

Rapport – CO₂ emissies

Introductie

Op aarde kampen we al zeer geruime tijd met een versterkt broeikaseffect. De (extreme) temperatuurstijging die hierdoor wordt veroorzaakt heeft grote gevolgen voor de wereld. Eén van de belangrijkste broeikasgassen die hieraan bijdraagt is koolstofdioxide (CO₂). De afgelopen decennia is er een aanzienlijke stijging geweest van CO₂ in de atmosfeer en het is van essentieel belang dat de CO₂-uitstoot wordt teruggedrongen.

Het doel van deze studie is om antwoord te verkrijgen op de volgende vragen:

1. Wat is de grootste voorspeller van een hoge CO₂-uitstoot per hoofd van de bevolking van een land?
(*What is the biggest predictor of a large CO₂ output per capita of a country?*)
2. Welke landen boeken de grootste vooruitgang in het terugdringen van de CO₂-uitstoot?
(*Which countries are making the biggest strides in decreasing CO₂ output?*)
3. Welke niet-fossiele energietechnologie zal in de toekomst de beste prijs hebben?
(*Which non-fossil fuel energy technology will have the best price in the future?*)

Analyse

1. Grootste voorspeller CO₂-uitstoot

Methode

Om antwoord te kunnen geven op de vraag “Wat is de grootste voorspeller van een hoge CO₂-uitstoot per hoofd van de bevolking van een land?” wordt er gebruik gemaakt van data afkomstig van Our World in Data (<https://ourworldindata.org/>).

De meegenomen factoren in deze studie zijn:

- Gebruik van verschillende energiebronnen
Hierbij wordt gekeken naar het verbruik van fossiele, nucleaire en duurzame energiebronnen (uitgedrukt in kWh) per hoofd van de bevolking.
- Bruto Nationaal Product (BNP) per hoofd van de bevolking
- Het aantal voertuigen per hoofd van de bevolking
- Samenstelling van het dieet
De factoren binnen het dieet die worden onderzocht zijn: gevogelte, rood vlees, eieren, melk en vis en schaaldieren. Hierbij wordt gekeken naar de dagelijkse hoeveelheid (in gram) per hoofd van de bevolking.
- Hoeveelheid binnenlandse vluchten
Dit wordt uitgedrukt in RPK (Revenue Passenger Kilometers). Dit geeft het aantal afgelegde kilometers weer van betalende reizigers.

Om een correlatie tussen de voorspellende factor en de CO₂-uitstoot te beoordelen wordt de Pearson correlatie coëfficiënt (r) gebruikt. De interpretatie van de waarde wordt gebaseerd op de classificatie van Rea en Parker (2014). Zie hiervoor figuur 1.

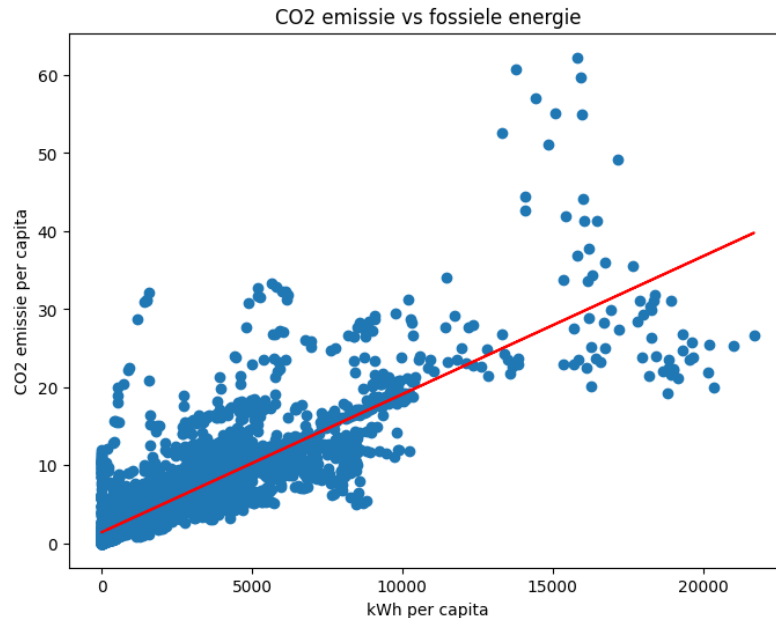
Hierbij geldt nadrukkelijk dat het aantonen van een correlatie niet hoeft te betekenen dat er een causaal verband is!

| r | Interpretation |
|--------------|-------------------|
| 0.00 < 0.10 | Negligible |
| 0.10 < 0.20 | Weak |
| 0.20 < 0.40 | Moderate |
| 0.40 < 0.60 | Relatively strong |
| 0.60 < 0.80 | Strong |
| 0.80 <= 1.00 | Very strong |

Figuur 1: Classificatie van de Pearson correlatie coëfficiënt van Rea en Parker (2014).

