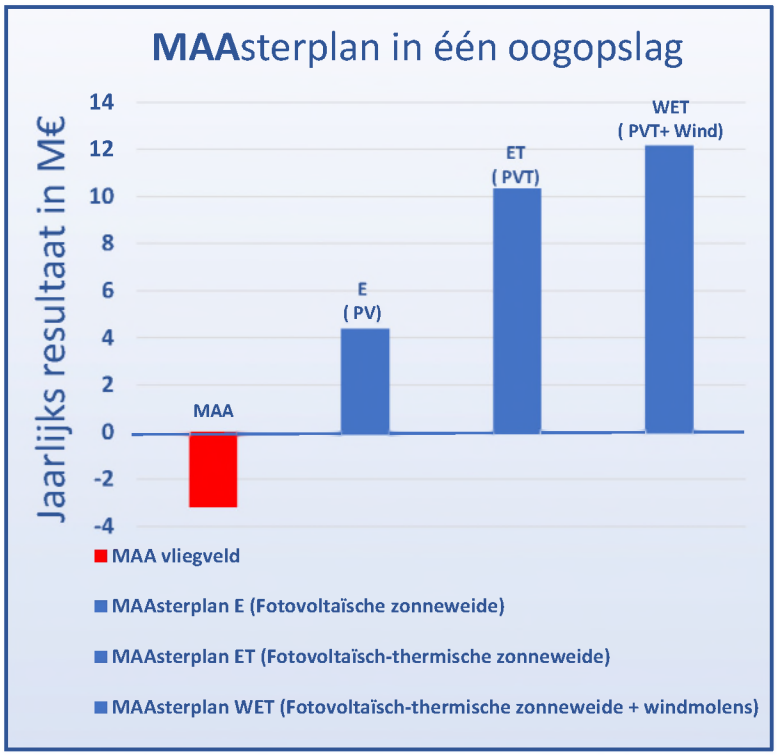
MAAsterplan



Een beter plan voor de energietransitie van de regio Zuid-Limburg

Beekdaelen, Mei 2021

Dr. Willem Fermont en ir. Jorn Baayen
willemfermont@gmail.com, jhbaayen@fastmail.com

Inhoudsopgave

Projectbeschrijving "MAAsterplan Fermont-Baayen, 2021" 3

Samenvatting 3

Inleiding 5

Het terrein van MAAsterplan 5

Zonne-energie 6

Beschrijving van de energieparkvarianten 8

Variant E: Elektriciteit 8

Variant ET: Combinatie Elektriciteit en Thermisch 10

Variant WET: Combinatie Wind-Elektrisch-Thermisch 11

Huidige situatie MAA 12

Herinrichting 14

Ondergrondse warmteopslag water 14

Grindwinning 15

Electrolyser 16

Combinatie met Chemelot 17

Mega-laadstation voor waterstof en elektriciteit 18

Onderstation elektriciteitsnetwerk 18

Biodiversiteit en Kunstpark 19

Overige voorzieningen 20

R&D-centrum voor hoogwaardige werkgelegenheid 20

Horeca 21

Urgentie 21

Conclusies en aanbevelingen 23

Geciteerde werken 25

Willem Fermont (Roermond, 1947, Beekdaelen, 2021)
Studeerde chemie, geologie en paleontologie (Thesis) in Utrecht. Was parttime leraar Aardrijkskunde in Hilversum. Werkte als onderzoeker achtereenvolgens aan de Rijks Universiteit Utrecht als paleontoloog, bij de Rijks Geologische Dienst, later TNO (privatisering) in Heerlen als koolpetrograaf en olie- en gas researcher. Werkte in Leiden als hoofd Onderzoek bij het Rijksmuseum van Volkenkunde. Hij is sinds 30 jaar tevens kunstenaar (schilderen, keramiek, staal, installaties), runt een B&B voor wandelaars (Pelgrimpad, Pieterpad), bestudeert dromen en houdt van gitaarspelen.

Jorn Baayen (Amsterdam, 1986, Beekdaelen, 2021)
Groeide op in Nijmegen en studeerde wiskunde in Tartu, Estland (B.Sc.) en in Delft (M.Sc.). Werkte in Londen en Helsinki voor Nokia aan de eerste smartphone. Werkte in Berlijn aan verschillende automatiseringsprojecten, waaronder projecten voor de lokale vliegtuigindustrie. Werkte als onderzoeker bij Deltares in Delft. Thans werkzaam als hoofd *data science* bij KISTERS in Aken. Hij spreekt diverse talen, waaronder Ests en Perzisch, en houdt kippen.

Projectbeschrijving “MAAsterplan Fermont-Baayen, 2021”

Samenvatting

Dit plan schetst de contouren van een levensvatbaar energiepark van ongeveer 300 Ha op en om het terrein van de huidige luchthaven Maastricht Aachen Airport (MAA). Deze terreinen zijn tot nu toe buiten de zoekgebieden voor de realisatie van de energietransitie gehouden. Hierdoor wordt een onevenredige druk gelegd op de bevolking en het milieu van de omringende Zuid-Limburgse gemeenten. Dit plan levert een cruciale bijdrage aan de verduurzaming van de Regio Zuid-Limburg, georkestreerd via het programma Regionale Energie Strategie (RES). In plaats van versnippering stellen wij een gebundeld, realistisch alternatief voor: een mega-energiepark op en om het terrein van MAA. In dit rapport wordt een onderbouwing van dit energiepark gepresenteerd waarbij drie opties worden doorgerekend.

Variant E Elektrisch 40.000 woningen

Een energiepark met elektrische energieopwekking door ca 400.000 fotovoltaïsche (PV) zonnepanelen, vergelijkbaar met de grootste in werking zijnde zonneparken, Midden-Groningen en Vlagtwedde in Nederland. Deze kleinste variant E van MAAsterplan overtreft deze bestaande parken in omvang wat betreft oppervlakte en qua potentiële energieopbrengst van **€ 4,39 miljoen per jaar op basis van marktconforme inkoopprijzen**. De elektrische energievoorziening is voldoende voor 40.000 woningen

Variant ET Elektrisch 38.000, thermisch 25.000 (of met Chemelot ca 95.000) woningen

Een energiepark met ca 400.000 hybride, fotovoltaïsch-thermische (PVT) zonnepanelen. Dit type is aan een snelle opmars bezig (Zenhäusern, Bamberger, & Baggenstos, 2017) en levert naast elektrische energie ook thermische energie op. Hierdoor ontstaat een ruime verdubbeling van het totale energierendement, zijnde het rendement in elektrische energie en warmte, per oppervlakte-eenheid ten opzichte van traditionele PV-panelen, namelijk **€ 10,32 miljoen per jaar op basis van marktconforme inkoopprijzen**. De elektrische energievoorziening is voldoende voor 38.000 woningen. De thermische energievoorziening is voldoende voor 25.000 woningen en in een combinatie met Chemelot 95.000 woningen.

Variant WET Elektrisch 58.000, thermisch 25.000 (of met Chemelot ca 95.000) woningen

De derde variant, de grootste, is een uitbreiding van variant ET met 7 windmolens. Deze variant levert in totaal **€ 12,15 miljoen per jaar op basis van marktconforme inkoopprijzen**. De extra toegevoegde windmolens leveren voldoende elektrische energie voor ca 20.000 huishoudens.

De gemiddelde jaarlijkse baten van MAA zijn historisch negatief. De constante verliezen van MAA betekenen normaliter een technisch faillissement. De voortdurende en onlangs gecontinueerde nieuwe steun van de provincie Limburg van € 4,2 miljoen per jaar onder andere voor de brandweer (RTL, 2019), houdt MAA overeind. De opbrengsten op basis van marktprijzen voor energie van de hier geschetste potentiële energieparken variëren per variant tussen € 4 en 12 miljoen per jaar. In deze studie vergelijken we de resultaten van MAA met de potentiële opbrengst van een energiepark op die plaats.

Om de zonne-energie uit het systeem in variant ET op te vangen en te converteren naar energiedragers is in dit plan voorzien in een omvangrijk ondergronds wateropslagsysteem voor de opslag van zonnewarmte. Om elektrische energie te bufferen is voorzien in een electrolyser voor de productie van waterstof. Tenslotte, om overbelasting van regionale onderstations te voorkomen is voorzien in een nieuw onderstation voor de opvang van elektrische energie en verbinding met het landelijke netwerk. Een geïntegreerde aanpak om de industriële restwarmte van Chemelot te combineren met dit energiepark ligt voor de hand.

Het is een lang gekoesterde wens van de provincie Limburg om hoogwaardige technologie en innovatieve bedrijven te ontwikkelen. Het complex, op de locatie van het huidige MAA, biedt een unieke gelegenheid om vóór 2030 gerealiseerd te worden en daarbij hoogwaardige werkgelegenheid te creëren op het gebied van innovatie, ICT, optimalisatie, processturing en waterstofeconomie. Bedrijfseconomisch en milieutechnisch staat de keuze voor sluiting van MAA en de herinrichting van het terrein met een energiepark buiten kijf. De haalbaarheid van het project binnen de doelstellingen van de RES, met een horizon tot 2030, dwingt tot radicale besluitvorming op zeer korte termijn. Tenslotte doen we een voorstel om het hele zonnepark dusdanig in te richten dat het een aangenaam geheel wordt met een significante toegevoegde natuurwaarde en een aantrekkelijk, kunstzinnig project.

Samenvattend bestaat MAAsterplan uit de volgende onderdelen:

- Een zonne-energiepark van minimaal ca 150 hectare, waarvan 75 effectief benut,
- Toepassing van hybride PVT-zonnepalen, waardoor de netto (elektrische + warmte) energie-opbrengst ruim wordt verdubbeld,
- Een omvangrijk ondergronds systeem van geïsoleerde warmwaterbuffers onder de zonnepanelen om de door warmte opgewekte energie op te slaan. Hierdoor wordt het aanwezige terrein dubbel effectief benut,
- 7 windmolens van 3 MW elk, met minimale slagschaduw op de zonnepanelen,
- Een waterstoffabriek om elektrische energie om te zetten in H_2, en eventuele bijproductie O_2,
- Een lokaal Onderstation (OS) voor de aansluiting op het landelijke elektriciteitsnet,
- Een R&D-faciliteit voor Hightech research, in samenwerking met Chemelot,
- Een mega-laadstation voor waterstof en elektrisch snelladen aan de A2,
- Koppelfaciliteit industriële restwaarde van industriecomplex Chemelot,
- Een tijdelijke productiefaciliteit voor de winning van tussen 2 en 10 miljoen m^3 zand en grind,
- Een qua milieuwaarden, kleinschalige landbouw en belevingsgenot sterk opgewaardeerde omgeving naar een parklandschap,
- Onderhoudsfaciliteiten.

Foto 1: Arcadia. Foto van Stichting Limburgs Landschap. Ingendael in het Geuldal bij Valkenburg.

Wij zijn ervan overtuigd dat dit plan uitvoerbaar is, economisch verantwoord is, een grote rol kan in de energietransitie, hoogwaardige werkgelegenheid creëert en bijdraagt aan het behoud van een ongerept en prachtig Zuid-Limburg.

