



De rol van de Nederlandse Staat in de business case voor kernenergie

Aanbevelingen en onderbouwingen



Dankwoord

De rol van de Nederlandse Staat in de business case voor kernenergie

Februari 2021

Geschreven door Mathijs Beckers (voorzitter stichting e-Lise)
en Drs. Gijs Zwartsenberg (secretaris stichting e-Lise)

Bijdragen op eigen titel van Luciano Duran Morales MFP
(commercial pricing expert), Dr. Rogier Potter van Loon
(econoom), Tjerk Kuipers MSc. (nucleair veiligheidsexpert),
Joris van Dorp MSc. (civiel Ingenieur)

Gebruikte foto's zijn eigendom van EPZ

*Stichting e-Lise is een non-gouvernementele organisatie zonder
financiële banden met de kernindustrie.*

*e-Lise wil de kans vergroten dat nieuwe kerncentrales worden
gebouwd.*

*Dit doet zij omwille van het verbeteren van de welvaart en het
leefklimaat op de wereld.*

www.e-lise.nl



Voorwoord

Door het commitment aan het Akkoord van Parijs moet Nederland zijn CO₂-emissies verminderen met 49% tot mogelijk 55% ten opzichte van 1990.¹ Uiteindelijk moeten deze emissies tot nul worden teruggedrongen. Voor de opwekking van energie die weinig tot geen CO₂ uitstoot zijn diverse technologieën beschikbaar, zoals: wind, zon, geothermie, waterkracht en kernenergie.

In de Nederlandse wet- en regelgevingen en nationale strategie ontbreekt het nog aan een voorwaartse visie omtrent kernenergie. Sterker, in het verleden is kernenergie gemeden of van de discussietafel geweerd. Gelukkig lijkt een kentering te ontstaan nu de Tweede Kamer de overheid heeft gevraagd om een marktconsultatie.² Bij veel partijen is de kennis met betrekking tot de mogelijkheden van kernenergie nog ontoereikend; wij hopen dat met dit proces die kennis een adequater niveau bereikt.

Stichting e-Lise is een NGO die het politieke, maatschappelijke en economische draagvlak voor kernenergie wil vergroten, vanuit de visie dat kernenergie een sleutelrol kan spelen in zowel CO₂-reductie als een eerlijke verdeling van welvaart en groei in Nederland, maar zeker ook in zich nog ontwikkelende landen.

Kernenergie is duurzaam. Omdat de voorraden uranium en thorium haast onuitputtelijk zijn, is het in praktische zin oneindige bron van energie. Net zoals windmolens en zonnepanelen stoten kerncentrales geen broeikasgassen uit tijdens de opwekking van elektriciteit. Enkele, voor de transitie noodzakelijke hernieuwbare bronnen zoals wind en zon profiteren inmiddels van overheidssteun. Kernenergie (ook noodzakelijk) is helaas nog politiek omstreden doordat er in de samenleving veel misverstanden rondom die techniek bestaan. Er is bredere steun nodig om door het dode punt heen te komen.

Vanuit deze doelstelling hebben wij besloten om deel te nemen aan bovennoemde marktconsultatie. In dit white paper leggen wij uit welke stappen de Nederlandse overheid moet zetten om energiebedrijven die kernenergie willen inzetten te ondersteunen. In de bijlagen geven wij inzicht in de redenen waarom deze stappen moeten worden genomen.

¹ www.nu.nl/economie/6096017/europa-schroeft-klimaatdoelen-op-55-procent-minder-co2-uitstoot-in-2030.html

² Motie Dijkhoff: <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2020Z16571&did=2020D35893>

Wat moet de overheid doen om de bouw van nieuwe kerncentrales te stimuleren?

1 **Bouw garanties in tegen politieke schommelingen**

Energiebedrijven en leveranciers van megawatt tot gigawatt-schaal krachtcentrales zijn terughoudend bij het aangaan van grote en langdurige projecten, omdat overheden zich in het verleden onbetrouwbaar hebben getoond. Voorbeelden zijn de Atomausstieg in Duitsland, de kernuitstap in België en het biomassa-echec als ook de situatie rondom de Eemscentrale in Nederland. Recente kerncentrale-projecten in Frankrijk, Finland en Groot-Brittannië werden bemoeilijkt door een stapeling van door de overheid afgedwongen wijzigingen tijdens de voorbereiding en de bouw. De overheid zelf vormt zo een onacceptabel hoog afbreukrisico voor commerciële partijen. Door vormgeving van een langetermijnvisie met daarin opgenomen een staatsgarantie of staatsdeelname kan de overheid weer een betrouwbare partner worden.

2 **Schep nieuwe vormen van overheids-financiering waarmee nieuwe kerncentrales met een lage rente kunnen worden gefinancierd**

Een overspannen elektriciteitsmarkt met ongeplande overproductie leidt tot marginale en zelfs negatieve elektriciteitsprijzen. Daarom is het van belang dat nieuwe midden- tot grootschalige energiecentrales die geen prijsgaranties krijgen of waarvoor geen quota's gelden op een nieuwe manier worden gefinancierd. Hierbij is de financieringsrente van groot belang. De rente is voor een aanzienlijk deel bepalend voor de kostprijs van de elektriciteitsproductie van nieuwe centrales. Deze lage rentes zijn mogelijk als de overheid de financieringsverlener is, of garanties afgeeft, of als er voor een financieringsvorm gekozen wordt zoals RAB (Regulated Asset Based financing model). Wij stellen voor dat EZK, I&W, ANVS, energiebedrijven en potentiële reactorpartners samenwerken om deze kosten zoveel mogelijk te mitigeren.

3 **Maak een macro-economische analyse van kosten en baten voor kernenergie**

Wij menen dat de Nederlandse overheid tegen relatief lage kosten een commitment kan afgeven door een groot deel van het initieel benodigde kapitaal te financieren. Aangezien de overheid dan 'in hetzelfde schuitje' zit als de private uitbater, kan die laatste ervan op aan dat de overheid zich niet halverwege bedenkt. Vanuit maatschappelijk oogpunt is een dergelijke commitment wenselijk vanwege de CO₂-reductie die, zeker in latere jaren, zeer veel welvaart zal opleveren.

4 **Werk multilateraal samen met energiebedrijven en vendors om een evenwichtiger kostenopbouw te realiseren**

Onderzoek voor de Britse overheid door LucidCatalyst laat grote verschillen zien in de CAPEX (kapitaaluitgaven) voor identieke krachtcentrales in westerse en niet-westerse landen. Een belangrijk verschil betreft de rente die we onder punt 2 hebben benoemd. Ook andere kostenaspecten tonen grote discrepanties tussen westerse en niet-westerse reactoren. Het onderzoek legt een relatie tussen deze verschillen en een negatieve overheidsinvloed. Wij stellen voor dat EZK, I&W, ANVS, energiebedrijven en potentiële reactorpartners samenwerken om deze kosten zoveel mogelijk te mitigeren.

5 **Identificeer nationale en internationale mogelijkheden voor samenwerking, leidend tot serieproductie in reactortechnologie**

Net als bij windmolens en zonnepanelen worden kernreactoren progressief goedkoper door serieproductie. Om dit proces te stimuleren moeten kansrijke reactorontwerpen worden geïdentificeerd. Daartoe kan worden samengewerkt met landen en energiebedrijven. De bereidheid om dezelfde reactorontwerpen in te zetten kan een sterke hefboom zijn in snelle decarbonisatie van onze economieën.

6 Maak het provincies en RES-regio's mogelijk om gezamenlijk kerncentrales in te zetten voor het bereiken van de RES-doelstellingen

Kerncentrales zijn in staat om grote hoeveelheden warmte en elektriciteit te produceren, meer dan genoeg voor één RES-regio. Daarom stellen wij voor om RES-regio's de mogelijkheid te bieden om gezamenlijk kerncentrales te realiseren om zodoende de gezamenlijke doelstellingen te behalen

7 Stimuleer energiebedrijven om hun fossiele en/of biomassa-centrales on-site te vervangen door kerncentrales

Bestaande elektriciteitscentrales hebben een aansluiting op het hoogspanningsnet en de beschikking tot koelfaciliteiten. Deze infrastructuur is waardevol en kan opnieuw worden ingezet. Wij stellen voor om energiebedrijven te stimuleren om bestaande fossiele en biomassa-centrales om te bouwen naar kerncentrales.

8 Stimuleer onderzoek naar, en de inzet van, kernenergie voor niet-elektrische processen

Kernenergie kan een significante rol spelen in het decarboniseren van de chemische industrie en de staalproductie. Benutting van nucleaire warmte kan helpen in de transitie naar een gasloze toekomst. Ook is het bij uitstek geschikt voor de productie van waterstof en schoon drinkwater.

9 Benut compatibiliteit van Nederlands toelatingskader met efficiënte ingebruikname van innovatieve reactorsystemen

Internationaal en binnen Nederland is dikwijls de zorg geuit of het 'toelatingskader', dat wil zeggen de regelgeving én de daarop toezichhoudende instanties, berekend zijn op het toelaten van innovatieve reactorsystemen. Uit onderzoek blijkt dat het, zeker in Nederland, niet de regelgeving is die innovatie belemmert.