Resultaten

In tabel 1 zijn de Pearson correlatie coëfficiënten te zien voor de verschillende onderzochte factoren. Hieruit blijkt dat er één voorspellende factor is met een significant, erg sterk positieve correlatie, namelijk het gebruik van fossiele brandstoffen. In figuur 2 is deze correlatie ook zichtbaar gemaakt in een plot met een lineaire regressielijn.



Figuur 2: Deze plot laat de correlatie zien tussen het verbruik van fossiele brandstoffen en de CO₂ emissie per hoofd van de bevolking. De regressielijn wordt getoond door middel van de rode lijn.

Daarnaast zijn er nog twee factoren met een sterke en significante correlatie: BNP en het aantal voertuigen. De overige energiebronnen, het dieet en de hoeveelheid binnenlandse vluchten hebben slechts een matige tot zwakke correlatie.

| Factor | | Pearson correlatie coëfficiënt | p-waarde |
|-----------------------|---------------------|--------------------------------|------------|
| Energiebronnen | Fossiel | 0.848 | 0.0 |
| | Nucleair | 0.241 | 1.907e-14 |
| | Duurzaam | 0.166 | 4.375e-28 |
| BNP | | 0.726 | 0.0 |
| Voertuigen | | 0.616 | 7.454e-21 |
| Dieet | Gevogelte | 0.470 | 7.969e-11 |
| | Rood vlees | 0.459 | 2.506e-10 |
| | Eieren | 0.457 | 3.0930e-10 |
| | Melk | 0.334 | 7.438e-06 |
| | Vis en schaaldieren | 0.158 | 0.039 |
| Binnenlandse vluchten | | 0.246 | 0.011 |

Tabel 1: De Pearson correlatie coëfficiënt van de verschillende onderzochte factoren. Voor het overzicht zijn de waardes afgerond op drie decimalen.

Conclusie

Gebaseerd op de onderzochte factoren in deze studie blijkt uit de analyse dat de grootste voorspeller voor de CO₂-uitstoot, het gebruik van fossiele brandstoffen is. Hierbij geldt dat een toename in de hoeveelheid gebruikte fossiele brandstoffen samengaat met een toename in de CO₂-uitstoot.

2. Afname in CO₂-uitstoot

Methode

Om antwoord te kunnen geven op de vraag “Welke landen boeken de grootste vooruitgang in het terugdringen van de CO₂-uitstoot?” wordt er gebruik gemaakt van twee datasets afkomstig van Our World in Data: jaarlijkse CO₂-uitstoot per land en de jaarlijkse populatiegrootte per land.

De populatiegrootte wordt gebruikt om de CO₂-uitstoot per hoofd van de bevolking te berekenen. Het is belangrijk om deze relatieve uitstoot te berekenen omdat een afname in totale CO₂-uitstoot een grotere betekenis heeft bij een stijgende populatiegrootte dan bij een dalende (of minder hard stijgende) populatiegrootte en vice versa.

Er zal worden gekeken naar een periode van 10 jaar. Om zoveel mogelijk landen te kunnen vergelijken met elkaar is er gekozen om het jaartal 2011 en 2021 met elkaar te vergelijken. Recentere jaren bevatten helaas minder data.

Resultaten

In tabel 2 zijn de vijf landen weergegeven waarbij de CO₂-uitstoot per hoofd van de bevolking in 2021 het meest is gedaald ten opzichte van 2011.

| Land | 2011 | 2021 | Vershil |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Curacao | 31.72279364922285 | 9.686285119885683 | -22.03650852933717 |
| Aruba | 24.666824607123115 | 8.054269168317017 | -16.612555438806098 |
| Trinidad and Tobago | 32.872818078042506 | 23.677476992090693 | -9.195341085951814 |
| Qatar | 44.14630509789793 | 35.587304551418235 | -8.559000546479695 |
| Luxembourg | 21.425721767556208 | 13.067672407051132 | -8.358049360505076 |

Tabel 2: CO₂-uitstoot per hoofd van de bevolking in 2011, 2021 en het verschil tussen deze twee jaren.

