

DONKERLUWTE

inkijkexemplaar

ISBN: 978-94-92404-35-0

NUR: 961 (Energie), 100 (Educatief), 907 (Milieu)

Trefwoorden: energie-opwek, energietransitie, stroom, duurzaamheid, milieu, CO<sub>2</sub>

Titel: Donkerluwte

Ondertitel: Ombouw van de stroomvoorziening

Auteur: Henk Tolsma

Druk: 1e druk (juni 2021)

Coverontwerp: Uitgeverij Sycorax

Opmaak: Ahmet Samsa

Proeflezing: Jaap Slager

Coverillustratie: VaclavVolrab – Pond5

Hoofdstukfoto's: Tennet (01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 12, 15, 16, 17, 20),

GE Renewable Energy (11, 13, 14, 19), Vestas (08, 18), SunPower (09)

Uitgeverij Sycorax - [www.sycorax.nl](http://www.sycorax.nl) © Copyright 2021

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, digitaal, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912 j het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij Besluit van 23 augustus 1985, St.b. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht. Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatie- of andere werken (artikel 16 Auteurswet 1912), in welke vorm dan ook, dient men zich tot de uitgever te wenden. Ondanks alle aan de samenstelling van dit boek bestede zorg kan noch de redactie, noch de auteur, noch de uitgever aansprakelijkheid aanvaarden voor schade die het gevolg is van enige fout in deze uitgave.

# VOORWOORD

Het belang van een betrouwbare, betaalbare en schone elektriciteitsvoorziening staat centraal in dit boek. Qua betrouwbaarheid scoort de huidige manier van stroomopwekking en -distributie uitstekend. Wat betreft de prijs van stroom zitten we net boven het Europese gemiddelde. Maar qua uitstoot van kooldioxide moet het gewoon veel beter.

Het ontstaan van kooldioxide is een vervelende bijwerking van met fossiele brandstoffen gestookte technische verbrandingsprocessen. Niemand wil dat, maar het gebeurt, en in buitengewoon grote hoeveelheden. Daar moet vanwege de zorg voor het klimaat een eind aan komen, het moet in ieder geval fors verminderen.

Elke optie voor stroomopwekking heeft voor- en nadelen. Een keuze vóór een bepaalde optie heeft consequenties, maar dat geldt ook voor een keuze tegen. Dat is ook een leidraad in mijn boek.

Vaak verwijs ik in dit boek naar de situatie in Duitsland. Al 45 procent van de elektrische energie wordt daar gegenereerd door wind, zon, waterkracht en biomassa. De voor- en nadelen daarvan blijken in de Bondsrepubliek al veel meer dan in ons land.

Dit boek valt in twee delen uiteen. In de eerste vijf hoofdstukken schets ik een beeld van de huidige situatie rond stroomopwekking en – verbruik. In de hoofdstukken zes tot en met achttien behandel ik de verschillende opties om te komen tot een – vrijwel - CO<sub>2</sub>-vrije stroomvoorziening in

2050. De conclusies van mijn onderzoek beschrijf ik in de hoofdstukken 19 en 20.

Media en politici behandelen de stroomvoorziening nog wel eens vooral als bron van emissies. Daarmee wordt deze branche, en zeker ook de tienduizenden werknemers daarin, tekort gedaan. Deze sector is veel meer dan dat. Ze speelt een cruciale rol in onze maatschappij. Energie, elektrische energie, is een mensenrecht. Stroom moet er altijd zijn!

Henk Tolsma

# INHOUD

Voorwoord .....	V
<b>HUIDIGE STROOMVOORZIENING</b>	
1 - Een betrouwbare, betaalbare en weinig duurzame stroomvoorziening ....	01
2 - Huidige productie en consumptie – meer aardgas en meer duurzaam ....	11
3 - Betrouwbaar - top .....	17
4 - Betaalbaar – goed .....	25
5 - Duurzaam – slecht .....	33
<b>TOEKOMSTIGE STROOMVOORZIENING</b>	
6 - Nieuwe aanjagers – verdrievoudigen de vraag .....	39
7 - Efficiencyverbetering productie en verbruik – kansen te over .....	51
<b>DUURZAME PRODUCTIE</b>	
8 - Wind – duurzaam, maar niet bij wind alleen .....	59
9 - Zon – duurzaam, maar niet bij zon alleen .....	73
10 - Donkerluwte – geen of weinig zon en wind .....	83
<b>BACK-UP</b>	
11 - Waterkracht – helaas niet hier .....	89
12 - Biomassa – terughoudend mee zijn .....	97

