

Efficiëntere zonnepanelen

Plan van aanpak



Oktober 2023, Calandlyceum Amsterdam

Mohamed el Idrissi, Hajar Abidallah, Jorden Go, Marisa van der Weerd en Robin Koirala

zonnestudie.nl

caland
lyceum

Informatiepagina

Acteurs:

Mohamed el Idrissi (17 jaar) – klas 6v2 – leider

Jorden Go (17 jaar) – klas 6v2

Hajar Abidallah (18 jaar) – klas 6v2 – waarnemend leider.

Marisa van der Weerd (18 jaar) – klas 6v2

Robin Koirala (17 jaar) – klas 6v1

Docent:

T. Hak, Technator en O&O docent

thak@calandlyceum.nl

Opdrachtgever:

Aram Leeuw, freelance brand experience design.

Expert:

Wouter Konings, design director, Consumer Electronics Design + R&D partner for start-ups and multinationals.

Data:

Dit project loopt van 14 september 2023 tot 7 maart 2023

Samenvatting

Wij mogen voor onze meesterproef een opdracht doen voor Zonnestudie.nl. Wij gaan namelijk een nieuw en verbeterd ontwerp maken voor zonnepanelen op daken en gevels. Hierbij houden we in het bijzonder rekening met bezonning en beschaduwning. Om ons ontwerp zo goed mogelijk te kunnen maken gaan wij eerst uitgebreid onderzoek doen naar de verschillende soorten zonnepanelen van vandaag en hoe deze worden beïnvloed door schaduw. In dit Plan van Aanpak (PvA) beschrijven wij precies hoe we dit project gaan aanpakken. We verdelen het project in verschillende deelopdrachten (deliverables). Deze staan uiteraard beschreven in dit PvA. Als afsluiting van ons project leveren wij op 29 februari een eindrapport in, waarin ons hele proces staat beschreven. Tenslotte zullen wij een eindpresentatie geven op 7 maart om 19:00 tijdens de meesterproefavond.

Inhoudsopgave

Informatiepagina	2
Samenvatting	3
§1. Inleiding	6
§2. Opdrachtgever en expert	7
§3. Opdracht	8
§3.1 Probleemstelling	8
§4. Vooronderzoek	8
§4.1 Zon	9
§4.1.1 Gegevens	9
§4.1.2 Structuur	10
§4.1.2.1 Kern	10
§4.1.2.2 Stralingszone	13
§4.1.2.3 Convectiezone	13
§4.1.2.4 Fotosfeer	14
§4.1.2.5 Chromosfeer	14
§4.1.2.6 Corona	14
§4.2 Zonnepanelen	15
§4.2.1 Wat zijn zonnepanelen?	15
§4.2.2.1 Zonnepaneel	15
§4.2.2.2 Omvormer	16
§4.2.2.3 Stroomkast	16
§4.2.3 Factoren voor de opbrengst	16
§4.2.3.1 Aantal zonnepanelen	16
§4.2.3.2 Weeromstandigheden	17
§4.2.3.3 Tempratuur	17
§4.2.3.4 Zonuren	17
§4.2.3.5 Positie van zonnepanelen	17
§4.2.3.6 Richting van het zonnepaneel	18
§4.2.3.7 Hellingshoek	18
§4.2.4 Voor- en nadelen	18
§4.2.4.1 Voordelen	18
§4.2.4.2 Nadelen	19
§4.2.5 Eisen	19

§4.2.6 Varianten	20
§4.2.6.1 Monokristallijn zonnepanelen	20
§4.2.6.2 Polykristallijn zonnepanelen.....	20
§4.2.6.3 Amorf zonnepanelen.....	21
§6 Eisen en wensen	21
§6.1 Programma van eisen	21
§6.2 Wensen	22
§7 Deliverables.....	22
§7.1 Planning	23
§7.2 Onderzoek	23
§7.3 Concept:	23
§7.3.1 Brainstormen	23
§7.3.2 Berekeningen aan concepten.....	24
§7.4 Programma van eisen en wensen.....	24
§7.5 Go/no go moment.....	24
§7.6 Uitwerking concept.....	24
§7.7 Eindrapport	25
§8 Proces en afronding.....	25
§9 Literatuurlijst	26
§10 Bijlage.....	30

§1. Inleiding

Nederland verduurzaamt. In het Klimaatakkoord staat dat Nederland in 2050 een klimaat neutrale samenleving is.¹ Om dit te bereiken, is het essentieel dat we in staat zijn om voldoende duurzame energie, zoals zonne-energie, te genereren.

Nederland is koploper in zonne-energie binnen Europa; nog nooit was de groei van het aantal zonnepanelen zo hoog als in het afgelopen jaar.² De uitdaging waar we nu voor staan is de beschikbare ruimte voor zonnepanelen. Er is veel oppervlak nodig om op elk moment voldoende zonne-energie op een betaalbare en acceptabele manier op te wekken.³ Daarom is het cruciaal dat we de ruimte die we wel hebben zo goed mogelijk benutten.

Schaduw op zonnepanelen kan bijvoorbeeld aanzienlijke negatieve impact hebben op hun prestaties en energieopwekking. Hoewel zonnepanelen ontworpen zijn om zonlicht om te zetten in elektriciteit, kunnen schaduw omstandigheden leiden tot verminderde efficiëntie en kunnen in sommige gevallen zelfs schade veroorzaken. Het is daarom essentieel om schaduwvorming op zonnepanelen zoveel mogelijk te vermijden. Bij het ontwerpen en installeren van zonnepanelen moet er dus rekening worden gehouden met mogelijke schaduwproblemen om de optimale prestaties en levensduur van het systeem te waarborgen.

1 Aardgasvrij. (2023, 13 septmeber). RVO.nl. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/aardgasvrij>

2 Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2023, 7 juli). Ruimte voor zonne-energie. Nieuwsbericht | Rijksoverheid.nl. <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2023/07/06/ruimte-voor-zonne-energie>

3 TNO-blik op 2030: Elk oppervlak benutten voor opwekken zonne-energie. (2001, 8 november). tno.nl/nl. <https://www.tno.nl/nl/newsroom/insights/2023/08/blik-2030-zonne-energie/>

§2. Opdrachtgever en expert

Onze opdrachtgever is het bedrijf Zonnestudie, opgericht in 2006. Onze contactpersoon is de heer Aram Leeuw, tevens de oprichter van Zonnestudie. De heer Leeuw heeft zijn opleiding gedaan aan de faculteit Industrieel Ontwerpen aan de Technische Universiteit Delft en heeft meer dan 25 jaar ervaring als architectonisch ontwerper. Hij heeft buiten dit bedrijf ook meerdere bedrijven zoals bijvoorbeeld een freelance brand experience design bedrijf.

De inspiratie voor de oprichting van Zonnestudie ontstond toen de heer Leeuw zelf een nieuwbouwhuis aanschafte en nieuwsgierig was naar de zonlichtinval en schaduwvorming op zijn woning. Met behulp van gespecialiseerde CAD-software voerde hij een zonnestudie uit voor zijn huis. Een zonnestudie is een visuele weergave van de zonlichtinval en schaduwwerking bij de planning van nieuwbouw, opbouw of uitbouw projecten. Toen dit bekend werd, ontving hij al snel verzoeken van anderen om zonnestudies uit te voeren. Na veel interesse en verzoeken heeft hij besloten om Zonnestudie op te richten om geïnteresseerde mensen te kunnen helpen met het maken van zonnestudies voor hun huizen.

