

2021

Eindverslag MDP Cambuur



Auteurs:

Tjerk Koonstra: 4867874

Stefan Hans: 4886771

Thimo Sijtsma: 4858212

Robin Schaafstra: 4893441

Jesper de Groot: 4906438

Zelina Ziere: 4839846

Groep: D

Project: Cambuur, Europa's duurzaamste

#komteraan!

14-6-2021

NHL
STENDEN

hogeschool

Versiebeheer

Versie	Auteur	Kenmerk	Datum
Versie 0.1	Tjerk Koonstra	Opmaak	25-05-2021
Versie 0.2	Robin Schaafstra	Analyse deelvragen	02-06-2021
Versie 0.3	Zelina Ziere	Deelvraag 2 uitgewerkt	02-06-2021
Versie 0.4	Thimo Sijtsma	Spellingscontrole	14-06-2021
Versie 0.5	Tjerk Koonstra	Aanpassen volgorde hoofdstukken	14-06-2021
Versie 1.0	Robin Schaafstra	Eerste, definitieve versie eind- en procesverslag	14-06-2021

Samenvatting

In het project “Cambuur, Europa’s duurzaamste” werd gevraagd vanuit SC Cambuur om het nieuwe stadion duurzaam en volledig waterneutraal te maken. Het streven is om het meest duurzame stadion van Europa bouwen. Dit is een hele brede vraag, vandaar dat er een kleinere hoofdvraag met daarbij deelvragen zijn opgesteld. De hoofdvraag die beantwoord wordt in dit verslag is: Hoe kunnen we efficiënt omgaan met het watergebruik in en rondom het stadion?

Om de hoofdvraag te beantwoorden is er onderzoek gedaan naar het klimaat adaptief inrichten van de parkeerplaats. Het idee is dat het water dat op de parkeerplaats valt opgevangen wordt in infiltratie kratten en een wadi, om vervolgens te gebruiken om het voetbalveld van water te voorzien. De wadi zorgt voor een toekomstbestendige uitstraling en is ook een mooie manier om regenwater op een duurzame manier op te kunnen vangen. Om te zorgen dat bij het beregenen van het veld zo min mogelijk water verspild wordt, is er een systeem bedacht dat alleen beregent als het gras echt water nodig heeft (tenzij het systeem handmatig wordt aangezet). Ook beregent het systeem niet als het al regent. Tevens is hier een prototype van gebouwd. Het water dat op de parkeerplaats is opgevangen moet doormiddel van een pomp naar het veld gepompt worden. Een pomp gebruikt energie, hiervoor zijn duurzame energiebronnen gezocht en zijn er veel oplossingen bedacht en uitgewerkt zoals, solarcarports, blauwe energie en geothermie. Er zijn berekeningen gedaan aan zonnepanelen die op het dak van het Cambuurstadion geplaatst kunnen worden. Er kan met zonnepanelen maar liefst €298.465,60 per jaar bespaard worden. Ook is er gekeken naar een materiaal waar het dak van gemaakt kan worden er is gekeken naar duurzaamheid, hagelbestendigheid en verwerkbaarheid. Na onderzoek is gebleken dat metalen dakplaten de beste optie zijn. De combinatie van een zeer lange levensduur en een goede recyclebaarheid zorgen ervoor de platen zeer duurzaam zijn.

Kortom er kan veel geld bespaard worden met zonnepanelen. Ook zal er veel water bespaard kunnen worden door het regenwater goed op te vangen en efficiënt te gebruiken. Door een systeem dat niet onnodig het veld besproeid wordt er efficiënt omgegaan met het opgevangen regenwater. De energie die nodig is om het water te verpompen van de opslag plaats naar het veld word opgewekt op een duurzame manier. Ook is het handig om op het dak van het stadion, goed recyclebare platen met een lange levensduur te leggen. Zodat het dak van het stadion lang mee gaat.

Inhoudsopgave

1 Inleiding	5
2 Hemelwater opvangen rondom het stadion	6
2.1 Bovengronds & ondergronds waterbassin	6
2.2 Infiltratiekratten- en stroken	8
2.3 Wadi's	9
2.3.1 Hoe ziet een wadi eruit?	9
2.3.2 Hoe werkt een wadi?	9
2.4 Grasbetontegels	10
2.4.1 Voordelen van Grasbetontegels	10
2.4.2 Hoe werken grasbetontegels?	10
2.4.3 Hoe zien grasbetontegels eruit?	10
2.5 Keuze voor opvangen regenwater rondom het stadion	11
2.5.1 Grondwaterstand	11
2.5.2 Hoeveelheid regenwater die opgevangen kan worden	12
2.5.3 Kosten aanleggen & onderhouden infiltratiekratten	12
2.5.4 Ontwerp parkeerplaats	12
2.5.5 Groenstrook	12
2.6 Advies over de inrichting	13
3 Regenwater opvangen op het dak van het Cambuur stadion	14
3.1 Waarom regenwater opvangen?	14
3.2 Hoe regenwater opvangen?	14
3.3 Hoeveel regenwater kan het dak opvangen?	14
3.4 Welke (duurzame) materialen kunnen gebruikt worden?	15
3.4.1 PVC	16
3.4.2 Bitumen	16
3.4.3 Metaal	17
3.4.4 Polyester	17
3.4.5 Vezelcement	17
3.4.6 Acrylaat	18
3.5 Advies dak materiaal	18
4 Duurzame energiebronnen	19
4.1 Zonnepanelen op het dak van het Cambuur stadion	19
4.2 Zonne-energie in de omgeving van het Cambuur stadion	19
4.2.1 Solarcarport	19
4.2.2 Zonnepark	20

4.3 Geothermie energie	20
4.3.1 Voordelen geothermie	20
4.3.2 nadeel van geothermie.....	20
4.4 Blauwe energie	21
4.4.1 Voordelen blauwe energie	21
4.4.2 Nadeel van blauwe energie	21
5 Regenwater benutten voor het besproeien van het veld	22
5.1 Keuze tot het bewateringssysteem	22
5.2 Prototype 1	22
5.2.1 Werking programma	22
5.2.3 Tekeningen	23
5.3 Testen van het prototype	23
5.4 Advies over het bewateringssysteem.....	24
5.4.1 Is het systeem winstgevend?.....	24
5.4.2 Aanbeveling op grotere schaal	24
Conclusie	25
Bijlagen	26
Bijlage A. Ontwerp parkeerplaats infiltratiekratten & wadi.....	26
Bijlage B. Kostenraming infiltratiekratten	27
Bijlage C. Werking wadi	28
Bijlage D. Keuze duurzaam materiaal dakgoten.....	29
Bijlage E. Berekening totale opbrengst en besparing van de zonnepanelen op het dak.....	30
Bijlage F. Informatie over de SUNPOWER MAXEON 3, SPR-MAX3-400 zonnepanelen	32
Bijlage G. Samenvattende verslag	33
Bijlage H. Arduino Programma	42
Bijlage I. Tekeningen behuizing	43
Bijlage J. Demovideo.....	45
Bibliografie.....	46

1 Inleiding

Voor het MDP-project Cambuur, Europa's duurzaamste #komteraan! Werden studenten gevraagd om mee te denken aan het zo duurzaam mogelijk maken van het nieuwe Cambuur stadion. Zij hebben als doel het duurzaamste stadion van Europa te bouwen. Hier voor zijn veel ideeën en plannen welkom, zodat eraan vrijwel alles wordt gedacht.

Het doel van dit verslag is om Cambuur te helpen met het duurzaamste stadion van Europa. Doormiddel van het beantwoorden van de hoofdvraag, hoe kunnen we efficiënt omgaan met het watergebruik in en rondom het stadion?

De volgende deelvragen komen in dit verslag aan bod;

- Hoe kunnen we het gebied rondom het stadion zo inrichten, dat we het regenwater op een efficiënte manier kunnen opvangen?
- Welke duurzame materialen kunnen gebruikt worden om het regenwater dat op het Cambuur dak valt op te vangen?
- Op welke manier kan het water opgewarmd worden doormiddel van duurzame energiebronnen in de buurt van het nieuwe Cambuur stadion?
- Hoe kan het beschikbare regenwater benut worden om het hybride veld van Cambuur te besproeien?

De opdracht is uitgevoerd doormiddel van een literatuurstudie, het gebruiken van vakkennis en een prototype.

Er zal in dit verslag een antwoord komen op de vragen; Hoe kunnen we het gebied rondom het stadion zo inrichten, dat we het regenwater op een efficiënte manier kunnen opvangen? Welke duurzame materialen kunnen gebruikt worden om het regenwater dat op het Cambuur dak valt op te vangen? Op welke manier kan het water opgewarmd worden door middel van duurzame energiebronnen in de buurt van het nieuwe Cambuur stadion? Hoe kan het beschikbare regenwater benut worden om het hybride veld van Cambuur te besproeien? Doormiddel van de antwoorden op deze vragen zal de hoofdvraag 'hoe kunnen we efficiënt omgaan met het watergebruik in en rondom het stadion?' ook beantwoord worden.

Het doel van dit verslag is, om na het lezen ervan antwoord te kunnen geven op de bovengenoemde vraag en daarbij Cambuur te kunnen helpen.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op het inrichten van het gebied rondom het Cambuur stadion om efficiënt regenwater op te kunnen vangen. Denk dan bijvoorbeeld aan infiltratiekragen en stroken of wadi's.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op welke duurzame materialen die gebruikt kunnen worden om water mee op te kunnen vangen op het dak van het Cambuur stadion. Denk hierbij aan het soort dakbedekking op het dak van het stadion.

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op het kunnen verwarmen van het water doormiddel van duurzame energiebronnen in je omgeving van het Cambuur stadion. Denk dan ook zonnepanelen op het dak of het zonnepark de Zwette.

In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op hoe het beschikbare regenwater benut kan worden om het hybride veld van Cambuur te besproeien. Denk aan een prototype dat is uitgewerkt om het hybride grasveld op een bewuste manier te kunnen besproeien.

2 Hemelwater opvangen rondom het stadion

Op steeds meer plekken in de wereld is te zien dat er steeds meer ingespeeld wordt op duurzaamheid. Door klimaatverandering zullen zomers in Nederland droger worden in de toekomst. In de zomers van 2018 en 2020 was dat al te merken en ontstonden er op meerdere plekken in Nederland waterschaarste. Ook bij Cambuur wordt er ingespeeld op het gebied van duurzaamheid en klimaatadaptatie en worden er manieren gezocht om water op te vangen tijdens natte perioden zodat het water wat gevallen is, opgevangen kan worden en gebruikt kan worden tijdens drogere perioden. Om het nieuwe stadion op een duurzame manier van hemelwater te voorzien, zijn er verschillende opties die wij als studenten Ruimtelijke Ontwikkeling onderzocht hebben. Hieronder worden enkele mogelijkheden beschreven die zouden kunnen helpen bij het opvangen van regenwater rondom het stadion. Van deze opties zal gekozen worden voor de meest efficiënte oplossing op het gebied van kosten, de beschikbare ruimte en de hoeveelheid water die opgevangen kan worden.

2.1 Bovengronds & ondergronds waterbassin

Als student uit Noord-Holland kom ik uit een omgeving waar de afgelopen 20 jaar veel kassen zijn verrezen in het landschap van de polder. Een jaar of 7 geleden kwam Tech gigant Microsoft zich vestigen met meerdere datacentra en 3 jaar geleden kwam ook Google met meerdere datacentra in de polder. Waarom sluit dit aan op het project Cambuur?

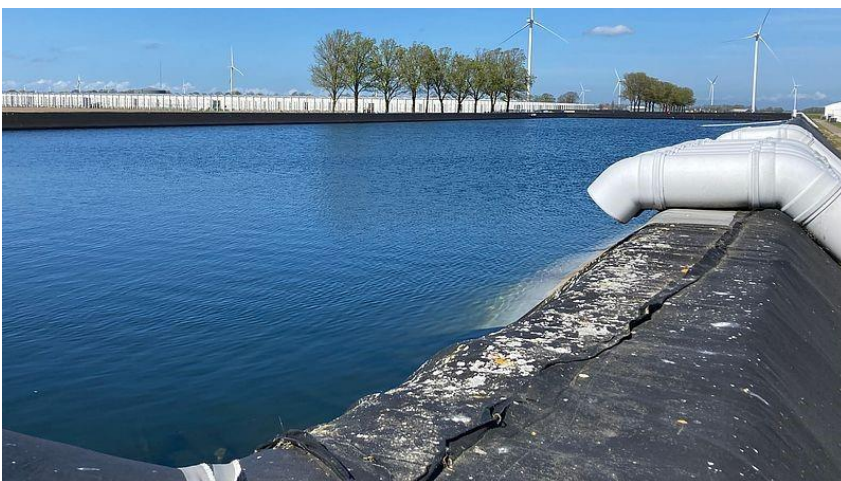
Google en Microsoft liggen het laatste jaar onder vuur in de omgeving. Onder andere met het feit dat de datacentra die er nu staan en die in de toekomst nog gebouwd gaan worden, behoorlijk veel water gebruiken. Bij omwonenden, boeren en bedrijven zijn er zorgen over watertekorten in de toekomst omdat datacentra, ook in droge perioden veel water nodig hebben om de servers te koelen.

De grote kassen, die eveneens in hetzelfde gebied als de datacentra staan, gebruiken al jarenlang een waterbassin om hemelwater op te vangen om in droge perioden dit water te kunnen gebruiken. Het water wordt opgeslagen in een bovengronds bassin en als die vol is, kan het water ondergronds worden opgeslagen. Deze techniek wil Microsoft wellicht ook gaan toepassen.

Met dit verhaal te hebben gehoord tijdens het project Cambuur kwam direct het idee of dit bij het Cambuur stadion ook een oplossing zou kunnen zijn in het kader van hemelwater opvangen en hergebruiken.

(EenVandaag, 2021)

Het gebied waar het stadion gebouwd wordt, ligt aan de rand van Leeuwarden. In deze omgeving is ruimte voor grote projecten (zoals de bouw van het stadion & omgeving). Een waterbassin zou dus mogelijk ook een locatie kunnen krijgen op het industrieterrein.

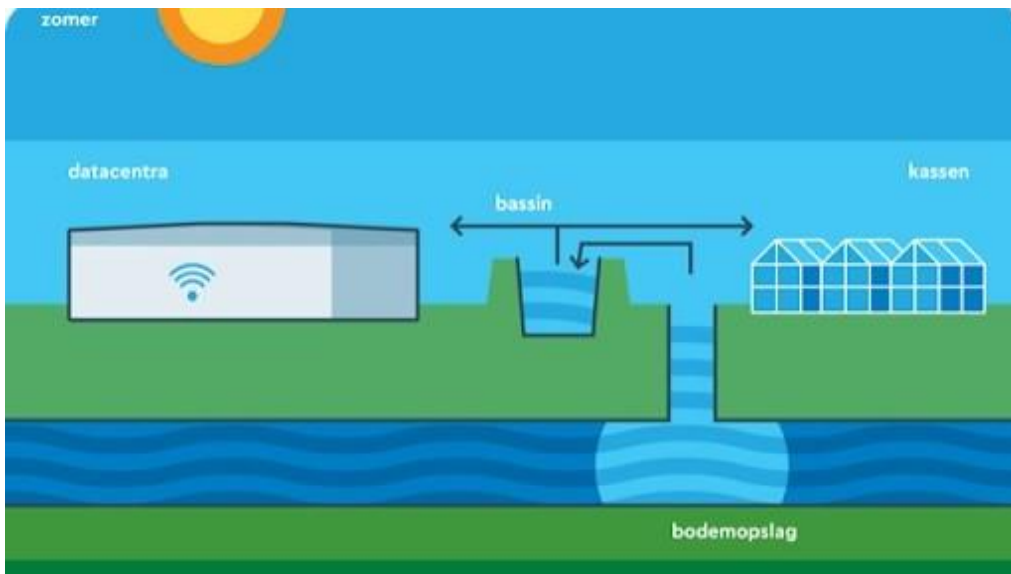


Figuur 1: Waterbassin die hemelwater opvangt in de Wieringermeer



Figuur 2: Mogelijke plek voor bassin?