10 Breng het niveau van de 'nucleaire kennis' bij de overheid omhoog

De laatste 10 jaar hebben de stralings-onderwijs-instituten, de Nederlandse Vereniging voor Stralingsbescherming (NVS), het Reactorinstituut in Delft (RID), de Gezondheidsraad, de ANVS en het RIVM geluiden laten horen dat het slecht gesteld is met het onderwijs en onderzoek. Onlangs nog schreef de adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI) hierover een brandbrief

11 Breng rust in het beleid rond stralingsbescherming

In de nucleaire sector spelen twee zaken een grote rol: stralingsbescherming en continue verbetering. Daaronder ligt een derde principe: LNT, hetgeen staat voor Linear No Threshold. Hieronder zetten we kort uiteen hoe deze zaken samenhangen en inwerken op de nucleaire industrie.

12 Breng rust in de samenleving – pak pro-actief de discussie over eindberging op

Zodra het maatschappelijke gesprek over kernenergie serieus wordt, dient de politiek het gesprek aan te gaan over nut en noodzaak van het realiseren van een eindberging voor langdurig radioactief afval. Een dergelijk gesprek wordt al voorbereid door het Rathenau Instituut, dat een rapport in voorbereiding heeft waarop een aantal auteurs van deze white paper input heeft gegeven.

13 Zorg ervoor dat kernenergie als duurzaam wordt aangemerkt in de EU Sustainable Taxonomy

Eén van de belangrijkste kostenposten voor kernenergie is financiering. Een factor die daarbij binnen de EU bepalend is, betreft de wijze waarop kernenergie zal zijn opgenomen in de Europese Taxonomie. Wij pleiten ervoor dat kerncentrales van de huidige generatie, die aantonen dat ze hun afval recyclen, ook voor duurzame financiering in aanmerking komen. Hierdoor stijgen weliswaar hun brandstofkosten enigszins, maar zullen hun financieringskosten dalen.



Onderbouwingen



1

Bouw garanties in tegen politieke schommelingen

Energiebedrijven en leveranciers van megawatt tot gigawatt-schaal krachtcentrales zijn terughoudend bij het aangaan van grote en langdurige projecten, omdat overheden zich in het verleden onbetrouwbaar hebben getoond. Voorbeelden zijn de Atomausstieg in Duitsland, de kernuitstap in België en het biomassa-echec en de situatie rondom de Eemscentrale in Nederland. Recente kerncentrale-projecten in Frankrijk, Finland en Groot-Brittannië werden bemoeilijkt door een stapeling van door de overheid afgedwongen wijzigingen tijdens de voorbereiding en bouw. De overheid zelf vormt zo een onacceptabel hoog afbreukrisico voor commerciële partijen. Door vormgeving van een langetermijnvisie met daarin opgenomen een *Staatsgarantie of staatsdeelname* kan de overheid weer een betrouwbare partner worden.

“De loketten staan open, maar geen enkel bedrijf meldt zich voor een vergunning voor een nieuwe kerncentrale.” Het citaat is een fijne illustratie van het simplisme waarmee veel politici de energieproblematiek benaderen. Er zijn voorbeelden te over die duidelijk maken waarom bedrijven in Nederland terughoudend zijn met het investeren in grootschalige energievoorzieningen die een langdurige commitment vergen, óók van de overheid.

Zo is er de claim van eigenaar van de Eemscentrale die na een verzoek van de overheid in 2015 in gebruik werd genomen. Er is het vastgelopen proces rond de biomassacentrale in Diemen. Meer algemeen is er het echec rond het gebruik van biomassa voor de opwekking van energie. De Nederlandse overheid gaf jaren signalen dat nieuwe kolen³- en biomassa-centrales noodzakelijk waren voor de leverzekerheid van elektriciteit voor Nederlandse afnemers. Dit deed zij onder andere door subsidies (SDE+) beschikbaar te stellen voor bij- en meestook van biomassa in kolencentrales^{4,5}. Nu blijkt dat deze signalen prematuur waren en dat relatief nieuwe kolencentrales (al dan niet met bij- en meestook van biomassa) voortijdig moeten sluiten spannen de uitbaters (met name RWE) rechtszaken aan tegen de Nederlandse overheid.

We zien eenzelfde patroon in Duitsland waar o.a. Vattenfall drie kerncentrales in voortijdig moest sluiten.⁶ De keuze van de regering-Merkel in 2011 om de bestaande kerncentrales sneller buiten bedrijf te nemen dan was voorzien in de wet heeft geleid tot winstderving en rechtszaken.⁷ Zeer recent is een akkoord met deze bedrijven bereikt; de Duitse staat betaalt hen 2,4 miljard euro.⁸

Een dergelijk patroon zien we bij het Nederlandse Pallas reactorproject, waarin de Nederlandse staat deels verantwoordelijkheid draagt voor een onnodig gecompliceerde situatie. Enerzijds signaleert de overheid dat de High Flux Reactor op leeftijd is en moet worden vervangen.⁹ Anderzijds wil zij niet voldoende garanties verlenen die financiering van deze medische isotopen producerende reactor-technologie mogelijk maken. De onzekerheid over het al-dan-niet doorgaan van het Pallas project duurt daarom al jaren voort.¹⁰

Tot slot kunnen we opmerken dat de gestaag oplopende lasten bij de nog lopende EPR-bouwprojecten (European Pressurized Reactor) in Europa het vertrouwen hebben geschaad. In deze projecten was echter sprake van een complexe samenloop van omstandigheden. Dit was onderwerp van één van de grootste

3 Citaat: *“In het verleden heeft de Nederlandse overheid de havengebieden van de Maasvlakte bij Rotterdam en de Eemshaven in Groningen aangewezen als locaties voor nieuwe centrales, vanwege de aanwezigheid van havens voor de invoer van brandstof en de beschikbaarheid van voldoende koelwater. RWE is op de uitnodiging van de Nederlandse overheid ingegaan en heeft in de Eemshaven een ultramoderne kolencentrale gebouwd met een capaciteit van 1.560 MW, die in 2015 in gebruik werd genomen.”* - www.group.rwe.nl/nl/ons-portfolio/onze-vestigingen/kolencentrale-eemshaven

4 Citaat [2012]: *“Een van de goedkoopste opties voor hernieuwbare energie in Nederland is het bij- en meestoken van biomassa in kolencentrales. Het kabinet wil daarom de komende jaren het bij- en meestoken van biomassa in kolencentrales verplicht stellen.”* - web.archive.org/web/20120321170628/http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/bio-energie

5 Citaat [2014]: *“Bij- en meestook van biomassa in kolencentrales zal ondersteund worden in de SDE+ 2015, zo valt te lezen in de Kamerbrief van 11 november 2014, waarin de minister van Economische Zaken de plannen voor de SDE+ 2015 aankondigde.”* - zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-456169.pdf

6 group.vattenfall.com/what-we-do/our-energy-sources/nuclear-power

7 www.world-nuclear-news.org/C-Vattenfall-sues-Germany-over-phase-out-policy-16101401.html

8 nos.nl/artikel/2371323-duitsland-compenseert-energiebedrijven-voor-vervroegd-sluiten-kerncentrales.html

9 Citaat: *“Principebesluit: vervanging HFR Om de vervanging van de HFR-reactor niet verder te vertragen hebben het Rijk en de provincie Noord-Holland in 2013 het initiatief genomen voor de oprichting van de Stichting Voorbereiding Pallas-reactor. Deze stichting is verantwoordelijk voor het ontwerp, de aanbesteding en vergunningprocedure van de reactor en het ontwikkelen van een gezonde business case.”* - www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/12/09/kamerbrief-over-stand-van-zaken-pallas-reactor

10 www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/03/11/voorzieningszekerheid-van-medische-isotopen

studies naar het waarom van deze oplopende kosten, een studie die door het Massachusetts Institute of Technology (MIT) werd uitgevoerd.¹¹ Ook uit deze studie blijkt dat de overheid een cruciale rol speelde in de oplopende kosten. Denk bijvoorbeeld aan door overheden geëiste ingrijpende aanpassingen in de ontwerpen, terwijl er al werd gebouwd. Dit leidde tot grootschalige technische en financiële heroverwegingen.¹²

Minimale voorwaarde voor het realiseren van kerncentrales is een overheid die er zorg voor draagt dat de operationele levensduur van een nieuw te bouwen krachtcentrale minstens gelijk is aan de initieel geraamde levensduur. Het alternatief, zorgen dat de exploitant andere (financiële) waarborgen heeft die maken dat een politiek besluit tot sluiting niet tot inkomensderving leidt, is denkbaar maar maatschappelijk suboptimaal.

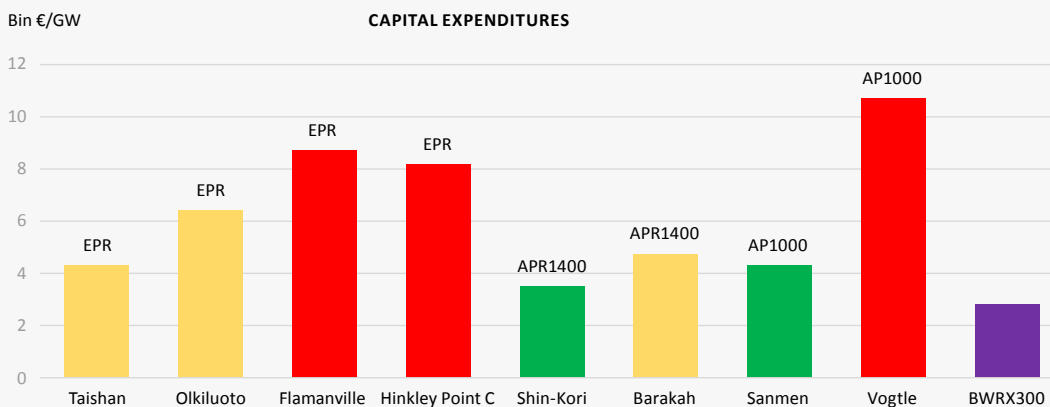
¹¹ energy.mit.edu/research/future-nuclear-energy-carbon-constrained-world

¹² www.world-nuclear-news.org/Articles/Stuk-requests-more-details-on-EPR-systems

2

Schep nieuwe vormen van overheidsfinanciering waarmee nieuwe kerncentrales met een lage rente kunnen worden gefinancierd

Een overspannen elektriciteitsmarkt met ongeplande overproductie leidt tot marginale en zelfs negatieve elektriciteitsprijzen. Daarom is het van belang dat nieuwe midden- tot grootschalige energiecentrales die geen prijsgaranties krijgen of waarvoor geen quota's gelden op een nieuwe manier worden gefinancierd. Hierbij is de financieringsrente van groot belang. De rente is voor een aanzienlijk deel bepalend voor de kostprijs van de elektriciteitsproductie van nieuwe centrales. Deze lage rentes zijn mogelijk als de overheid de financieringsverlener is, of garanties afgeeft, of als er voor een financieringsvorm gekozen wordt zoals RAB (Regulated Asset Based financing model). Wij stellen voor dat EZK, I&W, ANVS, energiebedrijven en potentiële reactorpartners samenwerken om deze kosten zoveel mogelijk te mitigeren.

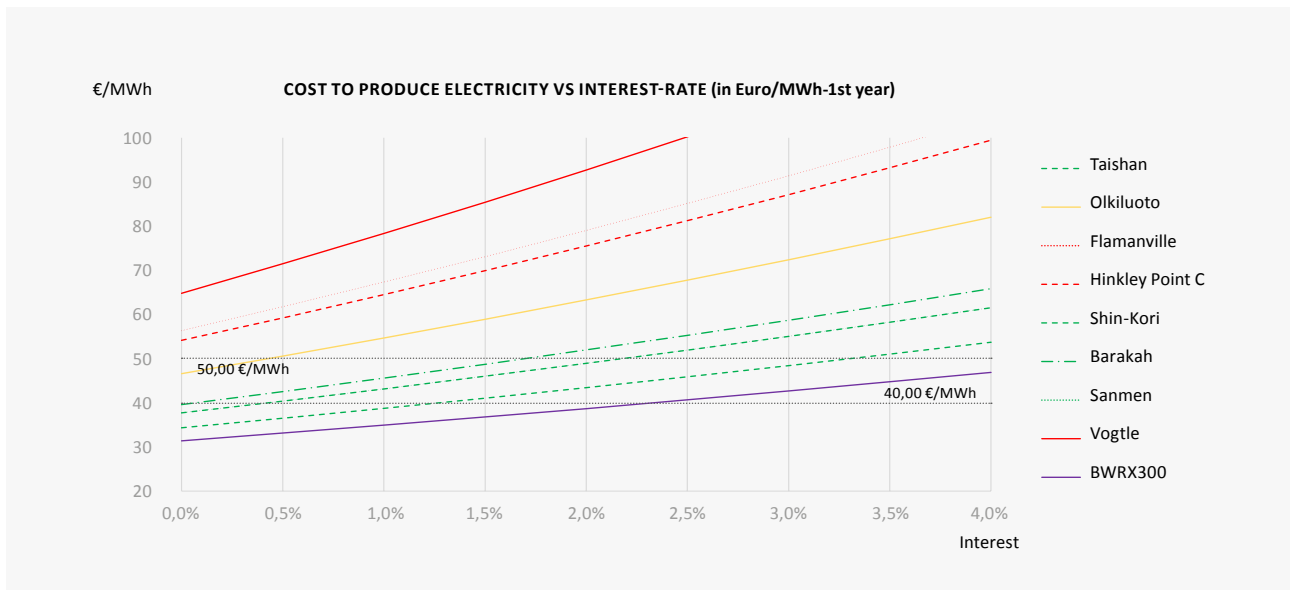


Door kerncentrales op nieuwe manieren te financieren wordt de businesscase aanzienlijk verbeterd. De investeringslasten drukken ruim dertig jaar lang een zwaar stempel op de kostprijs van de elektriciteit die geleverd wordt. Bij een investeringsrente van 8% is de financieringslast in het eerste operationele jaar ruim 63% van de elektriciteitskostprijs, maar als we een financieringsrente van 0% gebruiken, daalt dat naar slechts 30% van de initiële elektriciteitskostprijs, leidend tot een fors lagere consumentenprijs voor elektriciteit.

Wij hebben een bandbreedte analyse uitgevoerd om vast te stellen onder welke omstandigheden een kerncentrale succesvol uitgebaut kan worden in Nederland. Eerst kijken we naar de volledige bouwkosten van bestaande buitenlandse Generatie III+ nucleaire bouwprojecten.

Als we deze cijfers koppelen aan een breed bereik aan financieringsrentes dan krijgen we de volgende grafiek¹³:

13 Productiekosten: Brandstof 5€/MWh, Fixed O&M 99€/kW, Variabele O&M 2,1€/MWh



Op basis van deze bandbreedte-analyse hebben wij vastgesteld dat in Nederlandse een kerncentrale gerealiseerd kan worden met een eerste jaars elektriciteitskostprijs van 40 respectievelijk 50€/MWh. Een BWRx300 Small Modular Reactor (SMR) levert in zijn eerste productiejaar stroom voor minder dan 40 €/MWh met een CAPEX van 2800 €/kW en een financieringsrente van circa 2.3%, een APR1400 met CAPEX van 4700€/kW (Barakah) blijft tussen de 40 en 50€/MWh bij een financieringsrente tusse de 0 en 2,1%, terwijl een EPR (Olkiluoto) onder 50 €/MWh blijft bij een CAPEX van 6400€/kW en een financieringsrente van 0.5%.

We nemen hier specifiek niet-Aziatische voorbeelden voor de APR1400 en EPR. Er zijn zoals de grafiek aangeeft goedkopere precedentes, maar deze zijn louter in Azië te vinden. Meer hierover later.

De bandbreedte analyse toont aan dat er ruimte is voor betere business-cases in Nederland; eventueel mogelijk gemaakt door SMR-technologie (Bijvoorbeeld op basis van de BWRX300 van GE-Hitachi).

We zien dat bij andere energievormen zoals wind en zon de investeringsrentes op de niveaus liggen die ook voor kern-energie tot een winstgevende businesscase kunnen leiden.

Het is echter onduidelijk of nieuwe kerncentrales op dezelfde behandeling kunnen rekenen. Om een lage financieringsrente te garanderen stellen wij de volgende opties voor:

1. De overheid financiert de kerncentrale zelf met een laag-rentende lening en verkoopt de centrale bij voltooiing aan een al-dan-niet coöperatief energiebedrijf;
2. De overheid garandeert de financiering van de kerncentrale en zorgt op die manier voor een laagrentende lening;
3. De overheid en de energiebedrijven onderzoeken de RAB-financieringsmethodiek die in Groot-Brittannië toegepast wordt op veel energie-infrastructuur, waaronder mogelijk ook toekomstige kerncentrales¹⁴.

De bouw van nieuwe kerncentrales duurt enige tijd, maar leidt daarna minimaal 60 jaar lang tot drastische CO₂-reducties, en biedt ongeëvenaarde leverzekerheid voor de Nederlandse elektriciteits- en energieconsument. Daarom denken wij dat het te rechtvaardigen is om als overheid als *first mover*¹⁵ op te treden en zo te zorgen voor momentum en structureel afnemende bouwkosten en de daarmee gepaard gaande reducties in elektriciteitskosten en het spinoff-effect naar andere landen.

¹⁴ www.gov.uk/government/consultations/regulated-asset-base-rab-model-for-nuclear

¹⁵ In samenwerking met energiebedrijven & industriepartners

3

Maak een macro-economische analyse van kosten en baten voor kernenergie.

Wij menen dat de Nederlandse overheid tegen relatief lage kosten een commitment kan afgeven door een groot deel van het initieel benodigde kapitaal te financieren. Aangezien de overheid dan 'in hetzelfde schuitje' zit als de private uitbater, kan die laatste ervan op aan dat de overheid zich niet halverwege bedenkt. Vanuit maatschappelijk oogpunt is een dergelijke commitment wenselijk vanwege de CO₂-reductie die, zeker in latere jaren, zeer veel welvaart zal opleveren.

De opwekking van nucleaire energie kenmerkt zich vanuit financieel/economisch opzicht door de hoge initiële kosten (kapitaalintensief) en de lange looptijd (wij rekenen hier met 60 jaar) waar tegen zeer lage marginale kosten (constant) energie kan worden geproduceerd. Gegeven de lange vereiste adem zal elk privaat bedrijf duidelijke commitment van de overheid eisen. Dit zal doorgaans moeilijk concreet te maken zijn, of (in het geval van garantieprijs) zeer kostbaar zijn voor de overheid/maatschappij. Veel studies komen dan ook op (inefficiënt) hoge kosten uit voor nucleaire energie.