Conclusie

Op basis van de beschikbare data blijkt dat de vijf landen welke de grootste stappen hebben gemaakt in de vermindering van de CO₂-uitstoot tussen 2011 en 2021 zijn: Curaçao, Aruba, Trinidad en Tobago, Qatar en Luxembourg.

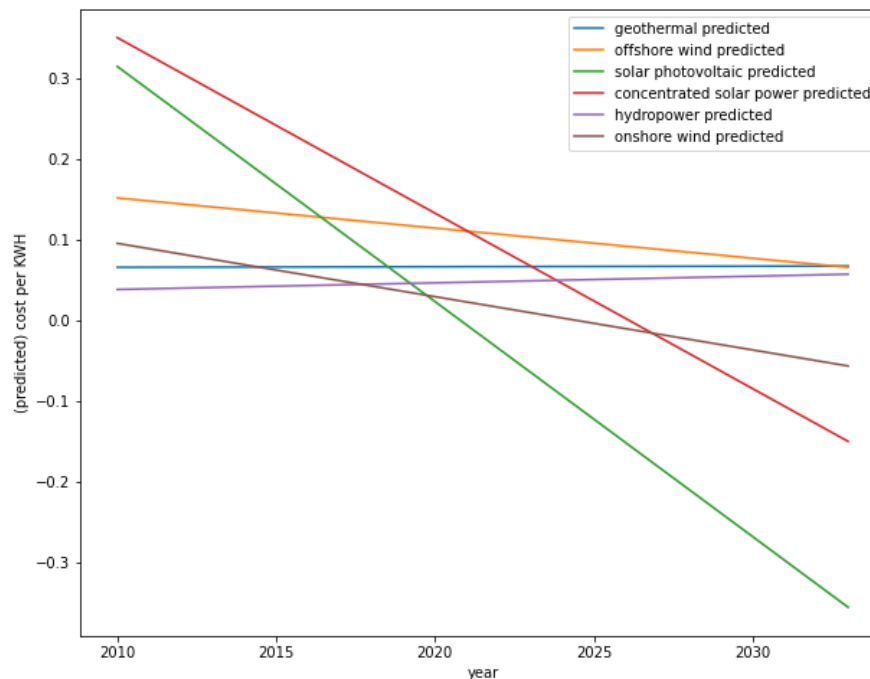
3. Niet-fossiele energietechnologieën

Methode

Om antwoord te kunnen geven op de vraag “Welke niet-fossiele energietechnologie zal in de toekomst de beste prijs hebben?” wordt gebruik gemaakt van een lineair regressie model. Hierbij wordt gekeken naar de verschillende niet-fossiele energietechnologieën (geothermische energie, offshore en onshore windenergie, fotovoltaïsche en geconcentreerde zonne-energie en waterkracht energie) en de historische gemiddelde prijs van deze energiebronnen. Deze data is afkomstig van Our World in Data.

Resultaten

In onderstaande grafiek zie je de verschillende lineaire regressielijnen op basis van het regressiemodel:



Figuur 3: Deze plot laat de lineaire regressielijnen zien van de verschillende niet-fossiele energiebronnen.

Als er wordt gekeken naar het jaar 2033 is duidelijk te zien dat de fotovoltaïsche zonne-energie (solar photovoltaic) de laagste prijs zal bereiken van deze energiebronnen. Bovendien is de helling van deze energiebron ook het meest negatief (zie tabel 3). Ook hieruit blijkt dat in de toekomst deze energiebron mogelijk de beste prijs zal hebben.

| Energiebron | Helling |
|--------------------------|----------------|
| geothermal | 6.91564209e-05 |
| offshore wind | - 0.00374143 |
| solar photovoltaic | - 0.02916773 |
| concentrated solar power | - 0.02177496 |
| hydropower | 0.00082191 |
| onshore wind | - 0.00661211 |

Tabel 3: de helling van de verschillende niet-fossiele energiebronnen op basis van het lineaire regressiemodel.

Conclusie

Uit de resultaten blijkt dat de fotovoltaïsche zonne-energie mogelijk het meest zal dalen in de toekomst en in de komende 10 jaar ook de beste prijs zal bereiken ten opzichte van de andere energiebronnen die in deze studie zijn meegenomen.