



16 Oktober 2019

ArieTaal

Docent Werktuigbouwkunde

Lid kenniskring 'Energy in Transition'

# SIMULEREN



# CONFIGURATIE VAN WINDTURBINES EN ZONNEPANELEN

**DE HAAGSE**  
HOGESCHOOL



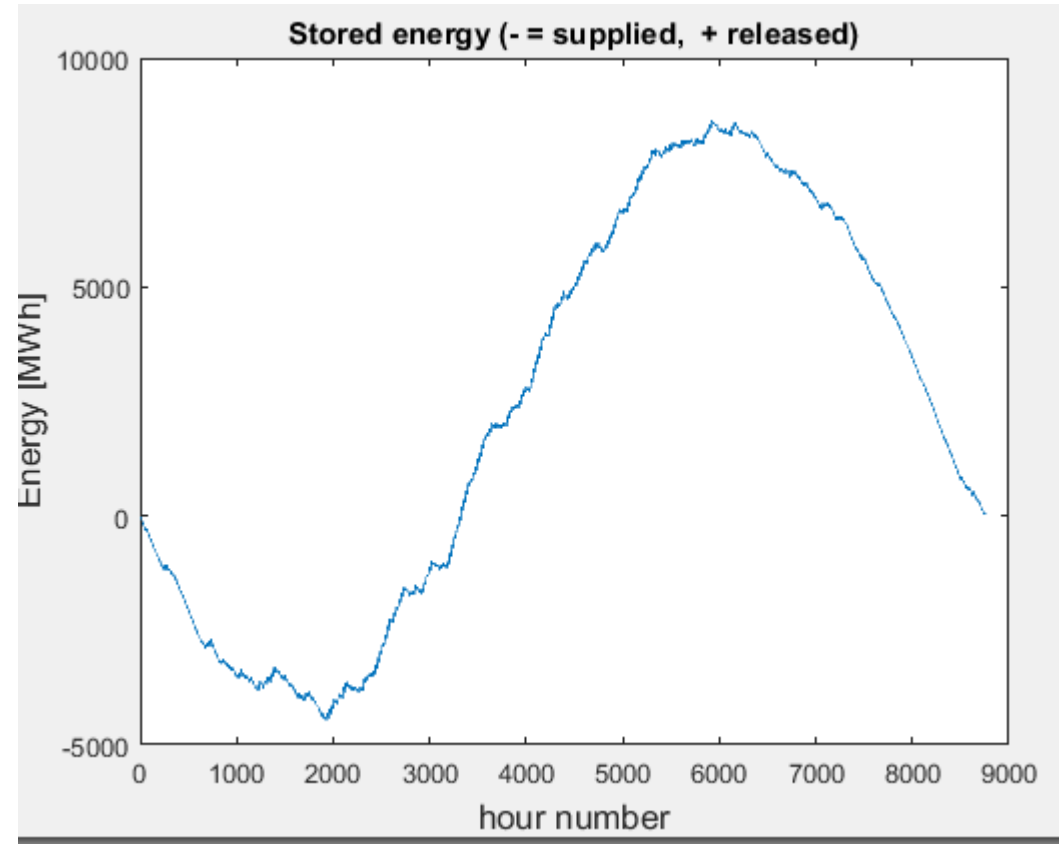
## Probleem

- Geen match tussen opwekking door wind en zonenergie en de energievraag

# Zonenergie

Overschot in zomer  
Tekort in winter

Eopslag=4470 MWh

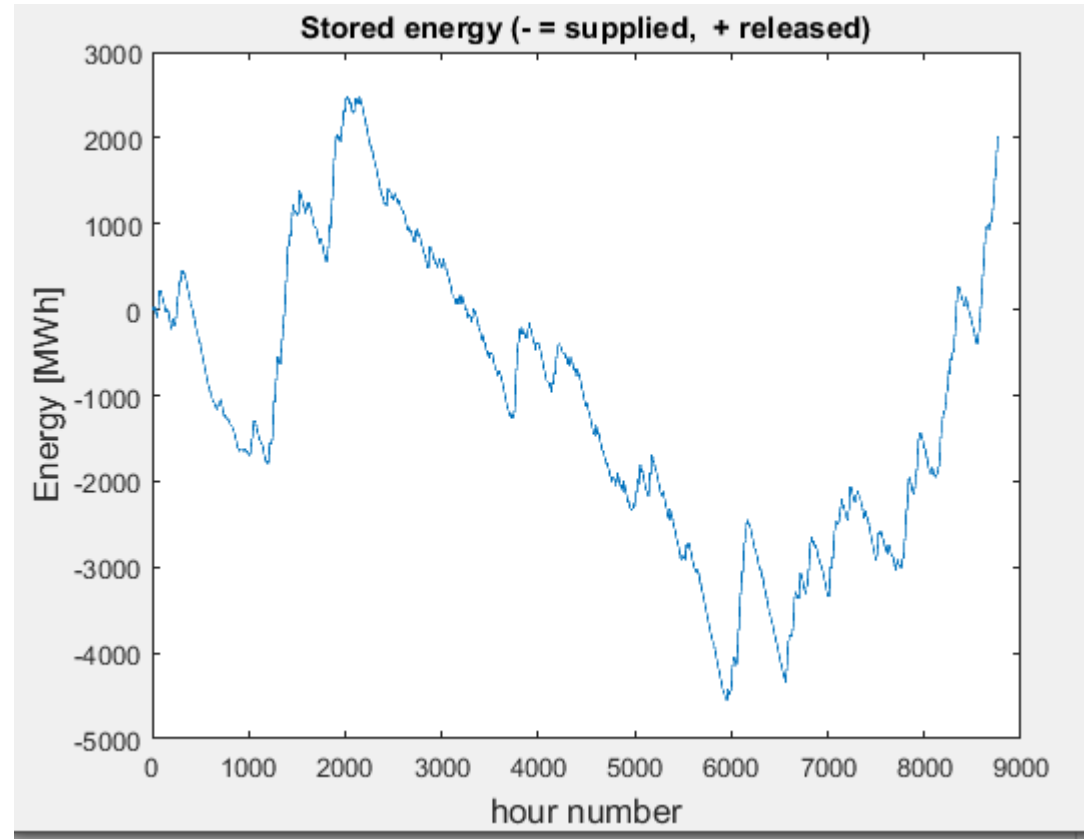


# Windenergie

Tekort in zomer

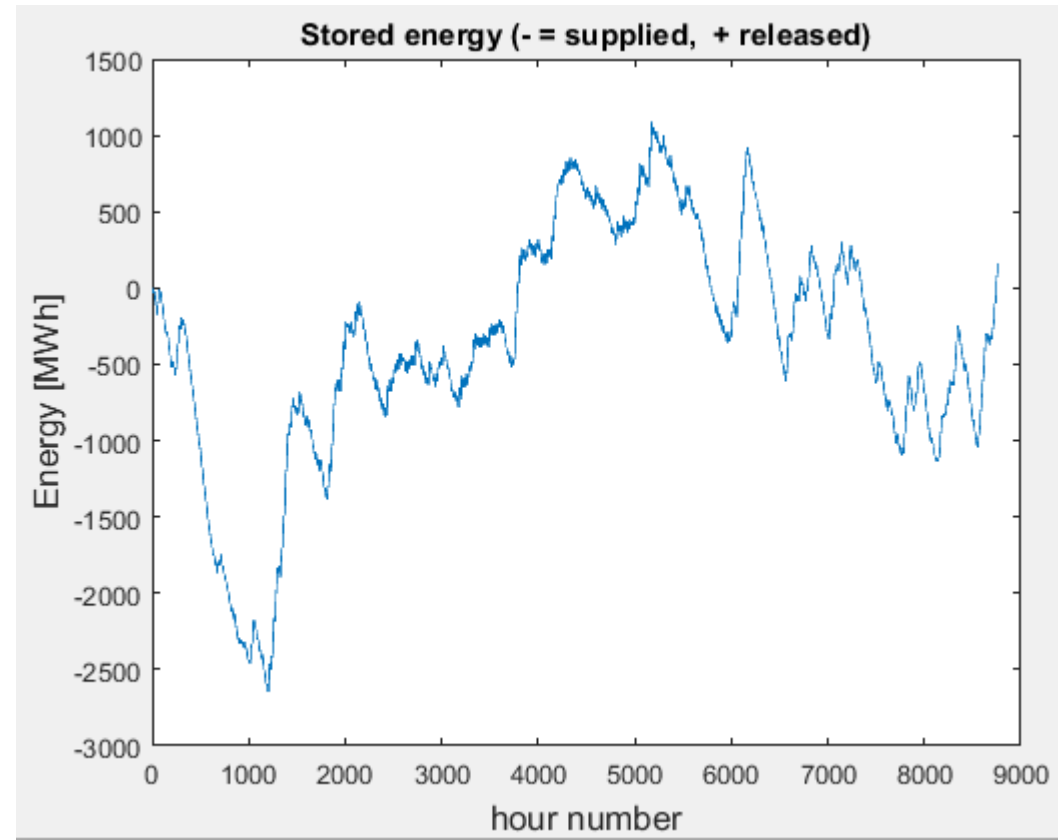
Overschot in winter

Eopslag=4560 MWh



