie te meten
- Een chronometer
- Belasting van  $100\Omega$



## VERLOOP VAN DE WEDSTRIJD

Na de aankomst op de wedstrijdlocatie in Technopolis gaat het team en zijn begeleiders naar de tafel waar hun deelnamenummer ligt. Samen met de begeleiders leggen de leerlingen de meegebrachte materialen, het poster verslag en de logboek klaar. Er is geen mogelijkheid om de poster op te hangen!

Nadat de jury met een duidelijk signaal (**stem7**) de wedstrijd officieel heeft geopend, trekken de begeleiders zich terug. De wedstrijd bestaat uit twee delen. De beoordeling van de jury en de praktische proef. De jury gaat bij elk team langs om de opdracht met de leerlingen te bespreken, met behulp van de poster, het logboek, en de uitvoering van de opdracht te beoordelen (7 min.). Hierbij noteert de jury haar indruk over de wijze waarop de leerlingen op school aan de opdracht hebben gewerkt en hoe de begeleider de leerlingen hierbij heeft begeleid en leiding heeft gegeven aan het leerproces. De jury bepaalt haar oordeel over de creativiteit en originaliteit van het gekozen ontwerp van het voertuig en maakt daar een aantekening van. Er komen 2 jury's langs, telkens voor max. 7 min.

Na of voor de beoordeling van de jury, afhankelijk van de planning, wordt de praktische proef gehouden. Een teamlid zet de turbine in de windtunnel. Op het teken van de jury wordt de ventilator in de windtunnel gestart. De jury meet de opgewekte elektriciteit gedurende een halve minuut vanaf dat de windturbine op een stabiel toerental is. Er mogen geen onderdelen van de windturbine loskomen gedurende deze test. De turbine wordt in de windtunnel bevestigd door gewichten op de voetstukken van de windturbine aan te brengen. De windturbine heeft dus voetstukken nodig.

### WAT MAG WEL EN WAT MAG NIET?

- De turbine wordt door een deelnemer in de windtunnel geplaatst.
- Na het startsignaal wordt de ventilator van de windtunnel ingeschakeld. Dan mogen de deelnemers de windturbine niet meer aanraken voor correcties.
- Er mogen geen kant-en-klare windturbines gebruikt worden. De mast en de voet hoeven niet zelf gemaakt te worden. Standaardbouwstenen mogen gebruikt worden.
- Er mogen twee pogingen worden ondernomen. Bij de tweede poging moet dezelfde windturbine gebruikt worden. Het beste resultaat telt.
- Er moet een door de leerlingen gemaakte poster en logboek aanwezig zijn.
- De begeleiders mogen de leerlingen helpen met het klaarzetten van de materialen en de poster, maar moeten zich terugtrekken en zich onthouden van het geven van aanwijzingen tijdens de officiële wedstrijd en voorstelling.
- Alles wat niet verboden is, is toegestaan.

**Belangrijk:** Deelnemers krijgen voor de eerste poging een rode kaart. Dit wil zeggen dat ze specificaties van de windturbine niet mogen wijzigen. Na de eerste poging krijgen ze dan een groene kaart. Dit wil zeggen dat ze dan de wijzigingen mogen aanbrengen ter voorbereiding van hun tweede poging.

## WAT DOET DE JURY?

### WAAR LET DE JURY OP?

Dit evenement kadert zich in een groter geheel van STEM. Dit kader is een referentiepunt waaraan STEM-praktijken moeten voldoen, bijgevolg ook dit evenement. STEM is de samenhang van exacte wetenschappen, technologie, toegepaste wiskunde en een luik “engineering”. Het STEM-kader kan geraadpleegd worden in de bijlage. De jury zal bijgevolg ook de teams beoordelen volgens dit STEM-kader.

- De jury noteert naar aanleiding van het gesprek (vraag gestuurd) met de leerlingen en de meegenomen poster en logboek haar bevindingen over de wijze waarop er gewerkt is (originaliteit, creativiteit...).
- De jury controleert of aan de wedstrijdvoorwaarden is voldaan.
- De jury meet de opgewekte elektriciteit gedurende een halve minuut. Indien de turbine defect raakt, kunnen de deelnemers nog de turbine herstellen voor de tweede poging.
- Daarna beoordeelt de jury de tweede poging met dezelfde turbine. De beste poging telt.
- Het is enkel toegelaten om de windturbine aan te passen na de 1<sup>e</sup> ronde (rode en groene kaart).

## WIE WINT?

De gouden, zilveren en bronzen prijs gaan naar de teams die met hun turbine de meeste elektriciteit hebben opgewekt **en** het best voldoen aan de 10 STEM criteria. Als geen van de turbines van de deelnemende teams intact blijft na de demonstratie, dan is het team waarbij hun turbine de meeste elektriciteit heeft opgewekt heeft gedurende hun deelnametijd gewonnen. Creativiteit (**stem3**) en originaliteit (**stem10**) zijn eveneens belangrijk. Alsook het posterverslag, de berekeningen, het logboek en de voorstelling aan de jury spelen een belangrijke rol bij de beoordeling van de STEM-kwalificaties.

