

MEMORANDUM

HET BEHOUD EN DE ONTWIKKELING VAN DE VOLLEDIGE NUCLEAIRE TECHNOLOGIE, INDUSTRIE EN WETENSCHAP.



MEMORANDUM

HET BEHOUD EN DE ONTWIKKELING VAN
DE VOLLEDIGE NUCLEAIRE TECHNOLOGIE,
INDUSTRIE EN WETENSCHAP.



EDITORIAL

België en kerntechnologie: een uitzonderlijk leadership.



EXECUTIVE SUMMARY

Het behoud en de ontwikkeling van de volledige nucleaire technologie, industrie en wetenschap



TERUGBLIK

De Belgische nucleaire expertise. Hoe een klein land groot kan zijn.



EEN REALITEIT VANDAAG

Diversiteit van de nucleaire technologie. Onzichtbaar maar essentieel. Belgische actoren aan de wereldtop.



ENERGIE

Kernenergie is essentieel in de energietransitie. Kernenergie maakt de energietransitie mogelijk.



ENERGIE
BEVOORRADINGSZEKERHEID

De keuze voor bevoorradingszekerheid en een realistische energietransitie. Met lokaal geproduceerde elektriciteit.



ENERGIE
PRIJS

Een betaalbaar energiebeleid. Met stabiele elektriciteitsprijzen voor gezinnen en bedrijven.



ENERGIE
KLIMAAT

Een koolstofarme elektriciteitsmix, de beste optie voor het klimaat. Een keuze op basis van feiten, cijfers en objectieve argumenten.



WERELD

Kernenergie in de wereld. Wat doen onze buurlanden?



VERDERZETTEN ACTIVITEITEN

Het langer operationeel houden van kerncentrales is mogelijk. Kernenergie als low-carbon transitie-technologie.



NIEUWE TECHNOLOGIEËN

Zo ziet kernenergie van de toekomst er uit.



VEILIGHEID

Veiligheid als absolute prioriteit. De nucleaire sector neemt zijn verantwoordelijkheid.



KERNAFVAL

Een veilig beheer van nucleair afval, nu en in de toekomst. De nood aan een langetermijnvisie.



GENEESKUNDE

Nucleaire geneeskunde, een domein in volle ontwikkeling. Belgische spelers aan de wereldtop.



KNOWHOW EN
WERKGELEGENHEID

België als pionier. Nucleaire opleiding en knowhow als motor voor werkgelegenheid, en platform voor innovatie en vooruitgang.



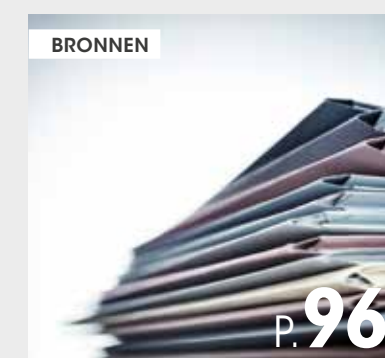
ONZE 5 VRAGEN

Wat de nucleaire sector verwacht van de Belgische decision makers

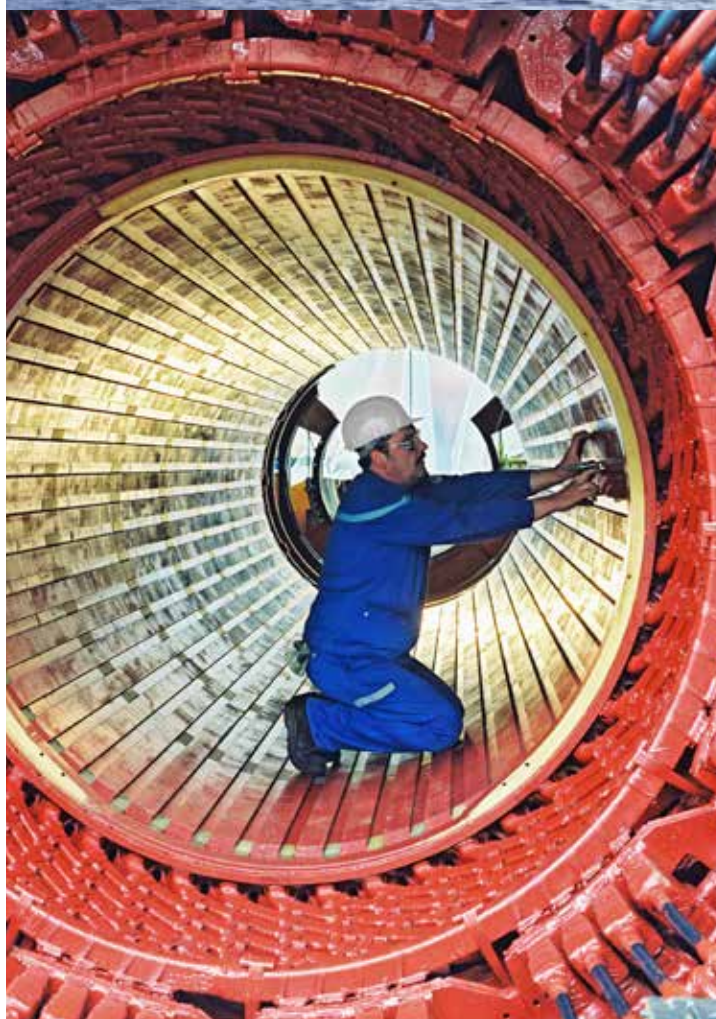


WIE ZIJN WIJ

Het Nucleair Forum. De beroepsfederatie voor de nucleaire sector in België.



BRONNEN



België en kerntechnologie: een uitzonderlijk leadership.

In aanloop naar de volgende federale verkiezingen van 2019 publiceert het Nucleair Forum een memorandum met daarin onze vragen aan beslissingsnemers. **Dit werk is het resultaat van reflectie in samenspraak met onze leden, een grondige lectuur van de verschillende studies die de voorbije maanden verschenen over de energietransitie, en tal van gesprekken met experts uit de sector, de academische wereld, en stakeholders uit verschillende domeinen.**

We staan op een scharniermoment, en het is aan de volgende regering om enkele erg belangrijke knopen door te hakken. **Als in 2025 de laatste kerncentrale sluit, verdwijnt daarmee de belangrijkste elektriciteitsbron die we in België beschikbaar hebben.** Kernenergie is al veertig jaar lang goed voor méér dan de helft van alle Belgische elektriciteit. Belangrijker, kernenergie staat voor 90% van de koolstofarme elektriciteit die we produceren, en garandeert een hoge bevoorradingszekerheid en stabiele elektriciteitsprijzen. In alle veiligheid. In

tegenstelling tot wat sommigen beweren, is kernenergie een essentiële schakel om de energietransitie te doen slagen.

WE MOGEN DEZE LEIDINGGEVENDE POSITIE NIET UIT HANDEN GEVEN. THE TIME IS NOW.

Maar kernenergie, en meer algemeen **nucleaire technologie, staat in België ook voor een wereldwijde bekendheid, een unieke knowhow, 20.000 jobs, een belangrijk export-product en een expertise die doorheen quasi alle economische sectoren loopt:** wetenschappelijk onderzoek, geneeskunde, industriële toepassingen, en zo voort. De nucleaire technologie, wetenschap en industrie is een incubator voor innovatie. Nucleaire technologie levert vandaag oplossingen voor de uitdagingen van morgen. België speelt een pioniersrol in de ontwikkeling van tal van deze competenties, ontdekkingen en ontwikkelingen. Nucleaire geneeskunde en (fundamenteel en toegepast) wetenschappelijk onderzoek zijn twee domeinen waarin ons land uitmunt en die een ongekende groei kennen.

België speelt een pioniersrol in de ontwikkeling van tal van deze competenties, ontdekkingen en ontwikkelingen. Nucleaire geneeskunde en (fundamenteel en toegepast) wetenschappelijk onderzoek zijn twee domeinen waarin ons land uitmunt en die een ongekende groei kennen.

We mogen deze leidinggevende positie niet uit handen geven. België moet de ambitie tonen om deze expertise en competenties blijvend te ondersteunen en verder ontwikkelen. Het is aan de volgende regeringsploeg om haar vertrouwen en geloof in de Belgische nucleaire knowhow uit te spreken en wetenschappelijk te verankeren. Anders riskeren we deze kennis voorgoed te verliezen. The time is now.

Marielle Rogie
Director



“DANKZIJ DE EXPERTISE IN TAL VAN TOEPASSINGEN VAN NUCLEAIRE TECHNOLOGIE, BESCHIKT ONS LAND OVER EEN INTERNATIONALE REPUTATIE, BEKENDHEID EN KNOWHOW.”

EXECUTIVE SUMMARY

Het behoud en de ontwikkeling van de volledige nucleaire technologie, industrie en wetenschap.

Nucleaire technologie is overal aanwezig in ons dagelijks leven. Van de elektriciteit die we elke dag gebruiken, de diagnose en behandeling van onder andere kanker in ziekenhuizen, de veiligheidsscanners op luchthavens, of de meetapparatuur om de stevigheid en integriteit van bruggen te controleren. Van de meeste van die toepassingen zijn we ons niet bewust. Kerntechnologie is alomtegenwoordig en essentieel, maar in veel gevallen onzichtbaar.

Sinds de ontdekking van radioactiviteit en de eerste toepassingen van nucleaire technologie (die meteen enkele Nobelprijzen opleverden) stond de wetenschap op geen enkel moment stil. Tot op de dag van vandaag zoeken kernfysici, nucleaire wetenschappers en onderzoekers van over heel de wereld naar oplossingen voor de uitdagingen van morgen. Of het nu gaat om een beter inzicht in het ontstaan van het heelal, baanbrekende mijlpalen in de ontwikkeling van gepersonaliseerde geneeskunde, de verkenning van het heelal of nieuwe manieren om energie op te wekken, zoals kernfusie. Nucleaire knowhow en onderzoek is een drijfveer voor innovatie.

De Belgische nucleaire expertise is een realiteit.

Sinds de bouw van de eerste Belgische onderzoeksreactor tot de Nobelprijs Natuurkunde voor de ontdekking van Boson-Higgs door onze landgenoot François Englert, heeft ons land steeds een internationale pioniersrol gespeeld in dit domein. Dankzij de expertise van België in de vele diverse toepassingen van nucleaire technologie, beschikt ons land een internationale reputatie, bekendheid en knowhow die door vele andere landen erkend (en soms benijd) wordt. We mogen deze leiderspositie niet uit handen geven. België moet dit expertisedomein behouden en verder versterken.

Met het Energiepact ambieert ons land een duurzame en koolstofarme energiemix. De voorbije maanden verschenen tal van studies en rapporten over de toekomst van de Belgische elektriciteitsmix in verschillende scenario's. Die studies berekenen cijfermatig de impact van een elektriciteitsmix met en zonder kernenergie, zowel voor wat betreft de bevoorradings-

zekerheid, de prijs van elektriciteit als de impact op de CO₂-emissies van ons land.

Kernenergie maakt deze energietransitie mogelijk. Wanneer kerncentrales deel blijven uitmaken van de Belgische elektriciteitsmix, zal de energietransitie realiseerbaar zijn, zowel voor wat betreft het halen van de klimaatdoelstellingen, het betaalbaar houden van de energietransitie als het garanderen van de elektriciteitsbevoorrading.

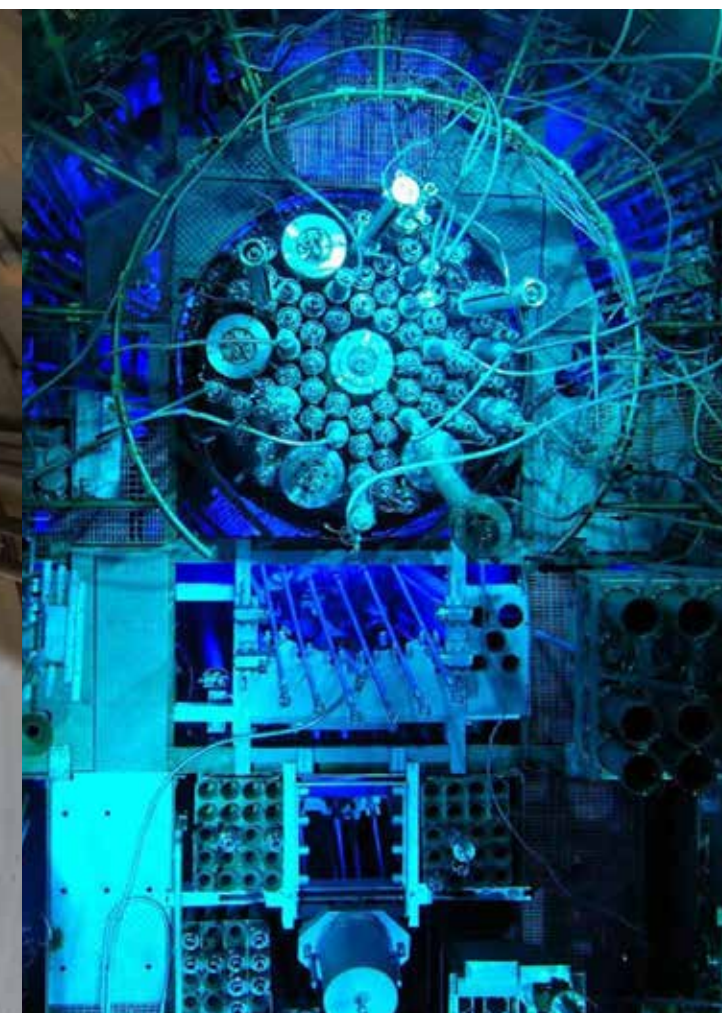
- Om de ambitieuze **klimaatdoelstellingen** te kunnen halen, en gezien de urgentie van de klimaatzaak, moeten we alle oplossingen inzetten die we op dit moment voorhanden hebben. Net zoals hernieuwbare energie, komt er bij kernenergie nauwelijks CO₂ vrij. Alle scenario's met een behoud van kernenergie komen tot betere resultaten en een lagere CO₂-uitstoot voor ons land dan scenario's zonder kernenergie.
- Bij een behoud van de nucleaire capaciteit in ons land zal de **elektriciteitsprijs** die gezinnen en onze industrie betalen voor de energietransitie minder hoog zijn dan bij een kernuitstap.
- Ook de **bevoorradingszekerheid** van ons land zal op termijn beter kunnen gegarandeerd worden bij een behoud van de Belgische kerncentrales. Zonder kernenergie is er meer kans op stroomonderbrekingen en is er nood aan import uit andere landen, zowel van elektriciteit als van fossiele brandstoffen. Ook dat blijkt uit de cijfers van externe studies.

Alle besproken studies in dit document (Federaal Planbureau, ELIA, Energyville, Itinera/Albrecht, ...) tonen cijfermatig aan dat een kernuitstap een negatieve impact heeft op de bevoorradingszekerheid, de prijs van elektriciteit in België, de CO₂-uitstoot van ons land. **De discussies over de energietoekomst van België moeten energieneutraal zijn, alle opties moeten bespreekbaar zijn. En de beslissing moet dringend worden genomen**, anders is het sowieso te laat (om een behoud van kernenergie na 2025 mogelijk te maken). Tal van landen binnen en buiten Europa kiezen voor kernenergie (zowel het bouwen van nieuwe centrales als het langer operationeel houden van de bestaande centrales).

Verder maken we dit memorandum komaf met enkele mythes. **Kernenergie en hernieuwbare energie zijn complementair, in tegenstelling tot wat sommigen beweren.** Het behoud van de kerncentrales staat de ontwikkeling van hernieuwbare energie niet in de weg. Er zijn geen technische of veiligheidsredenen te vinden voor het sluiten van onze kerncentrales na 40 jaar uitbating. **De nucleaire sector is de meest beveiligde en best gecontroleerde sector ter wereld.** Het resultaat van die ver doorgedreven veiligheidscultuur: de voorbije 40 jaar deed zich geen enkel ernstig incident voor in de Belgische kerncentrales, noch elders in Europa.

In België werken **20.000 mensen** in de nucleaire sector, enerzijds aan de bestaande toepassingen van vandaag, anderzijds aan de innovaties van morgen. Deze werknemers **zijn het levende bewijs van de nucleaire knowhow die in ons land aanwezig is:** voor het opwekken van elektriciteit, in het medische domein, het wetenschappelijk onderzoek of één van de tientallen industriële toepassingen.

De Belgische nucleaire sector is een motor van innovatie, onderzoek en ontwikkeling, knowhow, werkgelegenheid, en essentieel voor elektriciteit, gezondheid, industrie, economie en wetenschap. Deze competenties moet behouden blijven en verder ontwikkeld worden. //



DE BELGISCHE NUCLEAIRE
SECTOR IS EEN MOTOR VAN
INNOVATIE, ONDERZOEK EN
ONTWIKKELING, KNOWHOW,
WERKGELEGENHEID, EN
ESSENTIEEL VOOR ELEKTRICITEIT,
GEZONDHEID, INDUSTRIE,
ECONOMIE EN WETENSCHAP.



TERUGBLIK

De Belgische nucleaire expertise. Hoe een klein land groot kan zijn.

Begin 2005: na een reis van 10 jaar landt een robot ontworpen door Europese ingenieurs op Titan, één van de manen van de planeet Saturnus. Een kleurenfoto die de robot doorstuurt, toont stenen van ijs, andere foto's suggereren mogelijke gebieden van erosie. Zeven jaar later, in 2012, zijn de Amerikaanse ruimtesondes Voyager 1 en 2 de eerste menselijke voorwerpen die het zonnestelsel verlaten, na een reis van 25 jaar en meer dan twintig miljard kilometer. Op de foto's die Voyager doorstuurt staat een klein blauw stipje: de Aarde.

Deze twee opmerkelijke verwezenlijkingen uit de ruimtevaart waren enkel mogelijk dankzij een andere **baanbrekende ontdekking uit de 20^e eeuw**: het doorgronden van één van de fundamentele mechanismen van de natuur: de **kernfysica, en hoe energie precies ontstaat en kan worden opgewekt**. Want voor beide ruimtemissies, op zo'n immense afstand van de zon, is er slechts 1 energiebron die toelaat die cruciale informatie door te sturen naar de aarde: een plutoniumbatterij, waarvan de ontdekking en werking samenviel met de ontdekking van kernsplijting.

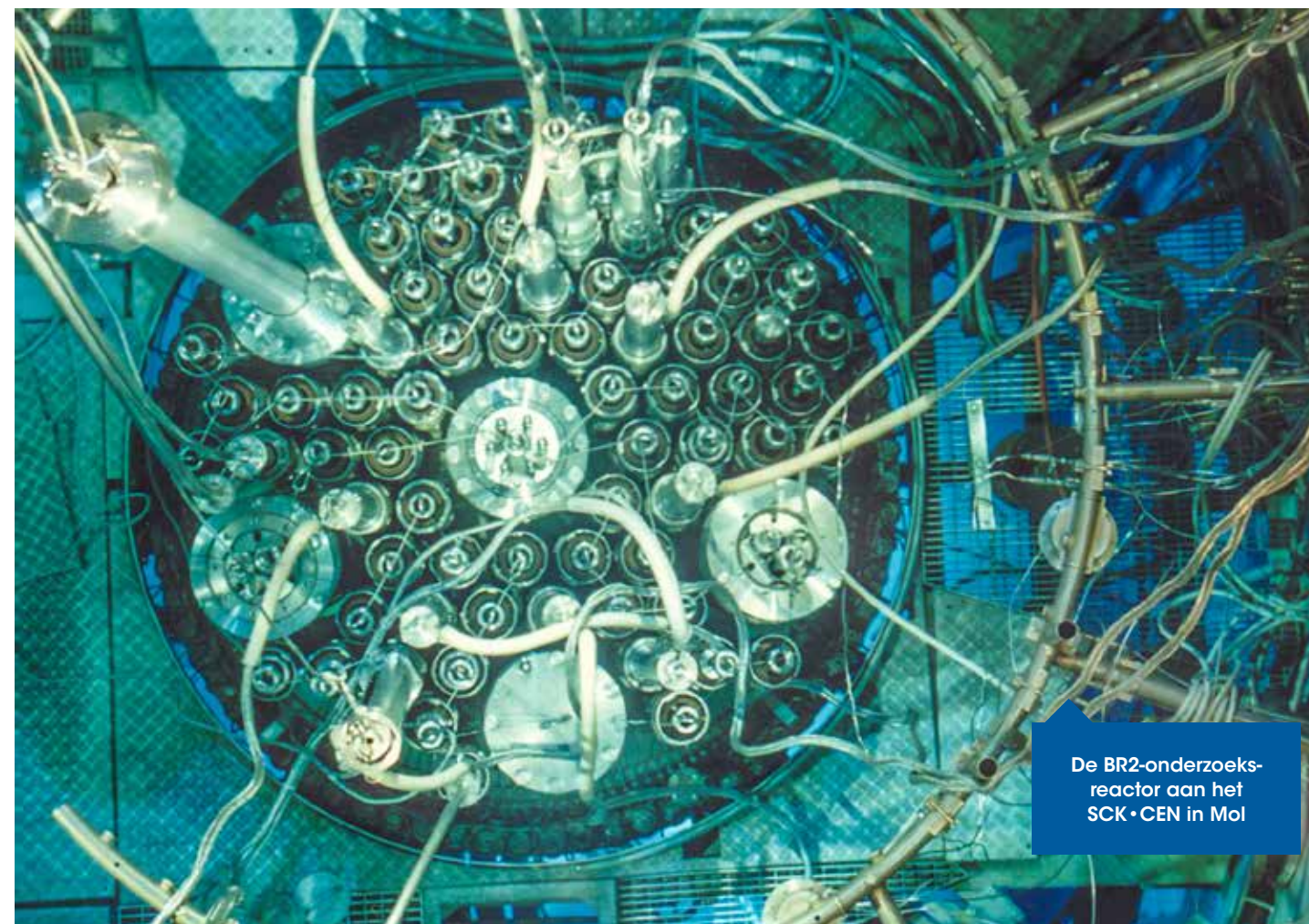
Een volle eeuw eerder werd een jonge Poolse emigrante, Maria Skłodowska, in Parijs wereldberoemd onder de naam van haar echtgenoot, Pierre Curie, omwille van haar fundamentele onderzoek naar straling en de effecten van radium. Haar baanbrekend werk leverde niet 1, maar **2 Nobelprijzen**, een uitzonderlijke eer die slechts weinig mensen ooit te beurt viel. Toen de Eerste Wereldoorlog uitbrak, mobiliseerde Marie Curie zelfs mobiele radiologie-eenheden om gewonde soldaten te dienen. Daarmee legde ze onbewust de **basis voor nucleaire geneeskunde**. Vandaag de dag worden 1 op 2 mensen tijdens hun leven geholpen via nucleaire geneeskunde, voor behandeling of diagnose van tal van ziektebeelden, waaronder kanker.

En de opeenvolgende ontdekkingen in de kernfysica hebben, samen de technologische ontwikkelingen, geleid tot één van de belangrijkste verwezenlijkingen van de nucleaire technologie: het begrijpen van de fundamentele energie die het heelal drijft (de zwakke

en sterke atoomkracht) en het gebruik ervan voor elektriciteitsproductie. Vanaf de jaren '70 begon België met de bouw van **kerncentrales, die tot op de dag van vandaag 60% van de Belgische elektriciteit produceren**, en 90% van de koolstofarme elektriciteit.

DANKZIJ DE STEUN DIE DE BELGISCHE NUCLEAIRE SECTOR STEEDS HEEFT MOGEN GENIETEN VANUIT DE BELGISCHE OVERHEID, KAN ONS LAND VANDAAG DE DAG BOGEN OP EEN UNIEKE KNOWHOW.

België heeft altijd een cruciale rol gespeeld in de ontwikkeling van deze kennis. Dankzij deze pioniersrol, en de erkenning en steun die de Belgische nucleaire sector steeds heeft mogen genieten vanuit de Belgische overheid, kan ons land vandaag de dag bogen op een unieke knowhow in de verschillende wetenschappelijke, technische en industriële toepassingen van de nucleaire technologie.



De BR2-onderzoeksreactor aan het SCK·CEN in Mol

Dankzij de ontdekking van uraniumafzettingen in Katanga, werd **België het referentieland voor de productie van radium**. Het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK·CEN) combineert vanaf zijn ontstaan uitzonderlijke wetenschappelijke en technologische expertise rond de drie onderzoeksreactoren (**BR1, BR2 en BR3**); net als het Instituut voor Radio-elementen (IRE), één van **'s werelds grootste producenten van radio-isotopen** voor medische doeleinden worden. De industriële spelers die eraan verbonden waren, bevonden zich dus in een strategische positie om samen met hun leveranciers de bouw op zich te nemen van zeven Belgische kerncentrales.

Ter ondersteuning van hun werk bouwden Belgische wetenschappers en ingenieurs **'s werelds eerste ondergronds laboratorium** om het geologisch beheer van kernafval te bestuderen. Belgische ingenieurs hebben nu **MYRRHA** ontworpen, **een essentiële onderzoeksinfrastructuur** die ons land de volgende

decennia in staat zal stellen om een pioniersrol te blijven behouden in tal van toepassingen van nucleaire technologie.

Na zes decennia wetenschappelijk en toegepast onderzoek, knowhow en toepassing van de nucleaire technologie in steeds meer toepassingen, is de Belgische nucleaire innovatie een feit. En de ontwikkeling ervan gaat verder: in geneeskunde, ruimtevaart, energie, onderzoek en tal van andere domeinen. De vele innovaties die de Belgische nucleaire technologie, wetenschap en industrie vandaag ontwikkelen voor de uitdagingen van morgen, zijn daar van **het levende bewijs**. //

ENKELE BELANGRIJKE DATA





"EVERY DAY, MILLIONS OF PEOPLE THROUGHOUT THE WORLD BENEFIT FROM THE USE OF NUCLEAR TECHNOLOGY."

Yukiya Amano, Director General,
International Atomic Energy Agency



EEN REALITEIT VANDAAG

Diversiteit van de nucleaire technologie. Onzichtbaar maar essentieel. Belgische actoren aan de wereldtop.

De Belgische nucleaire expertise is vandaag de dag een feit. Of het nu gaat om toepassingen in geneeskunde, wetenschappelijk onderzoek, ruimtevaart of energie; Belgische bedrijven, onderzoekscentra, en industriële spelers zijn wereldspelers in de verschillende toepassingen van de nucleaire technologie. Indien er geen politieke beslissing volgt over het behoud en de verdere ontwikkeling van deze sector, bestaat het risico dat deze (historisch opgebouwde) competentie en knowhow verdwijnt.

Nucleaire technologie wordt gebruikt voor tal van toepassingen. Het opwekken van elektriciteit in kerncentrales en de productie van medische isotopen zijn de twee bekendste domeinen. Dat **de technologie wordt toegepast in tientallen andere, onbekende nichedomeinen** is minder gekend.

In dit hoofdstuk bieden we een overzicht van de andere, minder bekende toepassingen van nucleaire technologie. **Zowel bij ons als in ontwikkelingslanden wordt nucleaire technologie gebruikt voor tal van dagelijkse toepassingen**, van het verbeteren van landbouwmethodes en de strijd tegen klimaatverandering, tot wetenschappelijk of kunsthistorisch onderzoek, of de strijd tegen insectenplagen en mislukte oogsten door droogte. In nagenoeg al deze toepassingen **spelen Belgische onderzoekers en bedrijven een cruciale rol.**

NUCLEAIRE GENEESKUNDE: 35 MILJOEN INTERVENTIES PER JAAR

Elk jaar krijgen wereldwijd 35 miljoen mensen een diagnose of behandeling dankzij nucleaire geneeskunde, die gebruik maakt van radio-isotopen. Sommige isotopen komen in de natuur voor, maar de meeste die in de nucleaire geneeskunde worden gebruikt, worden kunstmatig geproduceerd. Nucleaire technologie wordt toegepast in meer dan 60 soorten diagnoses en behandelingen van bepaalde ziektebeelden, zoals **kanker en hart- en vaatziekten**. En dat zou door de snelle ontwikkeling van de nucleaire technologie en de veroudering van de bevolking de komende jaren nog kunnen toenemen.

Tal van Belgische spelers behoren tot de wereldtop inzake diagnose en behandeling dankzij nucleaire geneeskunde en protontherapie. We bespreken de medische toepassingen van de nucleaire technologie uitgebreid in een apart hoofdstuk.

DRINKBAAR WATER OPSPOREN

Nucleaire technologie kan grondwatervoorraden op een goedkopere en snellere manier in kaart brengen. Daardoor wordt drinkbaar grondwater makkelijker en goedkoper toegankelijk, **zowel voor consumptie als gebruik voor irrigatie in de landbouw.**

De Belgische onderzoeker Gerd Dercon staat aan het hoofd van het VN-labo in Seibersdorf (Wenen) dat zich bezighoudt met het opsporen van drinkbaar water. In samenwerking met de Food & Agriculture Organisation willen ze nucleaire technologie inzetten in het oplossen van de drinkwaterproblematiek.

ONTZILTEN VAN DRINKWATER

Er bestaan technieken om brak of zout (zee)water drinkbaar te maken. Het nadeel is dat deze technologieën erg energie-intensief zijn, en daardoor niet duurzaam zijn. Nucleaire technologie is een interessant en koolstofarm alternatief voor fossiele energiebronnen, en kan daarom nuttig zijn om op termijn **op een klimaatvriendelijkere manier water te ontzilten.**

Elke dag wordt 100 miljoen liter zout of brak water omgezet in drinkbaar water dankzij nucleaire technologie.

BODEMEROSIE TEGENGAAN

Het injecteren van een radioactieve stof gebeurt niet alleen in water, maar kan ook rechtstreeks in de grond gebeuren. Door **zandkorrels radioactief te maken** (tracers), kan je met bepaalde meetapparatuur nagaan hoe deze zandkorrels zich doorheen de tijd verspreiden in het landschap. Op die manier kunnen ondergrondse waterstromen in kaart gebracht worden, of kan nagegaan worden op welke manier, of in welke richting, de bodem erodeert. Ook dat laat toe om **landbouwprocessen te optimaliseren**, en de effecten van erosie (door klimaatverandering) tegen te gaan.

De Belgische baggeraar Jan De Nul gebruikt deze toepassing van de nucleaire technologie om bodemerrosie in kaart te brengen en in te dijken.

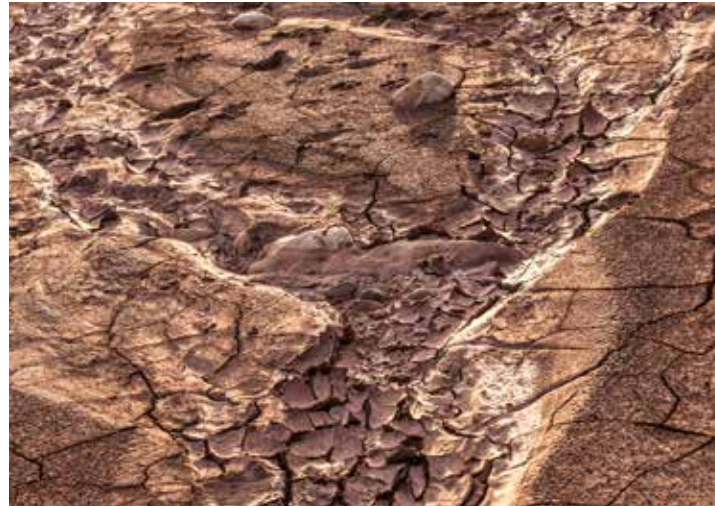
NIEUWE PLANTENSOORTEN ONTWIKKELEN DIE BETER BESTAND ZIJN TEGEN DROOGTE

Biodiversiteit is essentieel voor het voortbestaan van onze planeet. Dankzij het doorstralen van gewassen en zaden via kerntechnologie **ontstaan varianten, waarvan sommige beter bestand zijn tegen specifieke milieu- en klimaatomstandigheden**. Nucleaire technologie realiseert in enkele minuten waar natuurlijke selectie duizenden jaren voor nodig heeft.