Inleiding

In het kader van de RES (Nationaal Programma Regionale Energie Strategie, 2021) worden landelijk de potentiegebieden voor de opwekking van energie verkend. Zeker voor windenergie geldt dat door de inrichting, de kwaliteit van het landschap, maar ook bijvoorbeeld door vliegzoneringen en huidig beleid hier beperkt ruimte voor is. In Limburg is dit onderzoek naar potentiële gebieden volop gaande. Wij raakten via de klankbordgroep in onze gemeente Beekdaelen betrokken bij deze problematiek. De implementatie is een buitengewoon lastige, gecompliceerde opdracht omdat Zuid-Limburg met 919 inwoners per km^2 een van de dichtstbevolkte regio's in Nederland is (Nederland gemiddeld 513 inwoners per km^2 (CBS, 2021). Dit feit staat haaks op de gewenste structuur van zonneparken, zoals Enexis bijvoorbeeld formuleerde (Nationaal Programma Regionale Energie Strategie, 2021):

> *"Om hoge netinvesteringen te voorkomen is het aan te bevelen om meerdere windturbines en grotere zonnevelden rond één locatie te clusteren. Hierbij helpt het ook om zon- en windprojecten te combineren. Daarnaast kan ook het kiezen van een locatie in de buurt van een bestaand of gepland OS, of in de buurt van een locatie met een hoge elektriciteitsvraag ertoe bijdragen om de benodigde netinvestering gering te houden."*

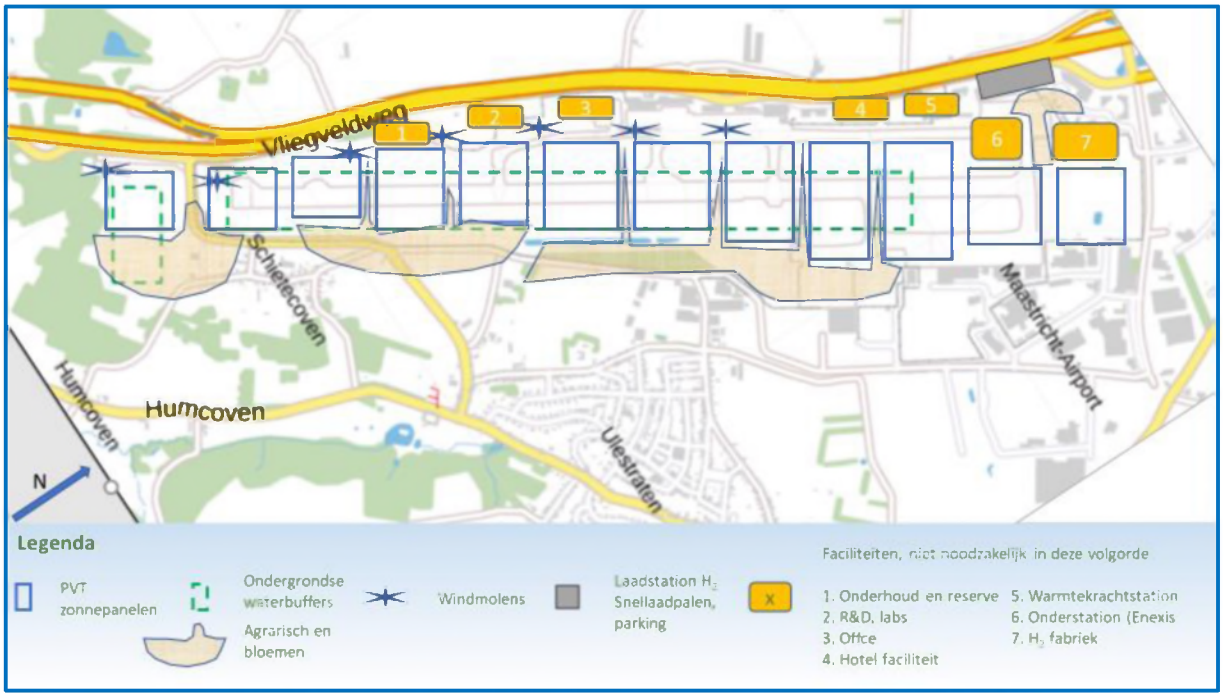
Bij onze analyse van de zoekgebieden in Zuid-Limburg constateerden we dat er een, vanuit energiebehoefte zeer aantrekkelijk gebied is uitgesloten van de zoekopdracht, namelijk Maastricht Aachen Airport (MAA). Deze luchthaven, met een jaaromzet voor MAA BV van ca € 20 miljoen is al jaren verlieslijdend en wordt overeind gehouden door subsidies. MAA bereikt jaar in jaar uit zeer marginale positieve resultaten van gemiddeld minder dan € 500.000 per jaar of lijdt gevoelige verliezen (Kamer van Koophandel, 2021). Om te overleven geniet MAA nu opnieuw een jaarlijkse bijdrage van de Provincie Limburg van € 4,2 miljoen. MAA heeft, zoals elke luchthaven, maar nog verhoogd door zijn ligging in dicht bevolkt, verstedelijkt gebied, een zeer negatieve invloed op het milieu wegens geluidshinder, CO_2, NO_x-, kerosine- en fijnstof-uitstoot. Onlangs bleek opnieuw tijdens een ernstige calamiteit in 2021, waarbij tientallen vliegtuigonderdelen van een ontplofte motor op een zeer nabijgelegen woonwijk stortten (De Limburger, 2021) dat er directe gevaren bestaan voor de dichtbebouwde, directe omgeving.

Naar zich laat aanzien heeft de provincie Limburg een gouden kans laten liggen door het luchthaventerrein van MAA en de aanpalende RESA-veiligheidszone uit te sluiten, niet alleen voor wind- maar ook voor zonne-energie (zie zoekgebieden Maastricht en Heuvelland, (Nationaal Programma Regionale Energie Strategie, 2021)). De instandhouding van deze onrendabele luchthaven en infrastructuur, dwingt de provincie tot het elders zoeken van veel kleinere gebieden. Daardoor verschuiven de milieulasten naar een versnipperd gebied over heel Zuid-Limburg met als gevolg een onevenredig grotere en dus ongewenste belasting van de regio en risico's bij het behalen van de gestelde transitiedoelen. Dit was voor ons aanleiding om ons te verdiepen in een alternatieve mogelijkheid, namelijk om het bestaande luchthaventerrein en enkele aanpalende percelen met een gezamenlijk oppervlak van ca 300 hectaren (perceelloep, 2021) om te bouwen tot een energiepark.

Het terrein van MAAsterplan

Het luchthaventerrein van MAA bevindt zich aan de oostzijde van de A2. Het bestaat uit talrijke kadastrale kavels (perceelloep, 2021). De *runway* omvat het grootste deel van het terrein en bestaat uit twee kavels BEE02-L163 en -L225 met een gezamenlijk oppervlak van 156 Ha. Daarnaast liggen er diverse onbebouwde kavels exclusief de groene zone ten zuiden van de landingsbaan (89 Ha), ten noorden en westen van de van de landingsbaan (51 Ha), en kleinere, bebouwde percelen aan de westzijde. Deze laatste percelen bestaan onder andere uit de bedrijfsgebouwen van de luchthaven, kantoorruimte, aankomst- en vertrekruimten, veiligheidsdiensten enzovoorts. Het totale potentiële

oppervlak bedraagt ca 300 ha. In onze berekeningen zijn we uitgegaan van een oppervlak van 50% voor een zonneweide, dus van 150 hectaren. Dit als gevolg van niet aaneensluitende plaatsing van panelen, noodzakelijke onderhoudsgangen, bebouwingen, agrarische functies en de noodzakelijke structurele elementen in dit plan. In de resterende ruimte zijn verschillende andere voorzieningen geprojecteerd. In figuur 1 is een plattegrond van MAA weergegeven met een mogelijke inrichting van het gebied. Hierin zijn enkele elementen opgenomen: zonnepanelen, een reeks windmolens, ondergrondse warmwaterbuffers, een warmtekrachtcentrale, en een Onderstation ten behoeve van het elektriciteitsnetwerk. Verder zijn hierin opgenomen een waterstoffabriek, een hub voor de distributie van gas, een snellaadstation, een R&D-faciliteit, elementen voor agrarisch gebruik en de verhoging van de natuurwaarden en het parklandschap, en enkele andere elementen die hierna worden besproken.

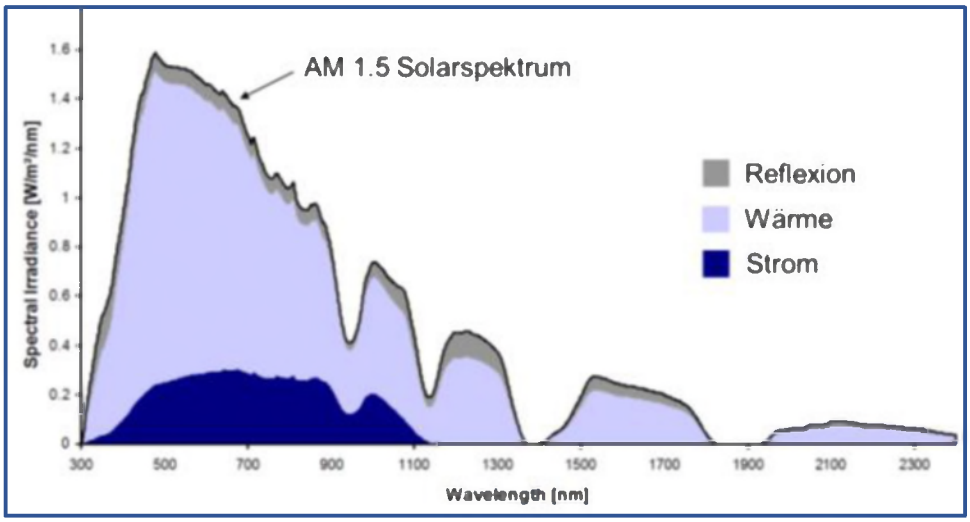


Figuur 1. Mogelijke inrichting MAAsterplan. Gestippelde velden zijn ondergronds gesitueerd.