# Voorbeeldconfiguratie zon- en windenergie

Eopslag=2640 MWh





## Resultaten

Opslagcapaciteit alleen zonnepanelen: 4470 MWh.

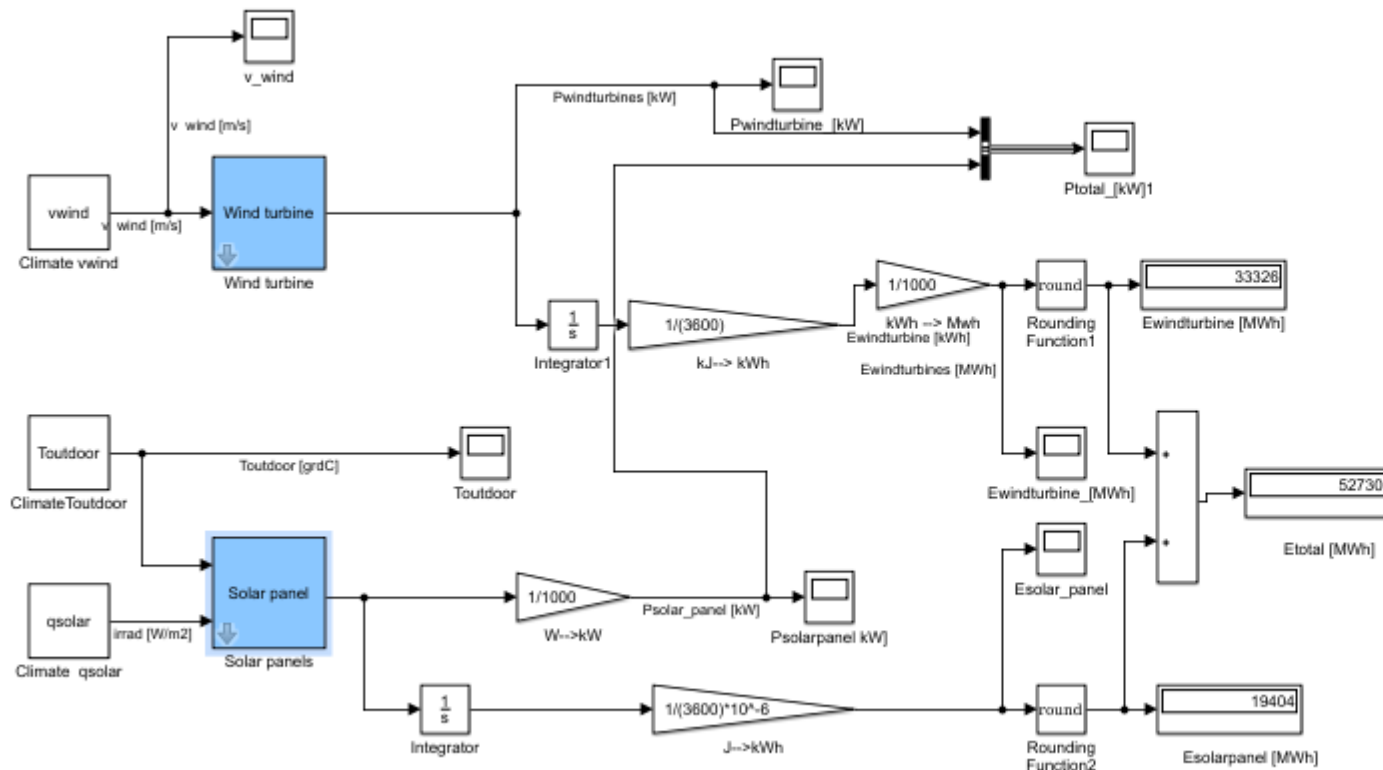
Opslagcapaciteit alleen windturbines: 4560 MWh.

Opslagcapaciteit (voorbeeld)combinatie: 2640 MWh.

Reductie: ≈**1900** MWh.

# Opslag met configuratie met wind- en zonenergie

## Voorbeeld Simulatie



Block Parameters: Solar panels

Component (mask)

Total electricity by solar panels  
Input in de form of a vector: x, y, z

Parameters

Efficiency [%]

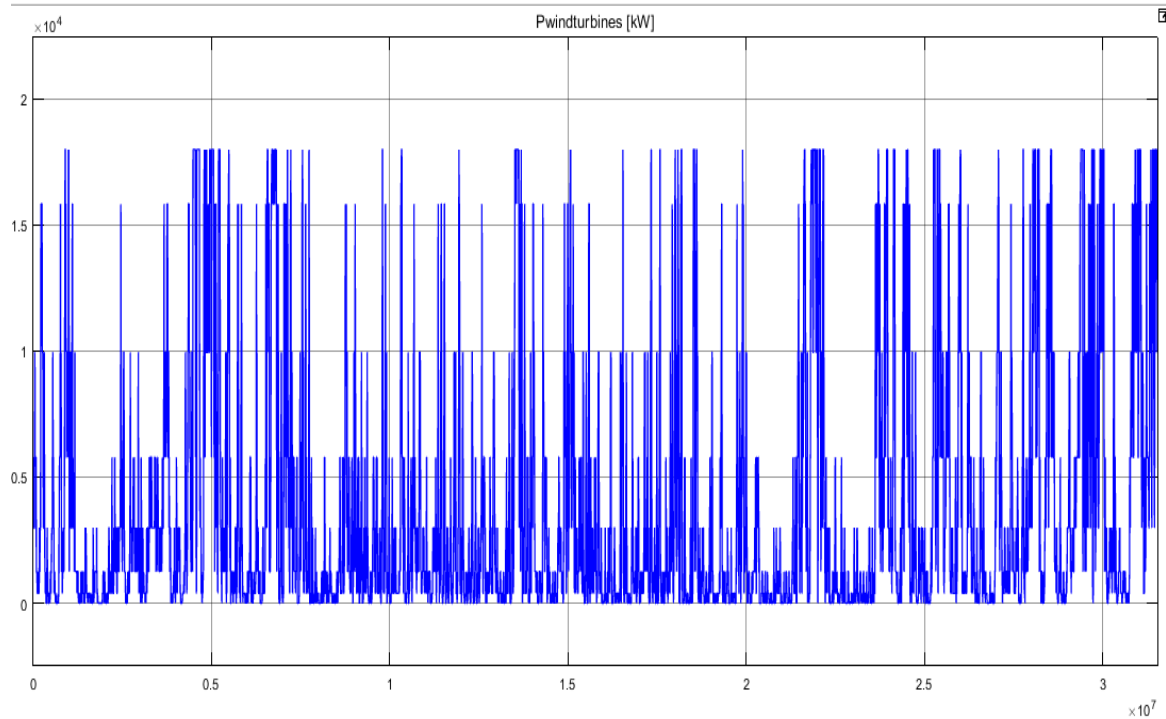
Surface [m2]