De Belgische onderzoeker Ivan Ingebrechts staat aan het hoofd van één van de 6 labo's van de Verenigde Naties in Seibersdorf, nabij Wenen. Samen met zijn team doet Ivan Ingebrecht zowel in de labo's in Wenen als op het terrein (over de hele wereld) onderzoek naar het verbeteren van oogsten.

HET WATERGEBRUIK RATIONALISEREN EN IRRIGATIETECHNIEKEN VERBETEREN

Dankzij kerntechnologie kan het gebruik van water voor landbouw beter worden ingezet. Door aan drinkwater een onschadelijk radioactief stofje toe te voegen (een radio-isotoop), is het mogelijk om met heel specifieke meetapparatuur **de exacte locatie en de bewegingen van water op te sporen** en in kaart te brengen. Op die manier laat kerntechnologie onder andere toe om na te gaan hoeveel water een plant/landbouwgewas opneemt, en hoeveel water er verloren gaat door verdamping. Zo kan men bepalen wat de optimale hoeveelheid en dosering water is die een plant nodig heeft.



SUPERPERFORMANTE VACCINS ONTWIKKELEN VOOR VEEHOUDERS

Virussen zijn intelligent. Ze passen zich snel aan en muteren. Doordat ze een andere vorm aannemen, herkennen de antilichamen de virussen niet meer. **Dankzij de bestralingstechniek kunnen vaccins worden ontwikkeld** die ervoor zorgen dat het besmette organisme zelfs de gemuteerde virussen herkent. Cijfers bevestigen dat. Er ontstaat een immuunreactie en de antilichamen verhinderen dat de virussen zich vermenigvuldigen.

Wanneer virussen zich niet kunnen vermenigvuldigen, kan de ziekte niet uitbreken bij dieren en, in sommige gevallen, kan die ziekte niet meer worden overgedragen op mensen. **De veestapel blijft gezond** en dat is van vitaal belang voor de veehouders. Op die manier draagt kerntechnologie bij tot de gezondheid en de voedselveiligheid van talrijke gemeenschappen over de hele wereld.

NUCLEAIRE TECHNOLOGIE IN DE STRIJD TEGEN MALARIA

Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie wordt de helft van de wereldbevolking bedreigd door malaria (ook wel moeraskoorts genoemd) en sterven er jaarlijks een half miljoen mensen aan de ziekte. 90% van deze sterfgevallen vindt plaats in Afrika, waar elke minuut een kind sterft aan malaria.

De steriele-insectentechniek **(SIT), een nucleaire technologie, bestaat eruit massaal insecten te kweken en vervolgens de mannetjes te steriliseren.**



Deze worden dan en masse vrijgelaten in de natuur, waar ze ertoe bijdragen dat hun soort zich niet meer kan voortplanten. Met de SIT kan men op die manier de insectenpopulatie aanzienlijk beperken en kan de populatie zelfs helemaal uitgeroeid worden als dit meerdere generaties na elkaar herhaald wordt.

De Belgische onderzoeker Marc Vreysen leidt vanuit Seibersdorf (Wenen) het onderzoek in dit domein. In opdracht van de Verenigde Naties en de Food & Agriculture Organisation (FAO) onderzoekt Marc Vreysen hoe de wereldwijde strijd tegen malaria kan worden gewonnen.



ONDERZOEKER EN DATEREN VAN OBJECTEN

Via de koolstof-14-methode (C-14) kunnen onderzoekers de leeftijd van een object nagaan door de natuurlijke straling ervan te meten.

Het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium (KIK/IRPA) beschikt sinds 2013 over een koolstofdateringsmachine van de laatste generatie. Deze deeltjesversneller gekoppeld aan een massaspectrometer laat toe om zeer snel erg precieze dateringen uit te voeren voor de archeologie, kunstgeschiedenis en geologie, en dit zowel voor Belgische vorsers als voor het buitenland.

KUNSTSTOFFEN VERSTEVIGEN

Dankzij ioniserende straling kunnen producenten kunststoffen verstevigen, gaande van speelkaarten tot zeilboten.

BEHANDELING VAN ROOKGASSEN

Bedrijven gebruiken ioniserende straling om schadelijke stoffen te verwijderen uit rookgassen.

NIET-DESTRUCTIEF ONDERZOEK (OM DE STEVIGHEID VAN GROTE INFRASTRUCTUREN, ZOALS BRUGGEN, NA TE GAAN)

Ioniserende straling is traceerbaar. Die eigenschap wordt gebruikt om **verborgen gebreken op te sporen**, zoals waterstofinsluitels in de wand van een drukvat of corrosiesporen in de vleugels van een vliegtuig. Dankzij deze techniek blijft het materiaal intact en hoeft het niet versneden te worden voor (microscopisch) onderzoek.

De Belgische inspectie- en certificatie-instelling Vinçotte gebruikt deze toepassing van de nucleaire technologie als meettechniek om via niet-destructief onderzoek de integriteit en stevigheid van installaties na te gaan.

RADIOACTIEVE TRACEERTECHNIEKEN

De toepassing van radioactieve traceringsmethoden op auto-onderdelen laat toe om de prestaties en de **betrouwbaarheid van motoren te verbeteren** en de **vervuiling ervan te verminderen**.

De Belgische onderneming en nichespeler DSI (Delta Services Industriels), gevestigd in Doornik, gebruikt de radioactieve traceertechniek om het verbruik en slijtage van automotoren na te gaan, bijvoorbeeld in de Formule 1. De expertise van DSI is internationaal gekend in de auto- en motorsportwereld.

GEDOPEERD SILICIUM: NUCLEAIRE TECHNOLOGIE TEN DIENSTE VAN HYBRIDE WAGENS EN WINDTURBINES

Silicium is een essentiële grondstof voor de wereldwijde elektronicasector. Ze wordt gebruikt als halfgeleider in de elektronische circuits van onder meer hogesnelheidstreinen, windturbines en hybride wagens. In zuivere vorm is silicium echter allesbehalve een goede geleider. Het materiaal wordt pas nuttig voor elektronische toepassing door er nieuwe atomen via straling in te injecteren (doperen).

Steeds meer toepassingen worden uitgerust met elektronische circuits en halfgeleiders op basis van ge-

dopeerd silicium. **Meer dan 5,8 miljoen hybride wagens zijn uitgerust met halfgeleiders die kern-technologie gebruiken.**

België is een belangrijke wereldproducent van gedopeerd silicium. Zo staat de onderzoeksreactor BR2 van het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK•CEN) gemiddeld in voor 25% van de wereldproductie van het silicium dat hiervoor wordt gebruikt.

NUCLEAIRE TECHNOLOGIE EN RUIMTEVAART: LEVEREN VAN ENERGIE EN ELEKTRICITEIT

Voor verre trips, naar Mars bijvoorbeeld, kom je buiten het bereik van zonne-energie. En dan **levert de nucleaire technologie een betrouwbare oplossing**.

Ook de voeding van satellieten en robots wordt verzekerd door batterijen die functioneren dankzij kleine radioactieve bronnen. Deze batterijen zijn heel compact en kunnen heel lang autonoom werken.

De robot ‘Curiosity’ heeft dankzij zijn nucleaire batterij al zes jaar lang voldoende energie om onderzoek te doen op Mars, en de resultaten door te sturen naar de aarde. Dankzij nucleaire technologie krijgen we baanbrekende inzichten in de samenstelling van andere planeten in ons heelal.

VOEDSEL AAN BOORD TIJDENS EEN LANGE RUIMTEREIS

Een astronaut verbruikt elke dag 1 kg voedsel, 1 kg zuurstof en 3 kg drinkwater. Daarnaast heeft hij 15 kg water nodig voor persoonlijke hygiëne.

Voor bemande missies van lange duur (zoals bijvoorbeeld naar Mars), is het onmogelijk genoeg voeding mee te nemen en alle afvalstoffen (vooral water) te stockeren. Recyclage is dus de oplossing. Het project MELiSSA van het SCK•CEN bestudeert een life support-systeem. Dat systeem bestaat uit een biologische reactor, die aan de hand van bacteriën het **afval aan boord van een ruimteschip omzet in drinkwater, voeding en zuurstof**.

Het SCK•CEN bestudeert de teelt van spirulina, een voedzame algensoort. Spirulina is niet alleen eetbaar, maar verbruikt ook CO₂ afkomstig van de astronauten én het produceert zuurstof. Kans is dus groot dat spirulina een belangrijk bestanddeel wordt van toekomstige ruimtevoeding.

VOEDSELVEILIGHEID

We eten elke dag bestraald voedsel. En dat is niet radioactief. **500.000 ton voedsel wordt jaarlijks bestraald om bacteriën te doden**. Door voedingsmiddelen met behulp van radioactieve straling te steriliseren, worden bacteriën en andere schadelijke micro-organismen vernietigd. Dat verbetert de kwaliteit van de voedingsmiddelen en zorgt ervoor dat we ze langer kunnen bewaren.

Voedselbestraling wordt vooral toegepast op kruiden, diepvriesproducten, pluimvee en eieren, vlees en vis, aardappelen, gedroogde groenten en fruit. Voor bepaalde groenten (zoals look en uien) zorgt het er ook voor dat ze minder snel gaan ontkiemen.

Het bedrijf Sterigenics in Fleurus behoort tot 1 van de wereldspelers inzake doorstralen van voedingsmiddelen en steriliseren van medische apparatuur. In ons land wordt jaarlijks zo’n 3000 tot 4000 ton voedsel doorstraald. Dat is ongeveer 60% van het totale volume dat in Europa jaarlijks behandeld wordt.

NUCLEAIRE TECHNOLOGIE EN DE BIG BANG

Het CERN (Europees centrum voor nucleair onderzoek) in Zwitserland doet **onderzoek naar de big bang en het ontstaan van het heelal**. Het subatomair fundamenteel onderzoek dat aan het CERN (en aan Belgische onderzoeksinstituten die samenwerken met het CERN) wordt verricht, verleent ons essentiële inzichten in de samenstelling van het heelal, materie en antimaterie, ruimtetijd en zwarte gaten, en de fysische processen die geleid hebben tot het ontstaan van het heelal.

Belgische onderzoekers hebben in verleden en heden een pioniersrol vervuld in het fundamenteel onderzoek inzake deeltjesfysica. De Belg François Englert ontving in 2013 de Nobelprijs voor Natuurkunde voor zijn ontdekking van het Boson-Higgs deeltje. De Belgische onderzoeker Petra Van Mulder is professor aan de VUB en het CERN. Ze onderzoekt het bestaan en gedrag van neutrino’s, één van de elementaire deeltjes. //

500.000 TON
VOEDSEL WORDT
JAARLIJKS
BESTRAALD OM
BACTERIËN TE
DODEN.





“NUCLEAR ENERGY IS BASELOAD ELECTRICITY, PRODUCED DOMESTICALLY WITH A GUARANTEED SECURITY OF SUPPLY, WITHOUT EMITTING CO₂ EMISSIONS. THESE ARE MAJOR ADVANTAGES.”

Fatih Birol, Executive Director, International Energy Agency¹

ENERGIE

Kernenergie is essentieel in de energietransitie. Kernenergie maakt de energietransitie mogelijk.

“De energietransitie is zonder twijfel één van de grote uitdagingen voor ons land. Ze vormt het pad dat België zal leiden naar een koolstofarm energiesysteem dat onze uitstoot van broeikasgassen terugdringt. Het klimaatakkoord van Parijs en de Europese doelstellingen voor klimaat en energie in 2030 vormen hiervoor de leidraad.”

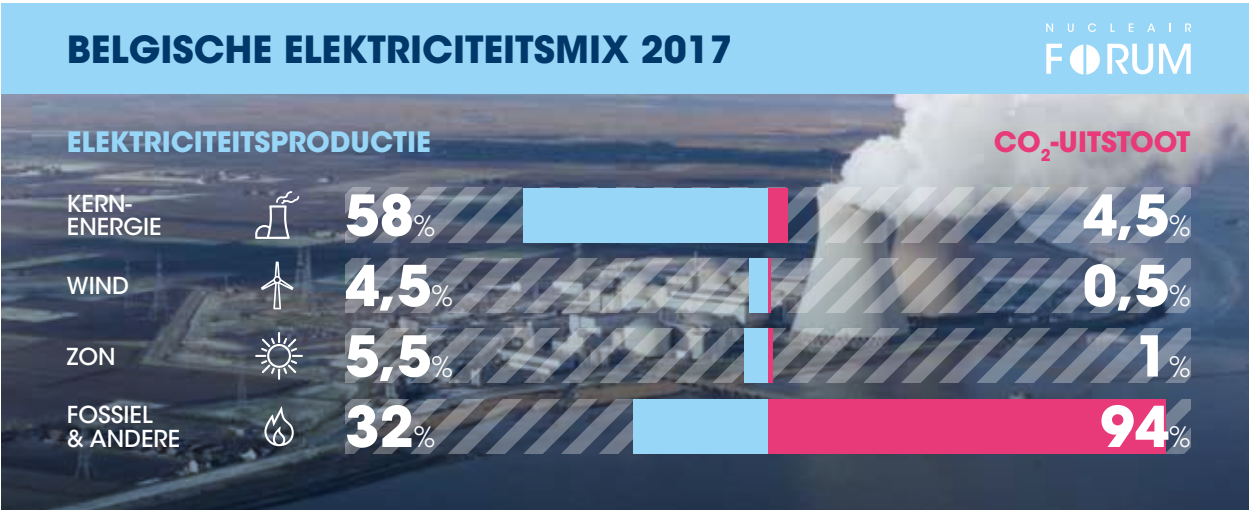
Op die manier verwoorden de 4 Belgische energieministers de uitdaging waarvoor ons land de volgende decennia staat.² Met het Energiepact en de energietransitie heeft België **de ambitie om tegen 2050 zijn volledige energie- en elektriciteitsbevoorrading koolstofarm te maken.** Een gedecentraliseerde stroomproductie, hernieuwbare energie, opslag, slimme netten, vraagsturing en vermindering van de elektriciteitsvraag, energie-efficiëntie en isolatie van gebouwen zijn de pijlers om die energietransitie te realiseren.

De doelstelling tegen 2050 is duidelijk, maar wat gebeurt er in de cruciale tussenperiode tussen 2025 en 2050? Gaat de laatste kerncentrale in ons land dicht in 2025, zoals het huidige wetgevend kader vooropstelt? En wat is de impact van een eventuele kernuitstap op de Belgische bevoorradingszekerheid, prijs van elektriciteit en het klimaat? Effent een kernuitstap

het pad naar een koolstofarme energieproductie, of belemmert ze die?

Om de toekomst voor te bereiden, is het nuttig te kijken naar de realiteit vandaag. Dat levert soms evidente, maar vaak ook verrassende inzichten. Dat kernenergie en hernieuwbare niet zouden complementair zijn, wordt tegengesproken door de huidige energiemix, waarin beide energiebronnen samen koolstofarme elektriciteit en bevoorradingszekerheid leveren tegen een competitieve prijs.

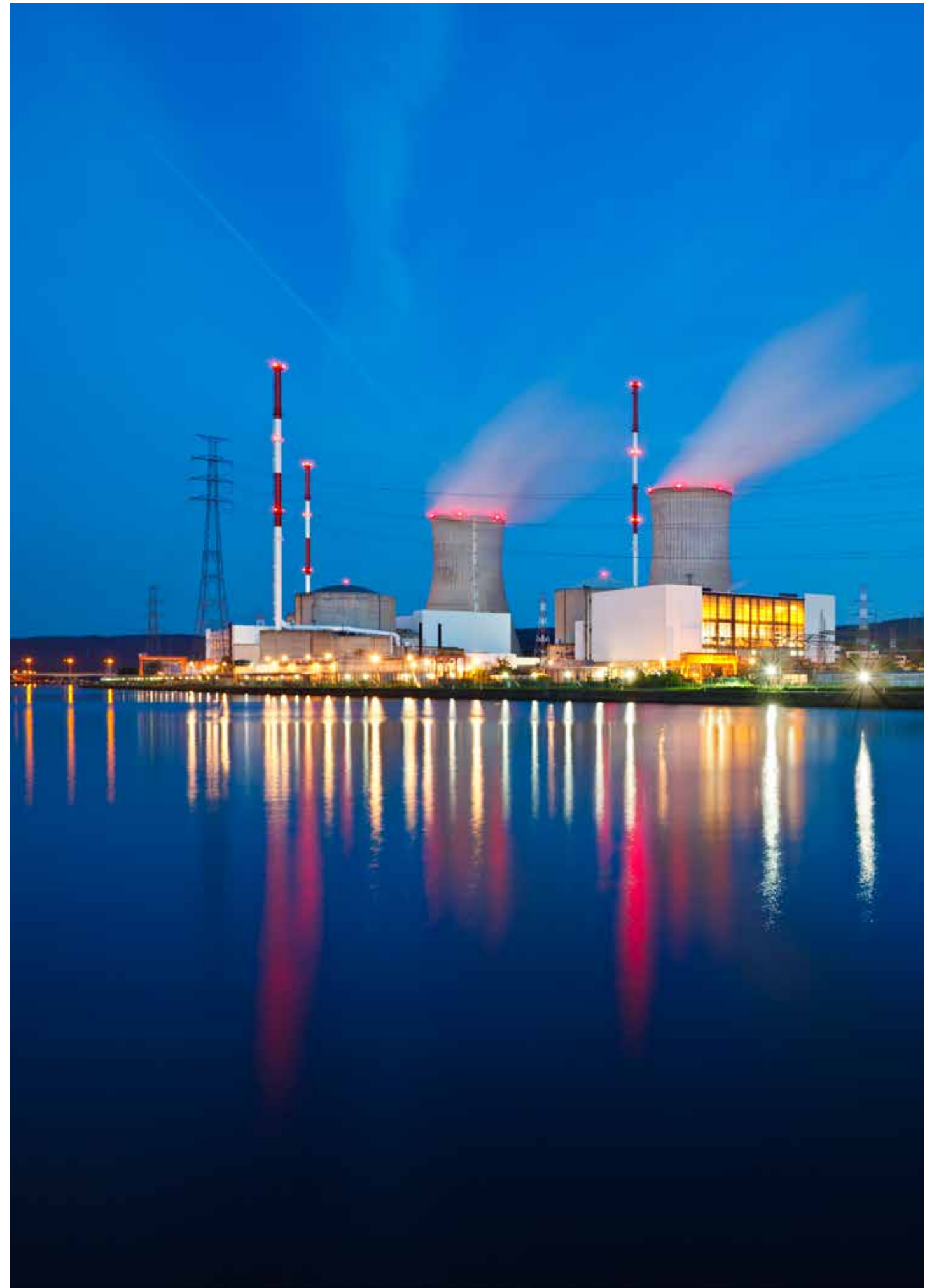
Of de CO₂-impact van onze elektriciteitsvoorziening. In 2017 was kernenergie de belangrijkste koolstofarme energiebron. Kerncentrales stonden in voor 85% van alle koolstofarme elektriciteit die in België is opgewekt. Hun sluiting is contraproductief voor het halen van de klimaatdoelstellingen.

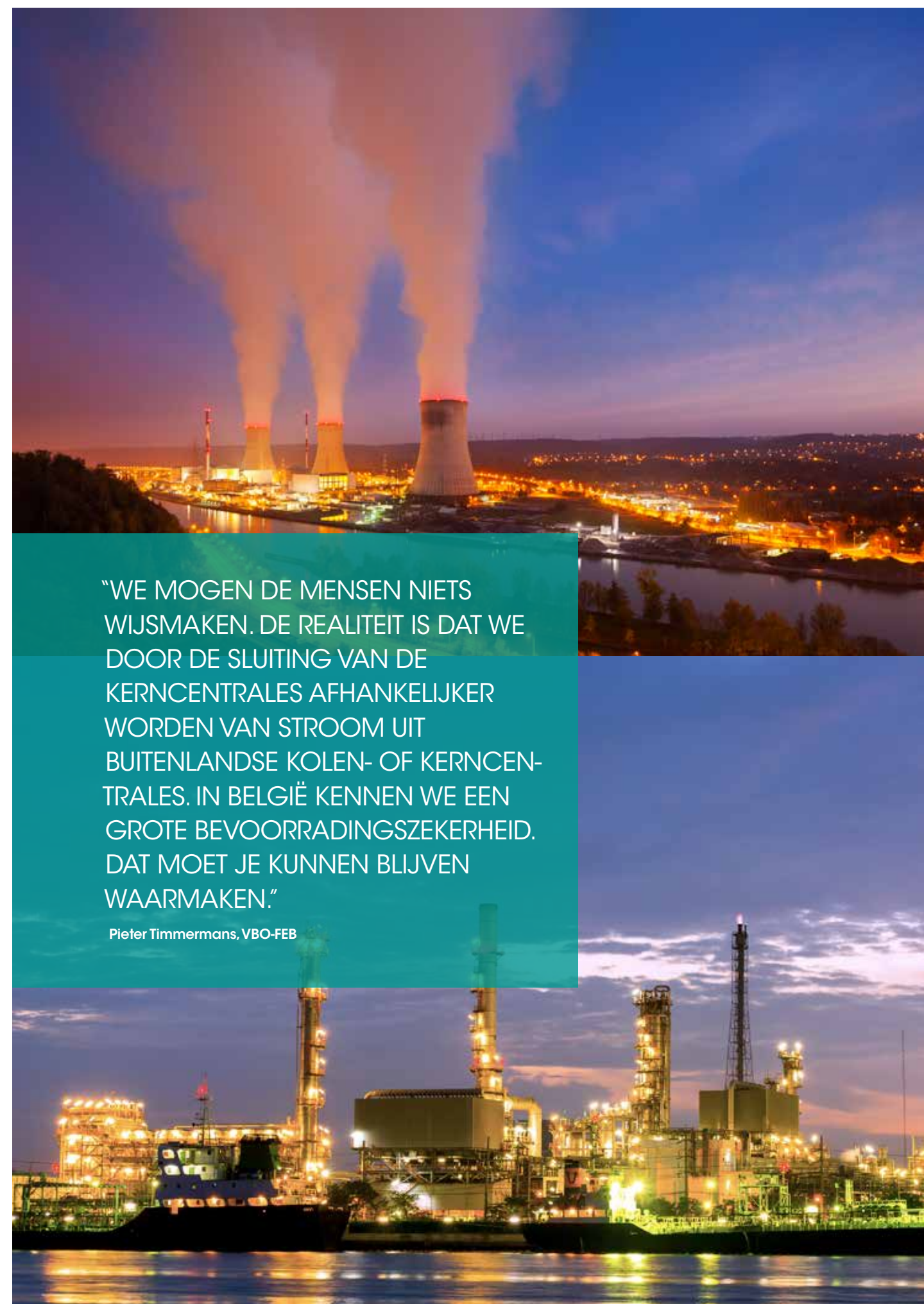


We bestuderen in de volgende hoofdstukken enkele courante opvattingen, en gaan na wat de studies en cijfers zeggen over de impact van de kernuitstap in 2025 op de toekomst van de Belgische bevoorradingszekerheid, elektriciteitsprijs en CO₂-impact. **Als basis nemen we de belangrijkste studies die het voorbije jaar een referentie waren in het Belgische energiedebat** (aangevuld met tal van andere cijfers afkomstig van externe onafhankelijke bronnen, zoals het Internationaal Energie Agentschap (IEA), het Internationaal Atoomagentschap (IAEA), de Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas (CREG), en zo meer):

- Federaal Planbureau: "Het Belgische energielandschap tegen 2050 - Een projectie bij ongewijzigd beleid", 2017
- ELIA: "Electricity scenarios for Belgium towards 2050", 2017
- Johan Albrecht / Itinera: "Studie over de energietoekomst van België", 2018
- Energyville: "Energy transition in Belgium - choices and costs", 2017

IN 2017 WAS KERNENERGIE DE BELANGRIJKSTE KOOLSTOFARME ENERGIEBRON. HUN SLUITING IS CONTRAPRODUCTIEF VOOR HET HALEN VAN DE KLIMAATDOELSTELLINGEN.





“WE MOGEN DE MENSEN NIETS WIJSMAKEN. DE REALITEIT IS DAT WE DOOR DE SLUITING VAN DE KERNCENTRALES AFHANKELIJKER WORDEN VAN STROOM UIT BUITENLANDSE KOLEN- OF KERNCENTRALES. IN BELGIË KENNEN WE EEN GROTE BEVOORRADINGSZEKERHEID. DAT MOET JE KUNNEN BLIJVEN WAARMAKEN.”

Pieter Timmermans, VBO-FEB

ENERGIE | BEVOORRADINGSZEKERHEID

De keuze voor bevoorradsingszekerheid en een realistische energietransitie. Met lokaal geproduceerde elektriciteit.

CONTEXT EN UITDAGINGEN

Een gegarandeerde stroombevoorrading lijkt evident in België, een land waar voldoende productiecapaciteit aanwezig is, interconnecties met de buurlanden de eventuele noodsituaties opvangen, back-up capaciteit voorhanden is, onbetrouwbare weersystemen geen al te grote doorslag hebben op de stroombevoorrading en waar een goedwerkende TSO alle operaties overziet en de stroombevoorrading in ons land op elk moment garandeert. Tijdens enkele strenge winters kwam de voorbije jaren de stroombevoorrading in België in het gedrang, en **waarschuwde netbeheerder Elia voor een reëel risico op een stroomtekort.**³

**KERNCENTRALES
PRODUCEREN 60% VAN
ONZE ELEKTRICITEIT, 24/7,
EN MET EEN HOGE
BESCHIKBAARHEID.**

OPLOSSINGEN

Wanneer ons land uit kernenergie zou stappen in 2025, heeft dit belangrijke gevolgen en gevaren voor de bevoorradsingszekerheid:

- de vervangcapaciteit is nog niet aanwezig en moet nog gebouwd worden
- de nieuwe capaciteit zal voornamelijk uit gascentrales bestaan, met een hogere CO₂-uitstoot
- de import van elektriciteit zal stijgen, met belangrijke gevolgen voor de prijs (zie lager)
- er moeten nieuwe interconnecties worden gebouwd die niet voorhanden zijn
- er is een verhoogd risico op blackouts

Met het behoud van kernenergie in de elektriciteitsmix:

- is er minder nood aan nieuwe, nog te bouwen de vervangcapaciteit
- zal ons land er beter in slagen de CO₂-doelstellingen te houden
- zal de import van elektriciteit beperkt blijven
- is er minder nood aan nieuwe interconnecties
- blijft het risico op blackouts klein

De Belgische kerncentrales zijn een performante, betrouwbare producent van baseload elektriciteit, die dag en nacht, zomer en winter beschikbaar is. Met een gemiddelde beschikbaarheid (load factor) van 84% zijn kerncentrales de meest productieve elektriciteitsbron die we beschikbaar hebben. **Dag in dag uit leveren de 7 reactoren in Doel en Tihange 50 à 60% van alle elektriciteit die in ons land wordt opgewekt.**

Indien de kerncentrales in 2025 sluiten, zullen ze slechts gedeeltelijk vervangen worden door hernieuwbare energie, maar voornamelijk door **gascentrales**. Zo tonen de studies duidelijk aan. Met een hogere CO₂-uitstoot en een hogere kostprijs dan momenteel het geval is. Deze nieuwe thermische capaciteit is nog niet aanwezig en moet gebouwd worden.

Het importeren van elektriciteit uit buurlanden is niet geregeld, en niet gegarandeerd. Indien ons land zijn bevoorradingszekerheid in de toekomst wil blijven garanderen, kan het dat best doen op basis van de eigen elektriciteitsproductie in plaats van import. Deze elektriciteitsproductie kan men immers controleren, voor import uit andere landen is men afhankelijk van de goodwill van andere landen. De import van olie en gas maakt ons **afhankelijk van niet-stabiele regimes**.

De studies en realiteit vandaag tonen aan dat **kern-energie complementair kan bestaan met (intermittente) hernieuwbare energiebronnen**. Dankzij de kerncentrales beschikt België over een stabiele, betrouwbare energiebron die permanent beschikbaar is en grote hoeveelheden koolstofarme elektriciteit levert aan een stabiele prijs.

Enkel met een behoud van kernenergie zou ons land op termijn netto-exporteur van elektriciteit kunnen zijn. Dit zou een onmiskenbare socio-economische meerwaarde voor België betekenen. Energie-onafhankelijkheid is een belangrijke troef in een intergeconnecteerde energienet waar België en zijn buurlanden door gelijkaardige weersomstandigheden op gelijkaardige momenten stroomtekorten riskeren.

Het behoud van de Belgische kerncentrales vermindert (sterk) de nood aan nieuwe gascapaciteit, en vermindert sterk onze noodzaak tot **import**. Los van de technische haalbaarheid van import (bouw van interconnecties en beschikbaarheid van importcapaciteit uit andere landen), en los van de kostprijs van deze nog te bouwen interconnecties, komen de verschillende studies tot eenzelfde resultaat: **de netto-invoer van elektriciteit zal bij een kernuitstap sterk stijgen**.

Op dit moment is in België gemiddeld 65 tot 75% van onze elektriciteitsmix koolstofarm. We moeten dit strategisch voordeel en deze troeven koste wat kost behouden. Het scenario waarbij we de kerncentrales sluiten en vervangen door gascentrales, is een achteruitgang. De bestaande sterktes en troeven in onze bevoorradingszekerheid mogen we niet opgeven vooraleer we alternatieven beschikbaar hebben. Vooraleer we een bestaande oplossing schrappen, moeten de alternatieve oplossingen eerst uitgewerkt worden en op punt gesteld.

Het wettelijk kader laat bovendien verlengingen toe. De wet op de kernuitstap voorziet een kernuitstap, op voorwaarde dat de bevoorradingszekerheid daardoor niet in gevaar komt. De belangrijkste studies over de energietoekomst van België voorzien dat de kernuitstap een negatieve impact zal hebben op de bevoorradingszekerheid.

Een nucleaire phase-out in 2025, met verlies van meer dan 40% van de huidige productiecapaciteit, houdt een risico in voor de bevoorradingszekerheid. Het is beter om deze betrouwbare baseload elektriciteitsproductie te houden in de omslag naar hernieuwbare en koolstofarme elektriciteit, met kernenergie als overgangstechnologie die de bevoorrading de volgende decennia kan blijven veilig stellen. De technologie is reeds aanwezig, en moet dus niet gebouwd worden (in tegenstelling tot nieuwe gascentrales). **De complementariteit tussen kernenergie en hernieuwbare energie maakt de energietransitie mogelijk.**

De beslissing over het langer operationeel houden of niet van de Belgische kerncentrales kan niet op de lange baan worden geschoven. Een beslissing dringt zich op. Indien België met kernenergie wil blijven doorgaan na 2025, moet die beslissing in het begin van de volgende legislatuur worden genomen, en niet later. Anders kan het langer operationeel houden niet op tijd worden voorbereid, en blijft er slechts 1 optie over: de kerncentrales sluiten en de gevolgen van de kernuitstap ondergaan.