Zonne-energie

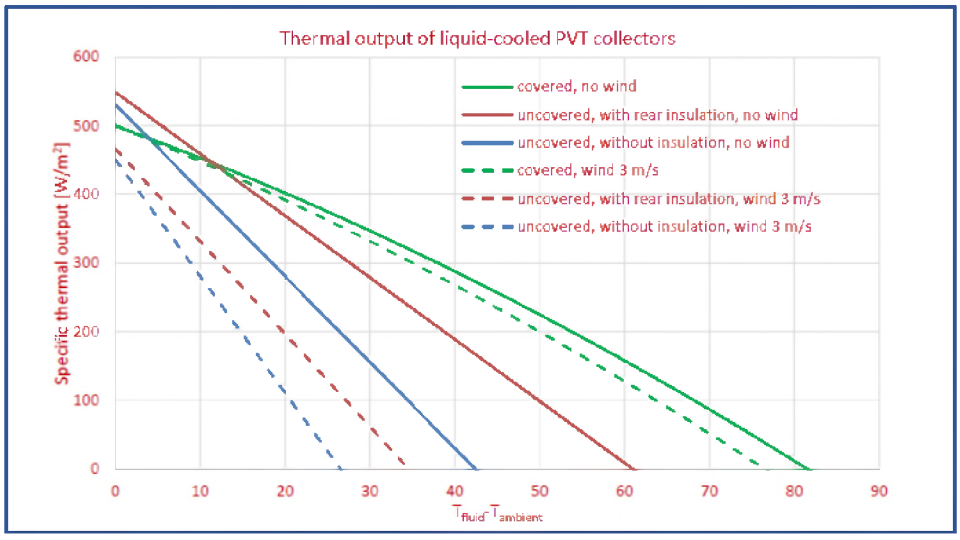
In de onderbouwing van ons concept en haar varianten speelt de spectrale verdeling en de opvang van zonne-energie een belangrijke rol. Zonnestraling die op een fotovoltaïsche cel valt, wordt slechts gedeeltelijk direct omgezet in elektriciteit. Het grootste deel van de zonnestraling wordt omgezet in warmte (figuur 2). Ongeveer 10% van de zonnestraling op een kristallijne fotovoltaïsche cel wordt gereflecteerd en kan niet worden gebruikt. Ongeveer 17% van de resterende 90% van de straling die door de cel wordt geabsorbeerd, kan worden omgezet in elektriciteit met behulp van mono- of polykristallijne fotovoltaïsche cellen (PV). 73% gaat door de cel heen en wordt omgezet in thermische energie (Dupeyrat, 2011). Fotovoltaïsch-thermische (PVT) zonnepanelen of hybride zonnepanelen combineren de opvang van deze twee stralingsbronnen.

Een eenvoudige optie om dit te bereiken is om een met vloeistof gevulde metalen warmte-adsorptievat aan de achterkant van een PV-module te bevestigen. De penetrerende zonnewarmte wordt daarin opgevangen en vervolgens met behulp van een warmteoverdrachtvloeistof, bv. BioGlycol, naar een warmtebuffer worden overgebracht. Deze zogenaamde PVT-collectoren behalen daarom veel hogere oppervlakte-specifieke opbrengsten dan standaard PV-modules.



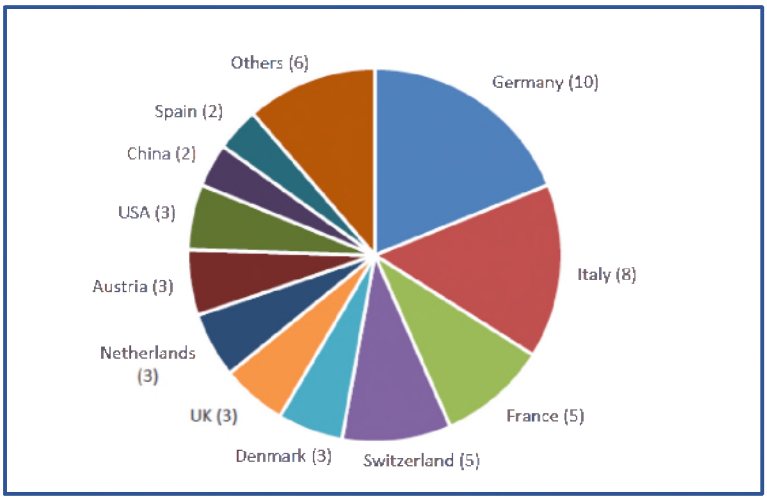
Figuur 2: Spectrale samenstelling van opgevangen energie in een fotovoltaïsche cel (P. Dupeyrat, 2011).

Er bestaan diverse soorten zonnepanelen, bedekt, onbedekt, geïsoleerd. Wij zullen niet op al deze varianten ingaan. Hun opbrengsten vertonen allemaal gelijke trends, en zijn onder andere afhankelijk van windsterkte, temperatuurverschillen tussen de vloeistof en omgeving, klimaat, plaatsing en de locatie. Hoe efficiënter de warmteoverdracht hoe beter de opbrengst. Bij een temperatuurverschil van bijvoorbeeld 10 graden bedraagt de warmte opbrengst van bedekte panelen 400-460 W/m^2 (figuur 3).



Figuur 3. Thermal output of typical liquid-cooled PVT flat-plate collectors at MPP, related to the gross collector surface area at solar radiation of G=1000 W/m2, $(EL - \sigma \cdot T\alpha\ 4) = -100 W/m2$, $\varepsilon/\alpha = 0.85$ *and thus G'' = 915 W/m2. Based on empirical values, for covered collectors without wind,* $\alpha 1$ *was reduced by 10 %.* (Zenhäusern, Bamberger, & Baggenstos, 2017).

In Nederland wordt overwegend gebouwd met PV-panelen, maar de PVT-panelen zijn bezig aan een snelle opmars. Er zijn momenteel 53 producenten van PVT-zonnepanelen (Figuur 4), deels in Europa, deels in de VS en China (Zenhäusern, Bamberger, & Baggenstos, 2017).
Wij schatten in dat deze PVT-techniek binnen enkele jaren overal waar mogelijk wordt toegepast. De RES richt zich op een horizon van 2030 voor de realisatie van haar duurzaamheidsplannen. Vandaar dat we voor twee varianten berekeningen geven, één met exclusief PV-panelen die een vergelijking met huidige zonneparken mogelijk maakt en één met PVT-panelen die in de toekomst gebruikt gaan worden. Bovendien wordt ook de potentie voor windenergie onderzocht.



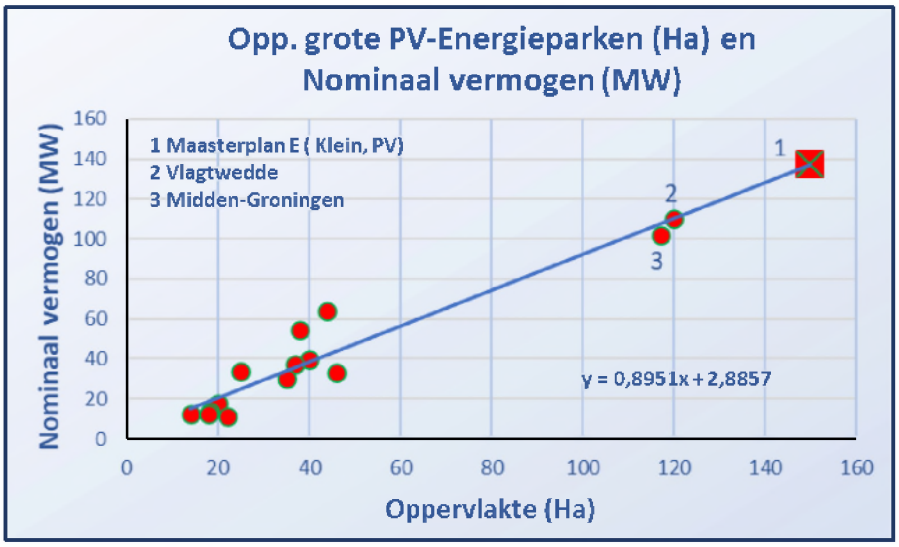
Figuur 4. Aantal producenten van PVT-panelen in diverse landen (Zenhäusern et al. 2017).

Om tegemoet te komen aan de 24-uurs behoefte aan energie, warmte, brandstof of elektriciteit is het van belang om voorzieningen te treffen. De consequentie van het werken met PVT-panelen op grote schaal is dat voorzien moet worden in een ruime buffercapaciteit, bijvoorbeeld in de vorm van warmwateropslag. In ons model is daarom voorzien in een ondergrondse, thermische waterbuffer waardoor de beschikbare ruimte dubbel wordt benut. Aangezien we niet weten hoe de energievraag zich zal ontwikkelen presenteren we hier enkele varianten met uiteenlopende buffercapaciteit. Hetzelfde geldt voor grootschalige elektriciteitsproductie. Om deze lokaal geproduceerde hoeveelheid te kunnen hanteren en het elektriciteitsnet te ontlasten is in onze modellen een waterstoffabriek opgenomen, waarvoor diverse varianten zijn doorgerekend. Uiteraard zijn, voor het laten functioneren van deze complexe installaties, specifieke bedrijfsgebouwen noodzakelijk. Ook deze komen aan bod.

Beschrijving van de energieparkvarianten

Variant E: Elektriciteit

De eerste variant is gebaseerd op de nu nog gebruikelijke inzet van fotovoltaïsche zonnepanelen (PV) Deze variant maakt vergelijking met de huidige mega-zonneparken in Nederland mogelijk. Het totale oppervlak van MAA Runway, Runway End Safety Area (RESA) en aanpalende gebieden bedraagt volgens kadastrale gegevens bijna 300 Ha (perceelloep, 2021). Wij gaan uit van een beschikbaar oppervlak voor zonneweiden van ongeveer 50% ofwel 150 Ha. Voor deze schatting hebben we gebruik gemaakt van gegevens van bestaande zonneparken. We berekenden de relatie tussen het oppervlak in Hectaren (Ha) en het nominale vermogen (MW) van bestaande zonneparken en extrapoleerden dat naar 150 Ha. Het kwantitatieve verband wordt gegeven door $P = 0{,}8951 * A + 2{,}8857$ met piekvermorgen P in MW en areaal A in Ha. Als we rekenen met een piekvermogen van 190 W per m^2, bedraagt de totale oppervlakte bedekt met panelen dan 48% of 72 Ha van de beschikbare 150 Ha. Vergeleken met de op dit moment grootste, bestaande zonne-energieparken in Nederland: Vlagtwedde en Midden-Groningen, is de kleinste MAAsterplan variant E potentieel het grootste zonnepark van Nederland (Figuur 5).



Figuur 5. Vergelijking grote zonneparken in Nederland (Wikipedia, 2021) *voor variant E.*

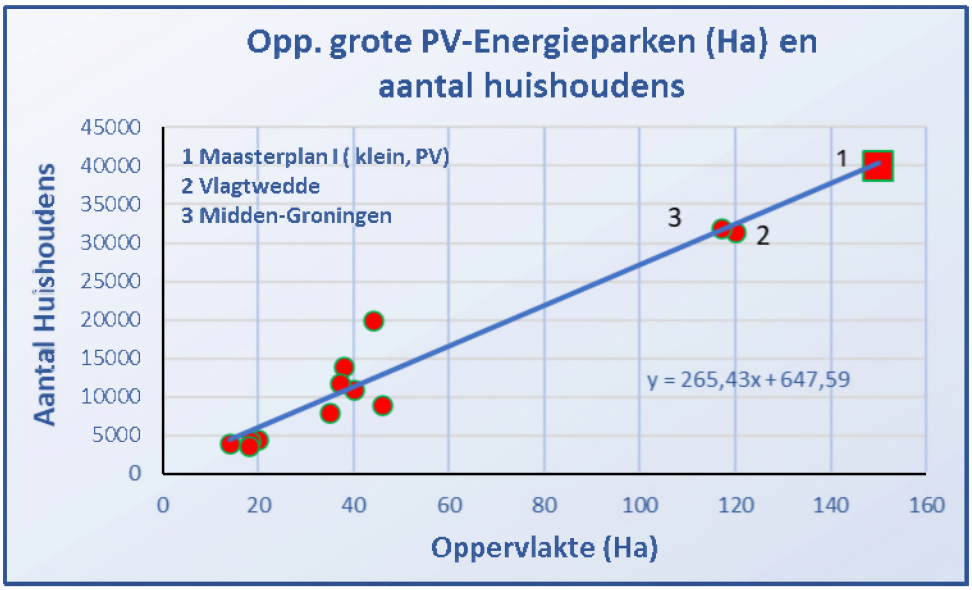
Voor de berekening van de energieopbrengst in Euro zijn we uitgegaan van de volgende gegevens die zijn samengevat in Tabel 1:

Parameter	Waarde	Bron
Areaal	150 ha	Kadaster (perceelloep, 2021)
% areaal bedekt met panelen	48%	Regressieanalyse zonneweides in Nederland
Piekvermogen per m^2 paneel	190 Wp/m^2	Triple Solar zonnepanelen (Triple Solar, 2020)
Specifieke energieopbrengst	1065 kWh/(jaar × kWp)	Global Solar Atlas (The World Bank Group, 2021)
Energieprijs APX gemiddeld	30 EUR/MWh	Historisch gemiddelde Amsterdam Power Exchange (APX) (EnergieMarktInformatie.nl, 2021)

Tabel 1. Samenvatting gebruikte eenheden en waarden voor de berekening van de PV-opbrengst.