13 – Waterstof – groen als gras .....	105
14 – Opslag – alleen op kleine schaal .....	115
15 – Kernenergie – de olifant in de kamer .....	125

## **OP WEG NAAR 2050**

16 – Netwerk – verzwaren en uitbreiden, en gauw .....	135
17 - Duizend bloemen – toekomstige alternatieven .....	145
18 – Voorspelbaarheid - onvoorspelbaar .....	155
19 - Stroomvoorziening op weg naar 2050 .....	161
20 – Schoon, duurzaam! Maar: betrouwbaar, betaalbaar? .....	175
Bibliografie .....	179
Index .....	180

A large, lattice-structured electrical pylon stands prominently in the center of the image. It is surrounded by other smaller pylons and power lines stretching across the landscape. In the foreground, a lush green field is filled with several horses of various colors (brown, black, and pinto) grazing peacefully. The sky is clear and blue.

01 | BETROUWBAAR  
EN BETAALBAAR

‘Elektriciteit vormt het hart van moderne economieën.’ Zo begint het hoofdstuk over elektriciteit in de World Energy Outlook 2019 van het International Energy Agency. ‘De vraag naar stroom zal verder toenemen als gevolg van stijgende inkomens, vanwege de elektrificatie van transport en verwarming, alsmede de groeiende vraag naar digitale apparatuur en airconditioning.’

Elektriciteit is van cruciaal belang voor de maatschappij. Dat geldt uiteraard voor meer goederen en diensten, zoals drinkwater- en voedselvoorziening, afvalverwerking en veiligheid. Daar wordt soms gemakkelijk aan voorbijgegaan. Als ik dit schrijf zitten we in 2020, middenin de coronacrisis. Artsen en verpleging redden levens, maar beademingsmachines spelen daarbij een cruciale rol. Dat kan alleen met een betrouwbare stroomvoorziening. Dat is begin mei 2021 nog vreselijk misgegaan in het ziekenhuis Maastricht waar twee corona-patiënten zijn overleden door een stroomstoring die hun beademingsmachines stil legde.

De coronacrisis hakt er stevig in, maar in het Algemeen Dagblad van zaterdag 4 april 2020 stelt de 84-jarige Ties Hogenbirk, die de Tweede Wereldoorlog heeft meegemaakt, dat het allemaal nog erger kan. ‘... ik ben nog steeds blij dat ik stromend water heb, en licht en warmte, en een dak boven mijn hoofd ....’.

Het is goed, dat besef, dat elektriciteit ook in dat rijtje thuishoort. Er zijn elke dag tienduizenden vakmensen in de weer die ervoor zorgen dat de voorzieningen die Hogenbirk noemt ons ongestoord bereiken. Zonder stroom komt het moderne leven tot stilstand.



## ALTIJD ELEKTRISCHE STROOM

Stroom moet er altijd zijn. Dat vraagt om een stabiele productie. Met het huidige park kolen- en gascentrales plus een kerncentrale is een stabiele stroomlevering zo goed als gegarandeerd. De centrales staan dáár waar het verbruik plaatsvindt, waardoor de stroomleidingen kort blijven.

Het is een qua betrouwbaarheid en betaalbaarheid bijna perfect werkend systeem. Jaarlijks valt in Nederland slechts 0,0001% van de tijd de stroom uit. De Nederlandse stroomprijs ligt net boven het Europees gemiddelde.

Maar qua duurzaamheid scoort Nederland slecht: landen met meer wind-, zonne-, waterkracht- en/of kernenergie scoren aanzienlijk beter (Noorwegen, Zweden, Frankrijk). Maar er zijn er ook die het nog slechter doen: waaronder Polen en Oekraïne (met veel steenkoolcentrales). Dat Nederland het relatief slecht doet, komt door de kleine bijdrage van kernenergie en het heeft te maken met natuurlijke omstandigheden, bijvoorbeeld het ontbreken van hoogteverschillen, waardoor waterkracht hier beperkt blijft tot enkele zeer kleine centrales in stromende rivieren.

Voordat we afscheid nemen van fossiele brandstoffen (kolen, olie en gas) – waarmee overigens enkele decennia gemoeid zullen zijn – is het goed erop te wijzen, dat ze een doorslaggevende rol hebben gespeeld in de welvaartsontwikkeling van Nederland. Techniekhistoricus Harry Lintsen toont dit uitgebreid aan in zijn uit 2018 daterende monumentale studie 'De kwetsbare welvaart van Nederland'. Daarin neemt hij de welvaartsontwikkeling in ons land gedurende de afgelopen tweehonderd jaar onder de loep. In de negentiende eeuw was armoede de normale toestand voor het gros van de bevolking. 'Een oord van verschrikking' noemt Lintsen ons

land. Men leefde in bedompte huisjes zonder drinkwater- en rioolaansluiting. In 1885 kreeg Rotterdam als eerste stad in Nederland een elektriciteitscentrale.

Het energiegebruik per Nederlander is van 1850 op 2010 gestegen van 0,03 Terajoule naar 0,17 TJ. De Nederlander van nu gebruikt bijna zes keer zoveel energie als zijn voorganger halverwege de negentiende eeuw. Toen telde Nederland 3,1 miljoen inwoners, in 2010 waren dat er 16,6 miljoen. Dat houdt in dat de totale jaarlijkse hoeveelheid gebruikte energie in ons land – in tonnen steenkool, vaten aardolie en kubieke meters aardgas – in 160 jaar verdertigvoudigd is. Energieproductie is dus de pijler onder onze welvaart!

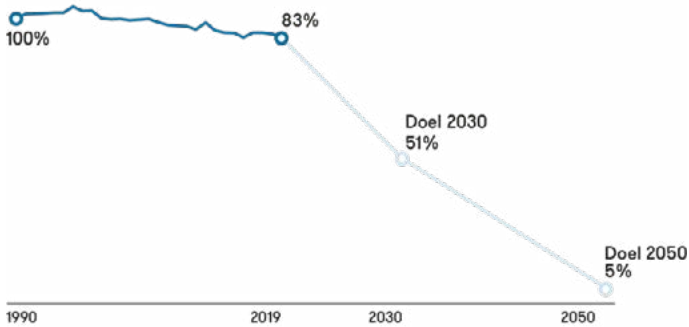
## SCHONER, DUURZAMER

Vrijwel alle huidige en toekomstige veranderingen in de stroomvoorziening zijn erop gericht deze schoner cq duurzamer te maken. Dan is energie uit zon en wind een logische keus. Zon en wind zijn groen, veel duurzamer kan het niet. En op termijn zijn het waarschijnlijk de goedkoopste technieken om stroom op te wekken.

### **Nederland en de doelen uit het Klimaatakkoord**

Door het gebruik van energie stoten we broeikasgassen uit. Met klimaatbeleid proberen we de uitstoot terug te dringen. In Nederland hebben we hiervoor afspraken gemaakt in het Klimaatakkoord. Het doel hiervan is om onze uitstoot met 49 procent te verminderen in 2030 vergeleken met 1990. Mogelijk gaat het doel binnenkort omhoog om aan te sluiten bij het opgehoogde doel van de Europese Unie, die de uitstoot met 55 procent wil verminderen in 2030. Het langetermijndoel is om onze

uitstoot met 95% te hebben verminderd in 2050. Het tempo van de reductie ligt nu niet hoog genoeg om de doelen voor 2030 en 2050 te halen.



Jaarlijkse uitstoot van broeikasgassen in Nederland als percentage van de uitstoot in 1990 en de doelen voor het verminderen van uitstoot uit het Klimaatakkoord. Bron: CBS, 2020; EBN

Maar het heeft ook consequenties. We gaan van een systeem met stabiel producerende bronnen naar een systeem met wisselvallige (want weersafhankelijke) bronnen – zon en wind. Als in het huidige systeem de vraag naar elektriciteit toeneemt, wordt er productiecapaciteit bijgeschakeld. In het nieuwe systeem is de productie van stroom door windturbines en zonnepanelen leidend en moeten de netbeheerders hun uiterste best doen om te zorgen dat alle consumenten van de juiste stroom en spanning worden voorzien. We gaan van een vraaggestuurd naar een productiegestuurd systeem.

Dat is niet het enige. Stroom uit wind wordt in toenemende mate op zee geogst, ver van de verbruikers. Stroomopwekking uit zon en wind kampt met slechte bedrijfstijden. En een ander nadeel is dat vanwege de lage energiedichtheid van daglicht en wind er veel installaties nodig zijn. Het is zaak daarvoor de juiste oplossingen te vinden.

## DONKERLUWTE

De weersafhankelijke winning culmineert in het Duitse begrip ‘Dunkelflaute’. Als het donker is en windstil (vooral ’s nachts dus) en windturbines en zonnepanelen geen of weinig stroom leveren, terwijl ook ’s nachts de koelkast moet koelen, de vriezer moet vriezen en de elektrische auto moet opladen. In de industrie draaien machines gewoon door. In de zorgsector moet er op zijn minst licht zijn.

Waar komt onze stroom op die momenten vandaan? Er zal een stabiele bron van stroomproductie moeten zijn, die op elk gewenst moment in- en uitgeschakeld kan worden. In de klimaatplannen van Nederland en Europa – de zogeheten Green Deal – zijn dat met name groene waterstof en biomassa, aangevuld met waterkracht. Kernenergie – toch CO<sub>2</sub>-arm – komt in die plannen niet voor.

Maar ook de keuze voor een populaire bron als groene waterstof heeft consequenties. Er moeten waterstoffabrieken worden gebouwd, waterstof moet worden opgeslagen – onder- en bovengronds - en er moet deels een pijpleidingnetwerk worden aangelegd. Waterstof is vluchtig en explosief.

Het is het lot van elke technologie zodra deze groot-schalige toepassing krijgt. De eerste auto was een wonder op wielen, maar de huidige massale automobiliteit stuit op weerstand. Van internet werd bij de komst voorspeld dat het democratie over de aarde zou verspreiden, maar het blijkt ook een kanaal voor bedreigingen en vuiligheid.

## VIER ZUILEN

De huidige elektriciteitsvoorziening rust op drie zuilen: productie, distributie en verbruik. In de toekomst moet daar

een vierde zuil bereiken: opslag. De omschakeling van stabiel producerende fossiele bronnen naar variabel producerende duurzame bronnen vraagt om ontwikkeling van technieken om stroom op te slaan. Vroeger werd gezegd dat stroom niet in grote hoeveelheden is op te slaan, en dat is nog steeds zo, maar er is zeker een begin gemaakt met technieken en methoden waarmee dat wél kan – weliswaar nog steeds op kleine schaal ten opzichte van het totale stroomverbruik, maar het begin is er. Al heel lang kan dat in de vorm van stuwmuren en waterbekkens, maar het lukt ook met waterstof (power-to-gas) en met grote accubatterijen en vliegwielen. Opslag moet ‘de vierde zuil’ worden onder de stroomvoorziening.

## DRIE VOORWAARDEN

De elektriciteitsproductie moet aan drie voorwaarden voldoen: betrouwbaar, betaalbaar en schoon. Betrouwbaar omdat er altijd stroom moet zijn. De maatschappij is voor een goed functioneren in hoge mate afhankelijk van stroom. Als de straatverlichting het niet doet, is het donker op straat. Gelukkig is de stroomvoorziening in ons land zeer betrouwbaar.

Betaalbaar omdat *iedereen* afhankelijk is van stroom. Ook degenen die het minder breed hebben kunnen niet leven zonder stroom. Een afsluiting door de stroomleverancier is desastreus voor hen.

Schoon (of: duurzaam), omdat de CO<sub>2</sub>-emissie – die gepaard gaat met stroomproductie uit fossiele brandstoffen – zo laag mogelijk moet zijn, en bij voorkeur nul. Het streven is om in 2050 (vrijwel) geen CO<sub>2</sub> meer uit te stoten. CO<sub>2</sub> draagt bij aan de opwarming van de aarde. Met al onze activiteiten – dus niet alleen met elektriciteitsproductie – zijn

we verantwoordelijk voor zeker de helft van de huidige opwarming van de aarde, aldus de laatste IPCC-rapporten.

