

Korte samenvatting “Energiefeiten”

Het volledige verhaal is te vinden op www.energiefeiten.nl

Inhoud	blz.
Enkele definities en fundamentele wetten - -	2
Het energieverbruik van een huishouden - -	4
Hernieuwbare, groene of duurzame energie - -	4
Primaire energie - - - -	4
Het energieverbruik van Nederland - - -	4
Nederland moet van het gas af - - - -	4
Zonne-energie - - - - -	5
Windenergie - - - - -	7
Opslag van zonne- en windenergie - - -	7
Waterkracht - - - - -	7
Geothermische energie - - - - -	8
Getijdencentrale - - - - -	8
Biobrandstof - - - - -	8
Warmte-kracht koppeling - - - - -	9
De STEG centrale - - - - -	9
Warmtepomp - - - - -	9
Accu - - - - -	10
Lopen en fietsen - - - - -	10
Elektrische fiets - - - - -	11
Elektrische treinen - - - - -	12
Vliegtuig - - - - -	12
De elektrische auto - - - - -	13
Elektrische auto op zonne-energie - - -	14
De hybride auto - - - - -	14
De plug-in hybride auto - - - - -	14
De waterstofauto - - - - -	15
De Waterstof Economie - - - - -	15
Kernfusie - - - - -	16
Kernenergie - - - - -	16
Het massa-energie equivalent - - - - -	17
Massa en gewicht - - - - -	17
Brandstoffen en CO2 - - - - -	17
Het broeikaseffect - - - - -	17
Lichtbronnen - - - - -	17
Vergelijking van verschillende soorten centrales -	18
Vergelijking van verschillende soorten auto's -	18
Vergelijking vervoermiddelen - - - - -	19
Een paar wetenswaardigheden - - - - -	20
Vrije energie - - - - -	21
Opslag van energie - - - - -	21
Energiebesparing - - - - -	22
Het energieneutrale huis - - - - -	22
Warmtetransport - - - - -	23
Hoe zal het nu verder gaan met de energie? -	24
Hoe zal het nu verder gaan met de wereldbevolking?	25
Het Klimaatakkoord van Parijs - - - - -	25
De 26e klimaatconferentie in Glasgow - - -	25

In dit verhaal worden allerlei energiebronnen steeds vergeleken met een middelgrote elektrische centrale met een **vermogen van 600 megawatt**
De hoeveelheid **energie** die zo'n centrale in 1 jaar levert = **4 200 000 megawattuur**

Enkele definities en fundamentele wetten

Vermogen

vermogen = energie / tijd

- vermogen is een maat voor de **snellheid** waarmee energie **kan** worden geleverd of gebruikt
- vermogen is een **eigenschap**
- vermogen laat zien wat er (maximaal) **mogelijk** is
- een veel gebruikte eenheid voor vermogen is **kilowatt** of **megawatt**

voorbeeld:

het **vermogen** van een elektrische centrale = **600 megawatt** (ook als de centrale niet in bedrijf is)

Energie

energie = vermogen x tijd

- energie **wordt** gedurende een bepaalde **tijd** geleverd of gebruikt
- energie **levert altijd iets op**: elektriciteit, beweging, licht, warmte, geluid, radiogolven, etc
- een veel gebruikte eenheid voor energie is **kilowattuur** of **megawattuur**

voorbeeld:

de **energie** die een centrale van 600 megawatt in een jaar levert = **4 200 000 megawattuur**

Het verschil tussen vermogen en energie

voorbeeld:

- de motor van een elektrische auto heeft een **vermogen** van 50 **kilowatt**
- de hoeveelheid **energie** in de accu is 30 **kilowattuur** (= 30 000 wattuur)
- stel, het energieverbruik van de auto is 150 wattuur per kilometer
- de actieradius van de auto is dan $30\,000 / 150 = 200$ kilometer
- het **vermogen** heeft dus geen invloed op de actieradius
- tijdens het rijden, wordt de elektrische energie vanuit de accu toegevoerd aan de motor
- in de motor wordt de elektrische energie omgezet in mechanische energie + warmte
- het **vermogen** bepaalt hoeveel energie de motor **per seconde kan leveren**
- het **vermogen** bepaalt dus **hoe snel de auto kan optrekken**

Wet van behoud van energie

- energie kan niet verloren gaan
- energie kan niet uit niets ontstaan
- energie kan worden omgezet van de ene vorm in een andere, maar de som van de energieën verandert daarbij niet

Wet van behoud van massa (massa = de hoeveelheid materie)

- massa kan niet verloren gaan
- massa kan niet uit niets ontstaan
- massa kan worden omgezet van de ene vorm in een andere, maar de som van de massa's verandert daarbij niet

Energie en massa worden dus nooit "verbruikt"

In het normale taalgebruik heeft men het meestal toch over "verbruikt".

Als je bijvoorbeeld de tank van een auto leeg rijdt, dan is de benzine verbruikt.

Maar ook dan geldt de "wet van behoud van energie" en de "wet van behoud van massa".

Bij verbranding gaat geen energie verloren

De chemische energie in benzine wordt bij verbranding in een benzinemotor omgezet in mechanische energie (= arbeid) en thermische energie (= warmte)

de chemische energie = de mechanische energie + de thermische energie

Bij verbranding gaat geen massa verloren

Benzine is een chemische verbinding van de elementen koolstof en waterstof.

Bij de verbranding van benzine met zuurstof, ontstaat kooldioxide en water

de massa van benzine + zuurstof = de massa van kooldioxide + water

Energie-inhoud van enkele brandstoffen

1 kilogram droog hout	=	5,3 kilowattuur
1 kilogram steenkool	=	8,1 kilowattuur
1 kubieke meter aardgas	=	8,8 kilowattuur
1 liter benzine	=	9,1 kilowattuur
1 liter dieselolie	=	10,0 kilowattuur
1 kilogram waterstof	=	33,6 kilowattuur

(1 kilogram waterstof = 11 kubieke meter bij een druk van 1 bar)

Rendement

rendement = nuttige energie / toegevoerde energie

Voorbeeld: een benzinemotor

- stel, een benzinemotor levert **50 kilowattuur nuttige**, mechanische **energie**
- stel, de hoeveelheid **toegevoerde energie** is **200 kilowattuur** (= 22 liter benzine)
- het **rendement** is dan $(50 / 200) \times 100\% = 25\%$
- hierbij wordt 150 kilowattuur in de vorm van nutteloze warmte afgevoerd

Rendementen zijn altijd kleiner dan 100% Perpetuum Mobile bestaat dus niet

Productiefactor

productiefactor = werkelijke jaaropbrengst / theoretisch mogelijke jaaropbrengst

Voorbeeld: windenergie

- stel, een windmolen heeft een vermogen van 3 megawatt
- de **theoretisch mogelijke jaaropbrengst** = 3 megawatt x 24 uur x 365 dagen = **26 280 megawattuur**
- stel, de **werkelijke jaaropbrengst** = **8 000 megawattuur** (het waait niet altijd)
- de **productiefactor** is dan $(8\ 000 / 26\ 280) \times 100\% = 30\%$ (afgerond)

rendement en productiefactor zijn 2 geheel verschillende begrippen

- het rendement is een **eigenschap** van bijvoorbeeld een zonnepaneel of een windmolen
- de productiefactor wordt bepaald door de **plaats** waar het zonnepaneel of de windmolen staat

De productiefactor van windenergie op zee en op land

- op zee waait het vaker en harder dan op land
- daardoor is de productiefactor van windenergie op zee groter dan op land
- de productiefactor op zee = **45%** en op land = **30%** (afgerond)
- voor dezelfde windmolen is de jaaropbrengst op **zee** dus anderhalf keer zoveel als op **land**

De wetten van Newton

1 de traagheidswet

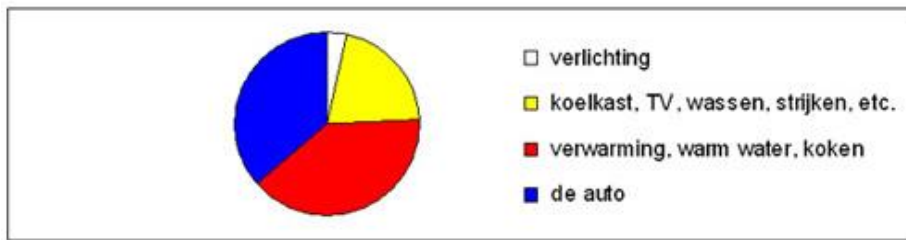
een voorwerp waarop geen kracht werkt is in rust, of het beweegt met een constante snelheid in een rechte lijn. (dat is **onafhankelijk** van de massa van het voorwerp)