ONDERSTEUNENDE CIJFERS EN BRONNEN

Verhoogde import

- **Enkel met behoud van kernenergie**, gecombineerd met een exponentiële toename van hernieuwbare energiebronnen, kan België tegen 2050 een **netto-exporteur** worden van elektriciteit, zonder afhankelijk te zijn van import of fossiele brandstoffen (PwC, 2016).⁴
- De netto-invoer van elektriciteit in het phase-out scenario stijgt tot **27,7TWh** in 2030.
- Met behoud van 2.085MW nucleaire capaciteit (2 kerncentrales) bedraagt de geschatte netto-invoer 23,6TWh (Federaal Planbureau, 2018).⁵
- De netto-invoer in het phase-out scenario stijgt, maar slechts tot 15,6TWh in 2030. Interconnecties zullen tegen 2020 zijn opgevoerd tot 6,5GW. Bij behoud van 2GW nucleaire capaciteit tot 2035 zou de netto-invoer per jaar 1,1TWh dalen (EnergyVille, 2017).⁶
- De **import neemt toe tot 23,9%** tegen 2030 als de phase-out plaatsvindt. Als er toch nog 2GW nucleaire capaciteit wordt aangehouden, blijft de importtoename beperkt tot 19,6% van de totale consumptie. Bij een scenario met 6GW nucleaire capaciteit komt slechts 6,2% van de totale consumptie voort uit ingevoerde elektriciteit (Albrecht, 2018).⁷

Nieuwe interconnecties

Bij een kernuitstap zou de bestaande importcapaciteit niet volstaan en moeten er nieuwe interconnecties met buurlanden gemaakt worden. Behalve de haalbaarheid ervan binnen de korte deadline, is de kostprijs een ander belangrijk element. De netto-invoer bedraagt 15,6TWh in 2030, en genereert dus **importkosten van 300 miljoen euro (2020) tot 900 miljoen euro (2030)** (EnergyVille, 2017).⁸

“Ik lees dat men de kerncentrales zou sluiten en 8 of 10 nieuwe gascentrales zou bouwen, in afwachting van meer hernieuwbare energie. Ik zou de logica omdraaien: eerst de productie van hernieuwbare energie uitbouwen, en dan pas een kerncentrale sluiten.”

Guido Camps, (ex-) CREG

Nieuwe gascentrales

- **3,6GW nieuwe thermische capaciteit** (gascentrales) zal moeten gebouwd worden om de bevoorradingszekerheid in 2025 te garanderen bij een kernuitstap. In een scenario waarbij 2GW kernenergie wordt behouden, daalt de nood aan nieuwe gascapaciteit tot 1,6GW (Elia, 2017).⁹
- Bij een kernuitstap **verdubbelt het aandeel gascentrales in ons land:** van 34% (30TWh) in 2010 naar 69% (69TWh) in 2030 (Federaal Planbureau en FOD Economie).¹⁰ Die noodzakelijke nieuwe (gas)capaciteit is nog niet voorhanden en moet dus nog gebouwd worden.
- Bij een behoud van Tihange 1 met 10 extra jaren blijft het aandeel van gascentrales in de elektriciteitsmix beperkt tot 33% (32 TWh) (Federaal Planbureau, 2015).¹¹
- Bij een behoud van kernenergie bedraagt het aandeel van gascentrales in de Belgische elektriciteitsmix tegen 2030 27%. Bij een kernuitstap in 2025 zou dit aandeel 72% bedragen in 2030 (Federaal Planbureau, 2007).¹²

“Bij een behoud van kernenergie bedraagt het aandeel van gascentrales in de Belgische elektriciteitsmix tegen 2030 27%. Bij een kernuitstap in 2025 zou dit aandeel 72% bedragen in 2030.”

Federaal Planbureau, 2007

Risico op blackouts door stroomtekorten en -overschotten

- Bij een kernuitstap vergroot het risico op een blackout met **10%** tussen 2017 en 2030, hetzij **30 dagen** per jaar (Johan Albrecht en Ruben Laleman, 2013).¹³
- Ook de massale uitbouw van hernieuwbare energie verhoogt de kans op overproductie tot **4%** van de tijd, hetzij **12 dagen per jaar** (Johan Albrecht en Ruben Laleman, 2013).¹⁴
- Er bestaat **geen enkel wettelijk mechanisme** dat de import en export van elektriciteitsoverschotten naar buurlanden regelt. Mocht België met een stroomtekort kampen en geen enkel van onze buurlanden heeft extra capaciteit beschikbaar die het kan uitvoeren, vergroot het risico op een stroompanne. //



MYTHE #1

“Kernenergie en hernieuwbare energie zijn niet complementair. Flexibele gascentrales zijn de natuurlijke bondgenoot voor intermittente wind- en zonne-energie, niet-flexibele kerncentrales zijn niet-compatibel met hernieuwbare energiebronnen.”

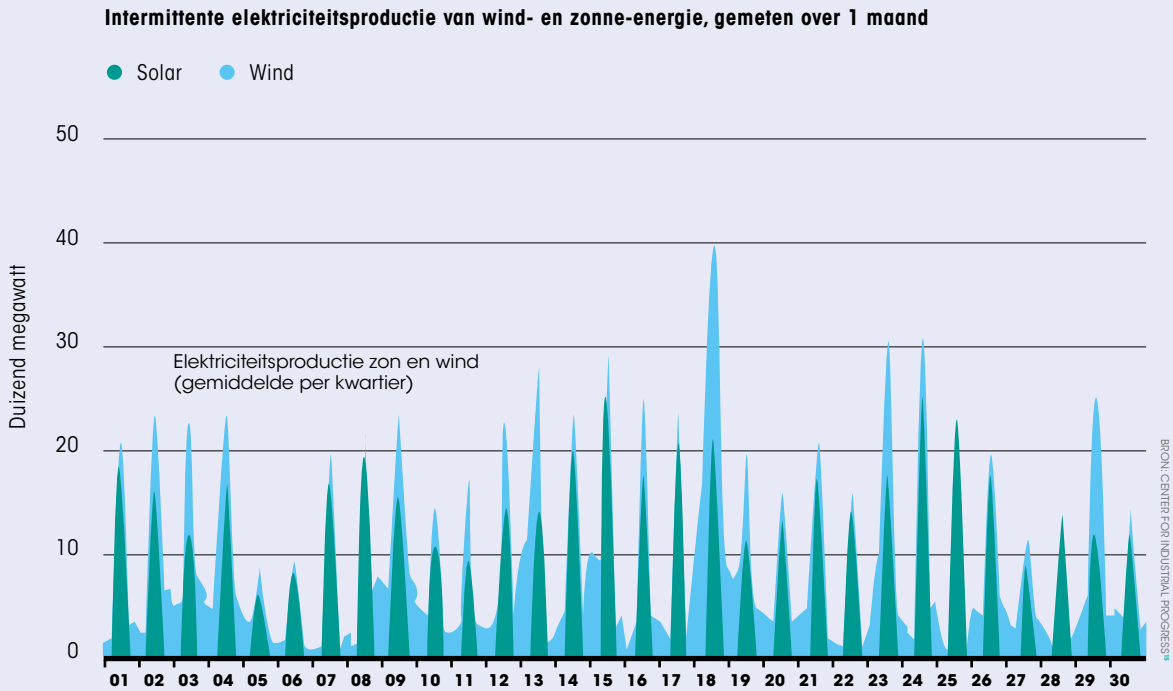
WEERLEGGING

De belangrijkste hernieuwbare energieproductie in België is afkomstig van wind en zon, die een onvoorspelbaar karakter hebben. Andere hernieuwbare energiebronnen (zoals waterkrachtcentrales) kunnen wel gestuurd worden volgens de vraag. Een verdere uitbouw van hernieuwbare energie, zoals gepland, vergroot de onvoorspelbaarheid van de hernieuwbare stroomproductie, met grote schommelingen op het elektriciteitsnet tot gevolg (zoals onderstaande tabel weergeeft).

Sommigen beweren dat kerncentrales niet compatibel zijn met hernieuwbare energiebronnen,

omdat ze minder flexibel zijn dan bijvoorbeeld gascentrales, en daardoor minder de schokken kunnen opvangen die intermittente zon- en windenergie veroorzaken. Hoewel dit argument logisch en aannemelijk klinkt, blijkt dit allerminst uit de praktijk:

- Vandaag de dag levert de combinatie van hernieuwbare energie en kernenergie in de Belgische elektriciteitsmix (aangevuld met een beperkte hoeveelheid gascentrales) geen probleem om op elk moment aan de energievraag te voldoen. Met andere woor-



den, **een perfecte afstemming tussen elektriciteitsvraag en -aanbod in een model met hernieuwbare energie vereist geen volledige afbouw van kernenergie en vervanging door gascentrales.** Een klein aandeel gascentrales is voldoende om baseload kernenergie en intermittente wind en zon aan te vullen om te voldoen aan de variaties in vraag.

- **Kerncentrales kunnen zo ontworpen worden dat ze de energievraag kunnen volgen** (load following). De Belgische centrales zijn niet ontworpen volgens dit model, maar kunnen wel hun output een beperkt aantal keren per jaar tot 75% moduleren.

- **Ook de studies tonen dit aan.** De studie van de Universiteit Gent uit 2015¹⁶ toont aan dat een behoud van 3GW nucleaire capaciteit na 2025 geen enkel verhoogd risico met zich meebrengt op overproductie, en dit bij een marktmodel waarbij 50% van de elektriciteit tegen 2027 wordt opgewekt door hernieuwbare energiebronnen (op voorwaarde dat deze hernieuwbare energie meer flexibel inzetbaar is dan nu).
- **Op termijn zullen** nieuwe technologieën (met name opslag en nieuwe generaties kerncentrales) ervoor zorgen dat intermittente **hernieuwbare energie en kernenergie optimaal op elkaar worden afgestemd, zonder de nood aan fossiele energie** als flexibele buffer. //



MYTHE #2

“Belgische kerncentrales kennen méér onverwachte stilstanden dan andere landen, en zijn dus onbetrouwbaar.”

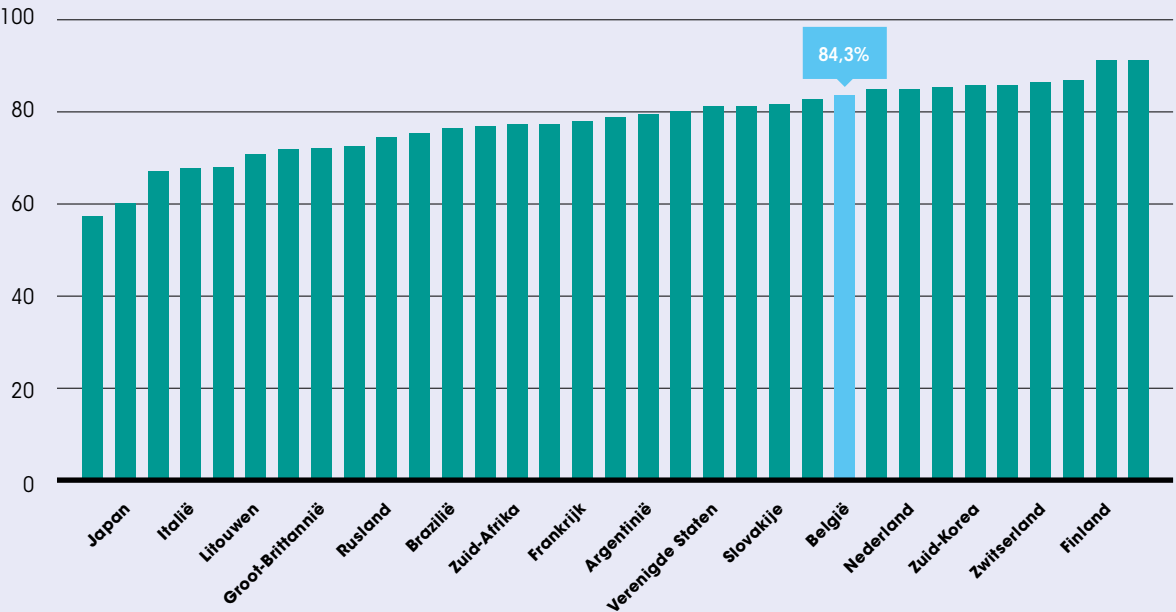
WEERLEGGING

In 2017 kenden de Belgische kerncentrales (alle reactoren samen) een beschikbaarheid van 80,7%. Voor de meeste eenheden lag dit cijfer zelfs hoger dan 90%. Ook voor de lange termijn lag dit cijfer hoog. Voor de voorbije 10 jaar leverden de Belgische kerncentrales 80% van de tijd stroom.

Het Internationaal Atoomagentschap in Wenen (onderdeel van de Verenigde Naties) berekende de onverwachte stilstanden van alle kerncentrales in de wereld. **Met 5,9% (onverwachte stilstanden) voor België zit ons land helemaal op het internationale gemiddelde.**¹⁷ België staat in de top 10 qua beschikbaarheid van nucleaire installaties, ondanks een lage beschikbaarheid in de afgelopen jaren (ten gevolge de verlengde stilstand van Doel 3 / Tihange 2). //

Beschikbaarheid van kerncentrales in de wereld (cijfers tot 2016)

Met een gemiddelde capacity factor van 84,3% staan de Belgische kerncentrales in de top 10 van meest beschikbare centrales (en ondanks de lange stilstanden van Doel 3 en Tihange 2). Het gemiddelde voor alle landen samen bedraagt 77,8%.



ENERGIE | PRIJS

“ALS ER NIETS GEBEURT, JAGEN WE DE INDUSTRIE HET LAND UIT. WE HEBBEN AL EEN ENERGIEHANDICAP MET ONZE BUURLANDEN, EN DIE DREIGT NOG GROTER TE WORDEN. KERNCENTRALES LANGER OPEN HOUDEN, KAN DE PIJN VERZACHTEN.”

Febeliec, januari 2017¹⁸

Een betaalbaar energiebeleid. Met stabiele elektriciteitsprijzen voor gezinnen en bedrijven.

CONTEXT EN UITDAGINGEN

Behalve bevoorradingszekerheid en de klimaat-impact, is prijs één van de drie pijlers uit het energietri-lemma. En terwijl de prijs voor de eindgebruiker een samengestelde is van zowel de elektriciteitsprijs, de nettarieven als de heffingen, hebben schommelingen op de eerste component een impact op de eindfactuur. **Zowel bedrijven als gezinnen hebben baat bij een betaalbare elektriciteitsfactuur.** In dit hoofdstuk zullen we enkel aandacht schenken aan de eerste component, en bekijken we de impact van een kernuitstap op de energiefactuur (en laten we nettarieven en heffingen buiten beschouwing).

OPLOSSINGEN

Een kernuitstap zal een negatieve invloed hebben op de verschillende aspecten die de prijs van elektriciteit indirect en direct bepalen: de productiekost van elektriciteit, de marginale kosten, de CO₂-prijs, de brandstofkost, de investeringskost voor de bouw van nieuwe gascentrales, en de handelsbalans door de toenemende import.

Anderzijds zal het behoud van kernenergie in de Belgische elektriciteitsmix onmiskenbaar een positieve impact hebben op de elektriciteitsprijzen in België. Kernenergie garandeert bijvoorbeeld een lagere groothandelsprijs voor elektriciteit. Door kernenergie in de elektriciteitsmix te behouden, wordt een belangrijke investeringskost vermeden (voor de bouw van nieuwe gascentrales). De aanwezigheid van kernenergie zal ook garant staan voor een competitieve productiekost. Bovendien heeft de complementariteit tussen kernenergie en hernieuwbare energie een positieve invloed op de gemiddelde elektriciteitsproductiekost. Kortom, de verschillende studies tonen aan dat een toekomstige elektriciteitsmix met behoud van kernenergie een gunstig effect heeft op de elektriciteitsprijzen.

ONDERSTEUNENDE CIJFERS EN BRONNEN

Kernuitstap in 2025, stijgende elektriciteitsprijzen

- Tegen 2050 zijn belangrijke investeringen nodig (vervanging van de nucleaire productiecapaciteit en investeringen om te voldoen aan het klimaat- en energiepakket 2020). De impact hiervan op de productiekosten: een stijging van 63,8€ MWh in 2010 tot **108,0€₂₀₁₀/MWh in 2030 en 100,2€₂₀₁₀/MWh in 2050** (Federaal Planbureau, 2015).¹⁹
- De productiekosten zullen nog hoger liggen (108,5€₂₀₁₀/MWh in 2030 en 119,0€₂₀₁₀/MWh in 2050) bij het ambitieuzer alternatief scenario (in lijn met de doelstellingen inzake broeikasgasemissiereductie tegen 2030 en 2050). Met andere woorden, **de productiekost van elektriciteit zal tussen 2018 en 2050 mogelijk verdubbelen** (aan huidige verdiscontering) bij een kernuitstap in 2025 (Federaal Planbureau, 2015).²⁰
- Ook bij een gedeeltelijke kernuitstap zal de 'systeem marginale kost' stijgen, ten minste met 2,3€/MWh (Federaal Planbureau, 2018).²¹
- De combinatie van kernenergie en hernieuwbare energiebronnen heeft een positieve invloed op de gemiddelde elektriciteitsproductiekost. **Kernenergie heeft na steenkool de laagste LCOE** (cijfers afkomstig van het IEA, voor de bouw van nieuwe centrales).

Uitleg LCOE (Levelized Cost Of Electricity)

Om de gemiddelde gewogen LCOE te berekenen, moeten we de referentie-LCOE van de verschillende betrokken technologieën kennen. Onderstaande cijfers zijn gebaseerd op de LCOE's van de studie IEA 2015. Voor België neemt die de officiële LCOE's van de verschillende technologieën in aanmerking, en met name deze van zowel residentiële als industriële/commerciële zonnepanelen, steenkool en kernenergie van de 3de generatie.

Bij alle LCOE's die in deze IEA-studie werden gebruikt, werd rekening gehouden met een kapitaalkost van 7%. Ook zijn ze gebaseerd op de hypothese dat de technologieën op volle kracht draaien (na toepassing van de respectieve beschikbaarheidsgraad van elk van de technologieën).

- Het behoud van kernenergie na 2025 drukt de prijzen op de groothandelsmarkt naar beneden. Het behoud van een nucleaire capaciteit van 2,5 GW zal jaarlijks een 'onmiskkenbaar' positief effect hebben op de prijs van om en bij 10€/MWh (Federaal Planbureau, 2016).²²
- In 2050 zullen de productiekosten voor elektriciteit respectievelijk 108 €/MWh, 110 €/MWh en 117 €/MWh bedragen. De aanwezigheid van kernenergie (met de laagste productiekost voor elektriciteit, na steenkool) laat het behoud van een competitieve productiekost toe (PwC, 2016).²³
- Het verlengen van een deel van de nucleaire capaciteit zal een positief effect hebben op de groothandelsprijs, die zou kunnen dalen met 0.9€ tot 4.4€/MWh bij een verlenging met 10 jaar van 2GW kernenergie na 2025 (Federaal Planbureau, 2018).²⁴

Stijgende CO₂-prijs bij kernuitstap

- De kernuitstap in 2025 zal de CO₂- en gasprijzen doen stijgen, en daardoor een **toename veroorzaken van de productieprijs voor elektriciteit met 62% tegen 2030**: de groothandelsprijs stijgt van 43€/MWh voor de periode 2012-2016 tot 70€/MWh in 2030 en 74€/MWh in 2040 (ELIA, 2017).²⁵
- **De CO₂ prijs zal toenemen tot 33,5€/tCO₂ in 2030** (ervan uitgaand dat er geen steenkoolcentrales meer zullen worden bijgebouwd) en 88€/tCO₂ in 2050 (Federaal Planbureau, 2017).²⁶
- De ELIA studie uit 2017 gaat uit van een veel sterkere stijging van de CO₂ prijs tegen 2030. Indien gas voor steenkool wordt gekozen in de merit order (G2C), **vewacht ELIA een stijging tot 90€/tCO₂ tegen 2030 bij een volledige phase-out** (Elia, 2017).
- De verwachte prijsstijging voor fossiele brandstoffen en CO₂ is in lijn met de analyse van het Internationaal Energie Agentschap in zijn laatste World Energy Outlook analyse.²⁷

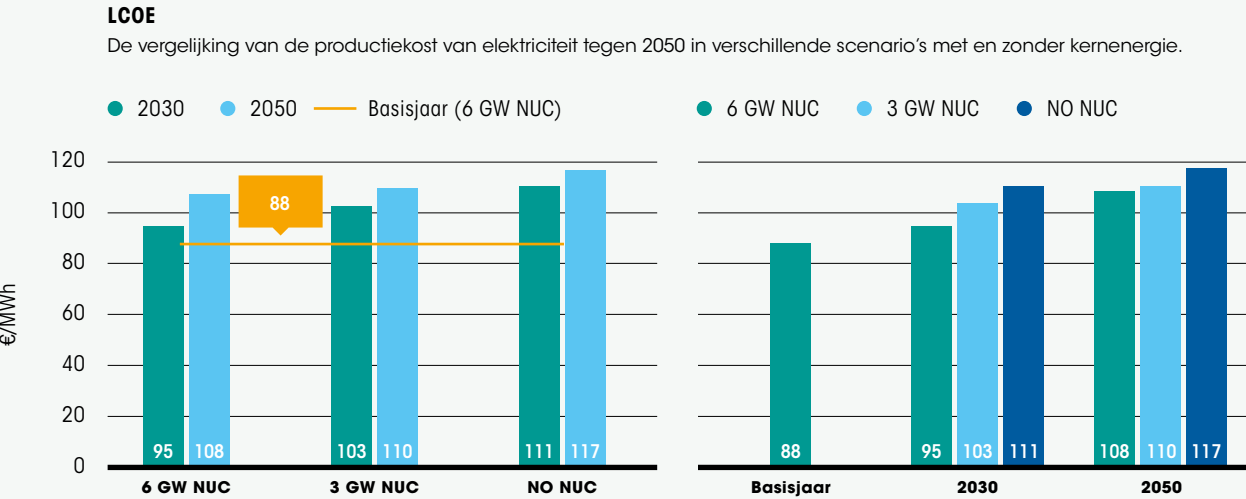
Stijging van brandstofprijzen

- De kosten voor de brandstofcomponenten zullen **toenemen met 120% in 2030** ten opzichte van 2020 (Energyville, 2017).²⁸
- De prijs van aardgas stijgt **van 15€/MWh in 2016 tot 32€/MWh in 2030** (Elia, 2017).²⁹

EEN KERNUITSTAP ZAL EEN NEGATIEVE INVLOED HEBBEN OP DE VERSCHILLENDE ASPECTEN DIE DE PRIJS VAN ELEKTRICITEIT INDIRECT EN DIRECT BEPALEN: DE PRODUCTIEKOST VAN ELEKTRICITEIT, DE MARGINALE KOSTEN, DE CO₂-PRIJS, DE BRANDSTOFKOST, DE INVESTERINGSKOST VOOR DE BOUW VAN NIEUWE GASCENTRALES, EN DE HANDELSBALANS DOOR DE TOENEMENDE IMPORT.

De LCOE voor nieuwe centrales in België

LCOE, België (IEA 2015)	Capital costs (\$/MWh)	O&M costs (\$/MWh)	Fuel, waste and carbon costs (\$/MWh)	LCOE (\$/MWh)	LCOE (€/MWh)	Levensduur (jaren)	Beschikbaarheidsgraad
CCGT	13,94	3,97	84,7	102,61	76,96	30	85%
OCGT	12,35	3,97	114,92	131,24	98,43	30	85%
Steenkool	26,63	8	48,72	83,35	62,51	40	85%
Kernenergie - 3de generatie	60,17	13,55	10,46	84,17	63,13	60	85%
Fotovoltaïsch - residentieel	233,98	21,87	0	255,85	191,89	25	11%
Fotovoltaïsch - commercial	167,91	21,87	0	189,78	142,34	25	11%
Windenergie onshore	98,66	26,67	0	125,33	94,00	25	24%
Windenergie offshore	137,48	53,33	0	190,81	143,11	25	39%



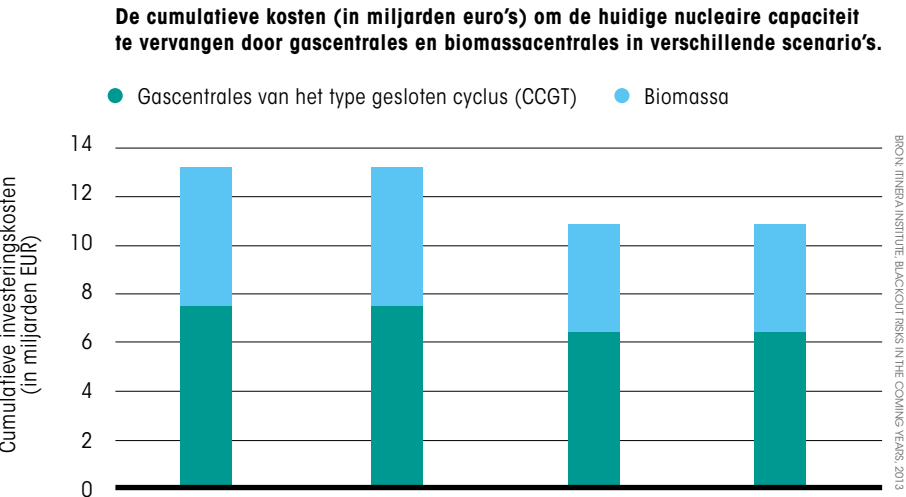
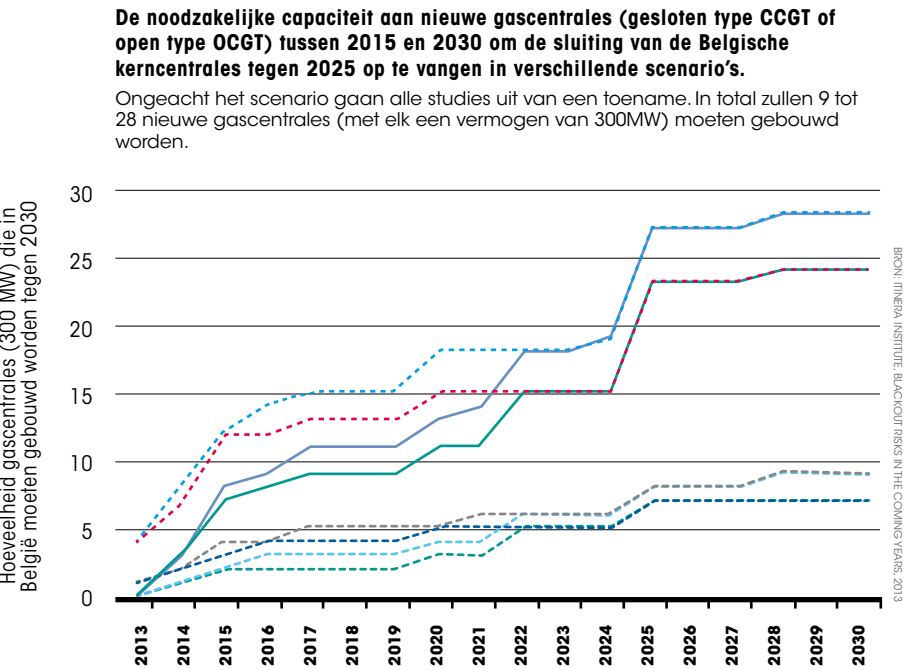
Verwachte prijsstijging van fossiele brandstoffen en CO₂ tegen 2030 en 2040

Prijzen in €2015/\$2015	2016	2030		2040	
	(indicatieve prijzen)	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 1	Scenario 2
		C2G	G2C	C2G	G2C
Steenkool [€/tonSteenkool]	≈ 60	67	51	69	46
Gas [€/MWh]	≈ 15	32	29	35	30
CO ₂ prijs [€/tCO ₂]	≈ 5	33	90	45	126
Ruwe olie [\$ /vat]	≈ 60	111	73	124	78

C2G Steenkoolcentrales hebben prioriteit op gascentrales (merit order) G2C Gascentrales hebben prioriteit op steenkoolcentrales

- Investerings in vervangcapaciteit kerncentrales**
- In een scenario met een volledige phase-out, zullen **de investeringen stijgen tot 36 miljard euro** tussen 2010 en 2030 (Federaal Planbureau, 2015).³⁰
 - Een verlenging van 10 jaar van 2GW nucleaire energie spaart 230 miljoen euro per jaar uit aan investeringen (Elia, 2017).³¹
 - Om de bevoorradingszekerheid bij een kernuitstap te garanderen, en een strategische reserve van 5% te behouden tegen 2025, zouden in totaal **11 tot 13 miljard investeringen** nodig zijn tussen vandaag en 2030 (Itinera Institute, 2015).³²

- Importkosten**
- Bij een nucleaire phase-out bedragen de importkosten 300 miljoen in 2020 en stijgen ze verder tot 900 miljoen euro in 2030 (EnergyVille, 2017).³³
- Impact van de kernuitstap op de handelsbalans**
- Zonder kernenergie neemt het handelstekort toe met 3,7€/MWh tegen 2030 (Elia, 2017)
 - Enkel bij een behoud van 2GW nucleaire capaciteit blijft het tekort op de handelsbalans gelijk tegen 2030 (Federaal Planbureau, 2018).³⁴ //





"NO CHALLENGE POSES A GREATER
THREAT TO FUTURE GENERATIONS
THAN CLIMATE CHANGE."

Barack Obama



ENERGIE | KLIMAAT

Een koolstofarme elektriciteitsmix, de beste optie voor het klimaat. Een keuze op basis van feiten, cijfers en objectieve argumenten.

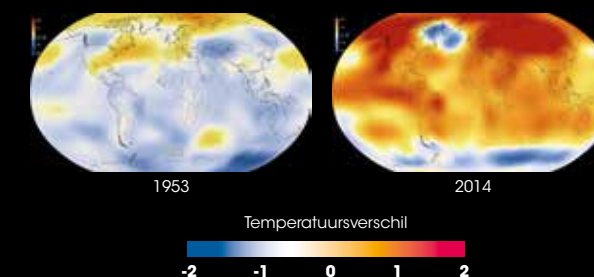
CONTEXT EN UITDAGINGEN

Het klimaat en de temperatuur op aarde veranderde de voorbije millennia voortdurend. Maar de huidige opwarmingstrend, sinds het midden van de 20^e eeuw, is opvallend omdat hij zich extreem snel ontwikkelt, en meer dan waarschijnlijk het gevolg is van menselijke activiteiten.³⁵

De voorbije 100 jaar is de gemiddelde temperatuur met 1,1 graad Celsius gestegen, voornamelijk door toenemende CO₂-uitstoot en andere emissies in de atmosfeer ten gevolge van menselijke activiteiten.³⁶ De belangrijkste temperatuursstijging deed zich de voorbije 35 jaar voor, 16 van de 17 warmste jaren ooit deden zich allen voor na 2001. 2017 was niet alleen het warmste jaar ooit gemeten, 8 van de 12 maanden waren ook de warmste maandrecords.³⁷

Stijging van de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer en toename van de temperatuur op aarde

10 van de laatste 15 jaren waren de warmste sinds het begin van de metingen in 1880

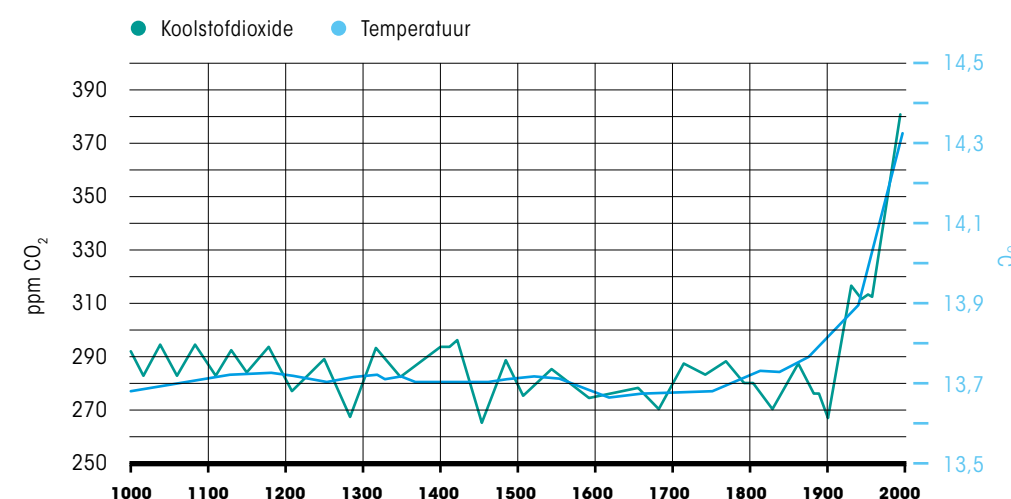


BRON: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

"Het wetenschappelijk bewijs voor klimaatopwarming is onomstotelijk."