Azimuth [0..360, 0 = south]

Inclination [0..90, 0 = horizontal]

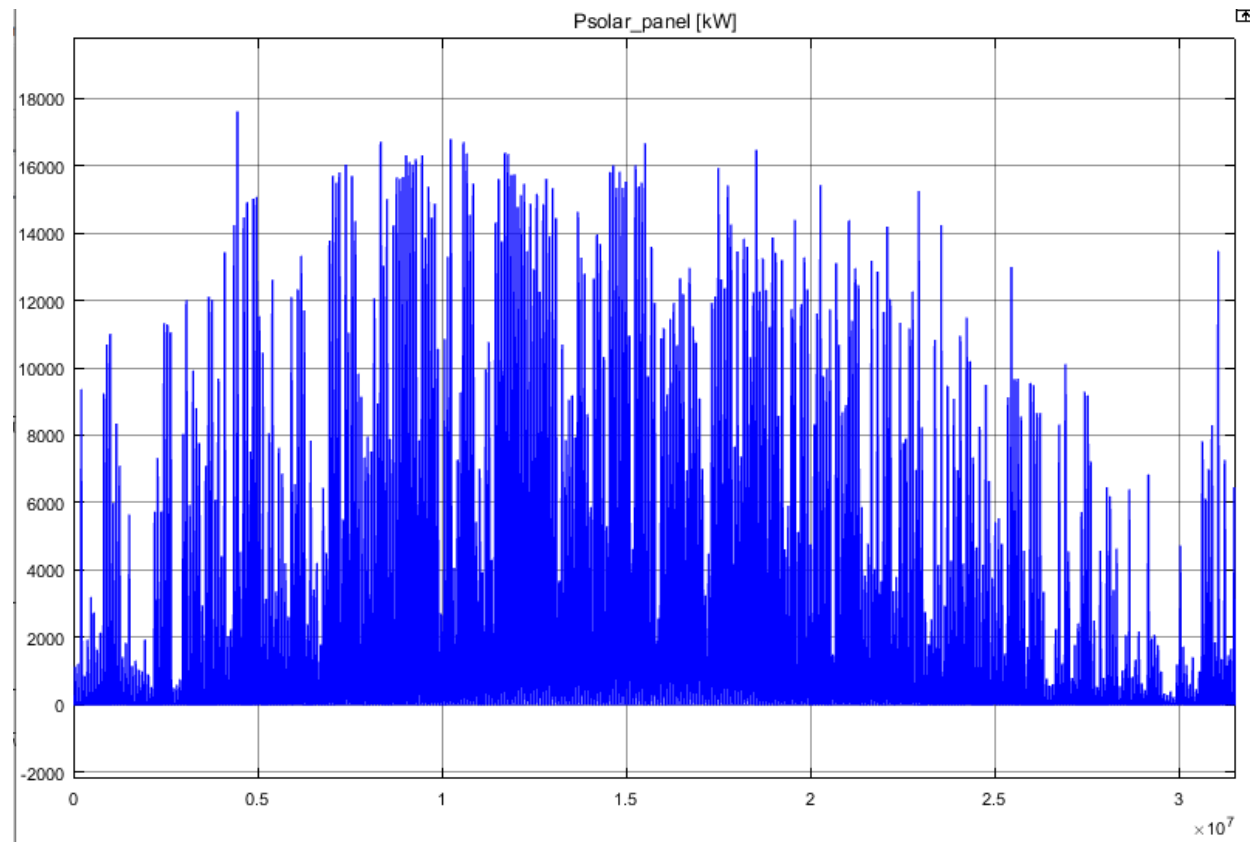
OK Cancel Help Apply

# Uurlijkse windenergie

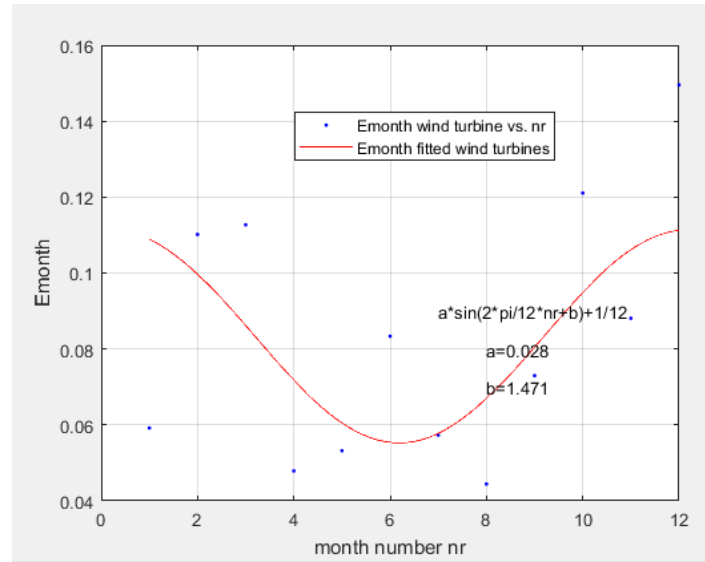
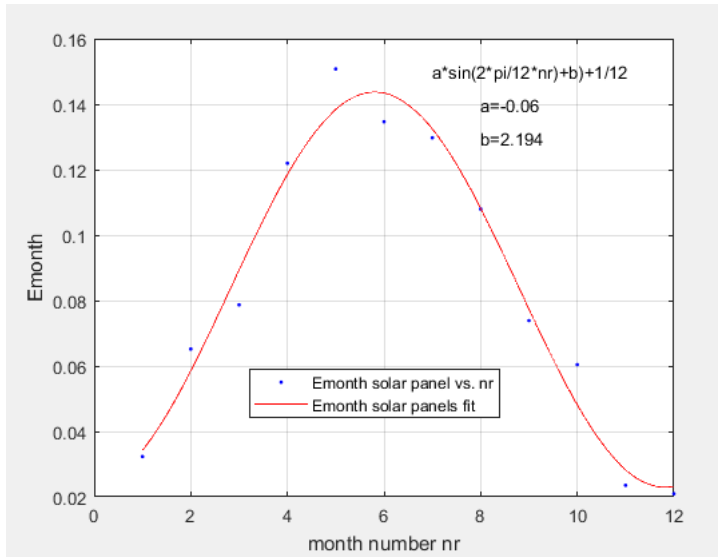