Wij menen dat de Nederlandse overheid tegen relatief lage kosten een commitment kan afgeven door een groot deel van het initieel benodigde kapitaal te financieren. Aangezien de overheid dan 'in hetzelfde schuitje' zit als de private uitbater, kan de laatste ervan op aan dat de overheid niet halverwege (i.e. bijv. na 30 jaar) zich bedenkt. Vanuit maatschappelijk oogpunt is een dergelijk commitment wenselijk vanwege de CO₂-reductie die, zeker in latere jaren, zeer veel welvaart zal opleveren. Op korte termijn (10 jaar) kunnen we immers nog

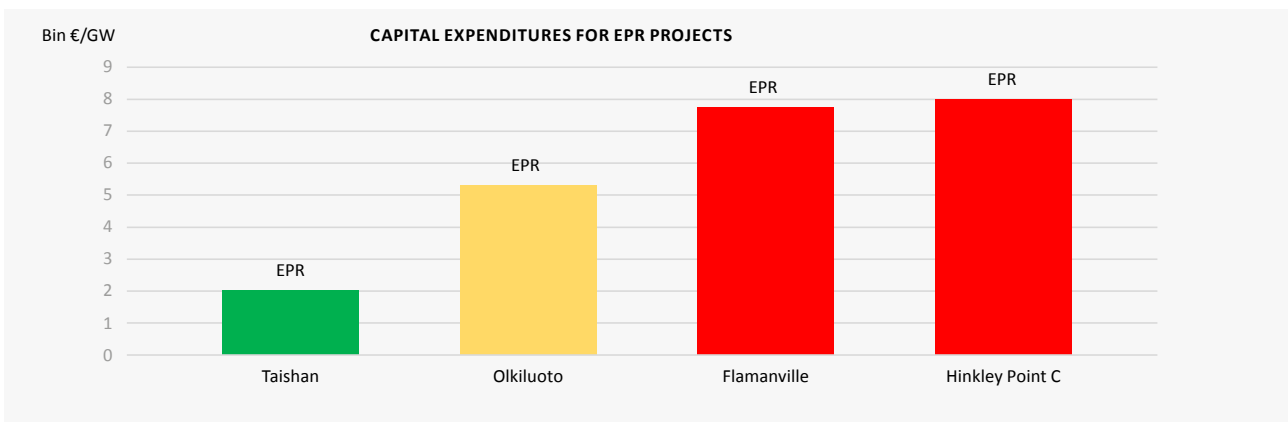
grote (efficiënte) stappen zetten met bijv. wind- en zonne-energie, maar op de middellange termijn is er daarnaast ook een energiebron nodig die constant en betrouwbaar kan leveren. De kosten voor de uitstoot van het 'next best alternative' na nucleair (bijv. aardgas) zullen op termijn dermate hoog zijn dat de (middel)lange termijn opbrengsten (in tonnen CO₂ equivalent) de initiële investering meer dan goed maken door het hoge maatschappelijk rendement.

Dr. Rogier Potter van Loon analyseert voor stichting e-Lise—in een nog te publiceren artikel—eerst de kosten van deze lening voor de overheid en kwantificeert vervolgens de maatschappelijke baten. Dit leidt tot een (zeer) positieve business case voor de maatschappij, met een maatschappelijk rendement van 9.3% over een periode van 65 jaar. Uitgedrukt in termen van de CO₂-prijzen van nu impliceert dit een subsidie van (slechts) 5€ per ton (ver onder de ETS- en SDE++-prijs). Een sensitiviteitsanalyse toont tenslotte aan dat de business case (zeer) positief blijft bij verandering van aannames/parameters.

4

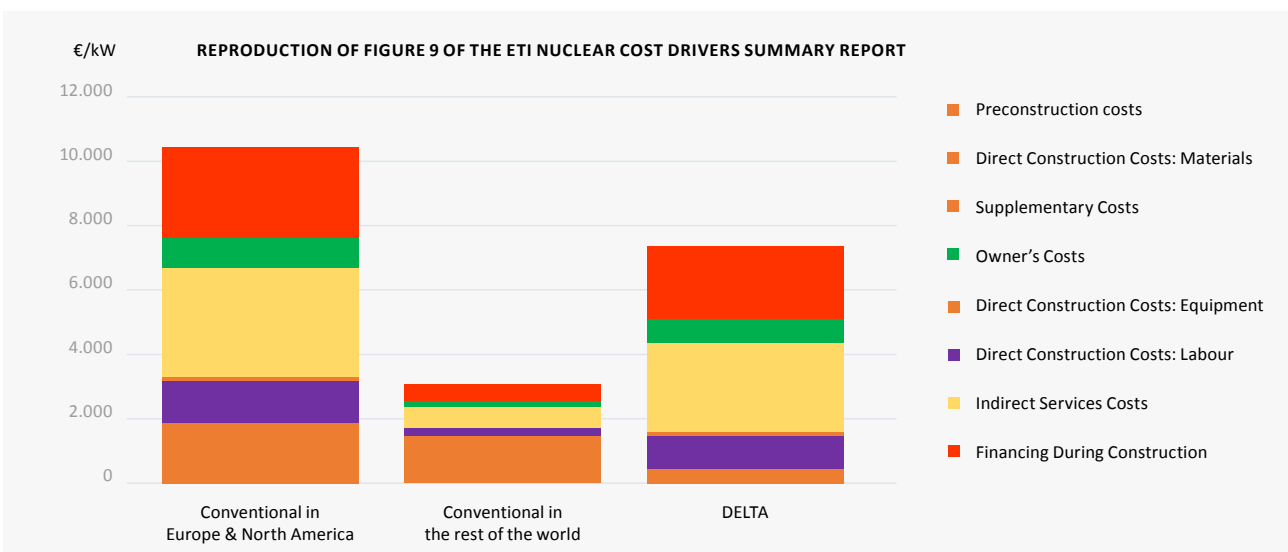
Werk multilateraal samen met energiebedrijven en vendors om een evenwichtiger kostenopbouw te realiseren

Onderzoek voor de Britse overheid door LucidCatalyst laat grote verschillen zien in de CAPEX (kapitaaluitgaven) voor identieke krachtcentrales in westerse en niet-westerse landen.¹⁶ Een belangrijk verschil betreft de rente die we onder punt 2 hebben benoemd. Ook andere kostenaspecten tonen grote discrepanties tussen westerse en niet-westerse reactoren. Het onderzoek legt een relatie tussen deze verschillen en een negatieve overheidsinvloed. Wij stellen voor dat EZK, I&W, ANVS, energiebedrijven en potentiële reactorpartners samenwerken om deze kosten zoveel mogelijk te mitigeren.



Er is een opvallende scheefgroei in kapitale uitgaven tussen enerzijds EPR-projecten in Finland, Frankrijk, Groot-Brittannië en anderzijds twee units van hetzelfde reactortype (EPR) die nu operationeel zijn in Taishan, China. Deze scheefgroei kan worden rechtgetrokken door multilaterale samenwerking tussen de overheid, energiebedrijven en vendors.

Een vertegenwoordiger van de CNNC (China National Nuclear Corporation) toonde in 2019 op het IAEA international conference on climate change and the role of nuclear power dat China steeds efficiënter is gaan bouwen door ervaring op te doen en de industrie op efficiency te structureren. Zo heeft men de werkzaamheden onderverdeeld in civiele werken, installatie, hijsen, en betonwerken.¹⁷



16 eprints.whiterose.ac.uk/165805

17 en.cnncc.com.cn/2019-11/22/c_447346.htm

Op de vorige pagina zien we een reproductie van Figuur 9 uit het ETI Nuclear Cost Drivers Summary Report.¹⁸ Deze grafiek toont een “genre” vergelijking tussen vergelijkbare lichtwater reactoren gebouwd in Europa & Noord Amerika (EU&NA) en in de rest van de wereld (ROW). De rechter kolom (DELTA) is onze eigen toevoeging aan het ETI-rapport: deze laat de verschillen zien tussen EU&NA- en ROW- kolom. Duidelijk is dat er belangrijke kansen liggen bij de aspecten “*Financing During Construction*”, “*Owner’s Costs*”, “*Indirect Services Costs*” en “*Direct Construction Costs: Labour*”.

Op alle vier aspecten valt in ons deel van de wereld veel winst te halen. Voor de overheid is er met name een rol weggelegd bij het financieren (*Financing During Construction*) van de kerncentrale; bij het (internationaal) harmoniseren van het ‘toelatingskader’ én optimaal in te zetten op serieproductie (Indirect Services Costs).

¹⁸ www.eti.co.uk/library/the-eti-nuclear-cost-drivers-project-summary-report

5

Identificeer nationale en internationale mogelijkheden voor samenwerking, leidend tot serieproductie in reactortechnologie

Net als bij windmolens en zonnepanelen worden kernreactoren progressief goedkoper door serieproductie. Om dit proces te stimuleren moeten kansrijke reactorontwerpen worden geïdentificeerd. Daartoe kan worden samengewerkt met landen en energiebedrijven. De bereidheid om dezelfde reactorontwerpen in te zetten kan een sterke hefboom zijn in snelle decarbonisatie van onze economieën.

De structurele steun die de overheid geeft aan opwekking met zon en wind zorgt voor een forse verlaging van het investeringsrisico voor deze technologieën. Deze langdurige betrokkenheid bracht ook de kosten met succes omlaag dankzij ervaring, procesverbetering, serieproductie en seriematige implementatie van nieuwe modellen. Bij Kernenergie kan de overheid nu voorsorteren op eenzelfde evolutie. Vendors leggen hiervoor al de basis door in te zetten op modellen die seriematig kunnen worden gebouwd. De Nederlandse overheid kan in de vergunningverlening hierop aansluiten. De bestaande Nederlandse wet- en regelgeving is hierop toegerust: deze voorziet bijvoorbeeld in 'risk informed' en 'graded' werkwijzen – al moet ook daarmee nieuwe praktijkervaring worden opgedaan. Beide zijn toepasbaar op zowel reactorveiligheid (bv. aangepaste veiligheidsmaatregelen) als reactorbeveiliging (bv. aangepaste Design Base Threats). Ook kan een bijdrage vanuit Nederland aan internationaal overeengekomen (IAEA) codes en normen van reactor ontwerpen en de acceptatie van licenties (Module Design Certifications) de internationale harmonisatie bevorderen, analoog aan industrieën zoals de luchtvaart. Te denken valt aan een Airbus-achtige aanpak, waarbij een volledige krachtcentrale als product wordt geleverd, en waarbij individuele componenten in daarvoor gespecialiseerde fabricage-locaties worden gemaakt.

Indien Nederland in de uitvoering van deze strategie succesvol is, kunnen een groot aantal nieuwe gestandaardiseerde kerncentrales vlot worden gebouwd in Nederland en aangrenzende landen, en dit maakt het makkelijker om aan onze verplichtingen van het Akkoord van Parijs te voldoen ten opzichte van een strategie waarin Kernenergie uitgesloten blijft.

Het is aanbevelenswaardig om speciale aandacht te schenken aan reactor-types zoals SMRs (Small Modular Reactors) want deze zijn kleiner in omvang en volledig gestandaardiseerd en daarom bij uitstek geschikt om in serie te bouwen. Er zijn SMRs beschikbaar die minder dan één miljard Euro kosten en competitief zijn met de huidige gascentrales (ook zonder CO₂-prijis).^{19,20}

19 GE-Hitachi BWRx300: nuclear.gepower.com/build-a-plant/products/nuclear-power-plants-overview/bwrx-300

20 Open100 cost estimate: analytics.zoho.com/open-view/230281900000010557/289737b7abeae16ee37e96f2ef455aa8

Er is in Nederland voldoende bestaande transmissie- en koelcapaciteit aanwezig voor tientallen van dergelijke SMRs (tenminste 15 Gigawatt).²¹ Dit is voldoende potentieel om serieproductie van reactor- en krachtcentrale-componenten en de seriematige bouw van nucleaire krachtcentrales op gang te brengen.

Ervaringen uit het verleden leren dat het bouwen van meer reactoren alleen, onvoldoende voorwaarde is voor het realiseren van de voordelen van seriematige productie. In de Verenigde Staten bijvoorbeeld werden opeenvolgende reactoren vaak duurder in plaats van goedkoper. Dat had onder andere te maken met een gebrek aan focus op standaardisatie – zelfs bij centrales van hetzelfde globale design werden bij de uitvoering steeds weer wijzigingen in het ontwerp doorgevoerd. Daardoor nam de technische complexiteit toe, evenals de complexiteit van het projectmanagement.²² Door te kiezen voor een vooraf gestandaardiseerd en eenvoudiger product, dat steeds weer kan worden gerepliceerd, en door een focus op standaardisatie in het projectmanagement, kunnen deze valkuilen worden vermeden.

Binnen Europa wordt in Groot-Brittannië, Polen, Estland, Tsjechië, Roemenië, Finland, Zweden en Ierland proactief gekeken naar de inzet van SMRs.²³ Uit deze samenwerking kwam onder andere een groot opgezette verkenning voort naar de marktrijpheid van een groot aantal SMR-systemen.²⁴ Een vervolgstap werd reeds door een groot aantal landen en organisaties gezet met het ondertekenen van de Verklaring van Tallinn.²⁵

21 Hiertoe hebben wij de nu bestaande fossiele productiecapaciteit in kaart gebracht. De kolen- en gascentrales hebben ook koeling nodig, en hebben al een plek in de huidige netinfrastructuur. "Fossiel" op die plekken vervangen door Kernenergie levert dus geen meerkosten op voor de netbeheerders (en, ultimo, de consument).

22 Citaat: "Studies of cost escalation in mega-projects more broadly have found that nuclear power plant projects exhibit greater and more frequent cost overruns and delays compared to other electricity generation infrastructure, which has been linked to reduced modularity and more complex project governance compared to other technologies."

23 www.bbc.com/news/science-environment-54703204

24 tractebel-engie.com/en/tractebel-s-vision-on-small-modular-reactors

25 www.e-lise.nl/post/stichting-e-lise-ondertekent-verklaring-van-tallinn

6

Maak het Provincies en RES-regios mogelijk om gezamenlijk kerncentrales in te zetten voor het bereiken van de RES-doelstellingen

Kerncentrales zijn in staat om grote hoeveelheden warmte en elektriciteit te produceren, meer dan genoeg voor één RES-regio. Daarom stellen wij voor om RES-regio's de mogelijkheid te bieden om gezamenlijk kerncentrales te realiseren om zodoende de gezamenlijke doelstellingen te behalen.

We zien dat bij de invulling van de RES (Regionale Energie-strategie) vooral is gekeken naar wind- en zonne-energie. Dit is niet vreemd omdat dit eigenlijk de enige mogelijkheden waren die werden aangeboden. Bij de besprekingen aan de Klimaat-tafels werd onder leiding van Ed Nijpels snel (en prematuur) besloten dat kernenergie vóór 2030 onmogelijk zou zijn. Deze uitspraken werden 11 jaar voor 2030 gedaan. We zien dat de nominale bouwtijd voor een kerncentrale in de wereld rond de 6 jaar is. De kerncentrale bij Borssele werd binnen 5 jaar gebouwd. De verwachtingen voor de bouwperiode van nieuwe modulaire serie-geproduceerde SMRs liggen tussen de 2 en 4 jaar.^{26,27,28,29} Inmiddels wordt het steeds meer de vraag of de RES-regio's in staat zullen zijn om voldoende draagvlak te vinden om de vereiste capaciteit aan windmolens en zonnepanelen te realiseren. Weliswaar werd onlangs bekend dat de huidige RES, indien de goedgekeurde projecten worden uitgevoerd, bijna is ingevuld. Maar na RES 1 kunnen mogelijkwjs RES 2, 3, 4 en 5 enzovoort komen – de voorliggende taak wordt er voor de regio's hoe dan ook niet gemakkelijker op. Het is overigens nog maar de vraag of de goedgekeurde RES-1 plannen die nu bekend zijn, allemaal realiseerbaar zijn. Ook is het mogelijk dat aan de huidige “bids” niet kan worden voldaan.

Wanneer men kritisch kijkt naar de onderverdeling in RES-regio's, dan wordt duidelijk dat er sprake is van een ongelijk speelveld. Niet iedereen heeft namelijk toegang tot dezelfde middelen. We zien vooral grote verschillen in de beschikbaarheid van voldoende wind. Een kustprovincie heeft daar meer van dan provincies die verder landinwaarts liggen. Veel regio's gaven, door een tekort aan draagvlak voor wind op land, steeds meer de voorkeur aan zonnepanelen. Dit doen zij ondanks de hogere kosten, zowel voor het opstellen van het vermogen als voor de netbeheerders, omdat zonvermogen aankoppelen duurder is dan het aankoppelen van windvermogen.

Om de RES-regio's een alternatief te bieden, stellen wij voor om hen in staat te stellen de krachten te bundelen om gezamenlijk in grotere duurzame projecten te participeren. Bijvoorbeeld in wind-op-zee, maar ook in bijvoorbeeld Kernenergie-projecten. Vervolgens kunnen zij naar rato de opgewekte CO₂-vrije stroom en warmte bijschrijven voor hun RES-doelstellingen. In een pilotstudie hebben wij vastgesteld dat ruim dertien locaties in elf provincies in Nederland geschikt zijn voor de bouw van SMRs. Deze kunnen onder optimale omstandigheden nog vóór 2030 hun eerste elektriciteit leveren. Wel stellen wij voor om de RES-regio's een à twee jaar respijt te geven om uiteindelijk aan hun verplichtingen te voldoen, mocht er vanuit overheidswege en reguleringdruk toch vertraging ontstaan in de realisatie van SMRs.

26 Citaat van David Sledzik van GE Hitachi: “For our first of a kind we are looking at 30 months, for our Nth of a kind we are looking at 24 months.”

27 Citaat van Scott Rasmussen van NuScale: “For a 12-module plant, our construction-cycle is estimated to be 36 months.”

28 Citaat van Mark Mitchell van USNC: “The on-site activity will be completed in a manner of months.”

29 Uitspraken zijn gedaan tijdens een Conferentie georganiseerd door Fermi Energia: youtu.be/nMwdelu7Sjc

7

Stimuleer energiebedrijven om hun fossiele en/of biomassa centrales on-site te vervangen door kerncentrales

Bestaande elektriciteitscentrales hebben een aansluiting op het hoogspanningsnet en de beschikking tot koelfaciliteiten. Deze infrastructuur is waardevol en kan opnieuw worden ingezet. Wij stellen voor om energiebedrijven te stimuleren om bestaande fossiele en biomassa centrales om te bouwen naar Kerncentrales.

Een voorlopige verkenning vertelt ons dat er in Nederland zo'n 13 locaties zijn waarop nu krachtcentrales staan die energie en elektriciteit opwekken door het verbranden van kolen en biomassa of aardgas. Sommige van deze centrales kunnen in de toekomst mogelijk op alternatieve brandstoffen zoals waterstof of synthetische koolwaterstoffen draaien, maar het grootste deel zal toch vervangen moeten worden. Wij verwachten dat deze centrales door een toenemende CO₂-prijs uiteindelijk onrendabel zullen worden en dit zal de uitbaters doen besluiten om deze centrales uit bedrijf te nemen; wij verwachten tevens dat door deze marktwerking de leverzekerheid van stroom en/of warmte-energie in het gedrang zal komen.

De meeste centrales zijn bij uitstek geschikt om te vervangen door SMRs. In eerste instantie omdat de bestaande centrales een capaciteit hebben die lager is dan dat van conventionele centrales van een Gigawatt of groter. Kijkende naar de bestaande centrales dan ligt de gemiddelde capaciteit rond de 1400 Megawatt. Negen locaties zijn geschikt voor tenminste twee SMRs van 300 Megawatt.

De redenen om specifiek naar de vervanging van bestaande centrales te kijken: de centrale is al in gebruik (geweest); er liggen dus precedents van succesvolle milieu effect rapportages en vergunningen op de fysieke site; de site heeft een of meerdere aansluitingen op het hoogspanningsnet; de site is toegankelijk voor al het noodzakelijk materieel en componenten; er zijn koelfaciliteiten en koelwater aanwezig.

Het is zeer wezenlijk dat er aansluitingen op het hoogspanningsnet en koelfaciliteiten aanwezig zijn. Hiermee voorkomen we dat nieuwe hoogspanningslijnen getrokken moeten worden naar een plaats, langs bewoonde gebieden. Het feit dat op deze krachtcentrale een vergunning is afgegeven om energie op te wekken is eveneens belangrijk. Dit schept een precedent voor een nieuwe vergunning. Wij stellen dan ook voor om beleid te vormen waarmee de uitbaters worden gestimuleerd om over te gaan tot het vervangen van de huidige centrales door kerncentrales en daarbij zoveel mogelijk gebruik maken van bestaande energie-infrastructuur.

8

De overheid stimuleert onderzoek naar, en de inzet van, kernenergie voor niet-elektrische processen

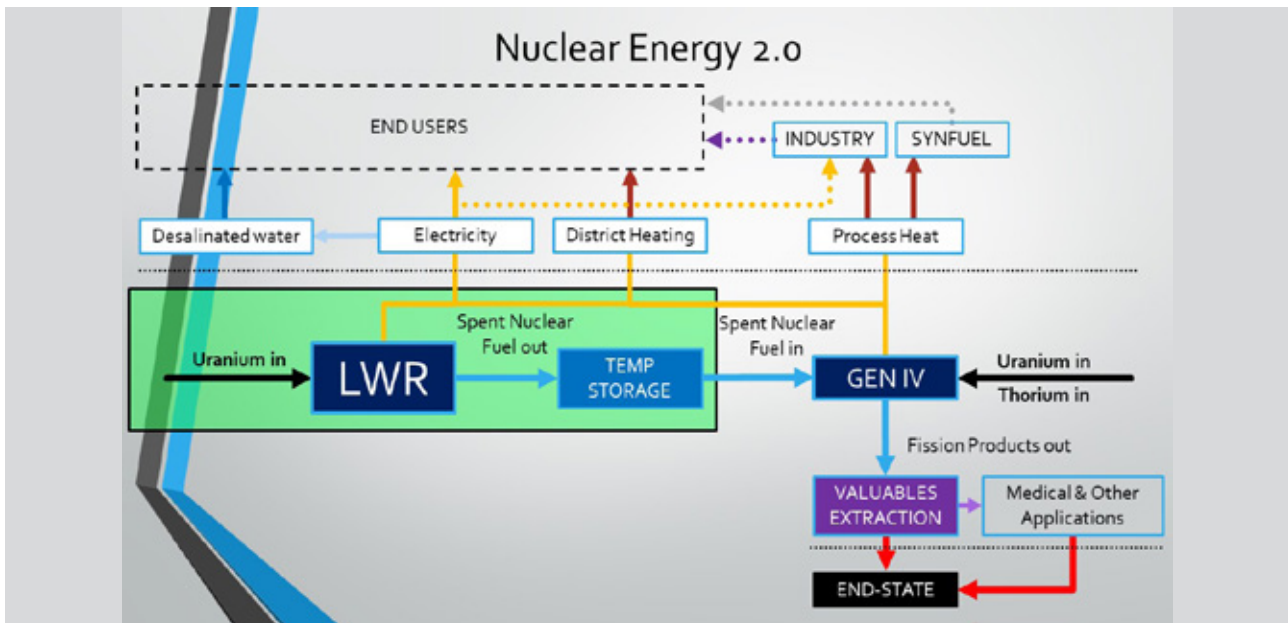
Kernenergie kan een significante rol spelen in het decarboniseren van de chemische industrie en de staalproductie. Benutting van nucleaire warmte kan helpen in de transitie naar een gasloze toekomst. Ook is het bij uitstek geschikt voor de productie van waterstof en schoon drinkwater.

Het jaarlijkse primaire energieverbruik van Nederland ligt in 2030 naar verwachting rond de 2750 PetaJoule (circa 750 Terawattuur).³⁰ In het TRANSFORM model van TNO staat in 2030 tegen de 40 Gigawatt aan hernieuwbare energie opgesteld en rond 2050 ruim 140 Gigawatt.³¹ Dit levert, bij het toekennen van een hypothetische capaciteitsfactor van 40% dan 140 Terawattuur in 2030 en 490 Terawattuur in 2050 op.

Het is belangrijk om op te merken dat in het TRANSFORM model rekening gehouden wordt met grootschalige gedragsverandering in termen van energieverbruik in Nederland. Het is onzeker of deze modellen ook daadwerkelijk haalbaar/maakbaar zijn. De Nederlandse samenleving is mogelijk niet bereid om dergelijke offers te maken. Het is daarom ook twijfelachtig of we met wind en zon (zelfs met hoge penetratie van wind & zon zoals omschreven in TRANSFORM-achtige scenario's) erin slagen om Nederland volledig te decarboniseren. Dit was voor de stichting e-Lise de reden om haar 'Kernenergie 2.0'-visie te ontwikkelen.

In deze visie tonen wij dat het mogelijk is om een cradle-to-cradle strategie te ontwikkelen voor Kernenergie. Verschillende types kernreactoren worden hierin voor veel verschillende toepassingen ingezet.

Te denken valt aan de productie van waterstof, synthetische brandstoffen, schoon drinkwater. Maar ook voor stadswarmte, industriële warmte, staalproductie en grootschalige chemie. Om deze processen CO₂-vrij te maken stellen wij voor dat de Nederlandse overheid onderzoeksinstituten zoals TNO vraagt om in samenwerking met marktpelers de mogelijkheden van (hoge-temperatuur) reactoren voor niet-elektrische processen te onderzoeken en uiteindelijk ook toe te passen. Dit kan de weg openen naar grootschalige CO₂-reducties én het behoud van belangrijke basisindustrie in Nederland en Europa.



30 www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-klimaat-en-energieverkenning2020-3995.pdf

31 publications.tno.nl/publication/34636734/bgfjKg/TNO-2020-P10338.pdf

9

Benut compatibiliteit van Nederlands toelatingskader met efficiënte ingebruikname van innovatieve reactorsystemen

Internationaal en binnen Nederland is dikwijls de zorg geuit of het 'toelatingskader', dat wil zeggen de regelgeving én de daarop toezichhoudende instanties, berekend zijn op het toelaten van innovatieve reactorsystemen. Uit onderzoek blijkt dat het, zeker in Nederland, niet de regelgeving is die innovatie belemmert.

Uit onderzoek van Tjerk Kuipers, specialist nucleaire veiligheid bij het Ministerie van Defensie, blijkt dat de Nederlandse regelgeving goed lijkt te voldoen aan basale eisen van flexibiliteit en doelmatigheid.³² Wel moet aandacht worden besteed aan enkele risicofactoren voor het toelatingsproces zelf, met name het tekort aan capaciteit en praktijkervaring bij zowel de betrokken overheidsdepartementen als de toezichthouder. Deze tekorten kunnen leiden tot vertragingen en/of voor substantiële kostenverhogingen, zonder dat de veiligheid van de systemen daarmee is gediend. Nodeloos trage processen zijn daarbij niet bevorderlijk voor het maatschappelijk draagvlak.

Hieronder doen we enkele aanbevelingen die sterk kunnen bijdragen aan een doelmatig en vlot verlopend toelatingsproces, dat voldoet aan de internationale veiligheidsvereisten die gesteld worden aan installaties voor nucleaire vermogensopwekking.

Rust in de vergunningverlening. Als een reactorsysteem in het land van herkomst alle stadia van toelating met succes doorlopen heeft, biedt dat andere landen een veilige basis voor de toelating van het betreffende systeem. Waarbij het in de praktijk goed werkt als de toezichthouder van het ontvangende land 'meeloopt' met de toelatingsprocedure, of zich laat voorlichten door de toezichthouder van het land van herkomst.

Licensing op basis van Module Design Certification. Module Design Certification (MDC) zou een enorme facilitator zijn voor de internationale acceptatie van Small Modular Reactors (SMR's). Het is een kosteneffectieve benadering waarbij het proces van de reactorcertificering wordt gescheiden van die van de locatiegoedkeuring. Laat de ANVS internationaal deskundigheid aanbieden aan de IAEA om dit te faciliteren en laat haar deelnemen aan reactorvalidatieprocessen. Op deze wijze kan de kennis meegenomen worden naar Nederland om daar de licensing in wetgeving te laten opnemen met het doel het implementeren en de acceptatie van buitenlandse of internationaal overeengekomen (IAEA) codes en normen van reactorontwerpen.

Geef praktisch verder vorm aan een 'risk informed' en 'graded approach'. Een graduele aanpak ('grading') houdt in het naar evenredigheid van toepassing zijn van bepaalde randvoorwaarden, afhankelijk van het potentieel risico voor de omgeving. In het toelatingsproces van grote onderzoeksreactoren (enkele tientallen megawatts thermisch) kan uit de graduele aanpak naar voren komen dat de randvoorwaarden gesteld aan de vermogensreactoren overeenkomstig van toepassing zijn. Het is daarnaast ook mogelijk dat voor bepaalde reactoren een aantal randvoorwaarden niet van toepassing is. Een aanbeveling zou zijn om een annex toe te voegen aan de handreiking VOBK (veilige Ontwerp en veilig Bedrijven van Kernreactoren) hoe de graduele aanpak moet worden toegepast op Small Modular Reactors (SMRs), andere laag-vermogenreactoren, nuclear barges, etc. of een meer algemene annex betreffende dit onderwerp.

³² Tjerk P. Kuipers, Developing nuclear security related legislative guarantees in licensing mobile Small Modular Reactors (Master thesis, T.U. Braunschweig, Augustus 2020) - doi.org/10.25933/opus4-2662

10

Breng het niveau van de ‘nucleaire kennis’ bij de overheid omhoog

De laatste 10 jaar hebben de stralings-onderwijsinstellingen, de Nederlandse Vereniging voor Stralingsbescherming (NVS), het Reactorinstituut in Delft (RID), de Gezondheidsraad, de ANVS en het RIVM geluiden laten horen dat het slecht gesteld is met het onderwijs en onderzoek. Onlangs nog schreef de adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI) hierover een brandbrief.³³

Veel mensen denken dat als Nederland geen kernenergie meer zou hebben er geen expertise over nucleaire techniek en stralingsbescherming meer nodig zou zijn. Niets is minder waar. Tal van sectoren hebben te maken met straling en radioactiviteit. Denk aan de toepassing van radioactieve stoffen in ziekenhuizen (voor diagnose en therapie) en de industrie (beoordelen van laswerk, meten van asfaltdikte in de wegenbouw). Daarnaast speelt de aanwezigheid van dergelijke materialen een rol in woningen (natuurlijke radioactiviteit in bouwmaterialen en in de bodem), het veilig bedrijven van mijnbouw, geothermie, de gips-/cement-/fosfaatindustrie en andere toepassingen.

In 2020 is een rapport³⁴ uitgebracht in opdracht van de ANVS, opgesteld door een commissie waarin André van der Zande (oud-DG RIVM), Carolien Leijen (voorzitter van de NVS, de beroepsvereniging van stralingsbeschermingsexperts) en Bert Wolterbeek (directeur Reactorinstituut Delft) zitting hadden. Deze commissie constateert dat de kennis in Nederland op het gebied van nucleaire techniek en veiligheid, en die van stralingsbescherming, tot een kritiek punt is weggeërodeerd. Oorzaken zijn geslonken budgetten, opgeheven vakgroepen en het met pensioen gaan of naar het buitenland vertrekken van zeer kundige mensen. De vraag is of deze boodschap voldoende

doordringt tot beleidsmakers. Zo zijn er binnen EZK in 2020 nog pogingen gedaan om de subsidie aan “Petten” voor onderzoek naar nucleaire techniek en stralingsbescherming te halveren.

Bijna elk ministerie of inspectieorgaan heeft wel iets te maken met het vakgebied van stralingsbescherming / nucleaire veiligheid en techniek. Toch lijkt de overheid niet heel bezorgd over het feit dat de kennis en het onderzoek over deze onderwerpen erodeert. Dat heeft een tweetal hoofdoorzaken:

1. Het feit dat het op de meeste ministeries een “klein” onderwerp is, waar hooguit twee beleidsambtenaren zich in deeltijd mee bezighouden. Vaak moeten zij ook een groot aantal andere onderwerpen bestrijken.
2. Het feit dat de kennis erodeert op de vakdepartementen, vaak tot op het niveau dat zij moeite hebben met het formuleren van de juiste vragen aan de kennisinstellingen.

Maar alleen al om het huidige peil te kunnen blijven handhaven is een impuls van vele miljoenen nodig. Wij bevelen dan ook aan om hiervoor op korte termijn budget te reserveren.

³³ www.awti.nl/documenten/adviezen/2021/02/17/advies-rijk-aan-kennis

³⁴ www.autoriteitnvs.nl/documenten/rapporten/2020/06/11/naar-een-agenda-en-platform-nucleaire-technologie-en-straling

11

Breng rust in het beleid rond stralingsbescherming

In de nucleaire sector spelen twee zaken een grote rol: stralingsbescherming en continue verbetering. Daaronder ligt een derde principe: LNT, hetgeen staat voor Linear No Threshold. Hieronder zetten we kort uiteen hoe deze zaken samenhangen en inwerken op de nucleaire industrie.

De stralingsbescherming steunt op de volgende principes: Rechtvaardiging, Optimalisatie en Dosislimieten.

Rechtvaardiging gaat over de vraag of je überhaupt (ethisch gezien) straling kunt toepassen in de samenleving. Onze regelgeving is daar duidelijk over: het opwekken van energie door kernsplijting is gerechtvaardigd.

Vervolgens is het wel zaak om de blootstelling aan straling te optimaliseren. Het woord ALARA (As Low As Reasonably Achievable) wordt vaak gebruikt in dit verband. Daarbij moeten socio-economische factoren worden meegewogen. Door veel mensen wordt ALARA verward met 'zo laag mogelijk', maar juist door het meewegen van socio-economische factoren ontstaat er een optimaal blootstellingsniveau, waar beneden het nog verder verlagen van de blootstelling niet meer zinvol, en ook niet wenselijk is.

De dosislimieten zijn er om bevolking (1 mSv per jaar) en werknemers (20 mSv per jaar) te beschermen tegen een hoge stralingsdosis veroorzaakt door vergunde activiteiten. Deze waarden zijn internationaal vastgesteld. Een overschrijding van die limieten staat gelijk aan een wetsovertreding.

ALARA en Linear No Threshold: recept voor continue verbetering?

In de nucleaire industrie staat ook het principe van de continue verbetering (volgens Plan-Do-Check-Act) hoog in het vaandel, met name op het gebied van betrouwbaarheid en veiligheid.

Waar ALARA door veel mensen onterecht gezien wordt als een 'race naar de nul millisievert', wordt continue verbetering onterecht gezien als 'race naar de top'. De PDCA-cyclus toegepast op bedrijfsvoering (efficiëntie in de productie) heeft een 'natuurlijke rem': de kosten voor de efficiëntieslag moeten opwegen tegen de meeropbrengsten. Maar veiligheid kan altijd beter en is in de ogen van veel mensen 'ontbetaalbaar', waardoor men uit het oog verliest dat ook wat 'veilig' is, aan socio-economische factoren gebonden is. Ook aan veiligheid zou een optimaliseringsprincipe ten grondslag moeten liggen, dat wel eens SAHARA (Safety As High As Reasonably Achievable) genoemd wordt.

De Linear-No-Threshold hypothese stelt dat straling een kans op kanker geeft, en dat die kans lineair toeneemt met de dosis: dubbel zo veel dosis, dubbel zo veel kans. In het bijzonder bestaat er volgens LNT dus ook geen drempelwaarde waaronder de kans nul wordt. Dus zelfs de miniemste hoeveelheid straling zou in principe tot de dood kunnen leiden, zo stelt LNT.

Bovenstaande oorzaken hebben er in de praktijk toe geleid dat verhoudingen in de veiligheidseisen zijn zoekgeraakt. Er wordt vaak niet geoptimaliseerd, maar er wordt gestreefd naar hoogste veiligheid en laagste stralingsdosis (want LNT), waarbij socio-economische factoren een te kleine rol krijgen in het geheel.

Overigens past dit in een bredere trend in onze samenleving: die van het in toenemende mate afwijzen van elk risico (zie bv. actuele zaken als de discussie rondom PFAS en die rondom Tata Steel), in plaats van het zoeken naar een compromis tussen voordelen voor de economie en samenleving, en mogelijke nadelen voor de omwonenden.

In het geval van kernenergie speelt daarbij nog eens dat het door het publiek gepercipieerde gevaar veel groter is dan het door experts getaxeerde gevaar. De politiek zal eerder geneigd zijn om eisen eerder op het niveau behorend bij de emotie van de bevolking te leggen dan op het niveau behorend bij de ratio van de deskundigen.

Ten slotte: het afleiden van normen gaat in een aantal denkstappen, waarbij ook modellen worden gebruikt. De onzekerheden in die modellen en in die overige denkstappen worden conservatief geschat. Dat leidt over alle denkstappen bezien tot 'stapelings van conservatismen' waardoor het uiteindelijke antwoord (de norm), 'veiligheidshalve' zeer veel strenger wordt dan nodig om een gewenst niveau van bescherming te bereiken.

Ook bij dat gewenste niveau van bescherming zelf kunnen vraagtekens gezet worden. Bieden de (veiligheids-)eisen die aan toepassing van straling en kernenergie worden gesteld hetzelfde niveau van bescherming aan de bevolking als er van andere takken van industrie wordt geëist? Met andere woorden: zijn de gestelde normen voor Kernenergie in verhouding tot daadwerkelijke risico?

We bevelen dan ook aan om een normstelling aan te wijzen waarmee de samenleving kan leven en waarmee rust in het beleid komt.

12

Breng rust in de samenleving – pak pro-actief de discussie over eindberging op

Een laatste aanbeveling is om, zodra het maatschappelijke gesprek over Kernenergie serieus wordt, dient de politiek het gesprek aan te gaan over nut en noodzaak van het realiseren van een eindberging voor langdurig radioactief afval. Een dergelijk gesprek wordt al voorbereid door het Rathenau Instituut, dat een rapport in voorbereiding heeft waarop een aantal auteurs van deze white paper input heeft gegeven.

Leden van de Adviesraad van de Stichting e-Lise hebben in de zomer van 2020, in hun aanbevelingen op het conceptrapport van het Rathenau Instituut over ‘Langdurige opslag van radioactief afval’ hun steun uitgesproken voor het starten van het besluitvormingsproces over een eindberging over radioactief afval. Immers: het afval is er ook nu al en ervaringen uit de landen om ons heen maken duidelijk dat deze besluitvorming complex is en veel tijd vergt.

In grote lijnen zien wij hier twee mogelijke routes die in de discussie naar voren zouden kunnen worden gebracht.

1. Nederland stopt met kernenergie. In dat geval zou deelname aan de Belgische eindberging de logische keuze zijn. Het zou wellicht zelfs mogelijk zijn dit te doen zonder verdragen aan te passen door een grens-locatie te kiezen en een Nederlandse gang te laten aansluiten op een Belgische berging.
2. Nederland gaat door met kernenergie, mogelijk in de vorm van generatie-4-reactoren. Als Nederland deze keuze maakt, heeft het zin om aan een eigen eindberging te gaan denken. Het nadenken over en ontwikkelen van die eindberging kan dan een rol krijgen in het ontwikkelen van een gerevitaliseerde kennis-ecologie.

Het discussieproces waaraan het Rathenau Instituut de komende jaren vorm gaat geven, en waarin de eerste stappen inmiddels zijn gezet, zou een goede opmaat kunnen zijn voor het maatschappelijke gesprek over het creëren van een dergelijke eindberging. De Stichting e-Lise ziet de uitnodiging hiertoe van het Rathenau Instituut graag tegemoet. Op kortere termijn zullen wij als Stichting ook zelf webinars gaan organiseren over nucleair afval. We denken dat een objectief vergelijk tussen afvalstromen een belangrijke hefboom kan worden voor brede maatschappelijke steun voor Kernenergie.

13

Zorg ervoor dat Kernenergie als duurzaam wordt aangemerkt in de EU Sustainable Taxonomy

Eén van de belangrijkste kostenposten voor Kernenergie is financiering. Een factor die daarbij binnen de EU bepalend is, betreft de wijze waarop kernenergie zal zijn opgenomen in de Europese Taxonomie. Wij pleiten ervoor dat kerncentrales van de huidige generatie, die aantonen dat ze hun afval recyclen, ook voor duurzame financiering in aanmerking komen. Hierdoor stijgen weliswaar hun brandstofkosten enigszins, maar zullen hun financieringskosten dalen.

De EU Taxonomie (Taxonomie) is een hulpmiddel om investeerders te helpen begrijpen of een economische activiteit ecologisch duurzaam is, en helpt om in de richting van een koolstofarme economie te navigeren. De taxonomie zal mogelijk kernenergie van de huidige generatie uitsluiten voor privaat institutioneel geld zoals Nederlandse pensioenfondsen. Kernafval zal dan waarschijnlijk het belangrijkste argument zijn. Echter, ook voor de huidige generatie geldt al dat kernenergie per geproduceerde eenheid één van de energiebronnen is die het minste afval produceert. Dat afval is daarbij voor meer dan 95% recyclebaar in reactoren van toekomstige generaties.^{35,36,37,38}

Dit onderwerp is nu in behandeling bij het Joint Research Centre van de EC. Onze verwachting is dat de volgende generatie kerncentrales, die een gesloten brandstof cyclus hebben, binnen de taxonomie zal worden toegelaten.³⁹ Maar brandstof van de huidige generatie kerncentrales kan deels binnen de huidige generatie al worden gerecycled. Dit gebeurt bijvoorbeeld met de Nederlandse brandstof in Frankrijk bij La Hague.⁴⁰ Het ongebruikte deel van het uranium wordt nu al bewaard en kan worden ingezet voor een volgende generatie reactoren.

De nieuwe generatie reactoren bieden inderdaad grote voordelen qua uranumefficiëntie, waarbij ook de hoeveelheid finale restproducten sterk vermindert. Ook de tijd waarin deze restproducten radioactief blijven wordt dan sterk gereduceerd. Diverse nieuwe reactorconcepten, waaronder de gesmolten-zoutreactor die in Nederland in ontwikkeling is, kunnen daarnaast op meer brandstoffen draaien dan alleen uranium, ze kunnen bijvoorbeeld ook gebruik maken van thorium.⁴¹

Maar op dit moment is het al mogelijk om zo'n 95% van de kernbrandstof na recycling te bewaren voor later gebruik in die toekomstige generatie reactoren. Dit is ook wat in Borssele gebeurt. De manier van opwerken en hergebruiken zoals Borssele toepast, en de gedegen manier van tussentijdse opslag van de restproducten zoals we bij COVRA hebben georganiseerd, krijgt wereldwijd lof. Zo demonstreert Nederland nu al een near-circular brandstofcyclus.

Het is aanbevelenswaardig om de nu nog bij COVRA opgeslagen en als afval bestempelde U_3O_8 opnieuw te classificeren. Dit is namelijk bruikbare brandstof voor reactoren met een snel spectrum.

Daarbij vergt de klimaatopgave dat we de juiste prioriteiten stellen. We hebben niet de luxe om technologieën uit te sluiten op basis van ideologische overwegingen. Omdat klimaatbeleid een urgente zaak is, moeten alle koolstofarme energiebronnen kunnen bijdragen, en al deze koolstofarme energiebronnen moeten hun plek krijgen in de definitieve taxonomie inzake duurzame financiën.

Er is een reëel gevaar dat kernenergie zal worden uitgesloten van de taxonomie – daarmee is het ontoegankelijk voor private financiering van institutionele beleggers die in kernenergie een duurzame investering zouden zien. Dit geldt ook voor de Nederlandse staat. Het is dan ook van het grootste belang dat de afweging gebaseerd zal zijn op wetenschappelijk bewijs. Ze mag niet worden beïnvloed door enige politieke of ideologische agenda. Meer dan 100 wetenschappers en milieuactivisten hebben daarom een brief aan de Europese Commissie (EC) ondertekend waarin wordt opgeroepen tot een tijdige en rechtvaardige beoordeling van kernenergie in de taxonomie.^{42,43}

35 www.orano.group/en/nuclear-expertise/from-exploration-to-recycling/world-leader-in-recycling-used-nuclear-fuels

36 large.stanford.edu/courses/2017/ph241/wang2

37 nuclear.gepower.com/build-a-plant/products/nuclear-power-plants-overview/prism1

38 www.wired.com/story/recycled-nuclear-waste-will-power-a-new-reactor

39 www.scientificamerican.com/article/how-long-will-global-uranium-deposits-last

40 www.orano.group/en/nuclear-expertise/orano's-sites-around-the-world/recycling-spent-fuel/la-hague/unique-expertise

41 Bijvoorbeeld in de gesmoltenzoutreactor die in Nederland in ontwikkeling is. De huidige verwachting is dat in 2035 de eerste vermogensreactor op gesmolten zout in gebruik kan worden genomen. www.nrg.eu/nieuws/nederlands-kennisconsortium-opgericht-voor-de-ontwikkeling-van-gesmoltenzoutreactoren

42 snetp.eu/2020/05/27/over-100-non-industrial-organisations-call-for-a-just-assessment-of-nuclear-energy-in-the-eu-taxonomy-of-sustainable-finance

43 snetp.eu/wp-content/uploads/2020/05/NGO-Civil-society-on-Taxonomy-2020.pdf