Het bepalen van de baten van een PV-installatie volgt uit een vermenigvuldiging van netto areaal (72 Ha) met het piekvermogen paneel van 190 Wp/m^2 (Triple Solar zonnepanelen 2021)), de specifieke energieopbrengst van 1065 kWh (Global Solar Atlas, WBG, 2021), en de gemiddelde energieprijs op basis van de Amsterdam Power Exchange (2021). Het piekvermogen voor de PV-unit komt dan op 137 MW, de geschatte jaaropbrengst op 146.450 MWh. De historisch gemiddelde energieprijs (APX, april 2021) is ongeveer 30 €/MWh. Het rendement op de PV-zonnepanelen bedraagt dan **€ 4,39 miljoen per jaar**.

In figuur 6 is de relatie tussen huishoudens en oppervlakte van de grootste energieparken in Nederland uitgezet. Vlagtwedde en Midden-Groningen zijn de grootste velden met 31.500 en 32.000 woningen. Lineaire extrapolatie laat zien dat MAAsterplan E goed zou zijn voor de elektrische energievoorziening van 40.000 huishoudens.



Figuur 6. Extrapolatie van de relatie tussen bruto oppervlak zonneweiden en aantal huishoudens. MAAsterplan E voorziet 40.000 huishoudens van elektrische energie. (Bron: https://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst_van_zonne-energie-installaties_in_Nederland).

Variant ET: Combinatie Elektriciteit en Thermisch

De tweede variant, ET, is gebaseerd op hybride, fotovoltaïsch-thermische zonnepanelen (PVT). Deze benutten niet alleen de zonne-energie in voornamelijk het zichtbare spectrum maar ook de warmtestraling. Dat betekent dat voor de berekening van het rendement van variant 2 de resultaten van variant 1 meegenomen worden, maar dat er de opbrengst aan warmte via het achterliggende thermische element moet worden toegevoegd. Hierbij gebruiken we eveneens de data van Triple Solar PVT-panelen, met een waarde van 190 Wp/m^2. De berekeningen zijn verder als voor variant 1. De elektrische opbrengst van de PVT-panelen komt dan eveneens op **€ 4,39 miljoen per jaar**.

Het is lastig om een marktconforme waarde toe te kennen aan warmte. De levering van elektriciteit en gas geschiedt middels (trans)nationale distributienetwerken en energiemarkten. Warmtenetten zijn daarentegen doorgaans klein van schaal, en hebben meestal een enkele exploitant die de warmte zowel opwekt als ook distribueert. Het daaruit voortvloeiende gebrek aan een “warmtemarkt” leidt tot zeer beperkte informatie over de waardering van de levering van warmte aan een warmtenet. Om desondanks tot een waardering te komen, zijn we enerzijds uitgegaan van de “Wettelijke maximumprijs levering warmte” van 25,51 €/GJ (Autoriteit Consument en Markt, april 2021), en anderzijds van het verschil tussen de kostprijs van fossiel gas en de prijs die de consument voor een m^3 gas betaalt. Volgens (Engie, 2021) ligt de ratio tussen kostprijs en consumentenprijs rond de 33%. Het product van de wettelijke maximumprijs en de 33%-ratio levert een waardering op van 8,42 €/GJ. Wij plaatsen hier de expliciete kanttekening dat dit een zeer grove schatting betreft.

Om eenheden te kunnen vergelijken hebben we de warmteopbrengst eveneens uitgedrukt in €. Voor de berekening van de warmteopbrengst zijn we uitgegaan van hetzelfde oppervlak als variant E. Om de warmteopbrengst te waarderen maken we gebruik van de koppeling tussen paneeloppervlak en het vermogen van een correct gedimensioneerde warmtepomp. Deze koppeling staat o.a. beschreven in (Triple Solar, 2020). De gebruikte parameters, waarden, en bronvermeldingen zijn opgenomen in tabel 2. Triple Solar stelt het piekvermogen equivalente warmtepomp op 0,37 kWp/m^2. Op grond van deze gegevens kan het PVT-vermogen voor het totale gebruikte oppervlak berekend worden en bedraagt 268,1 MW. Als we aannemen dat de gemiddelde warmteproductie 10% van het piekvermogen equivalente warmtepomp bedraagt, volgt hieruit een jaaropbrengst 235 gigawattuur (GWh) of 0,85 petajoule (PJ) aan warmte. Hierop moet het elektrische energieverbruik van de equivalente warmtepomp in mindering worden gebracht. Deze bedraagt 0,15 PJ elektrisch. Rekenend met 8,42 €/GJ bedraagt de opbrengst van warmte **€ 7,19 miljoen per jaar**, terwijl **€ 1,26 miljoen per**

jaar op de elektrische opbrengst in mindering moet worden gebracht. Samen met de elektrische opbrengst van € 4,39 miljoen brengt dit de opbrengst van variant ET in totaal op **€ 10,32_miljoen per jaar.**

Parameter	Waarde	Bron
Areaal	150 ha	Kadaster (perceelloep, 2021)
% areaal bedekt met panelen	48%	Analyse zonneweides in Nederland
Piekvermogen per m^2 paneel	190 Wp/m^2	Triple Solar PVT panelen (Triple Solar, 2021)
Specifieke energieopbrengst	1065 kWh/(jaar × kWp)	Global Solar Atlas (The World Bank Group, 2021)
Energieprijs APX gemiddeld	30 EUR/MWh	Historisch gemiddelde Amsterdam Power Exchange (APX) (EnergieMarktInformatie.nl, 2021)
Piekvermogen equivalente warm-tepomp per m^2 paneel	0.37 kWp/m^2	Triple Solar PVT panelen (Triple Solar, 2020)
Wettelijke maximumprijs levering warmte	25.51 EUR/GJ	ACM (Autoriteit Consument en Markt, 2021)
Vergoeding productie warmte als fractie maximumprijs levering	33%	Inschatting op basis van (Engie, 2021)

Tabel 2. Samenvatting gebruikte eenheden en waarden voor de berekening van de PVT-opbrengst.

De RES (p.22) schat de jaarlijkse energiebehoefte voor verwarming van een woning op gemiddeld ca 46 GJ per woning. Dit zou betekenen dat de warmte-opbrengst van de PVT-panelen in variant ET voldoende zou zijn voor de verwarming van ongeveer 18.000 woningen. Als deze unit gekoppeld zou worden aan de industriële restwarmte van Chemelot die goed is voor 70.000 woningen (RES, blz. 22), zou een energiestation ontstaan dat bijna 90.000 woningen van warmte kan voorzien, op basis van het huidige verbruik. Daar komt nog een inschatting bij dat volgens de RES door efficiënter warmtegebruik, isolatie en duurzame bouw de energiebehoefte per woning zal afnemen, waardoor het toekomstige potentieel nog aanzienlijk kan stijgen.

Variant WET: Combinatie Wind-Elektrisch-Thermisch

Tenslotte zijn we, niet zozeer bedoeld als een variant als wel een aanvulling op de varianten E en ET de mogelijke plaatsing van windmolens nagegaan. Hierbij zijn we uitgegaan van een serie parallelle windmolens over een traject van ca 3600 meter. Voor energiegegevens van windmolens gebruikten we de data van het Amerikaanse Department of Energy (United States Deparment of Energy, 2018). In tabel 3 zijn enkele berekeningen voor diverse rotors opgenomen.

Rotor diameter	SP	Vermogen	Capaciteit	Afstand	Aantal	Opbrengst	Opbrengst
m	W/m2	MW	%	m	N	GW/jr	M€/jr
80	250	1,26	35	400	10	38,5	1,16
90	250	1,59	35	450	9	43,9	1,32
100	250	1,96	35	500	8	49,3	1,48
110	250	2,37	35	550	8	54,9	1,65
120	250	2,83	35	600	7	60,7	1,82

Tabel 3. Modellering opbrengst windmolens.

Voor een specifiek vermogen (SP) van 250 W/m^2 berekenden we de opbrengst in MWh voor diverse rotordiameters van 80-120 meter. De onderlinge afstand van de windmolens bedraagt ca 5 x de rotordiameter vanwege turbulentie. Voor een windmolen met een vermogen van 2,83 MW bedraagt

de diameter ca 120 meter en de onderlinge afstand bedraagt dan 600 meter. Op het hele traject langs de A2 is dan ruimte voor 7 windmolens. De plaatsing wordt bepaald door de beschikbaarheid en de vorm van het perceel, de A2, de ligging van de zonnepanelen, bewoning en bedrijfsgebouwen. De ligging aan de Westzijde van de luchthaven levert de minste slagschaduw op de zonnepanelen op.

Het is duidelijk dat de opbrengst gerelateerd is aan de diameter van de windmolens, zodanig dat weinig zeer grote windmolens effectief meer opleveren dan een groter aantal kleinere. Het totale vermogen van een set van 7 windmolens met een diameter van 120 meter bedraagt 20 MW. Uitgaande van een gemiddelde capaciteitsfactor van 35% levert de serie windmolens 7,0 MW en bedraagt de jaarlijkse productie 60 GWh. Op grond van een energieprijs van € 30 /MWh of 3 €-cent per kilowattuur (EnergieMarktInformatie.nl, 2021) bedraagt dan opbrengst van het windmolenpark **€ 1,82 miljoen per jaar**. De totale opbrengst van variant WET: PVT-zonnepanelen plus windmolenpark bedraagt **€ 12,15 miljoen per jaar.**

Huidige situatie MAA

MAA heeft een zeer wankel toekomstperspectief. Het meest recente rapport (Van Geel, 2021) toont aan dat keer op keer gebleken is dat private ondernemingen (Ryanair, 2013, Transavia, 2016, Vueling 2016, Wizz Air, 2015) weinig toekomstperspectief zien in de luchthaven. Het rapport van Geel stemt buitengewoon somber over de toekomstverwachtingen die de luchthaven kan en mag hebben, waarbij randvoorwaarden als gemiddeld 5250 gehinderden – waarvan het rapport zelf stelt (p.40): "*Per saldo en gemiddelde zijn venijnige begrippen*", geen inkomend toerisme, te verwachten aanscherpende overheidsnormen inzake luchtvaart, Europees en nationaal restrictief beleid voor korte afstandsvluchten, als zeer knellend worden beschreven voor de ontwikkeling van een rendabel luchthaven complex, hetgeen een hernieuwde overname van de luchthaven door de Provincie Limburg tot gevolg had. De financiële jaarrapportages van MAA zoals gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel zijn niet transparant waardoor een zuivere inschatting niet direct afleesbaar is uit de geconsolideerde winst- en verliesrekeningen. De financiële historie is er een van verliezen en reddingspogingen. In 2004 vond een "investeringssubsidie" plaats van € 48,2 miljoen, in 2013 gevolgd door € 4,5 miljoen, gevolgd door een overname van de kosten voor brandweer en veiligheid van € 3 miljoen per jaar, verhoogd onlangs tot € 4,2 miljoen per jaar (RTL, 2019).