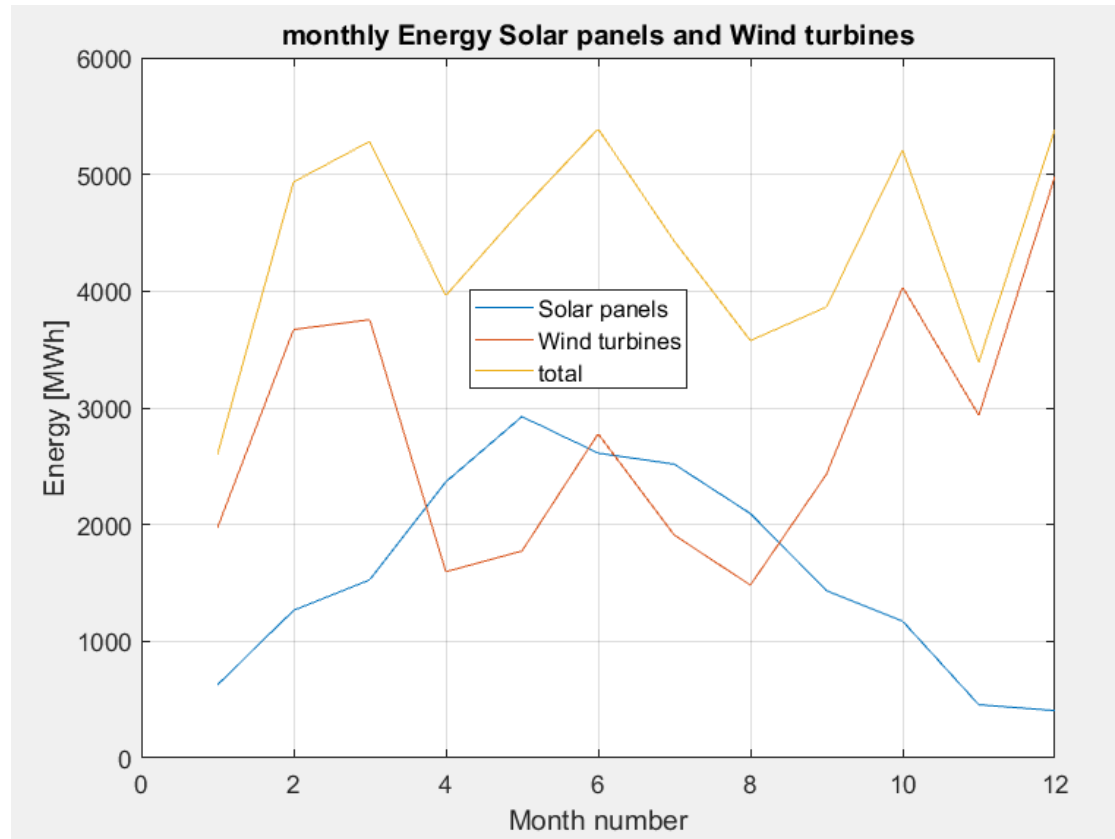
# Uurlijkse zonenergie



# Benadering maandelijkse (genormaliseerde) opwekking d.m.v. sinussen



# Maandelijks opwekking



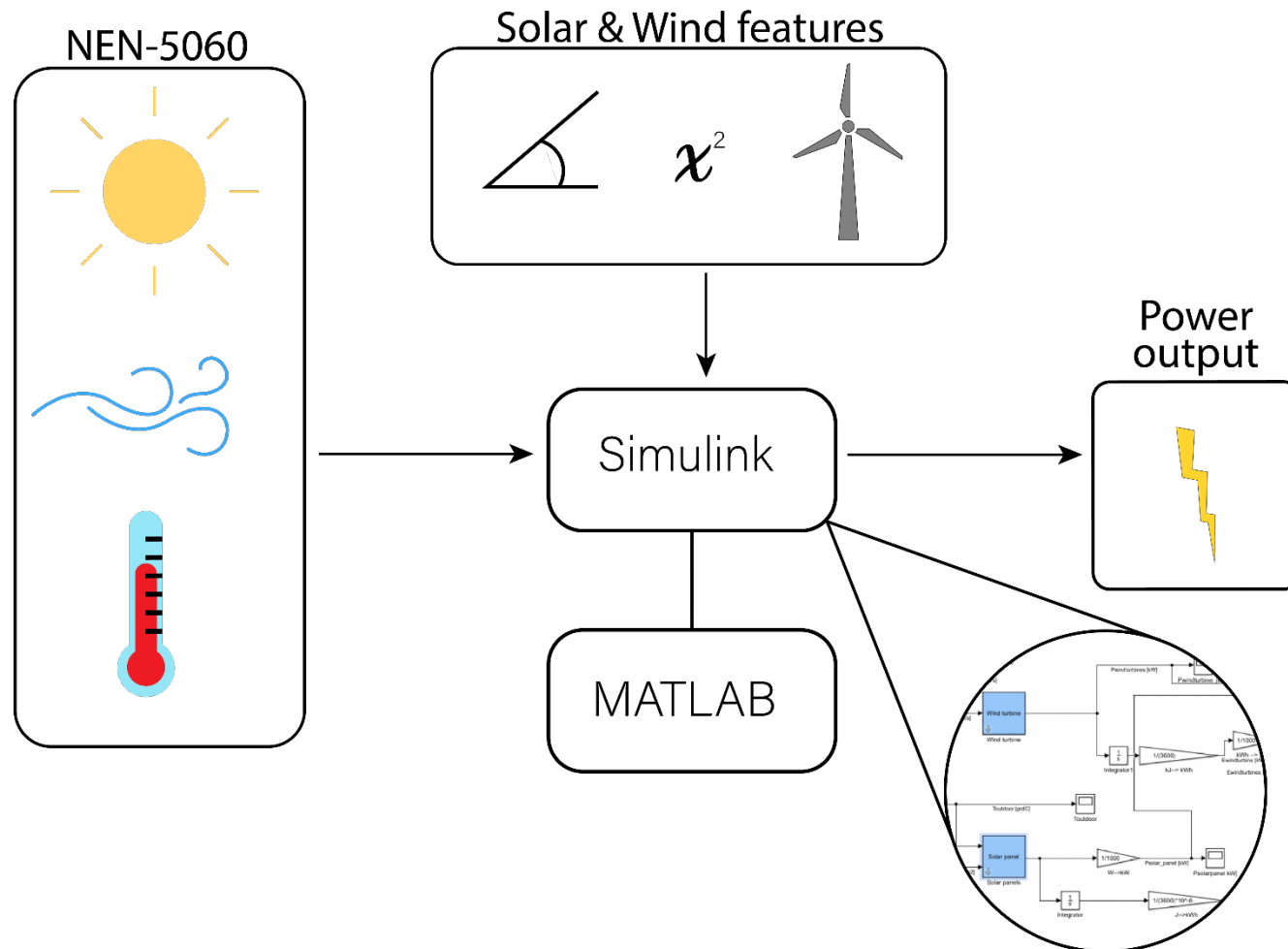
# Minor Applied Data Science



Onderzoek: Wat is de optimale opstelling van een hybride solar/wind energy system voor een fabriek waarbij de kosten het laagst zijn?