Hieronder een afbeelding hoe het regenwater opgevangen wordt in een bassin, vervolgens een ondergrondse opslag heeft en in droge tijden gebruikt kan worden om datacentra of kassen te voorzien van water. Ook bij Cambuur zou dit een mogelijke oplossing kunnen zijn om op een duurzame manier van waterbehoeften te kunnen voorzien.



Figuur 3: Werking boven en ondergronds bassin, (ECW Energy, 2021)

2.2 Infiltratiekratten- en stroken

Het gebied rondom het stadion is een belangrijke plek als we kijken naar waar er water opgevangen zou kunnen worden. Cambuur wil dus kijken waar zij regenwater op zouden kunnen vangen. Tegelijkertijd moet er tijdens de ontwikkelingen rondom het stadion ook gekeken worden hoe het gebied op een klimaat adaptieve wijze ingericht kan worden. Door klimaatveranderingen zijn er in bepaalde perioden hevige regenbuien en lange perioden van droogte. Het is tegenwoordig heel belangrijk om dus zo efficiënt mogelijk met water om te gaan.

In stedelijk gebied is er minder ruimte beschikbaar voor infiltratie. Hiervoor zijn stedelijke infiltratiestroken ontwikkeld. Ze worden ook wel raingardens of open beplante infiltratiegoten genoemd. Het zijn verdiepte, beplante stroken die begrensd zijn door betonnen opsluitbanden. Aan de onderkant zijn ze open zodat het regenwater geborgen wordt en kan infiltreren in de bodem. *(Stedelijke infiltratiestroken – bioswales | Blauw Groen Vlaanderen, 2021)*

Infiltratiekratten nemen bovengronds geen ruimte in en hebben veelal een grotere opslagcapaciteit dan bovengrondse regenwateropslag. Afhankelijk van de omvang van de kunststof kratten en mogelijkheden in de ondergrond kan een aanzienlijke hoeveelheid neerslagwater worden opgeslagen en daarna vertraagd wegzakken ('infiltreren') in de bodem.

Het gebied rondom het stadion zou dus zo ingericht moeten worden dat regenwater om een snelle manier afgevoerd kan worden bij hevige regenbuien en kan worden gebruikt als er een droge periode is. Een belangrijk punt voor een klimaat adaptieve inrichten is grond en groen toevoegen rondom de parkeerplaatsen en het stadion zodat het water de grond in kan zakken.

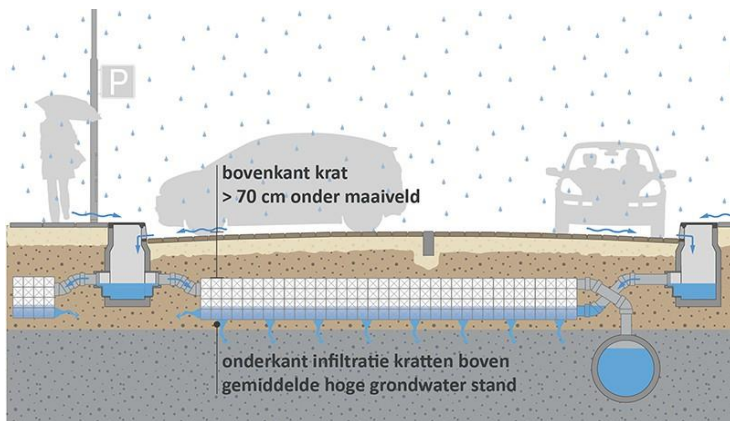
Cambuur zou ervoor kunnen kiezen om dus infiltratiestroken te gebruiken bij de parkeerplaatsen van het stadion. Het water kan zo langzaam de grond in zakken en bij droogte dus opgenomen door beplanting en kan op deze manier opgevangen worden om vervolgens het te gebruiken voor in het stadion.

Het gebruiken van infiltratiestroken/kratten heeft dus meerdere voordelen:

- Bij hevige regenbuien kan veel water afgevoerd worden naar de infiltratiestroken en kan dit opgeslagen en hergebruikt worden.
- Door lange perioden van droogte kan water uit de infiltratiekratten gebruikt worden om zich langzaam te laten infiltreren in de bodem wat uitdroging voorkomt.
- Het gebruik van infiltratiekratten is relatief goedkoop
- Door ondergronds gebruik van de infiltratiekratten is er bovengronds geen extra ruimte nodig voor het opvangen van regenwater. De ruimte wordt dus optimaal benut.

Er is ook een nadeel voor het gebruik van infiltratiekratten:

- Infiltratiekratten moeten goed onderhouden worden elk jaar. Door vuil wat mee spoelt de infiltratiekratten in, zal er jaarlijks onderhoud uitgevoerd moeten worden om de kratten goed hun werk te kunnen blijven doen. D.m.v. bladvangsters en zandfilters aan te brengen. Je hebt dus jaarlijkse onderhoudskosten



Figuur 4: Infiltratiekratten onder een parkeerplaats

2.3 Wadi's

Een wadi is een infiltratievoorziening waar regenwater opgeslagen kan worden. Het water wat in de wadi komt, kan worden opgeslagen en worden hergebruikt. Hiermee wordt voorkomen dat er schoon water naar de waterzuiveringsinstallatie gaat.

2.3.1 Hoe ziet een wadi eruit?

Een wadi heeft vaak een groene uitstraling. Hieronder zijn een paar voorbeelden van een wadi in het landschap weergegeven, met toelichting.



Figuur 5: Voorbeeld wadi

Een heel mooi voorbeeld van een wadi is de Bruinleeuwstraat in Dalfsen. Bij deze is heel duidelijk zichtbaar dat een wadi multifunctioneel is. Hier zorgen de speeltoestellen er bijvoorbeeld voor dat de wadi ook iets betekent voor de gemeenschap. Dat is een mooi voorbeeld want dat wil Cambuur ook bereiken, belangrijk zijn voor de Mienskip.

2.3.2 Hoe werkt een wadi?

Een wadi is een met grind of zand gevulde greppel, die het regenwater opvangt. Een goedwerkend wadisysteem zorgt ervoor dat regenwater geïnfiltreerd wordt. Hierdoor wordt de verdroging beperkt en wordt de oppervlaktewaterkwaliteit verbeterd. Voor een voorbeeld zie *bijlage C: Werking wadi*

2.4 Grasbetontegels

Grasbetontegels zijn betonnen elementen die gebruikt worden als bestrating. Deze tegels zijn uitermate geschikt voor parkeerplaats. De tegels hebben als voordeel dat het gras door de tegels heen kan groeien. Hierdoor krijgt het bestrate deel een groene uitstraling. (Opgehaald van <https://particulier.terradec.nl>)

2.4.1 Voordelen van Grasbetontegels

- Het eerste grote voordeel van deze tegels is de groene uitstraling. Het is dus makkelijk inpasbaar in een duurzame omgeving. Aangezien Cambuur een duurzaam stadion wil bouwen, kunnen de tegels zeker bijdragen aan een duurzaam ogend milieu.
- Een ander groot voordeel van de grasbetontegels is de stabiele ondergrond. De grond zal niet verzakken, vanwege het gemak waarmee het water de grond in kan. Er zijn dus ook geen waterplassen op de parkeerplaats.
- Het water wat de grond inzakt is weer goed voor het grondwaterpeil, waardoor de wadi ook beter gaat werken. Met bijvoorbeeld infiltratiekragen kan het water wat de grond inzakt ook hergebruikt worden in het stadion.

2.4.2 Hoe werken grasbetontegels?

In het midden van de tegel is ruimte gelaten voor gras. Wanneer het regent neemt het gras het water op. Zo wordt het water sneller doorgevoerd de grond in. Grasbetontegels werken het best wanneer ze 1 à 2 keer per week onderhouden worden.

2.4.3 Hoe zien grasbetontegels eruit?

Grasbetontegels zijn tegels in de vorm van een honingraat. Hier zijn een paar voorbeelden van grasbetontegels. Omdat grasbetontegels een druk van 250 ton per m² aankunnen, zijn ze zeer geschikt voor de parkeerplaats. (Opgehaald van www.betondingen.nl)



Figuur 6: Voorbeeld grasbetontegels

2.5 Keuze voor opvangen regenwater rondom het stadion

Naast het Cambuurstadion zal een grote parkeerplaats ontwikkeld worden. Een parkeerplaats waar de vele bezoekers bij wedstrijden kunnen parkeren. Aangezien deze ruimte rondom het stadion zo groot is, is dat een goede plek waar regenwater opgevangen zou kunnen worden d.m.v. infiltratiekratten. Vanuit ruimtelijke ontwikkeling is dit onze eerste keuze om Cambuur op een duurzame en efficiënte manier van water te voorzien. Hieronder zal duidelijk worden waarom dit de juiste oplossing is om hemelwater op te vangen.

2.5.1 Grondwaterstand

De voordelen van het gebruik van infiltratiekratten zijn in hoofdstuk 2.2 al benoemd. Echter zijn er nog andere factoren die invloed hebben op het gebruik van dergelijke kratten, zoals de grondwaterstand in het gebied. Wanneer de grondwaterstand te hoog is in een bepaald gebied, kunnen er geen kratten worden aangelegd omdat de bodem al nat is. Voor het plaatsen van kratten is dus een droge bodem nodig waarbij de grondwaterstand lager valt dan op het niveau waar de infiltratiekratten liggen. Hieronder wordt onderzoek gedaan naar de grondwaterstand rondom het stadion.

Via internet kan men zicht krijgen in grondwaterstanden in een bepaald gebied. Uit vrij recente gegevens blijkt dat de grondwaterstand 1,417 meter onder N.A.P. bedraagt. De hoogte van het maaiveld bevindt zich op 0.664 meter boven N.A.P. (*Ondergrondgegevens | DINOloket, 2021*)

Infiltratiekratten kunnen op verschillende diepten worden geplaatst. Wanneer er geen verkeer is, kan dat al op een diepte van 20 á 30 centimeter onder de oppervlakte. In het geval van Cambuur zal er gemotoriseerd verkeer over de oppervlakte rijden en parkeren. Door de druk zullen de infiltratiekratten lager moeten liggen. Er wordt bij de bedrijven die infiltratiekratten aanleggen vaak geadviseerd om 70 á 80 centimeter onder het maaiveld aan te houden. Op figuur 4 wordt ook aangegeven dat de bovenkant van het krat 70 centimeter onder het maaiveld ligt. De 70 centimeter zal aangehouden worden. (*Drainagebuizen, 2021*)

Voor het plaatsen van infiltratiekratten zullen er rond het Cambuurstadion geen belemmeringen zijn betreft de grondwaterstand. Er is namelijk ook rekening gehouden met de 50 centimeter ruimte die tussen de kratten en het grondwaterpeil moet zitten aangezien anders de kratten hun functie verliezen.

Grondwatermonitoringput BRO

BRO-ID GMW000000013674



Figuur 7: Grondwaterstand rondom nieuwe Cambuurstadion

Basisgegevens	Filterstellingen put	Materiele put geschiedenis
BRO-ID:		GMW000000013674
NITG-code:		B06C1433
Putcode:		GMW06C001433
Registratie:		BRO
Aangeleverde coördinaten:		180549.000, 579433.300 (RD)
Kwaliteitsregime:		IMBRO/A
Inrichtingsdatum put:		23-02-2010
Opruimingsdatum put:		
Tijdstip van registratie:		09-09-2019 16:05
Positie bovenkant ondiepste filter (t.o.v. NAP):		-1.417 m
Positie onderkant diepste filter (t.o.v. NAP):		-2.417 m
Aantal monitoringbuizen:		1
Maaiveldpositie (t.o.v. NAP):		0.664 m
Beschermconstructie:		potNietWaterdicht

2.5.2 Hoeveelheid regenwater die opgevangen kan worden

Voor de hoeveelheid regenwater die we maximaal kunnen opvangen, zal er gekeken worden naar de oppervlakte die wordt ingenomen in het gebied voor parkeerplaatsen. Er zal via meetgegevens een schatting gemaakt worden van de oppervlakten van de drie grootste parkeerplaatsen rondom het stadion.

P2	+/- 4000 m ²
P3	+/- 10.000 m ²
P4	+/- 5000 m ²
Totaal	+/- 19.000 m ²

Infiltratiekratten zijn er in allerlei soorten en maten te verkrijgen. Cambuur kan zelf dus kiezen voor grotere of kleinere kratten wat betreft de waterberging (zie figuur 9). Uiteraard zullen kratten die meer water kunnen opvangen ook duurder uitvallen dan kratten die minder water opvangen. Infiltratiekratten kunnen ook bij veel bedrijven worden afgenomen en aangelegd worden. De meest gehanteerde hoeveelheid regenwater die per vierkante meter (m²) opgevangen kan worden, is 20 liter.

Wanneer onder de gehele parkeerplaatsen (P2, P3 en P4) infiltratiekratten worden gelegd, zou Cambuur dus al 380.000 liter regenwater maximaal kunnen opvangen door behulp van deze kratten.

2.5.3 Kosten aanleggen & onderhouden infiltratiekratten

Om een beeld te geven wat de kosten zullen zijn voor het aanleggen van infiltratiekratten is onderzocht wat ongeveer de kosten zijn daarvoor. In *bijlage B: Kostenraming aanleg infiltratiekratten* staat in een tabel wat de kosten per m³ zijn. Om een berekening te kunnen maken worden de “gemiddelde kosten aanleg” als rekenvoorbeeld genomen.

Het gebied waar in ieder geval water opgevangen moet worden is 19.000 m² (Zie hoofdstuk 2.5.2). Voor de verdere berekeningen zie *bijlage B*.

2.5.4 Ontwerp parkeerplaats

Hieronder is gevisualiseerd hoe het parkeerterrein ingericht zou kunnen worden. Er is gekozen voor een impressie, waarbij niet de hele parkeerplaats weergegeven wordt. Dit is gedaan zodat de nadruk gelegd kan worden op de klimaat adaptieve en duurzame oplossingen die in het plan verwerkt zijn en in gedetailleerdere mate kan worden weergegeven.

Zie *bijlage A: Ontwerp parkeerplaats infiltratiekratten* voor het ontwerp.

Op het parkeerterrein loopt nu een groenstrook. Deze groenstrook bevat een aantal bomen, een oranje kleurig voetpad en een watertje. Dit water zal hetzelfde principe hebben als een wadi. Als het veel regent zal het volstaan met stromend water. Wanneer het niet regent zal dit leegstaan. Dit hoort bij duurzaam ontwerpen waar rekening wordt gehouden met het opvangen van water en waar hemelwater ruim de kans krijgt om opgeslagen te worden voor nieuw gebruik.

De zwarte lijnen geven aan waar de infiltratiestroken komen. Hier zal het water in de infiltratiekratten belanden.

2.5.5 Groenstrook

Over het midden van het parkeerterrein zal een groenstrook lopen. Deze groenstrook zal ervoor zorgen dat er een enorme hoeveelheid water makkelijker de grond in kan en in de infiltratiekratten terecht komt. Deze groenstrook zorgt ervoor dat de parkeerplaats een groene uitstraling krijgt en het ondersteunt de werking van de infiltratiekratten. Hiervan is de werking uitgelegd in figuur 4.

2.6 Advies over de inrichting

Uiteindelijk kan geconcludeerd worden dat met behulp van infiltratiekratten er veel water opgevangen kan worden op een grote oppervlakte rondom het stadion. Infiltratiekratten zorgen er eveneens voor dat het terrein rondom het Cambuur stadion niet snel onder water kan staan, omdat regenwater veel uithoeken heeft om onder de grond opgeslagen te kunnen worden d.m.v. het wegstromen via de infiltratiestroken. Infiltratiekratten zijn er daarnaast in allerlei soorten en maten. Cambuur kan zelf de afweging maken hoeveel kratten of welke grootte kratten er nodig zijn om een bepaalde hoeveelheid water op te vangen. De genoemde wadi zorgt ook voor een groene, toekomstbestendige uitstraling hoeveelheid en is ook een mooie manier om regenwater op een duurzame manier op te kunnen vangen.