Dit zijn dus de drie belangrijkste voorwaarden: betrouwbaar, betaalbaar en schoon (= duurzaam). Maar er zijn er meer. De stroomvoorziening moet ook veilig zijn. Veilig, omdat aanraking met netspanning dodelijk kan zijn. Maar de maatschappelijke discussie over stroom gaat niet over veiligheid, want daar *was* iedereen al vóór.

## KERNENERGIE

Een CO<sub>2</sub>-vrije stroomproductie is niet alleen realiseerbaar met zon, wind, waterkracht, groene waterstof en biomassa, maar ook met kernenergie. Daarop rust echter al heel lang een taboe, hoewel er momenteel sprake is van een zekere kentering. Aan kernenergie kleven zeker bezwaren, maar *elke* vorm van energiewinning kent voor- en nadelen.

---

### STROOMOPWEKKING EU - 2018

(als percentage van totaal)

	fossiel	nucleair	duurzaam
	%	%	%
België	35	39	23
Duitsland	50	12	36
Denemarken	32	0	69
Spanje	40	20	38
Frankrijk	7	72	20
Groot-Brittannië	51	21	27
Italië	57	0	39
Nederland	81	3	16
Noorwegen	2	0	97
Zweden	2	42	56
EU	40	26	32

bron: ENTSO-E

*fossiel: aardgas, steenkool, bruinkool  
duurzaam: zon-pv, wind, biomassa/gas, waterkracht*

Zo langzamerhand wordt ook duidelijk dat het bestaande stroomnet zelf een belemmering vormt voor de zo gewenste energietransitie van *vervuilend* naar *schoon*. In de huidige klimaatplannen is dit vrijwel over het hoofd gezien. Voorheen liep stroom in één richting: van de elektriciteitscentrale naar verbruikers (industrie, kantoren, zorginstellingen, huishoudens). Dat begint te veranderen. Decentrale opwekkers, zoals zonnepanelen op het dak, zorgen er voor dat stroom kriskras door de netten loopt. Zonneweides op het platteland, van oudsher een verbruiker van stroom met vaak een zwak net, zorgen ervoor dat deze gebieden stroomproducent worden.

Bedacht moet worden dat de netwerkinfrastructuur een veel langere levensduur kent dan stroomproductie-installaties. Windturbines en warmtekrachtinstallaties worden na gemiddeld vijftien à twintig jaar vervangen, elektriciteitscentrales na 25 à 40 jaar (behalve waterkracht- en kerncentrales die een langere technische levensduur hebben), maar stroomnetwerken blijven doorgaans meer dan een halve eeuw in gebruik. Leidingnetwerken die nu worden aangelegd zijn dus in 2070 nog steeds in bedrijf.

In dit boek behandel ik de belangrijkste ontwikkelingen in de elektriciteitssector en werk de stelling uit dat de elektriciteitsvoorziening op zijn minst fossielarm – en bij voorkeur fossielvrij – moet worden. Ik loop alle opties na die daar een bijdrage aan kunnen leveren, alsook hun voor- en nadelen. De vraag naar stroom zal fors toenemen en de productie ervan moet niet alleen betrouwbaar en betaalbaar zijn, maar ook duurzaam.



## 02 | STROOMPRODUCTIE EN -CONSUMPTIE



An aerial photograph of a white lattice tower, likely a telecommunications or power tower, situated in a lush green field. The tower is the central focus, with its shadow cast on the ground. In the background, a blue canal or waterway winds through the landscape, bordered by green grass and some reeds. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

03 | BETROUWBAARHEID



04 | DE PRIJS VAN  
ELEKTRICITEIT



05 | DUURZAAM



06

TOEKOMSTIG EXTRA  
STROOMVERBRUIK



07

EFFICIENCYVERBETERING  
HUIDIG VERBRUIK



08 | WIND



09 | ZON



10 | DONKERLUWTE





11

WATERKRACHT



12 | BIOMASSA



13 | GROENE  
WATERSTOF



14 | OPSLAG



15 | KERNENERGIE



16

HET  
ELEKTRICITEITSNET



17 | DUIZEND  
BLOEMEN



**18** | DE (ON)VOORSPELBAARHEID  
VAN DE STROOMVOORZIENING



A close-up, low-angle shot of a white wind turbine nacelle and hub against a clear blue sky. The image shows the intricate mechanical details of the turbine's internal structure, including the hub and the base of the blades. The lighting is bright, highlighting the metallic and composite materials.

# 19 | STROOMVOORZIENING OP WEG NAAR 2050



20 | 2050

# BIBLIOGRAFIE

Voor dit boek heb ik achtergrondgesprekken gevoerd met:

- ing. Teus van Eck, adviseur energie en milieu en met een carrière achter zich in de elektriciteitssector (IJsselcentrale, Nuon);

- ir. Rick Riemsdijk van Eldik, mbo-leraar en eerder secretaris RvC bij energiebedrijf EZH (nu RWE) en adviseur duurzame energie van de provincie Zuid-Holland;

- dr.ir Eric Persoon, werkt binnen het Koninklijk Instituut van Ingenieurs aan scenario's die van belang zijn voor de toekomstige energievoorziening van Nederland. Hij heeft een carrière achter zich bij Philips Research.

Geraadpleegde documenten voor zover niet genoemd in de tekst:

De energietransitie, naar een fossielvrije toekomst, maar hoe?; Marco Visscher; Nieuw Amsterdam, 2018

Een objectieve kijk op waterstof, uitdagingen en kansen voor de klimaat- en energietransitie; Jeroen Horlings; Sycorax, 2020

BWK Das Energie-Fachmagazin, jaarboeken 2012, 2017 en 2018

Spektrum der Wissenschaft Spezial 'Die Energie der Zukunft'; 2012

Neue Energie, das magazin für erneuerbare energien; april 2008

A new balance for the energysector, no longer a puppet in the hands of technology, public interest and market; Teus van Eck; Industrielinqs, 2007

Stroomversnelling, de volgende elektrische innovatiegolf; ir. J.M. Meij (red.); Stichting Toekomstbeeld der Techniek, 1999

Techniek, een machtige knecht; Henk Tolsma; Veen, 2007

Warme aarde, koel hoofd, kanttekeningen bij de energietransitie; Simon Rozendaal; Atlas Contact, 2019

Kernenergie als kans, een uitdagende bijdrage aan het klimaatdebat; Rauli Partanen, Janne Korhonen; Nieuw Amsterdam, 2019

Een schone toekomst, een pleidooi voor kernenergie als oplossing voor klimaatverandering; Joshua Goldstein, Staffan Qvist; Atlas Contact, 2020

Alles over windenergie, de feiten op een rij; Guido Bakema, Broer Scholtens; Geen blad voor de mond, 2015

Zonne-energie; Neil Morris; Ars Scribendi, 2007

# INDEX

## **B**

België 14, 19, 24, 36, 41, 42,  
72, 87, 92, 98, 106, 138

betaalbaarheid 9

betrouwbaarheid 3, 9, 24,  
27, 29, 76, 84, 94, 132,  
138, 149, 174, 182

biogas 106, 149, 162

biomassa 3, 12, 14, 18, 19, 21,  
41, 42, 43, 92, 104, 105, 106,  
107, 108, 109, 110, 119, 137,  
169, 170, 172, 173, 178

blauwe energie 155, 156, 178

blockchain 37

brandstofcel 112, 113,  
117, 129, 164, 165

## **C**

CO<sub>2</sub>-arm 12, 134, 137

CO<sub>2</sub>-emissie 13, 20, 42,  
84, 157, 182, 184

CO<sub>2</sub>-equivalent 40

CO<sub>2</sub>-heffing 19

congestie 25, 85, 143, 146, 148

congestiemanagement 146

COP 48, 49

coronacrisis 8, 33, 34, 74

curtailment 85

## **D**

datacenter 60

Denemarken 14, 19, 21, 24,  
29, 36, 41, 72, 84, 87, 92, 98,  
106, 138, 139, 154, 162, 183

donkerluwte 90, 91, 93

Duitsland 3, 14, 19, 24, 25,  
27, 29, 34, 35, 36, 37, 41,  
42, 72, 73, 76, 77, 84, 85,  
87, 91, 92, 98, 100, 106,  
114, 122, 123, 125, 126, 127,  
129, 130, 132, 136, 138,  
139, 165, 173, 174, 183