Donnelly Baart  
Luc Bontan  
Jer van Dijk  
Michiel Maas  
Aurin Spaninks

# Matlab via Python

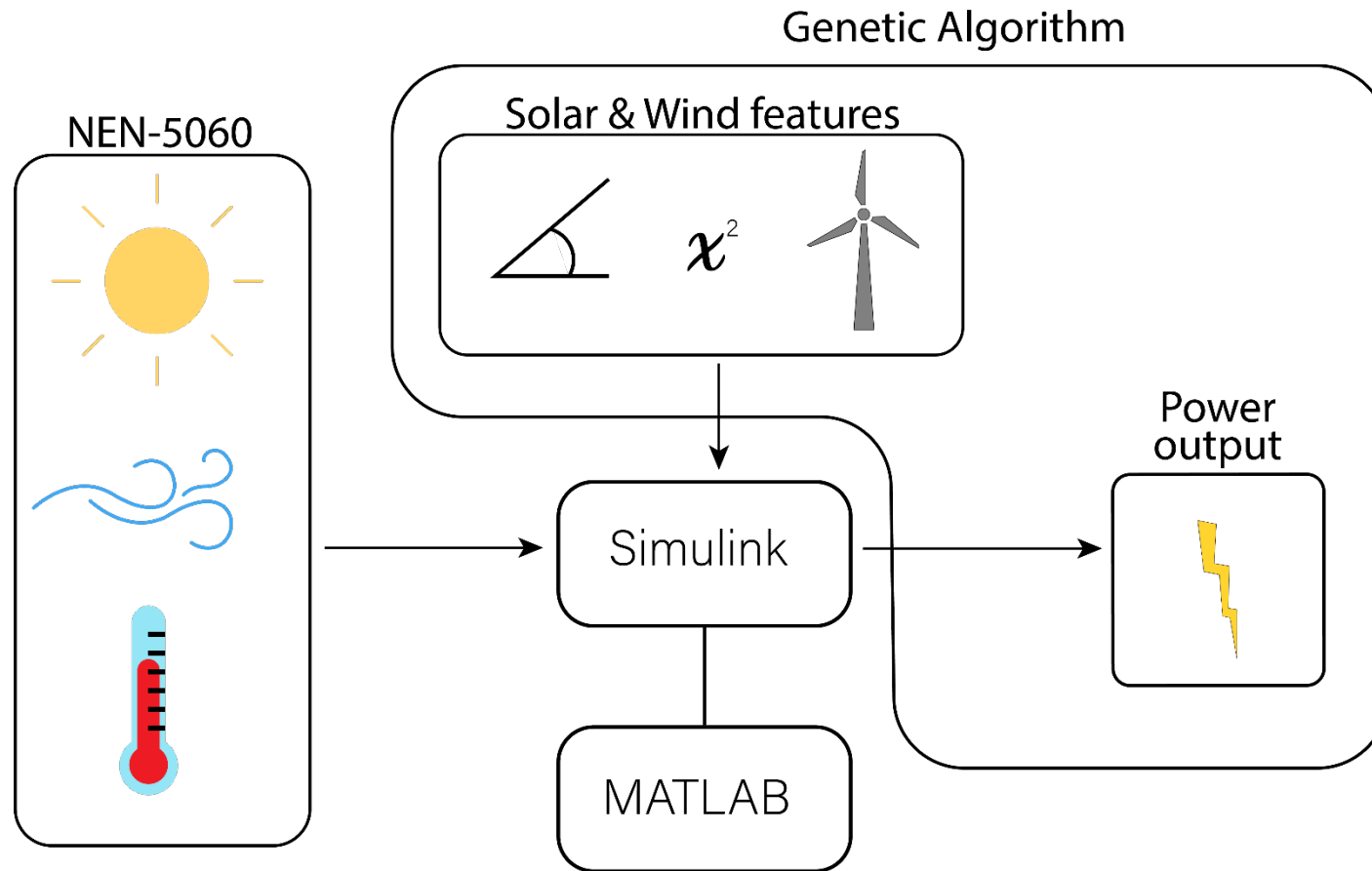


Matlab en Simulink kunnen via python worden aangeroepen.

Zo kunnen inputs worden meegegeven en outputs worden afgenomen met python.

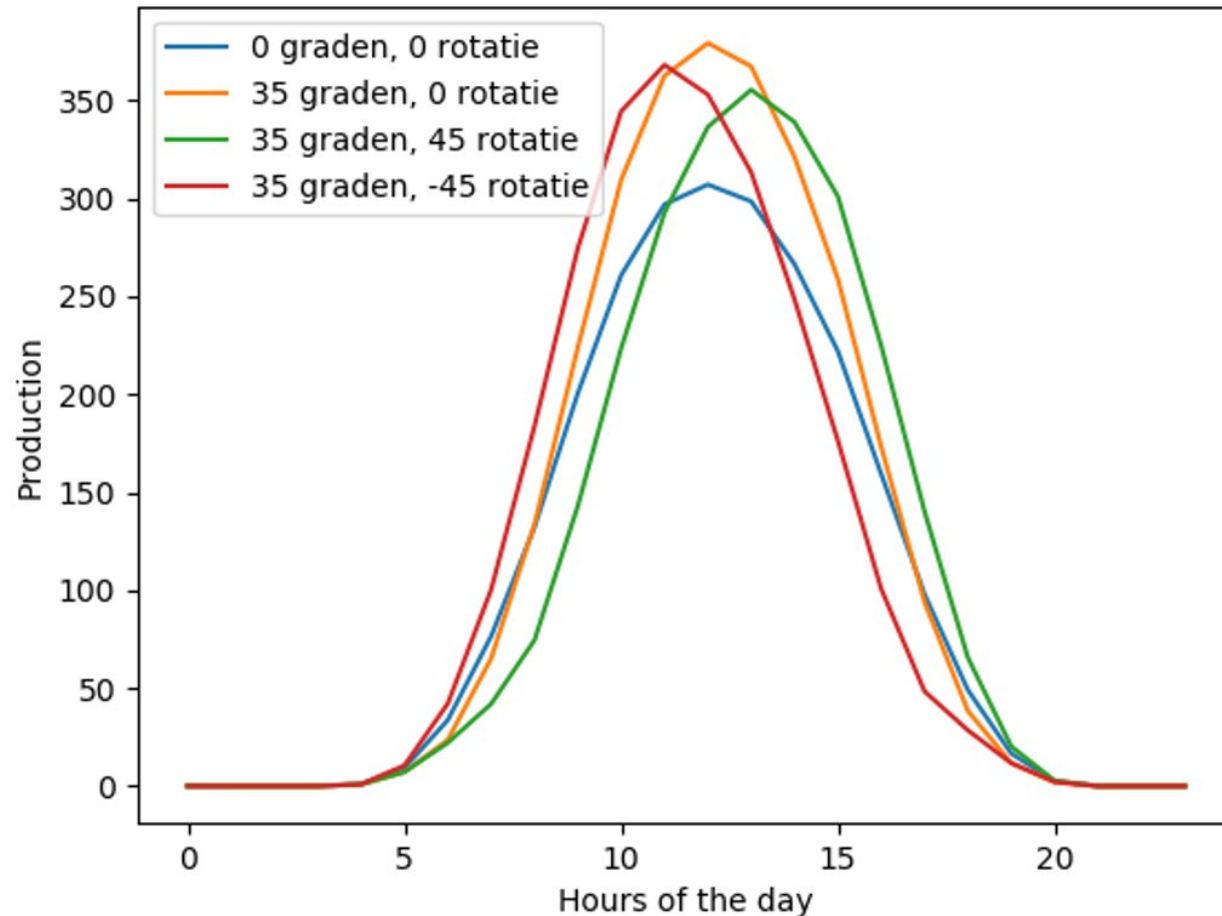
Dit maakt het automatiseren van simulaties eenvoudiger.