3 Regenwater opvangen op het dak van het Cambuur stadion

In dit deel van het verslag wordt antwoord gegeven op de deelvraag: welke duurzame materialen kunnen gebruikt worden om het regenwater dat op het Cambuur dak valt op te vangen. Eerst wordt er gekeken naar het belang van het opvangen van regenwater en hoeveel regenwater er opgevangen kan worden. Vervolgens wordt er gekeken naar de materialen die voor het dak gebruikt kunnen worden. In bijlage D: *Keuze duurzaam materiaal dakgoten* is de materiaalkeuze voor de dakgoten te vinden. Op basis van deze informatie wordt er een keuze gemaakt. Tijdens het maken van deze keuze wordt er vooral gekeken naar duurzaamheid en bruikbaarheid.

Deze deelvraag wordt beantwoord in kleine hoofdstukken. Elk hoofdstuk behandelt een bepaald aspect van de deelvraag.

3.1 Waarom regenwater opvangen?

Momenteel besproeit Cambuur haar velden met schoon drinkwater. Dit is niet alleen slecht voor het milieu, maar kost ook bakken met geld. Drinkwater wordt uit de grond gehaald. Het winnen, zuiveren en vervoeren van drinkwater kost veel energie. Bovendien zorgt de waterwinning van grondwater ervoor dat het grondwaterpeil daalt. Dit zorgt onder ander voor het verdrogen van sloten en natuurgebieden. Daarom wordt ervoor gekozen dat het nieuwe Cambuur stadion het regenwater dat op het dak valt gaat opvangen en gaat gebruiken om onder ander de velden mee te besproeien. Het opvangen van regenwater is niet alleen beter voor het milieu, maar het heeft nog veel meer voordelen. Regenwater bevat in tegendeel tot kraanwater geen kalk & chloor. Minder kalk & chloor is beter voor de grasmatten. Het opvangen van regenwater bespaart ook geld. Cambuur gaf aan per dag ongeveer 30.000 liter water te gebruiken om de grasmatten te besproeien. Door regenwater te gebruiken besparen ze zo'n 45 euro per dag. Op jaarbasis besparen ze 16.000 euro. Kortom: het opvangen van regenwater heeft veel meer voordelen dan het gebruiken van schoon drinkwater.

3.2 Hoe regenwater opvangen?

Er zijn veel manieren om regenwater op te vangen. De manier die hier behandeld gaat worden is het regenwater opvangen doormiddel van het dak van het stadion. Het oppervlakte van het dak is zeer groot, dit heeft als voordeel dat er meer regen op valt en zo kan er ook meer regenwater opgevangen worden. Het regenwater dat op het dak valt zal naar het laagste punt stromen en hier opgevangen worden door dakgoten. Vervolgens gaat het regenwater naar een bassin toe.

3.3 Hoeveel regenwater kan het dak opvangen?

De hoeveelheid regenwater dat het dak kan opvangen wordt bepaald door verschillende factoren. Als eerst is de grootte van het dak belangrijk. Een groot dak vangt natuurlijk meer water op dan een klein dak. De steilheid van het dak heeft ook een grote invloed op de hoeveelheid regenwater dat opgevangen kan worden. Bij een plat dak verdamp een deel van het water voordat het opgevangen kan worden. Dit komt omdat het water langer blijft liggen. (*Regenwater opvangen: duurzaam en slim, 2021*) Om te berekenen hoeveel liter water het dak gemiddeld kan opvangen moeten we eerst het oppervlak en de steilheid weten. Beide factoren zijn momenteel nog niet bekend, dus het is nu nog niet mogelijk om de hoeveelheid regenwater dat het dak kan opvangen te berekenen.

3.4 Welke (duurzame) materialen kunnen gebruikt worden?

Omdat niet elke soort dakbedekking geschikt is om regenwater op te vangen zal er eerst gekeken worden naar welke soorten dakbedekking hier wel geschikt voor zijn. Vervolgens wordt er op basis van duurzaamheid een keuze voor de dakbedekking gemaakt. De duurzaamheid is echter niet de enige factor waarnaar gekeken gaat worden. De verwerkbaarheid, het gewicht en hagelbestendigheid zijn ook belangrijke factoren waarnaar gekeken gaat worden. Een bepaald materiaal kan heel duurzaam zijn, maar als het niet goed gebruikt kan worden dan hebben we er alsnog niks aan.

Het dak van het stadion bestaat uit plaatmateriaal. Er zijn heel veel soorten plaatmaterialen op de markt, echter is niet elke soort geschikt om regenwater mee op te vangen. Zo bevatten sommige soorten dakbedekking een basalt laag met korreltjes grind. Deze kunnen met het regenwater in het watersysteem komen en dus ook op de grasmat belanden. Als deze korrels grind in de pomp die het regenwater op de grasmat sproeit komt, kan dit zeer nadelig zijn voor de pomp. *(Welke dakbedekking is geschikt voor regenwaterrecuperatie?, 2020)*

Ook is het belangrijk dat het soort dakbedekking dat gebruikt wordt PH-neutraal is. De PH-waarde geeft de zuurtegraad aan. Water heeft een neutrale PH-waarde, als er dakbedekking met een hogere of lagere PH-waarde gebruikt wordt dan kan dit invloed hebben op de PH-waarde van het her te gebruiken regenwater. Gras groeit het beste als er water met een neutrale PH-waarde gebruikt wordt. *(Grasland houdt van ph tussen de 5 en 6, 2020)* In dit geval betekent PH-neutraal dat de dakbedekking de PH-waarde van het regenwater niet beïnvloed. Als de PH-waarde te hoog of te laag is, dan wortelt het gras zich niet goed. Om dit te voorkomen is het dus belangrijk dat de PH-waarde van de dakbedekking neutraal is en dus geen invloed heeft op de grasmat.

Daken van stadions bestaan veelal uit een stalen constructie bedekt met kunststof golfplaten of een metalen bekleding. *(User, z.d.)* Vaak zijn delen van het dak transparant, in dit geval worden er vaak helder polycarbonaat kunststof panelen toegepast. Omdat het dak van het stadion licht moet zijn en een groot oppervlak heeft, zijn kunststof of stalen golfplaten zijn de beste oplossing. Deze panelen zijn licht en kunnen gemakkelijk een groot oppervlakte bedekken. Omdat plaatmateriaal tegenwoordig ook al vaak in stadions toegepast worden, is het geen nieuwe technologie en is er dus ook al veel over bekend. Er zijn heel soorten plaatmateriaal bestaande uit verschillende materialen. De meest gebruikte materialen zijn: pvc-golfplaten, Bitumen golfplaten, kunststof platen, metalen golfplaten, polyester golfplaten, vezelcement golfplaten en acrylaat golfplaten. Op deze soorten materialen bevinden zich geen grindlaag dat in de pomp en of grasmat kan belanden. Ook is de PH-waarde neutraal en zal dit dus geen invloed hebben op de groei van de grasmat.

Er zijn meerdere factoren die ervoor zorgen of een dakbedekking duurzaam is of niet. De belangrijkste factor is het materiaal waar de platen van gemaakt zijn. Het ene soort materiaal is veel duurzamer dan een andere soort. Dit heeft onder ander met de levensduur en recyclebaarheid te maken. Als een materiaal een korte levensduur heeft, dan zal het vaker vervangen moeten worden. Dit is weer nadelig voor het milieu omdat er veel energie en brandstoffen gebruikt moeten worden. Een korte levensduur is echter te compenseren met goede recyclebaarheid. Als een materiaal volledig gerecycled kan worden verkleind dit de ecologische voetafdruk. Echter moet er alsnog steeds veel energie, brandstof en tijd in gestoken worden. Daarom streven we ernaar om een materiaal te vinden dat een lange levensduur heeft en goed gerecycled kan worden.

Hieronder staat een tabel met de meest gebruikte plaatmaterialen. (Welke soorten golfplaten zijn er?, 2019) Deze worden beoordeeld op levensduur, verwerkbaarheid, hagelbestendigheid, gewicht en recyclebaarheid. Deze tabel helpt om een goed overzicht te krijgen van alle materialen en de voor- en nadelen van dit materiaal.

Materiaal:	PVC	Bitumen	Metaal	Polyester	Vezelcement	Acrylaat
Levensduur	20-30 jaar	30-40 jaar	30-50 jaar	20-30 jaar	30-40 jaar	15-30 jaar
Verwerkbaarheid	Goed	Slecht	Goed	Slecht	Slecht	Goed
Hagelbestendig	Gemiddeld	Goed	Goed	Slecht	Goed	Gemiddeld
Gewicht	Licht	Zwaar	Gemiddeld	Licht	Zwaar	Licht
Recyclebaarheid	Goed	Goed	Goed	Niet	Gemiddeld	Goed

Tabel 1.1: overzicht materialen

3.4.1 PVC

PVC platen hebben over het algemeen een redelijk goede levensduur. Gemiddeld 20-30 jaar. (Stuurgroep pvc, z.d.) De verwerkbaarheid van de platen is ook goed. De platen zijn niet zwaar en kunnen per plaat een groot oppervlakte bedekken. De hagelbestendigheid is echter niet heel erg goed. Dit komt omdat de platen niet heel dik zijn. Dit is echter gemakkelijk op te lossen door gebruik te maken van dikkere platen. Het materiaal PVC is goed te recyclen. De pvc-industrie heeft in de afgelopen 20 jaar grote vooruitgang geboekt op het gebied van het recyclen van PVC. Er worden voortdurend nieuwe initiatieven genomen op het gebied van het recyclen van PVC. PVC is dus een duurzaam materiaal. De levensduur is wat aan de korte kan maar dit is goed te compenseren met de goede recyclebaarheid. Kortom pvc-dakbedekking is een goede keuze voor het dak van het Cambuur stadion.



Figuur 8: pvc-dakbedekking

3.4.2 Bitumen

Bitumenplaten hebben een lange levensduur. Gemiddeld zo'n 30 tot 40 jaar. (Lighthart, z.d.) De verwerkbaarheid van de platen is echter niet goed. De platen wegen gemiddeld 15kg per vierkante meter. Dit maakt het plaatsen van de platen er lastig. Om te voorkomen dat de platen breken zijn ze maximaal 1m bij 2m groot, dit betekent dat er heel veel platen gebruikt moeten worden. Dit vergroot de kans op lekkage en zorgt er ook voor dat er meer bevestigingspunten in de constructie moeten zijn. De hagelbestendigheid

van Bitumenplaten is wel goed. De platen zijn gemiddeld 8mm dik, hierdoor is de kans dat hagelstenen de platen beschadigen zeer klein. Bitumenplaten zijn ook zeer goed te recyclen. Door de bijzondere moleculaire structuur hoeven bij het recyclen van de platen geen molecuulketens verbroken te worden. Daarom zijn bitumineuze bouwstoffen (zoals asfalt & plaatmateriaal) eigenlijk al de meest gerecyclede bouwproducten in de wereld. Kortom: Bitumen golfplaten zijn zeer duurzaam, maar hebben als nadeel dat ze niet goed op het dak van het stadion verwerkt kunnen worden.



Figuur 9 Bitumendakbedekking

3.4.3 Metaal

Metalen platen hebben de langste levensduur. Gemiddeld 30 tot 50 jaar. Door de lange levensduur van de metalen platen hoeven ze niet vaak vervangen te worden. Metaal is een materiaal dat zeer lang mee kan en wanneer de platen vervangen moeten worden kunnen ze goed gerecycled worden. Metaal is een van de makkelijkste materialen om te recyclen. Metaal is een sterk materiaal, hierdoor kunnen metalen dakplaten grotere oppervlaktes bereiken van de andere soorten materialen. Dit zorgt ervoor het dat installeren van de platen gemakkelijker en sneller gaat. Het gewicht hangt van de dikte van de platen af. Gemiddeld wegen metalen dakplaten 5 tot 10 kg per vierkante meter. Omdat metaal een zeer sterk materiaal is, heeft hagel geen invloed op de platen. Kortom: metalen dakbedekking is een zeer goede keuze als duurzaam dak materiaal voor op het Cambuur stadion.

3.4.4 Polyester

Polyester dakplaten hebben gemiddeld een levensduur van 20 tot 30 jaar. (*Ritini kunststof golfplaat - 51/177 profiel - 1.550 t/m 5.600 mm - antraciet, z.d.*) Een voordeel van polyester golfplaten is dat ze heel gemakkelijk te monteren zijn. Dit is echter ook het enige voordeel van polyester platen. De platen zijn niet te recyclen, zijn niet hagelbestendig en hebben een korte levensduur. Om deze redenen zijn polyester platen niet geschikt als dak materiaal voor op het Cambuur stadion

3.4.5 Vezelcement

Vezelcement platen hebben net als metalen platen een zeer lange levensduur. Gemiddeld 30 tot 40 jaar. (*Vezelcement golfplaten - bmn bouwmaterialen, 2019*) De platen wegen echter gemiddeld 15 kg per vierkante meter, dit maakt het monteren van de platen lastig. Net als Bitumen platen kunnen vezelcement platen een maximale grootte van 1m bij 2m bereiken. Dit om te voorkomen dat de platen breken. De platen zijn zo zwaar omdat de gemiddeld een dikte van 10mm hebben, dit heeft als voordeel dat ze goed bestand zijn tegen hagelstenen. Het recyclen van vezelcement platen is mogelijk, maar omdat het niet veel gedaan wordt

is er ook nog niet een goede techniek voor. Dit zorgt ervoor dat er maar een klein deel van alle vezelcement golfplaten gerecycled kan worden. Kortom: vezelcement platen zijn niet de beste keuze als het gaat om duurzaam dak materiaal voor op het Cambuur stadion.

3.4.6 Acrylaat

Acrylaat platen hebben een levensduur van 15 tot 20 jaar. Dit is een zeer korte levensduur, te kort om het materiaal duurzaam te noemen. Op de andere punten scoort acrylaat wel goed. De platen zijn licht en goed te verwerken. Ook zijn ze zeer goed te recyclen. Toch kunnen acrylaat platen niet duurzaam genoemd worden. Om deze reden zijn acrylaat platen geen goede keuze als het gaat om dak materiaal voor op het Cambuur stadion.

3.5 Advies dak materiaal

Tijdens het maken van een type dak materiaal is er gekeken naar duurzaamheid, hagelbestendigheid en verwerkbaarheid. Op basis van die gegevens is er voor metalen dakplaten gekozen. Deze platen voldoen het beste aan de eisen waar de platen aan moeten voldoen. De combinatie van een zeer lange levensduur en een goede recyclebaarheid zorgen ervoor de platen zeer duurzaam zijn.

4 Duurzame energiebronnen

In een stadion wordt veel energie gebruikt, onder anderen om het water op te warmen. In het huidige(oude) stadion wordt dit nog niet gedaan door middel van duurzame energie. Voor het nieuwe stadion wil Cambuur voor een Europa's duurzaamste station gaan, en daar hoort natuurlijk ook duurzame energie bij. Hieronder zal de vraag 'op welke manier kan het water opgewarmd worden door middel van duurzame energiebronnen in de buurt van het nieuwe Cambuur stadion?' behandeld worden. Er zullen enkele mogelijkheden beschreven worden die zouden kunnen helpen bij het duurzaam maken van het stadion door middel van duurzame energiebronnen.

4.1 Zonnepanelen op het dak van het Cambuur stadion

Een manier van duurzame energie opwekken in de omgeving van het Cambuur stadion is door zonnepanelen op het dak te plaatsen. Wanneer er zonnepanelen op het dak geplaatst zullen worden zonder enige verandering qua hellingshoek, zullen de zonnepanelen richting:

- Het zuiden een opbrengst hebben van 423.504 kWh/jr en bespaar je €84.700,80 per jaar.
- Het westen een opbrengst hebben van 440.300 kWh/jr en bespaar je €88.060 per jaar.
- Het noorden een opbrengst hebben van 188.224 kWh/jr en bespaar je €37.644,80 per jaar.
- Het westen een opbrengst hebben van 440.300 kWh/jr en bespaar je €88.060 per jaar.

Dit bij elkaar opgeteld heb je 1.164.510,62 kWh/jr opbrengst en €298.465,60 per jaar bespaart (zie bijlage E. voor de gehele berekening). De zonnepanelen waarmee gerekend is zijn van SUNPOWER het type is, SPR-MAX3-400 de MAXEON 3, dit omdat SUNPOWER een bedrijf is wat zich ook erg bezighoudt met het duurzaam maken van de zonnepanelen. SUNPOWER heeft dan ook verschillende certificaten en onderscheidingen mogen ontvangen, van zowel Cradle to Cradle, Declare en NSF (zie bijlage F) (*SUNPOWER, 2020*). Zonnepanelen plaatsen is een erg toegankelijke manier om duurzame energie op te wekken, en al helemaal met zo'n mooi en groot oppervlakte als het dak van het Cambuur stadion.

4.2 Zonne-energie in de omgeving van het Cambuur stadion

In de omgeving van het Cambuur stadion zijn er verschillende opties om zonne-energie op te wekken. Twee voorbeelden hier van zijn het plaatsen van solarcarport's en het al geplaatsten zonnepark de Zwette. Bij deze manieren van energie opwekken is er niet alleen gedacht aan het uiteindelijke doel maar ook aan het milieubewust plaatsen en maken van het park of de panelen.

4.2.1 Solarcarport

Solarcarport is een unieke manier op zonne-energie op te wekken. Je combineert bij een solarcarport functionaliteit met duurzaamheid. Een solarcarport beschermt je voertuig namelijk tegen verschillende soorten weersomstandigheden en heeft de optie om het voertuig op te laden doormiddel van een laadpaal, deze laadpaal kan onopvallend worden weggewerkt in de constructie (*Zonnecarports | GroenLeven, z.d.-a*). Op deze manier kunnen de bezoekers en Cambuur gebruik maken van de zelf opgewekte zonne-energie.

4.2.2 Zonnepark

Het zonnepark de Zwette in een zonnepark gelegen in Leeuwarden en is een van de grootste zonnebronnen van Friesland. Voor dit zonnepark gaat het niet alleen om het opwekken van zonne-energie maar ook om het duurzaam realiseren van het zonnepark. Hierbij is gedacht aan de lokale bedrijven en is het zonnepark gerealiseerd doormiddel van 'zero-emissie'. Bij een 'zero-emissie' zijn de materialen die nodig waren vervoerd door elektrische vrachtauto's. Het zonnepark is gebouwd door lokale ondernemers zoals, Mannen van Staal en Montage Service Friesland. Het zonnepark bestaat uit 47.000 zonnepanelen met een megawatt vermogen van 17, de groene stroom is goed voor zo'n 4.600 huishoudens en de CO2-reductie is ruim 8.500 ton per jaar (*Zonnepark de Zwette Leeuwarden, z.d.*).

4.3 Geothermie energie

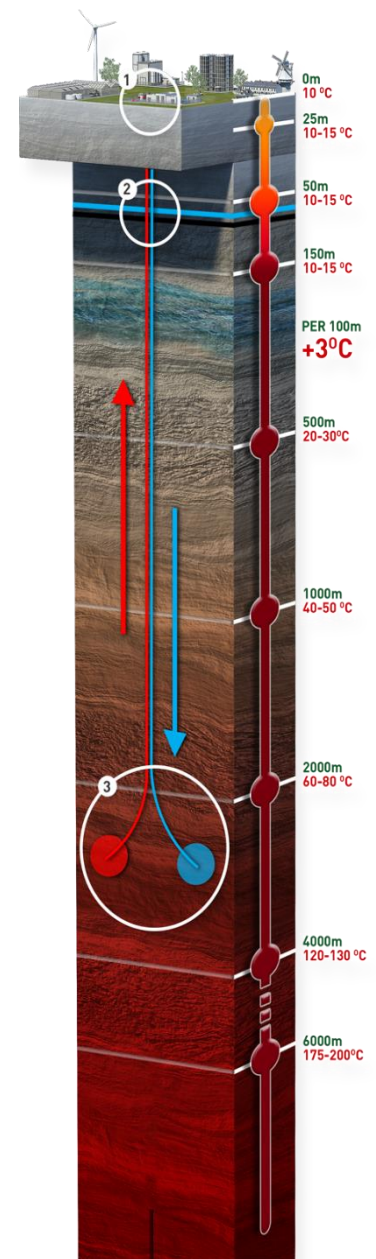
Geothermie is een duurzame manier om je water en/of je gebouw op te warmen. In plaats van dat je gas gebruikt kun je warmte van de aarde gebruiken om bijvoorbeeld water op te warmen. Er is momenteel een project aan de gang genaamd 'warmte van Leeuwarden', dit project bestaat uit een samenwerking met Dijkstra Draisma, Shell, Ennatuurlijk en EBN. Het verwachte vermogen van de bron in Leeuwarden is circa 25 megawatt en de verwachte temperatuur is circa 92 graden (*Warmte van Leeuwarden [MHB AV], 2021*). Het Geothermie zou ook een goede vooruitstrevende manier zijn om het water en of het stadion mee te verwarmen. Geothermie is namelijk nog erg nieuw en vooral in Leeuwarden dus hoe mooi zou het zijn om geothermie te gaan gebruiken in het Cambuur stadion.

4.3.1 Voordelen geothermie

- Geothermie is een bron die erg lang mee zal gaan (*Warmte van Leeuwarden [MHB AV], 2021*).
- Je haalt iets uit de aarde maar het zal niet verdwijnen, zoals bijvoorbeeld olie. Je haalt water uit de aarde maar het zal ook weer teruggaan de aarde in. (*Warmte van Leeuwarden [MHB AV], 2021*).
- Het is een duurzame bron
- Het komt uit de Nederlandse grond
- Er ligt een bron dicht bij het Cambuur stadion
- "Geothermie is niet afhankelijk van weer, wind of seizoen" (*User, z.d.*).
- "Geothermie is een van de goedkopere alternatieve warmtebronnen" (*User, z.d.*).

4.3.2 nadeel van geothermie

- Het is nog niet zo toegankelijk als zonne-energie of het gebruik van gas. Het zit niet meer in het beginstadium maar is ook zeker nog niet zo ver als gas gebruik of zonne-energie.



Figuur 10: Geothermie temperatuur
(Geothermie Nederland, 2021)

4.4 Blauwe energie

Blauwe energie is nog een manier van energie opwekken op een duurzame manier. Blauwe energie ontstaat door een bepaalde stapeling van membranen:

Het ene membraan laat alleen positieve deeltjes door en de ander juist alleen negatieve. Door die membranen om en om op elkaar te stapelen stromen de positieve en negatieve deeltjes elk een andere kant op. Zo ontstaat er een soort batterij, met een positieve en een negatieve kant. Door die twee kanten via elektrodes aan elkaar te verbinden, wordt het spanningsverschil omgezet naar stroom (zie figuur 11). (Blue Energy, 2020)

Blauwe energie kan in Nederland opgewekt worden, onder andere bij de afsluitdijk wat gunstig kan zijn voor het Cambuur stadion.

4.4.1 Voordelen blauwe energie

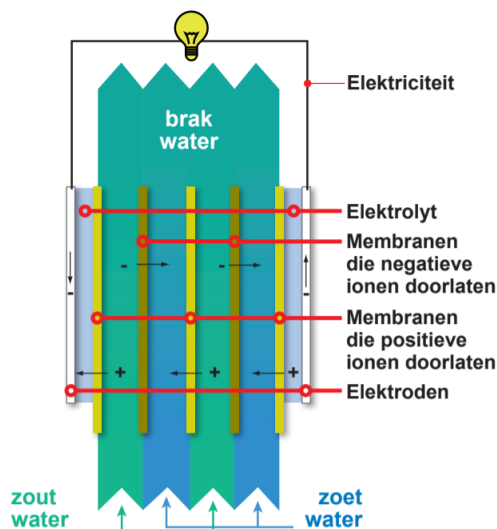
- Deze manier van energie winnen raakt niet op
- Het is een duurzame manier van elektriciteit winnen
- Blauwe energie is niet afhankelijk van weersomstandigheden
- Er zal geen water verloren gaan bij het opwekken van blauwe energie
- Blauwe energie wordt gewonnen in de buurt van Cambuur, namelijk bij de Afsluitdijk
- Het is CO2 vrij

(Blue Energy, 2020b)

4.4.2 Nadeel van blauwe energie

- Blauwe energie is nog niet zo ver qua het kunnen gebruiken ervan, over een bepaalde tijd kunnen we hopelijk gebruik gaan maken van blauwe energie van de Afsluitdijk. Het zit nog echt in de begin fase.

Werking 'Blue Energy'.



Figuur 11: werking van blauwe energie

(De Afsluitdijk, z.d.)

5 Regenwater benutten voor het besproeien van het veld

Er is onderzoek gedaan naar hoe regenwater dat rondom het Cambuur stadion valt opgevangen kan worden. Het is van belang dat het regenwater dat opgevangen is, nuttig wordt gebruikt. De hoofdvraag die beantwoord wordt in dit hoofdstuk is: "Hoe kan het beschikbare regenwater benut worden om het hybride veld van Cambuur te besproeien?". Er zijn verschillende tussenresultaten gemaakt om deze vraag te beantwoorden. Alle tussenresultaten leiden uiteindelijk tot de keuze van het concept en ook het prototype.

5.1 Keuze tot het bewateringssysteem

Om tot een goed bewateringssysteem te komen zijn er verschillende tussenresultaten gemaakt. Er zijn eisen aan het product te gesteld. Ook zijn er functies bedacht die het systeem moet kunnen uitvoeren. Bij elke functie zijn werkwijzen bedacht en uiteindelijk is de beste werkwijze van elke functie gekozen. Op deze manier is er van veel verschillende kanten naar het product gekeken. Het prototype is dan ook gemaakt op basis van de verschillende werkwijzen bij elkaar te voegen. Alle onderdelen zijn in een samenvattend verslag gezet, dit verslag is terug te vinden in bijlage G.

5.2 Prototype 1

Om te laten zien dat het systeem niet alleen op papier werkt is er een prototype gebouwd. In het prototype zit het programma dat de arduino aanstuurt. Ook is de arduino aangesloten aan een regensensor, grondvochtigheidssensor en een relais (voor het aansturen van de pomp). In het prototype is de arduino, met alle kabeltjes er aan, netjes weg gewerkt in een 3D geprinte behuizing. In het bakje zitten gleuven in gemoduleerd zodat de kabels naar de sensoren kunnen en de arduino aangesloten kan worden aan de laptop. Ook zit in het prototype een functie die weergeeft wat het systeem doet en waarom. Er valt op de laptop af te lezen of het regen, wat de grondvochtigheid is, of de stopknop is ingedrukt en of er wel of niet wordt bewaterd.

5.2.1 Werking programma

Voor de arduino is een programma geschreven. Onder deze kop wordt meer informatie gegeven over de werking van het uiteindelijke prototype. Het programma dat is geschreven is terug te vinden in de bijlage H.

5.2.1.1 Wanneer wordt er besproeid?

Wanneer het hybride grasmat wordt besproeid is afhankelijk van de stand die aanstaat. Er is een manuele stand en een automatische stand. Indien de automatische stand is zou het gras alleen moeten worden besproeid als: De grondvochtigheid van het hybride grasmat lager is dan 25%, het niet regent en de stopknop niet is ingedrukt. Indien de manuele stand aan staat zou er alleen moeten worden besproeid als de stopknop niet is ingedrukt.

5.2.1.2 Aflezen

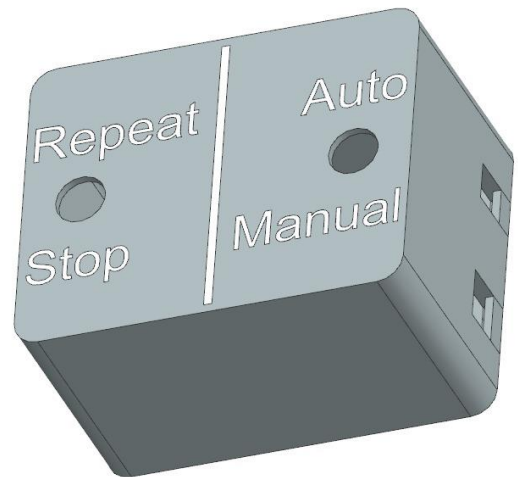
De waardes die door de sensoren worden afgelezen, zullen om de tien seconden worden weergegeven op het scherm van een computer, Als de arduino op de computer is aangesloten en de arduino IDE-applicatie op de computer staat. Naast de waardes die worden gemeten bijvoorbeeld: of het regent en wat de grondvochtigheid is, zal er ook op het scherm staan waarom er wel of niet wordt besproeid.

5.2.1.3 reactietijd stopknop

De sensoren worden om de tien seconden afgelezen en er zal dus om de tien seconden, door de arduino worden besloten of er wel of niet moet worden besproeid. Echter wordt de stopknop elke seconde afgelezen. Dit is zo gemaakt, omdat het systeem zo snel mogelijk moet stoppen als de schakelaar over wordt gehaald.

5.2.3 Tekeningen

Toen het programma klaar was en alle componenten op de arduino waren aangesloten, was er besloten om een behuizing te maken voor de arduino. De gaten in de bovenkant van de behuizing zijn voor de tuimelschakelaars en de gaten aan de zijkant zijn voor de stroom en om de arduino aan te sluiten op een computer. De behuizing is gemaakt door middel van een FDM 3d printer. De tekst op de behuizing is wit geprint en de rest van de behuizing is er met zwarte PLA omheen geprint. De behuizing is gemoduleerd in het programma Siemens NX. De gemaakte technische tekeningen van de verschillende componenten en de assembly zijn terug te vinden in bijlage I.



Figuur 12 tekening behuizing

5.3 Testen van het prototype

Om te kijken of het gemaakte prototype ook daadwerkelijk werkt, zoals het hoort te werken is er een test uitgevoerd. Bij de test is er een 1000W pomp aangesloten op het systeem. De pomp werd geschakeld door middel van een relais die weer werd aangestuurd door de arduino. Tijdens de test zijn er verschillende vragen beantwoord de verschillende vragen staan hieronder opgesomd.

Automatische stand:

- Gaat de pomp aan indien de grondvochtigheid lager is dan 25%, het niet regent en de stopknop niet aanstaat?
- Gaat de pomp uit indien de grondvochtigheid vervolgens hoger wordt dan 25%, terwijl het niet regent en de stopknop niet aan is?
- Gaat de pomp uit indien de grondvochtigheid lager is dan 25%, terwijl de regensensor aangeeft dat het regent en de stopknop niet aan is?

Manuele stand:

- Gaat de pomp aan ondanks dat de grondvochtigheid hoger is dan 25%?
- Blijft de pomp aan als de regensensor aangeeft dat het regent?

Stopknop:

- Heeft de stopknop een reactietijd van één seconde?
- Gaat de pomp sowieso uit als de automatische stand aan is?
- Gaat de pomp sowieso uit als de manuele stand aan is?
- Gaat het systeem weer verder als de stopknop vervolgens weer wordt uitgezet?

Indien al deze vragen na de test konden worden beantwoord met ja, werkt het systeem precies hoe het hoort te werken en is niks fout in het programma. Na de test bleek dat alles werkt zoals het hoort te werken. Terwijl de test is uitgevoerd is er ook een demovideo gemaakt van het prototype. De demovideo is terug te vinden in bijlage J.

