

KERNENERGIE Generatie-3

Moderne generatie kerncentrales met een nettovermogen tussen 1000 en 1500 MWe.

ALGEMEEN

Kernenergie is energie die vrijkomt als atomen samensmelten of juist uiteenvallen. Als atomen samensmelten, spreken we van kernfusie. Als atomen uiteenvallen, spreken we van kernsplijting. Kernfusie is het proces dat de zon laat branden. Energie op aarde opwekken met kernfusie staat nog in de kinderschoenen. In deze factsheet beperken we ons hieronder tot energie die is opgewekt met kernsplijting.

In Nederland staat één centrale voor elektriciteitsproductie. Deze kerncentrale staat in Borssele (Zeeland). De Nederlandse elektriciteitsmix bestaat voor ongeveer 5% uit kernenergie. Borssele heeft hierin het grootste aandeel. De rest komt uit andere Europese landen waarvan wij stroom importeren. De centrale in Borssele zal in 2033 worden gesloten. Er zijn geen plannen voor nieuwe kerncentrales in Nederland.

De moderne kerncentrales die nu in aanbouw zijn, zijn veelal van generatie 3. In deze kerncentrales zijn de veiligheidsmechanismen die in de generatie 2 centrales pas in een later stadium zijn toegevoegd al opgenomen in het ontwerp. Bovendien zijn deze meer op passieve veiligheidsprincipes gebaseerd.

Wereldwijd wordt op universiteiten en R&D-instituten onderzoek gedaan naar generatie-4 kerncentrales. Deze generatie-4 gaan beter om met de beschikbare grondstoffen voorraad en zullen nog veiliger zijn dan generatie 2 en 3.

De meningen over kernenergie zijn verdeeld. Velen zien een groot gevaar in kerncentrales. Anderen vinden het zelfs noodzakelijk om gebruik te maken van kernenergie. Deze vorm van CO₂-vrije energieproductie is volgens hun nodig om klimaatverandering tegen te gaan.

HOE WERKT HET?

Kernenergie is energie die vrijkomt door atoomkernen van het erts uranium te splijten. Uranium heeft een zware, onstabiele atoomkern en deelt zich bij kernsplijting in twee of meer lichtere atoomkernen. Tijdens die splitsing komt er een grote hoeveelheid energie vrij, die andere uraniumatomen weer aanzet tot kernsplijting. Dat heet een kettingreactie. In een kernreactor houdt een kerncentrale deze kettingreactie onder controle.

In een kerncentrale liggen tienduizenden zogeheten splijtstofstaven van uraniumoxide in een met water gevuld reactorvat. In de staven vinden kernsplijtingen plaats, terwijl er water langs stroomt. De energie die vrijkomt bij kernsplijting is warmte. Het water neemt die warmte op, bereikt een temperatuur van honderden graden Celsius en gaat dan over in stoom. Deze stoom drijft turbines aan die elektriciteit opwekken. Door de lage prijs van uranium en de lange bedrijfstijd van de kerncentrales uit de generatie-3, zullen de generatie-4 kerncentrales pas ver na 2050 nodig zijn.

Eén kilogram uranium (U₂₃₅) levert bijna 23 miljoen kWh elektriciteit op: genoeg om bijna zeven duizend huishoudens een jaar van stroom te voorzien. De energie die uranium in zich heeft, wordt voor ongeveer 35 procent omgezet in elektriciteit (rendement).

ONTWIKKELINGSSTAND

Technology Readiness Levels (TRL) van Generatie-3 kerncentrales is 9, d.w.z. "Demonstratie van het systeem in een gebruiksomgeving. Het concept is technisch en commercieel gereed, productierijp en klaar voor marktintroductie. Verwacht mag worden dat door ervaringen van andere recente nucleaire nieuwbouw projecten de bouwkosten en bouwtijd zullen verminderen. De verwachte bouwtijd is tussen 7 en 10 jaar en de verwachte tijd om een vergunning te verkrijgen tussen 3 en 5 jaar. Hierdoor komt de totale realisatietijd tussen de 10 en 15 jaar. Realistisch kan nieuw nucleair vermogen kan dus pas na 2030 beschikbaar komen. Na 2030 kan kernenergie wel een belangrijke rol spelen. Dan moeten we nu echter de nodige activiteiten gestart worden.

CO2 BESPARING

Uitgaande van 3 kerncentrales van 1500 MWe wordt jaarlijks 9 Mton CO2 bespaart t.o.v. opwekking met gascentrales, bij een beschikbaar van 90%.

SOCIALE IMPACT

Generatie-3 kerncentrales zijn eenvoudig inpasbaar in de Nederlandse elektriciteits-netwerk. Er zijn geen grootschalige infrastructurele aanpassingen nodig. Daarnaast zijn de volgende voordelen te noemen.

Voordelen kernenergie generatie-3:

1. Bij de opwekking van kernenergie komen nagenoeg geen CO2 en andere broeikasgassen vrij. DE CO2 foorprint is vergelijkbaar met zonne-energie.
2. Als grondstof is uranium relatief goedkoop.
3. Voor kernenergie zijn we minder afhankelijk van politiek instabiele regio's, dan voor gebruik van olie en gas. Uranium komt over de hele wereld voor in rotsen, bodem en zeewater.
4. Het is een regelbare vorm van elektriciteitsopwekking, in tegenstelling tot wind- en zonne-energie. Kernenergie kan daarom goed complementair naast deze twee vormen van energieopwekking gebruikt worden.

Nadelen kernenergie generatie-3:

1. Het grootste nadeel van kernenergie is het radioactieve afval uit een centrale, maar ook het afval van uraniumwinning en het slooafval na sluiting van een kerncentrale zijn radioactief. Radioactieve straling vormt een groot risico voor de gezondheid. Hoogactief radioactief afval blijft tienduizenden jaren straling afgeven en vormt zo een risico voor vele generaties na de onze.
2. De kans op een ernstig ongeval is weliswaar klein, maar de mogelijke gevolgen zijn groot. Het gaat dan vooral om nadelige gevolgen op lange termijn door verhoogde stralingsniveaus.
3. Kerncentrales en fabrieken die kernafval verwerken vormen een risico voor misbruik. Ze kunnen geschikt worden gemaakt voor de productie van kernwapen
4. De bouw van een kerncentrale is erg duur (miljarden euro's), net als het slopen (ontmantelen).

M.b.t. het radioactieve afval (punt 1) kan opgemerkt worden dat er sprake is van een relatief klein volume, wat daardoor naar de mening van experts dit probleem goed oplosbaar is.

De kans op een ernstig ongeval (punt 2) is bij de generatie-3 kerncentrales nog kleiner geworden, maar vooral is de impact van een ernstig ongeval verkleind door toepassing van passieve ongevals-filters en corium-catchers. De impact van een ernstig ongeval wordt daardoor met 99% gereduceerd.

Het internationale non-proliferatieverdrag (punt 3) uit 1968 blijkt zeer effectief. Sinds de ondertekening van het verdrag is nog nooit uranium of plutonium uit kerncentrales onder IAEA toezicht gebruikt voor de productie van kernwapens. Wel hebben sindsdien 4 landen (India, Pakistan, Israël en Noord-Korea) kernwapens ontwikkeld, maar deze landen hebben het verdrag niet ondertekend.

Punt 4 wordt nader besproken in het volgende hoofdstuk.

Kernenergie is een gevoelig onderwerp in Nederland. Voor een uitbreiding van kerncentrale areaal als een van de gewenste transitie maatregelen is een maatschappelijke discussie noodzakelijk.

CAPEX/OPEX

De investeringskosten (CAPEX) voor een nieuwe generatie-3 kerncentrale in Nederland is moeilijk in te schatten, omdat er het laatste decennium maar weinig projecten in West-Europa zijn geweest en door grote industriële herstart problemen en kostenverhogingen vanwege het nucleaire ongeval in Japan. Niettemin wordt de CAPEX voor een 1500 MWe kerncentrale tussen de 8 en 10 miljard euro begroot, wat neer komt op 5300 – 6700 €/kW.

Hierbij komt de integrale stroomprijs (OPEX) tussen 55 en 70 €/kWh, inbegrepen afschrijving, splijtstofkosten, bediening & onderhoud, verzekeringen en voorzieningen voor ontmanteling en opslag van het radioactieve afval, uitgaande van een effectieve rente van 5%.

De kostprijs van elektriciteit is hoger dan de productiekosten alleen. Een energiesysteem moet immers onder alle omstandigheden het gevraagde vermogen kunnen leveren. Met andere woorden: het energiesysteem moet adequaat zijn en een hoge leveringszekerheid bieden. De inzet van zon en wind kan tegen lage marginale kosten, maar hoge netwerkkosten vanwege de hoge variabiliteit van de bron, terwijl de inzet van regelbaar vermogen gepaard gaat met hoge marginale kosten en lage netwerkkosten. Voor kernenergie bedragen de specifieke netwerkkosten circa 2 euro/MWh, terwijl dit voor onshore wind, offshore wind en zon-PV respectievelijk 25, 35 en 45 euro/MWh bedraagt. Om de kostprijs van elektriciteit te bepalen moeten dus de kosten van het gehele energiesysteem worden berekend, waarbij ook rekening gehouden wordt met ontmanteling en verwerking en opslag van materialen en afval.

Een CO₂ -vrije energievoorziening bestaat typisch uit een mix van:

Variabele hernieuwbare energiesystemen die niet regelbaar zijn, maar wel tegen lage marginale kosten kunnen produceren.

1. Opslagsystemen voor energie, zoals waterkracht en batterijen voor dag-nachtvariaties en (wellicht) waterstof of synthetische brandstoffen voor seizoensgebonden variaties.

2. Regelbaar vermogen zonder CO₂ -uitstoot zoals bij gascentrales met opvang en opslag van CO₂ (CCS) of kerncentrales. Biomassacentrales met CCS zouden (in theorie) zelfs tot een netto negatieve CO₂ -emissie kunnen leiden.

De transitie naar een CO₂ -vrij energiesysteem is erop gebaseerd de elektriciteitsproductie zo snel mogelijk CO₂ -vrij te maken en vervolgens zoveel mogelijk energieconsumptie te elektrificeren. Dat laatste betreft bijvoorbeeld verwarming, transport en industriële processen. Een metastudie van veertig gepubliceerde scenario's laat zien dat scenariostudies uiteenvallen in twee groepen:

A. Studies waarbij de elektriciteitsproductie volledig is gebaseerd op hernieuwbare energie, gecombineerd met seizoensopslag.

B. Studies waarbij de inzet van hernieuwbare energie beperkt blijft en waarbij regelbare opties zoals gas- en biomassacentrales met CCS; kernenergie en geothermie worden ingezet.

Het blijkt dat voor groep A de kostprijs van het energiesysteem hoger is door de benodigde investeringen in:

1. Uitbreiding van het hernieuwbare vermogen tot wel drie keer de piekvraag bij een aandeel van 75% en verder stijgend als dat aandeel toeneemt.
2. Sterke uitbreiding (verdubbeling of meer) van het internationale distributienetwerk.
3. De uitrol van 'smart grids' voor aanpassing van de elektriciteitsvraag aan de productie.
4. Conversie en opslag van elektriciteit/energie voor seizoensgebonden variaties. Daarbij komt dat bovengenoemde technologieën niet uitwisselbaar zijn, wat betekent dat alle bovengenoemde opties technisch haalbaar en economisch aantrekkelijk moeten zijn, wil de energietransitie in een dergelijk scenario succesvol verlopen.

Voor de scenario's in groep B zijn naast uitbreiding van het hernieuwbaar vermogen ook additionele investeringen nodig in gas- en biomassacentrales met CCS, en in kerncentrales. Deze technologieën zijn wel onderling uitwisselbaar, waardoor de kans dat een CO₂ -vrij energiesysteem succesvol kan worden gerealiseerd groter is. Vrijwel alle studies waarin wordt geoptimaliseerd naar minimale kosten en/of minimale risico's leiden tot scenario's in groep B.

Een recente studie van het MIT Energy Initiative laat zien dat in een optimale energiemix het aandeel kernenergie sterk toeneemt als de toegestane CO₂ -emissie afneemt. Het aandeel kernenergie is afhankelijk van de kostprijs en neemt toe bij lagere kosten. Als kernenergie wordt uitgesloten dan neemt het aandeel zon en wind sterk toe in combinatie met energieopslag of gas. In het extreme geval van een toegestane emissie van slechts 1 g/kWh CO₂ neemt het benodigde geïnstalleerde vermogen zonder kernenergie sterk toe met een factor zeven: van 122 GW tot 746 GW. Dat is nodig om de regionale variaties in zon en wind te kunnen opvangen. Dit verhoogt de kostprijs met ruim een factor twee. In het meer gematigde geval, 10 g/kWh CO₂, neemt het benodigde vermogen toe met een factor drie en stijgt de kostprijs met 15%. Bovengenoemde studie van het MIT laat dezelfde trends zien voor diverse landen in Europa en voor regio's in de VS en China. De trends in bovenstaande resultaten worden bevestigd door studies van het Copernicus instituut van de Universiteit Utrecht. Scenariostudies voor Europa laten zien dat in een CO₂ -vrij systeem zonder kernenergie het geïnstalleerde vermogen verdubbelt. Als kernenergie wel wordt opgenomen heeft dit een aandeel van 1/6 in het geïnstalleerde vermogen en 1/3 in de elektriciteitsproductie, en leidt dit tot 25% lagere elektriciteitskosten.

Anders gezegd: kernenergie niet meenemen leidt tot een kostprijsverhoging van 35%. Voor Nederland zou dit aandeel van nucleaire energie overeenkomen met de elektriciteitsproductie van drie kernreactoren van het type EPR.

GRONDSTOFFENGEBRUIK

Vrijwel alle lichtwaterreactoren werken met uranium waarin het aandeel van de splijtbare isotoop U-235 is verhoogd van 0,7% in natuurlijk uranium tot circa 5%. Bij het huidige verbruik zijn de bekende uraniumvoorraden voldoende voor circa 130 jaar. De verwachting is dat bij toenemende vraag veel meer uranium gevonden zal worden. Op de lange termijn kan uranium uit zeewater worden gewonnen of kan de niet-splijtbare isotoop U-238 of thorium worden gebruikt als kweekstof. Hiervoor zijn snelle kweekreactoren nodig die worden ontwikkeld in het kader van Generatie-4 International Forum(GIF).