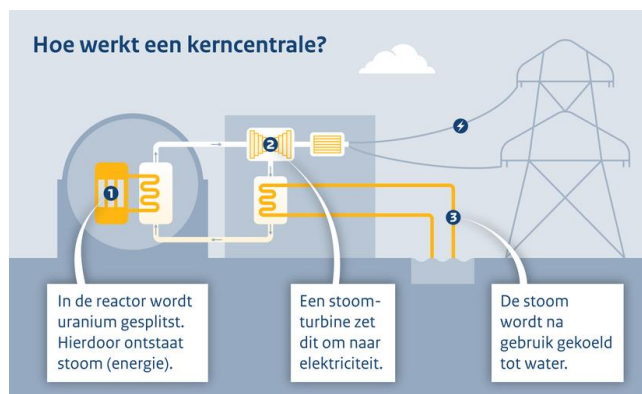


Factsheet | Opwek: kernenergie

Opwek

- Zon-pv
- Wind op land
- Wind op zee
- **Kernenergie incl. SMR en thorium**
- Biomassa
- Groen gas
- (Rest)warmte
- Geothermie
- Alternatieve duurzame bronnen (o.a. witte waterstof, ijzerpoeder, energie uit (zee)water)
- Fossiele bronnen



Bron: [Overkernenergie.nl](https://overkernenergie.nl).

Algemeen: wat is het?

Kernenergie verwijst naar de energie die vrijkomt bij het splitsen van atoomkernen. Met de vrijgekomen energie wordt stoom geproduceerd, waarmee via een stoomturbine elektriciteit wordt opgewekt. Dit proces vindt plaats in een kerncentrale, waarvan we er één hebben in Nederland, in Borssele. Met kernenergie kan elektriciteit worden opgewekt met een lage CO₂-uitstoot vergeleken met fossiele bronnen (de meeste uitstoot komt door winning en verwerking van uraniumerts). Na energieopwekking met kernenergie blijft kernafval over, wat voor zeer lange tijd (meer dan een miljoen jaar) radioactief is, en daarmee zeer gevaarlijk is ([World Nuclear Association, 2023](#)). Dit langdurig gevaarlijke afval moet permanent worden opgeslagen; dat wordt *eindberging* genoemd. Er is nog geen permanente oplossing voor eindberging van Nederlands kernafval. Het huidige beleid via 'Het nationale programma voor het beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen' ([Rijksoverheid, 2016](#)) is dat er in 2100 een beslissing wordt genomen over permanente eindberging. De huidige staatsecretaris Jansen is voornemens om deze beslissing naar voren te trekken, en heeft via een [kamerbrief](#) laten weten hiermee aan de slag te gaan. Voor 2026 dient Nederland als EU-lidstaat een nieuw nationaal programma te hebben gepubliceerd. Nederland slaat momenteel tijdelijk (periode van ten minste 100 jaar) het kernafval op bij COVRA, vlak bij de kerncentrale in Borssele.

Naast de traditionele kerncentrale zijn er verschillende innovaties in ontwikkeling, zoals Small Modular Reactors (SMR's), reactoren met thorium als splijtstof, en nog meer geavanceerde reactormodellen, zoals gesmoltenzoutreactoren. Onderzoek naar alternatieve vormen van kernenergie vindt plaats vanwege potentiële voordelen, zoals lagere kosten door standaardisatie en prefab ontwerp, andere splijtstoffen, meer mogelijke locaties en hogere inherente veiligheid. Gezien de fase van ontwikkeling zijn zowel de voor- als nadelen nog onzeker.

Kenmerken

- **Bijdrage aan doelstelling RES:** nee (geen onderdeel van RES bod).
- **Bijdrage aan CO₂-reductie 2050:** ja, landelijk.
- **Totale emissies gehele levensduur:** 13 CO₂-eq./kWh. ([NREL, 2021](#))
- **Technische realisatie voor 2030:** niet voor 2030, inschatting is dat kernenergie op zijn vroegst in 2040 beschikbaar kan zijn.
- **Realisatietijd:** (zie kop 'Specifieke punten' voor toelichting)
 - grote kerncentrale: 10-25 jaar;
 - SMR: 20-25 jaar.([Wim Turkenburg, 2024](#))

Toepassing

Elektriciteitsproductie: kernenergie kan zeer veel elektriciteit produceren, met relatief weinig ruimtelijke impact ([Our World in Data, 2022](#)). Vanuit zowel een kostenperspectief als levensduurperspectief is het voordeliger om een kerncentrale stabiel stroom te laten produceren gedurende het hele jaar. Het op- en afregelen is wel mogelijk met de modernste centrales, echter wordt hierdoor het aantal draaiuren lager, waardoor de kosten (per kWh) hoger worden. Ook leidt het variabel op- en afregelen van een reactor tot meer onderhoud, dus meer kosten.

- **Productiekosten:** € 92-200 per MWh. ([Kalavasta & Berenschot, 2020](#))
- **Ruimtelijke impact:** 0,3 m² per MWh. (minst van alle technieken) ([Our World in Data, 2022](#))
- **Levensduur:** 50-60 jaar.
- **SDE++-subsidie:** nee.

Warmtelevering: kernenergie kan ook worden gebruikt voor warmtelevering. In plaats van de warmte te gebruiken voor elektriciteitsproductie via de stoomcyclus, kan de warmte aan een warmtenet worden afgegeven. Ook kan restwarmte worden benut. In Rusland en Oost-Europa wordt dit al gedaan ([Statista, 2024](#)). Alleen warmtelevering zal er echter toe leiden dat de kernreactor een groot gedeelte van het jaar stilstaat, wat kostentechnisch niet voordeliger is. Een hybride operatie (warmte en elektriciteit) is technisch gezien mogelijk.

Specifieke punten

Realisatietijd: voor de discussie over kernenergie is het belangrijk om te kijken naar de realisatietijd. Hoelang duurt het gehele traject om een kerncentrale/SMR te realiseren? Dit is lastig te zeggen, aangezien grote kerncentrales altijd grote maatwerkprojecten zijn. De ene situatie is moeilijk te vergelijken met de andere situatie. Uit recente Europese ervaring blijkt dat het ten minste 20 jaar duurt van politieke beslissing tot het einde van de bouw van grote kerncentrales ([Turkenburg, 2022](#)). Het vorige kabinet heeft in 2022 het politieke besluit genomen voor twee nieuwe kerncentrales die vanaf 2035 klaar moeten zijn. De realisatietijd van dertien jaar lijkt dus ambitieus ingeschat (zie kenmerken).

SMR's: SMR's zijn een nog ontwikkelende technologie; deze zijn commercieel nog niet beschikbaar. Voor SMR's zijn er circa 100 verschillende ontwerpen, waarvan er slechts twee in aanbouw zijn en drie al opereren in China, India en Rusland ([OECD, 2024](#)). Volgens experts is de verwachting dat het nog 20 jaar duurt voordat een SMR structureel energie kan leveren in Nederland. De voor- en nadelen zijn nog onzeker. We verwijzen naar een recent artikel van prof. Turkenburg, waarin uitgebreid wordt ingegaan op SMR's ([Turkenburg, Milieu Dossier, 2024](#)).

Thorium: thorium is geen splijtstof, maar een vruchtbaar¹ materiaal dat kan worden omgezet in een splijtstof door een kerndeeltje op te nemen in de buurt van splijtstof, zoals uranium of plutonium. Momenteel zijn er geen kernreactoren die thorium gebruiken; het hoort bij de nieuwe generatie IV-reactoren. Volgens experts als Wim Turkenburg en Jan Leen Kloosterman duurt het nog tientallen jaren voordat thorium als brandstof kan worden ingezet, omdat er nog veel onderzoek nodig is ([Wise](#)).

Huidige stand van zaken Groningen

Er is momenteel geen kernenergie in Groningen. Ook zijn er geen concrete plannen voor kernenergie in Groningen. Wel wordt de Eemshaven in het [Besluit kwaliteit leefomgeving](#) als een mogelijke locatie voor een kernenergiecentrale genoemd.

Volgens Artikel 5.13 van de [Omgevingsverordening provincie Groningen](#) is het niet toegestaan om een kerncentrale te bouwen. Dit betekent dat op provinciaal niveau een dergelijke ontwikkeling niet kan plaatsvinden. Echter, de bevoegdheid om kerncentrales te realiseren ligt primair bij de Rijksoverheid. Als de Rijksoverheid besluit een kerncentrale in de Eemshaven te bouwen, kan zij gebruikmaken van haar bevoegdheden om provinciale beperkingen te overstemmen. Dit kan via de omgevingswet door middel van een projectprocedure ([RVO, 2023](#)), waarmee het Rijk de regie overneemt bij projecten van nationaal belang. Begin 2024 is een projectprocedure opgestart voor Nieuwbouw Kerncentrales ([Ministerie van EZK, 2024](#)). Uit een recente [kamerbrief](#) van 11 februari 2025 blijkt dat het kabinet de Eemshaven beleidsmatig zal schrappen als waarborglocatie voor kerncentrales, maar deze locatie niet op voorhand uit zal sluiten van de MER-procedure voor locatieonderzoek naar twee nieuwe kerncentrales.

In het [Besluit kwaliteit leefomgeving](#) wordt Eemshaven nog wel genoemd als een potentiële locatie voor een kernenergiecentrale.

¹ Vruchtbaar nucleair materiaal is nog niet splijtbaar. Alleen met splijtbaar nucleair materiaal kan energie worden opgewekt. Het moet neutronen opnemen om tot splijtstof te worden gemaakt.

Betaalbaarheid

Productiekosten in €/MWh: dit zijn de kosten voor de productie van 1 MWh elektriciteit over de gehele levensduur van de installatie. Dus totale kosten (€)/totale productie (MWh). Dit heet de Levelised Cost of Energy (LCOE).

Productiekosten: € 92-200 (exclusief eindberging).
([Kalavasta & Berenschot, 2020](#))

Verschil tussen laagste en hoogste kosten:

De bandbreedte van de kosten komt voort uit het aantal draaiuren. Hoe meer uren een kerncentrale produceert per jaar, hoe goedkoper die is per geproduceerde MWh. Op- en afschakelen van productie is kostbaar.

Zeer hoge financieringskosten: hoge financieringskosten en lange bouwtijd zijn een drempel om te investeren in kernenergie. Tijdens de lange bouwtijd van een kerncentrale kunnen geen inkomsten worden gegenereerd, waardoor de rente die betaald moet worden over de lening steeds groter wordt (rente op rente). Dus hoe langer de bouw duurt, hoe hoger de financieringskosten. Recente bouwprojecten van kerncentrales kostten veel meer dan verwacht. Uit een analyse van zes recente bouwprojecten ([Profundo, 2024](#)) blijkt dat de gemiddelde kosten driemaal zo veel zijn als oorspronkelijk begroot. Bij de nieuwe kerncentrales in Nederland moet rekening worden gehouden met kosten van bijna € 10.000 per kWe. Dat komt omgerekend neer op circa € 26 miljard voor de nieuwbouw van twee kerncentrales. In een eerder rapport dat in opdracht van de Rijksoverheid werd opgesteld, hield men nog rekening met maximaal aanvaardbare kosten van € 4.600 per kWe.

Kernenergie wordt duurder, andere bronnen goedkoper: de trend is dat kernenergie steeds duurder wordt. Dit heeft een aantal oorzaken, zoals toenemende eisen met betrekking tot veiligere en efficiëntere kernreactoren. Ook worden originele begrotingen voor nieuwe kerncentrales vaak niet gehaald, waardoor de kosten aanzienlijk hoger uitvallen.

Prijsgaranties overheid: om investeringen in kernenergie aantrekkelijker en mogelijk te maken, kan een overheid prijsgaranties afgeven voor kernenergie. De exploitant van de kerncentrale krijgt hiermee zekerheid over de prijs waarvoor hij de geproduceerde elektriciteit kan verkopen om op die manier concurrerend te blijven met andere bronnen. Dit is een subsidie die uit publieke middelen wordt betaald. Een kerncentrale die momenteel in aanbouw is in Engeland, genaamd Hinkley Point C, zal zijn kernenergie naar verwachting kunnen verkopen voor tweemaal de marktprijs als de bouw klaar is ([Renewable-Energy-Industry.com](#)). De afspraak is ook dat de exploitant de overwinst terugbetaalt als de marktprijs hoger is dan de afgesproken prijs. De verwachting is echter dat de marktprijs van elektriciteit zal dalen de komende jaren, aangezien goedkope bronnen zoals zonne- en windenergie een steeds groter aandeel krijgen.

Betrouwbaarheid

Veiligheid en risico: ongelukken bij kerncentrales komen zelden voor. Tsjernobyl en Fukushima zijn de grootste kernrampen die ooit hebben plaatsgevonden. De gevolgen van een kernramp zijn groot, vanwege het radioactief materiaal dat zich ver over de wereld kan verspreiden. Vanwege de risico's (kans maal gevolg) heeft er veel technologische ontwikkeling plaatsgevonden die kerncentrales veiliger heeft gemaakt. De kans is klein, de gevolgen groot ([World Nuclear Association, 2024](#)).

Realisatietijd zeer onzeker: uit recente Europese bouwprojecten van kerncentrales is gebleken dat onverwachte vertraging en tegenvallers op de loer liggen. De bouw van kerncentrales is complex en dat maakt het lastig om een planning te maken.

Weinig expertise in Nederland: Nederland is niet zoals Frankrijk een land met veel ervaring op het gebied van de bouw van nieuwe kerncentrales. Daarom zou Nederland afhankelijk zijn van een buitenlandse partij. Momenteel wordt er met drie partijen gesproken: Westinghouse (VS), EDF (Frankrijk), KHNP (Zuid-Korea).

Hoge rente op kernenergie: publieke en private partijen eisen, vanwege de hoge risico's, relatief hoge rentes op investeringen in kernenergie. Hierbij moet gedacht worden aan zo'n 7% voor kernenergie, ten opzichte van 4,3% voor zonne- en windenergie ([Kalavasta & Berenschot, 2020](#)). De rentekosten zijn een aanzienlijk deel van de kosten.

Toekomstbestendigheid

Lange levensduur: kerncentrales hebben een levensduur van 50 jaar. Soms kunnen ze verlengd worden tot 60 jaar. Dit zijn echter wel uitzonderingen op de regel. De ontmanteling van een kerncentrale duurt zo'n 10 jaar ([EPZ](#)).

Basislast in toekomstig energiesysteem: kernenergie heeft het meeste voordeel bij een stabiele stroomproductie met veel draaiuren (basislast).

Kernafval: kernafval in Nederland wordt tijdelijk bovengronds opgeslagen in [COVRA](#), Zeeland, voor een periode van ten minste 100 jaar. Deze locatie voldoet ruim aan de veiligheidseisen, blijkt uit [stresstest](#) die is uitgevoerd na de ramp van de kerncentrale in Fukushima (Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming, 2020). Na die 100 jaar moet het kernafval op een permanente opslaglocatie worden opgeslagen. Er is nog geen permanente opslaglocatie voor Nederlands kernafval. Momenteel vindt onderzoek plaats naar de eindberging van Nederlands kernafval ([COVRA](#)). Pas in het jaar 2100 wordt volgens het [huidige beleid](#) besloten waar die eindberging zal komen voor Nederlands kernafval. De huidige staatssecretaris Jansen heeft echter via een [kamerbrief](#) aangegeven dit besluit naar voren te willen trekken. Daarmee laat het huidige kabinet het eerdere beleid los. De kosten van eindberging zijn nog niet bekend en maken geen onderdeel uit van de eerdergenoemde kosten van kernenergie.

Zoutkoepels: zoutkoepels worden al decennia in verband gebracht met de opslag van kernafval, waarvan een aantal zich in Groningen bevinden. Echter, uit recente ervaringen met opslag van kernafval in de Duitse zoutkoepel Asse blijkt dat hier zeer grote risico's aan zitten. Vanwege waterlekage blijkt deze opslag niet veilig, en heeft de Duitse overheid daarom besloten het kernafval weer op te graven tegen hoge kosten ([BGE](#)). Ook in andere landen, zoals Denemarken en de VS, zijn zoutkoepels afgekeurd voor opslag van kernafval. Voor meer (historische) context over en huidige relevantie van dit onderwerp voor onder andere Groningen, wordt verwezen naar een [publicatie](#) van Herman Damveld (2024).

Systeemkosten met kernenergie: de kosten van kernenergie kunnen niet zonder meer vergeleken worden met de kosten van bijvoorbeeld zonne-energie of windenergie. Op systeemniveau ontstaan er verschillen door het verschil in productiepatronen. Een systeem met kerncentrales heeft minder regelbare centrales nodig dan een energiesysteem

Beschikbaarheid

Lange bouwtijd: de bouw van een nieuwe kerncentrale kan lang duren, is uit recente ervaring gebleken. De meest recente Finse Olkiluoto-kernreactor kostte bijna 18 jaar om te bouwen. De bouw van de nieuwste Britse kerncentrale, Hinkley Point C, is in 2017 begonnen en is naar verwachting in 2029-2031 af. Europa komt uit een periode waarin maar weinig nieuwe kerncentrales zijn gebouwd; slechts drie kernreactoren zijn actief gegaan in de afgelopen 20 jaar ([Europese Parlement, 2024](#)). Naarmate de ervaring vordert, zal de bouw naar verwachting beter binnen tijd en budget plaatsvinden ([NRG, 2020](#)).

SMR's: er zijn nog geen commerciële SMR's te koop. De meeste ontwerpen zitten nog in de onderzoeksfase. Gezien de vroege ontwikkelingsfase van SMR's, is de verwachting dat het nog 20-25 jaar zal duren voordat SMR's stroom kunnen leveren in Nederland ([Turkenburg, 2024](#)).

Geopolitiek: kernenergie heeft splijtstof nodig om energie te genereren. Dit is meestal een isotoop van het element uranium. Uraniumerts wordt voornamelijk gewonnen in Kazachstan, Australië, Rusland, Canada ([Enerdata, 2021](#)). Ook in China, Afrika, Oekraïne en Zuid-Amerika zijn er uraniummijnen. Naast de mijnen zijn de andere ketenonderdelen ook belangrijk. Een risico is dat Rusland mondiale hoofdleverancier is van splijtstof.

Thorium: een voordeel van thorium ten opzichte van uranium is dat het ruimer aanwezig is dan uranium ([World Nuclear Association, 2024](#)). Reactoren die thorium gebruiken, zijn er nog niet; deze zijn onderdeel van de nieuwste typen kernreactoren generatie IV, die nog in de onderzoeksfase zitten. Thorium zelf is geen directe splijtstof, maar kan wel splijtbaar worden gemaakt in combinatie met een andere splijtstof. Volgens experts als Wim Turkenburg en Jan Leen Kloosterman duurt het nog tientallen jaren voordat thorium als brandstof kan worden ingezet, omdat er nog veel onderzoek nodig is ([Wise](#)).

met alleen zon of wind. Uit systeemstudies blijkt een systeem met kernenergie toch duurder dan een systeem gebaseerd op maximaal zon of wind ([CE Delft & Witteveen+Bos, 2024](#)).

Ruimtelijke effecten

Grote kerncentrale: de kerncentrale in Borssele heeft een vermogen van 485 MW met een oppervlakte van circa 46 ha, oftewel 92 voetbalvelden.

SMR's: deze kleinere reactoren zullen minder ruimte in beslag nemen dan grote kerncentrales. Ze hebben echter ook een aanzienlijk lager vermogen. Aangezien er nauwelijks ervaring is met SMR's, is nog niet te zeggen hoeveel ruimte deze nodig hebben.

Overig

N.v.t.

Colofon

Delft, CE Delft, februari 2025

Deze publicatie is geschreven door:

Charley Bakker

Frans Rooijers

Joeri Vendrik

Marieke Nauta

Publicatienummer: 25.240321.003-20

Opdrachtgever: Provincie Groningen

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.