5.4 Advies over het bewateringssysteem

Onder dit kopje wordt een advies aan de klant gegeven en gekeken naar de kosten van het bewateringssysteem.

5.4.1 Is het systeem winstgevend?

Om te kijken of het systeem winstgevend is, moet er gekeken worden naar de kosten van het systeem en dat moet uitgezet worden tegen de hoeveelheid water dat er bespaard wordt. Er is geen exacte berekening gedaan naar hoeveel water het systeem gaat besparen. Dit komt omdat het lastig is om dit te berekenen. De beste manier om dit te onderzoeken is door het systeem een jaar lang te laten bewateren en dat vergelijken met het oude bewateringssysteem. Dat het systeem water gaat besparen is zo goed als zeker. Want wanneer het systeem bewaterd en het begint te regenen dan stopt het er mee. Dus het zal niet onnodig water op het gras gaan sproeien. De kosten van het systeem is zeer weinig de sensoren zitten rond een 5 euro en de arduino kost 35 euro. Er hoeft dus maar weinig water bespaard te worden om het systeem rendabel te maken.

5.4.2 Aanbeveling op grotere schaal

Het prototype dat gemaakt is heeft maar 1 grondvochtigheidssensor. Dit komt omdat er alleen gekeken wordt of het systeem werkt. Na het proberen van het prototype blijkt dat het systeem het zeer goed doet en waarschijnlijk ook een goede oplossing voor het bewateringssysteem in het Cambuur stadion.

Wanneer dit systeem daadwerkelijk in het Cambuurstadion geïnstalleerd wordt, is het verstandig om het veld als het ware in meerdere vakken te verdelen. Zodat elk vak apart meerdere meetpunten in het veld heeft. Dit is handig wanneer een stuk van het veld in de zon ligt, want dan zal het water in dat stuk eerder verdampen en zal de grondvochtigheid daar ook sneller naar beneden gaan, dan op een stuk dat in de schaduw ligt. Ook zou dan elk vak apart bewaterd moeten worden. Er zou dan 1 hoofdleiding, af moeten takken naar alle delen van het veld. Het water wordt op deze manier optimaal benut. Ten eerste komt er dan minder water op een plek wat toch al nat genoeg was. Tenslotte blijft de grond onder het gras op deze manier op een constantere grondvochtigheid, wat weer gunstig is voor de gelijkheid van de graszode.

Conclusie

Hoe kunnen we efficiënt omgaan met het watergebruik in en rondom het stadion?

In hoofdstuk 2 blijkt dat er veel water op te vangen valt op de parkeerplaats, met behulp van infiltratiekratten en een groenstrook. Ook is er gekeken naar een wadi en naar grasbetontegels. De wadi is toegepast in de groenstrook en zorgt ervoor dat het regenwater opgevangen wordt. De grasbetontegels zijn achterna geen goeie oplossing gebleken. Er is namelijk niet duidelijk hoeveel men bespaart met deze oplossing.

In hoofdstuk 3 blijkt dat het regenwater wat op het dak van het stadion valt, kan opgevangen worden met behulp van duurzame materialen. Hierbij kunnen metalen platen het best gebruikt worden. Dit materiaal heeft een lange levensduur en de metalen platen zijn zeer goed recyclebaar. De andere benoemde materialen zijn ook opties, maar deze zijn duurder in onderhoud, of hebben een kortere levensduur.

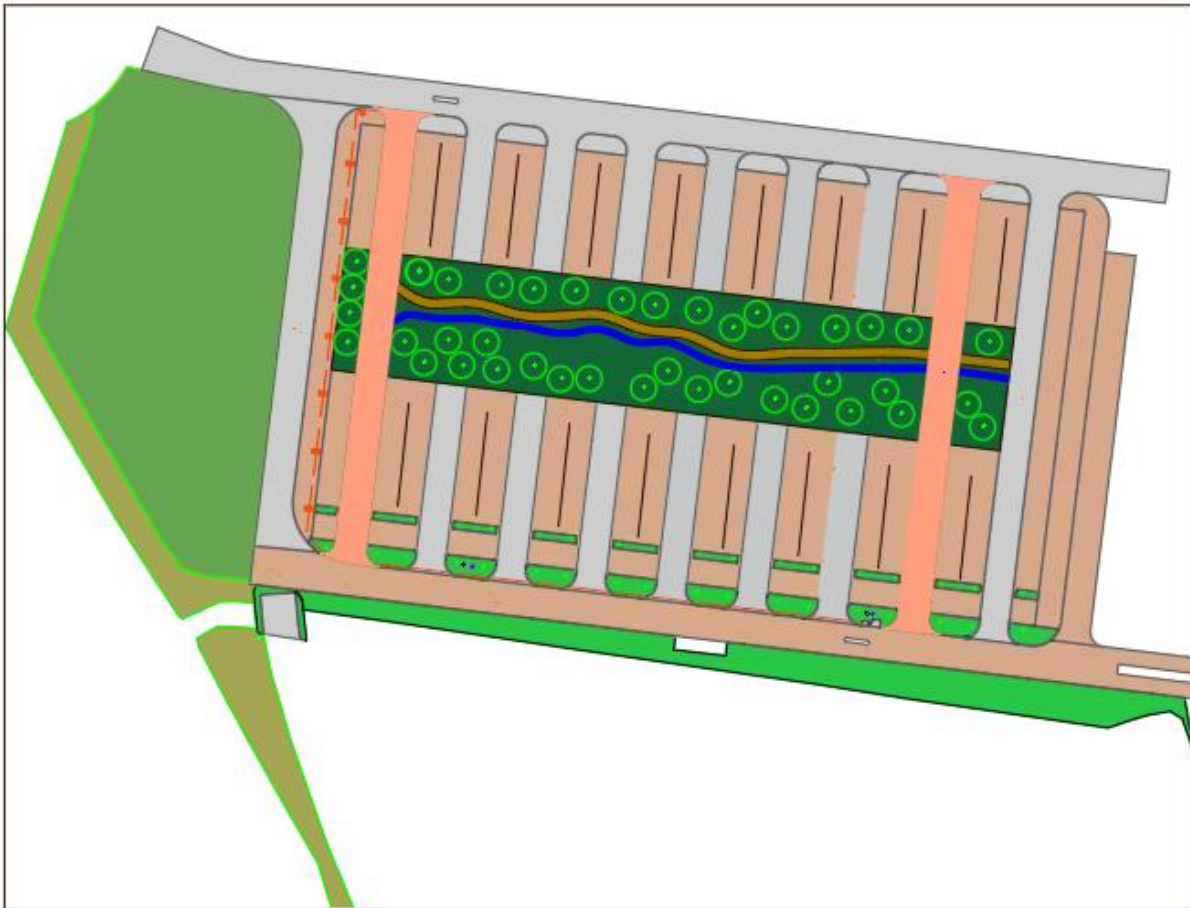
In hoofdstuk 4 komt naar voren welke duurzame manieren van energie winnen er zijn in de omgeving van het Cambuur stadion om het (opgevangen) water mee op te kunnen opwarmen. Hierbij zijn zonnepanelen op het dak, het zonnepark De Zwette, solarcarports en geothermische energiebronnen een goede optie voor. Geothermische energie en vooral blauwe energie zijn nog wat vooruitstrevend en misschien wel wat te futuristisch als oplossing. Blauwe energie zit namelijk nog wat meer in de ontwikkeling fase. De zonne-energie is de beste, het snelste en de meest lucratieve oplossing voor nu maar blauwe energie en vooral geothermische energie zijn zeker goede opties voor de toekomst.

In hoofdstuk 5 is een bewateringssysteem gemaakt. Dit systeem werkt door middel van een arduino die de grondvochtigheid van het veld meet. Ook meet de arduino of het regent. Het systeem zal niet bewateren wanneer het regent. Het water dat beschikbaar komt, door het opvangen van al het water op de parkeerplaats en op het dak, kan worden gebruikt om het veld mee te besproeien. Op deze manier wordt er water bespaard en wordt ervoor gezorgd dat de grond een constante grondvochtigheid heeft, wat weer goed is voor het veld. Op deze manier wordt het regenwater op een bewuste manier gebruikt om het veld te besproeien.

Door al deze oplossingen kan er veel opgevangen water gebruikt worden in het stadion en kan er zo kraanwater bespaard worden. Al met al is het aannemelijk dat er efficiënter met water in en rondom het stadion omgegaan wordt. Er spoelt minder water weg, door de extra maatregelen die de opvang van het water makkelijker maken. Ook wordt in het stadion met behulp van de arduino alleen water gespreeid wanneer dat nodig is. En het water wat gebruikt wordt, zal op een klimaat neutrale en duurzame manier opgewarmd worden, denk aan zonne-energie van de zonnepanelen op het dak. Op deze manieren wordt er met een efficiënte manier omgegaan met het watergebruik in en rondom het Cambuur stadion.

Bijlagen

Bijlage A. Ontwerp parkeerplaats infiltratiekratten & wadi



Legenda:

	Asfalt
	Gras
	Parkeerplaatsen
	Onverharde weg
	Voetpad
	Water
	Infiltratiekrat
	Bomen

Bijlage B. Kostenraming infiltratiekratten

Kosten aanleg min (€)	Kosten aanleg max (€)	Kosten aanleg gemiddeld (€)	€ per	Aanname hoogte (m)	Aanname dichtheid/breedte (m>m2)	Kosten (€m-2)	Onderbouwing / toelichting	Kosten bij meekoppelen/nieuwe aanleg	€ per	Kosten euro m-2
350	600	475	m3	0.5		950	Gebaseerd op de goedkoopste en duurste Wavinbergingskrat inclusief graven. 0.5 m hoog	nieuw	m3	5.30

Gebaseerd op ervaringscijfers van TAUW opgesteld door dhr. Ing. R. Wentink, de frequentie komt uit de leidraad D1100 (03-2015). Waarbij er 1x per 2 jaar wordt geïnspecteerd en 2 keer per jaar wordt gereinigd. Het reinigen kost: 2,80,- en de inspectie 2,50,- per m2 omgerekend per jaar.

Kosten Cambuur (19.000 m2)

Enmalige kosten	Kosten totaal	Toelichting
Aanleg (gemiddelde)	€180.500	€475 per m3 over 19.000 m2
Onderhoudskosten		
Reinigen	€53.200	-
Inspectie	€47.500	-

* 20 liter opvang per vierkante meter

* 1 m3 is 1000 liter

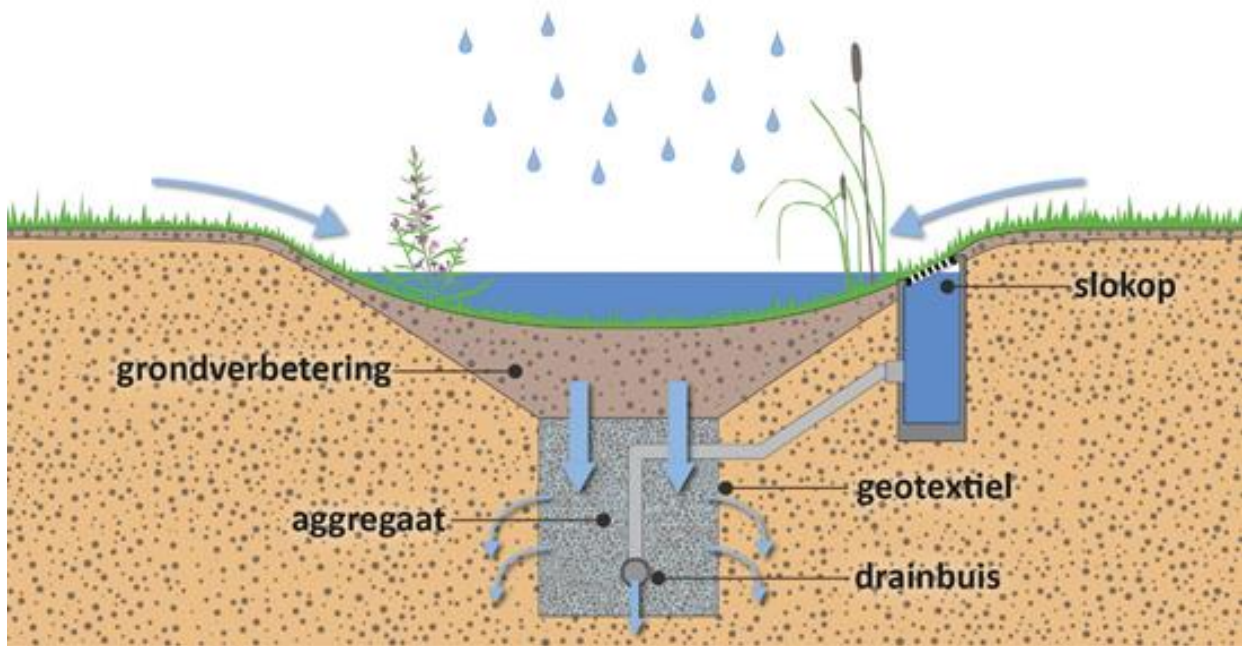
* hoeveelheid dat opgevangen kan worden onder P2, P3, P4 is 380.000 liter hemelwater

* reinigen is €2.80 per m2 per jaar

* inspectie is €2.50 per m2 per jaar

(Tabellen aanleg- en beheerkosten - Adaptation Support Tool - Deltares Public Wiki, 2020)

Bijlage C. Werking wadi



Bijlage D. Keuze duurzaam materiaal dakgoten

De dakplaten op het dak zijn niet de enige materialen die gebruikt worden tijdens het opvangen van het regenwater. Er worden ook nog dakgoten gebruikt, deze vangen het regenwater dat op het dak valt op en zorgen voor een goede afvoer. Het is ook belangrijk dat de dakgoten van een duurzaam materiaal gemaakt worden. Bij de materiaalkeuze van de dakgoten wordt vooral gekeken naar de levensduur, de recyclebaarheid en de prijs. Op basis van deze gegevens wordt een materiaalkeuze gemaakt.

Voorbeelden van duurzame materialen waar de dakgoten van gemaakt kunnen worden zijn:

- koper
- zink
- kunststof

Koper

Een koperen dakgoot gaat gemiddeld 70 jaar mee. De dakgoten hebben dus een zeer lange levensduur. Koper is 100% recyclebaar. Dit gecombineerd met de lange levensduur zorgt ervoor dat koperen dakgoten heel duurzaam zijn. Nog een voordeel van koperen dakgoten is dat ze vrijwel geen onderhoud nodig hebben. Het enige onderhoud dat gepleegd moet worden is het verwijderen van troep in de dakgoot. Een nadeel van koperen dakgoten is dat ze een hoge prijs hebben. De prijs van koperen dakgoten zit gemiddeld rond de 60 euro per meter. Er zal meer als 300 meter dakgoot gebruikt moeten worden. Met een prijs van 60 euro per meter zal er veel geld uitgegeven moeten worden

Zink

Een betere oplossing zijn zinken dakgoten. Deze hebben ook een zeer lange levensduur, gemiddeld 50 tot 70 jaar. Zink is ook 100% recyclebaar. Net als koper is zink ook vrijwel onderhoudsvrij. Net als koper is het enige onderhoud dat gepleegd moet worden het verwijderen van troep in de dakgoot. Zink heeft dezelfde voordelen als koper, alleen tegen een veel lagere prijs. Gemiddeld rond de 15 tot 20 euro per meter. De prijs is afhankelijk van de diameter van de dakgoten. Zink is dus financieel gezien beter als koper.

Kunststof

Kunststof dakgoten worden gemaakt van gerecycled pvc. Kunststof dakgoten gaan gemiddeld 25 jaar mee. Als de dakgoten vervangen moeten worden kunnen ze weer volledig gerecycled worden. Dit maakt de dakgoten zeer duurzaam. Echter is de levensduur van de dakgoten veel korter ten opzichte van koperen of zinken dakgoten. Dit zorgt er dan ook voor dat kunststof het minst duurzaam zijn.

Conclusie

Voor de materiaalkeuze van de dakgoten is er gekozen voor zink. Zink is zeer duurzaam en heeft weinig onderhoud nodig. Met dezelfde eigenschappen als koper, maar dan voor kwart van de prijs, is zink de beste optie.

Bijlage E. Berekening totale opbrengst en besparing van de zonnepanelen op het dak

Zonnen energie stadion:

Er passen ongeveer 6468, zonnepanelen van 1.046 x 1.690 millimeter op het dak, dit zouden er nog meer kunnen zijn maar met dit aantal wordt er rekening gehouden met de speling van de ruimte.

De dakhelling is ongeveer 70°, het dak is 32,95 meter diep, 140,2 meter lang en 165,2 meter breed.

Wanneer de zonnepanelen worden geplaatst met een hoek van 20° t/m 58° graden richting het zuiden zullen ze optimaal winst maken. De opbrengst factor in Nederland is ongeveer 85% (*Wat is het rendement van zonnepanelen? | Aarde.nl, 2020*).

Oost en West afmeting dak; $99,3 \times 32,95 = 3272 \text{ m}^2$ (1850 zonnepanelen)

Noord en Zuid afmeting dak; $74,3 \times 32,95 = 2448 \text{ m}^2$ (1384 zonnepanelen)

Wanneer de zonnepanelen plat op het dak worden geplaatst:

Zuiden

Aantal: 1384 panelen

Vermogen: 400 W

Hellingshoek: 70°

Opbrengst factor: 85%

Totale opbrengst: $1384 \times 400 \times 0,85 \times 90\%$

Totale opbrengst= 423.504 kWh/jr

Besparing $423.504 \times 0,2 = €84.700,80$ per jaar

Westen

Aantal: 1850 panelen

Vermogen: 400 W

Hellingshoek: 70°

Opbrengst factor: 85%

Totale opbrengst: $1850 \times 400 \times 0,85 \times 70\%$

Totale opbrengst= 440.300 kWh/jr

Besparing $440.300 \times 0,2 = €88.060$ per jaar

Noorden

Aantal: 1384 panelen

Vermogen: 400 W

Hellingshoek: 70°

Opbrengst factor: 85%

Totale opbrengst: $1384 \times 400 \times 0,85 \times 40\%$

Totale opbrengst= 188.224 kWh/jr

Besparing $188.224 \times 0,2 = €37.644,80$ per jaar

Oosten

Aantal: 1850 panelen

Vermogen: 400 W

Hellingshoek: 70°

Opbrengst factor: 85% Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Totale opbrengst: $1850 * 400 * 0,85 * 70\%$

Totale opbrengst= 440.300 kWh/jr

Besparing $440.300 * 0,2 = €88.060$ per jaar

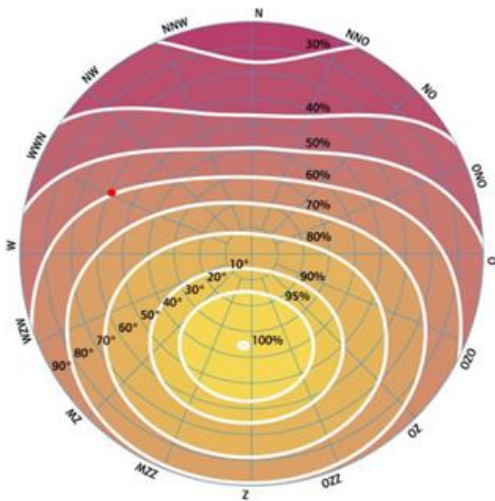
Het gehele dak

Totale opbrengst= 1.164.510,62 kWh/jr

Besparing €298.465,60 per jaar

(Brouwer, 2020)

Opbrengst zonnepanelen



(Opbrengst zonnepanelen berekenen, z.d.)

Bijlage F. Informatie over de SUNPOWER MAXEON 3, SPR-MAX3-400 zonnepanelen

Zie in tabel 'Elektrotechnische gegevens' SPR-MAX3-400 voor elektrotechnische gegevens van de SPR-MAX3-400.

Zie tabel 'Duurzaamheidstests en -certificeringen' voor de behaalde testen en certificeringen voor de MAXEON 3 panelen.

Zie rechts onder de afmetingen van de MAXEON 3 panelen.

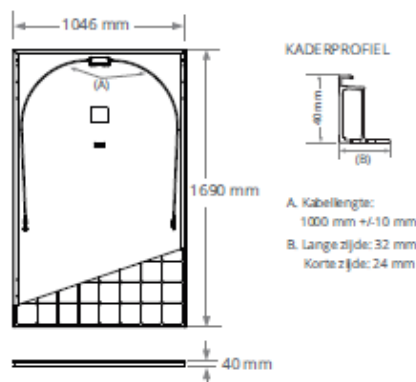
MAXEON 3 VERMOGEN : 390-400 W | EFFICIËNTIE: Tot 22,6%

Elektrotechnische gegevens			
	SPR-MAX3-400	SPR-MAX3-395	SPR-MAX3-390
Nominale kracht (P _{nom}) ⁸	400 W	395 W	390 W
Vermogenstolerantie	+5,0%	+5,0%	+5,0%
Efficiëntie van het paneel	22,6%	22,3%	22,1%
Nominale spanning (V _{mpp})	65,8 V	65,1 V	64,5 V
Nominale stroom (I _{mpp})	6,08 A	6,07 A	6,05 A
Open klemspanning (V _{oc}) (+/-3)	75,6 V	75,4 V	75,3 V
Kortsluitstroom (I _{sc}) (+/-3)	6,58 A	6,55 A	6,55 A
Max. systeemspanning	1000 V IEC		
Maximum zekeringen	20 A		
Temp. coëf. vermogen	-0,27% / °C		
Temp. coëf. spanning	-0,236% mV / °C		
Temp. coëf. stroom	0,058% mA / °C		

Testen en certificaten	
Standaardtesten ¹⁰	IEC 61215, IEC 61730
Kwaliteitsmanagement-certificering	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
Ammoniaktest	IEC 62716
Woestijntest	MIL-STD-810G
Zoutspriettest	IEC 61701 (maximale hevigheid doorstaan)
PID-test	1000 V: IEC 62804
Beschikbare certificaten	TUV

Duurzaamheidstests en -certificeringen	
IFLI Declare Label	Eerste zonnepaneel dat is gelabeld voor transparantie van onderdelen en LBC-compliance. ¹²
Cradie to Cradie Certified TM Bronze	Eerste zonnepaneel die is gecertificeerd voor veiligheid van materiaal, verantwoord gebruik van water, hergebruik van materiaal, gebruik van hernieuwbare energie en koolstofbeheer, en sociale rechtvaardigheid. ¹³
Bijdrage aan certificering voor groen bouwen	Panelen kunnen extra punten opleveren voor LEED- en BREEAM-certificeringen. ¹⁴
VGM-naleving	RoHS, CHSAS 18001:2007, loodvrij, Recycle schema, REACH SVHC-163

Algemene gegevens en mechanische gegevens	
Temperatuur	-40°C tot +85°C
Breukvastheidswaarde	25mm diameter hagelsteen bij 23 m/s
Zonnecellen	104 Monokristallijne Maxeon Gen II Cellen
Gehard glas	Hooggeleidend, gehard, antireflecterend
Junction Box	IP-68, MC4
Gewicht	19 kg
Max. belasting ¹¹	Wind: 2400 Pa, 244 kg/m ² voorkant & achterkant Sneeuw: 5400 Pa, 550 kg/m ² voorkant
Kader	Klasse 1 zwart geanodiseerd, hoogste AAMA classificatie



Lees veiligheids- en installatieinstructies voordat u dit product gebruikt.

(SUNPOWER, 2020)

2021

Samenvattend verslag WTB



Auteurs:

Tjerk Koonstra

Stefan Hans

Groep: D

Project: MDP Cambuur

14-6-2021

NHL
STENDEN

Versiebeheer

Versie	Auteur	Kenmerk	Datum
Versie 1	Tjerk Koonstra en Stefan Hans	Invoegen PvE, functieblokschema, morfologie en conceptkeuze verslag	27-05-2021
Versie 1.1	Tjerk Koonstra en Stefan Hans	Toepassen van een spellingscontrole	27-05-2021
Versie 1.2	Tjerk Koonstra en Stefan Hans	Aanpassingen na feedback	1-06-2021

Inhoudsopgave

1	Inleiding	35
2	Pakket van eisen	35
2.1	Fabricage-eisen.....	35
2.2	Gebruikseisen	35
2.3	Milieueisen	35
3	Functieblokschema.....	36
4	Morfologisch overzicht	37
5	Uitleg concepten	38
5.1	Concept 1 (Tjerk Koonstra).....	38
5.2	Concept 2 (Stefan Hans)	39
5.3	Keuzemoment	40
5.4	Kesselringschema	40
5.5	Kesselringdiagram	41
5.6	Gemaakte keuze	41

Inleiding

In dit document wordt de weg naar het eerste concept beschreven. Er is een Pakket van Eisen (PvE), een functieblokschema, een morfologisch overzicht, een Kesselringschema en een Kesselringdiagram gemaakt. Al deze tussenproducten samen vormen de weg naar het uiteindelijke concept en staan in dit bestand in chronologische volgorde.

Pakket van eisen

Voor het bewateringssysteem is een pakket van eisen gemaakt. Zodra het pakket van eisen in zijn geheel beschikbaar is, kunnen de verschillende stakeholders zien waar het projectteam mee bezig is.

Fabricage-eisen

Nummer	Eis	Vast	Variabel	Wens	Opmerking
1	Op het moment dat het regent, moet er niet besproeid worden.			X	
2	Wanneer het vochtgehalte van het grasveld lager is dan 25%, moet er bewaterd worden.		X		
3	Wanneer het vochtgehalte van het grasveld hoger is dan 25%, moet er niet bewaterd worden.		X		
4	Nadat er bewaterd is moet er na 5 min pas weer opnieuw worden gemeten wat het vochtgehalte is.		X		

Gebruikseisen

Nummer	Eis	Vast	Variabel	Wens	Opmerking
5	Het bewateringssysteem moet volledig geautomatiseerd zijn.			X	
6	Het laatst gemeten vochtgehalte kan worden afgelezen.			X	
7	Het bewateringssysteem kan uitgeschakeld worden.	X			

Milieueisen

Nummer	Eis	Vast	Variabel	Wens	Opmerking
8	Eventuele onderdelen moeten binnen 10 minuten kunnen worden vervangen, indien deze niet meer werken.		X		




















Funcatieblokschema

Hieronder staat het functieblokschema van het bewateringssysteem. In het functieblokschema staan de verschillende functies van het bewateringssysteem en hoe deze kunnen worden uitgevoerd.



Morfologisch overzicht

Voor dit project is een morfologisch overzicht gemaakt. In het morfologisch overzicht staan de functies uit het functieblokschema, met daarnaast een aantal werkwijzen die de functies zouden kunnen vervullen. Door de verschillende werkwijzen worden uiteindelijk lijnen getrokken, deze lijnen zullen de verschillende concepten representeren.

Functie/ Werkwijze	Werkwijze 1:	Werkwijze 2:	Werkwijze 3:	Werkwijze 4:	Werkwijze 5:
Functie: 1 Het grasveld bewateren.	Sproeier 	Gieter 	Druppelslang 	Bevloeiingsslang 	
Functie: 2 Bepaling moment van bewateren.	Steek je vinger 2.5-5.1 cm in de grond. Als de grond droog aanvoelt of als het van uw vinger af valt wanneer u de grond verwijderd, kan de grond droog zijn. 	Sensor die kan worden aangesloten op microcontroller. 	Sensor die de grondvochtigheid weergeeft. 		
Functie: 3 Aanvoer van het water.	Pomp met slangen. 	Pomp met leidingen. 	Emmer 		
Functie: 4 Het starten en stoppen van het bewateringsproces.	D.m.v een relais aan te sturen die is aangesloten op een pomp. 	Door handmatig de schakelaar op de pomp te bedienen. 	Niet meer met een emmer op en neer lopen. 	Kraan open en dicht zetten. 	Stopknop op een automatisch systeem. 
Functie: 5 Bepaling wanneer er niet mag worden bewaterd.	Regensensor op een automatisch systeem. 	Grondvochtigheid-sensor op een bepaald systeem. 	Kijken of de grond vochtig aanvoelt. 	Sensor die de grondvochtigheid weergeeft. 	

Concept 1: oranje lijn (Tjerk Koonstra)

Concept 2: zwarte lijn (Stefan Hans)

Uitleg concepten

In het morfologische overzicht staan 2 lijnen. Deze twee lijnen representeren de twee verschillende concepten. In dit hoofdstuk wordt uitleg gegeven over de twee verschillende concepten. Ook zal in dit hoofdstuk uiteindelijk de keuze worden gemaakt voor een bepaald concept. Deze keuze zal dan ook in dit hoofdstuk worden verklaard.

Concept 1 (Tjerk Koonstra)

Functie 1 (Het grasveld bewateren):

Bij Functie 1 is de keuze gemaakt voor het besproeien met sproeiers die uit het veld komen. De voetballers hebben zelf namelijk aangegeven dat het fijn is als het gras nat is, omdat dit fijner glijdt, hierdoor vervalt de keuze voor een druppelslang, omdat deze alleen de grondvochtig maakt. Er is hier niet gekozen voor een gieter, omdat er in het PvE als wens staat dat het systeem volledig geautomatiseerd moet zijn. Indien er voor een gieter zou worden gekozen zou het 'systeem' moeilijk kunnen worden geautomatiseerd in vergelijking met de andere werkwijzen.

Functie 2 (Bepaling moment van bewateren):

Bij Functie 2 is er gekozen voor het gebruik van een sensor die kan worden aangesloten op een bepaald systeem. Deze keuze is gemaakt, omdat er met een sensor die de grondvochtigheid heel nauwkeurig kan worden gemeten. Dit is essentieel, omdat het veld volgens het PvE moet worden besproeid indien het vochtgehalte van de grond lager is dan 25%. Werkwijze 1 in het morfologisch overzicht valt dus af, omdat dit een heel onnauwkeurige waarde levert. De keuze is niet gegaan naar een sensor die alleen de grondvochtigheid weergeeft. Een sensor die alleen de grondvochtigheid weergeeft kan niet worden aangesloten op bijvoorbeeld een microcontroller, waardoor het bewateren dan ook niet volledig geautomatiseerd zou kunnen.

Functie 3 (Aanvoer van het water):

Bij Functie 3 is er gekozen voor het gebruik van een pomp met slangen. Er is gekozen voor een pomp met slangen in plaats van een pomp met leidingen, omdat leidingen over het algemeen wegens oxidatie een kortere levensduur hebben, als ze lang in vochtige grond liggen. Ook zijn leidingen over het algemeen lastiger om aan te leggen, omdat er bij een leiding bijvoorbeeld een los tussenstuk nodig is om een bocht te maken. Een slang zou zonder tussenstukken bochten kunnen maken. Er is niet gekozen voor het constant heen en weer lopen met emmers, omdat dit niet zou kunnen worden geautomatiseerd.

Functie 4 (Het starten en stoppen van een bewateringsproces):

Bij functie 4 is er gekozen voor een relais en een stopknop. Er is gekozen voor een relais, omdat deze werkwijze in tegenstelling tot de andere werkwijzen een pomp zou kunnen starten in een volledig geautomatiseerd systeem. Ook is er gekozen voor het toevoegen van een stopknop, aangezien deze werkwijze de eis: 'Het bewateringssysteem kan uitgeschakeld worden' kan vervullen.

Functie 5 (Bepaling wanneer er niet mag worden bewaterd):

Bij functie 5 is gekozen voor het gebruik van een regensensor en een grondvochtigheidssensor die kan worden aangesloten op een systeem. Er is gekozen voor een grondvochtigheidssensor, omdat deze heel nauwkeurig kan meten. Deze nauwkeurigheid is van belang, omdat er in het PvE als eis staat: 'het grasveld niet mag worden besproeid indien de grondvochtigheid hoger is dan 25%'. Deze nauwkeurigheid kan niet worden bereikt, indien de grondvochtigheid wordt ingeschat op basis van een gevoel, waardoor werkwijze 3 afvalt. Er is gekozen voor een sensor die kan worden aangesloten op een bepaald systeem in plaats van een sensor die de grondvochtigheid weergeeft, omdat een sensor die alleen de grondvochtigheid weergeeft niet kan worden aangesloten op een volledig geautomatiseerd systeem. Ook is er gekozen voor een voor een regensensor, omdat deze kan worden aangesloten op een volledig geautomatiseerd systeem en omdat een regensensor de eis: 'Op het moment dat het regent moet er niet besproeid worden' kan vervullen.

Concept 2 (Stefan Hans)

Functie 1 (Het grasveld bewateren):

Bij functie 1 is gekozen voor werkwijze 3. Hierin wordt het gras bewaterd doormiddel van een slang die heel rustig water bij de wortels druppelt. Het grote voordeel van deze druppelslang is dat het water direct bij de wortels aankomt. Dit is niet het geval bij de andere werkwijzen. Bij een sproeier en een gieter wordt het water boven op het gras gedruppeld en bij bevoeien wordt het water over het veld heen gevloeid. Het water zou dus eerst door de grond heen moeten zakken voordat het bij de wortels terecht komt.

Functie 2 (Bepaling moment van bewateren):

Doormiddel van een sensor die kan worden aangesloten op een microcontroller, wordt het moment van bewateren vastgesteld. Het voordeel van een sensor die aan een microcontroller wordt aangesloten is dat de informatie dat de sensor geeft direct verwerkt wordt in de microcontroller. Het is systeem is op die manier geheel automatisch. De werkwijze van het met de hand voelen hoe nat het veld is en een sensor die de grondvochtigheid aangeeft zijn minder goede opties omdat de informatie dat de sensor geeft niet direct wat mee wordt gedaan. Ook moet er dan iemand aan te pas komen om het de grondvochtigheid af te lezen.

Functie 3 (Aanvoer van het water):

De aanvoer van het water wordt gedaan door een pomp met leidingen. Dit is veel overzichtelijker en strakker dan slangen. Dat is vooral het geval bij de pomp waar het naar de verdeelstukken gaat. Een emmer is ook geen goede optie omdat dat het heen en weer lopen met een emmer veel tijd kost veel tijd kost.

Functie 4 (Het starten en stoppen van een bewateringsproces):

Het starten en stoppen van het bewateringsproces wordt gedaan door een relais die weer aangesloten is op de pomp. Ook zit op dit systeem een noodknop zodat het hele systeem stopt. Dit zijn de beste opties omdat: een kraan openzetten, met een emmer lopen en handmatig een schakelaar bedienen allemaal mensen voor nodig zijn. De stopknop zit er wel op zodat een persoon het systeem wel handmatig uit kan zetten.

Functie 5 (Bepaling wanneer er niet mag worden bewaterd):

Bij de laatste functie is er gekozen voor een regensensor en een grondvochtigheidssensor. Het zijn er 2 omdat het systeem op 2 momenten niet mag bewateren. Dat is wanneer het regent (daarvoor is de regensensor) en wanneer het al vochtig genoeg is (dit wordt gemeten door een grondvochtigheidssensor). Er is gekozen voor deze 2 omdat de andere 2 opties niet handig zijn. Daarbij moet elke keer een persoon het aflezen of voelen hoe nat het is en of het regent, wat veel geld aan manuren kost.

Keuzemoment

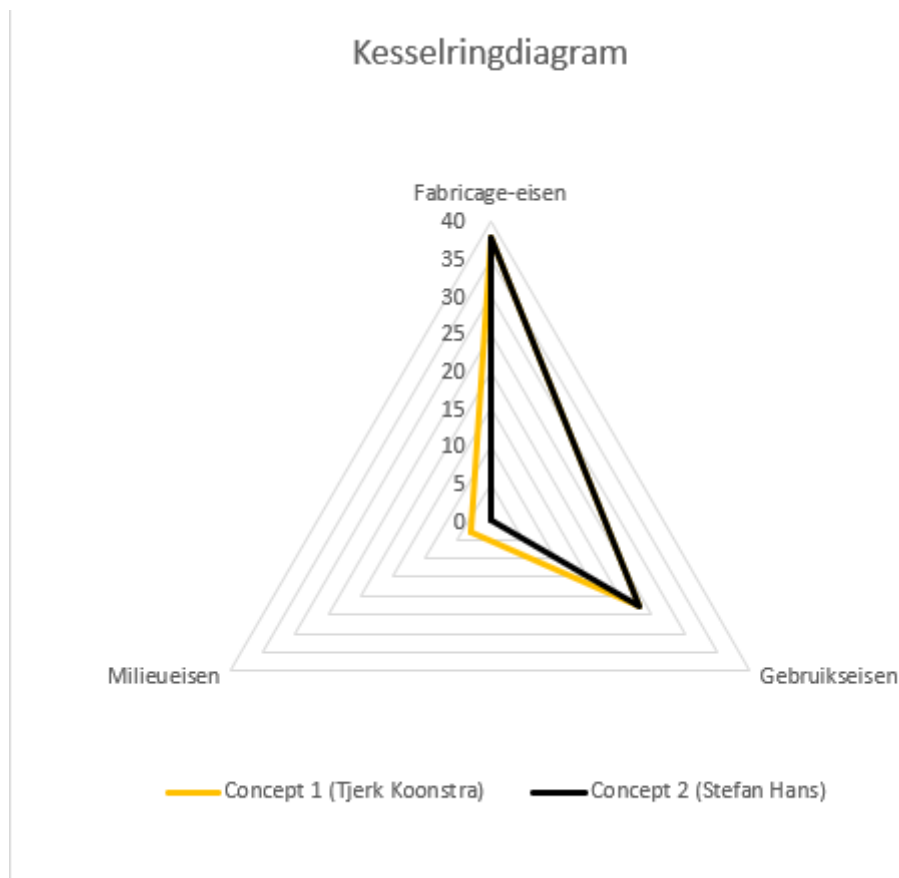
Om te bepalen welk concept het beste is, is er gebruik gemaakt van een Kesselringschema. In dit schema staan de eisen uit het PvE. De eisen hebben een verschillende weegfactor gekregen, omdat het belang van de eisen hier uiteenlopen. De weegfactor zorgt ervoor dat de zwaarste eisen ook het zwaarst meetellen.

Kesselringschema

Nummer	Fabricage-eisen	Concept 1	Concept 2	Type eis	Weegfactor
1.	Op het moment dat het regent, moet er niet besproeid worden.	8	8	Wens	8 punten
2.	Wanneer het vochtgehalte van het grasveld lager is dan 25%, moet er bewaterd worden.	10	10	Variabel	10 punten
3.	Wanneer het vochtgehalte van het grasveld hoger is dan 25%, moet er niet bewaterd worden.	10	10	Variabel	10 punten
4.	Nadat er bewaterd is, moet er na 5 min pas weer opnieuw worden gemeten wat het vochtgehalte is.	10	10	Variabel	10 punten
Nummer	Gebruikseisen	Concept 1	Concept 2	Type eis	Weegfactor
5.	Het bewateringssysteem moet volledig geautomatiseerd zijn.	8	8	Wens	8 punten
6.	Het laatst gemeten vochtgehalte kan worden afgelezen.	5	5	Wens	5 punten
7.	Het bewateren kan uitgeschakeld worden.	10	10	Vast	10 punten
Nummer	Milieueisen	Concept 1	Concept 2	Type eis	Weegfactor
8.	Eventuele onderdelen moeten binnen 10 minuten kunnen worden vervangen, indien deze niet meer werken.	3	0	Variabel	6 punten
Totaal aantal punten		Concept 1	Concept 2	Totaal aantal punten	
Aantal Punten:		64	61	67	

Kesselringdiagram

Bij de resultaten uit het Kesselringschema is een Kesselringdiagram gemaakt. Door middel van het Kesselringdiagram kan men duidelijk zien welk concept op welk gebied het beste scoort.



Gemaakte keuze

Uiteindelijk is er gekozen voor concept 1. Er is voor dit concept gekozen, omdat dit concept het beste heeft gescoord in het Kesselringdiagram. Ook is ervoor dit concept gekozen, omdat de voetballers van het Cambuurstadion zelf aan hebben gegeven dat het fijn is als het gras zelf ook nat is. Indien het gras zou worden bewaterd doormiddel van een druppelslang zoals bij concept 2, zou het gras zelf niet nat worden. Ten slotte is er gekozen voor concept 1, omdat er bij concept 1 gebruik wordt gemaakt van slangen in plaats van leidingen. Het voordeel van slangen, is dat deze over het algemeen makkelijker zijn om aan te leggen ten opzichte van leidingen. Bij slangen is dit makkelijker, omdat slangen in een bocht gelegd kunnen worden en met leidingen zijn er aparte bochten voor die eraan gelijmd of gesoldeerd moeten worden. Ook hebben slangen in verhouding tot leidingen vaak een langere levensduur.

Om de pomp aan te sturen wordt er gebruik gemaakt van een relais. Het relais zal worden aangestuurd door een arduino. Op de arduino zullen de volgende componenten worden aangesloten:

- Een relais (om de pomp aan te sturen)
- Grondvochtigheidssensor
- Een stopknop
- Regensensor

Indien de grondvochtigheidsensor aangeeft dat het vochtgehalte van het gras lager is dan 25%, de regensensor aangeeft dat het niet regent en de stopknop niet is ingedrukt zal het relais worden aangestuurd. Het eerste prototype zal een arduino worden met daarop de bovenstaande componenten. Voor de arduino wordt een programma geschreven, waardoor alles werkt zoals hierboven staat beschreven. De arduino met 1 regensensor, 1 grondvochtigheidsensor, 1 stopknop en 1 relais zal het eerste prototype representeren.

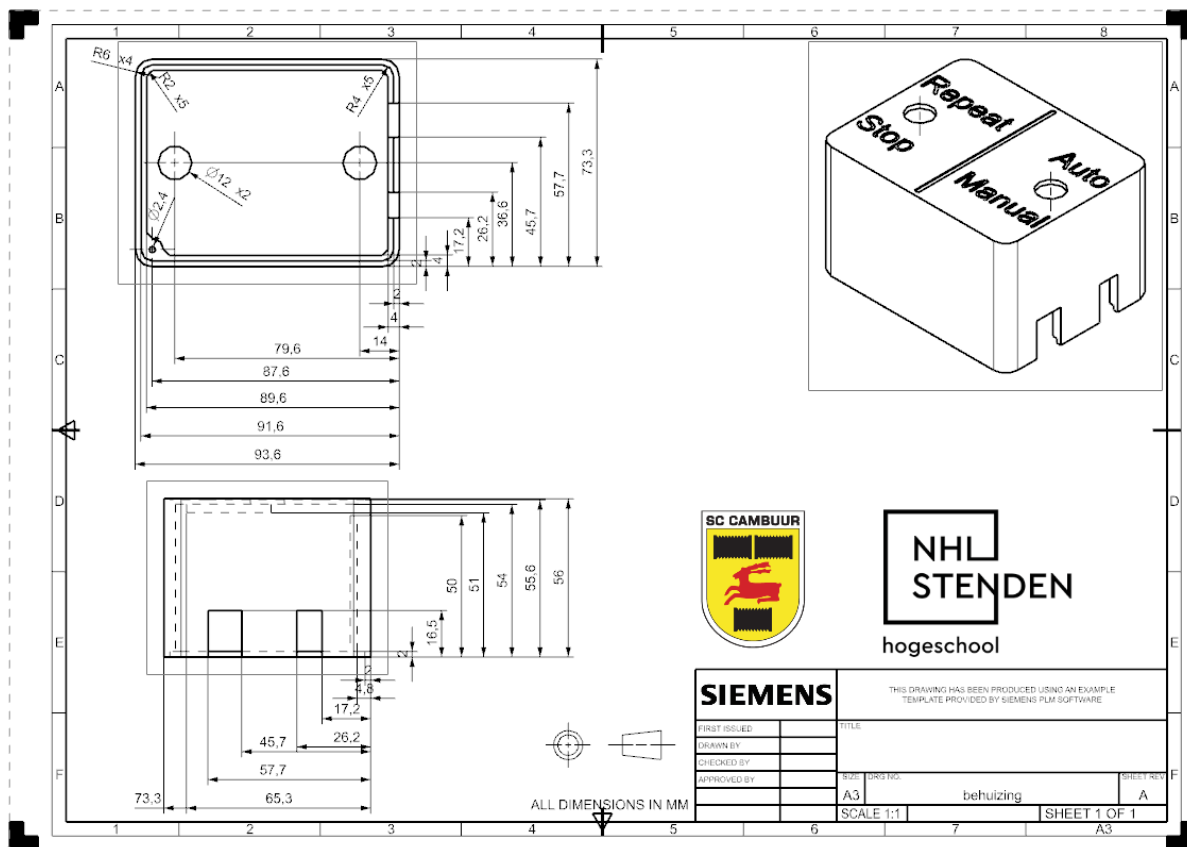
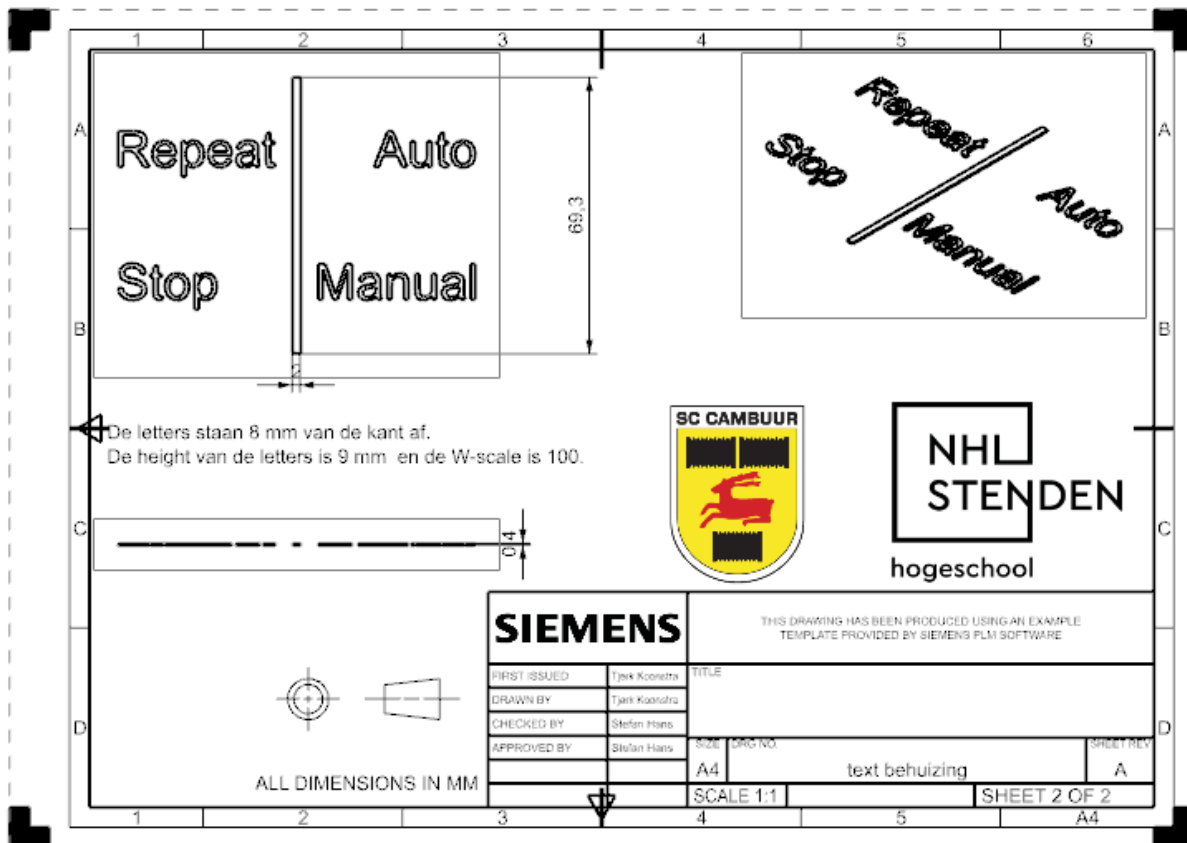
Bijlage H. Arduino Programma

Omdat het programma van de arduino zelf niet zo makkelijk in het verslag kon worden gezet, is hiervoor een download link gemaakt. Hiernaast de staat ook nog een QR-code die ook kan worden gebruikt om het programma te downloaden.

Link: <https://edu.nl/yd8aj>



edu.nl/yd8aj



Bijlage J. Demovideo

Omdat de demovideo net als het programma niet in het verslag kon worden gezet, is ook hiervoor een download link gemaakt. Ook staat er hiernaast een QR-code die ook kan worden gebruikt om de demovideo te downloaden.

Link: naar de video: <https://edu.nl/pk4mv>



edu.nl/pk4mv

Bibliografie

Hoofdstuk 2 (bronnen)

Terradec. (sd). Opgehaald van Grasbetontegels:

<https://particulier.terradec.com/nl/grasdallen#:~:text=Het%20zijn%20tegels%20met%20een%20honingraatstructuur%20waartussen%20gras%20kan%20groeien.&text=Na%20een%20tijd%20zal%20het%20gemaakt%20is%20kunststof%20of%20beton.>

www. Betondingen.nl. (sd). Opgehaald van Grasbetontegels: <https://www.betondingen.nl/gra>

EenVandaag. (2021, 17 mei). *Hoe Microsoft door datacenters te koelen met regenwater een oude techniek*

voor een nieuw probleem inzet. <https://eenvandaag.avrotros.nl/item/hoe-microsoft-door-datacenters-te-koelen-met-regenwater-een-oude-techniek-voor-een-nieuw-probleem-inzet/>

Stedelijke infiltratiestroken – bioswales | Blauw Groen Vlaanderen. (z.d.). BlauwGroenVlaanderen.

<https://blauwgroenvlaanderen.be/professionals/maatregelen/stedelijke-infiltratiestroken-bioswales/>

Postma, N. P. (2021, 11 mei). *Gastles over klimaatadaptatie.* <https://www.nhlstenden.com/>.

<https://www.nhlstenden.com/>

Leidingshop. (z.d.). <https://www.leidingshop.nl/files/shopplus/Infiltratiekratten%20folder.pdf> [Tabel].

<https://www.leidingshop.nl/files/shopplus/Infiltratiekratten%20folder.pdf>

Ondergrondgegevens | DINOloket. (2021, 1 januari). <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>.

<https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>

Jonker, E. (2021, 26 mei). *Gastles duurzaam watergebruik.* <https://www.nhlstenden.com/>.

<https://www.nhlstenden.com/>

Tabellen aanleg- en beheerkosten - Adaptation Support Tool - Deltares Public Wiki. (2020, 20 april).

<https://publicwiki.deltares.nl/display/AST/Tabellen+aanleg+-en+beheerkosten>.

<https://publicwiki.deltares.nl/display/AST/Tabellen+aanleg+-en+beheerkosten>

Drainagebuizen, Z. (2021, 1 januari). *Infiltratiekrat | De beste infiltratiesystemen | Scherp geprijsd.*

Drainagebuizen, ZilverCMS. <https://www.drainagebuizen.nl/infiltratiekrat-met-doeek/>

Hoofdstuk 3 (bronnen)

Welke dakbedekking is geschikt voor regenwaterrecuperatie? (2020, 6 februari). Feenstra Dakbedekking.

<https://www.feenstra-dakbedekking.nl/sitemap/regenwaterrecuperatie-plat-dak#:~:text=Regenwater%20gebruiken%20voor%20het%20doorspoelen%20van%20het%20toilet%2C,kan%20toegepast%20worden%20in%20nieuwbouwprojecten%2C%20maar%20ook%20renovatie.>

Kok, A. (2020, 25 augustus). *Urban Waterbuffer Valladolid | Zorrilla Stadion | Field Factors*. Field Factors - duurzaam regenwaterhergebruik in de stad | Delft. <https://fieldfactors.com/blog/nederlandse-innovatie-maakt-het-zorrilla-voetbalstadion-in-valladolid-spanje-klimaatbestendig>

Grasland houdt van pH tussen de 5 en 6. (2020, 26 november). Veeteelt.nl.

<https://veeteelt.nl/nieuws/grasland-houdt-van-ph-tussen-de-5-en-6>

User, S. (z.d.). *Ghelamco-arena, Gent - Infosteel*. infosteel.com. Geraadpleegd op 14 juni 2021, van

<https://www.infosteel.com/roestvast-staal-projecten/82-utiliteitsbouw/2316-ghelamco-arena-gent.html>

Regenwater opvangen: duurzaam en slim. (2021, 22 maart). DYKA Kennis.

<https://kennis.dyka.nl/regenwater/opvangen/>

Ritini kunststof golfplaat - 51/177 profiel - 1.550 t/m 5.600 mm - antraciet. (z.d.). kuras.nl. Geraadpleegd op 14 juni 2021, van <https://kuras.nl/ritini-kunststof-golfplaat>

Welke soorten golfplaten zijn er? (2019, 14 oktober). MijnKluswijzer.Nl.

<https://www.mijnkluswijzer.nl/welke-soorten-golfplaten-zijn-er/#:~:text=Hoeveel%20golfplaat%20heeft%20u%20nodig%3F%20%20%20Soort,golf%20%20%2015%20%E2%80%93%20%20centimeter%20>

Vezelcement Golfplaten - BMN Bouwmaterialen. (2019, 11 september). bmn.nl.

<https://www.bmn.nl/dak/golfplaten/vezelcement-golfplaten>

-
- Straalen, V. (2017, 20 april). *Vezelcement golfplaten als duurzame dakbeplating*. Bouwbedrijf MJ van Straalen. <http://www.bouwbedrijfmjvanstraalen.nl/blog/vezelcement-golfplaten-als-duurzame-dakbeplating/>
- Stuurgroep PVC. (z.d.). *Stuurgroep PVC & Ketenbeheer - Recycling*. pvcinfo.nl. Geraadpleegd op 14 juni 2021, van <https://www.pvcinfo.nl/duurzaamheid/recycling>
- Ligthart, H. J. (z.d.). *bitumenrecycling*. dakenmilieu.nl. Geraadpleegd op 1 juni 2021, van <https://www.dakenmilieu.nl/extra/bitumenrecycling/#:~:text=Bitumen%20is%20een%20thermoplastisch%20materiaal%20en%20door%20haar,hoeven%20bij%20recycling%20geen%20molecuulketens%20te%20worden%20verbroken.>
- GmbH, H. B. (2016, 15 augustus). *Dakgoot | PVC | Ø 100 mm | Kleur bruin | Lengte 4 m*. hmg-benelux-shop.com. https://www.hmg-benelux-shop.com/dakgoot-pvc-100-mm-kleur-bruin-lengte-4-m-51104400.html?msclkid=9ff9c3debe7b16342e21a31b6b872758&utm_source=bing&utm_medium=pc&utm_campaign=Shopping%20%7C%20NL&utm_term=4574930450840924&utm_content=Alles
- O. (2019, 29 juli). *Zink in een duurzame samenleving*. NedZink. <https://www.nedzink.com/nl/milieu/duurzaamheid/#:%7E:text=Zink%20past%20prima%20binnen%20een%20duurzame%20samenleving.%20Het,de%20biologische%20processen%20van%20mens%2C%20dier%20en%20plant.>
- PVCvoordeel, Z. (z.d.). *Dakgoot antraciet | Lange levensduur | PVC Voordeel!* PVCvoordeel, ZilverCMS. Geraadpleegd op 2 juni 2021, van <https://pvcvoordeel.nl/dakgoot-antraciet/>

Hoofdstuk 4 (bronnen)

Blue Energy. (2020a, november 23). De Afsluitdijk. <https://deafsluitdijk.nl/projecten/blue-energy/hoe/>

Blue Energy. (2020b, november 23). De Afsluitdijk. <https://deafsluitdijk.nl/projecten/blue-energy/waarom/>

Brouwer, F. (2020, 2 oktober). *2021 W5 FB inleiding installaties* [Presentatieslides]. PowerPoint.

[https://teams.microsoft.com/l/file/A9D0F78A-742E-48EB-A14C-](https://teams.microsoft.com/l/file/A9D0F78A-742E-48EB-A14C-1FEAD9E12C09?tenantId=016a9e48-ba0b-49f4-97f8-a88352164e58&fileType=pptx&objectUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3%2FShared%20Documents%2FTiny%20House%2FColleges%2FTheoriecolleges%2F2021%20W5%20FB%20inleiding%20installaties.pptx&baseUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3&serviceName=teams&threadId=19:a4cbd83b9c314f29af5cecc87da907d8@thread.tacv2&groupId=57677d0f-5250-4cc7-8404-5ec33fbfc94f)

[1FEAD9E12C09?tenantId=016a9e48-ba0b-49f4-97f8-](https://teams.microsoft.com/l/file/A9D0F78A-742E-48EB-A14C-1FEAD9E12C09?tenantId=016a9e48-ba0b-49f4-97f8-a88352164e58&fileType=pptx&objectUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3%2FShared%20Documents%2FTiny%20House%2FColleges%2FTheoriecolleges%2F2021%20W5%20FB%20inleiding%20installaties.pptx&baseUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3&serviceName=teams&threadId=19:a4cbd83b9c314f29af5cecc87da907d8@thread.tacv2&groupId=57677d0f-5250-4cc7-8404-5ec33fbfc94f)

[a88352164e58&fileType=pptx&objectUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-](https://teams.microsoft.com/l/file/A9D0F78A-742E-48EB-A14C-1FEAD9E12C09?tenantId=016a9e48-ba0b-49f4-97f8-a88352164e58&fileType=pptx&objectUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3%2FShared%20Documents%2FTiny%20House%2FColleges%2FTheoriecolleges%2F2021%20W5%20FB%20inleiding%20installaties.pptx&baseUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3&serviceName=teams&threadId=19:a4cbd83b9c314f29af5cecc87da907d8@thread.tacv2&groupId=57677d0f-5250-4cc7-8404-5ec33fbfc94f)

[ProjectBouwkundejaar1periode3%2FShared%20Documents%2FTiny%20House%2FColleges%2FTheoriecolleges%2F2021%20W5%20FB%20inleiding%20installaties.pptx&baseUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-](https://teams.microsoft.com/l/file/A9D0F78A-742E-48EB-A14C-1FEAD9E12C09?tenantId=016a9e48-ba0b-49f4-97f8-a88352164e58&fileType=pptx&objectUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3%2FShared%20Documents%2FTiny%20House%2FColleges%2FTheoriecolleges%2F2021%20W5%20FB%20inleiding%20installaties.pptx&baseUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3&serviceName=teams&threadId=19:a4cbd83b9c314f29af5cecc87da907d8@thread.tacv2&groupId=57677d0f-5250-4cc7-8404-5ec33fbfc94f)

[ProjectBouwkundejaar1periode3&serviceName=teams&threadId=19:a4cbd83b9c314f29af5cecc87d](https://teams.microsoft.com/l/file/A9D0F78A-742E-48EB-A14C-1FEAD9E12C09?tenantId=016a9e48-ba0b-49f4-97f8-a88352164e58&fileType=pptx&objectUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3%2FShared%20Documents%2FTiny%20House%2FColleges%2FTheoriecolleges%2F2021%20W5%20FB%20inleiding%20installaties.pptx&baseUrl=https%3A%2F%2Fnewuniversity.sharepoint.com%2Fsites%2FGroup-ProjectBouwkundejaar1periode3&serviceName=teams&threadId=19:a4cbd83b9c314f29af5cecc87da907d8@thread.tacv2&groupId=57677d0f-5250-4cc7-8404-5ec33fbfc94f)

[a907d8@thread.tacv2&groupId=57677d0f-5250-4cc7-8404-5ec33fbfc94f](https://deafsluitdijk.nl/wp-content/uploads/2020/04/werking-blue-energy.png)

De Afsluitdijk. (z.d.). *Werking "Blue Energy"* [Illustratie]. Blue Energy. <https://deafsluitdijk.nl/wp-content/uploads/2020/04/werking-blue-energy.png>

Geothermie Nederland. (2021). *Geothermie* [Foto]. Wat is geothermie.

<https://geothermie.nl/images/info.png>

Opbrengst zonnepanelen berekenen. (z.d.). [Grafiek]. Opbrengst zonnepanelen.

[Https://mastersinsolar.nl/wp-content/uploads/2014/11/opbrengst-zonnepanelen-berekenen-](https://mastersinsolar.nl/wp-content/uploads/2014/11/opbrengst-zonnepanelen-berekenen-%e2%80%93-ori%C3%abntatie-hellingshoek-en-schaduw.jpg)

[%e2%80%93-ori%3%abntatie-hellingshoek-en-schaduw.jpg](https://mastersinsolar.nl/wp-content/uploads/2014/11/opbrengst-zonnepanelen-berekenen-%e2%80%93-ori%C3%abntatie-hellingshoek-en-schaduw.jpg)

SUNPOWER. (2020, 9 januari). *Maxeon 3 - 400 395 390 (RES - DU)* [Dataset]. SUNPOWER.

[https://sunpower.maxeon.com/nl/sites/default/files/2020-09/sp_mst_MAX3-400-395-](https://sunpower.maxeon.com/nl/sites/default/files/2020-09/sp_mst_MAX3-400-395-390_ds_du_a4_mc4_1mcable_536423.pdf)

[390_ds_du_a4_mc4_1mcable_536423.pdf](https://sunpower.maxeon.com/nl/sites/default/files/2020-09/sp_mst_MAX3-400-395-390_ds_du_a4_mc4_1mcable_536423.pdf)

User, S. (z.d.). *Wat is geothermie?* Geothermie. Geraadpleegd op 2 juni 2021, van

<https://geothermie.nl/index.php/nl/geothermie-aardwarmte/wat-is-geothermie>

Warmte van Leeuwarden [MHB AV]. (2021, 1 januari). *Warmte van Leeuwarden* [Video]. MHB AV.

<https://stream.mhbav.nl/warmtevanleeuwarden>

Wat is het rendement van zonnepanelen? | *Aarde.nl*. (2020, 23 juli). Aarde.

[https://aarde.nl/kennisbank/wat-is-het-rendement-van-](https://aarde.nl/kennisbank/wat-is-het-rendement-van-zonnepanelen#:~:text=De%20meeste%20zonnepanelen%20hebben%20in%20Nederland%20een%20opbrengstfactor, en%20de%20richtingshoek%2C%20dus%20oost%2C%20zuid%20of%20west.)

[zonnepanelen#:~:text=De%20meeste%20zonnepanelen%20hebben%20in%20Nederland%20een%20opbrengstfactor, en%20de%20richtingshoek%2C%20dus%20oost%2C%20zuid%20of%20west.](https://aarde.nl/kennisbank/wat-is-het-rendement-van-zonnepanelen#:~:text=De%20meeste%20zonnepanelen%20hebben%20in%20Nederland%20een%20opbrengstfactor, en%20de%20richtingshoek%2C%20dus%20oost%2C%20zuid%20of%20west.)

Zonnecarports | *GroenLeven*. (z.d.). Groenleven. Geraadpleegd op 2 juni 2021, van

<https://groenleven.nl/zonnecarports>

Zonnepark de Zwette Leeuwarden. (z.d.). Groenleven. Geraadpleegd op 2 juni 2021, van

<https://groenleven.nl/projecten/zonneparken/zonnepark-de-zwette>