## VRAGEN?

Lees eerst het wedstrijdreglement op de website van [www.stemtornooi.be](http://www.stemtornooi.be)

Lees de FAQ-pagina op de website van [www.stemtornooi.be](http://www.stemtornooi.be)

Vragen over ‘De Roterende Turbine’ waarop de website het antwoord niet verschaft, kunnen worden gericht aan [bert.deseine@vives.be](mailto:bert.deseine@vives.be)

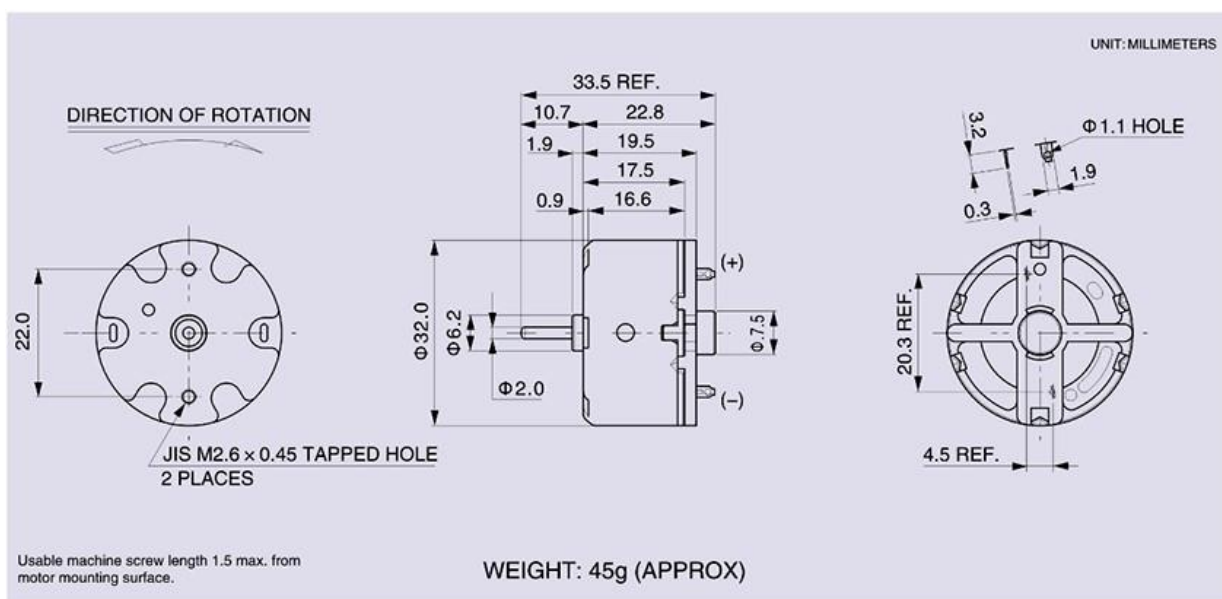
**VEEL SUCCES EN PLEZIER MET DE WEDSTRIJDOPDRACHT!**

STEM Tornooi © 2018.

[www.stemtornooi.be](http://www.stemtornooi.be)

**Bijlagen:****Generator****Specificaties Kidwind® generator**

- Spanning: 0 – 10 V<sub>max</sub>
- Stroom: 0 – 0,3 A<sub>max</sub>
- Vermogen: 0,21 W<sub>max</sub>



Prijs: €10,8 (normaal €12)

**Set van 25 wiekstaafjes**

Prijs: €6,3 (normaal €7)

**Rotornaaf**

Prijs: €10,8 (normaal €12)

**Complete set****(set van 25 wiekstaafjes + rotornaaf + generator)**

Prijs: €21,6 (normaal €24)

**Benodigde materiaal bestellen**

De bovenstaande drie zaken (generator, set van 25 wiekstaafjes + rotornaaf) kan je bestellen via [info@rhombus.be](mailto:info@rhombus.be).

Bovenstaande prijzen zijn enkel geldig als je bij de bestelling 'STEM TORNOOI' vermeld (10% korting).

Voor particulieren gebeurt de betaling vooraf, voor scholen is enkel facturatie mogelijk.

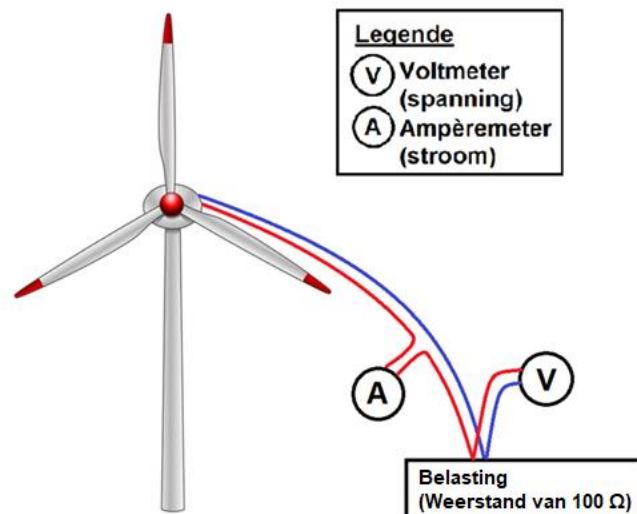
De verzendkosten zijn €6 voor een order kleiner dan €75.