Voor onze meesterproef dit jaar hebben we ook een expert nodig, iemand die gespecialiseerd is in het onderwerp van de opdracht. Voor ons project is dat de heer Wouter Konings, die industrieel productontwerp heeft gestudeerd en een eigen design bedrijf heeft. Onze opdrachtgever heeft hem aangewezen als onze expert en hij zal ons begeleiden tijdens het project wanneer wij bijvoorbeeld vragen tegenkomen waar we zelf geen antwoord op hebben.



Figuur 1: De opdrachtgever, Aram Leeuw



Figuur 2: De expert, Wouter Konings

§3. Opdracht

Zonnepanelen zijn een duurzame bron van hernieuwbare energie, maar hun efficiëntie is afhankelijk van de hoeveelheid zonlicht die ze ontvangen. Als een zonnepaneel telkens op een vaste positie staat, kunnen ze echter niet goed worden belicht, dit komt natuurlijk doordat de zon beweegt. Hierdoor is er maar een beperkte tijd per dag goede belichting. Om de opbrengst van zonnepanelen te maximaliseren, is het natuurlijk van belang om de belichtingstijd gedurende de dag te optimaliseren. Meneer Leeuw heeft ons hierbij de opdracht gegeven om een systeem te ontwerpen dat de belichtingstijd van zonnepanelen zo veel mogelijk verlengt. Zo kan er meer gebruik gemaakt worden van zonne-energie en zullen zonnepanelen nog meer zorgen voor een duurzamere wereld.

Het uiteindelijke doel van deze opdracht is om een goede oplossing te ontwikkelen, die de belichtingstijd van zonnepanelen verlengt en daardoor de energieopbrengst verbetert. We zullen hierbij uiteindelijk een prototype maken, waar al onze ideeën in zijn verwerkt. Dit prototype zal moeten aantonen dat het ontwerp haalbaar en realistisch is.



Figuur 3: Zonnepaneel op een dak.

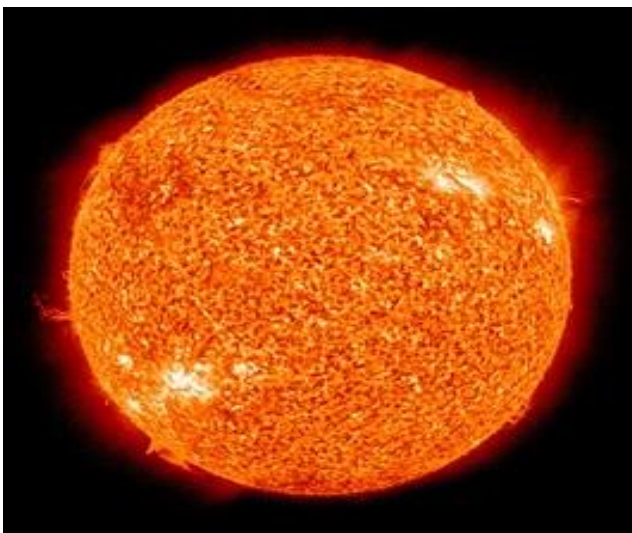
§3.1 Probleemstelling

Hoe kunnen wij ervoor zorgen dat zonnepanelen optimaal belicht kunnen worden en welke bestaande en niet bestaande technieken kunnen wij hiervoor gebruiken?

§4. Vooronderzoek

§4.1 Zon

De zon is onze nabijste ster en het centrale punt van ons zonnestelsel. Sterren ontstaan uit enorme gas- en stofwolken in de ruimte. Zonder de zon zou leven op aarde niet mogelijk zijn, omdat een groot deel van de warmte in de aardatmosfeer afkomstig is van de zon. Onze zon ontstond ongeveer 4,59 miljard jaar geleden en bevindt zich nu halverwege zijn levenscyclus. De zon is momenteel een gele dwergster en bestaat voornamelijk uit waterstof en helium.⁴ Door de hoge temperaturen en druk in de kern van de zon vindt kernfusie plaats, wat resulteert in de afgifte van energie in de vorm van straling. Wanneer je naar de zon kijkt, kun je op het oppervlak zonnevlekken waarnemen. Over een periode van ongeveer 5 miljard jaar zal de zon evolueren tot een witte dwerg.⁵ Gedurende dit proces zal de aarde uiteindelijk onbewoonbaar worden, omdat de levenscyclus van de zon een impact zal hebben op de omstandigheden op onze planeet.



Figuur 4: De zon

§4.1.1 Gegevens

De zon heeft een massa van ongeveer $1,989 \times 10^{30}$ kg. De massa van de aarde is $5,9722 \times 10^{24}$ kg. De massa van de zon is gelijk aan 332.946 maal de massa van de aarde. Alleen de massa van de zon is al 98% van het volledige zonnestelsel. De straal van de zon is ongeveer 700.000 km. Dat betekent dat de diameter van de zon 1.400.000 km is. Dit is bijna niet te vergelijken met de diameter van de aarde

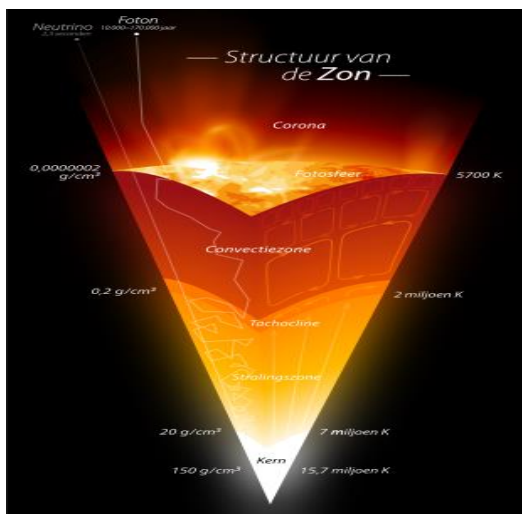
⁴ Woolfson, M. M. (2000). The origin and evolution of the solar System. *Astronomy & Geophysics*, 41(1), 1.12-1.19. <https://doi.org/10.1046/j.1468-4004.2000.00012.x>

⁵ Sun: Facts - NASA Science. (z.d.). <https://science.nasa.gov/sun/facts/>

(12.000 km). De diameter van zon is gelijk aan 109 maal de diameter van de aarde. Dit geeft weer hoe groot de zon is vergelijken de aarde. De afstand van de zon tot de aarde heeft een apart eenheid. Dit noemen wij de astronomische eenheid (AE). 1 AE staat gelijk aan ongeveer 150 miljoen km. Als je dit gaat bekijken in lichtminuten dan komt dit overeen met 8,317 lichtminuten (dit houdt in dat het zonlicht er 8 minuten en 19 seconde er over doet om de aarde te bereiken). De rotatie aan de evenaar is 25 dagen en aan de polen 36 dagen.⁶

§4.1.2 Structuur

Het is wetenschappers gelukt om de interne structuur van de zon te bestuderen. Ze zijn tot de conclusie gekomen dat de zon te verdelen is in 6 lagen: kern, stralingszone, convectiezone, fotosfeer, chromosfeer en corona.



Figuur 5: De structuur van de zon.