Intergovernmental Panel on Climate Change, Verenigde Naties

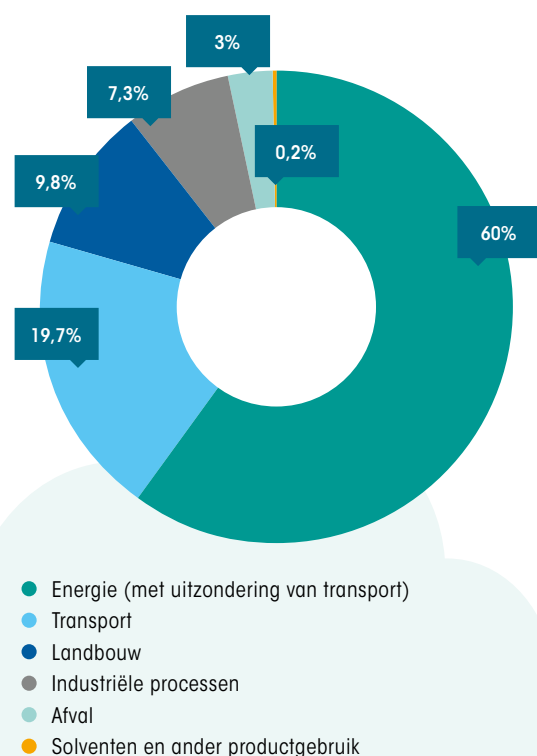
Stijging van de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer



BRON: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

Om de klimaatverandering tegen te gaan, zijn grote inspanningen nodig. De uitdaging is groot. De volledige energiesector moet inspanningen leveren. Zowel in het terugdringen van de uitstoot voor transport, het isoleren van gebouwen, het terugdringen van onze energie-afhankelijkheid, enzomeer. De elektriciteitssector is slechts onderdeel van een veel grotere uitdaging, maar kan wel een belangrijke bijdrage leveren. Elektriciteitsproductie is de belangrijkste oorzaak van CO₂-uitstoot. De keuze van de elektriciteitsmix is essentieel in het realiseren van de Belgische klimaatdoelstellingen.

Broeikasgasemissies per sector in de EU-zone. 60% van de emissies is afkomstig van de energiesector.

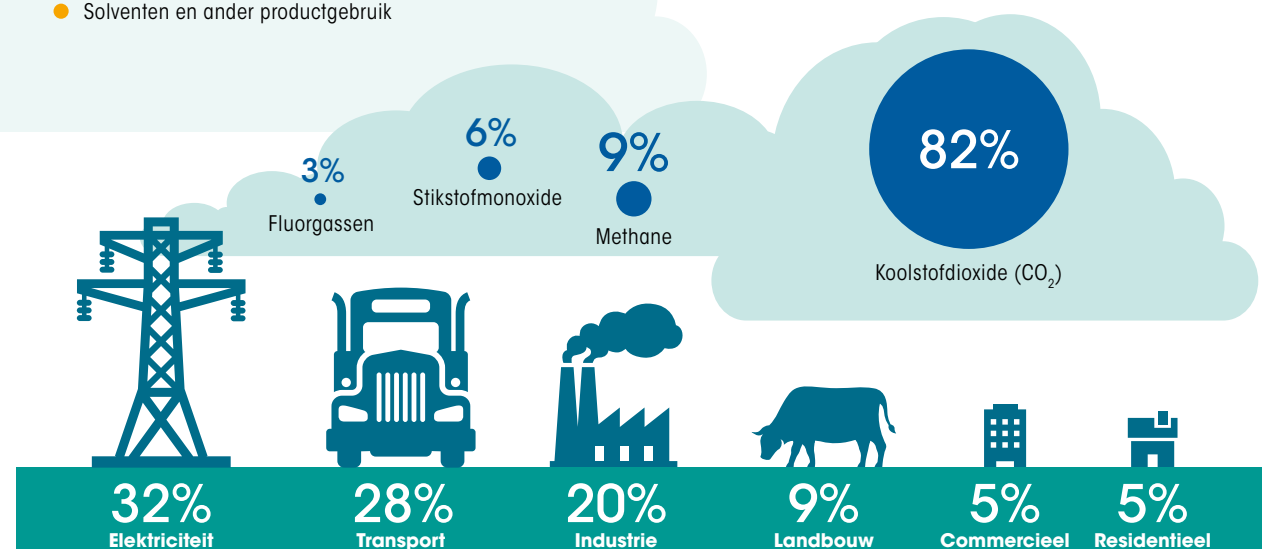


Sinds 1990 (referentiejaar van het Kyoto-protocol) **is de CO₂-uitstoot in plaats van te dalen alsmaar toegenomen** (+ 60%).³⁸ De landen die het Kyoto-protocol hebben ondertekend, hebben zich geëngageerd om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen om de gemiddelde temperatuurstijging tegen 2100 tot 2°C te beperken, omdat anders de gevolgen voor klimaat en samenleving onomkeerbaar zouden zijn.

Om die doelstelling mogelijk te maken, zal volgens het Intergovernmental Panel for Climate Change (kortweg IPCC, de afdeling van de Verenigde Naties die zich bezighoudt met de klimaatproblematiek), **over 35 jaar 80% van de elektriciteit ter wereld koolstofarm moeten zijn** (vandaag is dat 30%).³⁹ België zal volgens de Europese vooruitgangsstudie van de Europese Commissie de klimaatdoelstelling voor 2020 niet halen, en met 3,5 procentpunten missen.⁴⁰

Het objectief van de energietransitie is duidelijk: een koolstofarme energieproductie door middel van een snelle afbouw van CO₂-intensieve technologieën. Hernieuwbare energiebronnen hebben een belangrijke bijdrage in de energietransitie om die doelstelling te realiseren. Hun belang zal de volgende jaren blijven toenemen.

Het sluiten van kerncentrales, en vervangen ervan door gascentrales (het meest realistische scenario voor België tegen 2025) zou de CO₂-uitstoot met 76% doen toenemen.⁴¹ Dit is nefast voor de klimaatambities van ons land en het tegenovergestelde van wat België ambieert, de Europese Commissie oplegt en de rest van de wereld aan ons land vraagt.



"I don't idolize nuclear energy at all. But I think you have to pick your battle. My priority in France, Europe and internationally is CO₂ emissions and (global) warming."

Emmanuel Macron, november 2017

OPLOSSINGEN

Kernenergie is de belangrijkste koolstofarme energiebron die we momenteel beschikbaar hebben in België. Met een aandeel van 90% van alle koolstofarme elektriciteit in de Belgische elektriciteitsmix, is ze onze belangrijkste tool in de klimaatuitdagingen. Indien we kernenergie vervangen door een koolstofintense energiebron (gascentrales), stijgt de uitstoot. Gezien het huidige aandeel van kernenergie in de huidige elektriciteitsmix, zou de klimaat-impact bij een volledige kernuitstap nefast zijn.

Hernieuwbare energie is op zich geen garantie voor een koolstofarme elektriciteitsmix. Daarvan is Duitsland het beste voorbeeld. Ondanks de massale uitbouw van hernieuwbare energiebronnen, is de CO₂-uitstoot van Duitsland 10 keer hoger dan Frankrijk.⁴² De reden? Fossiele brandstoffen hebben de plaats ingenomen van kernenergie, en zorgen voor de elektriciteitsproductie op momenten dat wind en zon het laten afweten.

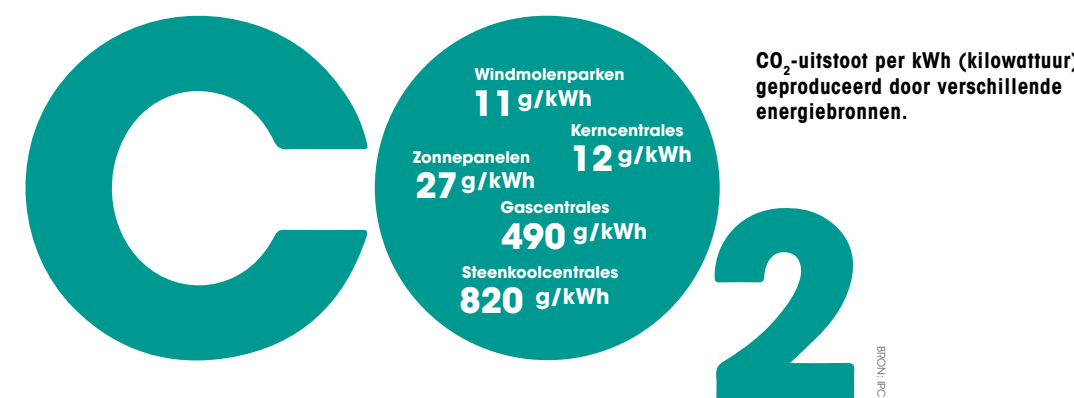
The time is now. Om de klimaatverandering in te dijken, moeten we de CO₂-uitstoot nu vandaag zo snel en effectief mogelijk terugdringen. In afwachting van

toekomstige technologieën, en gezien de urgentie van het klimaatprobleem, moeten we beroep doen op alle koolstofarme technologieën die we momenteel beschikbaar hebben, met inbegrip van kernenergie. Kernenergie maakt deel uit van de industriële oplossingen die onmiddellijk op grote schaal inzetbaar zijn.

Zonder kernenergie zijn de klimaatdoelstellingen niet haalbaar. Kernenergie is deel van de oplossing. Het IPCC identificeert 1200 energiescenario's om de klimaatdoelstellingen te realiseren, en onderscheidt 3 koolstofarme elektriciteitsbronnen: hernieuwbare energie, kernenergie en carbon capture en storage (CCS). Van die 1200 scenario's slagen er slechts 8 in om de temperatuurstijging tot 2°C terug te dringen zonder een beroep te doen op kernenergie.⁴³ Met andere woorden, in 1192 van de 1200 gevallen is kernenergie deel van de oplossing. Volgens het Internationaal Energie Agentschap (IEA), is kernenergie, samen met waterkracht, momenteel de belangrijkste bron van CO₂-arme elektriciteitsproductie.

Om de klimaatdoelstellingen te halen, moeten volgens het IPCC de investeringen in hernieuwbare energie & kernenergie toenemen met 80% tegen 2050

#cleanenergyforthefuture



CO₂-uitstoot per kWh (kilowattuur) geproduceerd door verschillende energiebronnen.

Kernenergie is schaalbaar. Gezien de urgentie van de klimaatzaak, moeten we een snelle decarbonisatie kunnen realiseren van de elektriciteitsproductie. Kernenergie is een technologie die deze schaalbaarheid kan realiseren. **Hernieuwbare energie alleen kan fossiele brandstoffen niet vervangen, of de stijgende energievraag voldoen. Kernenergie is een technologie die op een snelle manier schaal kan creëren en grote volumes betrouwbare koolstofarme elektriciteit kan aanleveren.** Alles samen vertegenwoordigt hernieuwbare energie ongeveer 10% van de Belgische elektriciteitsmix. Gezien het intermitterende karakter van wind- en zon, blijft deze hernieuwbare productie onbetrouwbaar en moet een back-up technologie voorzien worden.

The answer is in the mix. Op dit moment is er geen enkele bestaande CO₂-arme energiebronnen die er alleen in slaagt om de vereiste CO₂-reductie te realiseren. Het is niet of kernenergie of hernieuwbare energie, maar de mix van alle bestaande technologieën samen. Enkel een mix hernieuwbare/kernenergie maakt het mogelijk om de klimaatdoelstellingen te halen. De sluiting van de kerncentrales in België zou een averechts effect hebben op de CO₂-emissie. **Dankzij de combinatie van kernenergie en hernieuwbare energie kent ons land een elektriciteitsmix die overwegend koolstofarm is.** Dit in tegenstelling tot andere landen (electricitymap.org). Dit bestaande voordeel moeten we behouden: de complementariteit tussen kernenergie en hernieuwbare energie garandeert een koolstofarme mix. Beide technologieën verdienen dezelfde aandacht en moeten als gelijkwaardig behandeld worden in een objectieve discussie over de energietoekomst van België.

ONDERSTEUNENDE CIJFERS EN BRONNEN

Uitstoot van CO₂ zal stijgen bij een kernuitstap

- In het scenario van een kernuitstap zullen de klimaatdoelstellingen voor België (een koolstofarme energiemix) niet haalbaar zijn. In het scenario van een kernuitstap, zal de totale uitstoot van broeikasgassen 111.4 miljoen ton bedragen in 2030. Tussen 2030 en 2050 zou er slechts een minieme vermindering zijn, van **111.4 miljoen ton** naar 109.1 miljoen ton. Dus slechts 11% lager liggen dan het niveau van 2015 en ver van de beoogde volledige afbouw van broeikasgassen zoals verankerd in de klimaatdoelstellingen (Federaal Planbureau, 2017).⁴⁴
- Bij een kernuitstap in 2025 (1,8GW aan nucleaire capaciteit) zal **de uitstoot van broeikasgassen in België tegen 2030 47% hoger zal liggen dan in 2010** (voornamelijk toe te schrijven aan de vervanging van kerncentrales door gascentrales - de sterke ontwikkeling van hernieuwbare energie vanaf 2020 kan de bijkomende uitstoot door nieuwe gascentrales niet overtreffen). (Federaal Planbureau & FOD Economie, 2015)⁴⁵
- Bij behoud van 2GW kernenergie zal de CO₂-uitstoot van België verder blijven dalen in plaats van toe te nemen. In een scenario zonder kernenergie (in lijn met de huidige wet omtrent de kernuitstap), met tegen 2030 6,7 GW gascentrales en een ambitieuze 19 GW hernieuwbare energie zou de CO₂-uitstoot van België met 4 miljoen ton per jaar toenemen; en met 19 miljoen ton per jaar vanaf 2030 (Energyville, 2017).⁴⁶

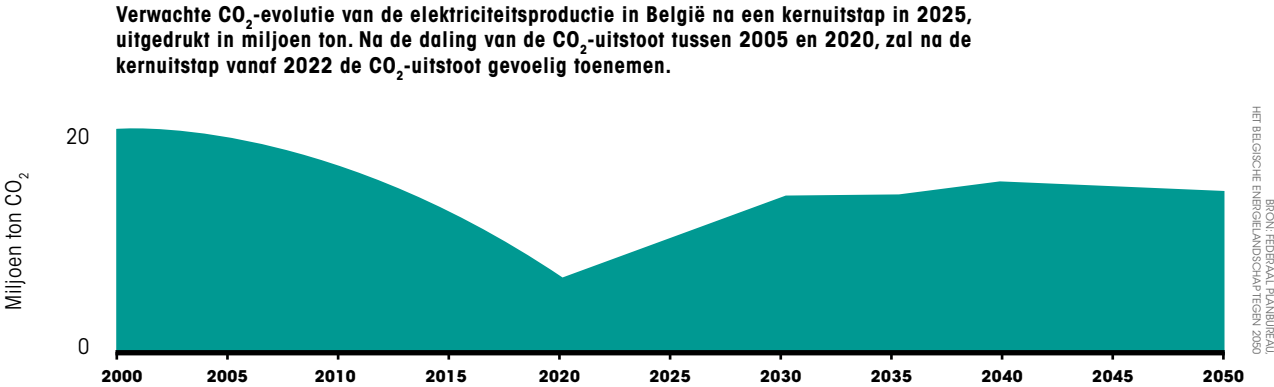
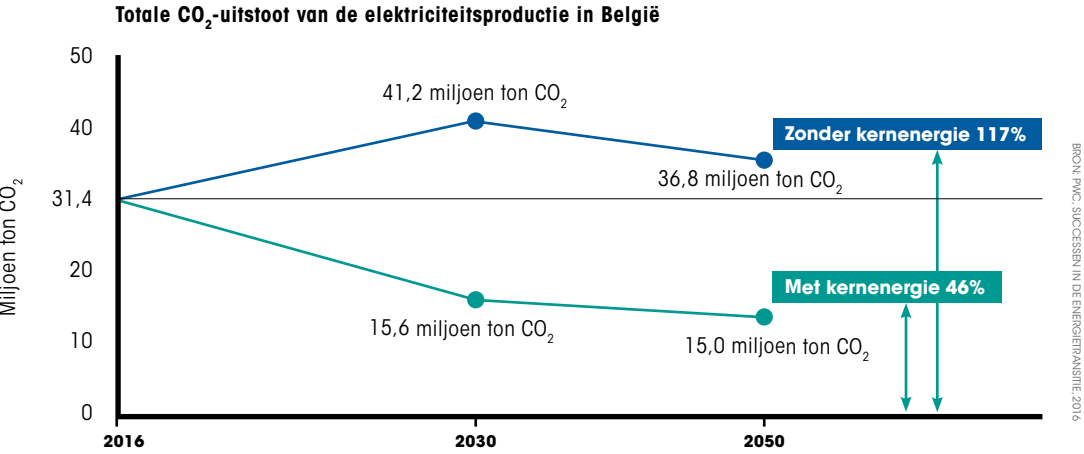


- Bij een kernuitstap zal de CO₂-uitstoot uit elektriciteitsproductie toenemen. De sluiting van de kerncentrales wordt in de periode 2020-2030 opgevangen door aardgascentrales, hernieuwbare energiebronnen, en invoer van elektriciteit. **Het netto-effect is een toename van de CO₂-emissies (Federaal Planbureau, 2017).**
- Na 2030 zetten de CO₂-emissies hun klim verder. **De totale koolstofintensiteit van de elektriciteitsproductie daalt** (van 194tCO₂/GWh in 2015 naar 165tCO₂/GWh in 2050), maar **niet voldoende om de klimaatdoelstellingen te halen** (Federaal Planbureau, 2017).⁴⁸

Enkel met kernenergie zijn klimaatdoelstellingen haalbaar

- Het Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) identificeert 1200 energiescenario's om de klimaatdoelstellingen te realiseren, en onderscheidt **3 koolstofarme elektriciteitsbronnen: hernieuwbare energie, kernenergie en carbon capture en storage (CCS).** Van die 1200 scenario's slagen er slechts 8 in om de temperatuurstijging tot 2°C terug te dringen zonder een beroep te doen op kernenergie.⁴⁹
- **Kernenergie is een koolstofarme energiebron.** Over de volledige levenscyclus beschouwd, is de CO₂-uitstoot van kernenergie nagenoeg gelijk aan die van wind- en zonne-energie (IPCC, 2014)
- Kernenergie is, samen met waterkracht, de belangrijkste bron van CO₂-arme elektriciteit (Internationaal Energie-agentschap). //

- Een kernuitstap zou de CO₂-factuur gevoelig slechter maken. **Met alle inspanningen en kosten die een kernuitstap met zich meebrengt, zou het netto-resultaat qua CO₂-uitstoot pas na 2050 exact hetzelfde zijn als de situatie vandaag** (PwC, 2016).⁴⁷



MYTHE #3

“Een kernuitstap heeft geen invloed op de CO₂-uitstoot voor ons land. Meer zelfs, bij een kernuitstap zal de CO₂-uitstoot dalen (op Europees vlak). Want door de groenestroomcertificaten is er een ‘capping’ op de hoeveelheid CO₂ die in België wordt uitgestoten. Bovendien zorgt de merit order ervoor dat nieuwe Belgische gascentrales andere duurdere en meer vervuilende technologieën uit de markt stoten.”

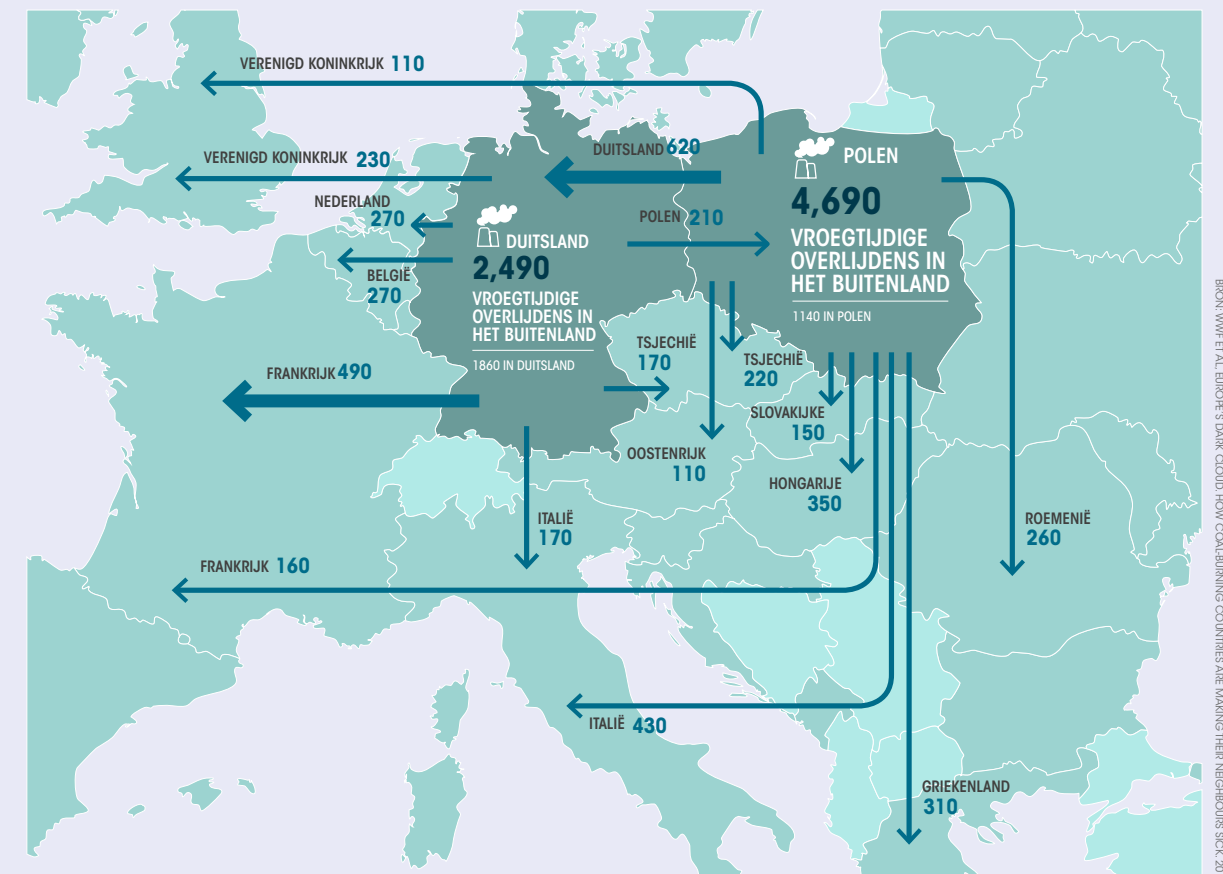
WEERLEGGING

- Het klopt dat de hoeveelheid CO₂-uitstoot die wereldwijd en Europees maximaal mag worden uitgestoten, beperkt is, en geregeld via de groenestroomcertificaten. Echter, het gaat hierbij om een theoretisch tradingmodel. Wanneer (CO₂-arme) kerncentrales in België worden vervangen door gascentrales, zal de CO₂-uitstoot op Belgisch grondgebied stijgen. ETS-systemen regelen dit op Europees niveau (maar slechts gedeeltelijk), maar **de effectieve uitstoot van CO₂ in België zal bij een kernuitstap sterk toenemen. Met belangrijke gevolgen voor klimaat en gezondheid.**
- Het principe van de merit order zou er bij een vervanging van kernenergie door gascentrales in België inderdaad voor kunnen zorgen dat ze duurdere technologieën op de merit order (zoals -meer vervuilende - steenkool- en bruinkoolcentrales in Duitsland) verdringt. Dit lijkt een goede zaak, waarbij het klimaat er algemeen bij wint. Echter, dit zou betekenen dat Duitsland een vervuilende technologie op Duits grondgebied kan sluiten, en zijn elektriciteit (afkomstig van Belgische gascentrales) kan importeren. Anders gezegd, **bij een Belgi-**

sche kernuitstap zou de CO₂-uitstoot enerzijds sterk stijgen door de vervanging van kernenergie door gas om te voldoen aan de Belgische elektriciteitsvraag, **maar anderzijds nog veel meer stijgen door de extra hoeveelheid elektriciteit** die in Belgische gascentrales zal opgewekt worden **voor de Duitse markt**. Deze situatie zou een negatieve impact hebben op klimaat en gezondheid.

- Indien bij een kernuitstap ons land niet zou kunnen voorzien in zijn eigen elektriciteitsbehoefte (zoals veel studies voorzien), zal er elektriciteit geïmporteerd moeten worden. De import uit Duitsland zal voornamelijk afkomstig zijn van steenkool- en bruinkoolcentrales, die zich in het Ruhrgebied bevinden, niet ver van de Belgische grens. Een hogere elektriciteitsproductie via deze centrales heeft een negatieve impact op mens en klimaat. Een studie van WWF uit 2017 toonde aan dat deze gezondheidseffecten zich ook internationaal manifesteren.⁵⁰ Met andere woorden, **meer Duitse import heeft een negatieve impact op klimaat en gezondheid in België.** //

Duitse steenkool- en bruinkoolcentrales behoren tot de meest vervuilende manier die bestaan om elektriciteit op te wekken. Ze hebben een belangrijke negatieve impact op mens en klimaat.



MYTHE #4

“Duitsland is een climate leader. Door zijn snelle uitbouw van hernieuwbare energie toont Duitsland het goede voorbeeld voor het uitbouwen van een koolstofarme elektriciteitsmix.”

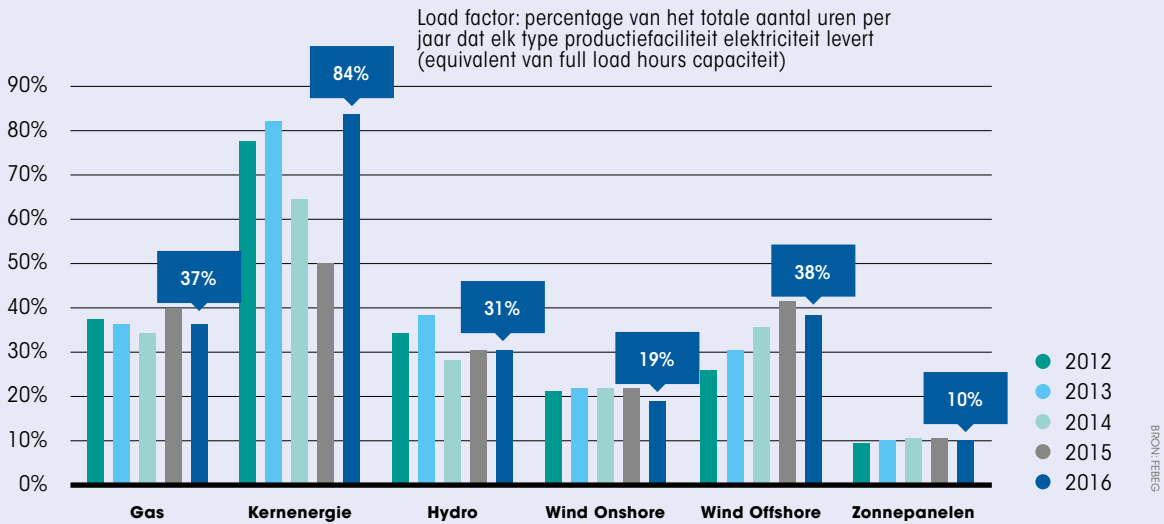
WEERLEGGING

Hernieuwbare energie is geen doel op zich, maar een middel. Niet de hoeveelheid hernieuwbare energie is van belang, wel de CO₂-intensiteit van de elektriciteitsmix. **Als graadmeter voor het succes van een klimaatvriendelijke energietransitie, is CO₂-intensiteit een betere graadmeter dan louter de hoeveelheid hernieuwbare energie.**

Zeker in een elektriciteitsmix waarbij het aandeel hernieuwbare energie vooral bestaat uit intermitterente energiebronnen (zon en wind), zoals in België, waarvan de load factor schommelt tussen 25 en 40%, maakt **niet hernieuwbare energie, maar de complementaire technologie het verschil tussen een succesvol klimaat/energiebeleid of niet.**

Capacity factors voor alle Belgische productie-eenheden.

De capacity factor van offshore wind in België schommelt rond 38%, voor onshore wind bedraagt dit 19%. Met andere woorden, 65 tot 81% van de tijd produceert (offshore en onshore) wind geen elektriciteit. Vandaag het belang van de complementertechnologie.

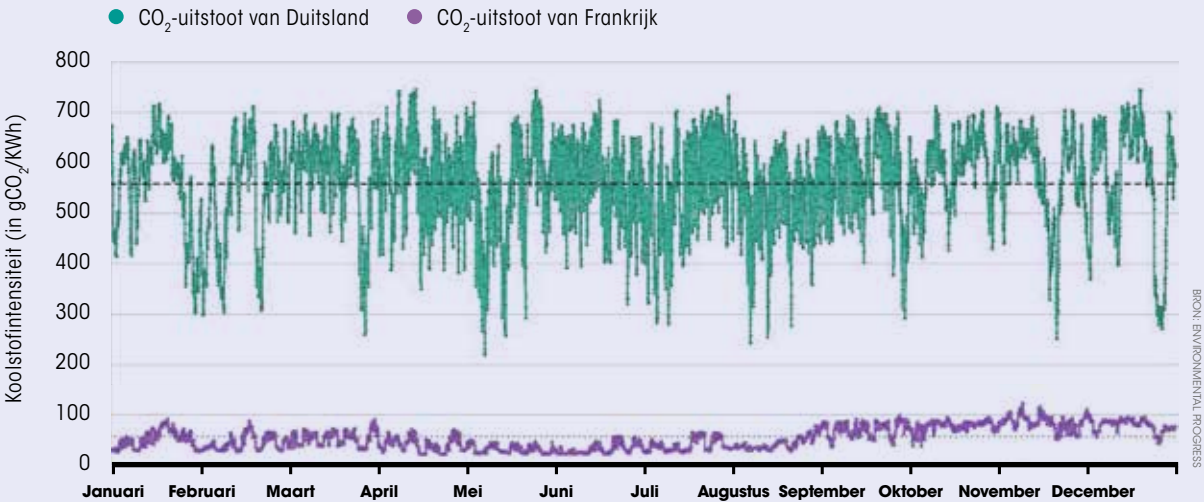


Landen die een sterk ontwikkeld pakket hernieuwbare energie combineren met andere koolstofarme technologieën, kunnen een veel beter CO₂-rapport voorleggen dan landen die de ontwikkeling van hernieuwbare energie combineren met fossiele energiebronnen.

Twee voorbeelden:

De CO₂-uitstoot, afkomstig van het opwekken van elektriciteit, tussen Duitsland (hernieuwbare energie + fossiel) tegenover Frankrijk (hernieuwbare energie + kernenergie). Resultaat van de vergelijking: Duitsland stoot 10 keer meer CO₂ uit voor een vergelijkbare hoeveelheid elektriciteit.

Vergelijking van de CO₂-uitstoot voor de productie van elektriciteit in Duitsland en Frankrijk. Duitsland stoot bijna 10 keer meer CO₂ uit dan Frankrijk.

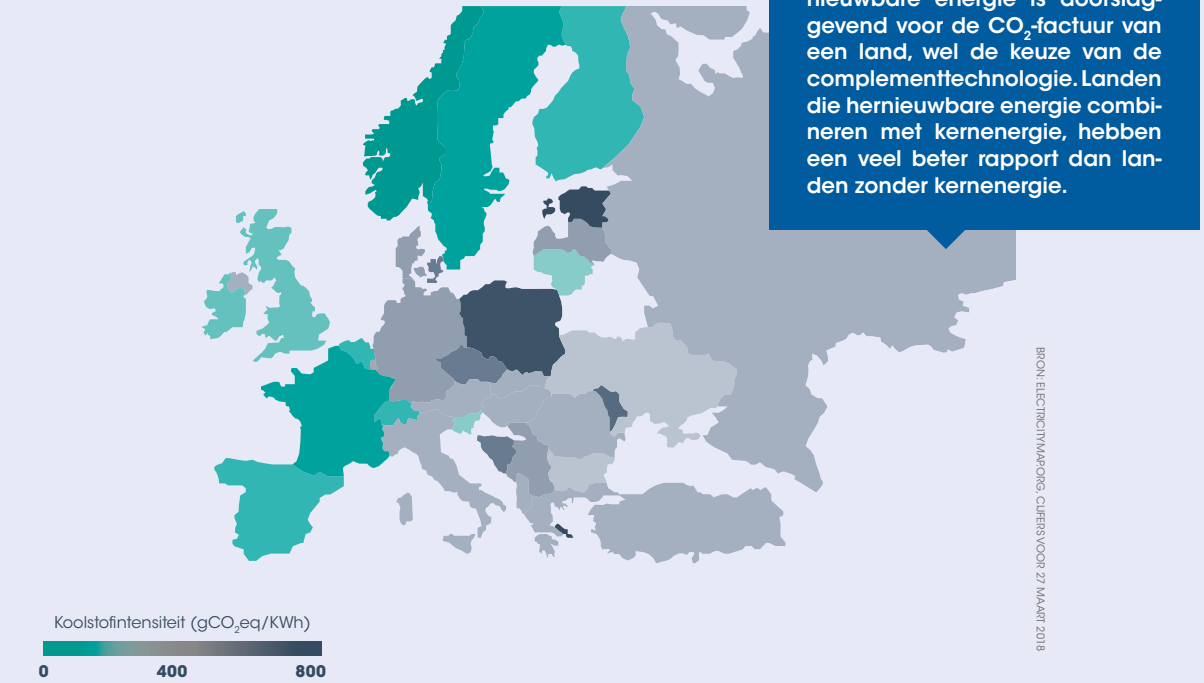


De tool www.electricitymap.org vergelijkt in real-time de elektriciteitsmix en CO₂-uitstoot voor verschillende landen in de wereld. Opvallende constante: **alle landen met kernenergie in hun elektriciteitsmix kennen een veel beter CO₂-rapport, met minder uitstoot, dan landen zonder kernenergie.** Dat is het geval voor België, Frankrijk,

Zwitserland, Zweden, Finland, Spanje en het Verenigd Koninkrijk (landen met kernenergie) versus Duitsland, Denemarken (beide worden 'geroemd' om hun groene energierevolutie maar doen het zonder of met weinig kernenergie). Het resultaat van deze landen is een veel slechter klimaatrapport.⁵¹ //

Koolstofintensiteit van landen in Europa.

Vaststelling: landen met kernenergie (Zweden, Finland, België, Frankrijk, Spanje, Zwitserland) hebben een veel beter klimaatrapport (qua uitstoot van CO₂ voor het opwekken van elektriciteit) (groene kleur) dan landen met veel hernieuwbare energie, maar weinig of zonder kernenergie (Duitsland, Denemarken) (grijze kleur).





“MEER DAN 30 LANDEN GEBRUIKEN NUCLEAIRE TECHNOLOGIE OM ELEKTRICITEIT OP TE WEKKEN. 2017 WAS EEN RECORDJAAR: NOOIT EERDER WAS ER MEER NUCLEAIRE CAPACITEIT AANWEZIG.”

WERELD

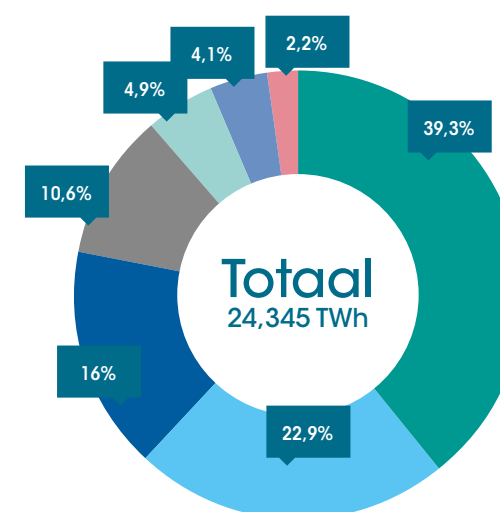
Kernenergie in de wereld. Wat doen onze buurlanden?

Verskillende landen in de Europese Unie hebben verschillende policies. Hoewel op Europees vlak inspanningen worden gedaan om van de Europese Unie ook een Energie-Unie te maken, blijft de energiepolitiek op dit moment een volledig soevereine nationale bevoegdheid. De internationale dimensie van de energiepolitiek wint aan belang in een markt waarin landen sterker geconnecteerd zijn voor invoer, uitvoer en trading van elektriciteit, trading van emissierechten en rekenen op structurele overschotten van buurlanden om eventuele stroomtekorten op te vangen.

KERNENERGIE IN DE WERELD

Meer dan 30 landen gebruiken nucleaire technologie om elektriciteit op te wekken. 2017 was een recordjaar: nooit eerder was er meer nucleaire capaciteit aanwezig. Deze toename is vooral toe te schrijven aan de sterke groei van kernenergie in het Midden-Oosten en Azië, kortom de landen die een snelle economische expansie kennen (en daarmee samenhangend een sterke stijging van de vraag naar energie en elektriciteit) en die anderzijds geconfronteerd worden met de gevolgen van klimaatverandering.

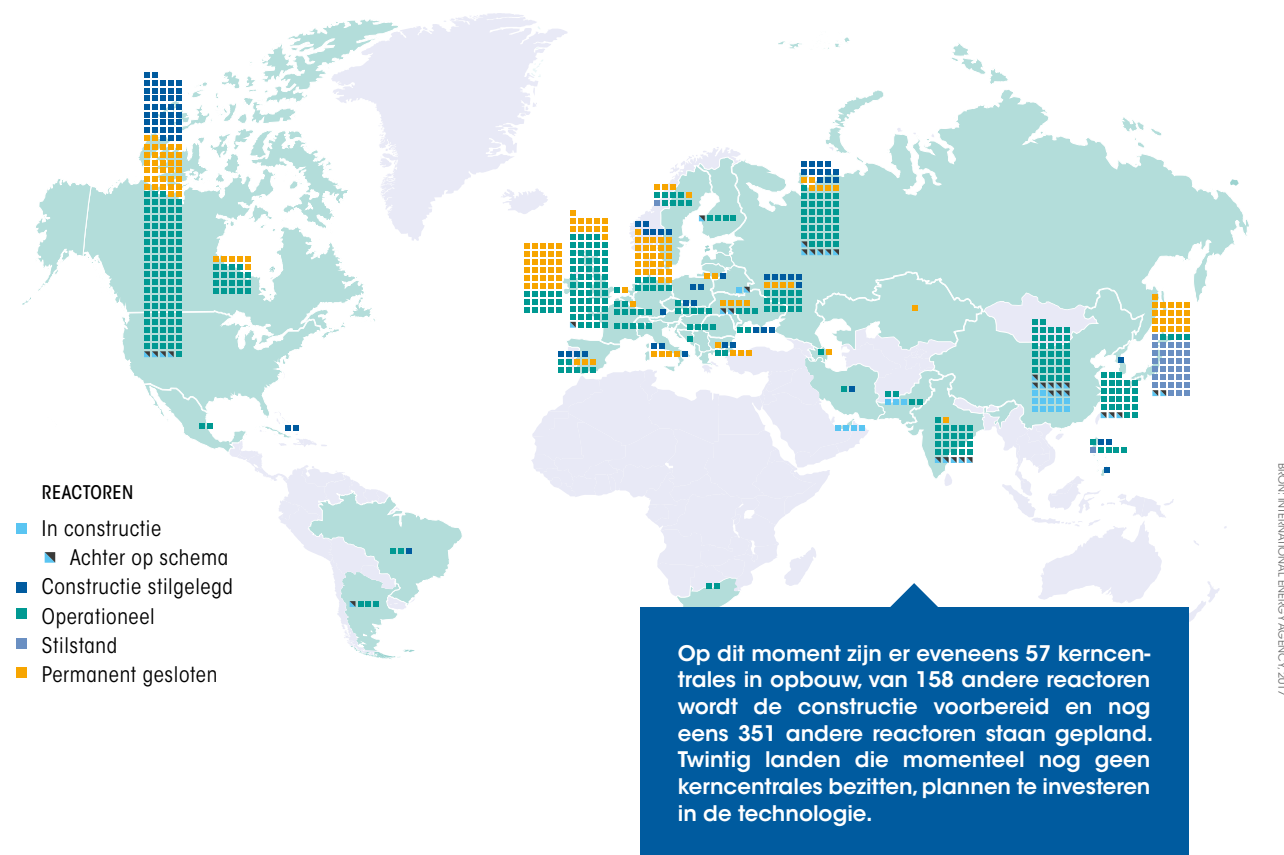
Op 1 januari 2018 waren er over de hele wereld 448 reactoren operationeel. Dat waren er 10 meer dan het jaar ervoor. Samen produceerden de kerncentrales 10% van alle elektriciteit, goed voor 390 GigaWatt. Fossiele brandstoffen nemen anno 2018 het grootste deel in van de elektriciteitsmix. **Het Internationaal Energie Agentschap verwacht dat tegen 2040 het aandeel van kernenergie wereldwijd (geïnstalleerde capaciteit) met 46% zal toenemen.**



Aandeel van kernenergie en de andere energiebronnen in de wereldwijde elektriciteitsmix.

- Steenkool
- Gas
- Hydro
- Kernenergie
- Zon, Wind, Geothermisch & Getijden
- Olie
- Andere

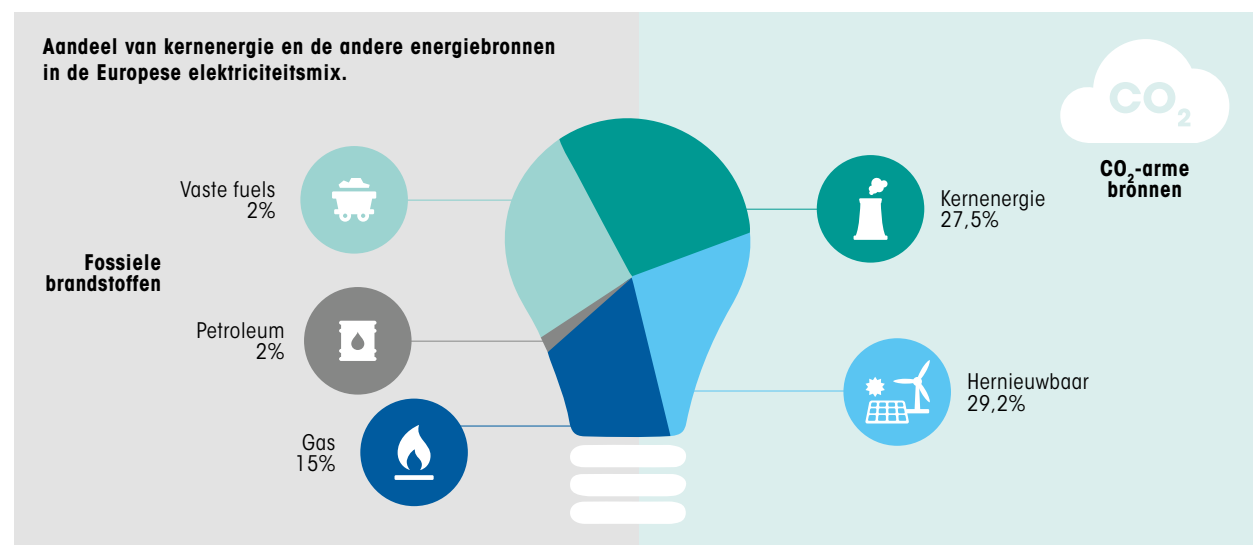
Kerncentrales in de wereld



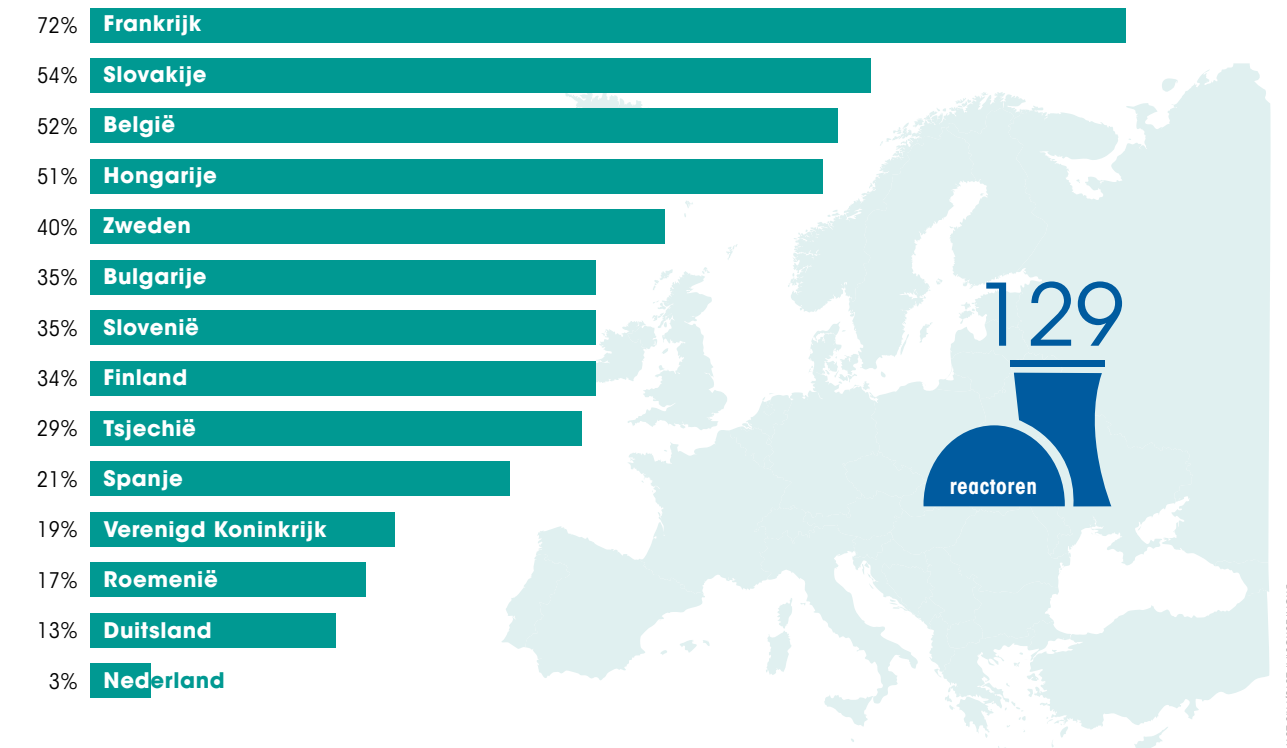
KERNENERGIE IN EUROPA

In Europa doen 14 van de 28 landen een beroep op kernenergie voor het produceren van elektriciteit, het garanderen van de bevoorradingszekerheid en het haalbaar maken van de klimaatdoelstellingen. Het aandeel van kernenergie bedroeg 27% van de totale elektriciteitsproductie. **Kernenergie staat in de EU in voor 50% van alle koolstofarme elektriciteit**, naast hernieuwbare energie.

De 129 operationele reactoren in Europa hebben een aandeel in de elektriciteitsproductie dat varieert van 3% (Nederland) tot 75% (Frankrijk). Met een gemiddelde van 52% behoort België tot de Europese koplopers inzake elektriciteit opgewekt uit kernenergie. **Zes reactoren zijn in constructie (Finland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk en Slovenië) en 22 andere reactoren staan gepland (in Bulgarije, Hongarije, Tsjechië, Finland, Polen, Roemenië en Slovenië).**



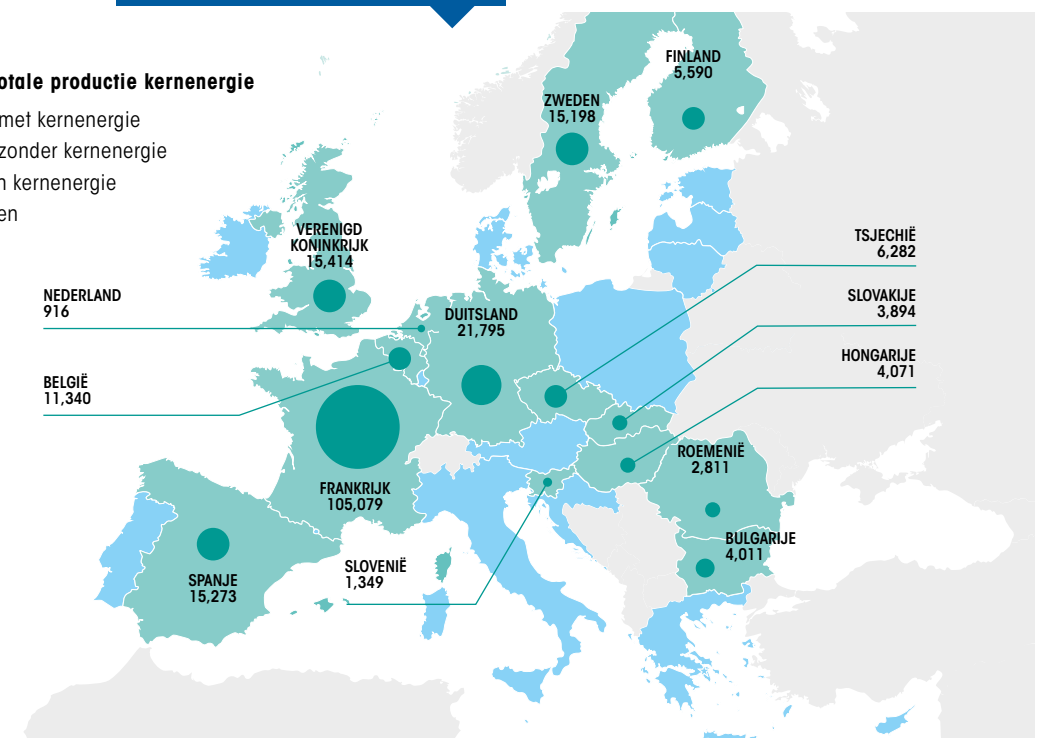
Aandeel van kernenergie in de elektriciteitsmix in Europa



Kernenergie in Europa

213.021 ktoe totale productie kernenergie

- EU-lidstaten met kernenergie
- EU-lidstaten zonder kernenergie
- Productie van kernenergie
- Niet-EU landen



KERNENERGIE IN ONZE BUURLANDEN: VOOR WELK BELEID KIEZEN WELKE LANDEN?

Frankrijk

In 2015 bedroeg de Franse elektriciteitsproductie via kernenergie 437 TWh, hetzij 75% van alle elektriciteit die in Frankrijk wordt opgewekt.

De huidige elektriciteitsmix in Frankrijk is het resultaat van het pro-nucleair beleid gericht op veilig stellen van bevoorradingszekerheid, elektriciteitsprijs en klimaatdoelstellingen:

- **Bevoorradingszekerheid:** Frankrijk is de wereldleider inzake export van elektriciteit (door de goedkope prijs ervan). Het land verwerft elk jaar 3 miljard euro inkomsten uit die export.
- **Prijs:** Frankrijk heeft de laagste elektriciteitsprijs van Europa
- **Klimaat:** een pragmatische energiepolitiek zonder taboes. In 2015 besliste de regering Hollande om het aandeel van kernenergie sterk te verminderen, van 75% naar 50% tegen 2025. De nieuwe regering Macron kwam terug op deze beslissing, en kiest voor een pragmatische en klimaatgerichte aanpak. De uitstoot van kooldioxide per hoofd van de bevolking voor elektriciteitsopwekking is de laagste van Europa, aangezien meer dan 90% van de elektriciteit van kernenergie of hernieuwbare energie afkomstig is.

“Je préfère le réalisme et la sincérité à la mystification. Il sera difficile de tenir l’objectif de réduction de 75% à 50% de la part de l’électricité d’origine nucléaire à l’horizon 2025.”

Nicolas Hulot, Frans Minister voor Ecologische Transitie, november 2017

Duitsland

- Tot 2011 genereerde Duitsland 25% van zijn elektriciteit uit kernenergie. Na het ongeval in Fukushima besliste bondskanselier Angela Merkel om versneld uit kernenergie te stappen. Sindsdien werden 9 reactoren gesloten.
- Duitsland heeft momenteel 7 operationele kerncentrales (dus meer dan België), die nog tot 2022 elektriciteit zullen produceren.
- Ondanks alle inspanningen en hoge kosten van de energietransitie is het netto-effect voor het klimaat nul. **Tot op heden is de CO₂-uitstoot van Duitsland niet gedaald.**
- In plaats van vervuilende fossiele technologieën af te bouwen (steenkool en bruinkool), werd het moratorium op deze technologieën geschrapt. **Duitsland zal ten minste tot 2040 doorgaan met de productie van elektriciteit uit steenkool en bruinkool.**
- **43%** van de elektriciteit die in Duitsland wordt opgewekt, **is afkomstig van steenkool en bruinkool.**
- **In binnen- en buitenland neemt het protest** op deze energiepolitiek **toe**. Zowel voor de kost van de energietransitie als de klimaat-impact die de kernuitstap met zich meebrengt.
- **Duitse gezinnen betalen de energietransitie.** Het land heeft één van de laagste groothandelsprijzen voor elektriciteit, maar de hoogste voor gezinnen.

“Duitsland heeft ongewoon grote fouten gemaakt. Het was onverstandig om enorme subsidies voor de lange termijn aan zonneparken te verstrekken; kernenergie zo snel afschaffen is krankzinnig.”

The Economist, 28 november 2015



Frankrijk: de nieuwe reactor (in opbouw) van de centrale van Flamanville. Het gaat om een EPR-reactor van de derde generatie.

“DE UITSTOOT VAN CO₂ VOOR ELEKTRICITEITSPRODUCTIE IS 10 KEER HOGER IN DUITSLAND DAN IN FRANKRIJK. BEIDE LANDEN HEBBEN PROPORTIONEEL ONGEVEER EVENVEEL HERNIEUWBARE ENERGIE.”



Duitsland: de bruinkoolmijn in Hambach. Duitsland besliste om tot minstens 2040 door te gaan met het opwekken van elektriciteit uit bruinkool.

Groot-Brittannië

- **Een langetermijn energievisie.** Eind 2010 heeft de regering groen licht gegeven voor nieuwe investeringen in CO₂-arme energie. Dat resulteerde in de bouw van nieuwe windmolenparken, zonnepanelen en de bouw van nieuwe kerncentrales door een consortium van privé-ondernemingen. Het VK kiest resoluut voor een slimme mix van CO₂-arme energiebronnen, met een belangrijke rol voor kernenergie.
- **De Britse energiepolitiek is** geen uitgesproken pro-nucleair of pro-hernieuwbaar energiebeleid. Het is **een technologieneutraal beleid**.
- **Een mechanisme om investeringen in nieuwe elektriciteitsproductie aan te trekken.** Om privé-investeringen in nieuwe CO₂-arme elektriciteitscapaciteit mogelijk te maken, heeft de Britse regering een mechanisme ('contract for difference') uitgewerkt. Dat garandeert de prijs per KWh in de toekomst, om de rentabiliteit van nieuwe wind-, zonne- en gascapaciteit te garanderen. De overheid past het eventuele verlies in de toekomst bij. Het is een misvatting dat het hier over staatssteun voor kernenergie gaat. Het gaat in de eerste plaats over een waarborg van de staat, dus geen staatssteun. En het gaat bovendien om een staatsgarantie voor alle koolstofarme technologieën. Met andere woorden, **zowel investeerders in hernieuwbare capaciteit als investeerders in nucleaire capaciteit genieten van dezelfde incentive en return-on-investment (op termijn)**.
- **Een beleid dat resoluut kiest voor nucleair new build.** Het Britse energiebeleid trekt volop de kaart van de toekomst, en investeert in kernenergie. Samen met Frankrijk, Finland en Slovenië (waar momenteel al nieuwe kerncentrales worden gebouwd), is het één van de 8 Europese landen waar resoluut wordt gekozen voor nieuwe nucleaire capaciteit (generatie drie) als deel van de oplossing voor het energietrilemma.

Nederland

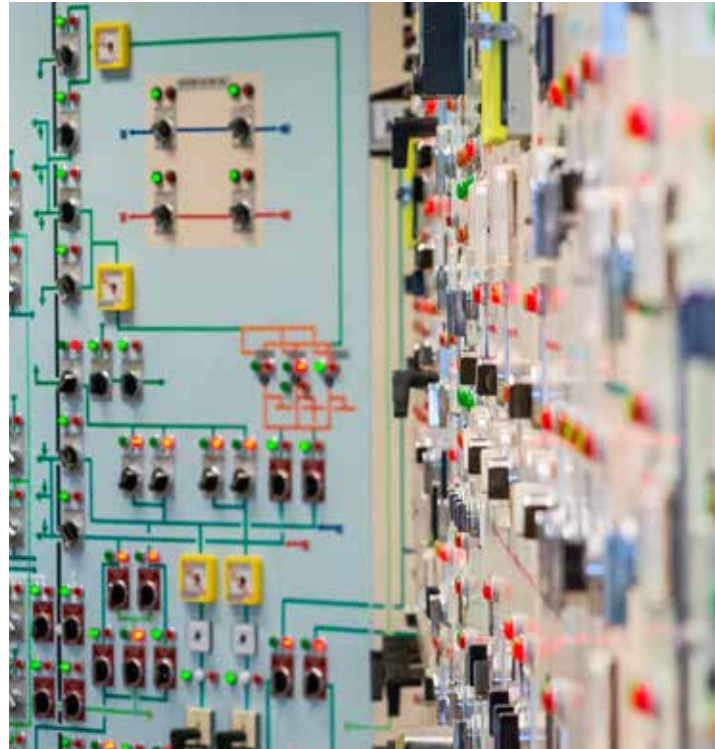
- **Een blijvende erkenning voor kernenergie en nucleaire technologie.** Er zijn in Nederland drie werkende kernreactoren: de kerncentrale in Borssele, die elektriciteit produceert; de Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten die medische isotopen produceert en waarmee onderzoek wordt gedaan; en de Hoger Onderwijs Reactor (HOR) in Delft waar studenten van de TU reactoronderwijs krijgen en (internationaal) onderzoek doen.
- **20 extra veilige jaren erbij voor de centrale van Borssele.** Ondanks het feit dat kernenergie slechts 3% uitmaakt van de Nederlandse elektriciteitsmix, wil het land zijn **nucleaire knowhow behouden** en ziet het **kernenergie als deel van de oplossing voor de klimaat- en energie-uitdagingen voor morgen**. De operationele levensduurverlenging werd zonder commotie of grote tegenstand (of enig onderzoek) gestemd in het parlement. Ook maatschappelijk is er weinig verzet tegen de 20 extra veilige jaren voor de kerncentrale van Borssele.
- In 2013 ontwikkelde Nederland een Energieakkoord voor duurzame groei, kortweg het **Energieakkoord, met plaats voor alle koolstofarme energiebronnen, en een afbouw van fossiele energie**.
- Inzake afvalbeleid besliste Nederland om zijn hoogradioactief afval nog 100 jaar in oppervlakteberging te bewaren, in afwachting van nieuwe oplossingen en vooruitgang in het wetenschappelijk onderzoek inzake afvalbeleid.

Zwitserland

- **Een koolstofarme elektriciteitsmix, met voorrang voor kernenergie en hernieuwbare energie.** In 2015 bedroeg de bruto elektriciteitsproductie 67,5 TWh, vrijwel geheel afkomstig van kernenergie en waterkracht.
- **Een beleid met long term operations voor kerncentrales.** Alle Zwitserse reactoren, met uitzondering van Mühleberg, hebben een exploitatievergunning voor onbeperkte duur, zolang ze de veiligheid aan de regelgever kunnen aantonen.
- **Een nuchter en no-nonsense energiebeleid, met duidelijke steun van de bevolking voor kernenergie.** In november 2016 werd in een referendum van de Groene partij voorgesteld om kerncentrales na maximaal 45 jaar te sluiten. Het resultaat: de kiezers hebben hun vertrouwen uitgesproken voor kernenergie, ondanks een grote antikernenergiecampaagne.
- **Een uitstapscenario uit kernenergie zonder einddatum.** Zwitserland kiest voor een pragmatisch nucleair uitstapscenario, zonder uitstapdatum, met aandacht voor de klimaatdoelstellingen en een haalbare, realistische uitstapagenda. Concreet besliste de Zwitserse regering in juni 2011 om uit kernenergie te stappen, en de bouw van nieuwe kerncentrales niet toe te laten in Zwitserland. Dit betekent dat Zwitserland pas uit kernenergie zal stappen, als andere CO₂-arme oplossingen voorhanden zijn om de bevoorradingszekerheid te garanderen en de prijs van elektriciteit betaalbaar te houden. Zolang de vervangtechnologie niet voorhanden is, en zolang de kerncentrales in alle veiligheid kunnen worden uitgebaat, kunnen ze deel blijven uitmaken van de Zwitserse elektriciteitsmix en net zo lang verlengd worden als nodig is.

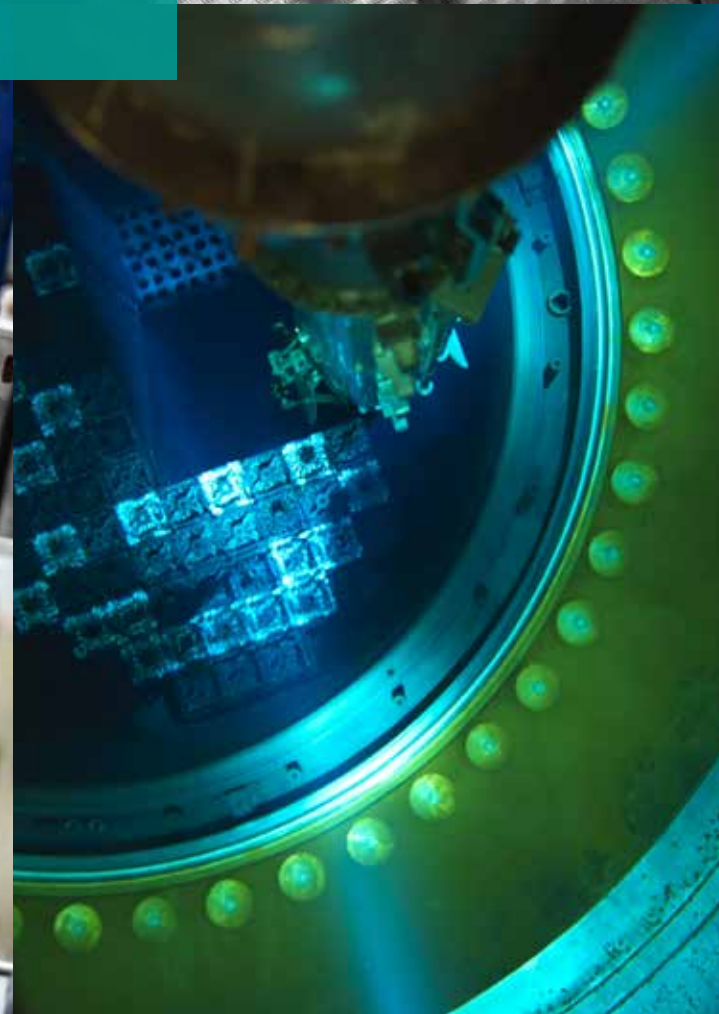
Zweden

- **De Zweedse elektriciteitsmix is een combinatie van kernenergie en hernieuwbare energie.** De elektriciteitsproductie stoot heel weinig CO₂ en broeikasgassen uit. In 2016 werd meer dan 50% van de elektriciteit geproduceerd door wind- en zonne-energie, ongeveer 40% door kernenergie en minder dan 10% door traditionele thermische centrales die voornamelijk biobrandstoffen branden.
- **Zweden beschikt over 8 actieve kernreactoren,** waarvan 3 op de site Forsmark, 1 op de site Oskarshamn en 4 op de site Ringhals. Hun totale capaciteit bedraagt 8376 MW.
- **In juni 2016 hebben de Zweedse regering en partijen een overeenkomst gesloten over het Zweedse energiebeleid op lange termijn.** Deze overeenkomst bestaat met name uit een draaiboek voor een gecontroleerde transitie naar een elektrisch systeem dat volledig gebaseerd is op hernieuwbare energie. Een doel dat in 2040 moet worden gehaald. Betreffende deze overeenkomst is 2040 een doelstelling en geen uiterste datum die het gebruik van kernenergie verbiedt. Inderdaad, **de bouw van nieuwe reactoren (maximaal 10) is toegestaan** op de bestaande sites. De overeenkomst bepaalt ook dat het mogelijk is om de **bestaande reactoren te vervangen wanneer ze het einde van hun economische levensduur hebben bereikt**. Ten slotte geeft de regering geen subsidies aan de nucleaire sector maar verlaagt ze geleidelijk de belastingen die de kerncentrales al meerdere jaren moeten betalen.
- **Forsmark is ook een belangrijke opslagplaats voor radioactief afval.** Ze beschikt over een ondergrondse opslaginstallatie voor afval met korte levensduur, die in 1988 in gebruik werd genomen. In 2009 ontwierp het bedrijf SBK (Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company) de site als opslagplaats voor de gebruikte nucleaire brandstof. De opslaginstallaties worden op dit moment gebouwd en moeten in gebruik worden genomen op het einde van de jaren 2020 of begin van de jaren 2030. //



“DE KERNCENTRALE VAN BORSSELE
KAN NOG TWINTIG JAAR
LANGER MEE.”