# Genetisch algoritme



Algoritme simuleert steeds 100 verschillende opstellingen. Uit de groep van 100 wordt de beste groep geselecteerd op basis van kosten. Daarna begint het opnieuw. Net zolang tot de prijs niet meer omlaag gaat. Dit wordt ook al wel *machine learning* genoemd.

# Zonnepaneel dag gemiddelden



Hogere pieken bij 35 graden.

Productie eerder in de dag bij ZO oriëntatie.



Productie langer in de dag bij ZW oriëntatie.

Hoogste piek bij zuidelijke oriëntatie.

# Opslag prijs gedrag



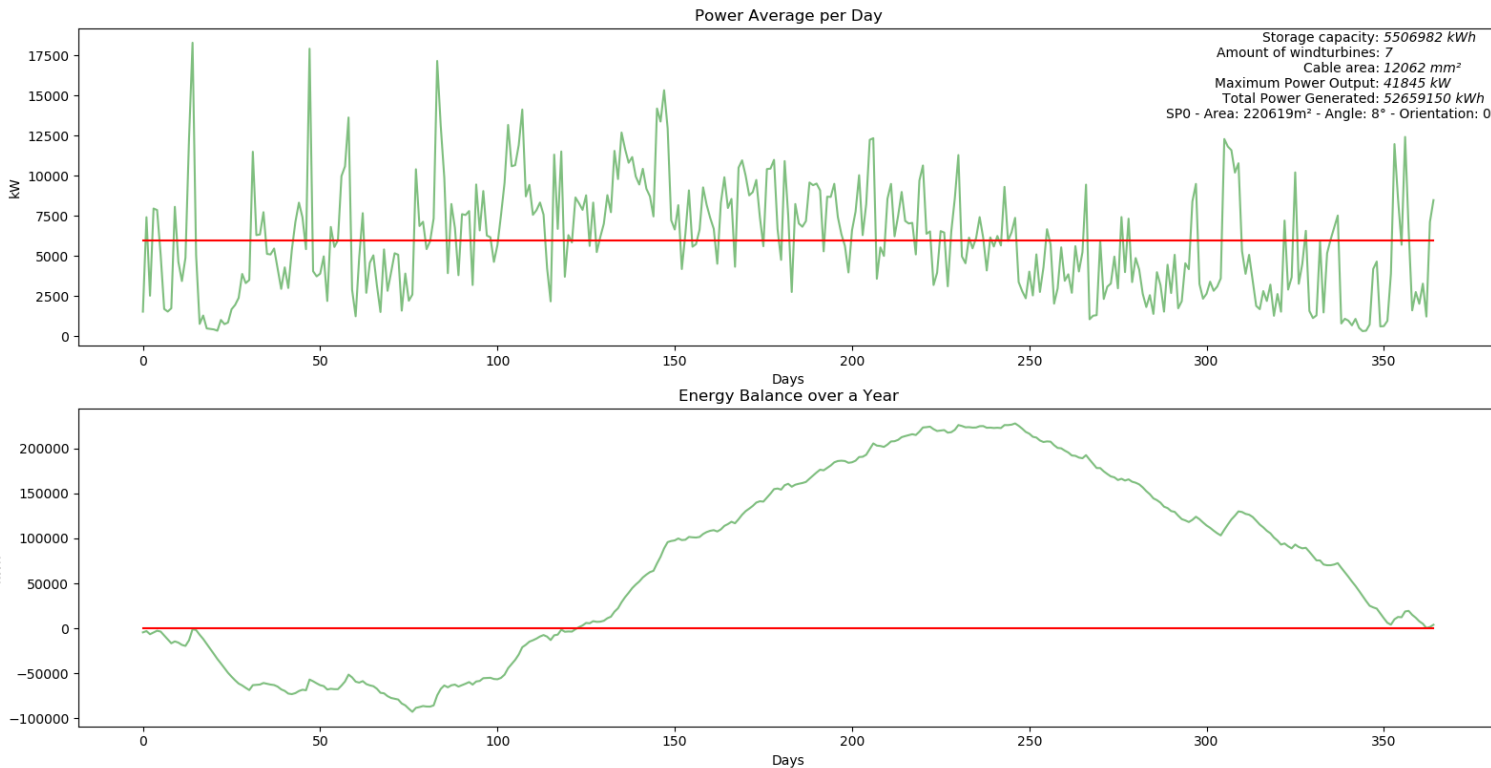
Prijs van opslag: €5/kWh



Algoritme kiest bij goedkope opslag ervoor om grote hoeveelheden op te slaan.

Opslag: 5506 MWh

Oppervlakte  $\approx$  22 ha





# Opslag prijs gedrag

Prijs van opslag: €400/kWh

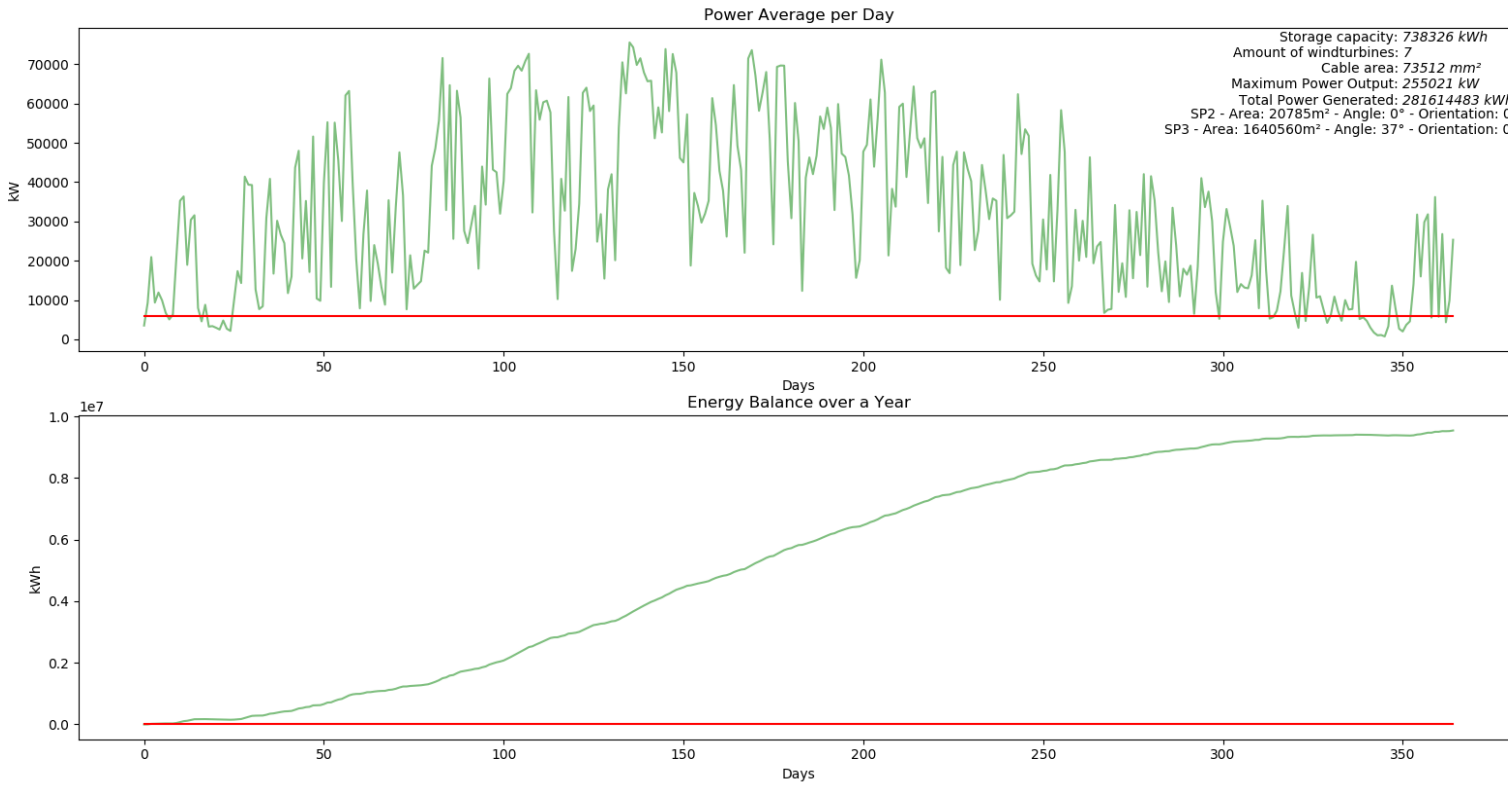
Algoritme kiest bij hoge opslagkosten voor meer zonnepanelen.