§4.1.2.1 Kern

De kern is het centrale gebied van de zon. Het is ongeveer een vijfde van de zon. De kern van de zon bestaat voornamelijk uit waterstof, ongeveer 74% van de massa.⁷ Doordat dit gedeelte van de zon een hoge dichtheid en temperatuur heeft zijn er kernfusiereacties mogelijk. In sommige vallen heeft de temperatuur waarden van 15 miljoen graden Celsius bereikt. Hierdoor kunnen atoomkernen (waterstof) samensmelten om zo atoomkernen van andere, zwaardere elementen te vormen (helium). Dit hele proces noemen wij de pp-cyclus (de proton-protoncyclus).

⁶ Binas (6de editie). (2013). [Informatieboek]. Noordhoff uitgevers.

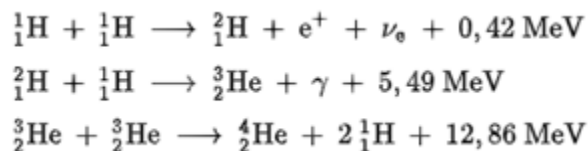
⁷ 21. Het leven van een ster. (z.d.). Astronomie.nl. <https://www.astronomie.nl/21-het-leven-van-een-ster-51>

§4.1.2.1.1 De proton-protoncyclus

Het proces begint met de samensmelting van twee waterstofatomen, wat resulteert in de vorming van deuterium, een deeltje dat bestaat uit één proton en één neutron. Tijdens deze fusie verandert een van de oorspronkelijke protonen in een neutron, en als bijproducten worden een positron (het antideeltje van een elektron, met een positieve lading), een neutrino en een foton vrijgegeven. Het gevormde deuterium kan verder reageren met een ander proton, wat leidt tot de vorming van een isotoop van helium genaamd helium-3, met gelijktijdige afgifte van een foton. Deze reacties vinden op tal van locaties tegelijkertijd plaats in het centrale deel van de zon, waardoor er aanzienlijke hoeveelheden helium-3 atoomkernen beschikbaar zijn.⁸ Nu zijn er drie mogelijke reactiepaden om helium-4 te produceren, het meest voorkomende heliumisotoop in de zon:

1. De ppI-keten:

De ppI-keten is de belangrijkste en de meest voorkomende keten. Het is verantwoordelijk voor 86% van de totale energieproductie. In deze keten smelten twee helium-3-kernen samen tot een helium-4 waarbij de twee overgeblevende protonen vrijkomen en beschikbaar zijn om deel te nemen aan andere reacties binnen de proton-protoncyclus. Bij dit proces komt in totaal 24,68 MeV vrij, oftewel 4×10^{-12} joule.⁹



Figuur 6: Reactie vergelijking van ppI-keten.

2. De ppII-keten

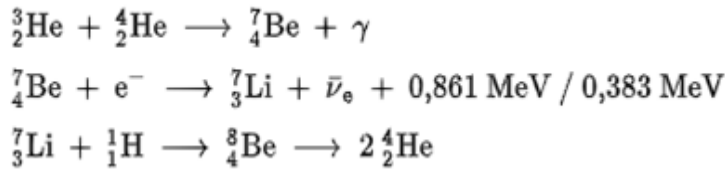
De ppII-keten produceert ongeveer 14% van de totale energieproductie. In dit proces versmelten een helium-3-kern en een eerder gevormde helium-4-kern, wat resulteert in de vorming van beryllium-7, terwijl tegelijkertijd een foton wordt uitgestraald. Beryllium-7 is echter een onstabiele (radioactieve) isotoop en vervalt na gemiddeld 54 dagen door elektronenvangst (het opvangen van een elektron uit de omgeving), waardoor het verandert in lithium-7 en tegelijkertijd een neutrino (is een elektrisch ongeladen subatomair, elementair deeltje) wordt uitgezonden. Vervolgens fuseert het lithium-7 met een deuteriumkern, wat resulteert in de vorming van twee helium-4-kernen.¹⁰

⁸ Nuclear Physics experience. (z.d.).

<http://nupex.eu/index.php?lang=nl&g=textcontent/nuclearanduniverse/originofelements#:~:text=De%20ppI%20keten%20is%20de,reacties%20in%20de%20pp%20Dcyclus>. Zie voetnoot 5

⁹ Zie voetnoot 5

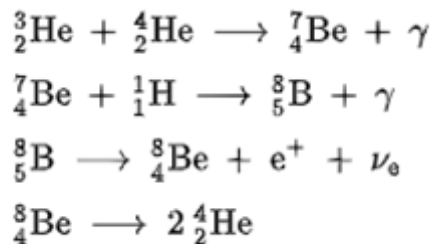
¹⁰ Zie voetnoot 5



Figuur 7: Reactievergelijking van ppII-keten.

3. De ppIII-keten

De ppIII-keten, ten slotte, draagt slechts bij aan 0,02% van de totale energieproductie van de zon. In dit proces smelt het onstabiele beryllium-7 samen met een proton, wat de vorming van boor-8 en de afgifte van een foton mogelijk maakt. Boor-8 is zeer onstabiel en vervalt snel door de uitstoot van een positron en een neutrino, waardoor het isotoop beryllium-8 ontstaat. Beryllium-8 is zelf ook zeer instabiel en valt onmiddellijk uiteen in twee helium-4 kernen.¹¹



Figuur 8: Reactievergelijking van ppIII-keten

§4.1.2.1.2 Gammastraling

De meeste energie wordt vrijgegeven in de vorm van gammastraling. Gammastralingen zijn zeer energierijke elektromagnetische stralingen. Alle soorten elektromagnetische straling kun je verdelen in kleine porties. Zo'n portie heet een foton. Dit betekent dat het foton van een gammastraling een zeer grote hoeveelheid energie.¹² Deze gammastraling in het binnenste van de zon heeft een beperkt bereik. Hierdoor worden herhaaldelijk fotonen geabsorbeerd en vervolgens opnieuw uitgezonden als fotonen met iets lagere energie, wat resulteert in licht en warmte. Het duurt lang voordat deze energie de buitenste lagen van de zon bereikt, waarbij schattingen variëren van 10.000 tot 170.000 jaar.¹³ Uiteindelijk worden deze fotonen in alle richtingen en stralen in de ruimte uitgezonden.

¹¹ Zie voetnoot 5

¹² Natuurkunde.nl - straling. (z.d.). Stichting natuurkunde.nl. <https://www.natuurkunde.nl/vraagbaak/84828/straling>

¹³ Wikipedia-bijdragers. (2023). Zon. Wikipedia. https://nl.wikipedia.org/wiki/Zon#cite_note-Woolfson00-1

§4.1.2.1.3 Zonneneutrino's

Zonneneutrino's zijn subatomaire deeltjes, die ontstaan als bijproduct van de kernfusiereacties in het binnenste van de zon. Het zijn zeer lichte en bijna massaloze deeltjes die elektrisch neutraal zijn en bijna gelijk aan de lichtsnelheid bewegen door het heelal. Hierdoor gaan ze meestal dwars door materie heen zonder enige interactie. Uiteindelijk stralen ze in alle richtingen de ruimte in. Voor de zonneneutrino's duurt het slechts ongeveer 8 minuten om van de kern naar de aarde te reizen.¹⁴ Doordat ze heel zwak zijn kunnen ze ongehinderd op aarde komen.