Raad Van State Nederland, 2014⁵²



VERDERZETTEN VAN DE ACTIVITEITEN

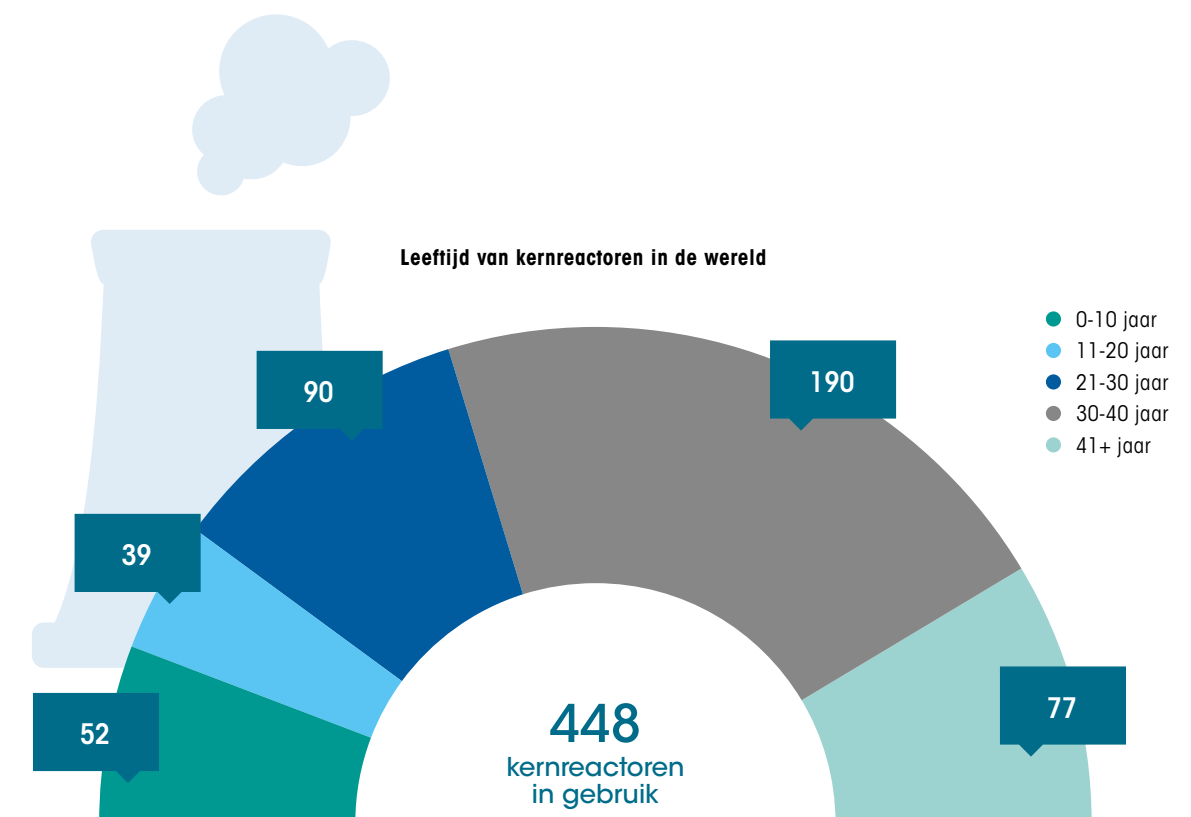
Het langer operationeel houden van kerncentrales is mogelijk. Kernenergie als low-carbon transitietechnologie.

Kerncentrales kunnen langer operationeel blijven dan de 40 jaar die initieel werd vooropgesteld. Zowel ons land als tal van andere landen (Zwitserland, Nederland, Verenigde Staten) hebben beslist om kerncentrales langer operationeel te houden. Hieronder sommen we de belangrijkste argumenten op voor een langere exploitatieduur (LTO, long term operations).

GEEN TECHNISCHE EINDDATUM

Elektriciteitscentrales hebben geen vooraf bepaalde beperkte houdbaarheid. Initieel ontworpen om een vastgesteld en vooraf bepaald minimum aantal jaren probleemloos operationeel te blijven, kan op elk moment beslist worden de operaties verder te zetten (mits respecteren van de veiligheid).

In België bepaalt de wetgever de sluitingsdatum van de kerncentrales. Mits de noodzakelijke investeringen kan hun werking blijven doorgaan. **Van de 448 reactoren die momenteel wereldwijd in exploitatie zijn, hebben meer dan 75 ervan de leeftijd van 41 jaar of meer bereikt, goed voor 38730 MW.**⁵³



HET LANGER OPERATIONEEL HOUDEN: 60 JAAR IS DE INTERNATIONALE REFERENTIE, 80 JAAR STEEDS MEER DE TREND

Nederland heeft beslist om zijn kerncentrale in Borssele, aan de grens met België, 60 jaar lang uit te baten (20 jaar langer in de running, van 18 maart 2013 tot 31 december 2033). Ook Zwitserland besliste om de centrales 20 jaar langer operationeel te houden. De Verenigde Staten hebben zelfs het voornemen om de uitbating van verschillende kerncentrales aan te houden tot 80 jaar. Anders gezegd: **er zijn geen technische of veiligheidsredenen te vinden voor het sluiten van onze kerncentrales na 40 jaar uitbating.** In geen van deze landen veroorzaakte dit enige commotie of publieke ophef.

Van de 448 reactoren die wereldwijd in exploitatie zijn, bereikten 77 de leeftijd van 41 jaar of meer. In de hele wereld wordt het verderzetten van de exploitatie van kerncentrales tot zestig jaar of zelfs langer algemeen uitgevoerd. De Europese Commissie gaat ervan uit dat **tegen 2035 meer dan de helft van alle kerncentrales in Europa (ongeveer 60GW) in long term operations zullen zijn.**⁵⁴

LONG TERM OPERATIONS (LTO) IN BELGIË: EEN BEWEZEN TRACK RECORD

Een beslissing over het langer houden van bepaalde nucleaire eenheden is geen primeur voor België. In het verleden beslisten de regeringen Di Rupo 1 en Michel 1 om respectievelijk de centrales Tihange 1, en Doel 1 en 2 langer open te houden. **Het verderzetten van de activiteiten na 2025 zou dus geen nieuwigheid zijn voor ons land.** Ook de operator is ondertussen vertrouwd met het concept van LTO, en deed de voorbije jaren de noodzakelijke investeringen om een verdere veilige exploitatie van Tihange 1, Doel 1 en Doel 2 met tien extra jaren mogelijk te maken.

Naast de 600 miljoen euro voor de verzetting van Tihange 1, investeerde en investeert ENGIE zo’n 700 miljoen euro om de LTO van Doel 1 en Doel 2 mogelijk te maken. Het grootste deel van dit bedrag gaat naar **aanpassingen aan het ontwerp van de centrales en vervangingen** (bv van turbines en van de belangrijkste transformatoren). Daarnaast worden heel wat nieuwe medewerkers aangeworven en opgeleid, om de veilige exploitatie van Doel 1, Doel 2 en Tihange 1 te garanderen.

LONG TERM OPERATIONS, EEN POLITIEKE BESLISSING

Kerncentrales openhouden na 40 jaar uitbating is veeleer een **maatschappelijke keuze dan een technische noodzaak**. Doel 1 en Doel 2 zijn niet meer de centrales van veertig jaar geleden. Ze werden doorheen de loop der jaren permanent geactualiseerd en gemoderniseerd. Ze beantwoorden nog steeds aan de huidige strenge normen. Het verderzetten van de activiteiten na 40 jaar is trouwens helemaal niet uniek. Tal van andere landen gaan door met kernenergie na 40 jaar (Nederland, Zwitserland, Verenigde Staten, ...).

LONG TERM OPERATIONS EN VEILIGHEID, EEN INTERNATIONAAL VERHAAL

Het verderzetten van de exploitatie is een internationaal verhaal want naast de controle door het FANC is er eveneens een **controle door het IAEA**. Deze gebeurt op vraag van de Belgische regering en het FANC. In het kader van een zogenaamde SALTO Expert Missie (SALTO = Safety Aspects of Long Term Operation) kreeg de kerncentrale van Doel in 2016 zeven IAEA-inspecteurs over de vloer. Concreet ging het over een evaluatie over human resources en kennisbeheer, beheer van de veroudering van de elektrische componenten, interne organisatie en beheer van de wijzigingen.

LONG TERM OPERATIONS EN INSpraak VAN BUURLANDEN

Vanuit Nederland, Duitsland en het Groothertogdom Luxemburg klinken stemmen om **inspraak** te krijgen in de beslissing tot verderzetten van de operaties van de Belgische kerncentrales. In een Europa met open grenzen is begrijpelijk, maar de uitbatingsmodaliteiten van de Belgische kerncentrales zijn wettelijk vastgelegd volgens de Belgische wetgeving. Zo ook de stappen die moeten gevolgd worden voor het verderzetten van de activiteiten na 40 jaar. Inspraak voor buurlanden is voorzien (via het FANC) voor de reactoren Doel 4 en Tihange 3.

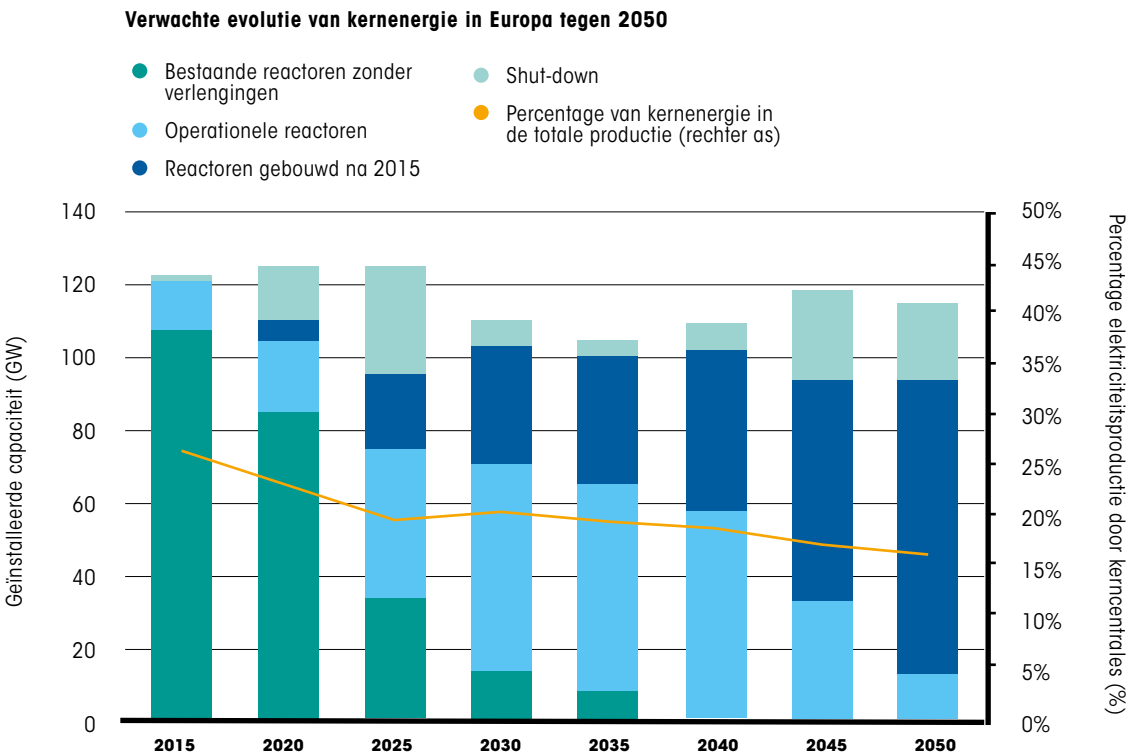
Omgekeerd is dit trouwens ook zo: in Nederland kreeg de kerncentrale van Borssele bijvoorbeeld eerder reeds een groen licht voor twintig extra jaar. De voorbije jaren vonden in ons land **'gekruste inspecties'** plaats. Bij zo’n inspectie volgen vertegenwoordigers van de nucleaire regulator van een land een inspectie in een kerncentrale in een buurland. Dit was voor het eerst bij ons het geval met inspecteurs van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) en haar Nederlandse tegenhanger, de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS), in aanwezigheid van verschillende Belgische en Nederlandse ministers, de gouverneur van Oost-Vlaanderen en de directeurs van de nucleaire toezichthouders. Zowel de Belgische minister Jambon als zijn Nederlandse collega Schultz gaven nadien aan vertrouwen te hebben in de veiligheid van onze kerncentrales.

DE NOOD AAN EEN SNELLE BESLISSING

Indien België zou beslissen om ook na 2025 (een deel van) zijn kernreactoren operationeel te houden, dan kan die beslissing niet op de lange baan worden geschoven. Afhankelijk van het scenario (sluiten of niet), zal de operator de komende jaren de nodige voorbereidingen moeten treffen om deze sluiting respectievelijk verderzetten van de activiteiten mogelijk te maken en veilig voor te bereiden.

Om die reden kan een beslissing over het eventueel langer operationeel houden van één of meerdere reactoren niet op de lange baan worden geschoven. Indien er niet wordt beslist, blijft er vanaf een bepaald moment slechts één optie over, ook als men (te laat) zou kiezen voor een verderzetten van de activiteiten.

EEN BESLISSING OVER HET EVENTUEEL LANGER OPERATIONEEL HOUDEN VAN ÉÉN OF MEERDERE REACTOREN KAN NIET OP DE LANGE BAAN WORDEN GESCHOVEN.



"SMR'S ZIJN FLEXIBEL EN AUTONOOM, WAARDOOR ZE DE IDEALE OPLOSSING VORMEN IN SITUATIES WAAR DE VRAAG NAAR ENERGIE SCHOMMELT."

NIEUWE TECHNOLOGIEËN

Zo ziet kernenergie van de toekomst er uit.

Verschillende technologieën tonen hoe kernenergie in de toekomst er zal uitzien. Tal van landen investeren in nieuwe kerncentrales. Het Internationaal Energie-agentschap verwacht een groei van 46% tegen 2040.

In heel de wereld worden momenteel nieuwe kerncentrales gebouwd. De sterkste toename doet zich voor in Azië en het Midden-Oosten. Overal ter wereld kiezen landen voor kernenergie als deel van de oplossing voor hun energie-uitdagingen. Ze doen dit om hun stroombevoorrading veilig te stellen, de prijs van elektriciteit stabiel te houden en de klimaatdoelstellingen te halen.

De centrales die momenteel worden gebouwd, zijn van de derde generatie. In Europa worden 2 nieuwe centrales van dit type gebouwd in Frankrijk en Finland. Zes centrales zijn in opbouw, 22 andere projecten staan gepland in Bulgarije, Hongarije, Tsjechië, Finland, Polen, Roemenië en Slovenië'.

In het Midden-Oosten verviervoudigt de nucleaire capaciteit de volgende tien jaar. Volgens het EIA (Internationaal Energie-Agentchap) in zijn jaarlijkse International Energy Outlook nemen de Verenigde Arabische Emiraten op korte termijn het voortouw in de groei met de installatie van een nucleaire capaciteit van 5,4 GWe tegen 2020. De totale verwachte groei in het Midden-Oosten gaat van 3,6 gigawatt dit jaar tot 14,1 GWe tegen 2028. De belangrijkste redenen voor landen in deze regio in hun keuze voor kernenergie: meer energiezekerheid door minder afhankelijk te zijn van fossiele brandstoffen (ondanks de grote voorraden en voorraden van fossiele energie in deze regio's), en de stijgende energievraag anticiperen die het gevolg is van de economische ontwikkeling en de bevolkingstoename.

Het EIA verwacht dat de vraag naar elektriciteit tegen 2028 met 30% zal toenemen in het Midden-Oosten, tegenover een verwachte wereldwijde groei van

18%.⁵⁵ Nieuwe projecten staan ingepland in Iran, Turkije, Jordanië, Saoedi-Arabië en de Verenigde Arabische Emiraten.

In Azië neemt China het voortouw. Van de 16 reactoren die in 2017 aan het net werden aangesloten, waren er 10 in China. In het recordjaar 2016 kwam meer dan 9 GW aan nieuwe nucleaire capaciteit online oftewel 10 nieuwe centrales, de grootste jaarlijkse toename sinds meer dan 25 jaar. Vijf van die tien nieuwe centrales bevonden zich in China.

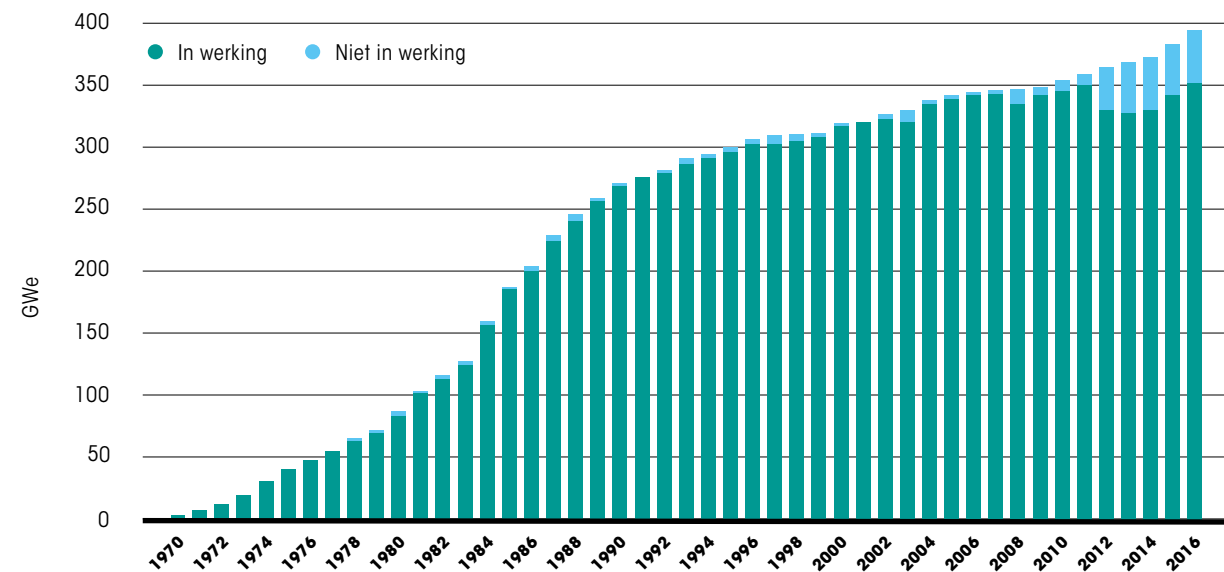
NOOIT EERDER WAREN ER ZOVEEL KERNCENTRALES ALS NU, ANNO 2018.

Nooit eerder waren er zoveel kerncentrales (geïnstalleerde capaciteit) als nu, anno 2018. De hoeveelheid door kernenergie geleverde elektriciteit steeg wereldwijd met 35 TWh tot 2476 TWh. Deze stijging is het resultaat van zowel de nieuwe reactoren die online kwamen als de verhoogde productie van de bestaande vloot.⁵⁶

De huidige forse toename van kernenergie zal niet stilvallen. Het Internationaal Energie Agentschap verwacht dat de nucleaire capaciteit tegen 2040 met 46% zal stijgen, tot 4.400 GWh.

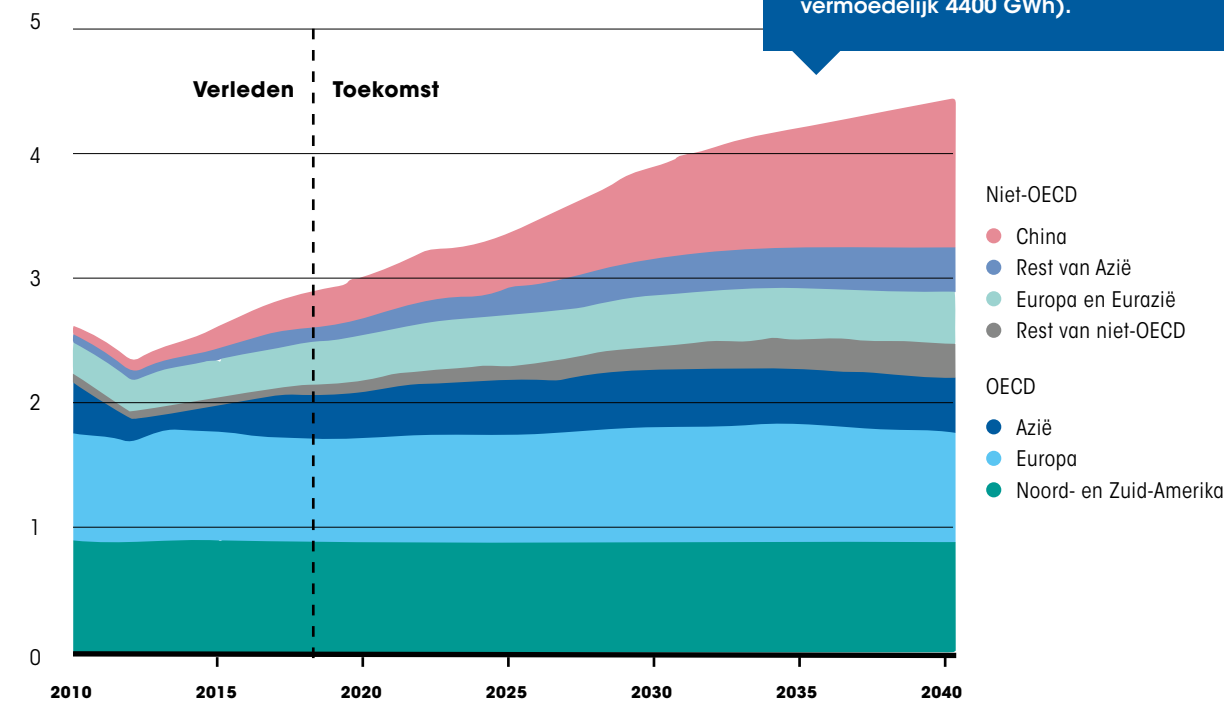
Het totale volume geïnstalleerde nucleaire capaciteit eind 2016

Nooit eerder was er meer kernenergie als nu (in termen van geïnstalleerde capaciteit). Dit record is het gevolg van zowel new build als de verhoogde productie van de bestaande vloot. Nooit eerder was er meer kernenergie als nu (in termen van geïnstalleerde capaciteit). Dit record is het gevolg van zowel new build als de verhoogde productie van de bestaande vloot.



BRON: WORLD NUCLEAR ORGANISATION, THE WORLD NUCLEAR INDUSTRY STATUS REPORT 2016

De groeiprognoze van kernenergie in de wereld tussen nu en 2040



BRON: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, WORLD ENERGY OUTLOOK 2016

KERNREACTORS IN HET KLEIN? WELKOM IN DE WERELD VAN DE SMR'S

SMRs (small modular reactors) zijn een nieuwe generatie van kleinere reactoren. Dankzij hun modulaire design zijn ze goedkoper dan klassieke centrales en kunnen ze makkelijk worden aangepast om energie te leveren aan bijvoorbeeld industriële sites of afgelegen zones. **Flexibiliteit, kostenefficiëntie en snelheid zijn de belangrijkste troeven.** Van over de hele wereld is er toenemende interesse voor SMRs. **In België nemen SCK • CEN en Tractebel het voortouw om deze nieuwe generatie verder te ontwikkelen.**

SMR's zijn flexibel en autonoom, waardoor ze de ideale oplossing vormen in situaties waar de vraag naar energie schommelt. Ze dienen niet als vervanging voor maar als aanvulling op de traditionele kerncentrales die continu koolstofarme energie produceren.

Zo zijn SMR's bijzonder nuttig in afgelegen regio's waar nog geen elektriciteitsnet aanwezig is of op industriële sites. Doordat ze modulair zijn opgevat, kunnen de verschillende modules van een SMR afzonderlijk worden geactiveerd afhankelijk van de vraag naar elektriciteit. Dat betekent dat in enkele minuten tijd bepaalde modules kunnen uit- of aangeschakeld worden wanneer de behoefte aan elektriciteit af- of toeneemt.

//

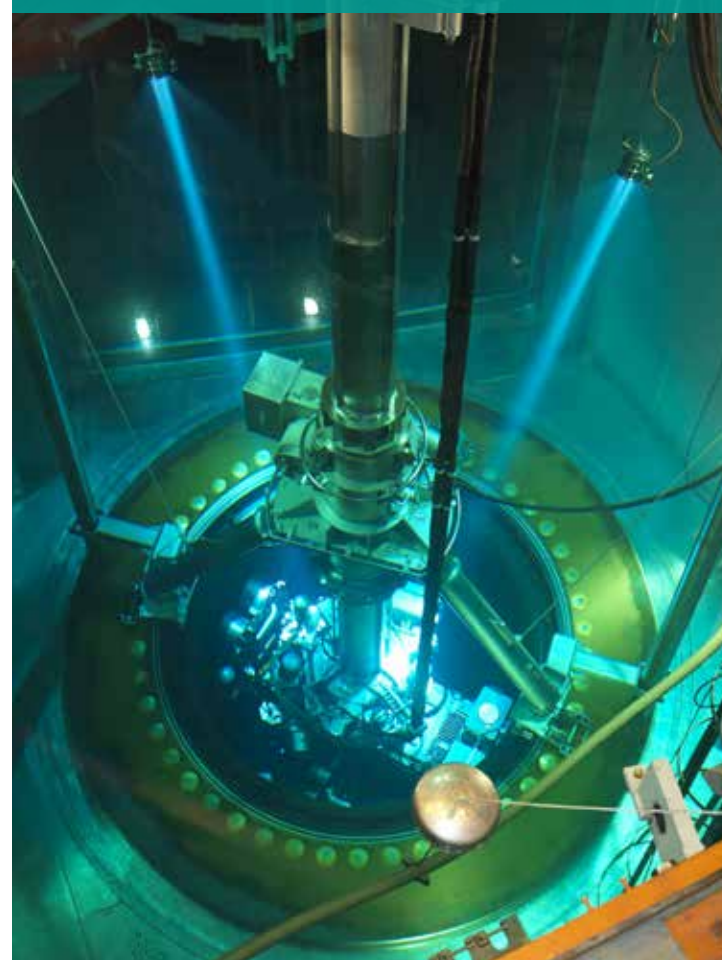
De verschillende modules van een SMR kunnen per vrachtwagen getransporteerd en ter plaatse geïnstalleerd worden. Dit impliceert een daling van kost en fabricagetijd.





“NUCLEAR ENERGY IS THE SAFEST MAJOR ENERGY SOURCE.”

Our World in Data, Markandya & Wilkinson, University of Oxford⁵⁷



VEILIGHEID

Veiligheid als absolute prioriteit. De nucleaire sector neemt zijn verantwoordelijkheid.

VEILIGHEID BOVEN ALLES

Veiligheid is een absolute prioriteit voor de nucleaire sector en voor de instanties die de sector controleren. Het is de taak van de controle-autoriteit om de bevolking te beschermen tegen de gevaren van ioniserende straling die vrijkomt bij kernsplijting.

De Belgische nucleaire sector kan bogen op meer dan 40 jaar veilige operaties, zonder schadelijke impact op mens en leefmilieu, en zonder dat zich één ernstig ongeval voordeed.

NUCLEAIRE VEILIGHEID = EEN DAGELIJKSE REALITEIT

De nucleaire veiligheid (in brede zin) omvat het geheel van veiligheidsmaatregelen die inherent zijn aan de nucleaire installaties (veiligheid) alsook het geheel aan maatregelen om de installaties te beschermen tegen tal van gevaren van buitenaf (beveiliging).

Veiligheid is een topprioriteit voor de nucleaire sector. Nucleaire installaties behoren tot de best beveiligde en meest gecontroleerde industriële installaties. De veiligheidscultuur maakt deel uit van het DNA van de sector en is het absolute apriori voor de nucleaire sector. Van bij het ontwerp van een nucleaire installatie tot de uitbating ervan en de opleiding van alle personeel wordt alles georganiseerd in functie van de veiligheid.

Tal van veiligheidsprocedures moeten ervoor zorgen dat mechanische en menselijke fouten zich niet kunnen voordoen, en dat bij een kleine anomalie de installatie automatisch wordt uitgeschakeld zodat het risico op een grotere fout of een echt incident tot een minimum herleid wordt.

Deze automatische noodstops zorgen ervoor dat de installatie zich automatisch en in alle veiligheid uitschakelt zonder menselijke tussenkomst.

EEN ONAFHANKELIJKE CONTROLE-AUTORITEIT

In ons land wordt de nucleaire veiligheid gecontroleerd door een onafhankelijke autoriteit, die door de overheid wordt aangesteld en gecontroleerd. In ons land vervult het FANC (Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle)⁵⁸ de functie van nucleaire waakhond. **Inspecteurs en nucleaire experts van het FANC hebben permanent toegang tot alle nucleaire installaties** en zijn gemachtigd om de sluiting van een installatie te bevelen. Inspecteurs van het FANC zijn aanwezig in de belangrijkste nucleaire installaties van ons land (zoals de kerncentrales, de producenten van radiofarmaceutische producten, de opslag van afval, de onderzoeksreactoren en de medische installaties), **en elk jaar vinden ongeveer 50 audits plaats in de Belgische kerncentrales** (dat komt neer op 1 audit per week). Het FANC heeft als enige doelstelling om de mens en het leefmilieu te beschermen tegen de gevaren van radioactieve straling.

EUROPESE STRESSTESTS: POSITIEF RAPPORT VOOR BELGIË

Enkele dagen na het ongeval van Fukushima in 2011 legden de Europese autoriteiten stresstests op voor alle nucleaire installaties binnen de Europese Unie. Die stresstests moeten aantonen in welke mate de centrales bestand zijn tegen extreme natuurverschijnselen zoals overstromingen en aardbevingen.

De kerncentrales van Doel en Tihange worden als ‘robuust’ gedefinieerd.

Hoewel onze centrales geslaagd zijn voor de stresstests, werden toch enkele verbeterpunten naar voren geschoven voor Doel en Tihange. En de meest kritieke veiligheidsmaatregelen moeten op maat worden gemaakt van de site. **In totaal werden 366 aanpassingen gemaakt op beide sites in vijf jaar** (bvb het investeringsprogramma BEST **ten bedrage van 200 miljoen euro**). Ook de andere nucleaire sites in ons land ondergingen de stresstests.

