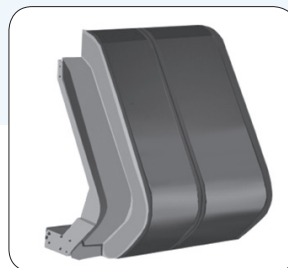
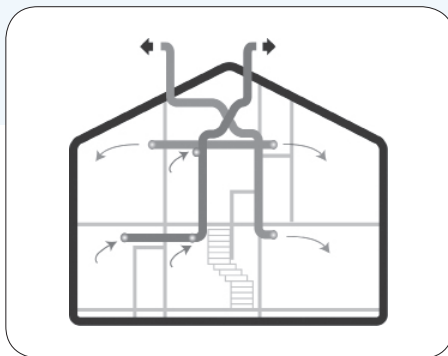
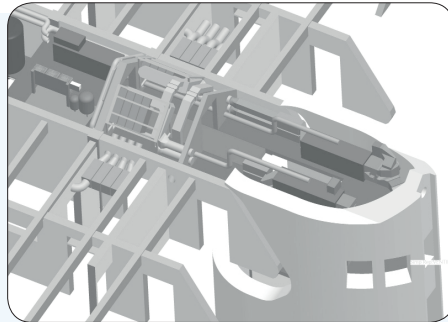




◊ Geschiedenis ◊ Talen ◊ Aardrijkskunde ◆ Natuurwetenschappen ◆ Technische Opvoeding

Het technische kantje van het Princess Elisabeth station



INHOUDSTAFEL

THEORETISCHE NOOT	3
INLEIDING	3
WINDMOLENS	3
FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN	5
THERMISCHE ZONNEPANELEN EN – BOILERS	6
NOODDIESELGENERATOREN & BATTERIJEN	7
VENTILATIE EN WARMTEWISSELAARS	8
AFVALWATERZUIVERINGSSYSTEEM	9
THERMISCHE ISOLATIE	11
Wanden	11
Ramen	12
LUCHTDICHTHEID	12
OPVOEDENDE NOOT	14
1) NOOT AAN DE LEERKRACHT	14
2) EINDTERMEN	14
Technische opvoeding	14
Natuurwetenschappen	14
3) VOORGESTELDE ACTIVITEITEN	14
1) Duurzame ontwikkeling en het passiefhuis	14
2) Zelf een windmolen bouwen	16
3) Activiteiten gelinkt aan zonne-energie	16
BRONNEN	17
WEBSITES	17
Algemeen	17
Windenergie	17
Zonne-energie	17
Waterzuivering	17
Passiefhuis	17

THEORETISCHE NOOT

De locatie ligt vast en de binnen- en buitenkant van het station zijn reeds geplaatst (zie pedagogisch dossier 'BELARE: het station is niet op één dag gebouwd!'). Om van het station een eerste 'zero emission'-station te maken, moeten nu nog de juiste technologieën geselecteerd worden. Eerst worden er allerlei energiesimulaties uitgevoerd om na te gaan welke systemen het minste energie vragen. Gebaseerd op deze studies wordt vervolgens gekozen voor de meest optimale systemen.

Maar welke zijn nu de meest optimale systemen? Kunnen deze ook in jouw huis toegepast worden? Wordt het Princess Elisabeth Antarctica (PEA) station een passiefgebouw? Verdiep je in de verschillende aspecten van deze energie-topic en ontdek het duurzame kantje van het station.

INLEIDING

Een passiefhuis kan gedefinieerd worden als een lage-energiewoning, waarin een aangenaam binnenklimaat heerst in zowel het winter- als zomerseizoen, zonder gebruik te maken van een conventionele verwarming of koelsysteem. Vier aspecten moeten hierbij gerespecteerd worden: een goede isolatie van ramen en muren, ventilatie, luchtdichtheid en oriëntatie. Hernieuwbare energie is een pluspunt. Een nieuw tijdperk van energiezuinig leven is ingeluid en wordt mogelijk gemaakt door de grote verscheidenheid aan technologieën, ontwerpen en materialen.

Hoe zijn deze aspecten toegepast in een passiefhuis? En hoe zijn ze uitgewerkt in het station?

Voor de *PRODUCTIE* van energie koos men voor een **hybridesysteem**, waarbij zonne- en de windenergie tegelijkertijd gebruikt kunnen worden. Hierdoor kan het systeem flexibel aangepast worden in functie van de weersomstandigheden: bij weinig wind kan gebruik gemaakt worden van de zonne-energie en vice versa. Er wordt dus op een optimale manier gebruik gemaakt van de natuurlijke kostenloze energiebronnen.

WINDMOLENS

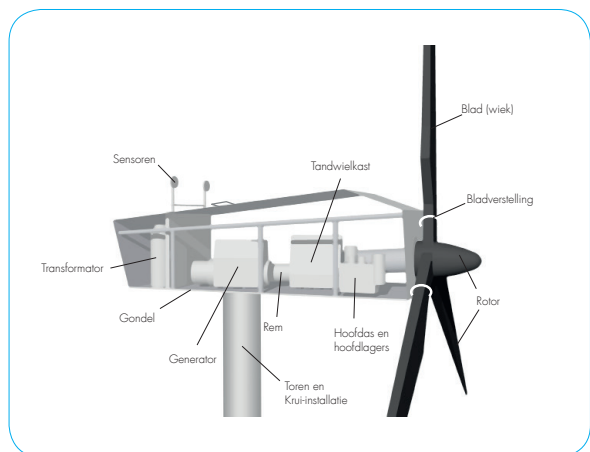
Onze planeet warmt niet overal gelijk op. Temperatuursverschillen leiden op grote schaal tot atmosferische drukverschillen, die op hun beurt luchtverplaatsingen of winden veroorzaken. De kinetische energie (windenergie) die hierin verscholen zit, kan door windmolens omgezet worden in mechanische energie en vervolgens in elektriciteit.

Een standaard windmolen bestaat uit een toren, waarop de gondel staat. In de *toren* bevindt zich een *krui-installatie* die de turbine in staat stelt op de toren te draaien in de richting van de wind. De *gondel* is

verbonden met de *rotor*, die meestal 2 tot 3 *bladen* (wieken) heeft. Aan de basis van elk blad bevindt zich een *bladverstelling* die het rotorblad kan oriënteren ten opzichte van de wind, om zodoende een vooraf bepaalde hoeveelheid energie uit de wind te vangen. Die hoeveelheid windenergie doet de rotor draaien en de daaraan verbonden *hoofdas*, die zich in de gondel bevindt. De hoofdas gaat op zijn beurt de tandwielen in de *tandwielkast* doen draaien. Rond de hoofdas bevinden zich *lagers* die overige krachten gaan opvangen opdat de hoofdas bij zijn werking niet belemmerd zou worden. De

tandwielen kunnen vergeleken worden met de versnellingen van een fiets en gaan ervoor zorgen dat de draaisnelheid van de as toeneemt en de werking van de generator wordt bevorderd. De *generator* kan dan weer vergeleken worden met de dynamo van een fiets en zal de mechanische energie, opgewekt door de draaiende as, omzetten in elektriciteit. De spanning van deze opgewekte elektriciteit wordt vervolgens door een *transformator* omgezet. Tussen de tandwielkast en de generator bevindt zich een *rem* om de turbine, tijdens bijvoorbeeld een onderhoud, stil te zetten. Bovenop de gondel bevinden zich een

anemometer¹ en *sensoren* om de windsterkte te meten en in geval van storm de turbine te regelen. Deze gevoelige apparatuur staat in verbinding met een computergebonden controlekast, die de windmolen opstart bij een welbepaalde windsnelheid en weer uitschakelt als de wind te sterk blaast.



Figuur 1: De verschillende onderdelen van een windturbine

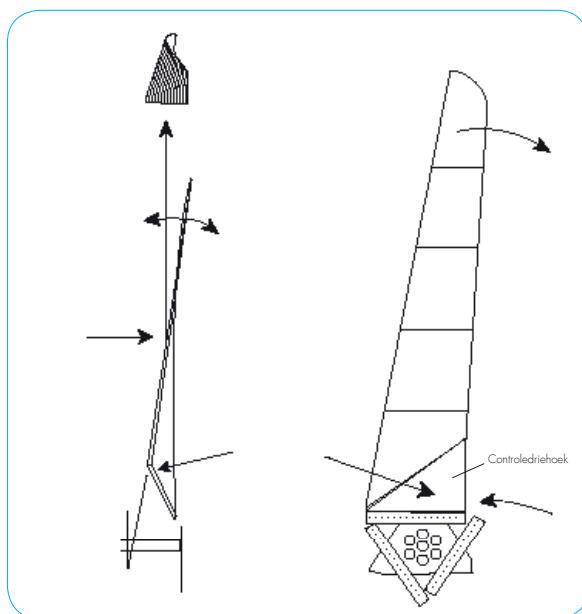
Er bestaan verschillende soorten windmolens, ingedeeld naar hun grootte, hun vermogen, de oriëntatie van hun as (horizontale versus verticale as), hun locatie (land versus zee)... De hoeveelheid geproduceerde energie hangt sterk af van de hoogte en de rotoroppervlakte, maar ook van de locatie, het tijdstip van de dag, het seizoen, de onderlinge afstand tussen twee turbines, het windbereik en de windsnelheid.