§4.1.2.1.4 Energieopbrengst

Er wordt ongeveer 700 miljoen ton waterstof per seconde omgezet in ongeveer 695 miljoen ton helium.¹⁵ Er zit hier een verschil in van ongeveer 4.5 miljoen ton materiaal dat wordt omgezet in energie. De vrijgekomen energie wordt uitgestraald in de vorm van gammastraling (fotonen) en neutrino's. De totale energieproductie van de zon bedraagt ongeveer $3,8 \times 10^{26}$ watt (of $3,8 \times 10^{26}$ joules per seconde).¹⁶ Deze totale energieproductie zorgt voor de verwarming en verlichting van de aarde en andere hemellichamen in ons zonnestelsel.

§4.1.2.2 Stralingszone

De stralingszone ligt boven de kern van de zon. De stralingszone begint op ongeveer 0,25 maal de straal van de zon vanaf het centrum en strekt zich uit tot ongeveer 0,7 maal de straal van de zon. De dichtheid is nog steeds hoog in deze zone, maar de temperatuur daalt in deze zone van 7 miljoen kelvin tot 2 miljoen kelvin. Hier vindt vooral de opname en afname van fotonen plaats. De fotonen worden getransporteerd door middel van een proces genaamd diffusie.¹⁷

§4.1.2.3 Convectiezone

De convectiezone is de zone boven de stralingszone. Deze convectiezone begint op ongeveer 0,7 maal straal van de zon en strekt zich uit tot de oppervlakte. De temperatuur neemt af van 2 miljoen kelvin naar 5300 kelvin. Er is in deze zone niet alleen sprake van fotonen transport,

¹⁴ Zie voetnoot 10

¹⁵ Zie voetnoot 10

¹⁶ Zie voetnoot 3

¹⁷ Sander, V. (z.d.). Wat is de zon? Spacepage. <https://www.spacepage.be/artikelen/het-zonnestelsel/de-zon/wat-is-de-zon>

maar ook convectie. Convectie zorgt ervoor dat er toch warmtestroming kan plaatsvinden, doordat de temperatuur en dichtheid niet meer genoeg van toepassing is voor warmtetransport door alleen straling. Het zorgt ervoor dat de materie wordt verhit en de oppervlakte kan bereiken. Uiteindelijk wordt de materie afgekoeld aan de oppervlakte.¹⁸

§4.1.2.4 Fotosfeer

De fotosfeer is de eerste van de drie buitenlagen van de zon, voor de chromosfeer en corona. Deze laag is ongeveer 500 kilometer dik. In deze laag komt de energie van de zon als licht vrij. Dit is het licht wat wij op aarde zien. De fotosfeer bestaat uit twee opvallende kenmerken: heldere, borrelende granules van plasma en donkere, koudere zonnevlekken. Zonnevlekken ontstaan op plaatsen waar het magnetische veld van de zon door het oppervlak heen breekt. Deze zonnevlekken bewegen over het oppervlak van de zon en door hun beweging hebben astronomen ontdekt dat de zon om haar as draait. Omdat de zon een grote bal van gas is en geen vaste vorm heeft, draaien verschillende gebieden op de zon met verschillende snelheden. De gebieden rond de evenaar voltooien bijvoorbeeld een volledige omwenteling in ongeveer 24 dagen, terwijl het aan de polen meer dan 30 dagen duurt voordat een ronde is voltooid. Naast deze rotatie biedt de fotosfeer ook inzicht in zonnevlammen, die uitbarstingen van vuur zijn en tot wel honderdduizenden kilometers boven het zonsoppervlak kunnen reiken.¹⁹

§4.1.2.5 Chromosfeer

De chromosfeer ligt boven de fotosfeer. De chromosfeer is ongeveer 8.000 kilometer dik. De dichtheid en de temperatuur zijn allebei laag in de chromosfeer. De temperatuur komt bij het einde tot maar liefst 20.000 kelvin. De dichtheid varieert van 10^{-4} tot 10^{-15} g/cm³.²⁰ Dit ligt aan de plek in de chromosfeer. De overgang van de chromosfeer naar de corona is een turbulente zone waarin voortdurend veranderende structuren zichtbaar zijn, zoals strengen en zonnevlammen, voornamelijk in de bovenste lagen van de chromosfeer.

§4.1.2.6 Corona

Dit is het laatste van de drie buitenste lagen. De temperatuurgradiënt in dit gebied is enorm. Binnen enkele honderden kilometers stijgt de temperatuur van enkele duizenden kelvin tot enkele miljoenen kelvin. Hoe deze extreme temperaturen precies tot stand komen, blijft vooralsnog een mysterie.²¹

¹⁸ Convective zone. (z.d.). <https://solar.physics.montana.edu/ypop/Spotlight/SunInfo/Conzone.html>

¹⁹ De atmosfeer van de zon: fotosfeer, chromosfeer en corona. (2021b, juni 19). Kuuke's Sterrenbeelden. <https://www.kuuke.nl/de-atmosfeer-van-de-zon-fotosfeer-chromosfeer-en-corona/>

²⁰ Zie voetnoot 10

²¹ Zie voetnoot 16

§4.2 Zonnepanelen

Je ziet ze wel, bijna op alle daken van rijtjeshuizen, scholen en nog eens bedrijven: Zonnepanelen. Eén van de meest milieuvriendelijke energie opwekkers van deze tijden, maar wat zijn die zonnepanelen nou weer en hoe werken ze?



Figuur 9: zonnepaneel

§4.2.1 Wat zijn zonnepanelen?

Zonnepanelen zijn een van de meest milieuvriendelijke energie opwekkers, doordat ze een eindeloze voorraad aan energie kunnen opwekken en tegelijkertijd geen milieuschadelijke stoffen uitstoten.²² Andere namen voor zonnepanelen zijn fofovoltaïsche- of photovoltaic-zonnepanelen of Pv-zonnepanelen.²³ Photovoltaic betekent letterlijk vertaald volgens het Cambridge Dictionary: in staat zijn om elektriciteit uit licht te produceren.²⁴ Oftewel een paneel waarop zonlicht schijnt en het opgevangen zonne-energie omzet in elektrische energie.

§4.2.2 Werking van zonnepanelen?

Om de werking van het zonnepaneel in zijn geheel te begrijpen splitsen we het proces op in 3 delen:

§4.2.2.1 Zonnepaneel

Het fofovoltaïsch-paneel bestaat uit twee lagen zonnecellen die weer zijn gemaakt uit silicium, een donkergrijs metalloïde (groep elementen die qua eigenschappen tussen de

²² Milieu Centraal. (n.d.). Energiebronnen: duurzaam of niet? <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-enaarde/energiebronnen/#:~:text=Zon%2C%20wind%20en%20aardwarmte%20zijn,heb%20zelf%20geen%20CO2%20Duitstoot.>

²³ Wat zijn zonnepanelen? - Zelfstroom. (2023, March 30). Zelfstroom. <https://www.zelfstroom.nl/zonnepanelen/wat-zijn-zonnepanelen/>

²⁴ photovoltaic. (2023). <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/photovoltaic>

metalen en de niet-metalen zitten).²⁵ Wanneer er zonlicht op het silicium-laag schijnt, loopt er tussen het element een elektrische stroom op, waardoor er uiteindelijk elektrische stroom wordt opgewekt, die nog niet bruikbaar is voor de dagelijkse behoeften. Oftewel omzetting van Zonne-energie(fotonen) naar gelijkstroom.

§4.2.2.2 Omvormer

De taak van de omvormen, zoals de naam het letterlijk zegt, zet de gelijkstroom van de zonnepanelen om in wisselstroom. Oftewel de opgewekte stroom om in “bruikbare”- stroom in 230V die de meeste apparaten in ons huis gebruiken.²⁶ Verder heeft het een veiligheidsfunctie: het schakelt zichzelf af als de bovengrens wordt gebruikt.²⁷

§4.2.2.3 Stroomkast

De stroomkast heeft als functie om de omgezette wisselspanning, oftewel de bruikbare stroom, te verdelen over de elektriciteitspunten in een huis of het gebouw. Indien er te veel energie is opgewekt, stuurt de stroomkast de extra energie naar het elektriciteitsnet.

§4.2.3 Factoren voor de opbrengst

De opbrengst die zonnepanelen met zich meebrengen kan afhankelijk zijn van meerdere factoren, zoals het weer, hoelang de zon schijnt, de plaatsing en etc. Hieronder behandelen we een van de belangrijkste factoren die de opbrengst van de fotovoltaïsche panelen bepalen.

§4.2.3.1 Aantal zonnepanelen

Hoe groter de aantal zonnepanelen, hoe groter de opbrengst in Wattpiek (Wp). Wattpiek is een eenheid voor het vermogen van fotovoltaïsche cellen (zonnecel of zonnepaneel) om

²⁵ Wikipedia-bijdragers. (2021). Metalloïde. Wikipedia. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Metallo%C3%AFde>

²⁶ Benjamin. (2023). Wat is een omvormer en hoe werkt het? Happy Solar. <https://www.happysolar.nl/blog/omvormer#:~:text=Een%20omvormer%20is%20een%20apparaat,een%20stabiele%20wisselstroom%20van%20230V>.

²⁷ Volta Solar. (2021, November 11). Hoe werkt een zonnepanelen systeem? - Volta Solar. <https://voltasolar.nl/kenniscentrum/advies/hoe-werken-zonnepanelen/>

Solvari, & Solvari. (2023). Zonnepanelen [Complete gids 2023]. Zonnepanelen.net. <https://www.zonnepanelen.net/#zonnepanelen-3-stappen>

zonne-energie in elektriciteit om te zetten.²⁸ Bij het omrekenen van één Wattpiek naar Kilowattuur (kWh) moet het Wattpiek worden vermenigvuldigd met de omrekenfactor van ongeveer 0,85, wat het standaard is in Nederland.²⁹

§4.2.3.2 Weeromstandigheden

Een ander factor die grote effecten hebben op de opbrengst zijn de weeromstandigheden. Hieronder vallen onder andere de temperatuur van zon, de aantal uren waarin de zon schijnt en schaduw.

§4.2.3.3 Tempratuur

Hoe warmer de zonnepanelen worden des te minder efficiënt de zonnepanelen worden. Deze uitspraak wordt ook ondersteund door professor Wim Sinke van TNO in een NOS artikel.³⁰ Hierin spelen twee termen een belangrijke factor: fotonen en elektronen. Kort gezegd ontstaat er stroom door de energie verschillen tussen de fotonen en elektronen. Echter, wanneer de temperatuur stijgt boven de 25 graden³¹, verkleint deze energieverval, waardoor het zonnepaneel minder efficiënt is.

§4.2.3.4 Zonuren

Het aantal uren waarin de zon schijnt is ook een belangrijk factor, wat weer afhangt van waar je woont. Hoe verder je west in Nederland woont hoe meer zonuren er vallen. Dit is ook te zien in figuur 1-4 van KNMI.³² Schaduw Hoe meer schaduw op het zonnepaneel valt, des te minder opbrengst er wordt gemaakt. Dit komt doordat hoeveelheid licht dat valt op een zonnepaneel valt een van de belangrijkste factoren is.

§4.2.3.5 Positie van zonnepanelen

De positie van zonnepanelen is ook weer van mate bij het hoeveelheid opbrengst dat er ontstaat. Dus de richting waarin de zonnepanelen wijzen en de hellingshoek van het paneel zelf.

²⁸ Wikipedia-bijdragers. (2023). Wattpiek. Wikipedia. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Wattpiek>

²⁹ Zonnepanelen: van WP naar kWh - tenten solar. (2022, 8 juni). Tenten Solar. <https://tentensolar.nl/zonnepanelen-van-wp-naar-kwh/>

³⁰ NOS. (2018, 27 juli). Zonnepanelen zijn blij met de zon, niet met de hitte. NOS. <https://nos.nl/artikel/2243431-zonnepanelen-zijn-blij-met-de-zon-niet-met-de-hitte>

³¹ Standard test conditions - wiki.openmod-initiative.org. (z.d.). https://wiki.openmodinitiative.org/wiki/Standard_test_conditions

³² KNMI - Maandsommen zonnenschijnduur, normalen, anomalieën. (z.d.). <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografischeoverzichten/archief/maand/sq>

§4.2.3.6 Richting van het zonnepaneel

De richting waarop de zonnepanelen op het dak liggen heeft een groot invloed in de opbrengst. Doordat de zon vanaf Nederland opkomt in het zuidoosten en ondergaat in het zuidwesten, is het de optie om zonnepanelen richting het zuiden te richten. Om het richting het noorden te plaatsen is slechte optie doordat de zon daar minder schijnt. Dit kunt u weer zien in het volgende figuur 5.

§4.2.3.7 Hellingshoek

Alleen het richting van de zonnepanelen is niet genoeg om de maximale opbrengst van de zonnepanelen te behalen. De hellingshoek is ook nog van belang. In Nederland krijg je bij een hellingshoek van 35 graden het maximale.³³ De opbrengst per richting (zuid-west-oost-noord) en helling (in graden).³⁴ 100 procent betekent: de hoogst haalbare opbrengst.³⁵

§4.2.4 Voor- en nadelen

Het aanschaffen van zonnepanelen kan voor- en nadelen met zich meebrengen. Hieronder zijn er een paar weergegeven.

§4.2.4.1 Voordelen

1. Geld besparen en verdienen:

Zonnepanelen bieden directe besparingen op je energierekening en leveren op de lange termijn winst op. De investering verdient je meestal binnen 6-8 jaar terug, en zonnepanelen gaan ongeveer 25 jaar mee. Je kunt overschot aan energie terugsturen aan het elektriciteitsnet voor een vergoeding via salderen.

2. Subsidie

In bepaalde regio's biedt de (lokale) overheid financiële steun aan huiseigenaren die duurzame energieopties, zoals zonnepanelen, inschakelen. Dit betekent dat u geld ontvangt om zonnepanelen te installeren, wat een extra voordeel oplevert waarvan u kunt profiteren.