## **E**

e-boiler 49

EEG-Umlage 34, 35

eindberging 136

elektrificatie 8, 47, 152, 159

elektrische auto 12, 51, 55, 93,  
126, 127, 128, 143, 168

elektrolyseur 113, 116,  
120, 129, 140, 149

emissiehandelssysteem 47

energieakkoord 175  
energiebedrijf 140, 185  
energiedichtheid 11,  
80, 104, 113, 152  
energie-efficiency 59  
energietransitie ii, 15, 21, 26,  
110, 152, 162, 185, 186  
Engeland 24, 27, 92,  
99, 140, 174

**F**  
fossiele brandstoffen 3, 9,  
13, 36, 49, 81, 105, 107,  
109, 110, 152, 157

**G**  
geothermie 41, 49, 51,  
176, 178, 182  
getijdencentrale 96, 100, 112  
Green Deal 12  
groene stroom 19, 60, 84,  
90, 96, 100, 102, 112,  
119, 158, 162, 168  
groen gas 46, 47, 50,  
105, 116, 170, 172

**H**  
halfwaardetijd 136  
hernieuwbare bronnen 19  
hoogspanningsnet 18, 24,  
25, 28, 71, 142, 144, 177

**I**  
in-daksystemen 85  
industrie 12, 15, 21, 33, 46, 47,  
49, 55, 59, 62, 66, 75, 109, 126,  
129, 136, 137, 149, 168, 169

**K**  
kernafval 136, 140  
kerncentrale 9, 18, 60, 119, 134,  
135, 136, 139, 140, 164, 174  
kernenergie 9, 14, 21, 34, 40,  
41, 42, 43, 105, 119, 132,  
133, 134, 135, 136, 137,  
138, 139, 140, 172, 174,  
175, 178, 182, 183, 186

kernfusie 165  
klimaatakkoord 168  
kolencentrale 105, 119  
koolstofschuld 107  
kweekreactor 165

**M**  
membraantechnologie 48  
middenspanningsnet 24, 142

**N**  
negatieve prijzen 66,  
74, 75, 76, 77, 84  
netbeheerder 87, 91, 93,  
100, 128, 144, 145  
netwerkinfrastructuur 15

Noorwegen 9, 14, 19, 24, 25, 36,  
40, 41, 42, 43, 72, 88, 92, 98,  
106, 138, 142, 155, 174, 182

NS 59, 60

nucleair afval 135, 136, 175

## **P**

plan Lievense 178

pompaccumulatiecentrale 96

power-to-gas 13, 93, 129

productiegestuurd 11, 170, 171

## **R**

redox-flow 126, 130

regelenergie 123

regelvermogen 124, 127

## **S**

salderen 68

salderingsregeling 68, 83, 84

SEP 163

Shell 47, 116, 127, 159, 173

steenkoolcentrale 18

stroomprijs 9, 34, 36, 74, 75, 128

stroomstoring 8, 26, 27, 91

stroomuitwisseling 24, 29, 99

## **T**

Tennet 25, 28, 29, 46, 71,  
90, 91, 94, 118, 142, 144,  
148, 169, 171, 175

terugleversubsidie 83

thoriumreactor 142

transmutatie 136

## **U**

uranium 104, 133, 134, 137, 140

## **V**

vraagsturing 76

## **W**

warmtepomp 35, 46, 48,  
49, 51, 52, 54, 55

waterkrachtcentrale 99

waterstof 12, 13, 14, 46, 47,  
48, 49, 50, 55, 76, 77, 93,  
105, 111, 112, 113, 114, 115,  
116, 117, 118, 119, 120, 124,  
129, 137, 140, 149, 168, 169,  
170, 172, 173, 175, 176, 177,  
178, 179, 182, 183, 184, 185

windenergie 14, 21, 34,  
67, 70, 84, 102, 147

windpark 66, 70, 76,  
119, 143, 147

## **Z**

zonnepaneel 81, 82, 86

zonnepark 82, 85, 86,  
87, 147, 149