Er zijn negen windmolens geïnstalleerd ten noorden van het Princess Elisabeth Station, robuust ontworpen zodat ze bestand zijn tegen de harde condities van de Zuidpool. In tegenstelling tot het standaardmodel beschreven hierboven, worden de windturbines van het station gekarakteriseerd door de volgende eigenschappen:

- geen tandwieloverbrenging maar een **zelf-regulerende rotor**² met drie bladen uit flexibel thermoplastisch **composietmateriaal**³, die rechtstreeks verbonden is op de generator, waardoor energieverliezen geminimaliseerd worden. Hierbij is de geleverde stroom rechtstreeks afhankelijk van het toerental.
- vermogen van 6 kW en 9 m hoog
- geen sensoren en anemometer; de meetgegevens worden geleverd door het automatische weerstation (AWS) (zie pedagogisch dossier 'BELARE: het station is niet op één dag gebouwd!')
- Windturbines worden normaal gezien automatisch stilgelegd bij een te hoge windkracht. Dit is niet het geval op de Utsteinen nunatak. Baanbrekend is hier het gecombineerde mechanisme dat de kracht van

lichte winden maximaal vangt en die van sterke winden reduceert. Het mechanisme werkt als volgt:

1. te sterke winden vervormen de bladen van de rotor, waardoor de efficiëntie van de rotor gereduceerd wordt: door de verandering in vorm, zal minder wind omgezet worden in rotatie, en de rotor dus afremmen.
2. daarnaast kunnen de bladen door middel van een controledriehoek, als het ware samengeplooid worden volgens een welbepaalde hoek. Bij lichte wind, is die hoek ongeveer 5° en bij storm kan die oplopen tot 45°, wat overeenstemt met een halvering van rotatiediameter die een direct effect heeft op de rotatiesnelheid.



Figuur 2: Een wijk van een PEA-windmolen © ProvenEnergy

FOTOVOLTAÏSCHE ZONNEPANELEN

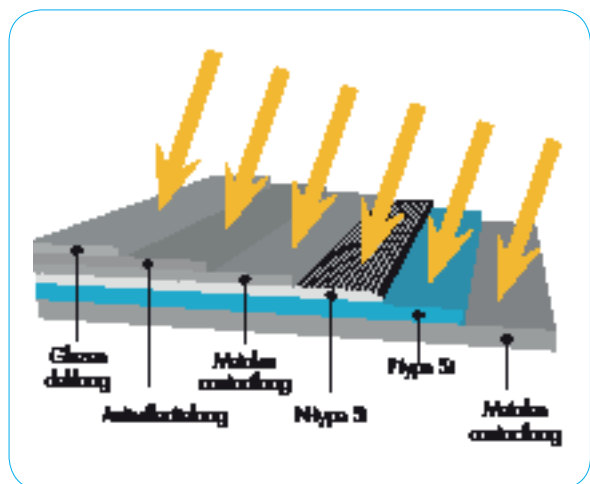
Zoals de term doet vermoeden, maken fotovoltaïsche (PV naar de Engelse term PhotoVoltaic) zonnepanelen gebruik van de energie van de zon. Hierbij wordt één component van de totale zonne-energie benut, namelijk de fotonen. Fotonen zijn energierijke deeltjes die zich in golven verplaatsen. Ze hebben een golflengte die afhangt van de hoeveelheid energie die ze bevatten. Licht dat wij zien bestaat uit fotonen. Afhankelijk van de golflengte van het foton zal deze weerkaatst worden door de zonnecel, er dwars doorheen gaan of geabsorbeerd worden. Enkel de geabsorbeerde fotonen kunnen elektriciteit produceren.

¹ Een **anemometer** is een windmeter: het meet de windsnelheid.

² Bij een te hoge windsnelheid, wordt de turbine normaal automatisch uitgeschakeld. Een **zelf-regulerende rotor** verhindert dit en gaat ervoor zorgen dat de windturbine enkel vertraagd wordt.

³ **Composieten** zijn samengestelde kunststofmaterialen.

Een fotovoltaïsch zonnepaneel bestaat uit een verzameling PV zonnecellen, die samen de zonne-energie omzetten in elektriciteit. De standaard zonnecel wordt opgebouwd uit verschillende lagen. De bovenste glaslaag, die in rechtstreeks contact staat met de buitenlucht, dient als deklaag. Daaronder ligt een antireflectielaag. Een metalen contactlaag vormt, samen met een gelijkaardige laag onderaan de cel, een extern elektrisch circuit.

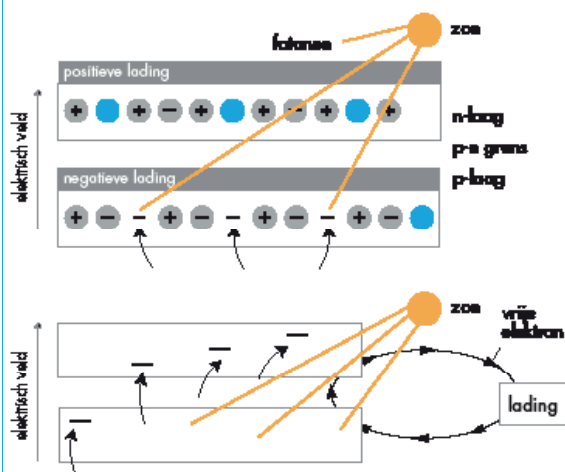


Figuur 3: De verschillende lagen van een zonnecel

Tussen de metalen lagen bevinden zich twee lagen Silicium (Si). Zuiver Si is hiervoor niet geschikt, aangezien het een relatief inert (stabiel) element is. Daarom wordt de niet-geleidende Si gemengd met kleine hoeveelheden van andere stoffen en zo een halfgeleider creëert. Deze wordt dan in een diode geplaatst, waardoor de elektrische stroom zeer goed in één richting geleid wordt; ideaal dus voor gebruik in zonnepanelen.

FOTOVOLTAÏSCHE CEL

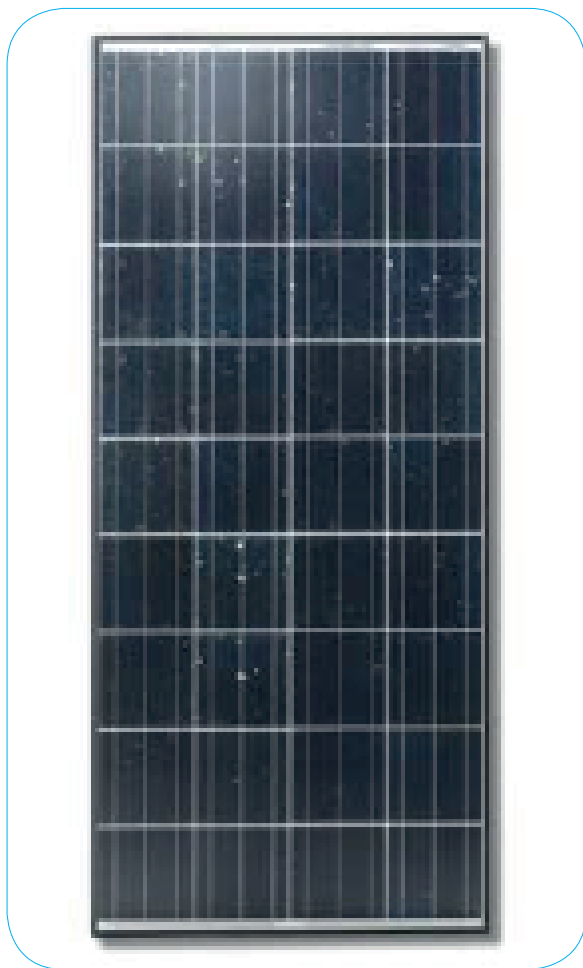
- Een locatie die een elektron kan aanvaarden
- Een vrije elektron
- ⊕ Een proton
- Een strak vastgehouden elektron



Figuur 4: Een diode op basis van Silicium

Afhankelijk van materiaal en toegepaste technologie verschillen de zonnecellen in dikte, kleur en algemene eigenschappen. De technologieën veranderen echter nog steeds van dag tot dag, waarbij efficiëntie en kostenplaatje geoptimaliseerd worden. Maar steeds geldt het volgende: de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit van een zonnecel is sterk afhankelijk van de golflengte van het invallende licht en de klimaatsomstandigheden. Hoe meer wolken, hoe minder elektriciteit geproduceerd kan worden.

Ook het Prinsess Elisabeth-station maakt gebruik van deze technologie. Er werden 402 fotovoltaïsche zonnepanelen geplaatst. 114 panelen bevinden zich op de muren van het station, naar alle windrichtingen gericht om de zonne-energie zo optimaal mogelijk te kunnen benutten. Op het dak van de garage zijn nog eens 288 panelen geplaatst. Deze zijn naar het noorden gericht. De totale productie is van 52 kW (tot 800 W/m² zonneshijn). Elk paneel heeft een efficiëntie van 16%, nominale opbrengst van 12 V (max. ~17 V) en bestaat uit 36 Si-zonnecellen elk met een standaardgrootte van 150 mm op 155 mm. Verschillende zonnepanelen worden in reeks en/of parallel met andere verbonden om een volledig zonnepark te vormen en zo het station van de nodige elektriciteit te kunnen voorzien.