3. Waardestijging van uw woning

³³ Milieu Centraal. (z.d.). Kunnen zonnepanelen op mijn dak. <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/zonnepanelen-hoegeschikt-is-je-dak/#1-Check-de-richting-en-helling-van-je-dak>

³⁴ Zelfstroom, & Zelfstroom. (2017). Deze 9 factoren bepalen de opbrengst van jouw zonnepanelen. Zelfstroom. <https://www.zelfstroom.nl/blog/deze-9-factoren-bepalende-opbrengst-van-jouw-zonnepanelen/>

³⁵ De oriëntatie en beste ligging van zonnepanelen - ZonnepanelenKopen.be. (z.d.). <https://www.zonnepanelenkopen.be/zonnepanelen-plaatsen/orientatie/>

Zonnepanelen verhogen de waarde van je huis bij verkoop. Ze verminderen de maandelijkse lasten voor de koper en dragen positief bij aan het energielabel van je woning, wat de waarde verhoogt.

§4.2.4.2 Nadelen

1. Hoge aanschafprijs

Een van de nadelen voor het aanschaffen van zonnepanelen is de aanschafprijs. De kosten voor zonnepanelen variëren doorgaans tussen € 4.100 en € 14.500, zonder btw meegerekend. Hoeveel je precies betaalt, hangt af van het kwaliteit zonnepaneel dat je koopt en nog andere factoren.

2. Minder aantrekkelijke beeld

Voor sommigen kan het plaatsen van zonnepanelen een minder fraai beeld opwekken op het huis, vooral als je een gemiddeld energieverbruik van een huis probeert te dekken: 12 tot 16 zonnepanelen. vooral op een hellend dak waar ze duidelijk zichtbaar zijn

3. Onderhoud

Het onderhoud van zonnepanelen brengt weer kosten met zich mee. Het schoonmaken van de panelen kan worden gedaan door onderhoudsbedrijven, wat ongeveer tussen de 100 en 200 euro per jaar kan kosten.³⁶

§4.2.5 Eisen

Volgens het Standard Test Conditions (STC), een vastgestelde ruimte waarin de zonnepanelen worden uitgetest en vergeleken met andere zonnepanelen , zijn er 3 eisen waaraan een ruimte moet voldoen voordat het wordt gebruikt door consumenten. Ten eerste moet de temperatuur van de zonnecel 25 graden zijn. Ten tweede moet de ruimte een lichtstraling hebben van 1000 Watt licht per m². En als laatste moet de ruimte een lichtmassa hebben van 1,5.³⁷ In de

³⁶ Vastelastenbond. (z.d.). Zonnepanelen | Voor- en nadelen.
<https://www.vastelastenbond.nl/zonnepanelen/voor-en-nadelen/>

³⁷ Homedeal. (2023). Onderhoud zonnepanelen. Homedeal NL.
<https://www.homedeal.nl/zonnepanelen/onderhoudzonnepanelen/>

meteorologie is een luchtmassa of luchtsoort een groot volume lucht (aardatmosfeer) met een bepaalde temperatuur en luchtvochtigheid.³⁸

§4.2.6 Varianten

Er bestaan verschillende punten waarop het ene zonnepaneel kan verschillen van het andere zonnepaneel op het gebied van soort silicium.

§4.2.6.1 Monokristallijn zonnepanelen

Monokristallijn zonnepanelen bestaan uit zonnecellen die elk uit één enkel kristal bestaan. Deze zonnecellen hebben een oppervlak met geordende elektroden en zijn zwart of donkerblauw van kleur. Monokristallijn panelen behalen het hoogste rendement en genereren enkele procenten meer energie dan polykristallijne panelen. Hoewel monokristallijn zonnepanelen duurder zijn, bieden ze een beter rendement per vierkante meter. In het kort, ze vormen de ideale keuze voor huiseigenaren met beperkte ruimte op hun dak die streven naar maximale energieopbrengst.³⁹



Figuur 10: monokristallijn zonnepaneel

§4.2.6.2 Polykristallijn zonnepanelen

Polykristallijne zonnepanelen bevatten zonnecellen die uit meerdere grove kristallen bestaan, wat resulteert in een schervenpatroon. Deze panelen zijn prijsgunstig en bieden een redelijk hoog rendement, hoewel ze iets minder efficiënt zijn dan monokristallijn zonnepanelen. Als de beschikbare ruimte op het dak niet beperkt is, dan vormen polykristallijne zonnepanelen

³⁸ Kijk voetnoot 37

³⁹ Soorten zonnepanelen: welke zijn er precies? | Zonne-energieGids.nl. (z.d.). <https://www.zonne-energiegids.nl/soorten-zonnepanelen/>

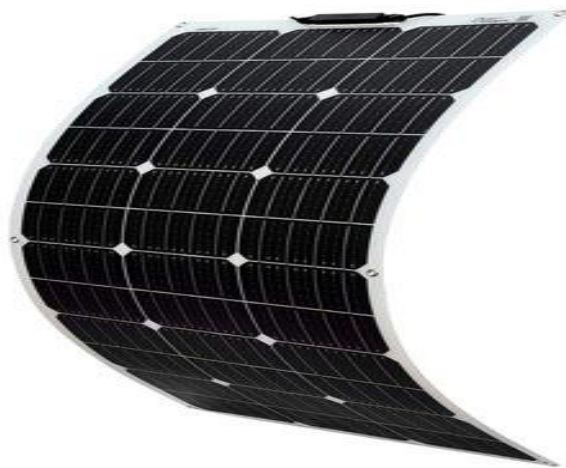
vaak de meest kosteneffectieve keuze, aangezien ze goedkoper zijn in aanschaf in vergelijking met de monokristallijn variant.⁴⁰



Figuur 11: Polykristallijn zonnepaneel

§4.2.6.3 Amorf zonnepanelen

Dunne-film zonnepanelen maken gebruik van amorf silicium, dat geen kristalstructuur heeft, waardoor ze uiterst flexibel zijn. Deze amorfe zonnepanelen leveren het laagste rendement in vergelijking met de andere twee soorten. De prijs is ook lager. Ze zijn minder geschikt voor dak toepassingen, maar worden voornamelijk gebruikt op voertuigen zoals bussen, zeilboten en jachten.⁴¹



Figuur 12: amorf zonnepaneel §6 Eisen en wensen

§6.1 Programma van eisen

In dit hoofdstuk stellen wij de eisen waaraan ons ontwerp moet gaan voldoen.

⁴⁰ Kijk voetnoot 39

⁴¹ Kijk voetnoot 39

Eisen	Verificatiemethode
Product	
Het product moet een hellingshoek van 35 graden hebben.	De hellingshoek meten en/of berekenen.
Het product moet veilig geïnstalleerd kunnen worden op dakkapellen.	Goedkeuring van expert op het gebied van de installatie van zonnepanelen.
Het product moet in staat zijn om zonlicht efficiënt om te zetten in elektrische energie.	
Het product moet volgende certificaten kunnen behalen: de CE-markeringen, ISO-certificaten, TÜV-certificaten, IEC-certificaten en tot slot RoHS-certificaten.	Voldoen aan de eisen voor het behalen van de certificatie.
Het product moet in staat zijn om een breed spectrum van zonlicht te absorberen en om te zetten in elektriciteit, inclusief zowel direct als diffuus licht.	
Budget	
1. Er zijn nog geen afspraken gemaakt over het budget.	

§6.2 Wensen

Wensen
Product
Het product is bestand tegen weersomstandigheden.
Het product raakt niet overhit.
De energieopbrengst van het product moet niet beïnvloed worden door schaduw.
Het product heeft een kortere terugverdiëntijd.
Het product is recyclebaar, waardoor individuele componenten en materialen beter toegankelijk en dus makkelijker herbruikbaar zijn.