Te hoge opslag kosten lopen uit tot onrealistisch grote oppervlakten zonnepanelen.

Opslag: 684 MWh

Oppervlakte  $\approx$  182 ha



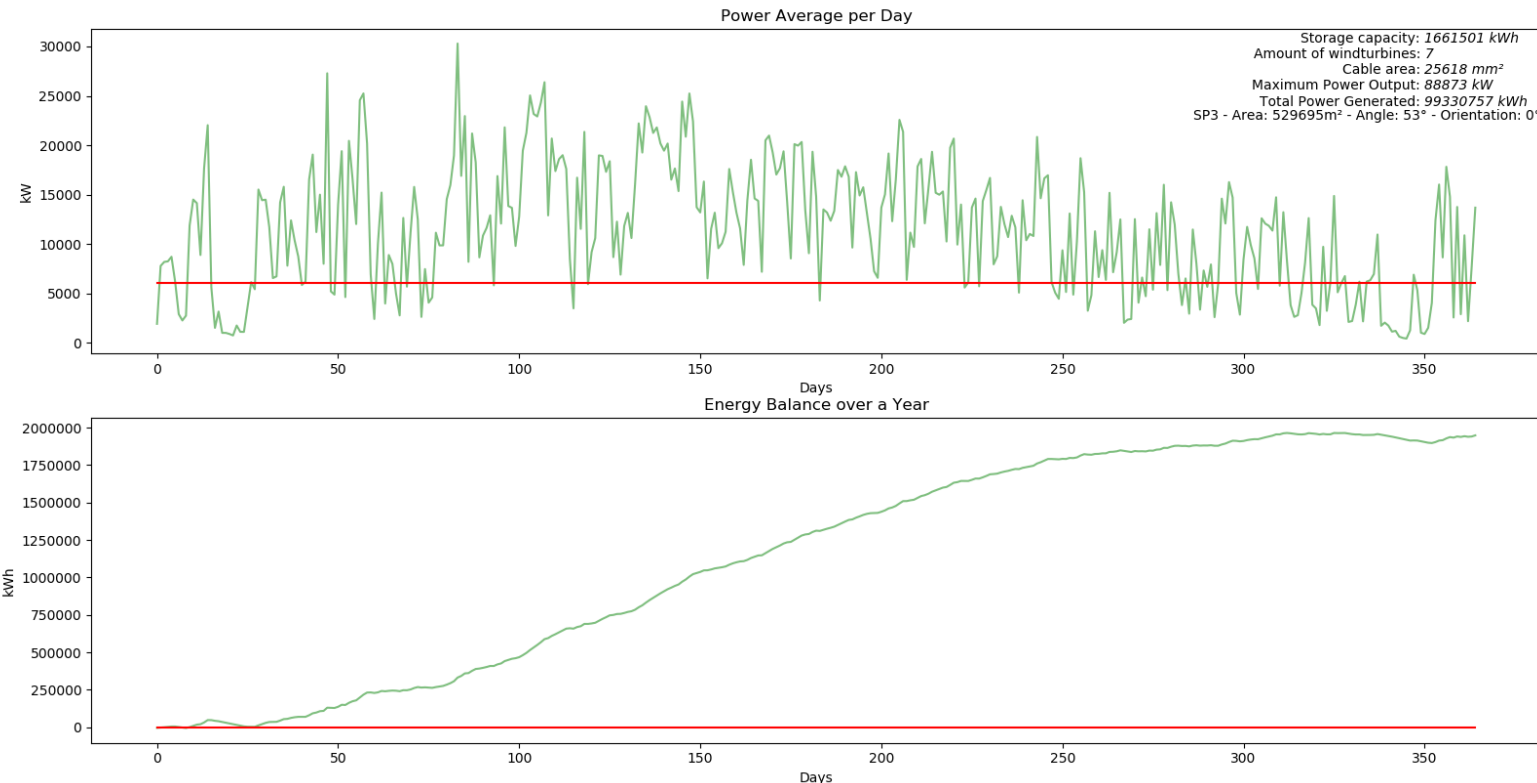
# Opslag prijs gedrag

Prijs van opslag: €100/kWh

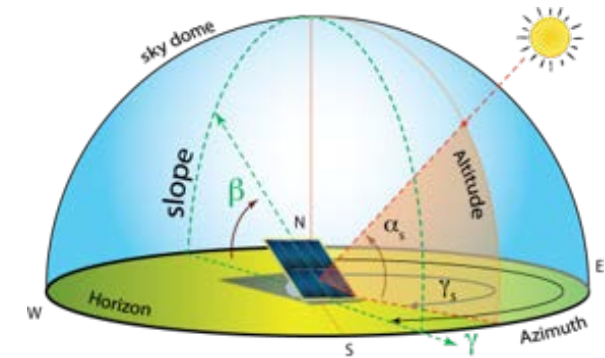
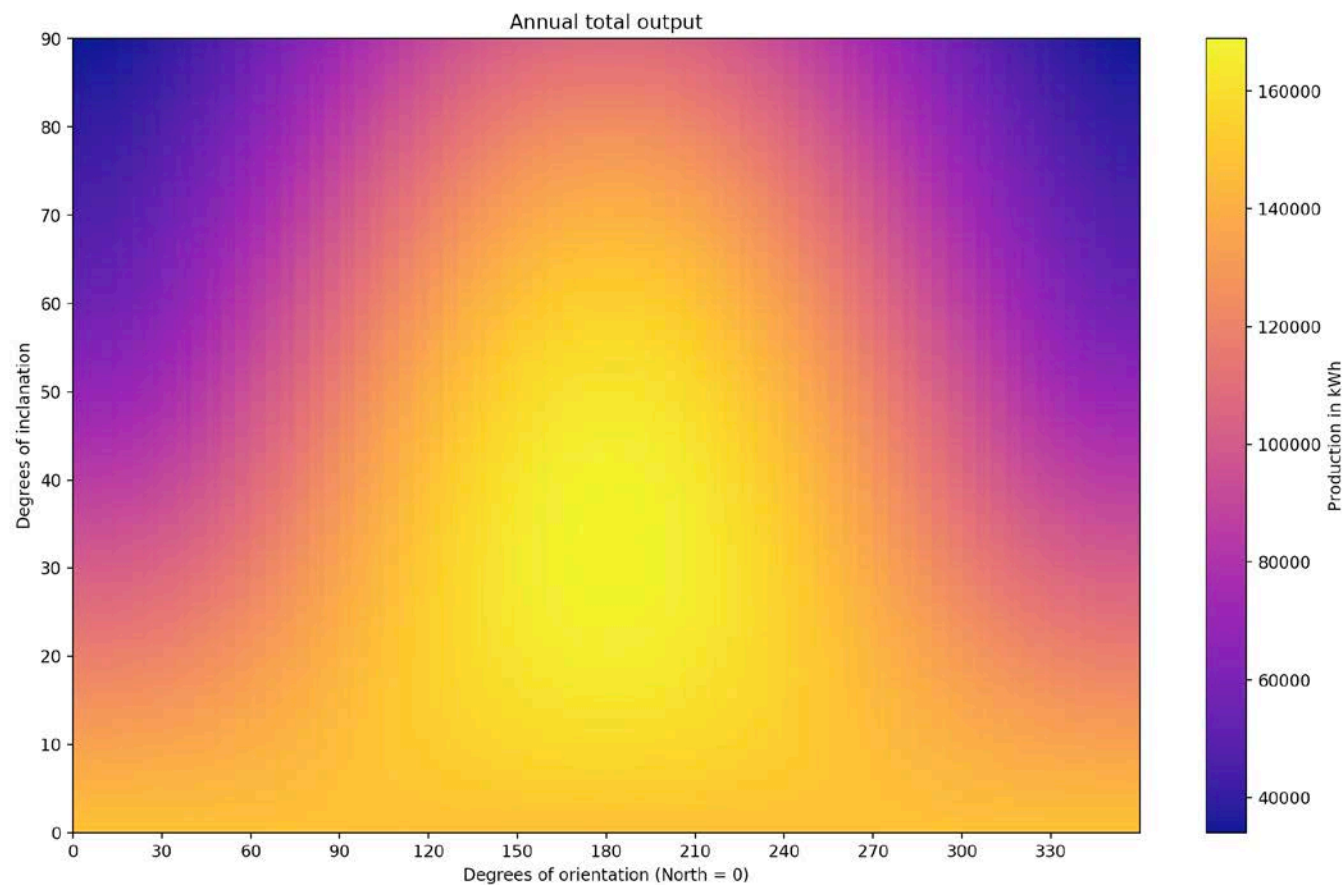
Niet te hoge en toch reële prijs voor opslag kan geeft een opstelling met haalbare oppervlakte.

Opslag: 1661 MWh

Oppervlakte ≈ 53 ha



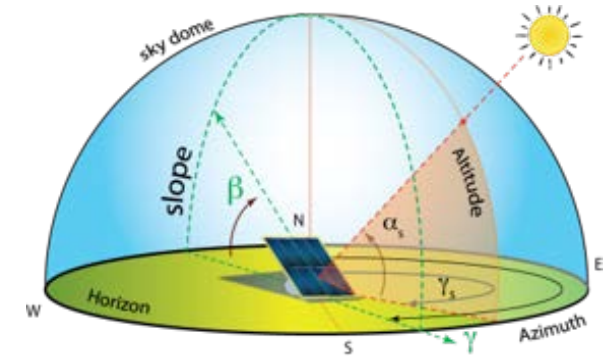