We hebben op twee manieren geprobeerd om de financiële situatie correct in te schatten. Over 2018 en 2019 laat de winst- en verliesrekening een mager nettoresultaat voor belastingen zien (tabel 4).

Winst- en Verlies MAA	**2018**	**2019**
Som der bedrijfsopbrengsten	19.513.758	21.111.627
Som der Bedrijfslasten	19.107.863	20.951.239
Bedrijfsresultaat	405.895	160.388
Saldo financiële lasten/baten	-59.500	-45.966
Nettoresultaat voor belastingen	**346.359**	**114.422**

Tabel 4. Bedrijfsresultaat MAA bv in 2018 en 2019, in €.

Uit de verslagen valt niet direct op te maken waar de jaarlijkse bijdrage van de Provincie, nu € 4,2 miljoen, is verdisconteerd. Ook niet duidelijk is welke kosten, die normaal voor een bedrijf zijn, stilzwijgend or de provincie worden vergoed, zoals kosten voor veiligheid en brandweer. Wel staat vast, zoals hierboven geschetst, dat de provincie een zeer lange historie heeft van financiële ondersteuning van de luchthaven. Als we deze steun in mindering brengen op het bedrijfsresultaat blijft een jaarlijks verlies van naar schatting tussen € 3,8 en 4 miljoen staan.

Voor de baten van MAA hebben we ook op een andere manier gekeken naar de beschikbare cijfers, voor zover aanwezig. Deze analyse baseert zich op de vanuit de KvK verkregen cijfers voor de jaren

2014, 2015, en 2016 (Bus, Koopsen, & Manshanden, 2020). Als reguliere inkomsten hebben we de luchthavengelden genomen. Deze data is samengevat in de volgende tabel.

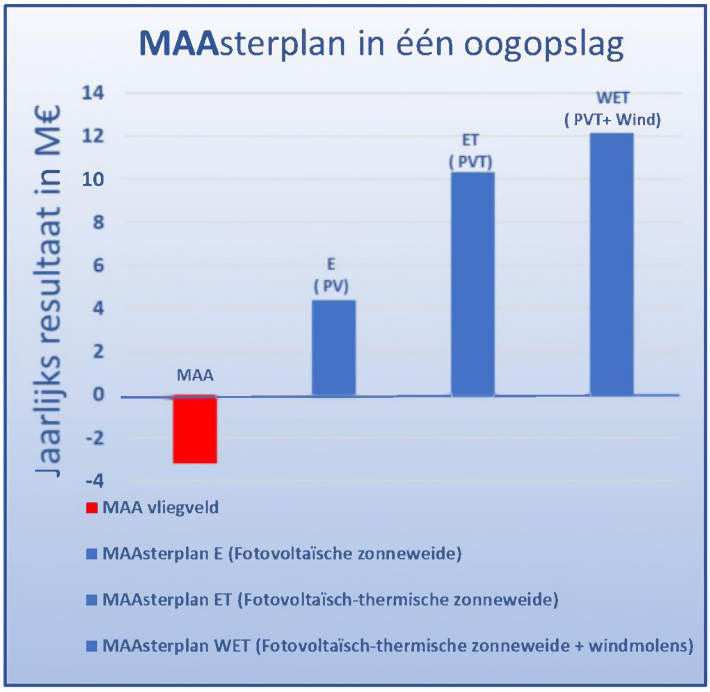
	2014	**2015**	**2016**
Luchthavengelden	7.176	6.879	5.834
Loonkosten	9.908	9.218	10.294
Netto	**-2.732**	**-2.339**	**-4.460**

Tabel 5. Luchthavengelden en loonkosten MAA, in 1000 € (Bus, Koopsen, & Manshanden, 2020). *Het gemiddelde resultaat luchthavengelden minus loonkosten over de jaren 2014 – 2016 is minus 3.2 miljoen €.*

Deze getallen, geven ook geen compleet beeld van de financiële positie van MAA maar in beide gevallen ligt het negatieve resultaat in dezelfde grootteorde. Om redenen hierna omschreven nemen we de laatste cijfers als uitgangspunt voor een vergelijking met ons MAAsterplan.

Vergelijking MAA en MAAsterplan

De luchthaven MAA maakt gebruik van bestaande infrastructuur. Voor het MAAsterplan moet er echter nieuwe infrastructuur worden aangelegd. Het is niet triviaal om de investeringen voor de oorspronkelijk uit de jaren '40 stammende militaire luchthaven af te wegen tegen de investeringen die voor het MAAsterplan noodzakelijk zijn. Dit is niet goed mogelijk op dit moment omdat essentiële gegevens niet voorhanden zijn. Om troebel water zo veel mogelijk te vermijden hebben we daarom ervoor gekozen om de vergelijking tussen MAA en de varianten van MAAsterplan te beperken tot *reguliere inkomsten* en *loonkosten voor personeel*. Om tot een netto inschatting van de baten te komen worden de loonkosten van de reguliere inkomsten afgetrokken. De loonkosten voor MAA liggen in de orde van 10 miljoen euro per jaar (Bus, Koopsen, & Manshanden, 2020). De baten over de jaren 2014-2016 gemiddeld op € -3,2 miljoen per jaar. De kapitaalkosten (onderhoudskosten) worden zowel voor MAA als voor het MAAsterplan buiten beschouwing worden gelaten. Bovendien stellen wij de loonkosten voor een autonoom draaiende zonneweide bij benadering op nul.



Figuur 7. Vergelijking resultaten MAA met de opbrengsten van een energiepark.

In figuur 7 zijn de gemiddelde resultaten van **€ -3,2 miljoen** van MAA volgens tabel 5 vergeleken met die van de varianten van het energiepark. De hier geschetste opbrengsten van het energiepark zijn gebaseerd op marktconforme energieprijzen voor elektrische stroom en thermische energie. Zoals hiervoor berekend: variant E, ET en WET met respectievelijke jaarlijkse opbrengsten van **€ 4,39, 10,32 en 12,15 miljoen**.

We delen de conclusie van het rapport van Geel inzake MAA om (p.43) *"Nu een beleidsmatig doel vaststellen voor 2030"*. Met dien verstande dat dit advies in onze ogen niet alleen betrekking moet hebben op een geïsoleerde luchthaven zonder perspectief, maar ingehangen moet worden in een kader van competitieve alternatieven voor het gehele luchthavencomplex in het belang van de hele regio Zuid-Limburg. Deze alternatieven lijken voorradig en onderbouwd met de inschattingen van de in dit rapport genoemde opbrengsten voor de verschillende varianten.

Herinrichting

MAAsterplan vergt een complete her rangschikking van het MAA-terrein. Hierna zullen we enkele hoofdelementen gedetailleerder toelichten.

Ondergrondse warmteopslag water

De collectie van energie en de verwachte consumptie lopen niet in fase. De productie van zonne-energie volgt op dag- zowel als jaarbasis een sinuscurve. De warmteconsumptie, met name met het oog op de verwarming van huizen, volgt ook min of meer een sinuscurve en is juist maximaal in de winter. Het faseverschil bedraagt plusminus een halfjaar. Daarom moet gewerkt worden met een buffersysteem dat energie tijdelijk opslaat. Voor water is dat mogelijk via een warmwaterreservoir. We gaan hier niet in op de details van zulke ontwerpen, maar maken aanschouwelijk of de beschikbare ruimte op het MAA-terrein deze buffering toelaat.

We hebben berekend dat de totale netto jaarlijkse productie van warmte in MAAsterplan ET 0,85 PJ bedraagt. De soortelijke warmte van water bedraagt 4,2 MJ per m^3 per °C. Uitgaande van een opslag temperatuur van 50 °C en een retourwaarde van 25 °C bedraagt het temperatuurverlies 25 °C. Het te compenseren verlies aan energie bedraagt per m^3 dan 210 MJ. Om dit te compenseren kunnen we een buffervolume berekenen voor verschillende capaciteiten als fractie van de totale jaarproductie. In deze modelberekening varieert het oppervlak van 1 Ha tot 50 Ha. Verder hebben we een diepte aangehouden van courante buffermaten van 20 meter diepte (Ecovat, 2021) en een alternatieve diepte van 10 meter. In tabel 5 zijn voor diverse dimensies van de ondergrondse bufferreservoirs de relatieve opslagcapaciteiten de berekend als fractie van de totale jaarlijkse warmteproductie.

Eff. opp (Ha)	Diepte (m)	T-range (°C)	Capaciteit (TJ)	Fractie jaarproductie
1	1	1	0,042	4,9E-05
1	10	25	10,5	0,015
1	20	25	21	0,025
5	10	25	52,5	0,062
5	20	25	105	0,124
10	10	25	105	0,124
10	20	25	210	0,247
50	10	25	525	0,618
50	20	25	1050	1,235

Tabel 5: Overzicht van enkele potentiële reservoir dimensies voor warmwateropslag.

Het is duidelijk dat het oppervlak van MAA de bouw van dergelijke reservoirs gemakkelijk toestaat. Afhankelijk van de verwachte energievraag kan dus een buffercapaciteit gerealiseerd worden die kan oplopen tot de omvang van de jaarproductie aan warmte-energie. Dit is ook interessant als er een koppeling zou ontstaan tussen het systeem en industriële restwarmte van het nabijgelegen Chemelot complex.

De ontwikkeling van ondergrondse warmteopslag is definitief uit de testfase. In een serie grote projecten die al in gang zijn gezet, of binnenkort van start gaan variëren de warmwaterbuffers qua omvang tussen de 16.000 en 73.000 m^3 (Ecovat, 2021). De installatiekosten bedragen tussen de € 240 en 181 per m^3, met een dalende lijn naar schaalvergroting. Ecovat gaat bij de realisatie van een buffer uit van een duur van 1 jaar, en als de hele installatie geleverd wordt, 2 jaar. Bij de grootste Ecovat-installatie van 73.500 m^3 bedragen de kosten € 181/ m^3. Wij gaan er van uit dat seriële bouw op een locatie en/of schaalvergroting tot zeer aanzienlijke kostenreductie zal leiden. Hanteren we een richtprijs van € 150/m^3, dan variëren de installatiekosten van € 300 miljoen bij een buffer van 18 %, tot € 750 miljoen bij een buffer van 91% van de jaarproductie.