§7 Deliverables

§7.1 Planning

Er wordt een concrete planning gemaakt waarin duidelijk staat wie wanneer aan welke deliverable gaat werken. In het rooster zijn deadlines, lesvrije dagen en contactmomenten met de opdrachtgever opgenomen. Ook wordt vermeld wie verantwoordelijk is voor welke deliverables. Wanneer iemand verantwoordelijk is voor een deliverable, dient hij ervoor te zorgen dat alle taken op tijd worden voltooid. Het Plan van aanpak wordt op 13/10/2023 ingeleverd en het eindrapport op 14/03/2023.

Deliverable	Verantwoordelijkheid
Planning	Mohamed
Onderzoek	Hajar
Brainstormen	Marisa
Programma van eisen en wensen	Jorden
Berekeningen aan concept	Robin
Go/no go moment	Mohamed
Uitwerking concept	<ol style="list-style-type: none">1. Technische tekeningen: Marisa2. Maquette: Hajar3. Begroting: Robin
Eindrapport	Mohamed

§7.2 Onderzoek

Er wordt onderzocht hoeveel zonne-energie zonnepanelen daadwerkelijk opnemen. Hierbij wordt er rekening gehouden met het rendement. Rendement geeft aan hoeveel zonne-energie nuttig wordt gebruikt of verloren gaat. Dit moet vastgesteld worden in berekeningen.

§7.3 Concept:

§7.3.1 Brainstormen

Tijdens het brainstormen zullen mogelijke oplossingen worden bedacht voor het probleem. Daarbij worden verschillende brainstormtechnieken gebruikt, die ons gedurende de jaren heen op het technasium zijn aangeleerd. Vervolgens worden alle ideeën bij elkaar geraapt en worden er schetsen gemaakt van deze concepten. Deze schetsen dienen duidelijk genoeg te zijn voor de opdrachtgever om ze te beoordelen tijdens het go-no/go moment.

§7.3.2 Berekeningen aan concepten

Het team berekent bij elk concept de potentiële opgenomen energie. Verder wordt er ook uitgezocht bij elk concept hoeveel geld het zou kosten om deze te fabriceren.

§7.4 Programma van eisen en wensen

Er wordt een definitieve Programma van eisen en wensen opgesteld met uitgewerkte eisen voor het uiteindelijke product. Een deel van deze eisen en wensen komen vanuit de opdrachtgever en een deel zijn opgesteld uit de bevindingen van het gehele onderzoek.

§7.5 Go/no go moment

Tijdens het go/no go moment worden de concepten gepresenteerd aan de opdrachtgever. Waarbij de ideeën door hem een go of no go zullen krijgen. Ook kan de opdrachtgever ervoor kiezen om mogelijke aanpassingen aan de concepten te voeren of deze samen te voegen. Nadien het team een go krijgt van de opdrachtgever, zal het team één concept kiezen dat de beste ideeën omvat en deze verder uitwerken.

§7.6 Uitwerking concept

Uitwerking van het go. Het idee dat een go heeft gekregen van de opdrachtgever wordt verder uitgewerkt. Het uiteindelijke product moet voldoen aan alle eisen uit het PvE.

1. **Technische tekeningen:** Het team maakt technische tekeningen van het ontwerp. Deze tekeningen dienen digitaal en op schaal gemaakt te worden.

2. **Maquette:** Verder zal er ook een maquette gemaakt worden van hoe het ontwerp er ongeveer uit zou moeten zien. Deze maquette helpt bij het visualiseren van het ontwerp.
3. **Begroting:** Tenslotte wordt er opnieuw opgesomd hoeveel het ontwerp de opdrachtgever zal kosten met alle uiteindelijke materialen.

§7.7 Eindrapport

Uiteindelijk wordt er aan het einde van het project een eindrapport geschreven. In het eindrapport wordt de doorloop van het project weergegeven. Alle concepten en berekeningen kunnen hierin worden gevonden. Ook de evaluatie van het project en eventuele aanbevelingen aan de opdrachtgever staan in het eindrapport opgesomd.

§8 Proces en afronding

In dit hoofdstuk leggen we uit hoe dit project gaat verlopen en lichten wij u in over enkele belangrijke momenten tijdens het project. Tenslotte leggen wij nog even goed uit hoe wij aan het eind van dit project beoordeeld worden.

Tijdens dit project zal er door onze teamleider Mohammed contact met de opdrachtgever gehouden worden. Dit kan door middel van mails en meetings via het platform teams. Daarnaast zouden we eventueel ook een face-to-face gesprek kunnen organiseren.

Deze contactmomenten zijn onder andere:

- De presentatie van fase 2 voor de opdrachtgever en docenten op 1 november.
- Het evaluatiemoment voor de go/no-go. Hier zullen wij drie ideeën presenteren aan de opdrachtgever, waarvan er dan één wordt geselecteerd. Met dit gekozen ontwerp gaan wij dan verder met ontwerpen.
- De meesterproef avond van 7 maart. Hier zullen wij het project afronden en presenteren. Na de presentatie zullen wij het eindrapport overhandigen aan begeleiders, experts en de opdrachtgever.

Dit project omvat een aantal belangrijke deadlines:

- De eerste is de indiening van het PVA, dat uiterlijk op vrijdag 13 oktober 2023 moet worden ingediend.
- Ter afronding van dit project maken wij een eindrapport. Dit eindrapport dient te worden ingeleverd bij onze begeleiders op 29 februari. Zodra het eindrapport is afgerond, zullen we het ook delen met de experts en de opdrachtgever.

Het eindrapport zal in de week van 20 februari 2023 worden ingeleverd bij de opdrachtgever. Op 29 februari 2023 zal het eindrapport worden geleverd bij de docenten. Hierna zal op het Calandlyceum nog een live presentatie plaatsvinden tijdens de meesterproefavond van 7 maart.

Bij de beoordeling worden 2 cijfers gegeven: een product cijfer en een procescijfer. Het productcijfer is onder andere gebaseerd op het Plan van Aanpak en het eindrapport. Dit cijfer wordt in samenspraak met de opdrachtgever en expert bepaald en is voor het hele team hetzelfde. Het procescijfer wordt door de docent(en) samengesteld en kan per leerling verschillen. Hierbij worden de teamleden beoordeeld op persoonlijke ontwikkeling, invloed op de projectuitvoering, naleving van het tijdschema en de communicatie met zowel de opdrachtgever als experts.