2 een kracht verandert een beweging

een kracht versnelt of vertraagt de beweging van een voorwerp en kan ook de richting ervan veranderen

3 actie = reactie

Het energieverbruik van een huishouden (2008)



Een **auto** verbruikt **anderhalf keer zoveel** energie als nodig is voor verlichting, koelkast, TV, wassen, strijken, etc. Het totale jaarlijkse energieverbruik van een huishouden is gelijk aan de energie-inhoud van **4000 liter benzine**

Alleen bezuinigen op de verlichting, heeft uit het oogpunt van energiebesparing weinig zin. Wèl helpt het om de verwarming wat lager te draaien. **Alle** energie, die toegevoerd wordt aan de verlichting wordt uiteindelijk volledig omgezet in warmte. Een woonkamer wordt niet merkbaar warmer als het licht brandt. Kennelijk is het energieverbruik van de verlichting dus verwaarloosbaar ten opzichte van het energieverbruik van de verwarming. Veel mensen denken: "alle kleine beetjes helpen". De "kleine beetjes" helpen maar een (heel klein) beetje en geven het misleidende gevoel, dat men heel wat doet voor het milieu en dat men daarom verder zijn gang wel kan gaan. (met de verwarming en met de auto).

Als iedereen een beetje doet, dan zullen we maar een beetje bereiken.

Zodra het comfort in het geding is, is men niet meer "thuis".

Hernieuwbare, groene of duurzame energie

Dat is energie afkomstig van natuurlijke bronnen, die constant worden aangevuld en die geen CO₂ uitstoten. Enkele voorbeelden zijn: zonne-energie, windenergie, waterkracht en geothermische energie.

1 zonnepaneel van 1,6 vierkante meter levert 0,2 megawattuur per jaar

1 windmolen van 3 megawatt (op land) levert 8 000 megawattuur per jaar

Het netto **elektriciteitsverbruik** van Nederland is 120 000 000 megawattuur per jaar (afgerond)

Daarvoor zouden dus nodig zijn:

of 600 000 000 zonnepanelen van 1,6 vierkante meter

of 15 000 windmolens van 3 megawatt

Primaire energie

Primaire energie, is de energie-inhoud van brandstoffen in hun natuurlijke vorm, voordat enige omzetting heeft plaats gevonden. Voorbeelden zijn: steenkool, aardolie, aardgas en zonne-energie

Het energieverbruik van Nederland

Het **totale primaire energieverbruik** van Nederland is 900 000 000 megawattuur per jaar. Dat is nodig voor de opwekking van elektriciteit, verwarming, industrie, auto's, treinen, vliegtuigen etc. Deze energie wordt nu nog grotendeels opgewekt door het verbranden van fossiele brandstoffen zoals gas, steenkool, aardolie en benzine.

Nederland moet van het gas af

- het gas wordt dan vervangen door elektriciteit
- die (**extra**) elektriciteit, wordt dan opgewekt met **gasgestookte** centrales (?)
- met groene energie gaat het niet lukken om heel Nederland van energie te voorzien
- dat kan wel met kernenergie.
- of met kernfusie, maar dat gaat nog minstens 50 jaar duren

Zonne-energie

Bijna alle energie op aarde is afkomstig van de zon

- bijna alle energiebronnen op aarde (aardolie, aardgas, steenkool, biomassa, wind- en waterkracht) vinden hun oorsprong in zonne-energie.
- uitzonderingen zijn: geothermische energie, kernenergie en energie afkomstig van getijdencentrales.
- de meest directe energiebron is de licht- en warmtestraling van de zon. Deze energiebron is schoon en onuitputtelijk en daar zullen we het in de verre toekomst voor een groot deel van moeten hebben.
- de energie die de zon uitstraalt wordt opgewekt door kernfusie.
- de hoeveelheid zonne-energie die op de aarde wordt ingestraald, is **7000 keer** zoveel als het wereld-energieverbruik

Door sommige mensen wordt de conclusie getrokken, dat er **dus** geen energieprobleem is.

Men moet daarbij wel het volgende bedenken:

- het aardoppervlak bestaat voor 71% uit water
- de instraling op de resterende 29% is dus **2000 keer** zoveel als het wereldenergieverbruik
- een groot deel van de zonne-energie wordt tegengehouden door de bewolking
- het rendement van de omzetting van zonne-energie naar elektriciteit is laag
- voor de winning van zonne-energie zijn gigantische oppervlakten nodig
- de zon schijnt 's nachts niet, er is dus een (groot) opslagprobleem

De 3-maandelijkse instraling van zonne-energie in Nederland (afgerond)

februari + maart + april	= 24 %
mei + juni + juli	= 48 %
augustus + september + oktober	= 24 %
november + december + januari	= 4 %

In de wintermaanden is de hoeveelheid ingestraalde zonne-energie erg weinig.

Daarom is het dus winter. Juist als men veel zonne-energie nodig heeft, is er weinig beschikbaar.

Enkele mogelijkheden om zonne-energie te gebruiken zijn:

1. elektriciteit produceren met **zonnepanelen**
2. elektriciteit produceren met **geconcentreerde zonnestraling**
3. **verwarmen van water** (zonneboiler)
4. **fotosynthese** (biobrandstoffen)

1. Zonnepanelen

Bij een zonnepaneel wordt de ingestraalde zonne-energie rechtstreeks omgezet in elektriciteit

Een zonnecentrale met zonnepanelen



Waldpolenz Solar Park

- het Waldpolenz Solar Park is een grote zonnecentrale in de buurt van Leipzig
- de elektriciteit wordt opgewekt met 550 000 zonnepanelen
- de grondoppervlakte is 1,2 vierkante kilometer
- een elektrische centrale van 600 megawatt levert per jaar **80 keer** zoveel energie

2. Geconcentreerde zonnestraling

Hierbij wordt de zonnestraling door middel van spiegels op een klein oppervlak geconcentreerd. De warmte die daarbij ontstaat wordt gebruikt voor de opwekking van elektriciteit. Het voordeel van "geconcentreerde zonnestraling" is, dat een deel van de opgevangen warmte tijdelijk kan worden opgeslagen. Daarmee kunnen zonloze periodes worden overbrugd.

Voorwaarden voor geconcentreerde zonnestraling

- een zonvolgend systeem
- alleen bruikbaar op plaatsen waar de zon de hele dag schijnt
- bij een bewolkte hemel werkt geconcentreerde zonnestraling niet
- het kan dus niet in Nederland worden toegepast

Een zonnecentrale die werkt met geconcentreerde zonnestraling



zonnetrogcentrale "Andasol"

- deze zonnetrogcentrale staat in Andalusië, in Spanje
- een zonnetrog is een trogvormige spiegel, waarbij de dwarsdoorsnede de vorm van een parabool heeft
- de lengte-as is in noord-zuid richting opgesteld en de zonnetrog draait om die as met de stand van de zon mee, dus elke dag van oost naar west
- in de brandlijn bevindt zich een buis, waar olie doorheen stroomt
- de geconcentreerde zonnestraling verhit de olie
- in een warmtewisselaar wordt hiermee water verhit tot hete stoom
- met de hete stoom wordt elektriciteit opgewekt
- de grondoppervlakte is 6 vierkante kilometer
- een elektrische centrale van 600 megawatt levert per jaar bijna **9 keer** zoveel energie

3. Verwarmen van water (zonneboiler)

Meestal gebeurt dit met panelen op het dak van een huis. Die lijken op zonnepanelen, maar ze zijn gevuld met water. Het warme water kan worden gebruikt als voorverwarmd water voor een wasmachine, douche, vloerverwarming of als warmtebron voor een warmtepomp

4. Fotosynthese (biobrandstoffen)

Onder invloed van zonlicht, kunnen biobrandstoffen worden geteeld, zoals koolzaad en bomen.

Daarbij wordt de zonne-energie omgezet in chemische energie. (fotosynthese).