Figuur 5: De fotovoltaïsche zonnepanelen van het station © Kyocera

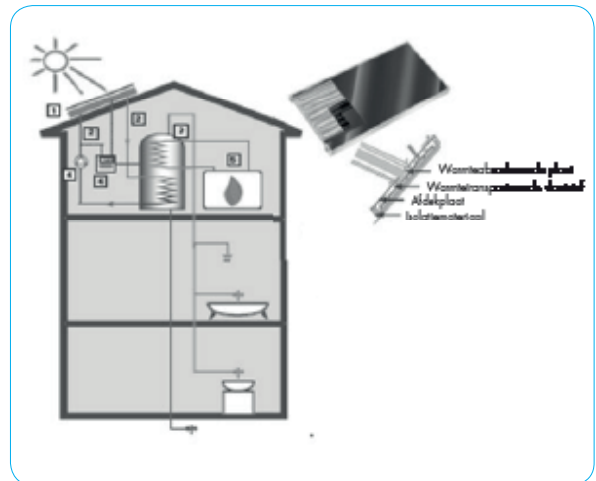
Om aan de extreme omstandigheden van Antarctica te kunnen weerstaan zijn deze PV zonnecellen beschermd door een versterkt glas en een speciale folie, en dit alles is hermetisch afgesloten. Het geheel wordt vervolgens geplaatst in een stevig aluminiumkader, dat gemakkelijk op het station of de garages kan gemonteerd worden. De koude buitentemperaturen zorgen ervoor dat de zonnecellen niet oververhit geraken.

THERMISCHE ZONNEPANELEN EN – BOILERS

De zonne-energie kan ook gebruikt worden voor warmteproductie. Dit kan op zowel een passieve als actieve manier gebeuren. Bij passieve thermische zonne-energie wordt bijvoorbeeld een ruimte rechtstreeks opgewarmd door invallende zonnestralen.

Het systeem van thermische zonnepanelen en -boilers is dan weer een voorbeeld van actief gebruik van zonne-energie. Hierbij wordt een zonnepaneel of zonnecollector op het dak geplaatst. Meestal is dat een zwarte plaat vervaardigd uit goed geleidend en

absorberend materiaal zoals een metaal. Binnenin deze plaat circuleert een warmtetransporterende vloeistof. De zonnewarmte wordt geabsorbeerd door de zonnecollector en wordt vervolgens afgegeven aan de interne vloeistof. Deze wordt via een pompsysteem naar een zonneboiler gestuurd, dat gevuld is met koud leidingwater. De warme vloeistof, afkomstig van het zonnepaneel, geeft haar warmte af aan het koude leidingwater in de boiler via een warmtewisselaar en keert terug naar de zonnecollector om er weer opgewarmd te worden. Het warme leidingwater kan dan gebruikt worden om te douchen, de vaat te doen...



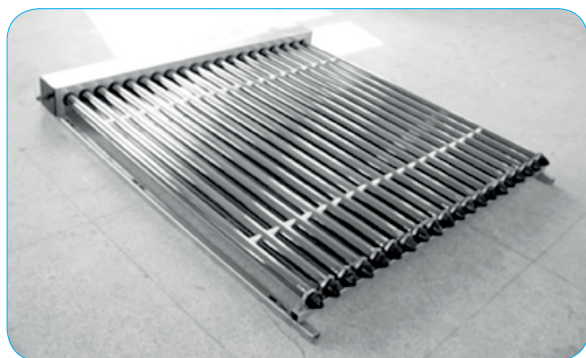
Figuur 6: Het systeem van de zonnepanelen en -boilers

Er bestaan verschillende zonnecollectoren, maar ze hebben allen een vergelijkbare opbrengst en toepassingsgebieden. Een vacuümcollector bijvoorbeeld werkt volgens hetzelfde principe als een vlakke plaatcollector. Beiden bestaan uit een absorberend materiaal voor opname van zonnewarmte, een vloeistofstroming, een afdeklaat en isolatiemateriaal. Echter, de manier waarop ze geïsoleerd zijn is verschillend. Een plaatcollector wordt geïsoleerd met glaswol, terwijl een vacuümcollector door vacuüm geïsoleerd wordt, vergelijkbaar met een thermoskan. Hoe beter de straling geabsorbeerd kan worden, hoe intenser de opwarming. Dit hangt af van:

- de geleidbaarheid,
- de kleur (zwart absorbeert beter dan wit),
- de weerkaatsing (mat weerkaatst slechter dan blinkend)
- de thermische inertie (= het vermogen om warmte op te slaan) van het absorberende materiaal.

Het Princess Elisabeth-station maakt gebruik van zowel actieve als passieve zonne-energie.

Er werd nauwkeurig nagedacht over de grootte en de oriëntatie van de ramen ten opzichte van de zon. In tegenstelling tot een passiefhuis in onze contreien, ligt de grootste raamoppervlakte niet aan de zonnigste zijde. Immers, tijdens de zomermaanden is er heel wat zon, soms 24 uur lang! Gecombineerd met de sterke isolatie zou dit tot oververhitting leiden. De grootste ramen van het station zijn dus op de zuidelijke zijde gezet (komt overeen met de noordelijke zijde op het noordelijke halfrond!). Ook de lage plaatsing van de ramen, op zithoogte, beperkt oververhitting. En gezien wetenschappers het grootste deel van hun tijd zittend doorbrengen wanneer ze in het station zijn, kunnen ze eveneens genieten van de wijde ijsvlaktes. Het opwarmen van de binnenruimtes wordt aangevuld met de warmte afgegeven door elektrische apparaten en menselijke activiteit en volledig in overeenstemming met de principes van wonen in een passiefhuis.



Figuur 7: Vacuümcollector

Opwarmen van het water door middel van zonne-energie is dan weer een voorbeeld van actief gebruik van de zonne-energie. Er zijn 2 groepen thermische zonnepanelen (vacuümcollectoren) aanwezig: één groep zonnepanelen bevindt zich op het dak van de garages (14,4 m²) en staat in verbinding met de sneeuwsmelter. Het smeltwater wordt opgeslagen in een reservoir in de technische kern van het station, waar er ook een tank waarin het gerecycleerde water bewaard wordt staat. Een tweede groep zonnepanelen bevindt zich op het dak van het station (21,6 m²) en verwarmt het water in beide tanks tot een aangename temperatuur. Vervolgens wordt het via een verdelingsnetwerk naar de badkamer, de keuken en de wasmachines gestuurd. Alle thermische zonnepanelen zijn naar het noorden gericht om optimaal van de zonneschijn te kunnen profiteren. Er is geen ruimte tussen de zonnepanelen en het dak of de muren van het station waarop ze gemonteerd zijn, dit om ophoping van stuifneeuw te voorkomen. Indien onvoldoende warm water geproduceerd kan worden, is het mogelijk om het water elektrisch te verwarmen.

NOODDIESELGENERATOREN & BATTERIJEN

Enkel in geval van nood, zoals bij een *tekort aan energie*, zullen dieselgeneratoren gebruikt worden, vergelijkbaar met de noodgeneratoren in een ziekenhuis. De twee generatoren zijn geplaatst in de noordelijke of het zogenaamde 'vuile' gedeelte van de garage (zie pedagogisch dossier 'Het Station: binnenste buiten gekeerd') en zullen elk 44 kWh aan elektriciteit kunnen genereren.

Het autonoom 'micro smart grid' staat centraal in het bereiken van de zero emissie-doelstelling van Princess Elisabeth Antarctica. Alle systemen van het station zijn geïntegreerd in één computer. Deze centrale computer, die van op afstand kan bestuurd worden, laat toe om de beschikbare energie te beheren, de energievragen te ordenen in functie van hun prioriteit, en uiteindelijk de energie te leveren aan de eindgebruikers. De systemen die verband houden met de veiligheid van de bewoners, zoals brandbeveiliging, waterproductie en ventilatie, krijgen de hoogste prioriteit. Als er bijvoorbeeld te weinig zon en te weinig wind is en een bewoner wil zijn laptop op het net aansluiten, dan zal een signaal hem waarschuwen dat andere systemen prioriteit hebben. Dit systeem houdt bijgevolg een gedragsverandering van de gebruikers t.o.v. hun energieverbruik in.



Figuur 8: Van hoog naar lagere prioriteit: brandveiligheid, sneeuwsmelter, temperatuurregeling, afwasmachine, televisie...

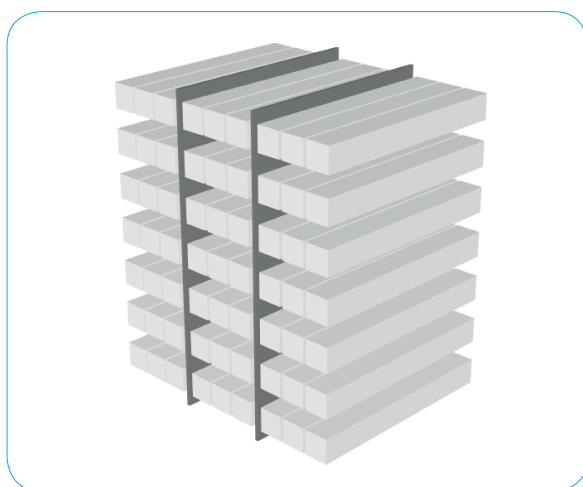
De hoofddoelstelling is om de geproduceerde elektriciteit **direct** te gebruiken vanuit het netwerk en enkel in geval van een *overschot aan energie* de opgevangen energie te **STOCKEREN** in batterijen. De redenen hiervoor zijn tweeledig:

- 1) bij het stockeren van de energie in batterijen treden er steeds verliezen op;
- 2) het opladen en ontladen van batterijen tast de efficiëntie van de batterijen aan en dus ook de levensduur, waardoor ze vaker zullen vervangen moeten worden. Wetende dat de batterijen op zich 12 tot 15 ton wegen, is het dus af te raden die onnodig te overbelasten.