§9 Literatuurlijst

- TNO-blik op 2030: Elk oppervlak benutten voor opwekken zonne-energie. (2001, 8 november). tno.nl/nl. <https://www.tno.nl/nl/newsroom/insights/2023/08/blik-2030-zonne-energie/>

- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2023, 7 juli). Ruimte voor zonne-energie. Nieuwsbericht | Rijksoverheid.nl. <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2023/07/06/ruimte-voor-zonne-energie>

- Aardgasvrij. (2023, 13 september). RVO.nl. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/aardgasvrij>

- Milieu Centraal. (n.d.). Energiebronnen: duurzaam of niet?
<https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/>

- Wat zijn zonnepanelen? - Zelfstroom. (2023, March 30). Zelfstroom.
<https://www.zelfstroom.nl/zonnepanelen/wat-zijn-zonnepanelen/>

- photovoltaic. (2023).
<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/photovoltaic>

- Wikipedia-bijdragers. (2021). Metalloïde. Wikipedia.
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Metallo%C3%AFde>

- Benjamin. (2023). Wat is een omvormer en hoe werkt het? Happy Solar.
<https://www.happysolar.nl/blog/omvormer.>

- Volta Solar. (2021, November 11). Hoe werkt een zonnepanelen systeem? - Volta Solar.
<https://voltasolar.nl/kenniscentrum/advies/hoe-werken-zonnepanelen/>

- Solvari, & Solvari. (2023). Zonnepanelen [Complete gids 2023]. Zonnepanelen.net.
<https://www.zonnepanelen.net/#zonnepanelen-3-stappen>

- Wikipedia-bijdragers. (2023). Wattpiek. Wikipedia.
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Wattpiek>

- Zonnepanelen: van WP naar kWh - tenten solar. (2022, 8 juni). Tenten Solar.
<https://tentensolar.nl/zonnepanelen-van-wp-naar-kwh/>

- NOS. (2018, 27 juli). Zonnepanelen zijn blij met de zon, niet met de hitte. NOS.
<https://nos.nl/artikel/2243431-zonnepanelen-zijn-blij-met-de-zon-niet-met-de-hitte>

- Standard test conditions - wiki.openmod-initiative.org. (z.d.).
https://wiki.openmodinitiative.org/wiki/Standard_test_conditions

- KNMI - Maandsommen zonneshijnduur, normalen, anomalieën. (z.d.).
<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografischeoverzichten/archief/maand/sq>

- Kiewit, H. (z.d.). 7 invloedsfactoren op de opbrengst van zonnepanelen | zonnepanelen | zonnestroom | EnergieAnders. <https://energieanders.nl/Zonnepanelen/7-invloedsfactoren-op-de-opbrengst-van-zonnepanelen.html>

- Milieu Centraal. (z.d.). Kunnen zonnepanelen op mijn dak.
<https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/zonnepanelen-hoegeschikt-is-je-dak/#1-Check-de-richting-en-helling-van-je-dak>

- Zelfstroom, & Zelfstroom. (2017). Deze 9 factoren bepalen de opbrengst van jouw zonnepanelen. Zelfstroom. <https://www.zelfstroom.nl/blog/deze-9-factoren-bepalende-opbrengst-van-jouw-zonnepanelen/>

- De oriëntatie en beste ligging van zonnepanelen - ZonnepanelenKopen.be. (z.d.).
<https://www.zonnepanelenkopen.be/zonnepanelen-plaatsen/orientatie/>

- Vastelastenbond. (z.d.). Zonnepanelen | Voor- en nadelen.
<https://www.vastelastenbond.nl/zonnepanelen/voor-en-nadelen/>

- Homedeal. (2023). Onderhoud zonnepanelen. Homedeal NL.
<https://www.homedeal.nl/zonnepanelen/onderhoudzonnepanelen>

- Vastelastenbond. (z.d.-b). Zonnepanelen | Voor- en nadelen.
<https://www.vastelastenbond.nl/zonnepanelen/voor-en-nadelen/>

- Solvari, & Solvari. (2023). Nadelen zonnepanelen. Zonnepanelen.net.
<https://www.zonnepanelen.net/nadelen/>

- Solar2Led. (2023, 28 augustus). Begrippenlijst - Solar2Led.
<https://solar2led.nl/begrippenlijst/>

- Wikipedia-bijdragers. (2020). Luchtmassa. Wikipedia.
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Luchtmassa>

- Soorten zonnepanelen: welke zijn er precies? | Zonne-energieGids.nl. (z.d.).
<https://www.zonne-energiegids.nl/soorten-zonnepanelen/>

- Woolfson, M. M. (2000). The origin and evolution of the solar System. Astronomy & Geophysics, 41(1), 1.12-1.19. <https://doi.org/10.1046/j.1468-4004.2000.00012.x>
- Sun: Facts - NASA Science. (z.d.). <https://science.nasa.gov/sun/facts/>

- Binas (6de editie). (2013). [Informatieboek]. Noordhoff uitgevers

- 21. Het leven van een ster. (z.d.). Astronomie.nl. <https://www.astronomie.nl/21-het-leven-van-een-ster-51>

- Nuclear Physics experience. (z.d.).
<http://nupex.eu/index.php?lang=nl&g=textcontent/nuclearanduniverse/originofelements#:~:text=De%20ppI%2Dketen%20is%20de,reacties%20in%20de%20pp%2Dcyclus.>

- Natuurkunde.nl - straling. (z.d.). Stichting natuurkunde.nl.
<https://www.natuurkunde.nl/vraagbaak/84828/straling>

- Wikipedia-bijdragers. (2023). Zon. Wikipedia. https://nl.wikipedia.org/wiki/Zon#cite_note-Woolfson00-1

- Sander, V. (z.d.). Wat is de zon? Spacepage. <https://www.spacepage.be/artikelen/het-zonnestelsel/de-zon/wat-is-de-zon>

- Convective zone. (z.d.).
<https://solar.physics.montana.edu/ypop/Spotlight/SunInfo/Conzone.html>

- De atmosfeer van de zon: fotosfeer, chromosfeer en corona. (2021b, juni 19). Kuuke's Sterrenbeelden. <https://www.kuuke.nl/de-atmosfeer-van-de-zon-fotosfeer-chromosfeer-en-corona/>

§10 Bijlage

Week	Daag	Algemeen	Jorden	Hajar	Mohamed	Robin	Marisa
37	14 - september		Opdrachtgever zoeken	Opdrachtgever zoeken	Opdrachtgever zoeken	Opdrachtgever zoeken	Opdrachtgever zoeken

38	21 - se p				Gesprek opdrachtgever		
39	28 - se p						
40	5- ok t		PVA: Vooronderzoek en Proces en afrondding	PVA: Deliverables, voorpagina en informatiepagina	Gesprek opdrachtgever PVA: Vooronderzoek en planning	PVA: Opdracht, probleemstelling en opdrachtgever	PVA: Programma van Eisen, Samenvatting en inleiding
41	12 ok t	Vrijdag 13 okt: Pva inleveren			Feedback pva		
42	19 ok t	Palweek					
43	26 - ok t	Vakantie		Deliverable 2	Presentatie maken		
44	2- no v	Woensdag 1 nov: technasiumparade					
45	9- no v						
46	16 - no v						
47	23 - no v	Toetsweek 1	Deliverable 3.2			Deliverable 4	Deliverable 3.1
48	30 - no v				Deliverable 5: Go/No go		
49	7- de c	Inhaaltoetsweek 1					
50	14 -	Deadline PWS					

	de c						
51	21 - de c						
52	28 - de c	Vakantie					
1	4- ja n	Vakantie					
2	11 - ja n						
3	18 - ja n						
4	25 - ja n	Toetsweek 2					
5	1- fe b						
6	8- fe b	Inhaaltoetswe ek 2		Deliverable 6.2		Deliverable 6.3	Deliverabl e 6.1
7	15 - fe b				Feedback docent en opdrachtge ver		
8	22 - fe b	Vakantie			Inleveren bij opdrachtge ver		
9	29 - fe b				Eindverslag		
10	7- mr t	Eindpresentat ie					