Het rendement van deze omzetting is hooguit 1%

Windenergie

Het rendement van een windmolen

- het rendement van een windmolen is ongeveer **50%**
- het theoretisch maximale rendement is **59%**

De grootste windmolen ter wereld is de Enercon E-126

- de ashoogte is 135 meter
- de wieklengte is 63 meter
- het hoogste punt, dat door de wieken wordt bereikt is dus 198 meter
- het vermogen van de windmolen is 7,5 megawatt
- de energie-opbrengst is 21 000 megawattuur per jaar (op land, bij een productiefactor van 32%)
- een elektrische centrale van 600 megawatt levert per jaar **200 keer** zoveel energie

Het Gemini windmolenpark (85 kilometer uit de kust bij Groningen)

- het windmolenpark omvat 150 windmolens van 4 megawatt = 600 megawatt
- de oppervlakte is 68 vierkante kilometer
- een elektrische centrale van 600 megawatt levert per jaar **1,6 keer** zoveel energie (de productiefactor van een elektrische centrale is hoger dan van een windmolenpark)

Opslag van zonne- en windenergie

Grootschalige toepassing van zonne- en windenergie is alleen mogelijk, als er een oplossing wordt gevonden voor de opslag van zeer grote hoeveelheden elektrische energie. Met name bij zonne-energie doet zich het probleem voor, dat de energiebehoefte meestal het grootst is, als de zon al achter de horizon is verdwenen.

Enkele mogelijkheden voor opslag van elektrische energie

- Opslag in een spaarbekken

Met elektriciteit kan men water oppompen naar een hoger gelegen spaarbekken. Bij een tekort aan elektriciteit kan dat water dan via een waterkrachtcentrale weer elektriciteit terug leveren.

- Opslag in waterstof

Met elektriciteit kan water worden ontleed in zuurstof en waterstof. De waterstof kan in een brandstofcel of via een gasturbine later weer elektriciteit opwekken

- Opslag in het lichtnet

Voorlopig kunnen we het lichtnet gebruiken voor de tijdelijke opslag van "groene" energie.

Als je bijvoorbeeld een elektrische auto wil laten rijden op de zonne-energie die door je eigen zonnepanelen wordt opgewekt, dan wordt het lichtnet bijna altijd gebruikt voor de tijdelijke opslag van de zonne-energie

Waterkracht

Zelfs in Zwitserland is waterkracht van beperkte betekenis geworden, omdat het energieverbruik de laatste jaren sterk is toegenomen.

- in Zwitserland wordt **40%** van de elektrische energie opgewekt door kerncentrales
- alleen in Noorwegen wordt vrijwel alle elektrische energie door waterkracht opgewekt
- wereldwijd wordt **16%** van alle elektrische energie door waterkracht opgewekt (2009)

In China bevindt zich de grootste waterkrachtcentrale ter wereld, de Drieklovdendam

- de energie-opbrengst is **85 000 000** megawattuur per jaar
- dat is **3%** van het elektriciteitsverbruik van China
- dat is gelijk aan de jaaropbrengst van **20** elektrische centrales van 600 megawatt

Geothermische energie

Geothermische energie wordt gewonnen uit de aardwarmte.

- vanaf het aardoppervlak neemt de temperatuur bij toenemende diepte met globaal 30 graden celsius per 1000 meter toe
- op een diepte van 5000 meter is de temperatuur gemiddeld 150 graden

Geothermische energie zal misschien ooit een (bescheiden) rol gaan spelen bij de toekomstige energievoorziening.

Eigenschappen van geothermische energie

- schoon, duurzaam en onuitputtelijk
- niet afhankelijk van weersomstandigheden, seizoenen en tijdstip van de dag
- er is geen CO₂ uitstoot
- de energie is constant voorradig, er is dus geen opslagprobleem

Getijdencentrale

De energie van een getijdencentrale wordt opgewekt door het verschil in waterhoogte tussen eb en vloed. Dat wordt veroorzaakt door de rotatie van de aarde en de aantrekkingskracht van de maan en de zon.

De grootste getijdencentrale ter wereld staat in Frankrijk, in Bretagne.

- het verschil tussen eb en vloed is daar zeer groot, maximaal 13 meter
- de energieproductie is **540 000** megawattuur per jaar
- een elektrische centrale van 600 megawatt levert per jaar bijna **8 keer** zoveel energie

Biobrandstof

- bij biobrandstof, bijvoorbeeld hout, is de zonne-energie omgezet in chemische energie
- het rendement van deze omzetting is hooguit **1%**
- de gedachte bij het gebruik van biobrandstof is, dat tijdens het groeien ervan, zuurstof wordt aangemaakt en kooldioxide (CO₂) uit de atmosfeer wordt opgenomen.
- bij verbranding vindt het omgekeerde proces plaats. Netto vervuult deze zogenaamde "korte cyclus" het milieu dus niet. (CO₂-neutraal).

Het aandeel biobrandstof bij de productie van elektriciteit in Nederland is 7%. Stel, dat alle biobrandstof uit hout zou bestaan. Voor een "CO₂-neutraal" gebruik van deze hoeveelheid hout, moet er dan jaarlijks een oppervlakte van **50 x 50** kilometer aan bomen worden gekapt en ook jaarlijks weer aangeplant. Dat gaat dus **nooit** lukken.

Teletekst 31 maart 2021

Uit onderzoek van het World Resources Institute en de Universiteit van Maryland blijkt dat in 2020 wereldwijd **42 000 vierkante kilometer** aan oerbos is verwoest. Dat is iets meer dan de oppervlakte van Nederland

Warmte-kracht koppeling

- bij de productie van elektriciteit in een elektrische centrale is het rendement ongeveer 40%
- van de toegevoerde energie gaat dan 60% in de vorm van warmte via het koelwater verloren.
- bij veel centrales wordt deze "afvalwarmte" tegenwoordig gebruikt voor stadsverwarming en verwarming van kassen.
- de warmte moet daarbij vaak over grote afstanden worden vervoerd en gedistribueerd, wat uiteraard nogal wat verliezen oplevert.
- desondanks wordt het totaalrendement van de elektrische centrale hierdoor aanzienlijk verhoogd

Bij warmte-kracht koppeling is de opwekking van warmte en elektriciteit (kracht) direct aan elkaar gekoppeld. Warmte en elektriciteit worden dan bij de gebruiker opgewekt. De warmteproductie is hierbij hoofdzaak, terwijl de elektriciteit nu een bijproduct is. Het totale rendement is zeer hoog, omdat er vrijwel geen warmte verloren gaat en alle elektriciteit nuttig wordt gebruikt.

Warmte-kracht koppeling wordt veel toegepast in de glastuinbouw, bij ziekenhuizen, fabrieken en zwembaden.

De STEG centrale

- in een **stoom- en gas**centrale, de STEG centrale, wordt de elektriciteit opgewekt met behulp van twee turbines
- de eerste turbine is een gasturbine, de tweede is een stoomturbine
- de uitlaatgassen van de gasturbine bevatten nog veel warmte
- met deze warmte wordt stoom gemaakt voor de stoomturbine.
- vaak zitten de gas- en stoomturbine op dezelfde as en ze drijven dan samen een generator aan
- het rendement van een STEG centrale is **58%**

Warmtepomp

- een warmtepomp pompt warmte van een laag temperatuurniveau naar een hoger niveau.
- het lage niveau is bijvoorbeeld de grondwarmte, die op enige diepte het gehele jaar door ongeveer 12 graden is. De warmte wordt soms ook uit de lucht gehaald.
- de warmtepomp werkt volgens hetzelfde principe als een koelkast, maar het doel is anders.
- bij een koelkast wordt de binnenruimte gekoeld en men neemt de warmte die daarbij buiten de koelkast ontstaat, op de koop toe.
- bij een warmtepomp gaat het juist om die warmte. Daarmee kan een ruimte worden verwarmd.
- de nuttige warmte die ontstaat is gelijk aan de warmte die uit de grond of uit de lucht wordt gehaald, vermeerderd met de energie die aan de compressor (pomp) wordt toegevoerd

Accu

De lithium-ion accu

Dit type accu wordt meestal gebruikt in elektrische auto's en elektrische fietsen

- de energie-inhoud is 160 wattuur per kilogram
- de levensduur is 1000 laadcycli

De levensduur van een accu

- de levensduur van een accu wordt sterk beïnvloed door de diepte van de ontlading
- het einde van de levensduur wordt bereikt, als de capaciteit van de accu is afgenomen tot 70% van de nieuwwaarde

Lopen en fietsen

Voor een persoon van 75 kilogram is de rust-stofwisseling ongeveer 300 kilojoule per uur.