Grindwinning

Er is een niet onbelangrijke spin-off in dit project. In de regionale ondergrond bevinden zich zand- en grindafzettingen uit onder andere de Formaties van Beegden en Breda. De gezamenlijke dikte van deze formaties is in de orde van 18 meter. Deze zand- en grindformaties zijn onder andere aangetoond in de boring B62A0395 bij Schietecoven, gelegen aan de zuidelijke de rand van het luchthaventerrein (TNO, 2021). De ligging van de boring, nabij Schietecoven aan het zuidelijke einde van de *runway*, en het lithologisch profiel zijn weergegeven in figuur 7. Uiteraard zullen aanvullende boringen uitsluitsel moeten geven over aard en hoeveelheid in de nabije omgeving. De winning hiervan zal, afhankelijk van de gekozen varianten van waterbuffering, tussen 2 en 9 miljoen m^3, opleveren. Bij een gemiddeld soortelijk gewicht van 1,5 ton/m^3 en een productieprijs van ca € 10-20 per ton is het opbrengstpotentieel tussen € 30 tot 270 miljoen en zal dus sterk kostendrukkend werken.

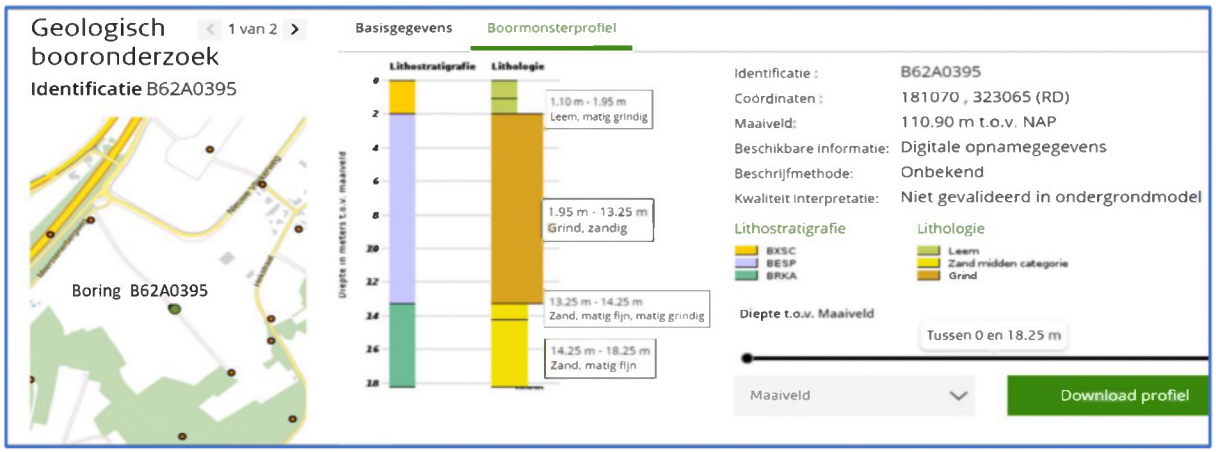
Dit is een minimumschatting. Uit de boorbeschrijving van boring B26A095 blijkt dat de lithologische samenstelling zeer variabel is. Er worden diverse korrelgrootten beschreven van leem tot grof grind. Door zuivering en splitsing in fracties met verschillende toepassingsmogelijkheden kan het rendement sterk verhoogd worden, omdat specifieke zand- en grindproducten een veel hogere marktwaarde hebben

Korrelgrootte	Naam (grondsoort)
< 0,002 mm	klei (lutum)
>= 0,002 - 0,063 mm	silt, löss
>= 0,063 - 2 mm	zand
>= 2 - 63 mm	grind
>= 63 - 200 mm	stenen
>= 200 - 630 mm	keien

Tabel 6. Te verwachten korrelgrootte fracties (https://www.joostdevree.nl/shtmls/korrelgrootte.shtml).

Winning is dus een zeer aantrekkelijk perspectief voor grondexploitanten omdat de bulk verkoopprijs van gesorteerd zand en grind “aan de pomp” varieert tussen de € 30 en 80 per ton. De marges worden nog gunstiger als de gewonnen zand en grind hoeveelheden direct aangewend worden bij de productie van noodzakelijke on site bouwwerkzaamheden. Het ligt voor de hand om hiervoor een tijdelijk een grind- en zandwinningsbedrijf te installeren met behulp van regionale expertise.

We merken verder op dat het vliegveld zelf op een hoogte ligt van ca 111,5 m (Rijkswaterstaat.nl). Het grondwaterpeil (putten in Ulestraten en Geverik, (Dinoloket.nl)) staat rond 96 meter NAP, waardoor wateroverlast bij ontginnings-, en graaf- en bouwwerkzaamheden beperkt is.



Figuur 7. Boorprofiel boring B62A0395. Violet: Grind en zand van Formatie van Beegden. Groen Fijn zand en grind van Formatie van Breda (TNO, 2021).

Electrolyser

De collectie van elektrische energie en de verwachte consumptie lopen, net als bij thermische energie, niet in fase. De productie van elektrisch zonne-energie volgt op dag- zowel als jaarbasis een sinuscurve. Voor de elektriciteitsconsumptie is het wenselijk om het energieaanbod gelijkelijk over de dag te verdelen. Voor elektriciteit is dat bijvoorbeeld mogelijk door middel van conversie naar H_2 via een electrolyser. We gaan ook hier niet in op de details van zulke ontwerpen, maar maken aanschouwelijk welke rol een electrolyser kan spelen in de regio en of de beschikbare ruimte op het MAA-terrein deze combinaties van energie-opwekking en buffering toelaten.

Limburg heeft een lange traditie in de chemie en technologie van de productie van waterstof. DSM hoorde na de Tweede wereldoorlog tot de wereldtop op het gebied van innovatie in de kolenchemie en technologie (van Krevelen, 1961). DSM was een grote producent in de conversie van steenkool naar waterstof. Vanuit Limburg werden, tot de zestiger jaren grote delen van het land voorzien van steenkoolgas (stadsgas) bestaande uit waterstof, methaan, stikstof en koolmonoxide. Als gevolg hiervan ligt er in Zuid-Limburg, vrijwel naast de luchthaven, nog steeds een hoofdleiding die aansluit op de grote infrastructuur die geschikt is voor het transport van waterstof.

Op diverse locaties in Nederland worden initiatieven ondernomen om “groene” waterstoffabrieken te bouwen, en uit te testen (de Laat, 2020) zoals in Zeeland (1GW), Delfzijl (20-60 MW), Rotterdam (250 MW), Westereems (100 MW), Amsterdam Hemweg (100 MW). De provincie Limburg loopt ver achter bij deze ontwikkelingen, terwijl locatie, technologische kennis en infrastructuur aanwezig zijn. Het is daarom voor de hand liggend om, in combinatie met de bouw van een mega zonneweide een “groene” waterstoffabriek te bouwen, deels om het elektriciteitsnet te ontlasten, deels ook om via tankstations een lokale voorziening te bouwen voor het tanken van waterstof in combinatie met een elektrisch snellaadstation.

De conversie van elektriciteit naar waterstof gaat altijd gepaard met energieverlies. Theoretisch ligt de maximale conversie efficiency op 94% (Zittel & Wurster, 1996), maar dat is op dit moment niet haalbaar. (Kruse, Grinna, & Buch, 2002). Het rendement van de waterstofconversie is sterk afhankelijk van de kwaliteit van de electrolysers en ligt tussen de 70 en 80 %.

We hanteren in onze berekeningen een waarde van 75%. Dan vereist de productie van 1 kg waterstof (specifieke energie 143 MJ/Kg of 40kWh/kg) 190 MJ/Kg of 53 kWh/kg. Verder is het van belang welk deel van de energie wordt geconverteerd. Dit is afhankelijk van veel factoren, zoals de directe levering via een aangesloten waterstof laadstation, de wens om een buffervoorraad aan te leggen voor

perioden met weinig zonnestraling, de aanleg van een strategische buffer. De hoeveelheid te produceren waterstof voor elke variant is samengevat in tabel 7.

Afhankelijk van het systeem en de gewenste hoeveelheid te converteren waterstof varieert de hoeveelheid geproduceerde waterstof tussen extreme waarden van een minimum van 392 ton waterstofgas per jaar bij een conversie van 20% in variant ET, tot 3099 ton bij 100 % conversie in Variant WET. Een volledige conversie zal in de praktijk natuurlijk niet gehaald worden maar onze berekeningen tonen aan dat deze unit een belangrijke factor kan zijn in de regionale energievoorziening van waterstof voor het wegverkeer.

Waterstofproductie			**Systeem**	
		Variant E (PV)	Variant ET (PVT)	Variant WET (PVT+wind)
El. Productie	MWh	146451	104519	165257
rendementsfactor	fractie	0.75	0.75	0.75
netto	MWh	109838	78389	123943
Spec. Energie H_2	kWh/kg	40	40	40
Netto energie 75%	kWh/kg	53.3	53.3	53.3
			Opbrengst in ton H_2	
fractie H2 conversie in ton	1	2746	1960	3099
	0.8	2197	1568	2479
	0.6	1648	1176	1859
	0.4	1098	784	1239
	0.2	549	392	620

Tabel 7: Waterstofconversie uit elektriciteit voor de verschillende varianten.

In ons plan is fysieke ruimte gereserveerd voor zowel de bouw van een waterstof electrolyser als de opslag van de voorraden. Vergelijken we het potentieel van deze installatie met de momenteel in ontwikkeling zijnde installaties van bijvoorbeeld Zeeland (1GW) of Rotterdam (250 MW) dan is duidelijk dat hier een grote potentie schuilt. Daarbij constateren we wel dat de energiekosten voor waterstof nog ver zullen moeten zakken, of de prijzen van fossiele brandstoffen stijgen om tot een concurrerende marktpositie te komen. Een andere optie is om te onderzoeken of de "bijproducten" van waterstof, bijvoorbeeld zuurstof of de isotoop ^{18}O, commercieel te vermarkten zijn.

Een grammolecule water bevat 2 gram H en 16 gram O. Bij de productie van elke kilo waterstof komt dus 8 kilo zuurstof vrij. Het lijkt de moeite waard om na te gaan in hoeverre zuurstofproductie en verkoop de kosten van de waterstofproductie kan reduceren. Voor zuurstof bestaan diverse stabiele, en groeiende afzetmarkten (www.grandviewresearch.com), zowel in de industrie als in de medische zorg.

Combinatie met Chemelot

In onze berekeningen laten we zien dat de opslagcapaciteit in een ondergrondse buffer kan oplopen tot 100% van de jaarproductie aan thermische energie in een bassin van 50 Ha. De noodzaak voor een dergelijke opslag is onwaarschijnlijk als we een geïsoleerd systeem bekijken. Anders wordt het echter als we een mogelijke combinatie met de industriële restwarmte van het nabijgelegen Chemelot bekijken. Volgens RES (blz. 22):

> *"…wordt deze restwarmte door Chemelot zelf – met de nodige voorbehouden - Ingeschat op 250 MWth van >50 °C waarvan 200 MWth van >70 °C. Deze 200 MWth komt, op basis van de huidige gebruiksmogelijkheden, overeen met ongeveer 3.240 TJ per jaar.*

Uitgaande van een gemiddeld huidig gasverbruik van 46 GJ per jaar in Zuid-Limburg kunnen hiermee momenteel ruim 70.000 woningen worden voorzien van een alternatief voor aardgas. Dat is ongeveer 24% van de totale woningvoorraad in Zuid-Limburg. Gezien de dalende verwarmingsbehoefte door isolatiemaatregelen en mogelijk aangepast gebruikersgedrag kan op lange termijn mogelijk het dubbele aantal woningen verwarmd worden met dezelfde hoeveelheid restwarmte."