Vermeld zeker dat je deze zaken aankoopt voor het STEM Tornooi zodat je gebruik kan maken van het voordelige tarief.

Meer informatie over de benodigde materialen kan je terugvinden op <https://www.rhombus.be/>



## Meetopstelling



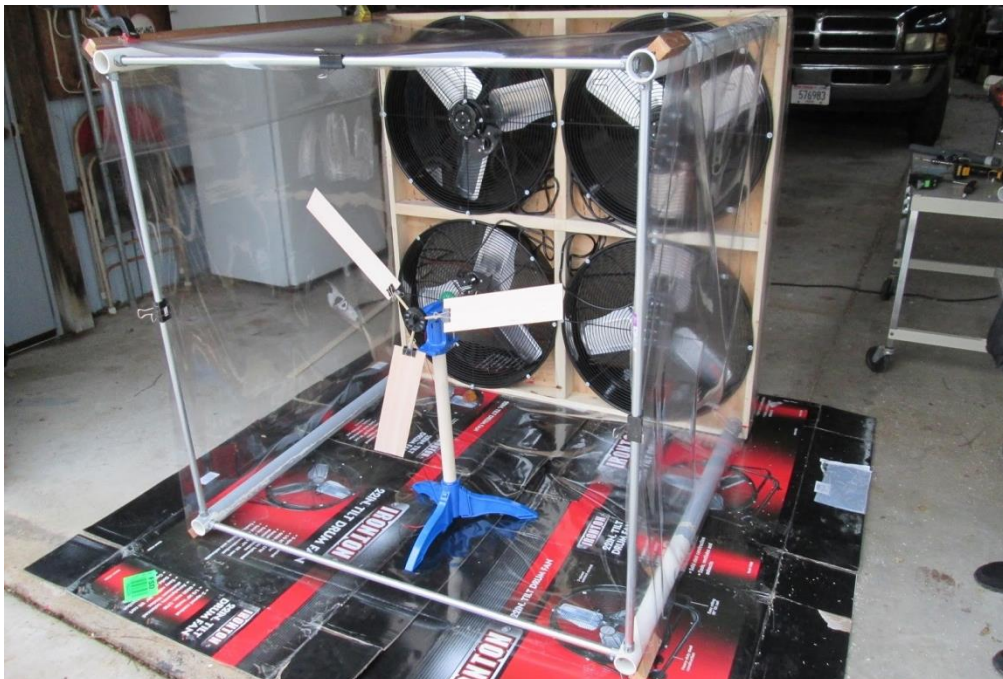
Het **vermogen** (uitgedrukt in Watt) wordt gemeten door de spanning (uitgedrukt in Volt) te delen met de stroom (uitgedrukt in Ampère). Omdat het vermogen kan variëren (bijvoorbeeld als er een wiek verdraaid door de kracht van de wind) zal ook de energie worden gemeten gedurende een halve minuut.

De **energie** kan worden berekend door het vermogen te vermenigvuldigen met de tijd (uitgedrukt in uur).

De uitkomst van deze vermenigvuldiging is Wh (Wattuur).

Opmerking: jullie zullen een stroom meten uitgedrukt in mA. Hou dus rekening met de eenheden.

## Foto + gegevens windtunnel



De **Windsnelheid** in de windtunnel gemeten op 30 cm van de opening is  $3,6 \frac{m}{s}$  ( $\approx 13 \frac{km}{u}$ ).

**Bijlage: STEM-kader**

STEM zet in op de volgende dimensies en principes:

1. Interactie en samengaan van de aparte STEM-componenten van het letterwoord met respect voor de eigenheid van elke component.
2. Probleemoplossend leren via toepassen van STEM-concepten en -praktijken.
3. Vaardig en creatief onderzoeken en ontwerpen.
4. Denken, redeneren en modelleren en abstraheren.
5. Strategisch toepassen en ontwikkelen van technologie.
6. Inzicht verwerven in de maatschappelijke relevantie van STEM.
7. Verwerven en interpreteren van informatie en communiceren over STEM.
8. Samenwerken in teamverband.
9. STEM als drager van 21<sup>ste</sup>-eeuwse competenties
10. STEM en innovatie

Deze dimensies en principes worden ook beoordeeld tijdens het STEM Tornado. Alle informatie over het STEM-kader voor het Vlaams Onderwijs (principes en doelstelling) kunt u [hier](#) raadplegen.