Deze hoeveelheid energie wordt continu verbruikt voor hartslag, ademhaling, constant houden van de lichaamstemperatuur, spijsvertering etc.

De internationale eenheid van energie is de **Joule** (3600 kilojoule = 1 kilowattuur)

1 kilometer lopen kost 300 kilojoule extra

1 kilometer fietsen kost 60 kilojoule extra

Lopen kost dus **5 keer** zo veel energie als fietsen over dezelfde **afstand**

Nu de berekening voor lopen of fietsen gedurende dezelfde tijd.:

1 uur lopen = 4 kilometer = $4 \times 300 = 1200$ kilojoule

1 uur fietsen = 20 kilometer = $20 \times 60 = 1200$ kilojoule

Lopen kost dus **evenveel** energie als fietsen gedurende dezelfde **tijd**

De benodigde hoeveelheid energie voor het fietsen is sterk afhankelijk van de fietssnelheid en de wind. In dit voorbeeld is uitgegaan van windstil weer en een rechtop zittende fietser. Bovengenoemde getallen geven aan hoeveel energie in de vorm van voedsel wordt verbruikt.

Lopen

- de massa van een wandelaar wordt bij elke stap enkele centimeters op en neer bewogen, dat kost veel energie
- de gebruikte energie is evenredig met de massa (het gewicht) van de wandelaar

Fietsen

- een fietser zit gefixeerd op het zadel en zijn zwaartepunt blijft daardoor steeds op dezelfde hoogte (als het ene been naar beneden gaat, gaat het andere omhoog)
- bij een constante snelheid op een vlakke weg, wordt alleen energie gebruikt voor het overwinnen van de luchtweerstand en de rolwrijving. De massa van de fietser + fiets is daarbij **niet** van belang (1^e wet van Newton)
- accelereren en oprijden van een helling kost wel extra energie. De daarvoor benodigde energie is evenredig met de massa (het gewicht) van de fietser + fiets

Men kan 100 kilometer fietsen op de energie-inhoud van 2 liter volle melk

- van 100 kilometer fietsen val je dus niet af.
- je valt wèl af van zwemmen, door het warmteverlies (en vooral door minder te eten)

Elektrische fiets

- bij een elektrische fiets wordt de fietser ondersteund door een elektromotor
- deze motor krijgt zijn energie uit een oplaadbare accu
- de mate van ondersteuning wordt automatisch geregeld door een trapsensor
- de trapsensor meet de kracht waarmee de fietser op de pedalen trapt
- evenredig met die kracht, wordt de hoeveelheid energie geregeld die aan de motor wordt toegevoerd
- het resultaat hiervan is, dat bij het oprijden van een helling of bij tegenwind de ondersteuning (automatisch) toeneemt

De actieradius van de ondersteuning, wordt bepaald door de energie-inhoud van de accu en het energie-verbruik van de motor, dus door de gekozen mate van ondersteuning. Het wettelijk toegestane vermogen van de motor is 250 watt. De ondersteuning werkt tot een snelheid van 25 kilometer per uur.

Het energieverbruik uit de accu van een elektrische fiets

- het energieverbruik is sterk afhankelijk van de wind, mee of tegen
- het gemiddelde energieverbruik uit de accu = **5 wattuur** per kilometer
- met een accu van bijvoorbeeld 400 wattuur, is de actieradius dan 80 kilometer

Trapsensor of rotatiesensor?

De laatste tijd verschijnen er steeds meer elektrische fietsen op de markt, die voorzien zijn van een rotatiesensor in plaats van een trapsensor. Het voordeel van de rotatiesensor is de lagere prijs en de eenvoudige constructie. Het nadeel is de kleinere actieradius en de onveiligheid.

Bij de toepassing van een rotatiesensor, wordt de ondersteuning (meestal abrupt) ingeschakeld zodra de trappers worden rondgedraaid.

Ook als men daarbij weinig of geen kracht uitoefent, is de motor ingeschakeld en die levert dan vrijwel alle energie die voor de voortbeweging nodig is. Als men sneller wil gaan fietsen, dan moet men onevenredig veel harder op de pedalen gaan trappen, omdat de berijder de extra energie dan geheel zelf moet opbrengen. In de praktijk blijft men daarom meestal fietsen met de snelheid waarbij de ondersteuning maximaal is. Een prima oplossing voor mensen die zich niet willen inspannen, maar dat gaat dus wel ten koste van de actieradius. Als men ophoudt met trappen, dan blijft de ondersteuning meestal nog even doorgaan. Daarom zijn deze fietsen vaak voorzien van een schakelaartje bij de remhandel. Als men remt, dan wordt het circuit naar de motor onmiddellijk verbroken. Elektrische fietsen met een rotatiesensor zijn potentieel gevaarlijk in het verkeer, vooral voor oudere berijders. Maar alles went. Bij een elektrische fiets met een trapsensor zijn genoemde problemen geheel afwezig.

De voordelen van een elektrische fiets zijn:

1. het energieverbruik van een elektrische fiets is 10 keer minder dan van een bromfiets
2. de ondersteuning voor een afstand van 80 kilometer kost 400 wattuur
3. een elektrische fiets is veel sportiever en gezonder dan een bromfiets, omdat men altijd meetrapt
4. een elektrische fiets stinkt niet, maakt geen lawaai en lekt geen olie
5. **men kan met een elektrische fiets ook gewoon fietsen**

Elektrische treinen



Dubbeldekker

De Dubbeldekker is de modernste en zuinigste trein van de NS

- de trein rijdt op een gelijkspanning van 1500 volt
- de maximum snelheid is 140 kilometer per uur
- de basisuitvoering van de trein is 4 wagons met **372** zitplaatsen
- het energieverbruik is **48 wattuur** per reiziger per kilometer



Thalys

De Thalys, die op de **Hoge Snelheid Lijn (HSL)** rijdt, verbruikt veel meer energie dan een gewone trein.

- de trein rijdt op een wisselspanning van 25 000 volt
- de maximum snelheid is 300 kilometer per uur
- de Thalys heeft een vaste samenstelling van 8 wagons met **355** zitplaatsen
- het energieverbruik is **161 wattuur** per reiziger per kilometer

Vliegtuig



Boeing 747
"Jumbo"

Enkele gegevens:

- een Jumbo verbruikt 15 liter kerosine per kilometer
- er kunnen **500** passagiers in, het energieverbruik is dan **300 wattuur** per reiziger per kilometer
- een auto met 2 inzittenden verbruikt ook **300 wattuur** per reiziger per kilometer

Het energieverbruik (en dus de CO₂-uitstoot) **per reiziger per kilometer** is, bij een volle Jumbo en een auto met 2 personen, even groot. Maar een vliegtuig legt in een korte tijd een grote afstand af. Bijvoorbeeld: een retour Amsterdam – New York = **12 000 kilometer**.

Dat is een afstand die je met een auto in een jaar aflegt.

Het CO₂-probleem is dus niet te wijten **aan het vliegtuig**, maar aan het maken van **lange reizen**

De elektrische auto



Een elektrische auto uit 1916

Al in de jaren 1899 -1915 werden er in Amerika 5000 elektrische auto's gefabriceerd door Baker Electric. De topsnelheid was 23 kilometer per uur, bij een actieradius van 80 kilometer. Een ander bekend merk uit die begintijd was Detroit Electric. Deze firma produceerde elektrische auto's die een topsnelheid bereikten van 32 kilometer per uur, bij een actieradius van 130 kilometer.

Elektrische auto's kunnen tegenwoordig redelijke afstanden afleggen

Dat is te danken aan:

- een beter soort accu
- het hoge rendement van de elektromotor
- een lage snelheid (de luchtweerstand is evenredig met de 2e macht van de snelheid)
- een lage rolweerstand
- een lage luchtweerstand (dus een goede stroomlijn)
- teruglevering van energie tijdens remmen, afdalen van een helling en bij snelheidsvermindering

Enkele kenmerken van de elektrische auto

- de elektrische auto is vrijwel geruisloos
- de elektrische auto produceert geen uitlaatgassen (maar de elektrische centrale des te meer)
- de elektromotor kan bij alle toerentallen het maximale koppel leveren, hierdoor is een snelle acceleratie mogelijk
- de elektromotor draait nooit stationair
- er is geen versnellingsbak nodig
- de actieradius is (zeer) beperkt
- de batterij is zwaar, zeer duur en neemt veel ruimte in
- het opladen van de accu duurt lang
- het verwarmen van een elektrische auto gaat ten koste van de actieradius



Tesla model S

In 2013 kwam in Europa een volledig elektrische 5-persoons auto op de markt, de Tesla model S
Enkele gegevens:

- de auto accelereert in 6 seconden van 0 naar 100 kilometer per uur
- de topsnelheid is 200 kilometer per uur
- de energie-inhoud van de grootst mogelijke accu is **85** kilowattuur
- de actieradius is dan **480** kilometer (bij een constante snelheid van 88 kilometer per uur)
- het gewicht van de accu is 700 kilogram
- het gewicht van de auto is 2100 kilogram
- met een **supercharger** kan de accu in 40 minuten tot 80% worden opgeladen

Elektrische auto op zonne-energie



Lightyear One

Dit is een 4-persoons elektrische auto, die 700 kilometer kan rijden op 1 batterijlading. De benodigde energie daarvoor wordt (grotendeels) opgewekt door zonnecellen op het dak van de auto. De naam "Lightyear" is ontleend aan het feit, dat alle auto's ter wereld gezamenlijk, elk jaar een totale afstand afleggen die ongeveer gelijk is aan 1 lichtjaar. (= 9460 miljard kilometers). Die kilometers worden nu nog steeds met fossiele brandstof afgelegd.

De hybride auto



Toyota Prius

Toyota heeft in 1997 de "Prius" op de markt gebracht. Dat is een "hybride" auto, die afhankelijk van de situatie, door een benzinemotor, een elektromotor of een combinatie van beiden wordt voortbewogen. Het doel hierbij is om een zo hoog mogelijk rendement te behalen.

- het rendement van de Atkinson benzinemotor is hoog, maar sterk afhankelijk van de belasting en het toerental
- het rendement van de elektromotor is altijd hoog
- de elektromotor werkt mee, als het rendement van de benzinemotor laag is
- de energie voor de elektromotor wordt geleverd door een oplaadbare nikkel-metaalhydride accu
- bij remmen en snelheidsvermindering werkt de elektromotor als dynamo en levert dan energie terug aan de accu
- bovendien wordt de accu opgeladen door een generator, die aan de benzinemotor is gekoppeld
- de benzinemotor, generator en elektromotor zijn gekoppeld aan een mechanische energieverdeler
- deze energieverdeler functioneert tevens als een continu variabele automatische versnellingsbak
- de airconditioning wordt elektrisch aangedreven en werkt daardoor dus ook als de benzinemotor niet in bedrijf is

De plug-in hybride auto

In 2012 bracht **Toyota** de **plug-in Prius** op de markt.

- deze auto heeft een relatief grote accu, die vanuit het lichtnet kan worden opgeladen
- bij het nieuwste type, kan men daarmee 50 kilometer elektrisch rijden.
- het is eigenlijk een elektrische auto met een beperkte actieradius, maar zonder "laadpaalstress".
- als de accu leeg is, dan kan men met een volle benzinetank, nog 1000 kilometer verder rijden op de benzinemotor

De waterstof auto



Toyota Mirai

Enkele kenmerken:

- in een brandstofcel "verbrandt" de waterstof, waardoor elektriciteit wordt opgewekt
- bij dit proces ontstaan geen schadelijke gassen, alleen maar water
- de opgewekte elektriciteit wordt via een accu toegevoerd aan de elektromotor, die de auto voortbeweegt
- bij remmen en snelheidsvermindering wordt energie teruggeleverd aan de accu

De vraag blijft alleen, **“waar haalt men de waterstof vandaan”**

Waterstof kan worden verkregen door elektrolyse (ontleding) van water. De elektriciteit die hiervoor nodig is moet worden opgewekt via verbranding van fossiele brandstoffen, (waarbij wel schadelijke gassen ontstaan), kernenergie, zonne-energie, windenergie of andere vormen van “groene” energie

Zal de waterstof auto ooit op de weg verschijnen?

Gezien het slechte (totaal)rendement, is het zeer onwaarschijnlijk dat de waterstof auto ooit (grootschalig) op de weg zal verschijnen. Bovendien bestaat er nog geen infrastructuur om waterstof te kunnen tanken. Er circuleren al berichten, dat Toyota stopt met de Mirai. Met de komst van de solid state accu wordt de elektrische auto waarschijnlijk een betere oplossing.

De Waterstof Economie

Het energiescenario van de toekomst, als de fossiele brandstoffen op zijn, zal misschien (gedeeltelijk) gebaseerd zijn op de zogenaamde Waterstof Economie. Hierbij wordt voorondersteld, dat er tegen die tijd, (omstreeks 2050) een oeverloze hoeveelheid “groene” energie beschikbaar zal zijn. Daarmee kan dan waterstof worden geproduceerd. Die groene energie wordt dan opgewekt door windmolens en zonnepanelen. Het is zeer onwaarschijnlijk, dat het aandeel groene energie ooit in de buurt zal komen van de mondiale energiebehoefte.

Kernfusie is potentieel wel een mogelijkheid voor de opwekking van enorme hoeveelheden energie

- waterstof is niet vrij in de natuur aanwezig
- het moet gemaakt worden en dat kost veel energie
- de meest gebruikte methode is elektrolyse (= ontleding) van water
- het produceren van waterstof kost **1,5** keer zoveel energie als wat het later oplevert.
- waterstof is dus **niet** een onuitputtelijke **bron** van energie, maar een **energiedrager**

“groene” waterstof

Groene waterstof wordt geproduceerd met groene energie, zoals zonne- of windenergie. Het potentieel van groene waterstof is dus zeer beperkt

“blauwe” waterstof

Blauwe waterstof wordt geproduceerd met fossiele brandstoffen. De CO₂ die hierbij ontstaat, wordt opgeslagen in lege gasvelden. Volgende generaties moeten dan maar kijken wat ze er mee doen

Kernfusie

Er bestaan 2 soorten kernreacties, die geschikt zijn voor het opwekken van energie.

- splijting van uraniumkernen. (dit wordt kernenergie genoemd)
- samensmelting van waterstofkernen. (dit wordt kernfusie genoemd)

Bij beide processen treedt massaverlies op. De "verdwenen" massa wordt volgens de formule van Einstein omgezet in energie

Onderstaande is een korte samenvatting van **"Kernfusie, een zon op aarde"**

Auteur: Dr. Ir. M.T. Westra FOM-instituut voor plasmafysica "Rijnhuizen"

De energie die de zon uitstraalt is afkomstig van kernfusie van waterstofatomen. Deze kernfusie komt tot stand bij een extreem hoge druk en een temperatuur van 15 miljoen graden celsius. Bij kernfusie op aarde is de druk, in vergelijking met de zon, verwaarloosbaar en daarom moet de temperatuur hier zeer veel hoger zijn, ongeveer 150 miljoen graden celsius.

De fusiereactie die op aarde het gemakkelijkst tot stand kan worden gebracht, is de fusie van de waterstof-isotopen deuterium en tritium. Hierbij ontstaan heliumatomen, neutronen en zeer veel energie.

Het grootste probleem bij kernfusie is de extreem hoge temperatuur, die nodig is om het fusieproces tot stand te brengen. Geen enkel materiaal is tegen die temperatuur bestand.

In een zogenaamde "Tokamak" wordt het hete plasma opgesloten in een sterk magnetisch veld en het komt daardoor niet in contact met de wand.

Kernenergie

In 2009 was het aandeel kernenergie bij de opwekking van elektriciteit:

Frankrijk	77%	Zweden	43%	Duitsland	23%	Nederland	4%
België	54%	Zwitserland	41%	Engeland	14%		

Sommige mensen denken bij het dreigend energietekort:

- **"ze" vinden er wel wat op**
(je zet gewoon de Sahara vol met zonnepanelen)
- **het zal mijn tijd wel duren**
(dat is nog maar de vraag en hoe moet het dan met het nageslacht?)
- **op termijn wordt alle energie duurzaam opgewekt**
(dus alle energie die nodig is voor de voedselproductie, verwarming, industrie, vliegtuigen, treinen en 1 miljard auto's?)

Wel of geen kernenergie?

Iedere oplossing heeft voor- en nadelen. De vraag is maar wat je liever hebt:

fossiele energiebronnen

- onomkeerbare klimaatverandering (broeikaseffect)
- daardoor stijging van de zeespiegel en overstromingen
- steeds verdere toename van de luchtvervuiling (CO₂)
- uitputting van alle fossiele brandstoffen
- oorlogen om de aanvoer van olie of aardgas veilig te stellen
- aardbevingen en bodemdaling door olie- en gaswinning

of kernenergie

- geen CO₂-uitstoot
- een beperkt (radioactief) afvalprobleem dat in principe oplosbaar is
- een zeer kleine kans op ongelukken met kerncentrales (zie Frankrijk)

Het is merkwaardig, dat men zich wel druk maakt over kernenergie en niet over kernwapens

Teletekst 3 juli 2017

Rusland en de VS bouwen hun voorraad kernwapens af. Toch investeert de VS tot 2026 zeker 400 miljard in de modernisering. Er zijn negen landen met kernwapens. Die hebben samen **14 935** kernkoppen.

Het massa-energie equivalent

Volgens de formule van Einstein kan massa worden omgezet in energie $E = mc^2$
 E = energie m = massa c = de lichtsnelheid (= 300 000 kilometer per seconde)

1 kilogram massa is equivalent aan 25 miljard kilowattuur

Massa en gewicht

- **Massa** is de hoeveelheid materie.
- **Gewicht** is de kracht waarmee massa door de zwaartekracht van de aarde wordt aangetrokken
- op de aarde is de zwaartekracht niet overal even groot en het gewicht dus ook niet.
- **Massa is wel overal hetzelfde.**
- de eenheid van massa is de kilogram

Brandstoffen en CO2

De CO₂-uitstoot per geproduceerde kilowattuur is bij een benzinemotor bijna net zoveel als bij een kolen-gestookte centrale. Kolencentrales “mogen niet”, maar de auto “moet”

Het is merkwaardig dat milieuactivisten protesteren tegen kolengestookte centrales, terwijl ze zelf, net als iedereen, rustig in een auto rondrijden (milieudominees)

Het broeikaseffect

Het broeikaseffect wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de kooldioxide (CO₂), die bij de verbranding van fossiele brandstoffen vrij komt. Dit broeikasgas laat de zonne-energie op weg naar de aarde vrijwel ongehinderd door, terwijl het de uitstraling van warmte, afkomstig van de aarde tegenhoudt.

De aarde koelt minder af, naarmate er meer broeikasgas in de atmosfeer aanwezig is.

Het is echter de vraag, of het effect van kooldioxide (CO₂) in dit proces wel zo groot is als tot nu toe wordt aangenomen. De toekomst zal het leren. Wel is duidelijk dat, hoe dan ook, het klimaat de laatste jaren sterk aan het veranderen is.

Denk hierbij aan het wegsmelten van het ijs op de noordpool, in Groenland en het verdwijnen van de “eeuwige” sneeuw in de Alpen. Ook de winters zijn de laatste jaren (in Europa) opvallend warm.

Bovendien heeft men vaker te maken met extreem weer, zoals hittegolven, lange perioden van droogte of juist zware regenval, orkanen en daarmee gepaard gaande overstromingen.

Lichtbronnen

Vergelijking diverse lichtbronnen

	lichtrendement
gloeilamp	5%
spaarlamp	29%
TL-buis	41%
led-lamp	44%

Vergelijking van verschillende soorten centrales

A = het aantal centrales, dat nodig zou zijn voor Nederland

B = de oppervlakte van al die centrales (vierkante kilometers)

soort centrale	A	B
kolen- of gascentrale 600 megawatt	28	8
kerncentrale Borsselle	31	8
windmolenpark Gemini	44	3 000
getijdencentrale Bretagne	213	4 700
zonnetroglacentrale Andasol	232	1 400
zonnecentrale Waldpolenz	2212	2 700

Het Waldpolenz Solar Park

- voor de volledige elektriciteitsvoorziening van Nederland zouden **2212** van deze centrales nodig zijn
 - dat zijn **1,2 miljard** panelen op een veld van 52 x 52 kilometer
- Zonne-energie**, een realistisch perspectief?

Vergelijking van verschillende soorten auto's

(bij dezelfde voortbewegingsenergie van 150 wattuur per kilometer)

hybride auto (21 kilometer per liter benzine)

- de continu variabele versnelling werkt met een zeer hoog rendement
- tijdens remmen en snelheidsvermindering wordt energie teruggeleverd aan de accu
- de benzinemotor draait steeds onder omstandigheden waarbij het rendement maximaal is
- de benzinemotor draait nooit stationair

elektrische auto (17 kilometer per liter benzine-equivalent)

- er is geen versnellingsbak en er zijn dus geen transmissieverliezen
- tijdens remmen en snelheidsvermindering wordt energie teruggeleverd aan de accu
- de auto veroorzaakt geen CO₂-uitstoot, maar de elektrische centrale des te meer

benzine auto (15 kilometer per liter benzine)

- er zijn relatief grote energieverliezen in de versnellingsbak
- er is geen teruglevering van energie mogelijk
- bij een benzinemotor is het rendement sterk afhankelijk van het toerental en het koppel
- de motor draait vaak stationair

waterstof auto (8 kilometer per liter benzine-equivalent)

- dit is een elektrische auto waarbij de energie wordt geleverd door waterstof
- in een brandstofcel wordt de energie in de waterstof, omgezet in elektriciteit
- door de 4-voudige energie-omzetting is het totaalrendement slecht
- de indirecte CO₂-uitstoot is bijna 2 keer zo veel als bij een benzine auto

het aantal energie-omzettingen bij verschillende soorten auto's

- **benzine auto 1x**
energie in benzine > mechanische energie
- **elektrische auto 2x**
energie in aardgas > elektriciteit > mechanische energie
- **waterstof auto 4x**
energie in aardgas > elektriciteit > waterstof > elektriciteit > mechanische energie

Vergelijking vervoermiddelen

A = aantal personen per voertuig

B = primaire energie per persoon per kilometer (wattuur)

vervoermiddel	A	B
vliegtuig Boeing 747 Jumbo	500	300
waterstof auto	4	288
elektrische trein Thalys	355	161
benzine auto	4	150
elektrische auto	4	121
hybride auto Prius	4	108
elektrische trein Dubbeldekker	372	48
elektrische fiets	1	17

Een paar wetenswaardigheden

De **toename** van de wereldbevolking = 200 000 mensen **per dag**
Daar helpt geen enkele milieumaatregel tegen

In 2022 werd de 8 miljardste aardebewoner geboren

- bij een onderlinge afstand van 1 meter tussen 2 mensen, is dat een rij van 8 miljard meter, dat is **200 keer** de aardomtrek
- een vliegtuig met een snelheid van 900 kilometer per uur, doet er **370 etmalen** over, om deze afstand af te leggen

Rijdt een fiets met een verende voorvork zwaarder dan een gewone fiets?

- een verende voorvork wordt tijdens het rijden over een hobbelige weg een beetje warm.
- deze warmte (= thermische energie) moet **extra** door de fietser worden opgebracht.
- een fiets met een verende voorvork rijdt dus zwaarder dan een gewone fiets.

Energieverlies in de voedselkringloop

- als een mens graan eet, wordt 10% hiervan gebruikt voor de groei van zijn lichaam
- als een varken graan eet, wordt 10% hiervan omgezet in varkensvlees
- als een mens varkensvlees eet, wordt 10% hiervan gebruikt voor de groei van zijn lichaam, dat is dus slechts 1% van het graan dat door het varken was opgegeten

Uit het oogpunt van energie, is het eten van vlees dus zeer inefficiënt.

Vergelijking van koken op gas met elektrisch koken

Op het eerste gezicht lijkt koken op gas veel efficiënter dan koken op elektriciteit, maar bij nadere beschouwing moet men dit toch enigszins nuanceren.

koken op gas:

- veel warmteverlies, omdat veel warmte om de pan heen stroomt
- verbrandingsproducten (koolmonoxide en kooldioxide) ontstaan in de keuken
- gevaar voor gas-lekkages waardoor explosies kunnen optreden
- daarom zijn er veel gebouwen (torenflats) waar koken op gas verboden is
- energietoevoer (zeer) slecht regelbaar

elektrisch koken:

- geen verbrandingsproducten in de keuken
- het rendement van de warmte-overdracht tussen kookplaat en pan, benadert de 100%
- de energietoevoer is uitstekend regelbaar
- de energietoevoer kan worden geautomatiseerd, zoals bijvoorbeeld het instellen op een bepaalde temperatuur en stoppen met verwarmen als het water kookt
- ook kan een tijdschakelaar worden toegepast (handig in bejaardenhuizen)

Betrouwbaarheid van de levering van elektriciteit

Iedereen verwacht, dat de levering van elektriciteit voor minstens 99,99% van de tijd is gegarandeerd. Gelukkig is dit in de praktijk aanzienlijk beter.

Bij een betrouwbaarheid van 99,99% zou men gemiddeld 53 minuten per jaar in het donker zitten.

Het energieverbruik van de verlichting

Het energieverbruik van led-verlichting is ongeveer 1,6% van het totale elektriciteitsverbruik van een huishouden. Als men ernst wil maken met energiebesparing, is het beter om de verwarming wat lager te draaien en de auto af te schaffen, in plaats van zo nu en dan het licht in de keuken uit te doen.

Kleine beetjes helpen namelijk maar een (heel klein) beetje.

Als iedereen een beetje doet, dan zullen we maar een beetje bereiken

Vrije energie



Nikola Tesla

Er is geen enkele wetenschappelijke onderbouwing voor het bestaan van "vrije energie". Toch kan men hierover vage twijfels hebben, omdat **Tesla** dit in 1889 zou hebben uitgevonden.

Tesla (1856-1943) was een van de grootste uitvinders aller tijden. Hij bedacht onder meer de infrastructuur van de elektriciteitsnetten zoals wij die tegenwoordig overal gebruiken. Dus energietransport door middel van wisselstroom via hoogspanningsleidingen en transformatoren. Ook was hij de uitvinder van de wisselstroom inductiemotor, de fluorescentie buis (TL-buis), de radio en de afstandsbediening.

In 1943, kort nadat hij was overleden, werd door het Amerikaanse Hooggerechtshof officieel vastgesteld, dat Tesla de uitvinder van de radio was en dus niet Marconi.

Zijn grootste uitvinding zou zijn, de wereldwijde energievoorziening door "vrije energie", afgetapt uit de "ether". ("vrije energie" is de letterlijke vertaling van "free energy" = gratis energie).

Experimenten hiermee vonden echter nooit plaats, omdat zijn geldschieters het lieten afweten. Die zagen helemaal niets in gratis energie.



De **Warden Clyff Tower**

Met 5 van deze torens wilde Tesla een wereldwijde, draadloze energievoorziening mogelijk maken

Tesla was in staat om energie draadloos over grote afstanden te transporteren. Vermeld wordt, dat hij lampen op een afstand van enkele honderden meters draadloos liet branden. Ook zou hij een elektrische auto hebben omgebouwd, die daarna een week lang kon rondrijden zonder dat de accu vanuit het lichtnet werd opgeladen. Ook dit zou mogelijk gemaakt zijn, door het draadloos overbrengen van energie.

Op zichzelf is het draadloos overbrengen van energie niets bijzonders. Vrijwel alle energie die we op aarde gebruiken is draadloos overgebracht van de zon naar de aarde.

Het is eigenlijk veel vreemder, dat men grote hoeveelheden elektrische energie kan transporteren via een paar koperdraden. Bijvoorbeeld van een elektrische centrale naar een grote stad.

Opslag van Energie

Enkele vormen van energie-opslag

1. **Elektrische energie** in supercondensatoren
2. **Chemische energie** in batterijen, accu's en waterstof
3. **Thermische energie** in stoffen met een grote warmtecapaciteit
4. **Kinetische energie** in vliegwielen
5. **Potentiële energie** door het verplaatsen van massa tegen de zwaartekracht in, of het samenpersen van gassen

Energiebesparing

Isolatie van de woning

Voor de verwarming van een slecht geïsoleerd huis is gemiddeld 2100 kubieke meter aardgas per jaar nodig. Voor een goed geïsoleerd huis is dit nog maar 700 kubieke meter. Isoleren helpt dus echt heel veel. Het ideale huis is natuurlijk energieneutraal.

Warmtepomp

Een warmtepomp is 2 keer efficiënter dan een gasgestookte CV-ketel. (CV = centrale verwarming)

Warm water

Veel besparing kan worden bereikt, door de warmwaterboiler vlak bij de kraan te monteren, zowel in de keuken als bij de douche. In veel huizen bevindt zich een combiketel op zolder.

Dat is wel de **slechtst denkbare** plaats. Als men warm water nodig heeft, dan moet eerst de lange leiding naar de keuken of badkamer worden opgewarmd voordat het water op de verbruiksplaats de gewenste temperatuur heeft. Na dichtdraaien van de kraan koelt het water in de leiding weer af, wat puur energieverlies betekent. Bovendien kost dit ook nog eens extra veel water

Auto

Een aanzienlijke besparing in brandstof kan men bereiken met hybride auto's. Men moet dan denken aan (maximaal) 25%. De enige echte besparing is natuurlijk het afschaffen van de auto. Helaas is het openbaar (streek)vervoer van een dermate slechte kwaliteit, dat men deze stap moeilijk zal zetten. Alleen een extreme verhoging van de benzineprijs, zal op termijn enig effect sorteren, maar de meeste mensen zijn niet uit hun auto te slaan

Verlichting

Hoewel verlichting relatief weinig energie verbruikt, kan men daar toch wel wat op bezuinigen door het consequent gebruik van spaarlampen en led-lampen.

Het energieneutrale huis

- over een heel jaar gezien, moet de hoeveelheid opgewekte energie gelijk zijn aan de hoeveelheid verbruikte energie
- de elektriciteit wordt meestal opgewekt met zonnepanelen
- water wordt verwarmd door zonnecollectoren
- zolang er niets beters is bedacht, functioneert het lichtnet als buffer voor de (tijdelijk) overtollige elektrische energie
- in de zomer wordt het overschot aan elektriciteit geleverd aan het net en in de winter wordt het tekort aan energie weer opgenomen uit het net
- de belangrijkste voorwaarde voor een energieneutraal huis is een goede isolatie van het dak, de muren, ramen, deuren en vloeren
- grote ramen op het zuiden, voor maximale instraling van zonnewarmte in de winter
- boven de ramen een luifel waardoor in de zomer, als de zon hoger staat, weinig zonnewarmte naar binnen straalt
- 3-laags glas (maar dat houdt de zonnestraling niet tegen)
- door de goede warmte-isolatie van 3-laags glas is er in de zomer weinig of geen koeling nodig, terwijl in de winter de warmteverliezen beperkt zijn
- energiezuinige apparaten en verlichting
- bij ventilatie en het gebruik van warm water, terugwinning van warmte door warmtewisselaars
- vloerverwarming met een warmtepomp of met water afkomstig van zonneboilers. (bij lage temperaturen zijn de warmteverliezen klein)
- de relatieve warmteverliezen nemen af, naarmate een huis groter is
- de warmteverliezen zijn het kleinst bij een bolvorm (in de praktijk een kubus). Uitstulpingen in de vorm van aangebouwde garages, serres en dakkapellen, veroorzaken extra warmteverliezen.
- men moet met meetapparatuur kunnen controleren of de energie-opwekking in balans is met het verbruik
- alles valt en staat met de motivatie om energie te besparen

Warmtetransport

Warmte gaat altijd (vanzelf) van een hoog temperatuurniveau naar een lager temperatuurniveau. Voor transport in de omgekeerde richting is een (energieverbruikende) warmtepomp nodig. Transport van warmte kan op **3** manieren plaats vinden:

1. door geleiding

In stilstaande materie, bijvoorbeeld een muur, wordt warmte getransporteerd door geleiding. Bij een gewone spouwmuur is de ruimte tussen de 2 muren gevuld met lucht. Die lucht kan dan vrijelijk circuleren tussen de 2 muren en dan wordt er warmte overgedragen door stroming. Als de tussenruimte gevuld wordt met bijvoorbeeld glaswol, dan is de warmte-isolatie heel goed, omdat glaswol veel stilstaande lucht bevat

Stilstaande lucht is een zeer slechte warmtegeleider.

Ook bij 2 of 3 laags glas bevindt zich stilstaande lucht tussen de glasplaten. De afstand tussen de glasplaten is daarbij zo klein, (ongeveer 0,5 centimeter), dat er vrijwel geen stroming van de lucht kan plaatsvinden. Daardoor is dit soort glas een slechte warmtegeleider. Denk ook aan kleding. Een paar lagen over elkaar, met daartussen stilstaande lucht, isoleert de warmte veel beter, dan 1 dikke laag.

2. door stroming

Warmte kan getransporteerd worden door een stromend medium, zoals water, lucht of olie. Bij de centrale verwarming wordt warmte getransporteerd door het water dat vanuit de ketel naar de radiatoren stroomt.

Door een openstaand raam stroomt warme lucht naar binnen of naar buiten. Als het buiten warmer is dan binnen, dan moet men de ramen dus dicht laten, tenminste als men het binnen koel wil houden.

3. door straling

Zonnestraling gaat vrijwel ongehinderd door glas en lucht. Hiertegen helpt 2 of 3 laags glas dus niet. Alleen glas, voorzien van een speciale coating kan de zonnestraling tegenhouden. Als men in de zomer de warmte buiten wil houden, moet er aan de buitenzijde van het raam een zonwering worden aangebracht. Als men in de winter de warmte binnen wil houden, moet er aan de binnenzijde van het raam warmte-isolatie worden aangebracht, bijvoorbeeld in de vorm van gordijnen

Hoe zal het nu verder gaan met de energie?

Olie

De gemakkelijk winbare olie begint op te raken. Men gaat daarom in Canada en Venezuela de moeilijk winbare olie uit teerzand halen. Ook gaat men naar olie boren bij de Noordpool en op 5 kilometer diepte in de Golf van Mexico.

In Amerika, West Europa en Rusland zijn grote voorraden schaliegas en olie gevonden. Het winnen hiervan gaat gepaard met een grote vervuiling van het milieu, maar daar zit natuurlijk niemand mee.

"Als het autootje maar rijdt".

Gas

Er is voorlopig nog voldoende gas, waarschijnlijk nog voor de komende 60 jaar. De top van de aardgasproductie wordt over 20 jaar bereikt. Daarna zal de prijs sterk gaan stijgen. West Europa is daarbij vooral afhankelijk van Noorwegen, Rusland, Noord Afrika en het Midden Oosten.

Steenkool

Er is wereldwijd zeer veel steenkool. Voldoende voor minstens 200 jaar. Steenkool is overal goed voor.

Er kan stadsgas, waterstof, synthetische benzine en dieselolie mee worden geproduceerd.

De techniek voor de productie van synthetische benzine uit steenkool is al sinds 1923 bekend en werd in de 2e wereldoorlog door Duitsland op grote schaal toegepast. (Fischer-Tropsch synthese)

Waterkracht

Hoewel de meest rendabele projecten al zijn gerealiseerd, liggen er nog grote mogelijkheden in Afrika en Zuid-Amerika. Waterkrachtcentrales veroorzaken veel schade aan het milieu.

Groene energie

Groene energie verkregen uit wind, zon, biomassa etc is voorlopig nog van weinig betekenis. Men denkt hiermee (in Nederland) maximaal 14% van (alleen) de elektriciteit in 2020 te kunnen opwekken. Windenergie komt in enkele landen uit de "startblokken", evenals zonne-energie.

Zonnepanelen op het dak van een huis zijn vaak voldoende voor een groot deel van het elektriciteitsverbruik van de bewoner, maar in de winter levert zonne-energie vrijwel niets op.

Biobrandstof

Grootschalige productie van biodiesel etc gaat ten koste van de voedselproductie en het kost bovendien veel gewone brandstof. Dat is dus geen reële optie. De omzetting van zonne-energie naar biobrandstof gaat gepaard met een extreem laag rendement, in de orde van 1%.

Kernenergie

Kernenergie met Uranium is bij het huidige verbruik, nog zo'n 75 jaar mogelijk. Als het Uranium op is, kan men waarschijnlijk met Thorium verder. De hoeveelheid Thorium op aarde is voldoende voor enkele duizenden jaren

Kernfusie

Omstreeks **2050** mogen we de eerste praktische resultaten verwachten van kernfusie. Dan kan de mensheid beschikken over een oneindige hoeveelheid "schone" energie. De totale ontwikkelingstijd heeft dan ongeveer 100 jaar in beslag genomen.

Men kan zich afvragen of het ooit wel zal lukken om zeer grote hoeveelheden energie op te wekken door middel van gecontroleerde kernfusie.

Waterstof

De benodigde elektriciteit voor de elektrolyse van water zal door kernfusie geleverd moeten worden, of door "groene" energie. Maar daarvoor is nog een lange weg te gaan. Waterstof is geen energiebron, maar een energiedrager. Het produceren van waterstof door elektrolyse van water kost **1,5 keer** meer energie dan het oplevert. Waterstof is dus geen oplossing voor het energieprobleem

Hoe zal het nu verder gaan met de wereldbevolking?

Er dreigt een wanverhouding te ontstaan tussen de productie en consumptie van energie. Er zouden vrijwel geen problemen zijn, als er een paar miljard mensen minder op deze aarde zouden rondlopen. (rondrijden). De werkelijkheid is, dat er voor het jaar 2050 nog een paar miljard mensen bij zullen komen. Dat zijn gemiddeld **1 miljoen per week erbij**.

De enige oplossing lijkt: (sterk) **bezuinigen** op energie en (veel) **minder** mensen. Bezuinigen op het energieverbruik, terwijl tegelijkertijd het aantal aardbewoners toeneemt, levert per saldo niets op. Dat is "dweilen met de kraan open". De oplossing is natuurlijk: "**de kraan dichtdraaien**".

Veel mensen denken: "Crisis zijn van alle tijden en men heeft altijd een oplossing gevonden, dus dat zal nu ook wel weer gebeuren".

- de mensheid wordt, voor het eerst in de wereldgeschiedenis, bedreigd door een extreme overbevolking
- **in de afgelopen 6 jaar is de wereldbevolking met een half miljard toegenomen.**
- alle energievoorraden zoals aardolie, aardgas en steenkool raken vroeg of laat op
- de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer neemt voortdurend toe
- deze situatie heeft zich nog nooit eerder voorgedaan

[Het worden interessante tijden](#)

Het Klimaatakkoord van Parijs

Het klimaatakkoord in Parijs, waarbij men elkaar ontroerd om de hals viel, omdat er nu eindelijk iets op papier was gezet, dateert van **12 december 2015**

Nieuwsbericht 23 februari 2018

De ministerraad heeft de kabinetsinzet voor het Klimaatakkoord vastgesteld. Daarmee wordt het startschot gegeven voor de besprekingen met het bedrijfsleven, maatschappelijke partijen en mede-overheden over het Klimaatakkoord. Het doel is om in de zomer van dit jaar tot afspraken op hoofdlijnen te komen over de wijze waarop Nederland de CO₂-uitstoot met 49% terugdringt in 2030. Deze afspraken zullen vervolgens in de 2e helft van het jaar worden uitgewerkt in concrete programma's. De uitvoering van het Klimaat- akkoord begint in **2019**

Ik vraag me af: wat was er dan eigenlijk **wel** afgesproken bij het klimaatakkoord, als men het nu nog over de **hoofdlijnen** moet hebben? De voorbereidingen hebben dus ruim **3 jaar** geduurd.

9 jaar na het klimaatakkoord is er nog steeds niets gebeurd, behalve de bouw van een paar windmolens.

Men gaat gewoon door met de uitbreiding van het wegennet in Nederland.

Tot 2030 komt er nog **1000 kilometer** aan rijstroken bij. Hoe geloofwaardig ben je als overheid?

Veel gehoorde uitspraken:

- Ik wil best wel wat doen voor het milieu, maar ik ga niet in de kou zitten
- Ik wil best wel wat doen voor het milieu, maar ik kan de auto niet missen
- Ik wil best wel wat doen voor het milieu, maar ik wil wel mijn dagelijkse stukje vlees

De 26e klimaatconferentie in Glasgow (2021)

Er kwamen **30 000** deelnemers. Naar de Grand Prix in Zandvoort kwamen dit jaar 70 000 bezoekers. Daar werd door milieufanaten schande over gesproken. Elk jaar is de klimaatconferentie op een andere locatie wereldwijd. Zo hebben de deelnemers steeds een leuk vakantieisje. Het resultaat van de voorgaande **25** conferenties is geheel onduidelijk.

Meestal worden moeilijke onderwerpen doorgeschoven naar de volgende conferentie, een jaar later. Er blijkt geen enkele urgentie te bestaan voor het oplossen van de echte problemen. Het probleem van de **overbevolking** is het grote taboe. Ook **kernenergie** en het terugdringen van het **autogebruik** zijn onbespreekbaar.

Er gaat dus helemaal niets veranderen, totdat alle fossiele brandstoffen op zijn.