Integratie van deze warmtebron met het hier beschreven project ligt om verschillende redenen voor de hand. Chemelot heeft zelf maar beperkte ruimte om faciliteiten te vestigen of uit te breiden. Het noordelijk van het chemiecomplex gelegen beschermde gebied Graetheide is al vele jaren onderwerp van discussie en uitbreiding in deze richting wordt fel bestreden door milieugroeperingen. Een vestiging op het luchthaventerrein, verbonden via een ondergronds leidingnetwerk zou diverse hindernissen oplossen. Allereerst is er ruimte voor een dergelijke vestiging op het bestudeerde terrein van ca 300 Ha. Een eventuele combinatie met Chemelot zou zelfs een uitbreiding van het ondergrondse bassin tot gevolg kunnen hebben. Hierdoor kan een geïntegreerd warmtedistributie netwerk ontstaan met een capaciteit van ca 100.000 woningen, ruim 35% van de woningvoorraad in Zuid-Limburg. Bij voortgaande isolatie en reductie van de warmtebehoefte per woning kan dit aantal nog verder oplopen.

Mega-laadstation voor waterstof en elektriciteit

De nabijgelegen A2, A76, en A79 en de verbindingen met België via de E314 zorgen voor een aantrekkelijk groot afzetgebied van schone energie, om te beginnen voor het lokale en streekvervoer. Maar ook de nabijgelegen Beatrixhaven in Maastricht en de havens van Stein en Born zouden in de toekomst kunnen dienen als afnemers van laadstroom ten behoeve van de elektrisch gedreven scheepvaart. In ons project is daarom ruimte opgenomen om een waterstoffabriek enerzijds te koppelen aan het mega-energiepark, anderzijds aan een laadstation, zowel voor elektrisch snelladen als voor waterstof tanken voor particulieren en bedrijfswagens (700 en 350 bar, resp.).

Onderstation elektriciteitsnetwerk

In de regio Zuid-Limburg staan diverse onderstations, (OS, hoogspanning/middenspanning). Enexis meldt in haar bijdrage aan de RES dat er mogelijk capaciteitsproblemen kunnen ontstaan. In de onderstations Limmel en Boschpoort in Maastricht en het station in Beek worden knelpunten verwacht in 2025 of eerder. In andere nabije stations, Wittevrouwenveld en Heer bij Maastricht en in Lutterade bij Geleen, worden knelpunten verwacht na 2025 (RES, blz. 25). Enexis concludeert dat, om deze knelpunten op te lossen nieuwe stations gerealiseerd moeten worden of bestaande uitgebreid. Zeker zal de bouw van een megacentrale leiden tot nieuwe capaciteitsproblemen. We hebben daarom in de ruimtelijke planning rekening gehouden met een mogelijke uitbreiding van het netwerk.

Enexis noemt bij de realisering van de stations de volgende aspecten:

1. Bij het realiseren van uitbreidingen is het belangrijk om rekening te houden met individuele doorlooptijden van 4 tot 6 jaar voor uitbreidingen van bestaande stations en van 6 tot 8 jaar voor nieuwe OS.
2. Extra ruimte is nodig om de nieuwe infrastructuur te realiseren en om bestaande OS uit te breiden. Voor de realisatie van nieuwe OS is 6 tot 16 hectare aan ruimte nodig. Hierbij is enkel rekening gehouden met de ruimte van stations. De ruimte voor nieuwe kabeltracés is hierin nog niet meegenomen (ca. 10 meter breedte).
3. De maatschappelijke kosten die gemaakt worden om de knelpunten op te lossen bedragen tussen de 162 en 182 miljoen euro. Deze kosten zijn identiek voor de aangeleverde scenario's.

Biodiversiteit en Kunstpark

De belevingswaarde van een zonnepark zal door het realiseren van een zonnepark doorgaans afnemen. De negatieve impact hangt echter sterk af van de waardering van het huidige landschap (van der Zee et al. 2019). Er is echter geen plaats in de regio die zo vaak te maken heeft met hinder dan de omgeving van MAA. Er zijn dus goede redenen om te veronderstellen dat een herinrichting van het luchthaventerrein gedragen zal worden door vrijwel heel Zuid-Limburg. Enerzijds doordat er zoekgebieden zullen afvallen in heel de regio door de zuigkracht van een groot energiepark, maar ook omdat de direct omwonenden verlost worden van een indringende hinderbron. Er is daarbij een toenemende trend om bij de inrichting van zonneparken aandacht te schenken aan de opwaardering van de natuurwaarden. In de motie van Tweede Kamerlid Dik Faber van 27 september 2018 wordt, met steun van een brede coalitie van de Rijksadviseur voor de fysieke leefomgeving, het RIVM, Sovon Vogelonderzoek Nederland, boeren- en natuurorganisaties en netbeheerders gepleit om, in samenspraak met de regionale overheden, te komen tot het opstellen van een "zonneladder" waardoor natuur en landbouw zoveel mogelijk worden ontzien (van der Zee et al., 2019). Dit sluit naadloos aan op ons plan om het Limburgs landschap zoveel mogelijk te ontzien en tevens een extreem laag gewaardeerd terrein qua natuurwaarden op te krikken. De eerste voorbeelden van dergelijke initiatieven zijn al gerealiseerd. In Vlagtwedde is bijvoorbeeld voorzien in een zone naast het zonnepark waar blauwe bessen teelt gerealiseerd wordt op ongeveer 25 hectare. Deze bessengaard creëert werkgelegenheid, maar is ook goed ook voor de met uitsterven bedreigde bijen. De bijen zorgen voor het bestuiven van de bessen, waardoor op termijn meer biodiversiteit ontstaat. Tevens is daar ook 4 hectare bloemenweide aangelegd. Hiermee kan een aantrekkelijk parklandschap gecreëerd worden met direct effect op de biodiversiteit (PowerField, 2021).

De natuurwaarde van het huidige luchthaventerrein van MAA is nul, waardoor bij de herinrichting grote stappen gezet kunnen worden om het gebied op te waarderen. Bij de herinrichting van het MAA-luchthaventerrein is in dit plan voorzien in een milieuvriendelijke zone van 30-50 hectare waarin diversiteits-bevorderende aanplant en gewassen gekweekt kunnen worden. Wij denken zelf aan een uitgebreide parkzone en wandelgebied aan de zuidelijke en oostelijke kant van het luchthaventerrein, met enerzijds een verbinding naar de zuidelijke groenzone, anderzijds een corridor naar de horeca-accommodatie, waarbij deels ruimte tussen de zonnepanelenvelden, deels een langgerekte strook langs de huidige *runway* benut kan worden. Deze zone, met afwisselend agrarische laagbouw en bloemenweiden hebben zowel een economisch rendement als een verhoging van de biodiversiteit.

Er is wereldwijd weinig onderzoek gedaan naar de combinatie van zonnepanelen en behoud of optimalisatie van biodiversiteit. In het onderzoek van van der Zee (2018) worden talrijke suggesties gedaan voor de succesvolle inrichting van zonneparken in combinatie met maatregelen om de biodiversiteit te verhogen. Voor een inventarisatie van effecten van zonneparken op bodem en bodemdiversiteit verwijzen we naar hoofdstuk 3.3, 3.4 (p.22 e.v.). In hoofdstuk 4.4 worden enkele suggesties uitgewerkt voor landbouwproductie onder zonnepanelen. In hoofdstuk 5 wordt een inventarisatie van fauna gegeven. Geconstateerd wordt dat in zonneparken vleermuizen, hazen, dassen, reeën, vossen, eekhoorns, damherten. Hierbij worden voorwaarden gesteld aan de hoogten van de onderrand van zonnepanelen, en bij voorkeur begrenzingen van hagen en sloten, waardoor interactie met de omgeving kan blijven bestaan. Bovendien werd een uitgebreide lijst van vogels aangetroffen in zonneweiden: veldleeuwerik, graspieper, gele kwikstaart, kneu, ringmus, geelgors, grauwe klauwier, paapje, patrijs, witte kwikstaart. Als zodanig wordt de luchthaven in ons plan vermoedelijk toch op sympathieke wijze gecontinueerd. Voor het gedrag van roofvogels, grote vogels, kolonievormers, en uitgebreide literatuurreferenties verwijzen we naar van der Zee et al, 2018.

Wij denken dat een subtiele variatie en integratie van lage tuinbouw als bessenteelt, de verspreiding van bloemenweiden, de opening naar omringende gebieden via hagen en sloten, met name naar het zuiden en zuidoosten richting Humcoven, tot een verrassende toename van de biodiversiteit op het terrein kan leiden, waardoor het gebied een functie krijgt als wandelpark en stiltegebied.

Wij willen tenslotte een pleidooi houden om, behalve de realisatie van de hierboven geschetste plannen, te komen tot een unieke meerwaarde van deze heringerichte omgeving. Het is een uitdagende opdracht voor kunstenaars, bouwarchitecten en landschapsarchitecten om deze heringerichte, toch grotendeels industriële omgeving te maken tot een waar kunstproject. Onze inspiraties danken we bijvoorbeeld aan de uitzonderlijk vrijmoedige producten van kunstenaars als Antoni Gaudi (foto Park Guell), Friedensreich Hundertwasser, (foto Waldspiral, Darmstadt), en landart projecten als Insel Hombroich (Foto Museum, Neuss), Middelheim (Foto Park Middelheim). Onze inspiraties danken we bijvoorbeeld aan de uitzonderlijk vrijmoedige producten van kunstenaars als Antoni Gaudi (foto Park Guell), Friedensreich Hundertwasser, (foto Waldspirale, Darmstadt), en landart projecten als Insel Hombroich (Foto Museum, Neuss), Middelheim (Foto Park Middelheim).

Foto2 links: Park Güell, Barcelona (Antoni Gaudi, https://www.barcelona-tourist-guide.com/)
Foto3 rechts: Waldspirale, Darmstadt (Friedensreich Hundertwasser)

Foto 4 links: Museum Insel Hombroich Neuss
Foto 5 rechts: Park Middelheim

Overige voorzieningen

Het ligt buiten het bestek om van deze studie om alle (mogelijke) aspecten van een compleet ingericht energiepark te bespreken. We zullen er hier enkele aanstippen.

R&D-centrum voor hoogwaardige werkgelegenheid

In Limburg is grote behoefte aan initiatieven op het gebied van ICT, innovatie, en hightech. Wij denken dat de bouw van een megapark gelijk op kan gaan met innovatie en ontwikkeling van hoogwaardige werkgelegenheid. De uitdagingen zijn legio. Omdat in onze variant ET en WET is voorzien in een niet

eerder vertoonde opschaling, maar wel op grond van bestaande technologie, zullen ongetwijfeld nieuwe onderzoeksvragen beantwoord moeten worden. Te denken valt bijvoorbeeld aan ICT-oplossingen, procesmanagement, efficiencyverhoging van mega-warmteopslag, en waterstofchemie., Maar daarnaast ook onderzoek naar alternatieven voor het gebruik van het opslagmedium water, bijvoorbeeld zoutoplossingen of tweefasen energieopslag, kennisexport op het gebied van geïntegreerde projectaanpak, drielaags-exploitatie van zonneparken door in de tussenruimte van de ondergrondse opslag en zonnepanelen bedrijfsactiviteiten te ontwikkelen, zoals donkere landbouw (kweek van lichtarme gewassen als klaver, paddenstoelenkweek, witlof, asperges). Uiteraard ligt het voor de hand sommige van deze impulsen samen met Science Park Chemelot vorm te geven.