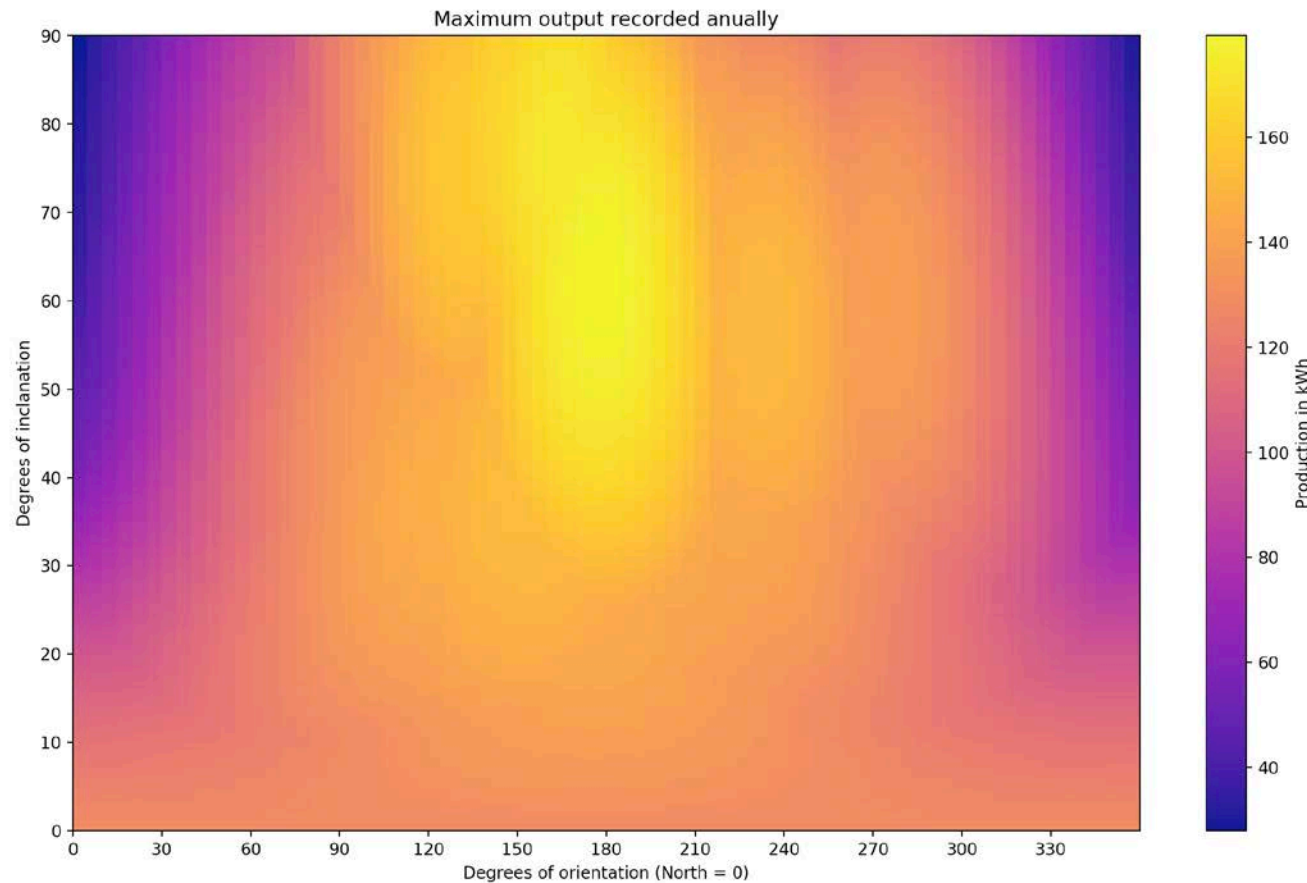
# Jaarlijkse productie met verschillende hoeken en oriëntaties



De hoeveelheid energie die wordt geproduceerd door de simulatie voor iedere oriëntatie en hoek.

Aan de hand van de diagram levert een PV-Paneel bij een hoek van 37 die naar het zuiden gericht staat het meeste op.

# Piek productie met verschillende hoeken en oriëntaties



Het maximale geproduceerde energie in een uur van een PV-Paneel voor iedere oriëntatie en hoek.