In de technische kern van het station (zie pedagogisch dossier 'Het Station: binnenste buiten gekeerd') bevinden zich twee clusters **gelbatterijen**⁴, die een

⁴ Een gelbatterij is doorgaans een gewijzigd ontwerp van de standaard loadbatterij voor auto's of scheepvaart

gezamenlijke capaciteit van 10000 Ah hebben. Als de batterijen volledig opgeladen zijn, moet het teveel aan energie geëvacueerd worden door middel van 'dump loads'. Indien het teveel aan energie NIET zou verbruikt worden, zou dat immers beschadiging van de elektrische systemen tot gevolg kunnen hebben. De 'dump loads' zetten de overbodige energie tijdens de wintermaanden om in warmte voor de technische kern en de leefruimtes. Het teveel aan energie kan in de winter ook gebruikt worden voor elektrische radiatoren. In de zomer wordt het teveel aan energie geïnjecteerd in systemen die de energie kunnen gebruiken zoals in de hutjes buiten het station waarin de meetapparatuur zich bevindt, of in de sneeuwmelters voor productie van drinkbaar water.



Figuur 9: De gelbatterijen

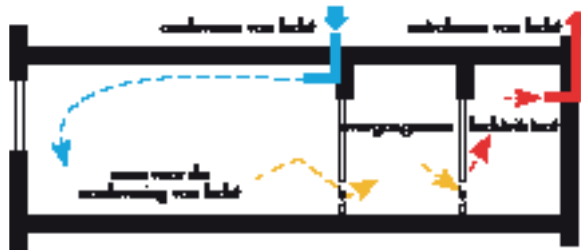
Alle systemen van het station kunnen op elk moment van de dag, het hele jaar door, vanuit België gecontroleerd worden en eventueel bijgesteld worden.

Om de energie *CONSUMPTIE* te herleiden tot het strikteminum, werd gekozen voor huishoudapparaten met een minimaal energieverbruik, zoals A++ koelkasten en diepvriezers, inductiekookplaten, spaarlampen, LED's...

VENTILATIE EN WARMTEWISSELAARS

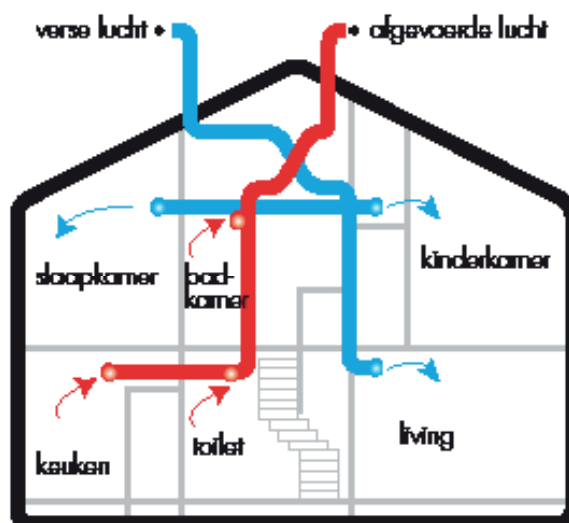
Een goede ventilatie is noodzakelijk voor zowel menselijk comfort als om condensatie te vermijden. In een traditioneel huis kan dit door natuurlijke ventilatie (door het openen van ramen), ventilatie door het aanzuigen van verse lucht of ventilatie door het afvoeren van interne lucht. Hierbij wordt lucht gekanaliseerd tussen verschillende ruimtes: verse lucht wordt aangevoerd in 'droge' ruimtes (zitkamer, slaapkamers...) en 'vervuilde' lucht uit de zogenaamde 'vochtige' ruimtes (keuken,

badkamer...), moet afgevoerd worden. Doordat deze ruimtes onder verschillende druk staan (droge ruimte onder druk en vochtige ruimte in depressie), wordt een continue luchtstroom gegarandeerd. Dit kan slechts wanneer er tussen deze verschillende ruimten 'transferopeningen' in de deuren of wanden voorzien zijn.



Figuur 10: Ventilatiestroom

In een passiefhuis wordt slechts één ventilatiesysteem toegepast, door middel van een mechanische toevoer en afvoer van lucht ('dubbele flux'). Een warmtewisselaar is onvermijdelijk wil men warmte terugwinnen en zo energie-verliezen reduceren. Door warmte uit te wisselen tussen afgevoerde warme en aangevoerde koude lucht kan 75 tot 95% energie gerecupereerd worden. Beide luchtstromen komen niet rechtstreeks in contact met elkaar, maar kruisen elkaar in een tegenstroomwarmtewisselaar. Een toepassing hierop is de aardewarmtewisselaar, waarbij de aangezogen lucht eerst via buizen, 1,5 m diep in de grond, moet stromen eer het in de leefruimte vrijkomt. In onze contreien is de grond in de zomer altijd kouder dan de buitenlucht: zo zal buitenlucht van 30°C, na een passage door een dergelijk buizensysteem als lucht van 22°C in het huis vrijgelaten worden. In de winter daarentegen is de grond warmer dan de lucht en zal de inkomende lucht opwarmen vooraleer het gelost wordt in het passiefhuis.

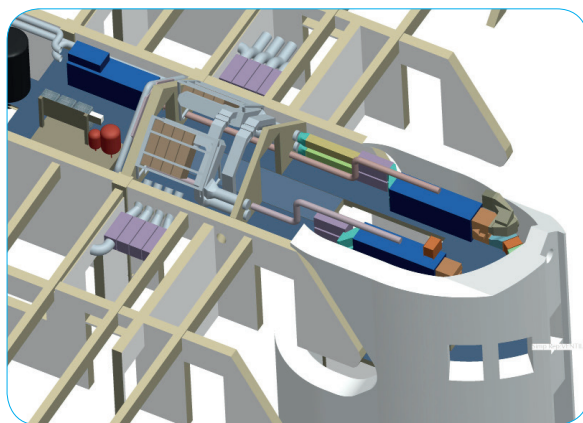


Figuur 11: Ventilatiesysteem in een passiefhuis

De warmte en dus de temperatuur wordt op dergelijke manier over het hele huis verspreid en een aangenaam binnenklimaat wordt gecreëerd. Het hoeft geen betoog dat het volledige buizenstelsel uitermate goed geïsoleerd moet zijn en dat de scharnieren luchtdicht gemaakt moeten worden, opdat geen lucht- en energieverliezen kunnen optreden.

Maar wat als de inkomende lucht warmer is dan de uitgaande lucht? Dan zal het recupereren van warmte inderdaad niet meer nodig zijn en kan de inkomende lucht via een 'overbrugging' rechtstreeks in de verschillende ruimtes geïnjecteerd worden.

Het ventilatiesysteem van het station is sterk vergelijkbaar met dat van een klassiek passiefhuis. Drie ventilatiegroepen voorzien het station van verse lucht en ontdoen het van vervuilde lucht: twee in de leefruimtes (living, bureau's...) die enkel werkzaam zijn in het zomerseizoen en één volledig toegewijd aan de technische kern, dat het ganse jaar door functioneert. Elke groep heeft haar eigen buizensysteem, waarin de inkomende lucht eerst door middel van een tegenstroomwarmtewisselaar opgewarmd wordt en vervolgens bevochtigd wordt via een elektrische bevochtiger (tot een vochtigheidsgraad van minimaal 15%). Dit om drie redenen: menselijk comfort, aangename atmosfeer en de bescherming van elektrische apparatuur (om statische elektriciteit en ontladingen te verhinderen). In geval één ventilatiegroep het begeeft, zullen de andere de taak overnemen.



Figuur 12: De drie ventilatiegroepen (in het blauw) in het PEA-station

AFVALWATERZUIVERINGS-SYSTEEM

Het water op aarde wordt elke dag op een natuurlijke manier gezuiverd. Organische afvalstoffen worden er door micro-organismen, aanwezig in het rivierwater afgebroken. Bij een te grote toevoer van afvalwater in de waterlopen zal het biologisch evenwicht echter verstoord worden en zal deze natuurlijke zelfreiniging afgeremd worden. Om dit tegen te gaan kunnen organische en chemische afvalstoffen uit het

afvalwater, vooraleer dit geloosd wordt, verwijderd worden.

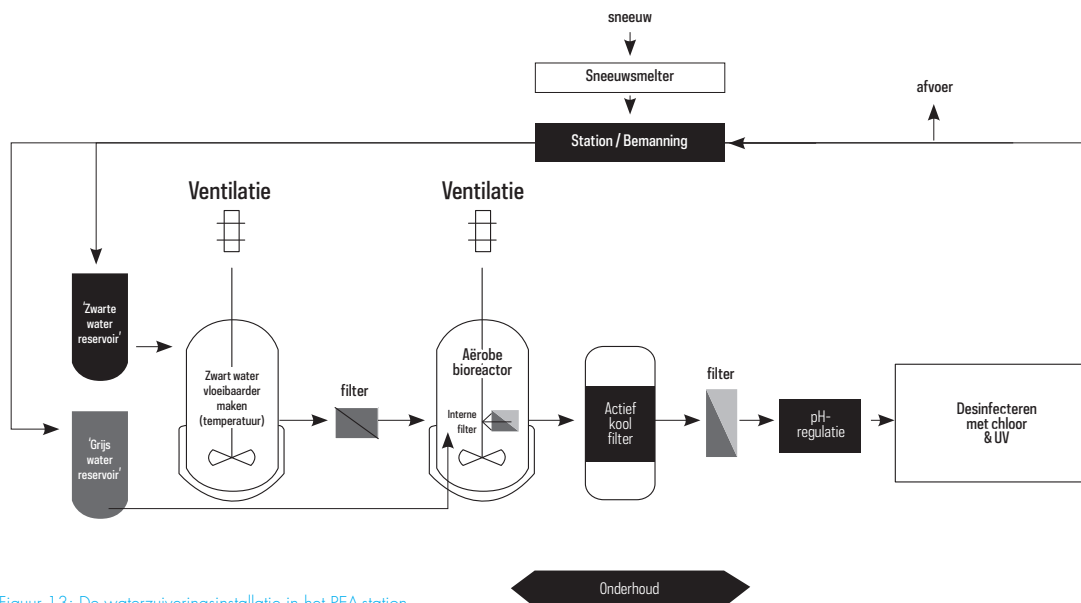
De eenvoudigste manier om afvalwater te zuiveren is door de organische stoffen te laten afbreken door micro-organismen, terwijl de niet-affreekbare componenten zoals zware metalen uit het water verwijderd kunnen worden door chemische bestanddelen. In dit laatste geval treden twee processen op: *coagulatie* is het proces waarbij colloïdale of zwevende deeltjes gedestabiliseerd worden door ze te neutraliseren met een chemische stof, de coagulant. De colloïdale deeltjes zijn kleiner dan 1 micron, negatief geladen en stabiel in water. De coagulant, meestal een metaalion, daarentegen is positief geladen en gaat de negatieve lading van het colloïdale deeltje neutraliseren, waardoor deze deeltjes elkaar niet langer meer gaan afstoten, maar door de Van der Waals-krachten elkaar gaan aantrekken en klonters gaan vormen (*flocculatie*). Deze klonters kunnen vervolgens uit het water gefilterd worden.

Vandaag de dag worden grote afvalwaterzuiveringsinstallaties gebouwd, die berusten op verschillende zuiveringsfasen. De *primaire zuivering* houdt een fysico-chemische behandeling in, waarbij het grofste deel van de zwevende componenten, zoals oliën, vetten... uit het water verbannen worden. Zo wordt het water geschikt gemaakt voor de volgende fase, de *biologische zuivering*. Tijdens deze tweede zuivering worden de organische pollutanten, die opgelost zijn in het water, verwijderd. Hiervoor worden twee hoofdtechnologieën toegepast:

1. Aërobe biologische zuivering: micro-organismen breken organische bestanddelen af in een goed verluchte omgeving.
2. Anaërobe biologische zuivering: micro-organismen breken organische bestanddelen in de afwezigheid van zuurstof.

Het doel van een *tertiaire zuivering*, is het product te kunnen herwinnen. Deze fase kan absorptie, fijnfiltratie en concentratie inhouden en dient om deeltjes uit allerlei soorten vloeistoffen te scheiden. Uiteindelijk kunnen de vloeistoffen nog ontsmet worden, gebruik makende van bijvoorbeeld Ozon (O₃), UV, Chloor... elk met zijn eigen voor- en nadelen.

Afhankelijk van de omstandigheden en vooropgestelde doelen zal voor een welbepaalde waterzuiveringssysteem gekozen worden, voor welbepaalde filtermedia en technologieën, voor een bepaalde ontsmettingstechniek, enz.



Figuur 13: De waterzuiveringsinstallatie in het PEA-station

De onderzoekers van het Princess Elisabeth-station zijn de eerste in Antarctica die hun afvalwater hergebruiken, waarbij de installatie geïnspireerd is op die van de ruimtevaarttechnologie. Hoewel al het gerecycleerd water geschikt is voor menselijke consumptie, wordt het enkel gebruikt in de toiletten, de douches en de wasmachines. Het overige gezuiverde water, zo'n 40%, wordt afgevoerd via een spleet tussen het ijs en de rots waarop het station gebouwd is. Het station genereert water via een sneeuwsmelter die werkt op zonne-energie.

Aan de basis van de toren in een technische ruimte bevinden zich twee opvangvaten die het afvalwater door middel van de zwaartekracht opvangen:

- De bovenste vangt het zwarte of meest vervuilde water op, afkomstig van de toiletten. Deze brei wordt eerst vloeibaar gemaakt door wrijving. Vervolgens wordt het naar de aërobe reactor gepompt.

- De onderste tank vangt het grijze of licht vervuilde water op, afkomstig van de douches, was- en vaatwasmachines en de keukens. Deze is gekoppeld aan een externe pomp om de vloeistof, vrij van partikels, naar de aërobe bioreactor te pompen.

In de aërobe bioreactor breken micro-organismen de organische bestanddelen uit het grijze en zwarte water af. Om een optimale aërobe vertering te krijgen, wordt de bioreactor op kamertemperatuur gehouden (25-30°C) en wordt zuurstof zowel in het slib als aan de basis van de filter via een beluchtingssysteem aangevoerd. Deze beluchting bevordert de afbraak van afvalstoffen en het verwijderen van stikstof. De gassen die geproduceerd worden via het ventilatiesysteem van het station verwijderd.

Na de biologische zuivering wordt het filtraat over een organisch membraan van een **nanofilter**⁵ gepompt, waarna het doorheen actieve kool filters loopt. Actieve kool bevat kleine poriën en zakjes, die gemakkelijk door polluenten opgevuld kunnen worden, volgens een proces dat **adsorptie**⁶ genoemd wordt. Hierdoor worden de overblijvende afvalstoffen verwijderd en de vloeistof ontkleurd. Aan de top van de kolom bevindt zich een filter om de koolpartikels en andere vaste stoffen te verwijderen. Voor alles gestockeerd wordt in een onder het dak gelegen tank, wordt de zuurtegraad gereguleerd en indien nodig aangepast door een zuur/basisch middel toe te voegen. Het gerecycleerd water wordt tenslotte, vooraleer weer in omloop te brengen gedesinfecteerd door UV-belichting en chlorering. Hierbij worden de celkernen van micro-organismen gemodificeerd, waardoor deze uitgeschakeld worden.

Het laatste restje niet-afbreekbaar afval wordt in een reservoir in de garage bewaard om op het einde van het seizoen weggevoerd te worden.

Het volledige afvalwaterzuiveringssysteem staat op verschillende niveaus in verbinding met een computer om temperatuur, pH, volume, O₂-hoeveelheid... te controleren en te regelen. Dagelijks wordt de waterkwaliteit getest aan twee wasbakken, door zowel de concentratie aan nitraat, nitriet, sulfaat als chloride te meten. Of het water al dan niet nog verontreinigd is, wordt gecontroleerd door het bepalen van de chemische zuurstofbehoefte (COD) op het moment dat het effluent de bioreactor verlaat.

Om de levensduur te maximaliseren, is onderhoud vereist. Elk seizoen moet de actieve kool vervangen worden en op regelmatige intervals moeten de bioreactoren gereinigd worden met water en speciale

⁵ Een nanofilter is een filter met een porositeit van 1/1000e mm

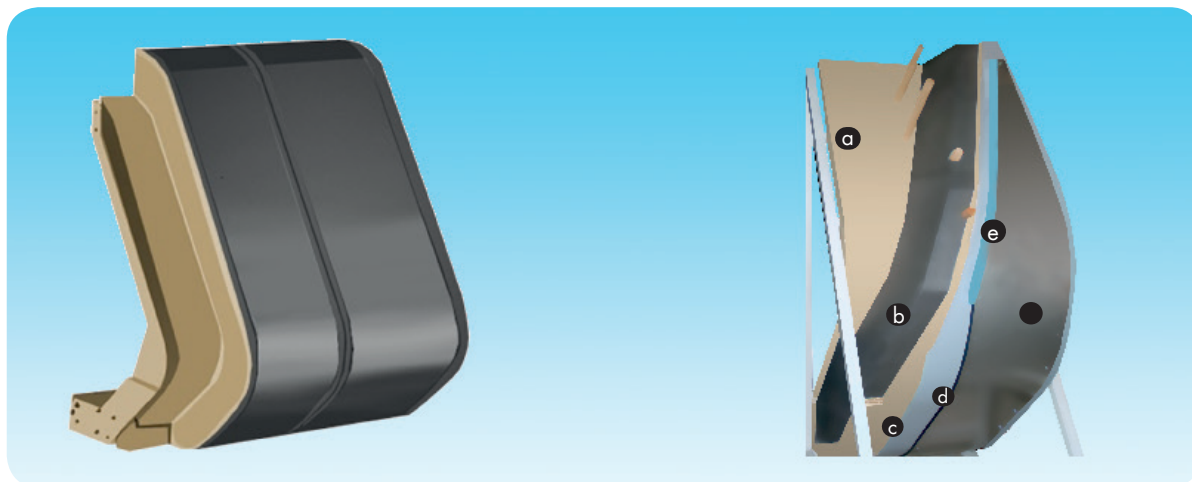
⁶ Adsorptie = proces waarbij een opgeloste stof uit het water verwijderd wordt door middel van een vaste stof

reinigingsmiddelen. Ook de filters dienen geregeld gereinigd te worden.

Door hout te gebruiken als dragende structuur worden bovendien **koudebruggen**⁷ beperkt. Door deze constructie bereikt de VOLLEDIGE schil van het station een U-waarde van $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$.

THERMISCHE ISOLATIE

Wanden



Figuur 14: Een doorsnede uit de schil van het PEA-station

Een goede thermische isolatie van de muren, het dak en de ramen is nodig. De mate van isolatie wordt uitgedrukt met de U-waarde. Deze drukt de hoeveelheid warmte uit die per seconde, per m^2 en per graad temperatuurverschil tussen de ene en de andere zijde van een constructie doorgelaten wordt. Zo bedraagt de gemiddelde U-waarde van een passiefhuis maximaal $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Of deze U-waarde al dan niet bereikt wordt, hangt sterk af van het gekozen materiaal en de dikte van de muren. Zo zal een betonnen muur met een dikte van 15,8 m moeten bedragen opdat een U-waarde van $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ zou bekomen worden. Stro daarentegen isoleert beter. Een strooien muur van 0,41 m dikte is voldoende om diezelfde U-waarde te halen. Natuurlijk kunnen ook combinaties van materialen toegepast worden.

In een klassiek huis bedraagt de gemiddelde dikte van de isolatielaag ongeveer 12 tot 16 cm, terwijl de dikte van de isolatie in een passiefhuismuur ongeveer 30 cm bedraagt. Deze afmetingen zijn sterk afhankelijk van zowel het type isolatiemateriaal als het materiaal waarmee de muren gebouwd worden.

Het station heeft een houten skelet bedekt met negen lagen die een thermische grens vormen tussen de binnen- en buitenkant. De koude moet aldus eerst een sterk geïsoleerde wand van ongeveer 53 cm doordringen, eer ze de binnenkant kan bereiken.

- wollen vilt (geplakt tegen de volgende laag d.m.v. velcro) als afwerkingslaag;
- aluminium folie waterdampschil (kleine poriënbarrière) om te voorkomen dat vocht van de binnenkant in het hout kan dringen;
- kraft papier (zeer stevig papier vervaardigd uit Abaca (*Musa textilis*), een bananensoort);
- 74 mm-dikke gelijmd-gelamelleerd sparrenhouten laag (a);
- 400 mm-dikke grafiet geladen polystyreen laag met lage dichtheid (voornaamste isolatielaag) (b);
- 42 mm-dikke gelijmd-gelamelleerd sparrenhouten laag (c);
- 3 mm-dikke resistentielaag, en tegelijkertijd een waterdichtingslaag op het hout, om te voorkomen dat vocht van buiten naar binnen kan (d) (EPDM-laag);
- 5 mm-dikke schuimlaag met gesloten cellen (e);
- 1,5 mm dikke roestvrij stalen plaat (f).

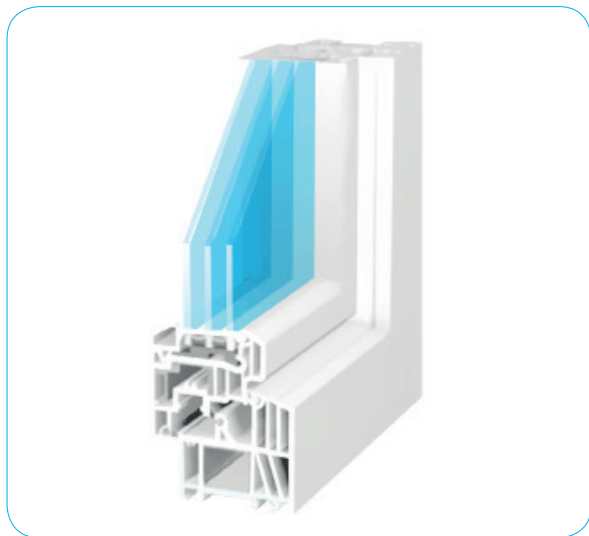
De thermische isolatie wordt gerealiseerd door een laag van polystyreen op basis van grafiet, wat de isolerende waarde aanzienlijk verhoogt.

Een nuttig neveneffect van deze robuuste duurzame constructie is dat het geheel bovendien heel resistent is tegen de heersende krachtige windsnelheden die tot 300 km/u kunnen oplopen.

Ramen

⁷ Een **koudebrug** is een plaats waarlangs kou in een voor de rest overigens geïsoleerde ruimte kan binnendringen, of warmte kan ontsnappen.

Terwijl in een klassiek huis dubbel glas gebruikt wordt, zullen in passiehuizen ramen met driedubbele beglazing gebruikt worden. Twee van de drie glazen zijn bedekt met een warmtereflecterend materiaal. Teruggekaatste lichtstralen (nu onder de vorm van infrarood licht en dus warmte) worden door dergelijk materiaal terug in het passiehuis gebracht (vergelijkbaar met de werking van een serre). De ramen moeten eveneens luchtdichte afsluitingen en speciaal ontworpen vensterkaders hebben. Als extra isolerende maatregel wordt de ruimte tussen de glazen gevuld met Argon of Krypton. Zo wordt de U-waarde van de ramen verhoogd tot maximaal 0,8 W/m².K.



Figuur 15: Een passiehuisraam met een speciale kader

De ramen in het station bestaan uit 2 ruiten met elk een driedubbele beglazing. De driedubbele beglazing is speciaal in dat opzicht dat de middelste glasplaat vervangen is door een zonnefilter. Beiden ruiten zijn van elkaar gescheiden door een 400 mm brede met lucht gevulde spouw. Het glas, dat in contact staat met de buitenwereld, is vervaardigd uit gewapend glas. De druk tussen beide dubbelglazen is via een luchtdrukventiel regelbaar.



Figuur 16: De ramen bestaan uit 2 ruiten met elk een driedubbele beglazing.

LUCHTDICHTHEID

Lucht heeft slechts enkele millimeters nodig om zich ergens tussen te wringen en een koude tocht te veroorzaken. Om dit te vermijden is het belangrijk alle potentiële openingen of koudebruggen af te sluiten. Koudebruggen bevinden zich voornamelijk ter hoogte van de vensterkaders en daar waar muren en vloeren elkaar kruisen.

Of er nu een gewoon huis of een passiehuis gebouwd wordt, belangrijk is dat het gebouw luchtdicht gemaakt wordt, niet alleen om energie te besparen, maar ook omwille van menselijk comfort en het voorkomen van schimmels. Indien geen luchtdichte laag zou geïnstalleerd worden, zou condensatie in de muren kunnen optreden, met beschadiging als gevolg. Om een goed luchtdicht huis te bouwen, is het belangrijk de volledige oppervlakte van het huis met één luchtdichte folie langs de binnenkant van de isolatielaag te plaatsen. In sommige gevallen wordt nog een extra luchtdichte laag aan de buitenkant van de isolatielaag geplaatst.

Openingen kunnen ook vermeden worden door zo min mogelijk deuren te plaatsen en de deuren te voorzien met speciale scharnieren en dichtingen.

Het station is opgebouwd uit verschillende modules, die elk afzonderlijk aan elkaar gemonteerd zijn, zoals een slotsleutel systeem. Alle naden tussen die muurmodules zijn ook zo gedicht dat lucht er niet

door kan. Om gevaar voor luchtlekken ten allen tijden te vermijden wordt preventief een isolerend schuim tussen de twee muurmodules aangebracht. Een dunne EPDM-laag⁸ in de muren zorgt eveneens voor een luchtdichte schil rond het station.

De ramen worden afgedicht met siliconen die speciaal gekozen werden omdat ze bestand zijn tegen ultraviolette straling, een permanente elasticiteit hebben en een lange levensduur bieden.

Ook zijn er weinige deuren, namelijk één in de toren en twee in het dak. De deuren naar de garages onderaan de toren en een noodluik onderaan de basis worden gesloten met speciale robuuste scharnieren.

Samenvattend:

Een uitmuntende thermische isolatie, een regelbare ventilatie met tegenstroomwarmtewisselaars om warmte te recupereren en luchtdichtheid werden allen

sterk uitgewerkt in het algemene concept van het station en zijn vergelijkbaar met de passiefhuisaspecten. De bedenkers van het station gingen zelfs een stapje verder om het geheel te optimaliseren: de U-waarden werden veel lager gehouden en het ventilatiesysteem zorgt niet alleen voor de aanvoer van verwarmde verse maar ook van bevochtigde lucht. Ook worden zowel de zonne- als de windenergie op een optimale manier gebruikt. Door gebruik te maken van een smart grid wordt de energie in het station slim beheert. In één aspect verschilt het station volledig van een passiefhuis: om oververhitting te voorkomen, wordt het grootste raamoppervlakte niet aan de zonnigste kant geplaatst.

Samen met het water dat 100% gerecycleerd wordt, maakt dit alles van het station een duurzaam energiebesparend, tot zelfs een 'zero emission' station. Het Princess Elisabeth Station kan dus beschouwd worden als een vooruitstrevende vorm van het passiefhuis, waarvan het technisch kantje zonder twijfel ook toegepast kan worden in het huis van morgen: jouw huis!!

⁸ EPDM staat voor Ethyleen Propreen Dieen Monomeer, de chemische bestanddelen waarmee het materiaal vervaardigd is.

OPVOEDENDE NOOT

1) NOOT AAN DE LEERKRACHT

Het Princess Elisabeth Antarctica Station wordt ook wel eens het eerste 'zero emissie' station genoemd. Maar hoe wordt dit gerealiseerd? Deze vraag werd ons herhaaldelijke malen gesteld en de antwoorden kunnen gevonden worden in dit dossier 'Het technische kantje van het Princess Elisabeth Station'. Veel van de technologieën geïnstalleerd in het station kunnen gekoppeld worden aan activiteiten voor jongeren. Enkele van deze activiteiten kunnen in dit dossier gevonden worden.

2) EINDTERMEN

Verskillende aspecten uit de lessen natuurwetenschappen en technische opvoeding kunnen toegepast worden:

Techniek

De leerlingen kunnen voor het eerst kennis maken met techniek en erover reflecteren. Ze kunnen enkele manieren van opwekking, omvorming en gebruik van energie illustreren, evenals milieu-effecten van recyclen, hergebruiken en wegwerpen. Daarnaast kunnen ze ook enkele technische begrippen verwerven en onderdelen van een technisch systeem met behulp van een eenvoudig schema (stuklijst en/of symbolen) aanduiden.

Natuurwetenschappen

Al onderzoekend leren de leerlingen de basisprincipes van een windmolen, een zonnecel... Hierbij zijn ze in staat de experimenten of waarnemingen in klassituaties met situaties uit de leefwereld te verbinden. Ze kunnen eveneens de wisselwerking tussen de natuurwetenschappen, de technologische ontwikkeling en de leefomstandigheden van de mens met een voorbeeld illustreren.

Tijdens het uitvoeren zijn de leerlingen bereid om samen te werken en houden ze zich aan de instructies en voorschriften bij het uitvoeren van opdrachten.

Ze kunnen ook informatie op gedrukte en elektronische dragers raadplegen en verwerken en het belang van 'duurzame ontwikkeling' aantonen.

De effecten van de interactie tussen elektromagnetische straling en materie beschrijven aan de hand van verschijnselen zoals het foto-elektrisch effect en elektromagnetische spectra.

Natuurlijk komen ook vakoverschrijdende eindtermen aan bod: ICT, leren leren, milieueducatie en sociale vaardigheden.

3) VOORGESTELDE ACTIVITEITEN

(ZIE OOK WERKBLAADJES VOOR DE LEERLINGEN)

1) Duurzame ontwikkeling en het passiefhuis

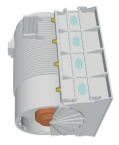
Duur: 1 à 2 lesuren

Doelgroep: 2^e en 3^e graad

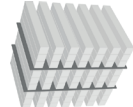
Vak: Natuurwetenschappen

Doel: De leerlingen kunnen enkele technische begrippen verwerven en onderdelen van een technisch systeem met behulp van een eenvoudig schema aanduiden.

Nooddieselgeneratoren



Batterijen



Huishoudapparaten



2 Fotovoltaïsche zonnepanelen



Windmolens

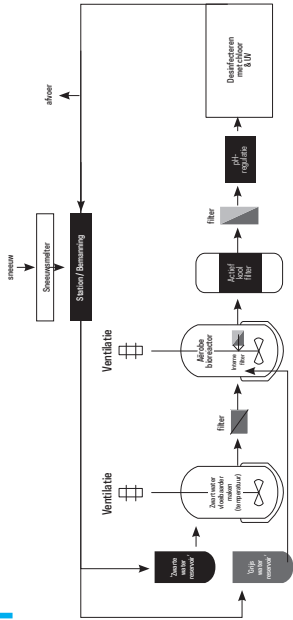


4 Thermische zonnepanelen



Duurzame ontwikkeling

Duurzaam Waterbeheer



Duurzame Energie

Productie

Stockering

Consumptie

Passiefhuisaspecten

3 Isolatie



Ventilatie



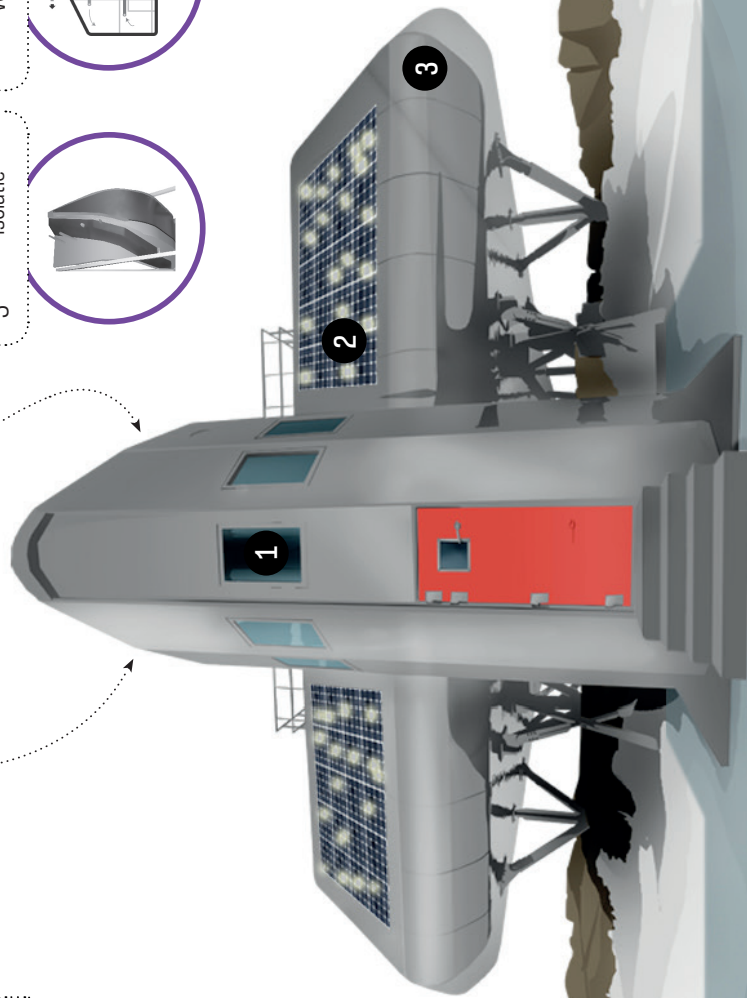
Oriëntatie



1 Luchtdichtheid



4



2) Zelf een windmolen bouwen

Duur: 1 à 2 lesuren

Doelgroep: 1e graad

Vak: Natuurwetenschappen, techniek

Doel: De leerlingen zijn in staat de experimenten of waarnemingen in klassituaties met situaties uit hun leefwereld te verbinden. Tijdens het uitvoeren zijn de leerlingen bereid om samen te werken en houden ze zich aan de instructies en voorschriften bij het uitvoeren van opdrachten.

Wat neem je waar? En verklaar.

Het LED-lampje gaat branden. De bladen van de schroef zijn allen in dezelfde richting gebogen. De wind duwt de bladen en verplicht ze in een welbepaalde richting te bewegen, in functie van hun inclinatie. Dit doet de schroef draaien, evenals de as van de motor. De draaiing van de motoras doet op haar beurt de spoel met koperdraad in de motor draaien. De beweging staat in verbinding met de elektrische draden en veroorzaakt erin een elektrische stroom doorheen het LED-lampje.

BRON: Energiedoo's - WWF

- Energieonderzoek Centrum Nederland/Energy research Centre of the Netherlands (ECN) - <http://www.ecn.nl/wind/extra/for-kids/> (NL, EN)
- Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) - <http://www.planeetzee.org/HOMEPAGE/homepage.html> (NL) door op "4" te klikken en vervolgens op "Contacteer de Zeeleeuw".
- Re-energy.ca - Renewable Energy Project - http://www.re-energy.ca/ti_windbuild-1.shtml (EN)

3) Activiteiten gelinkt aan zonne-energie

Duur: 1 à 2 lesuren

Doelgroep: 2e en 3e graad

Vak: Natuurwetenschappen, technische opvoeding

Doel: De leerlingen zijn in staat de experimenten of waarnemingen in klassituaties met situaties uit hun leefwereld te verbinden. Tijdens het uitvoeren zijn de leerlingen bereid om samen te werken en houden ze zich aan de instructies en voorschriften bij het uitvoeren van opdrachten.

Zelf een zonnecel maken

- Sol Ideas Technology Development - <http://www.solideas.com/solrcell/bldcell.html> (EN, FR, NL, D, E, R, J, CH)

Zelf een zonne-BBQ/oven maken

- Technopolis - http://www.technopolis.be/content/user/File/Energie%20eerste%20graad%20SO_pdf.pdf (NL)

BRONNEN

WEBSITES

Algemeen

- <http://www.antarcticstation.org/> (NL, FR, EN) - Het persdossier geeft een schat aan informatie
- <http://www.duurzame-energie.nl/> (NL) - Alles over duurzame energie
- <http://domsweb.org/ecolo/index.php> (FR) - Overzicht van alternatieve energiebronnen
- <http://www.ode.be/> (NL) - Organisatie voor Duurzame Energie
- <http://www.energiesparen.be/> (NL) - Alles om op een energiezuinige manier te leven

Windenergie

- <http://www.provenenergy.co.uk/> (EN, FR, DE) - Leverancier van de windmolens
- <http://www.planeetzee.org/K3/index.html> (NL) - Educatief project uitgewerkt door het Vlaams Instituut voor de zee (VLIZ)
- <http://www.bwea.com/> (EN) - The British Wind Energy Association
- <http://www.ewea.org/> (EN) - European Wind Energy Association
- <http://www.vwea.be/> (NL) - Vlaamse WindEnergie Associatie
- <http://www.gwec.net/> (EN) - The Global Wind Energy Council

Zonne-energie

- <http://www.kyocera.eu/> (EN) - Leverancier van de fotovoltaïsche zonnepanelen
- <http://www.epia.org/> (EN) - European Photovoltaic Industry Association
- <http://www.pvresources.com/> (EN) - Alles over fotovoltaïsche systemen
- <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/solarcell/> (EN) - Animatie over hoe een zonnecel werkt
- <http://science.nasa.gov/headlines/y2002/solarcells.htm> (EN) - Werking fotovoltaïsche cel

Waterzuivering

- <http://www.epas.be/> (NL, EN) - Leverancier van het waterzuiveringssysteem
- <http://www.lenntech.com/> (NL, FR, EN, DE, E, I, PL) - Water- en luchtzuivering

Passiefhuis

- <http://www.lamaisonpassive.be/> (FR)
- <http://www.passiefhuisplatform.be/> (NL, FR, EN)



◻ Geschiedenis ◻ Talen ◻ Aardrijkskunde ● Natuurwetenschappen ◻ Technische Opvoeding

Het technische kantje van het Princess Elisabeth station!

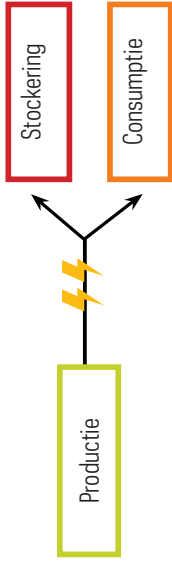
DUURZAME ONTWIKKELING EN HET PASSIEFHUIS

Vul het onderstaande schema aan, gebruik makende van verschillende bronnen: boeken, documentaires, Internet...

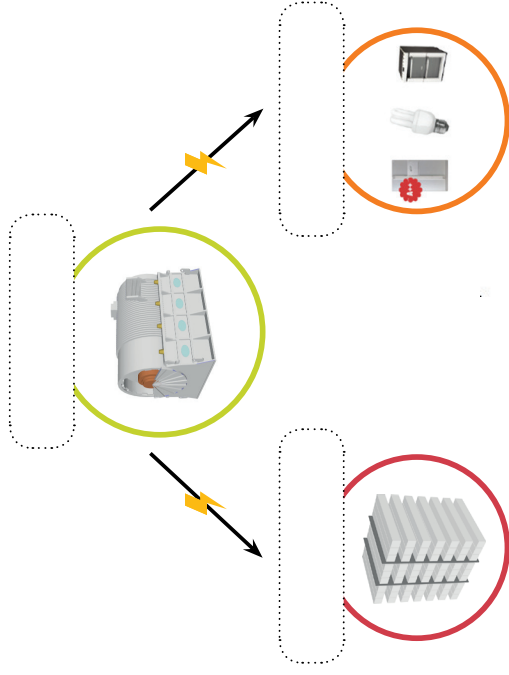
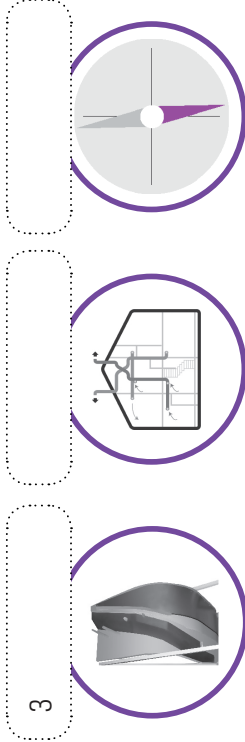
Duurzame ontwikkeling

Duurzaam Waterbeheer

Duurzame Energie



Passiefhuisaspecten



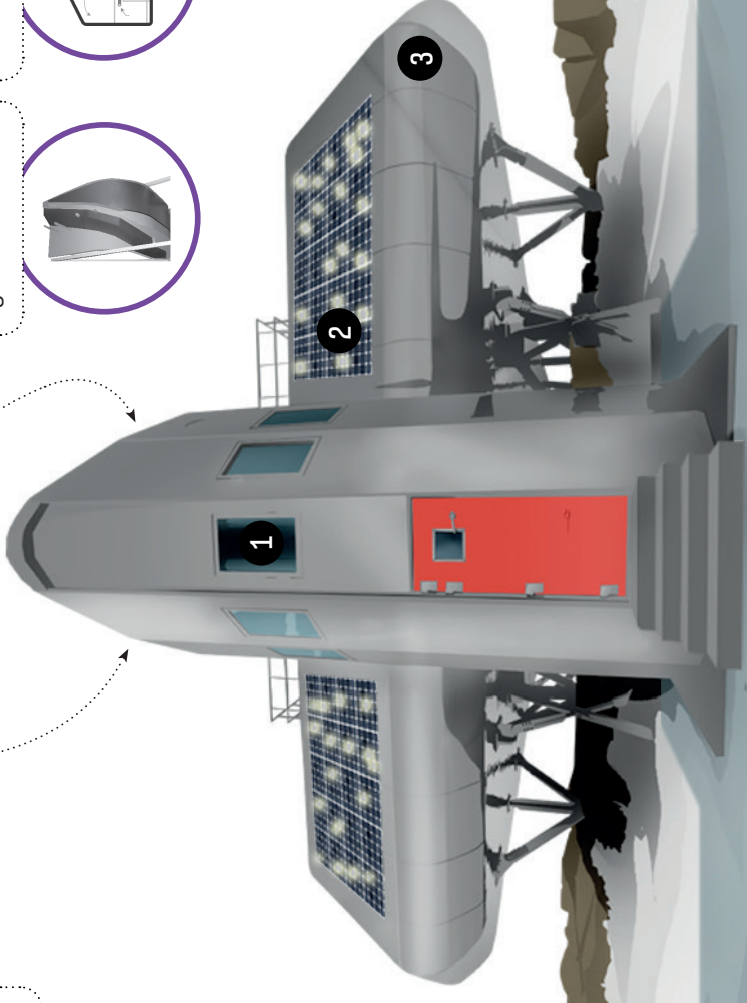
Download

4

2

4

1





◻ Geschiedenis ◻ Talen ◻ Aardrijkskunde ● Natuurwetenschappen ● Technische Opvoeding

Het technische kantje van het Princess Elisabeth station

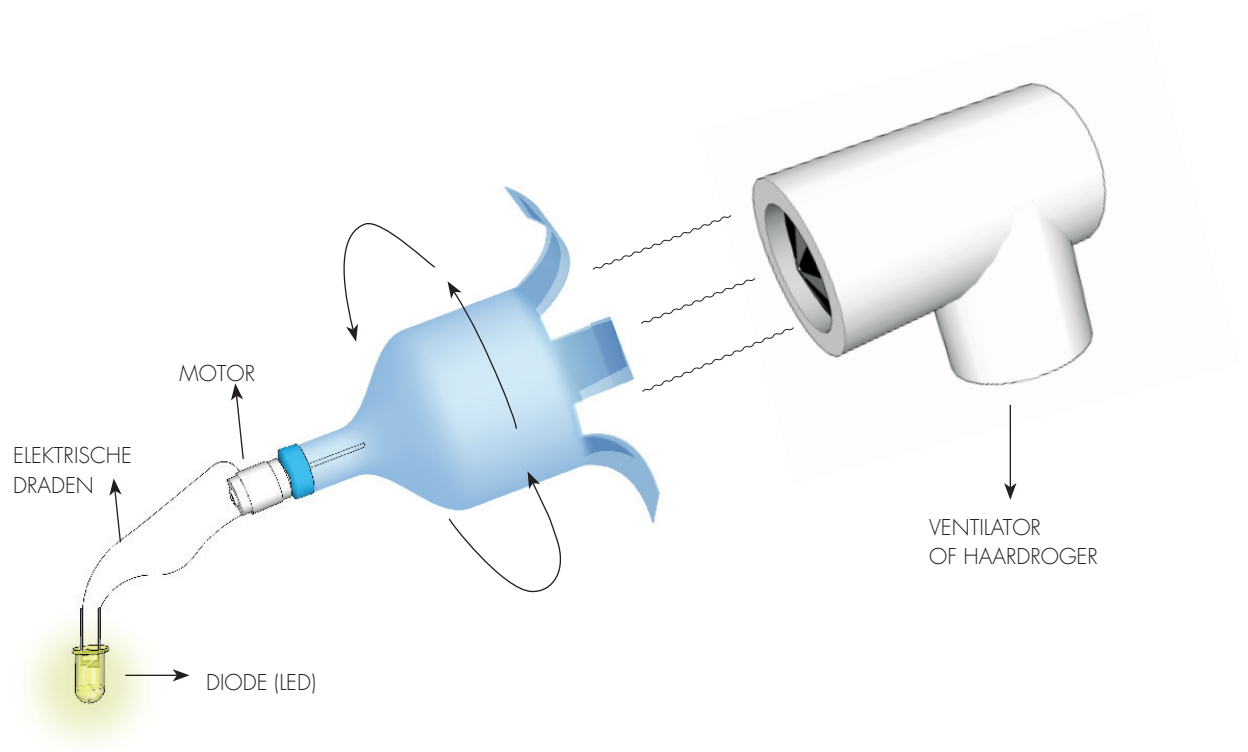
ZELF.EEN.WINDMOLEN.BOUWEN.

Benodigheden

- Een klein elektrisch motortje
- Twee stukken elektrische draad
- Een led (van het Engelse light-emitting diode) van 1,5 Volt
- Een plastieken fles van 1,5 liter en dop (kies een fles waarvan het plastic redelijk stevig is)
- Een ventilator of haardroger
- Een schaar
- Een passer
- Een kleine nagel/spijker

Het experiment

- 1) Knip de bodem van de fles met de schaar af. Maak vijf insnijdingen van ongeveer 6 cm, zoals aangeduid op de tekening. Plooi de bladen naar de buitenkant.
- 2) Door middel van de scherpe punt van de passer, maak een gaatje in het midden van de dop. Verbreed het gaatje met de spijker, en wring de dop op de as van de motor.
- 3) Leg de uiteinden van de elektrische draden bloot en verbind het ene uiteinde met de LED en de andere met de motor.
- 4) Sluit de ventilator of de haardroger aan en hou de schroef recht tegenover de luchtstroom. Bekijk het LED-lampje. Indien niets gebeurt, wissel de elektrische draden om ten opzichte van de takken van het LED-lampje.



Als de wind sterk genoeg is, kan je de opstelling eveneens uittesten in de vrije natuur.

Wat neem je waar? En verklaar.