Horeca

Er is een bestaande faciliteit op MAA. Het gloednieuwe GR8 hotel-restaurant kan alleen maar winnen bij de reductie van stank en geluidsoverlast. In dit verband dient bij de eventuele keuze van windmolenlocaties wel rekening te worden gehouden met de ligging van dit hotel. De verbinding met de parkelementen, genoemd in dit plan, kan tot een aanzienlijke versterking van deze horecavestiging leiden.

Urgentie

Het tijdpad voor de energietransitie van Nederland staat onder grote druk. Voor de realisatie van het hierboven geschetste plan zijn beslissingen op zeer korte termijn onvermijdelijk. In het onderstaande concept stappenplan is geprobeerd de urgentie ervan te visualiseren (tabel 8).
Naar onze mening bestaan er vier kritische punten in dit plan:

1 Consensus en politieke besluitvorming. Deze loopt samen met de RES en zal eind 2022 moeten worden afgerond.
2 Wijziging bestemmingsplan en de ontmanteling van MAA. Deze zijn nodig voor de daadwerkelijke aanvang van de uitvoering der ondergrondse werkzaamheden.
3 Afronding uitvoering van de ondergrondse werkzaamheden.
4 Afronding van de bovengrondse bouwwerkzaamheden en integratie voor streefdatum voltooiing.

Concept stappenplan	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Draagvlak en besluitvorming										
Wijziging bestemmingsplannen										
Contractuele fase										
Planningsfase										
Sluiting MAA										
Infrastructuur										
Aanleg ondergrondse waterbuffers										
Bouw onderhoudscentrum										
Bouw warmtestation										
Bouw netwerk onderstation										
Bouw waterstoffabriek										
Bouw stuurcentrum										
Bouw R&D unit										
Testfase										
Koppeling warmtenetten DSM en Limburg										
Koppeling Laadstation										
Opzetten R&D unit										
Feestelijke opening 1 januari 2030										
Kritische punten		**1**		**2**		**3**			**4**	

Tabel 8. Stappenplan en kritische punten voor de realisatie van energiepark MAAsterplan

Conclusies en aanbevelingen

Het bijgevoegde, ambitieuze plan is toekomstbestendig, een zichzelf terugverdienend alternatief voor MAA, waarbij het luchthaventerrein, het aangrenzend RESA-gebied en aanpalende percelen van bijna 300 hectare wordt omgebouwd tot een aantrekkelijke internationale toplocatie voor duurzame energie. Het plan beantwoordt ook aan de randvoorwaarden geformuleerd door Enexis.

Ons geïntegreerde plan bestaat uit de volgende onderdelen:

- Een zonne-energiepark van minimaal ca 150 hectare, waarvan 75 effectief benut,
- Toepassing van hybride PVT-zonnepalen, waardoor de netto (elektrische + warmte) energie-opbrengst ruim wordt verdubbeld. Het rendement van het totaal oppervlak van MAA en belendende percelen is vergelijkbaar met ruim 250 hectare gewone PV-panelen,
- Een omvangrijk ondergronds systeem van geïsoleerde warmwaterbuffers onder de zonnepanelen om de door warmte opgewekte energie op te slaan. Hierdoor wordt het aanwezige terrein dubbel effectief benut,
- 7 windmolens van 3 MW elk, met minimale slagschaduw op de zonnepanelen,
- Een waterstoffabriek om elektrische energie om te zetten in H_2, en eventuele bijproductie O_2,
- Een lokaal Onderstation (OS) voor de aansluiting op het landelijke elektriciteitsnet.
- Een R&D centrum voor Hightech research, in samenwerking met Chemelot,
- Een mega-laadstation voor waterstof en elektrisch snelladen aan de A2,
- Koppelfaciliteit industriële restwaarde van industriecomplex Chemelot,
- Een tijdelijke productiefaciliteit voor de winning van tussen 2 en 10 miljoen m^3 zand en grind,
- Een qua milieuwaarden, kleinschalige landbouw en belevingsgenot sterk opgewaardeerde omgeving naar een parklandschap,
- Onderhoudsfaciliteiten.

Het project kent natuurlijk voordelen en nadelen.

Voordelen

- Schaalgrootte levert kostenreductie
- PVT-panelen leveren zowel elektrische energie als warmte
- Ondergrondse bufferzones voor heet water en waterstofgas zorgen voor uitstrijken van piekopbrengst van dag naar nacht, wind naar luwte, zomer naar winter
- Koppeling warmtenet en elektriciteitsnet
- Ontlasting van grote delen van de RES-zoekgebieden in Zuid-Limburg
- Geen hinder van geluidsoverlast omdat de luchthaven verdwijnt
- Ontlasting van de omgeving van overige milieuschade en gevaar
- Industriële hightech innovatie impuls
- Driedubbele benutting van de bestaande ruimte door de ondergrond en tussenruimte te benutten
- Ontlasting van het elektriciteitsnet door levering op locatie
- Bezuiniging door beëindiging van provinciale subsidies aan MAA
- Opwaardering van de biodiversiteit
- Impuls horeca door creëren milieuvriendelijk parklandschap.

Nadelen

- Afkoop eventuele bestaande contracten
- Opheffing MAA heeft personele gevolgen. Deze kunnen deels opgevangen worden door herplaatsing in te ontwikkelen faciliteiten.

Samenvattend concluderen we dat dit rapport een levensvatbaar perspectief biedt, waarbij het bestaande MAA-terrein wordt heringericht en omgebouwd wordt tot een renderend, duurzaam, innovatief en milieuvriendelijk complex. Tevens worden grote delen van Zuid-Limburg bevrijd van milieubelastende ingrepen. Het plan vormt ook een sjabloon met grote multiplierpotentie, bijvoorbeeld voor andere, niet renderende luchthavens en bedrijventerreinen.

Wij bevelen aan dat dit plan verder wordt uitgewerkt door een consortium van gespecialiseerde bedrijven. Wij denken hier bijvoorbeeld aan:

Bedrijf/Instelling	**Expertise**
Enexis	Regionale netwerkbeheerder Elektriciteit
Shell Renewables and Energy Solutions	Ontwikkelaar zonneweiden
Vattenfall	Ontwikkelaar zonneweiden
Solar Systems	Implementatie PVT
Ecovat	Bouwer ondergrondse thermische buffers
Van Wessem	Grindexploitatie
Strukton	Expertise ondergrond, bouwer A2 tunnel
Chemelot	Science park, expertise chemie, industriële restwarmte
MAA	Beheerder huidige terrein
Provincie Limburg	Eigenaar terreinen, vergunningverlener
Gemeenten	Beek, Meerssen, Maastricht, aanpalend aan terrein
Ministerie van Verkeer en Waterstaat	Ontgrondingen, vergunningen
Waterschap Limburg	Grondwaterbeheer
WML	Waterbeheer
RES Limburg	Implementatie Energietransitie
Kunstenaars	Gerenommeerde, grensverleggende architecten, kunstenaars

Tabel 9. Overzicht van potentiële bedrijven en instellingen die kunnen bijdragen aan de realisatie van het MAAsterplan.

Geciteerde werken

Autoriteit Consument en Markt. (2021). *Wat mag ik vragen voor het leveren van warmte?* Opgehaald van https://www.acm.nl/nl/warmtetarieven

Bus, L., Koopsen, O., & Manshanden, W. (2020). *Maatschappelijke Kosten en Baten Analyse Beleidsalternatieven Maastricht Aachen Airport.* Rotterdam.

CBS. (2021). *StatLine - Regionale kerncijfers Nederland.* Opgehaald van https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70072ned/table?ts=1619507108905

de Laat, P. (2020). *Overview of projects in the Netherlands*. Opgehaald van TKI: https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/Overview%20Hydrogen%20projects%20in%20the%20Netherlands%20versie%2014mei2020.pdf

De Limburger. (2021, 2 24). *Zo'n 200 brokstukken van vliegtuigmotor in Meerssen verzameld*. Opgehaald van https://www.limburger.nl/cnt/dmf20210224_94463121

Dupeyrat, P. (2011). *Experimental development and simulation investigation of a photovoltaic thermal hybrid solar collector.* Lyon: Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

Ecovat. (2021). *Warmteopslag en een warmtenet route voor elke gemeente in Nederland.* Opgehaald van https://www.ecovat.eu/

EnergieMarktInformatie.nl. (2021). *Marktinformatie*. Opgehaald van https://www.energiemarktinformatie.nl/beurzen/elektra/

Engie. (2021). *Wat zijn de kosten per m3 gas?* Opgehaald van https://www.engie.nl/over-ons/kennisbank/artikel/kosten-m3-gas

Kamer van Koophandel. (2021). *Kamer van Koophandel*. Opgehaald van https://www.kvk.nl/

Kruse, B., Grinna, S., & Buch, C. (2002). *Hydrogen - Status and Possibilities.* The Bellona Foundation.

Nationaal Programma Regionale Energie Strategie. (2021). *RES Regio Zuid-Limburg*. Opgehaald van https://www.regionale-energiestrategie.nl/reszl/Default.aspx

perceelloep. (2021). *De online kadastrale kaart van Nederland*. Opgehaald van https://perceelloep.nl

PowerField. (2021). *Zonnepark Vlagtwedde*. Opgehaald van https://www.powerfield.nl/project/vlagtwedde/

RTL. (2019). *Province Limburg koopt Maastricht Aachen Airport voor 1 euro*. Opgehaald van https://www.rtlnieuws.nl/economie/bedrijven/artikel/4903081/limburg-maastricht-aachen-airport-overname-een-euro-provincie

The World Bank Group. (2021). *Global Solar Atlas*. Opgehaald van https://globalsolaratlas.info/

TNO. (2021). *DINOloket: Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond*. Opgehaald van https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen

Triple Solar. (2020). *Technische documentatie warmtepomppanelen*. Opgehaald van https://triplesolar.eu/wp-content/uploads/2020/05/Triple-Solar-Technische-documentatie-warmtepomppanelen-2020.pdf

Triple Solar. (2021). *PVT heat pump panel - silent and efficient.* Opgehaald van https://triplesolar.eu/en/introduction/

United States Deparment of Energy. (2018). *2018 Wind Technologies Market Report Data*. Opgehaald van https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/08/f65/2018%20Wind%20Technologies%20Market%20Report%20Data.xlsx

Van Geel, P. (2021). *Op zoek naar verbinding. Advies ontwikkeling Maastricht Aachen Airport.*

van Krevelen, D. (1961). *Coal.* Elsevier.

Wikipedia. (2021). *Lijst van zonne-energie installaties in Nederland.* Opgehaald van https://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst_van_zonne-energie-installaties_in_Nederland

Zenhäusern, D., Bamberger, E., & Baggenstos, A. (2017). *Energy systems with photovoltaic thermal solar collectors.* Bern: SwissEnergy.

Zittel, W., & Wurster, R. (1996). *HyWeb: Knowledge - Hydrogen in the Energy Selctor.* Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH.