



ZONNEPANELEN

Zonnepanelen worden steeds populairder. Logisch: als natuurlijke energiebron zijn zonnepanelen, anders dan fossiele brandstoffen, veel minder schadelijk voor het milieu en natuurlijk goedkoper. Zonnepanelen hebben een lange geschiedenis. De uitvinding lijkt wellicht recent, maar de ideeën over zonnekracht en het benutten van zonne-energie zijn al heel oud. Al bij de Griekse filosofen, zoals Aristoteles, vinden we gedachtegoed over het nut van zonnekracht en zonnewarmte, terwijl ook de Romeinen zonne-energie benutten om hun huizen en badhuizen te verwarmen.



De Griekse filosoof Aristoteles (384-322 v.Chr.) was een van de eersten die het nut onderkende van de zon en de energie die deze leverde. Hij dacht erover na hoe je zonnewarmte het beste kon benutten door de huizenbouw daarop aan te passen. In de derde eeuw voor Christus gebruikten de Grieken, en de Romeinen namen dat van hen over, al vergrootglazen om de zonne-energie te gebruiken om fakkels in brand te steken voor religieuze doeleinden.

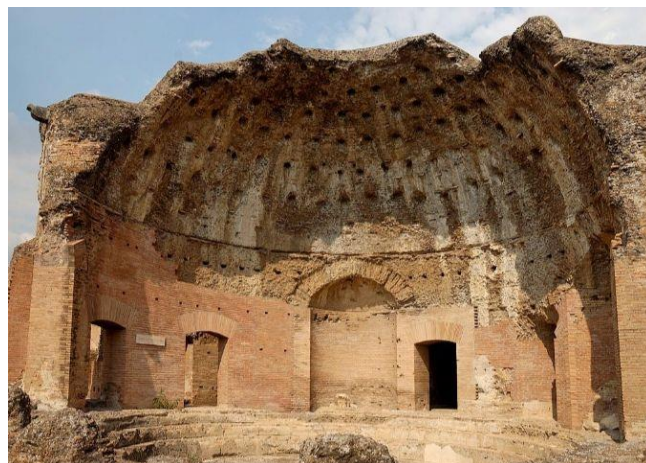
Interessant is het verhaal – dat vermoedelijk een mythe is – hoe de Griekse wetenschapper Archimedes in 212 voor Christus de Romeinen een streek wist te leveren door de reflectieve capaciteiten van brons te benutten (tijdens de Slag bij Syracuse). Met een zonnespiegel reflecteerde hij zonnestrallen op de houten Romeinse schepen tijdens de Slag bij Syracuse (214-212 v.Chr.), die daarop in de fik vlogen. Dit verhaal is beschreven door de Griekse historicus Lucianus van Samosata (ca.125-180).





In 1973 deed de Griekse marine deze proef na en wist met deze methode een houten boot op 50 meter afstand in brand te steken. Echter, in 2005 deden studenten van de Massachusetts Institute of Technology een soortgelijke proef. Het schip vloog in brand, maar pas toen de bewolking weggetrokken was en het schip tien minuten volledig stil lag. Volgens de studenten was de 'zonnespiegel' bruikbaar, maar gezien de strijdstandigheden nauwelijks praktisch inzetbaar. Waarschijnlijk is het verhaal over Archimedes dan ook een mythe. Maar de ideeën over het nut van zonnekracht bestonden dus al wel.

De Romeinse architect en militair Vitruvius (ca. 85-20 v.Chr.) ontwikkelde een sauna, met een open dak waaronder een bronzen koepel zat die zorgde voor de opwarming van de sauna. Van de Romeinen is bekend dat ze van de eerste tot vierde eeuw na Chr. zogenoemde heliocamini gebruikten. Dit waren door glas omgeven ruimtes die ze gebruikten als zonneovens om hun badhuizen te verwarmen. Onder meer keizer Hadrianus (76-138) gebruikte deze techniek in zijn villa.



De Byzantijnse (Oost-Romeinse) keizer Justinianus (482-565) bracht in 529 zijn beroemde wetgeving, de Codex Justinianus uit, waarin hij een bepaling opnam over zonnegebruik. De wet stelde dat individuele burgers het recht hadden om gebruik te maken van zonne-energie. Ten slotte gebruikten de Romeinen ook al kassen voor tropische planten, waarbij ze ook de zonne-energie benutten.

Zonne-energie is de primaire energiebron van onze planeet. Zonne-energie is verantwoordelijk voor plantengroei (fotosynthese) en zorgt voor de warmte die onze planeet bewoonbaar maakt.

1767

De Zwitserse wetenschapper Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799) wordt vaak genoemd als de eerste die in 1767 een soort zonnepaneel bouwde, waarmee hij via de opgewekte energie kon koken; de 'zonneoven'.

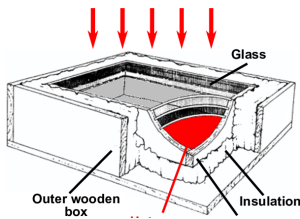
Rond 1760 schreef hij het navolgende op: Het is een bekend feit, dat waarschijnlijk is gekend voor een lange tijd. Een ruimte, een koets of een andere plek wordt warmer door de stralen van de zon door het glas". Om de effectiviteit van warmteopbrengst in met glas bedekte ruimte te bepalen, bouwde de Saussure deze rechthoekige



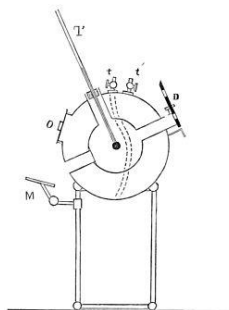
doos van 1 cm dik hout, isoleerde deze aan de binnenkant, en bedekte de bovenkant met glas. Hierin plaatste hij een van twee kleinere dozen. Bij blootstelling aan de zon, werd deze verhit tot 109 graden Celsius, dus 9 graden Celsius boven het kookpunt van water.

Saussure was er niet zeker van hoe de zon deze dozen verwarmde. Vandaag de dag kunnen we beter uitleggen wat er is gebeurd. De zonnestralen drongen het glas binnen. De zwarte binnenbekleding absorbeerde het zonlicht en zette het om in warmte. Hoe helderder het glas is, hoe gemakkelijker de stralen van de zon binnenkomen, tevens voorkomt hetzelfde glas dat warmte op dezelfde wijze weer de doos verlaat. Aangezien het glas de zonnewarmte gevangen houdt in de doos, wordt deze opgewarmd. De uitvinder beseftte dat deze 'hete doos' belangrijke praktische toepassingen kon hebben.

Overigens, het principe van deze techniek wordt nog steeds gebruikt, ook bij moderne zonneboilers om water te verhitten. Zonneovens bestaan nog steeds en zijn met name een uitkomst voor landen met een lage economische ontwikkeling en voor toeristen in afgelegen gebieden. Maar, ook om grootschalig energie op te wekken.

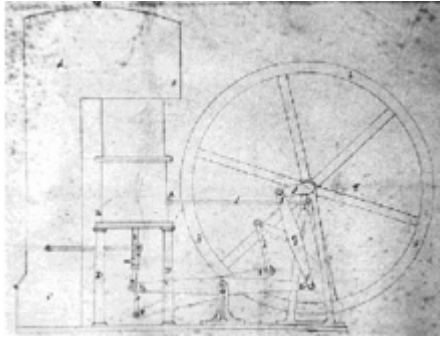


Deze techniek, waarmee hij temperaturen tot boven de 110 graden Celsius kon bereiken, benutte later onder meer de wetenschapper John Herschel (1792-1871), in de jaren 1830 tijdens een expeditie in Zuid-Afrika. In 1825 had deze Herschel de actinometer uitgevonden, een instrument waarmee de hittekracht van opgewekte zonne-energie gemeten kon worden.



1816

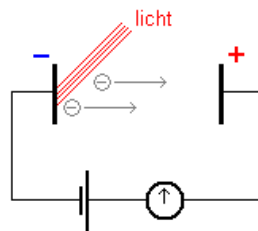
Op 27 september 1816 vroeg de wetenschapper en predikant Robert Stirling (1790-1878) in Edinburgh een patent aan op zijn Heaten Economiser, ook wel de Stirling Engine genoemd. Deze machine, die de stoommotor moest beconcurreren, gebruikte zonnestralen als thermische energie om krachten te genereren.



1839

In 1839 ontdekte de Franse wetenschapper Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891) het fofovoltaïsche effect. Becquerel maakte een opstelling met twee elektroden die hij in een elektrolyt zette. Toen hij deze installatie blootstelde aan zonlicht, bleek de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit te stijgen.

Het duurde nog tot 1883 voordat de eerste zonnecel van selenium gebouwd werd, door de Amerikaanse wetenschapper Charles Fritts (1850-1930), met behulp van de ontdekking van Becquerel en met de kennis van Willoughby Smith (1828-1891), de ontdekker van fotogeleiding via selenium. Hierna maakte de Russisch natuurkundige Aleksandr Stoletov (1839-1896) in 1888 de eerste zonnecel die werkte volgens het principe van foto-elektrisch effect.



1891

De 'hete doos' van Horace Bénédict de Saussure is het prototype geworden voor de zonnecollectoren die sinds 1892 voor miljoenen mensen warm water heeft geleverd. De eerste commerciële zonneboiler de Climax, werd gepatenteerd in 1891 door Clarence Kemp uit Baltimore Maryland. Het patent beschreef een verbeterde methode en de combinatie van metalen tanks gebaseerd op het wetenschappelijk principe van de "hete doos".

De Climax zonneboiler werd geïntroduceerd in 1891 in Californië, en verkocht voor \$ 25. Hij beloofde de huiseigenaren een besparing van ongeveer \$ 9 per jaar in steenkool. Dankzij de hoge brandstofkosten werd de Climax zonneboiler dan ook een doorslaand succes, hij verkocht zestienhonderd geïnstalleerde systemen in Zuid-Californië in het jaar 1900.



Advertisement for the Climax solar water heater, 1902. The price of this Kemp's heater which had just dropped from \$25 to \$15.

1908

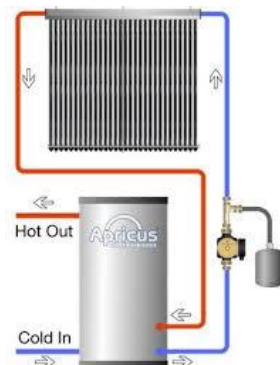
In 1908 vond William J. Baileys een zonnecollector uit die bestond uit koperen spoelen en dozen. Deze collector was een verbetering, met name omdat Baileys een koperen isolatie gebruikte in zijn collector.

1909

In 1909, patenteerde William J. Bailey een zonneboiler die voor de branche een revolutie betekende. Hij scheidde de zonneboiler in twee delen:

- a. Een verwarmingselement, blootgesteld aan de zon
- b. Een geïsoleerde opslagruimte, weggestopt in het huis.

Hierdoor kon een gezin de volgende ochtend de beschikking hebben over verwarmd water van de dag ervoor. Het verwarmingselement bestond uit buizen, bevestigd aan een zwart geschilderde metalen plaat, geplaatst in een met glas overdekt doos. Het te verwarmen water wordt doorgegeven door de smalle pijpen, in plaats van het verwarmen van één grote zwarte tank. Deze basisprincipe linkt nog steeds door bij de huidige generatie zonnecollectoren.



Bailey vermeerderde op deze wijze de hoeveelheid water blootgesteld aan de zon op een bepaald moment, en dus werd het water sneller verwarmd. Het vermogen om warm water te verstrekken over langere periodes zette Bailey's Zonneboiler genaamd 'Day and Night' op een grote voorsprong ten opzichte van de concurrentie. Al snel ging de 'Climax' uit productie. In 1909, begon Bailey met zijn bedrijf. In 1918, had zijn bedrijf meer dan 4000 Day and Night Solar Hot Water Heaters verkocht.



Zonneboilers gebruiken de zonne-energie van de zon om warmte te genereren (geen elektriciteit). Deze kan vervolgens worden gebruikt om water te verwarmen. Dit water wordt gebruikt om te douchen, voor ruimteverwarming, voor industriële processen of zelfs voor zonnekoeling.

Terwijl zonneboilers al meer dan 100 jaar bestaan, zijn er de afgelopen 20 jaar significante veranderingen geweest in absorberende coating technologieën, resulterend in zonnecollectoren die 50% van het beschikbare zonlicht kunnen omzetten naar energie voor het verwarmen van water voor in huis, dit levert u een financiële besparing op. Een zonneboilersysteem is een van de meest effectieve manieren om uw huishouden te verduurzamen.

De zonneboilers vallen in 2 groepen: de passieve en actieve systemen. Beide systemen hebben altijd een back-up energiebron nodig zoals een elektrisch element of een aansluiting op een gasketel, houtkachel of olie-gestookte verwarming die wordt ingeschakeld wanneer de watertemperatuur in de boiler beneden de minimumtemperatuur van ongeveer 55°C daalt. Het warme water is dus altijd beschikbaar. In veel landen kan de zonneboiler voorzien in en tot wel 85% van de sanitaire warmwater behoefte.

1918

De Poolse wetenschapper Jan Czochralski ontwikkelde een manier om monokristallijn silicium te kweken.

1932

Audobert en Stora ontdekten het fotovoltaïsche effect in cadmiumsulfide.

1954

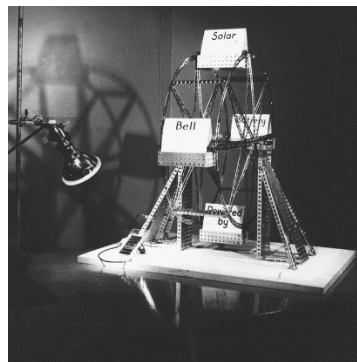
Grote ontwikkelingen richting de zonnepanelen zoals wij die vandaag de dag kennen om stroom op te wekken, werden gestimuleerd door de ruimtevaart die na de Tweede Wereldoorlog opkwam. In 1954 ontwikkelden de Amerikaanse onderzoekers Daryl Chapin, Calvin Fuller en Gerald Pearson de fotovoltaïsche siliconencel (FS, in het Engels PV genoemd).



Een cel had een afmeting van 26mm * 10 mm. En, zorgvuldig bewaard. Anno 2020 functioneren deze cellen nog steeds.



Om dit te demonstreren, sloten ze een siliciumpaneeltje aan op een speelgoedreuzenrad, richtten er licht op en lieten het wiel draaien.



1955

de eerste zonnecel die genoeg zonne-energie kan omzetten in stroom om elektrische apparatuur te laten werken. En, werd gebruikt om het telefoonverkeer te ondersteunen



1956

In 1956 verschijnen de eerste advertenties in magazines. Daarmee werd aan het publiek de Bell Solar Battery getoond, een combinatie van accu en zonnepaneel.





Architect Frank Bridgers ontwierp 's werelds eerste commerciële kantoorgebouw met behulp van waterverwarming op zonne-energie en passief ontwerp. Dit zonnestelsel is sinds die tijd continu in bedrijf en het Bridgers-Paxton-gebouw staat (als monument) nu in het National Historic Register als 's werelds eerste door zonne-energie verwarmde kantoorgebouw.



1958

Deze fofovoltaïsche siliconencel werd vanaf 1958 toegepast in de ruimtetechnologie.



Dat jaar werd begonnen met het opwekken van energie door satellieten en andere ruimteobjecten.

1958

Zonne-energie en -panelen waren echter heel duur en kostbaar in de jaren 1950 tot 1970.

Hoffman Electronics realiseert 9% efficiënte fofovoltaïsche cellen. De ruimtesatelliet Vanguard I gebruikte een zonnepaneel van minder dan 1 W om zijn radio's van stroom te voorzien. Later dat jaar werden Explorer III, Vanguard II en Sputnik-3 gelanceerd met PV-aangedreven systemen aan boord en het is nog steeds de standaard energiebron voor ruimtetoepassingen.



1959

Hoffman Electronics bereikt 10% efficiënte, in de handel verkrijgbare fofovoltaïsche cellen.

1960

Hoffman Electronics realiseert 14% efficiënte fofovoltaïsche cellen. Silicon Sensors Inc. begint met de productie van fofovoltaïsche cellen van selenium en silicium.

1963

Sharp Corporation slaagt erin praktische fofovoltaïsche siliciummodules te produceren. Japan installeerde destijds de grootste array ter wereld; een 242 watt-systeem op een vuurtoren.

1964

NASA lanceert de Nimbus-satelliet (een weersatelliet), aangedreven door een fofovoltaïsche array van 470 watt.



1966

NASA lanceert het eerste Orbiting Astronomical Observatory, aangedreven door een fofovoltaïsche array van 1 kilowatt.





1969

In Frankrijk wordt in Odeillo een zonneoven gebouwd met een parabolische spiegel van 8 verdiepingen. sinds 2009 staat deze op de lijst van Historische Monumenten. En, functioneert (anno 2020) nog steeds en een toeristisch attractie.



In 1947 besluit Professeur Félix Trombe zich in Mont-Louis te vestigen om in 1949 's werelds eerste zonne-energie oven te bouwen, waarmee hij de hele wetenschappelijke wereld op zijn kop zet. De (eerste) experimentele zonne-energie oven wordt in 1951 in werking gesteld en kondigt meteen al zijn grote broer van Odeillo aan met zijn prestaties en technologie.



1970

Een belangrijke vervolgstap was dan ook een efficiënt zonnepaneel ontworpen door Exxon Corporation. Dit paneel was goedkoper te produceren en een belangrijke mijlpaal in de geschiedenis van de zonnepanelen.





Elliot Berman ontwerpt, met hulp van Exxon Corporation, een veel goedkopere zonnecel, waardoor de prijs met 80% wordt verlaagd. Zonnecellen begonnen navigatiewaarschuwingslichten en -hoorns van stroom te voorzien op veel offshore gas- en olieplatforms, vuurtorens, spoorwegovergangen en huishoudelijke zonne-energietoepassingen werden gezien als verstandige toepassingen op afgelegen locaties waar netgekoppelde nutsvoorzieningen niet betaalbaar konden bestaan.

1972

De Fransen installeren een fotonvoltaïsch systeem met cadmiumsulfide om een educatieve televisie te laten werken op een dorpsschool in Niger.

Het Institute of Energy Conversion werd opgericht aan de Universiteit van Delaware om onderzoek en ontwikkeling uit te voeren op het gebied van dunne-film fotonvoltaïsche (PV) en thermische zonnepanelen, en werd daarmee het eerste laboratorium ter wereld dat zich toelegde op onderzoek en ontwikkeling van PV.

1973

De Universiteit van Delaware bouwt 'Solar One', een van 's werelds eerste door fotonvoltaïsche (PV) aangedreven woningen. Het systeem is een PV/thermische hybride. De in het dak geïntegreerde arrays voeden overdag het overtollige vermogen via een speciale meter aan het nutsbedrijf en kochten 's nachts stroom van het nutsbedrijf. Naast elektriciteit fungeerden de arrays als thermische collectoren met vlakke platen, waarbij ventilatoren de warme lucht van over de array naar faseveranderings-warmteopslagbakken bliezen.



1976

David Carlson en Christopher Wronski, RCA Laboratories, vervaardigen de eerste fotonvoltaïsche cellen van amorf silicium. Amorf wil zeggen, een vaste stof zonder een kristallijne structuur: de atomen, ionen of moleculen zijn in amorf materiaal volledig willekeurig gerangschikt. Deze vaste stof-fase leidt meestal tot brosse en transparante materie, zoals glas.

1977

Mede door de oliecrisis in de jaren 1970 omarmde de Amerikaanse regering in 1977 het gebruik van zonne-energie door de opstart van het Solar Energy Research Institute. Hierna openden ook andere regeringen soortgelijke onderzoekscentra.



1981

In 1981 maakte uitvinder Paul MacReady (1925-2007) een op zonne-energie aangedreven vliegtuig. Dit vliegtuig gebruikte ruim 1600 zonnecellen, die in de vleugels gemonteerd waren en slaagde erin om een behoorlijke afstand, van Frankrijk naar Engeland, te overbruggen.



1982

Een jaar later, in 1982, ontwikkelden Australische wetenschappers de eerste auto die zich via zonnepanelen cq. zonne-energie voortbewoog. De Australiër Hans Tholstrup bestuurt deze auto op zonne-energie, de Quiet Achiever, van Sydney naar Perth.



Volkswagen uit Duitsland begint met het testen van fotonvoltaïsche arrays die op de daken van Dasher-stationwagens zijn gemonteerd en 160 watt produceren voor het ontstekingsstelsel. Dasher staat in Nederland bekend als Passat.





De wereldwijde fotovoltaïsche productie bedraagt meer dan 9,3 megawatt.

1983

De eerste fotovoltaïsche energiecentrale op megawattschaal gaat online in Hesperia, Californië. Het heeft een systeem met een capaciteit van 1 megawatt, ontwikkeld door ARCO Solar, met modules op 108 dubbelassige trackers. Dat is voldoende stroom levert voor ongeveer 2.000 huishoudens.



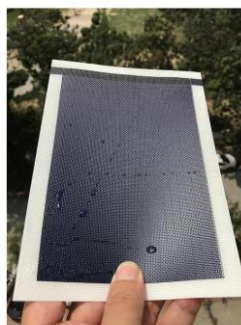
1985

De Universiteit van Zuid-Wales doorbreekt de efficiëntiebarrière van 20% voor siliciumzonnecellen

1986

De grootste thermische zonne-installatie ter wereld, gelegen in Californië, werd in gebruik genomen. Het zonneveld bevatte rijen spiegels die de energie van de zon concentreerden op een systeem van buizen waarin een warmteoverdrachtsvloeistof circuleerde. De warmteoverdrachtsvloeistof werd gebruikt om stoom te produceren, die een conventionele turbine aandreef om elektriciteit op te wekken.

ARCO Solar brengt de G-4000 uit: 's werelds eerste commerciële dunne-film-stroommodule.



1989

Overigens kreeg in 1989 de eerste Nederlandse woning, die van Evert Sjoerdsma in Castricum, (een premiekoopwoning) zonnepanelen op het dak. Het waren maar liefst 64 zonnepanelen, die een veel lager rendement hadden dan de moderne zonnepanelen.



Dit zonnehuis moest aantonen dat in Nederland een pv-dak op een standaardwoning voldoende elektriciteit kan leveren voor eigen gebruik, inclusief een aandeel in de warmwatervoorziening. Uitgangspunt was dat in het zonnehuis een normaal leefcomfort behaald kan worden bij optimaal gebruik van de elektriciteit, zonder verbinding met het openbare net. Het zonnehuis-project had nog een tweede doel; ervaring opdoen met het functioneren van een autonoom pv-systeem van deze aard over een langere periode.

In 2020, toen het aantal huishoudens met zonnepanelen in Nederland de een miljoen overschreed, lagen er op Sjoerdma's dak nog maar acht zonnepanelen, die hetzelfde rendement leverden als de 64 panelen uit 1989. Het rendement van zonnepanelen nam daarna, vanaf de jaren 1990, enorm toe.

1992

De Universiteit van Zuid-Florida ontwikkelt een 15,9% efficiënte dunne-film fotovoltaïsche cel gemaakt van cadmiumtelluride, waarmee voor het eerst voor deze technologie de grens van 15% wordt doorbroken.

1994

De eerste zonneschotelgenerator met een Stirlingmotor met vrije zuiger is aangesloten op het elektriciteitsnet.



Het National Renewable Energy Laboratory ontwikkelt een zonnecel gemaakt van galliumindiumfosfide en galliumarsenide, die als eerste een conversie-efficiëntie van meer dan 30% bereikt.

1998

Het op afstand bestuurbare vliegtuig op zonne-energie, 'Pathfinder', vestigt een hoogterecord van 80.000 voet tijdens zijn 39e opeenvolgende vlucht op 6 augustus in Californië.

Subhendu Guha leidde de uitvinding van flexibele zonnetegels.



1999

Vanaf het midden van de jaren 1980 rezen zonne-energiecentrales als paddenstoelen uit de grond. De grootste fabriek die ontwikkeld werd leverde ruim 20 kilowatt op en kwam in 1999 tot stand.

Vanaf de jaren tachtig werden zonnecellen steeds efficiënter. In 1999 werd een record bereikt, toen er een zonnecel ontwikkeld werd met fotonvoltaïsche rendementen van liefst 36 procent. Ter vergelijking: rond 1960 lag de efficiëntie nog op 14 procent, in 1985 op 20 procent.

De cumulatieve, wereldwijd geïnstalleerde fotonvoltaïsche capaciteit bedraagt 1000 megawatt.

2000

First Solar begint met de productie in Perrysburg, Ohio, in 's werelds grootste fotonvoltaïsche fabriek met een geschatte capaciteit om elk jaar voldoende zonnepanelen te produceren om 100 megawatt aan stroom op te wekken.

Bij het Internationale Ruimtestation beginnen astronauten met het installeren van zonnepanelen op wat de grootste zonne-energiecentrale zal zijn die in de ruimte zal worden ingezet. Elke vleugel van de array bestaat uit 32.800 zonnecellen.



Sandia National Laboratories ontwikkelt een nieuwe omvormer voor elektrische zonne-energiesystemen die de veiligheid van de systemen tijdens een stroomstoring zal vergroten.



2001

NASA's vliegtuig op zonne-energie, Helios, vestigt een nieuw wereldrecord voor niet-raketaangedreven vliegtuigen van 96.863 voet; ruim 18 kilometer hoog.



2010

Niet alleen werden zonnepanelen rendabeler: ze werden, met name vanaf ongeveer 2010, ook voor particulieren steeds betaalbaarder. Dit kwam mede door subsidiëring van de overheid. De ontwikkeling gaan nog steeds door en overal ter wereld, met name in Azië, worden records gebroken.

2012

Zo openden de Chinezen in 2012 de grootste zonne-energiecentrale ter wereld: het Golmud Solar Park. Deze centrale heeft een geïnstalleerd vermogen van 200 megawatt. Ook in India legde men een groot energiepark aan: het India Gujarat Solar Park. Dit park bestaat uit meerdere zonne-energiebedrijven in de Gujarat-regio. Gezamenlijk beschikken zij over een geïnstalleerd vermogen van maar liefst 605 megawatt.



2017

Anno 2017 valt het rendement van zonnepanelen terug te verdienen in slechts een handjevol jaren. Cruciaal hierbij was een Zwitserse uitvinding van het bedrijf Insolight uit 2016, die het rendement van zonnepanelen voor particulieren van 18-20 procent naar 36 procent verhoogde. Die hoge rendementen bestonden al in de industrie, maar waren voor particulieren onbetaalbaar.