IMAGO VAN BETROUWBAARHEID
KERNCENTRALES BIJSTELLEN

De discrepantie tussen perceptie en realiteit is een probleem in de huidige discussie over kernenergie, en bemoeilijkt een evenwichtig debat. Toch staan mensen open voor cijfers en feiten en voor objectieve argumenten van onafhankelijke autoriteiten.

Onderzoek toont aan dat hoe beter mensen geïnformeerd zijn over een technologie, hoe genuanceerder (lees: positiever) hun standpunt is. Dit is niet anders tegenover nucleaire technologie en kernenergie. Dit onderwerp is te belangrijk om de discussies en debatten over te laten aan onheilsprekers. Politici, opinion leaders, academici, onafhankelijke experts, sectorexperts en de media moeten hun verantwoordelijkheid opnemen en op een correcte, feitelijke en gebalanceerde manier spreken over kernenergie. >>

DE DISCREPANTIE TUSSEN
PERCEPTIE EN REALITEIT IS
EEN PROBLEEM IN DE
HUIDIGE DISCUSSIE OVER
KERNENERGIE, EN
BEMOEILIJKT EEN
EVENWICHTIG DEBAT.



MYTHE #5

“Kerncentrales zijn onveilig.”

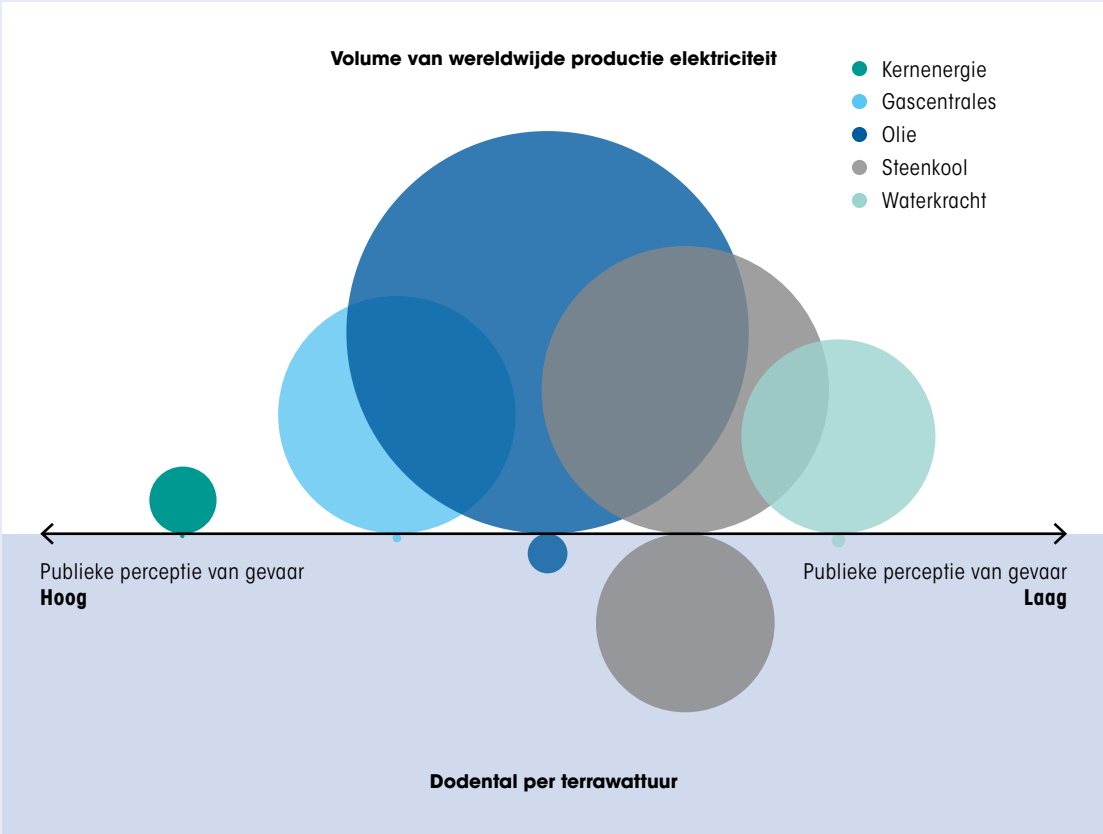
WEERLEGGING

Kerncentrales hebben bij sommige mensen de perceptie van onveilig te zijn, wat niet strookt met de realiteit van de cijfers. Er is een sterke discrepantie tussen het aandeel van de verschillende energiebronnen in de elektriciteitsmix, de perceptie over het aantal slachtoffers per energiebron, en het werkelijke cijfer slachtoffers (zoals onderstaande tabel van Susanna Hertrich duidelijk maakt).

De cirkels rechtsboven geven aan hoe groot elke energiebron is. De cirkels onder de diagonale as geven aan hoe schadelijk een energiebron is (in

aantal mensenlevens). De rangschikking van elke energiebron (van linksboven naar rechtsonder) op de diagonale as geeft de perceptie weer van elke energiebron.

Met andere woorden, **in de perceptie van mensen is kernenergie de gevaarlijkste energiebron**, en waterkracht en steenkool/bruinkoolcentrales de minst gevaarlijke. De realiteit (de grootte van de bollen onder de horizontale lijn) toont de realiteit en geeft duidelijk aan dat **de perceptie erg sterk verschilt van de realiteit.** ^{59/60} //



BRON: SUSANNA HERTRICH EN IAEA

MYTHE #6

“De onverwachte stilstanden van de Belgische kerncentrales de voorbije jaren zijn een bewijs van de onveiligheid van de technologie.”

WEERLEGGING

De voorbije jaren kwamen de kerncentrales regelmatig in het nieuws omwille van onverwachte stilstanden, door pannes en de beruchte ‘scheurtjes’ (waterstofinsluitels).

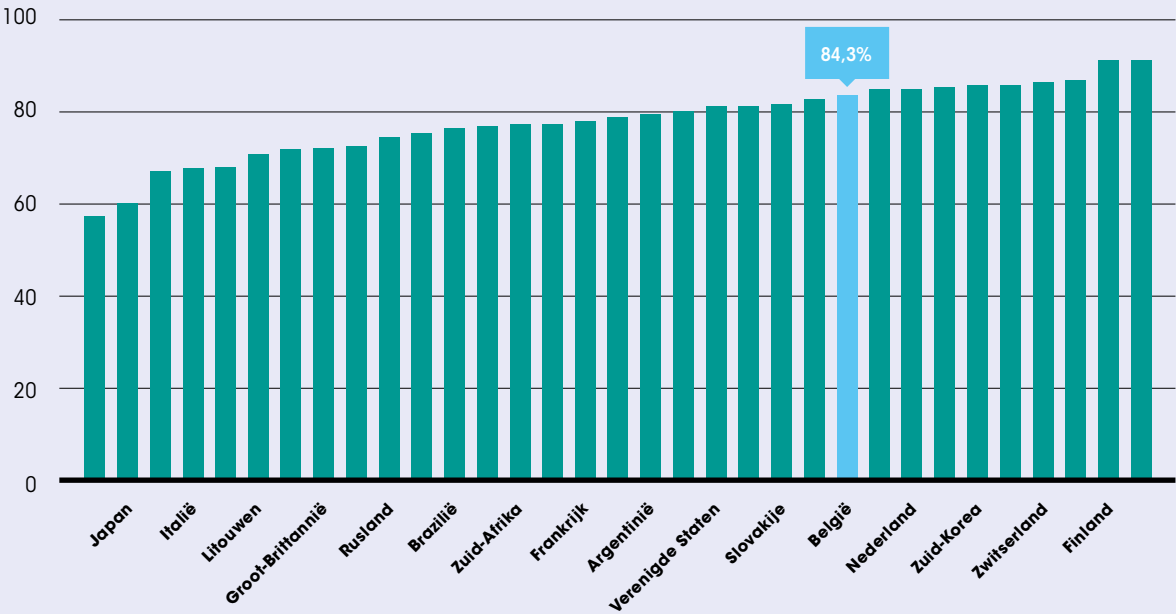
Dat een centrale zich automatisch uitschakelt is geen bewijs van de onveiligheid, maar van de hoge veiligheidsparameters. Tal van veiligheidsprocedures moeten ervoor zorgen dat mechanische en menselijke fouten zich niet kunnen voordoen, en dat bij een kleine anomalie de installatie automatisch wordt uitgeschakeld zodat het risico op een grotere fout of een echt incident

tot een minimum herleid wordt. Deze automatische noodstops zorgen ervoor dat de installatie zich automatisch en in alle veiligheid uitschakelt zonder menselijke tussenkomst.

Er is in het nieuws heel wat te doen geweest rond ‘scheurtjes’ in de kernreactoren van Doel 3 en Tihange 2. In werkelijkheid gaat het om waterstofinsluitels. **De kerncentrales werden onderworpen aan een gedetailleerd en gedocumenteerd onderzoek waaraan geen enkele kerncentrale ter wereld ooit is onderworpen.**

Beschikbaarheid van kerncentrales in de wereld (cijfers tot 2016)

Met een gemiddelde capacity factor van 84,3% staan de Belgische kerncentrales in de top 10 van meest beschikbare centrales (en ondanks de lange stilstanden van Doel 3 en Tihange 2). Het gemiddelde voor alle landen samen bedraagt 77,8%.



Een team van verschillende externe gerenommeerde experts in binnen- en buitenland kwam na tienduizenden uren onderzoek tot het besluit dat zowel Doel 3 als Tihange 2 veilig opnieuw konden opstarten. Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) concludeerde onder meer dat de uitgevoerde ultrasone inspectiemethode zeer betrouwbaar is, dat de insluitels ontstaan zijn tijdens het smeden van de reactorkuip, dat de insluitels niet evolueren in de tijd en dat de sterkte van de reactorkuip gewaarborgd blijft onder alle omstandigheden, zowel wanneer de centrale in werking is als bij een incident, en dit met ruime veiligheidsmarges.

De grafiek geeft de verhouding weer van de geproduceerde energie sinds de commerciële ingebruikname van de eenheden (tot eind 2016) in vergelijking met de totale geproduceerde energie (= de potentiële totale output exclusief die van geplande en ongeplande stilstanden).

België staat in de top 10 qua beschikbaarheid van nucleaire installaties, ondanks een lage beschikbaarheid in de afgelopen jaren (ten gevolge de verlengde stilstand van Doel 3 / Tihange 2). //

EEN OP FEITEN EN CIJFERS GEBASEERDE
INSCHATTING VAN DE (ON)VEILIGHEID
VAN KERNENERGIE

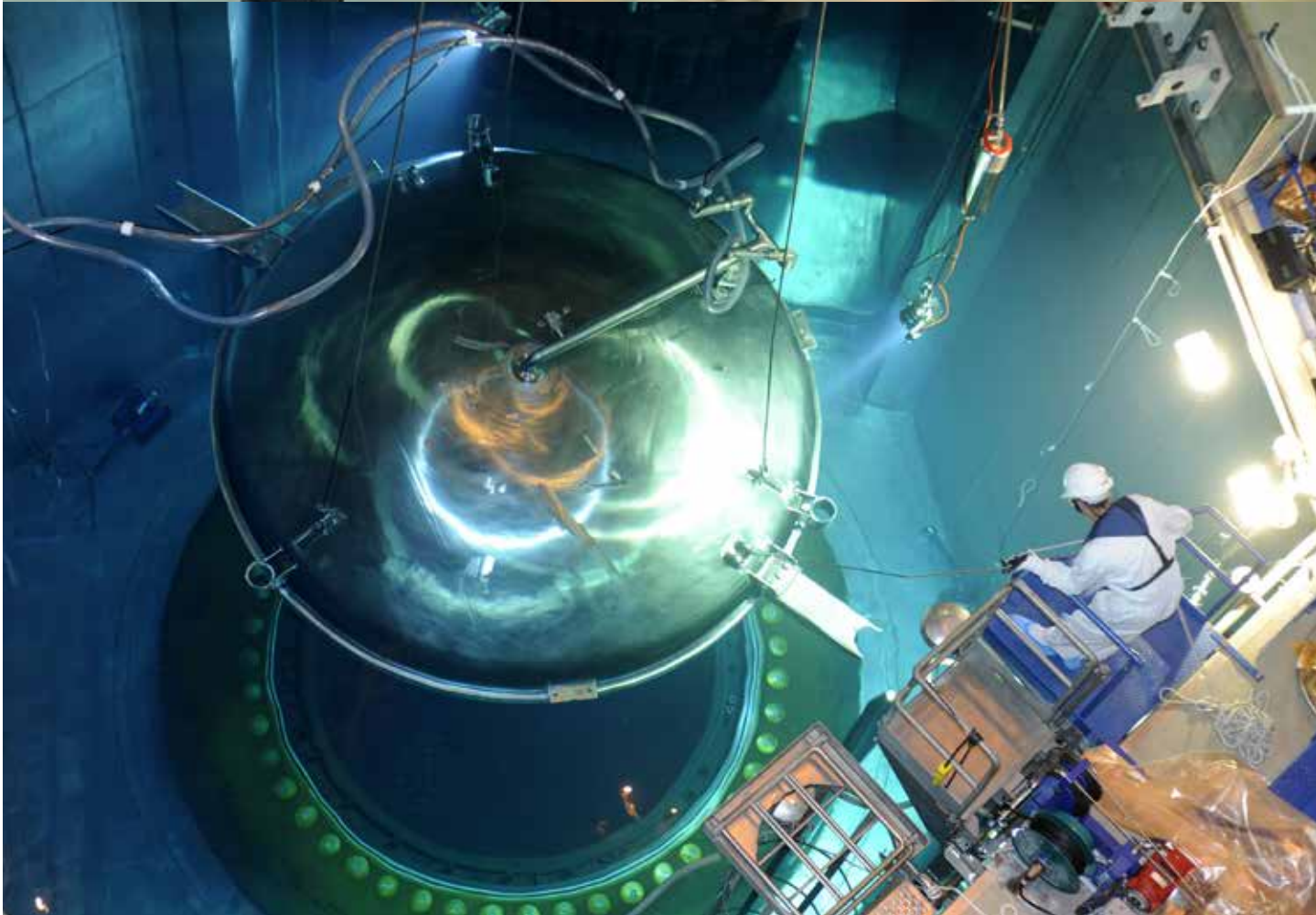
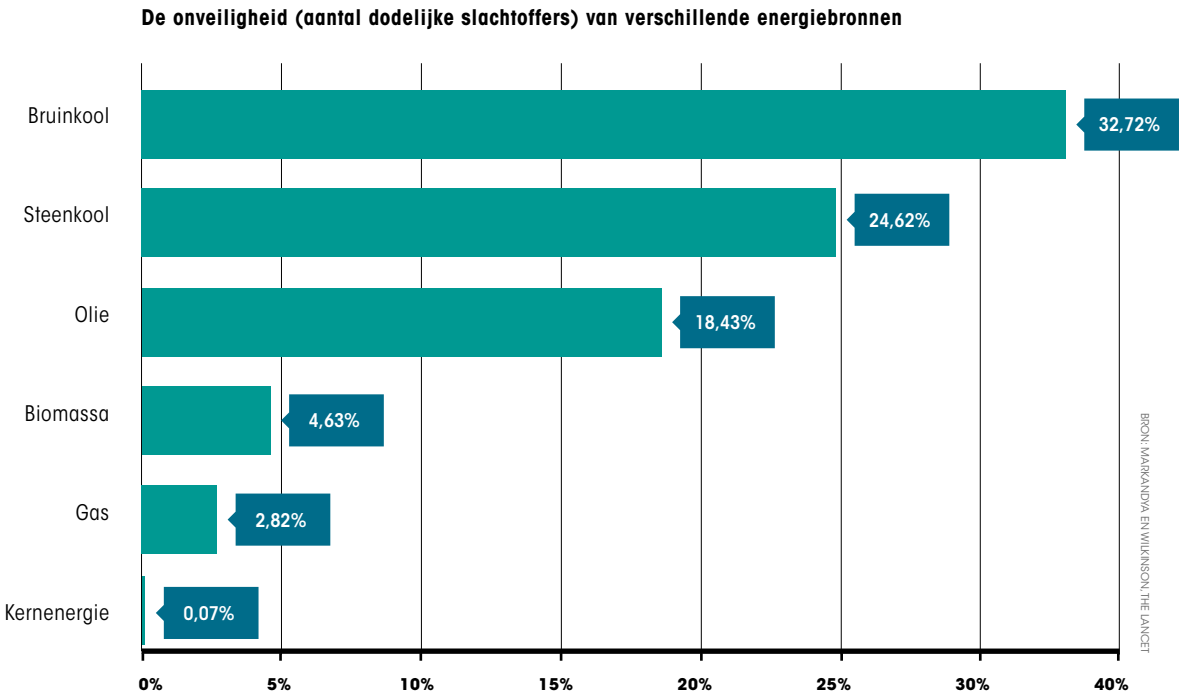
Kerncentrales zijn niet onveilig. Integendeel, ze behoren tot de veiligste industriële installaties, met een laag aantal ernstige incidenten of ongevallen. Een studie in The Lancet toonde aan dat kerncentrales (op basis van het aantal ongevallen en de impact van luchtvervuiling) tot de veiligste energiebronnen behoren.⁶¹

Bovendien maken alle inherente interne en externe veiligheidsmechanismen een aanval op een kerncentrale zeer onwaarschijnlijk, en uitermate moeilijk. Om veiligheidsredenen kunnen we op dat laatste niet verder ingaan.

NULTOLERANTIE VAN DE SECTOR VOOR
ONGEVALLen EN INCIDENTEN

Het risico op een ongeval of incident is, hoe klein ook, nooit nul. Dat besef, en die veiligheidscultuur, zit inherent verweven in de nucleaire sector. Voor de nucleaire sector betekent dat streven **een nultolerantie voor ongevallen, en een absolute zelfdiscipline om het aantal incidenten, scrams (onverwachte stilstanden) en noodstops tot een absoluut minimum te herleiden.**

De Belgische nucleaire sector is wat dat betreft al op de goede weg. Continue verbetering blijft belangrijk. Verschillende actieplannen om verder te verbeteren zijn aan de gang (zowel intern als extern, bijvoorbeeld door de regulator FANC). Elk jaar vinden ongeveer 50 nationale en internationale audits plaats in de Belgische kerncentrales, en inspecteurs van het FANC (en zij filiaal Bel V) hebben op elk moment toegang tot alle nucleaire installaties in ons land. //





“NOTHING MAKES ME MORE PROUD ABOUT OUR SECTOR THAN THE NUCLEAR WASTE. BECAUSE WE ARE THE ONLY INDUSTRY THAT TAKES ITS FULL RESPONSIBILITY. AS A RESULT, WE ARE THE ONLY SECTOR WHERE ZERO PERCENT OF THE WASTE IS DUMPED INTO THE AIR, THE WATER OR THE BIOSPHERE. WE LEAD BY EXAMPLE. OTHER SECTORS SHOULD DO THE SAME.”

Agneta Rising, Director General,
World Nuclear Association, Brussels, November 2017

KERNAFVAL

Een veilig beheer van nucleair afval, nu en in de toekomst. De nood aan een langetermijnvisie.

CONTEXT EN UITDAGINGEN

Kernafval is de verzamelnaam voor afval dat radioactief is, en dus een veilige verwerking en opslag vereist. De verschillende niveaus van radioactiviteit van het kernafval vereisen een aangepast beheer.

Het merendeel van het kernafval ontstaat bij de uitbating van de **kerncentrales**. Naast de kernbrandstof zelf zijn sommige componenten van een kerncentrale radioactief (buizen, kleppen, filters, ...). Bij de ontmanteling van uit dienst gestelde installaties ontstaat ook kernafval.

Verschillende categorieën van nucleair afval, opgedeeld volgens halveringstijd en stralingsactiviteit.

		STRALINGSACTIVITEIT		
		Laag actief	Midden actief	Hoog actief
Halveringstijd	Korte levensduur	A	A	C
	Lange levensduur	B	B	C

Ander radioactief afval komt voort uit de **medische industrie** voor de diagnose en behandeling van kanker (injectienaalden, kledij, ...). Ook in de **landbouw** (sterilisatie door bestraling) en **industrie** (bijvoorbeeld inspecties van lassen) worden radioactieve materialen gebruikt, die kernafval met zich meebrengen. Zelfs de concentratie van natuurlijke radioactieve stoffen (bijvoorbeeld Radium, Thorium of Uranium) kan leiden tot laag radioactief afval.

In België wordt het kernafval beheerd door NIRAS, het Nationaal Instituut voor Radioactief Afval en Verrijkte Brandstoffen.

Op basis van de activiteit en halveringstijd van het afval wordt het onderverdeeld in 3 categorieën:

- Korte levensduur en laag -of middel actief (bijvoorbeeld beschermingsmaterialen, injectienaalden, verpakkingen, ontmantelingsafval, ...)
- Lange levensduur en laag -of middel actief (bijvoorbeeld componenten van kerncentrales zoals buizen en kleppen, filters en harsen, bepaalde types afval van de productie van kernbrandstoffen, ...)
- Hoogactief (bijvoorbeeld gebruikte kernbrandstoffen, verglaasd afval uit de heropwerking van kernbrandstoffen, ...)

75% van ons kernafval heeft een korte levensduur (Categorie A). **Slechts 1% van ons kernafval is hoogactief. Het hoogactief afval bevat 95% van de totale radiotoxiteit van het Belgisch nucleair afval.**

Waar bevindt het kernaafval zich momenteel?

Momenteel bevindt het kernaafval zich op de sites van de **kerncentrales van ENGIE Electrabel in Doel en Tihange**, en bij **Belgoproces** (dochteronderneming van NIRAS) in Dessel.

De brandstofelementen uit de kerncentrales vormen het grootste deel van het hoogactief kernaafval. Na gebruik in de kernreactor blijven de brandstofelementen eerst onder water in de dokken in het reactorgebouw. Daarna worden ze tijdelijk opgeslagen in speciaal hiervoor ontworpen gebouwen op de sites van de kerncentrales. In Doel bevindt de gebruikte brandstof zich in stalen containers die door lucht gekoeld worden in het splitsstofcontainergebouw (droge stockage). In Tihange wordt de gebruikte brandstof onder water opgeslagen in een speciaal ontworpen gebouw (natte stockage).

Belgoproces, dochteronderneming van NIRAS, beheert in Dessel de verwerking en tijdelijke stockage van hoofdzakelijk laag- en middelactief afval dat zich niet op de site van de kerncentrales bevindt.

Momenteel wordt er voor de huidige nucleaire activiteit in België op 100 jaar ongeveer **70.000 m³ laagactief afval verwacht, zo'n 11.000 m³ middelactief afval en zo'n 4500 m³ hoogactief radioactief afval**. Deze getallen kunnen nog licht wijzigingen afhankelijk van de toekomstige nucleaire activiteiten.

De 4500 kubieke meter hoogradioactief afval is hoofdzakelijk afkomstig uit elektriciteitsproductie. Wanneer we deze hoeveelheid benaderen over 10 miljoen Belgen en 40 jaar nucleaire elektriciteitsopwekking, krijgen we gemiddeld ongeveer **1 cl hoogactief afval per Belg per jaar**. Wie 100 jaar wordt, produceert op zijn hele leven zo'n 3 blikjes hoogactief nucleair afval (voor de huidige elektriciteitsmix met 60% nucleaire elektriciteit).

Het huidige gebouw op de site van Belgoproces voor de opslag van al het nucleair afval in België van categorie A.



BRON: BELGOPROCESS

OPLOSSINGEN

Wat gebeurt er op lange termijn met het kernaafval?

Het **laag radioactief (Cat A) afval** wordt definitief gestockeerd op de site van Belgoproces in Dessel. Om het afval veilig op te slaan wordt het in zo'n 26000 betonnen monolieten gecementeerd, in een speciaal ontworpen gebouw omgeven door meerdere veiligheidsbarrières die de radioactiviteit tegenhouden. Het afval zal 300 jaar gemonitord worden. Daarna kan het nucleair inspectieprogramma stopgezet worden, en wordt het afval beheerd als conventioneel afval omdat het niveau van radioactiviteit lager of hetzelfde is geworden als de natuurlijke radioactiviteit. Momenteel starten de bouwwerkzaamheden voor het Cat A project. Vanaf 2023 worden er elk jaar 1000 monolieten geproduceerd.

Voor het **middel- en hoogactief afval** wordt de berging diep onder de grond in kleilagen onderzocht. De kleilaag errond vormt er een natuurlijke barrière, die het afval hermetisch afsluit van mens en natuur indien de technologische barrières zouden falen. Reeds 30 jaar wordt er toponderzoek naar ondergrondse berging geleverd op het SCK•CEN in Mol. Daar bevindt zich 225 m diep in de Boomse kleilaag het unieke HADES onderzoekslaboratorium, uitgebaat door SCK•CEN en NIRAS. Wetenschappers testen er onder andere het gedrag van klei voor de veilige opslag van hoogactief afval.

Een veilig langetermijnperspectief voor alle types nucleair afval. Een politieke beslissing en consensus voor het langlevend hoogradioactief afval.

Hoogactief en/of langlevend afval moet gedurende honderdduizenden jaren afgeschermd worden van

mens en leefmilieu. **NIRAS stelt voor om het afval diep onder de grond te bergen, in een kleilaag die al miljoenen jaren stabiel is.** Dat beleidsvoorstel is gebaseerd op internationale aanbevelingen en werd door NIRAS in februari 2018 ingediend bij haar voorgedij-ministers. Ook het FANC beaamt dat ondergrondse berging een veilige optie is. Om die oplossing te kunnen uitvoeren, is een omzichtig en stapsgewijs besluitvormingsproces noodzakelijk.

We zijn de enige sector die kunnen garanderen dat 100% van het afval bekend is, geïnventariseerd is en gestockeerd wordt. In tegenstelling tot andere vormen van industrieel afval, of bijvoorbeeld de uitstoot van CO₂ in de atmosfeer voor elektriciteitsproductie en andere vormen van energie, neemt de nucleaire sector zijn verantwoordelijkheid en garandeert de sector dat zijn afval niet in de biosfeer terecht komt. Daarmee onderscheidt de nucleaire sector zich van alle andere industriële sectoren. De totale kost van het afval (verwerking en opslag) zal betaald worden door de exploitant. Hiervoor zijn provisies aangelegd.

Bovendien heeft radioactief materiaal (afval) de unieke eigenschap dat de (radio)activiteit ervan afneemt met de tijd. Anders gezegd, nadat het radioactief materiaal voldoende lang is afgeschermd van mens en milieu vermindert na verloop van tijd, door een natuurlijk proces (radioactief verval en halfwaardetijd) de toxiciteit van het radioactief materiaal totdat ze verwaarloosbaar wordt. Die halfwaardetijd van radioactief materiaal varieert van enkele microseconden tot tientallen jaren. Voor het kleinste percentage radioactief afval is de halfwaardetijd het hoogst, en loopt ze op tot enkele tienduizenden jaren.

>>

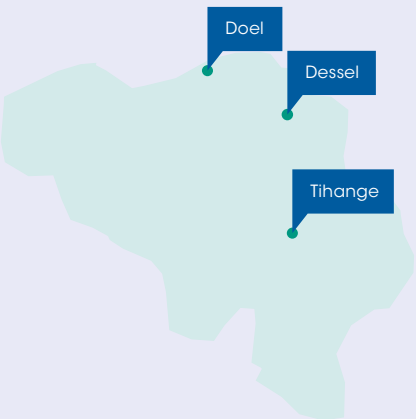
IN TEGENSTELLING TOT ANDERE VORMEN VAN INDUSTRIEEL AFVAL, NEEMT DE NUCLEAIRE SECTOR ZIJN VERANTWOORDELIJKHEID EN GARANDEERT DE SECTOR DAT ZIJN AFVAL NIET IN DE BIOSFEER TERECHT KOMT.

MYTHE #7

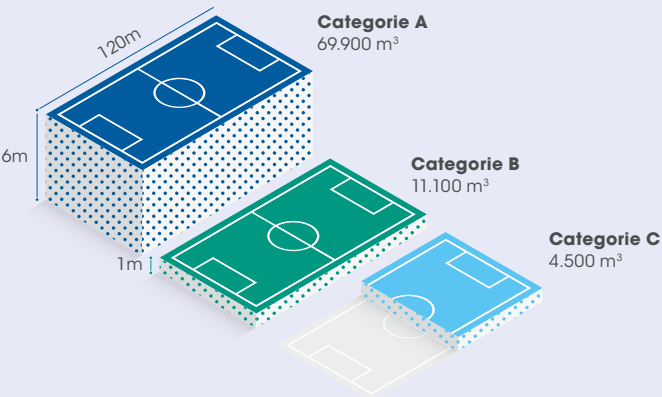
“Het doorgaan met kernenergie na 2025 zadelt de volgende generaties op met gigantisch veel extra nucleair afval.”

WEERLEGGING

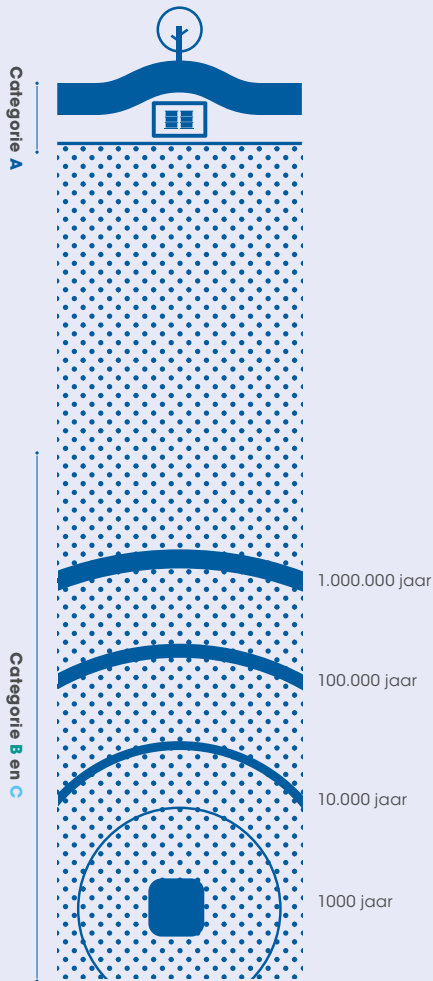
Bij een verlenging van de kerncentrales in 2025, zullen de volumes radioactief afval niet sterk toenemen. Het grootste volume hoogradioactief afval door het opwekken van elektriciteit is namelijk afkomstig van (de ontmanteling van) een kerncentrale zelf. Het extra volume afval na 10 extra jaren voor alle Belgische kerncentrales is miniem.



De verwachte hoeveelheid radioactief afval in België tegen 2070, na 100 jaar nucleaire activiteiten in België



- A** Materiaal van kerncentrales, ziekenhuizen,... zoals beschermingsmateriaal, filters, verpakking, spuitnaalden, handschoenen.
- B** Afval van productie van kernbrandstof, van studiecentra, universiteiten, onderzoeksreactoren, ontmanteling van kerncentrales.
- C** Gebruikte kernbrandstof.



Bronnen: INBAS EN NUCLEAIRFORUM.BE

Een blijvende ondersteuning van onderzoek naar nieuwe technologieën

Toen België, net als tientallen andere landen, vanaf de jaren '70 besliste om voor zijn elektriciteitsproductie gebruik te maken van kerntechnologie, wist men van bij aanvang dat er fissiele (radioactieve) materialen als restproduct zouden overblijven. De afvalproblematiek is met andere woorden vanaf het begin eigen geweest aan de nucleaire sector.

Anno 2018 zijn al belangrijke stappen gezet in het zoeken naar definitieve oplossingen. **Sommige landen, zoals Finland en Zweden, hebben de knoop doorgehakt en kiezen voor onmiddellijke geologische berging van gebruikte brandstof.** Andere landen, zoals Nederland, kiezen voor oppervlakteberging in afwachting van alternatieve, nog te ontwikkelen oplossingen. **Met MYRRHA zal België over een baanbrekende onderzoeksinfrastructuur beschikken,** die een baanbrekende oplossing aan-

brengt voor het beheer van nucleair afval. Als prototype van de eerste onderzoeksreactor die wordt aangedreven door een deeltjesversneller, zal MYRRHA aan **transmutatie** kunnen doen. **Daardoor kan de levensduur van langlevend radioactief afval met een factor 1000 verminderd worden (dus 300 jaar in plaats van 300.000 jaar), en het volume hoogradioactief langlevend afval met een factor 100.**

Het baanbrekend onderzoek van MYRRHA is een mijlpaal, maar slechts een startpunt. Het onderzoek naar meer duurzame oplossingen voor hoogradioactief langlevend afval moet verdergezet worden, en verder ontwikkeld worden. België kan hierin een pioniersrol blijven vervullen. Zelfs in het scenario van een eventuele kernuitstap, blijft de erfenis van het radioactief afval een concrete realiteit, waarvoor oplossingen bestaan en verder moeten uitgedacht worden. De nucleaire sector neemt zijn verantwoordelijkheid en neemt zelf initiatieven om de oplossingen aan te reiken. //

ZELFS IN HET SCENARIO VAN EEN EVENTUELE KERNUITSTAP, BLIJFT DE ERFENIS VAN HET RADIOACTIEF AFVAL EEN CONCRETE REALITEIT, WAARVOOR OPLOSSINGEN BESTAAN EN VERDER MOETEN UITGEDACHT WORDEN. DE NUCLEAIRE SECTOR NEEMT ZIJN VERANTWOORDELIJKHEID EN NEEMT ZELF INITIATIEVEN OM DE OPLOSSINGEN AAN TE REIKEN.



"ONE DAY I GOT A CALL FROM THE WHITE HOUSE, AT A TIME WHEN THE CANADIAN RESEARCH REACTOR WAS NOT ABLE TO DELIVER AND SUPPLY MEDICAL ISOTOPES FOR THE US MARKET. THEY TOLD ME: HOWARD, NOW WE NEED YOU. GO AND TALK TO THE SCK•CEN AND TELL THEM WE NEED THEIR MEDICAL ISOTOPES."

Howard Gutman, former US ambassador to Belgium, 2012

GENEESKUNDE

Nucleaire geneeskunde, een domein in volle ontwikkeling. Belgische spelers aan de wereldtop.

CONTEXT EN UITDAGINGEN

Kanker, één van de grootste uitdagingen voor de 21^e eeuw

Kanker vormt één van de grootste uitdagingen voor de 21^e eeuw. Zowel voor wat betreft de snelle diagnose als een efficiënte behandeling en genezing zijn er de voorbije jaren grote stappen gezet maar blijven er nog belangrijke uitdagingen.⁶¹

Elk jaar komen er ongeveer 14 miljoen nieuwe gevallen bij, elk jaar overlijden ook 7,4 miljoen mensen aan de gevolgen van kanker, en dat aantal stijgt.⁶²

Daarmee is kanker de op één na belangrijkste doodsoorzaak wereldwijd. Ongeveer 1 persoon op 6 in de wereld sterft momenteel aan de gevolgen van kanker.⁶³

De Wereldgezondheidsorganisatie neemt aan dat **het aantal kankergevallen de volgende 20 jaar met 70% zal toenemen** (van 14 miljoen naar

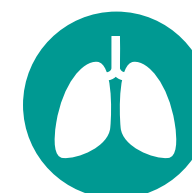
22 miljoen). In België worden jaarlijks tot 70.000 nieuwe gevallen van kanker vastgesteld, dat zijn er 175 tot 200 per dag. 1 man op 3 en 1 vrouw op 4 zal een kanker hebben voor zijn/haar 75e verjaardag. Prostaatkanker, longkanker en borstkanker zijn de meest voorkomende vormen van kanker in België.⁶⁴ In veel gevallen gebeurt de diagnose en behandeling te laat. **Een vroege diagnose is essentieel, zowel voor de levenskwaliteit van de patiënt als de kosten voor de maatschappij.**^{65/66}

Een snelle en accurate detectie is essentieel voor een succesvolle behandeling. Door betere behandelingen is de mortaliteit van kanker de voorbije jaren geleidelijk aan afgenomen. Er zijn minder sterfgevallen ten gevolge van kanker, en de levenskwaliteit van kankerpatiënten is hoger, met minder neveneffecten en meer levenskwaliteit.



Kanker is verantwoordelijk voor 7,4 miljoen sterfgevallen wereldwijd
Het is de belangrijkste doodsoorzaak, met ongeveer 13% van alle sterfgevallen

Verskillende types en corresponderende sterfgevallen



Longkanker
1,3 miljoen



Maagkanker
803.000



Colorectale kanker
639.000

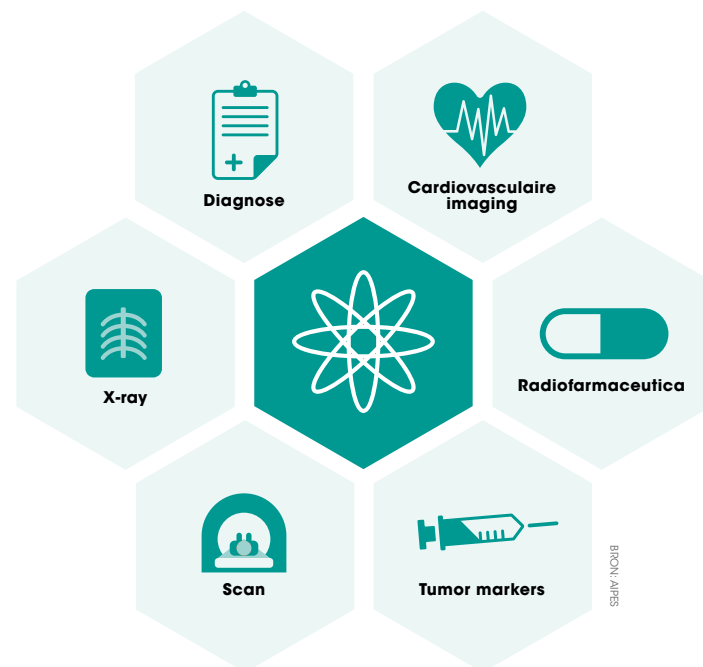


Leverkanker
610.000



Borstkanker
519.000

Toepassingen van nucleaire geneeskunde



Eén van de succesfactoren in de verbeterde behandeling en levenskwaliteit voor patiënten is de gepersonaliseerde geneeskunde. Door een accurate behandeling, op maat van de patiënt en gericht op de schadelijke cellen, kan gepersonaliseerde geneeskunde tot belangrijke successen leiden in de medische wereld. **Nucleaire geneeskunde speelt een cruciale en steeds belangrijker rol in de diagnose en behandeling van tal van ziektes, waaronder kanker.**

Nucleaire geneeskunde, een domein in volle ontwikkeling

Medische toepassingen van de nucleaire technologie worden overal ter wereld gebruikt. Jaarlijks krijgen 30 miljoen mensen bij 60 verschillende ziektebeelden een diagnose of een behandeling dankzij de nucleaire geneeskunde. En die cijfers nemen alleen maar toe. 1 persoon op 2 in de Westerse wereld zal tijdens zijn leven te maken krijgen met nucleaire geneeskunde.

Deze medische toepassingen redden levens. Ze worden vandaag gebruikt in de strijd tegen kanker, maar ook in cardiologie, neurologie, pneumologie, pediatrie en andere. Met radiotherapie kunnen diepe tumoren bestraald worden, met minimale effecten op de gezonde weefsels. Daarbij worden kwaadaardige cellen vernietigd door ioniserende stralen afkomstig

van een externe of interne bron. De dosissen worden zodanig toegediend en berekend dat de straling op de tumor wordt geconcentreerd en de gezonde naburige cellen zo weinig mogelijk worden bestraald.

Het gebruik van kerntechnologie in de geneeskunde is in volle ontwikkeling en wordt nu al toegepast op de meeste organen in het menselijke lichaam. De vooruitzichten voor onze gezondheid zijn erg veelbelovend.

OPLOSSINGEN

De Belgische knowhow in nucleaire geneeskunde verder ondersteunen en uitbouwen

Belgische spelers zoals het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK•CEN), het IRE of IBA zijn onmiskenbare schakels in de productieketen van medische radio-isotopen. 1 op de 3 ziekenhuizen ter wereld met een afdeling nucleaire geneeskunde, maakt gebruik van de Belgische knowhow of devices. **Nucleaire geneeskunde is het snelste groeidomein van de Belgische nucleaire sector, met tal van veelbelovende perspectieven.**

Door gericht te investeren kan België zijn rol als wereldleider in dit domein verder verstevigen. De Belgische nucleaire geneeskundige sector biedt werk

aan 4700 mensen (waarvan 2600 directe jobs en 2100 indirecte jobs).⁶⁷ Deze werkgelegenheid, vaak hoogopgeleide profielen met een grote toegevoegde waarde, zijn essentieel voor de nucleaire geneeskunde van vandaag en morgen.

De economische meerwaarde van de Belgische export ten volle onderkennen

De medische isotopen van het SCK•CEN en IRE en de cyclotrons van IBA zijn een belangrijk exportproduct voor België. **België beschikt over expertise en kennis voor de hele waardeketen van nucleaire geneeskunde.** Dit is een onbetwistbaar pluspunt als het gaat om het gebruik van straling in gezondheidszorg.⁶⁸

ONDERSTEUNENDE CIJFERS EN BRONNEN

België is één van de belangrijkste spelers wereldwijd voor de productie van medische isotopen, radiofarmaceutica, en equipment voor nucleaire geneeskunde (cyclotrons en camera's).

- Ons land is **de tweede belangrijkste producent van molybdeen-99** (99Mo), het meest courant gebruikte medische isotoop. 99Mo wordt geproduceerd in de BR2-reactor van het Studiecentrum voor Kernenergie in Mol, één van de vijf belangrijkste onderzoeksreactoren waarin 99Mo wordt geproduceerd.
- Het IRE (Institut pour des Radio-Elements) in Fleurus is één van de 5 centra in de wereld dat 99Mo kan bewerken, processen en klaarmaken voor gebruik in patiënten. Het IRE dekt ongeveer de helft van de Europese vraag naar molybdeen-99. Bovendien worden **jaarlijks over de hele wereld 6 miljoen onderzoeken** verricht met radio-isotopen die door het IRE zijn geproduceerd.
- Naast de productie van radio-isotopen voor medische beeldvorming, ontwikkelt het IRE via zijn filiaal IRE ELIT (Environment & Lifescience Technology) ook **radiofarmaceutische producten** die rechtstreeks aan patiënten kunnen worden toegediend.
- Het IBA (Ion Beam Applications) in Louvain-la-Neuve is een **wereldleider in protontherapie, radiofarmaceutische oplossingen en dosimetrie**. IBA is gespecialiseerd in de productie van apparatuur voor de diagnose en de behandeling van kanker en is de wereldleider op het gebied van

protontherapietechnologie, de meest geavanceerde radiotherapietechniek van vandaag. IBA is ook gespecialiseerd in deeltjesversnellers voor medische en industriële toepassingen en in de ontwikkeling van dosimetrie-apparatuur (om stralingsdosissen te meten).

- Tal van andere onderzoeks- en gezondheidsinstellingen, bedrijven, universitaire ziekenhuizen en organisaties** zijn actief in de sector van de nucleaire geneeskunde.
- De radioactiviteit van radio-isotopen neemt zeer snel af. De tijd waarin de helft ervan is verdwenen, wordt de halveringstijd genoemd. En die kan variëren van enkele uren tot meerdere dagen. Bij molybdeen-99 bedraagt de halveringstijd bijvoorbeeld 66 uur terwijl technetium-99m al na 6 uur de helft van zijn radioactiviteit is verloren. Het transport van radio-isotopen is daarom dus een kwestie van uren. Om alle eigenschappen van de medische radio-isotopen te behouden, is het dus absoluut noodzakelijk dat ze zo snel mogelijk tot bij de gebruiker worden gebracht. De Belgische firma Isotopes Services International (ISI), gevestigd in Mechelen, is gespecialiseerd in het snel vervoeren van radio-isotopen en radiofarmaca. //

**JAARLIJKS KRIJGEN
30 MILJOEN MENSEN
BIJ 60 VERSCHILLENDE
ZIEKTEBEELDEN EEN
DIAGNOSE OF EEN
BEHANDELING DANKZIJ DE
NUCLEAIRE GENEESKUNDE.**



"THE BELGIAN NUCLEAR RESEARCH CENTRE CONDUCTS VERY IMPORTANT AND IMPRESSIVE WORK."

Yukiya Amano, Director General IAEA⁴⁹



KNOWHOW EN WERKGELEGENHEID

België als pionier. Nucleaire opleiding en knowhow als motor voor werkgelegenheid, en platform voor innovatie en vooruitgang.

HET BEHOUD EN ONTWIKKELING VAN DE TRANSVERSALE NUCLEAIRE KNOWHOW EN OPLEIDING

In België bestaan verschillende opleidingen die de Belgische nucleaire knowhow uitdragen, en er een illustratie van zijn. SCK•CEN Academy biedt een uitgebreid pakket aan opleidingen aan. Vorig jaar volgden maar liefst 1300 studenten en deskundigen een opleiding of een trainingsprogramma aan het SCK•CEN. 100 bachelor- en masterstudenten voerden hun thesissen uit in onze laboratoria en 24 nieuwe doctoraatsstudenten werden geselecteerd om hun onderzoeksprojecten in Mol te starten. Via de Nuclear Track van ENGIE worden jaarlijks tientallen jonge ingenieurs via opleiding begeleid naar een job in de Belgische nucleaire sector.

België heeft de voorbije jaren een unieke competentie opgebouwd in de verschillende toepassingen van de nucleaire technologie, wetenschap en industrie. Indien ons land deze competenties, knowhow en kennis niet verder ontwikkelt, gaat hiermee een volledige industriële, wetenschappelijke en technische kennis verloren, en daarmee samenhangend ook de internationale reputatie die ons land heeft opgebouwd.

Deze nucleaire competenties moeten behouden blijven en verder ontwikkeld worden. België wordt

internationaal gezien als een belangrijke nucleaire speler. Het verlies van deze competenties resulteert niet alleen in een concreet verlies van duizenden jobs, maar meer algemeen, in het imago-verlies dat België zou lijden op internationaal vlak. We mogen deze leidinggevende positie niet uit handen geven.

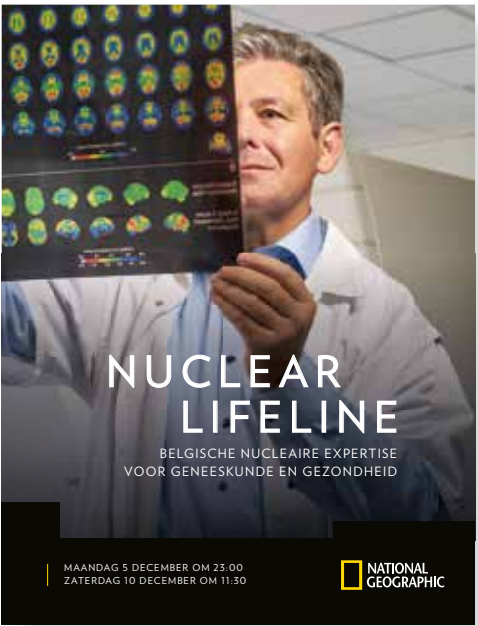
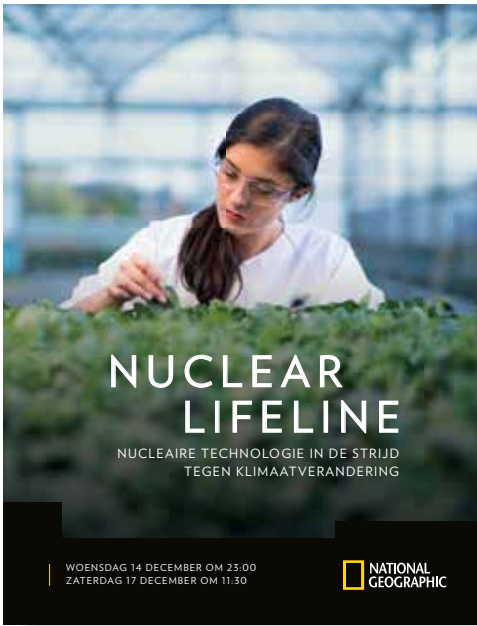
BELGISCHE KNOWHOW EN EXPERTISE: EEN REALITEIT

België wordt terecht aanzien als een pionier in verschillende domeinen van de nucleaire technologie. Ons land beschikt over een uitzonderlijke nucleaire expertise en geniet wereldwijde erkenning. Een mooi bewijs hiervan werd geleverd door de uitreiking in 2013 van de Nobelprijs voor Natuurkunde aan de Belgische professor François Englert voor zijn onderzoek naar de boson van Brout-Englert-Higgs.

In het energiedossier heeft België een buitengewone expertise opgebouwd in bijvoorbeeld het uitbaten van waterdrukreactoren. We zijn ook een van de grootste producenten van medische radio-isotopen. Dankzij de erkende expertise van België exporteert ons land zijn knowhow naar overal ter wereld. Niet alleen naar landen die al over kerncentrales of andere toepassingen van nucleaire technologie beschikken, maar ook naar landen die besloten hebben om kernprogramma's te ontwikkelen.

"Once it's lost and gone, we cannot bring back the expertise and know-how. The loss of competences will be definite."

Yves Desbazeille, Director-General FORATOM



In 2016 wijdde National Geographic twee documentaires aan de Belgische wereldwijde nucleaire expertise. Tal van verschillende domeinen waarin België pionier is kwamen aan bod.

Ook in nucleaire geneeskunde excelleert ons land, en blijft de ontwikkeling van nieuwe competenties doorgaan. Zowel in protontherapie, klassieke radiologie en belangrijke doorbraken inzake gepersonaliseerde geneeskunde, vervult ons land een pioniersrol. Deze leidinggevende positie moeten we blijven waarmaken. **Voor al deze competenties blijft kennis essentieel. We moeten deze kennis te allen prijze blijven behouden en verder ontwikkelen.**

HET VOORTBESTAAN VAN BELGIË ALS
NUCLEAIRE KENNISHUB WORDT BEDREIGD

Bij een kernuitstap in 2025 dreigt België zijn gevestigde internationale reputatie en zichtbaarheid als nucleaire speler te verliezen. Maar ook binnen de eigen landsgrenzen zal er een belangrijke negatieve impact zijn van een eventuele kernuitstap.

Met name **de nucleaire kennis en knowhow, die in ons land verankerd is via de honderden ingenieurs en wetenschappers** die in ons land werkzaam zijn in de nucleaire technologie, **dreigt verloren te gaan**. Deze kennis moet in ons land blijven. Het is erg waarschijnlijk dat een kernuitstap een negatieve impact zal hebben op de interesse bij jonge ingenieurs in de nucleaire sector. Daarmee zou de onafhankelijkheid van ons land inzake nucleair onderzoek en nucleaire

beslissingen wegvallen. Concreet betekent het dat we afhankelijk zouden worden van andere landen die deze competenties wel verder ontwikkelen.

Kortom, **de bestaande onafhankelijkheid van ons land** (onder andere door de aanwezigheid van een onderzoekscentrum en onderzoeksreactoren) is een onmiskenbare en unieke troef voor ons land. Meer zelfs, omdat België over al deze competenties beschikt (in onderzoek, exploitatie van een kerncentrale, medische toepassingen, ...) zijn we op dit gebied een exportland van nucleaire competenties. **Deze onafhankelijkheid van kennis moet gegarandeerd blijven, en deze unieke Belgische expertise moet** niet alleen behouden blijven, maar ook **verder ontwikkeld worden**.

MYRRHA: HET VLAGGENSCHIP VAN EEN
NIEUWE GENERATIE NUCLEAIRE ONDERZOEK,
KNOWHOW EN INNOVATIE

De onderzoeksinfrastructuur MYRRHA zal wereldwijd het eerste prototype van een kernreactor zijn die wordt aangedreven door een deeltjesversneller. Bijzonder: als externe neutronenbron houdt deze deeltjesversneller de kettingreactie van kernsplijting in stand in de reactor. Het is een subkritische reactor: de kern bevat te weinig splijtbaar materiaal om de kettingreactie spontaan te onderhouden.

Behalve haar taak als onderzoeksinfrastructuur zal MYRRHA de taak van BR2 volledig kunnen overnemen als productiefaciliteit voor de wereldwijde markt naar

radio-isotopen. De productie van medische isotopen is enkel mogelijk in onderzoeksreactoren. Gelet op de precare productie van de wereldmarkt van medische isotopen (in normale omstandigheden gebeurt dit door 8 reactoren) is de toekomstige MYRRHA-bestralingsinstallatie essentieel voor de productie van 99Mo en andere medische isotopen.

De Europese Commissie heeft MYRRHA op de lijst gezet van de belangrijkste grote onderzoeksprojecten in Europa. De Belgische regering kent aan dit unieke onderzoeksproject eenzelfde belang toe en moet nu beslissen over de constructiefase.

BELGISCHE WERKGELEGENHEID IN DE
NUCLEAIRE SECTOR: DE CIJFERS

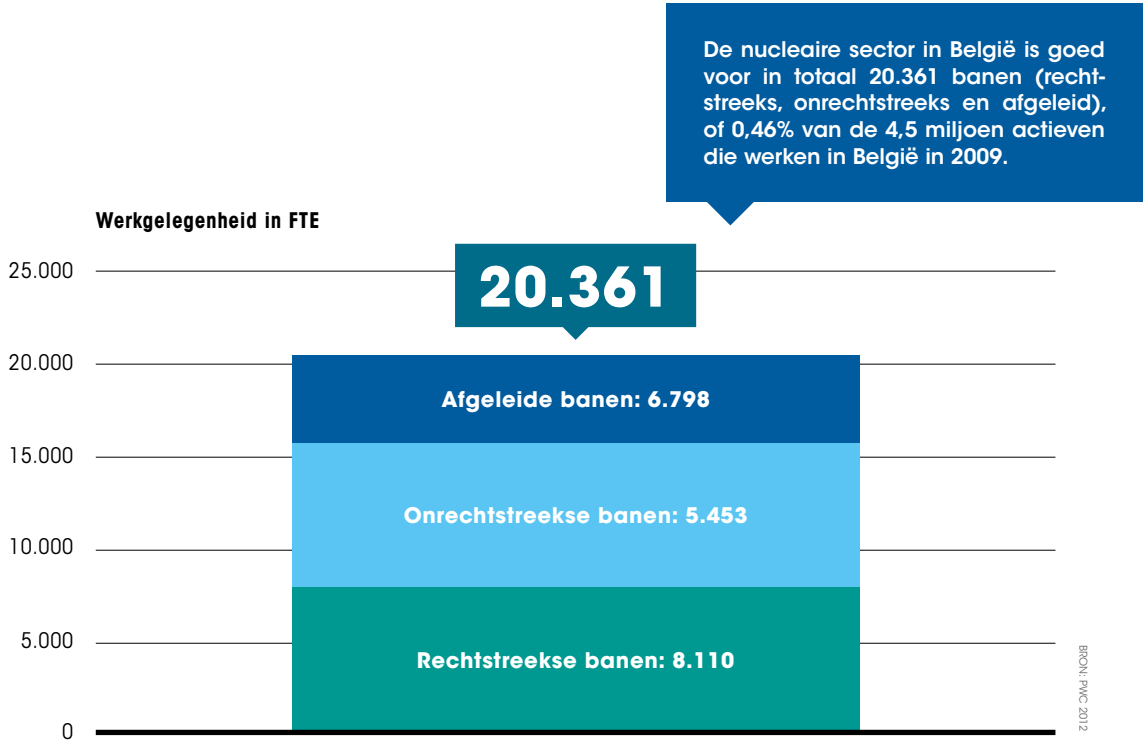
De nucleaire sector in België is goed voor 20.361 rechtstreekse, onrechtstreekse en afgeleide jobs. Het gaat om **20.361 fulltime-equivalente jobs**. Dat betekent dat het werkelijke aantal werknemers in en rond de kerncentrale, in nucleaire geneeskunde, in research & development en in de industriële toepassingen van de nucleaire technologie nog hoger ligt. De enige accurate studie naar werkgelegenheid in de nucleaire sector dateert van 2012, door PwC.⁷⁰ Meer geactualiseerde cijfers bestaan niet.

Bij **rechtstreekse werkgelegenheid** gaat het om mensen die in de nucleaire sector werken. Het gaat om 8.110 voltijds equivalente banen. De directe spelers zijn spelers met een nucleaire specialisatie:

- Ze bieden producten of diensten aan specifiek voor de grote afnemers binnen de sector.
- Ze hebben een filiaal gespecialiseerd in het nucleaire.
- Ze realiseren het grootste deel van hun omzet in het nucleaire domein.

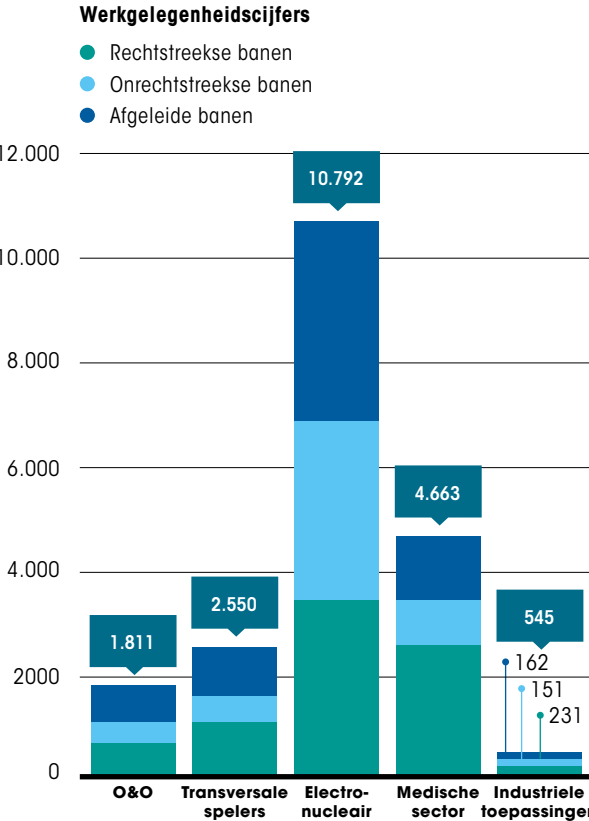
Onrechtstreekse werkgelegenheid slaat op mensen die werken bij toeleveranciers van de nucleaire sector (goederen en diensten). In België gaat het om 5.453 jobs (voltijds equivalent). De onrechtstreekse werkgelegenheid wordt berekend op basis van tabellen met inkomsten en uitgaven opgesteld door het Federaal Planbureau.

Met **afgeleide werkgelegenheid** zijn arbeidsplaatsen die gegenereerd worden door de uitgaven van mensen die rechtstreeks of onrechtstreeks in de nucleaire sector werken. Het gaat om 6.798 voltijds equivalente jobs. De afgeleide werkgelegenheid wordt berekend op basis van de gevolgen die de uitgaven van de gezinnen hebben voor de nationale economie als gevolg van de rechtstreekse en onrechtstreekse effecten van de economische activiteit.



DE ELEKTRICITEITSSECTOR VERTEGENWOORDIGT 1 JOB OP 2 IN DE NUCLEAIRE SECTOR

De nucleaire sector in België bestaat uit verschillende spelers, die in 5 grote groepen kunnen worden ondergebracht. **Het elektronucleaire circuit is in termen van werkgelegenheid het belangrijkste domein:** het is goed voor meer dan de helft van de banen binnen de sector. **Het medische circuit komt op de tweede plaats:** het levert bijna een vierde van de werkgelegenheid binnen de sector. De drie andere segmenten (transversale spelers, O&O en andere industriële toepassingen) zijn samen goed voor iets minder dan 25% van de werkgelegenheid binnen de sector:



HET BEHOUD VAN DEZE DIVERSE JOBS

Het sluiten van de kerncentrales zal nefast zijn voor de werkgelegenheid in de Belgische nucleaire sector, maar ook voor de algemene Belgische nucleaire competenties en knowhow. Zowel voor de werkne-

mers en hun gezinnen persoonlijk, als voor de gehele Belgische werkgelegenheid. Zowel voor de hoogopgeleide ingenieurs, fysici en doctors in de kernfysica, als voor het technisch geschoold personeel. Zowel voor de lokaal verankerde jobs (direct, indirect als indirect) als voor de niet-lokaal verankerde jobs (veel werknemers in de nucleaire installaties in ons land, voornamelijk de hoogopgeleide profielen, maken grote verplaatsingen om centrales in andere landen te bouwen en de nucleaire knowhow over te dragen).

Bij een kernuitstap (verschillende scenario's) voorziet de uitbater van de kerncentrales het volgende verlies aan arbeidsplaatsen:⁷¹

- Bij een volledige kernuitstap in 2025 gaan mogelijk **7000 jobs** verloren (volgende 7 jaar).
- Bij een behoud van 2000MW (equivalent aan 2 kerncentrales) gedurende 10 extra jaren (LTO tot 2035) zouden meer dan **2000 jobs** behouden blijven gedurende de volgende 10 jaar.
- Bij een behoud van 2000MW (equivalent aan 2 kerncentrales) gedurende 20 extra jaren (LTO tot 2045) zouden **2000 tot 3000 jobs** behouden blijven gedurende de volgende 20 jaar.
- Bij een behoud van 3000MW (equivalent aan 3 kerncentrales) gedurende 10 extra jaren (LTO tot 2035) zouden **3200 jobs** behouden blijven gedurende de volgende 10 jaar.
- Bij een behoud van 3000MW (equivalent aan 3 kerncentrales) gedurende 20 extra jaren (LTO tot 2035) zouden **3500 jobs** behouden blijven gedurende de volgende 20 jaar.
- Bij een 'graduele' phase-out (6GW > 4GW > 2GW) vanaf 2025 zouden **3000 tot 4700 jobs** behouden kunnen blijven gedurende de volgende 20 jaar.
- Bij een 'graduele' phase-out (6GW > 4GW > 2GW) vanaf 2035 zouden meer dan **5000 jobs** behouden kunnen blijven gedurende de volgende 30 jaar.

Conclusie: alle scenario's met een behoud van de kerncentrales resulteert in méér arbeidsplaatsen dan de scenario's zonder of met minder kernenergie. Bovendien creëert een LTO gedurende 4 jaar extra werkgelegenheid voor honderden medewerkers (door de bijkomende investeringen die een veilige langere exploitatie vereisen). >>

MYTHE #8

“De impact van het verlies aan arbeidsplaatsen in de nucleaire sector zal beperkt zijn. Want er is nog jaren werkgelegenheid bij de ontmanteling, vroeg of laat verdwijnen deze jobs toch en dit verlies zal gecompenseerd worden door jobs in hernieuwbare energie en nieuwe gascentrales.”

Het verlies van de arbeidsplaatsen in de nucleaire sector zal onmogelijk kunnen opgevangen worden bij een kernuitstap. Een studie van het Federaal Planbureau becijferde dat een gascentrale na de bouw door 30 mensen wordt gerund.⁷² Tijdens de bouw levert één nieuwe STEG-centrale werk aan 1900 personen (direct en indirect). Hetzelfde geldt voor nieuwe windturbines: bij de bouw leveren ze (tijdelijk) werkgelegenheid op, tijdens de exploitatieperiode nauwelijks.

Het klopt dat ook in de cyclus van ontmanteling van een kerncentrales nog werkgelegenheid gegarandeerd zal zijn, maar minder, en bovendien voor andere profielen. Het is zeer waarschijnlijk dat de hoogst opgeleide ingenieurs en kernfysici, eerder dan zich om te scholen, een job zullen zoeken in een ander land, waar de nucleaire competenties wel worden gevalideerd en de nucleaire acti-

viteiten wel ontwikkeld worden. Deze hoogopgeleide profielen hebben jobs met een grote toegevoegde waarde. **Deze competenties moeten we proberen in ons land te houden, wat onmogelijk wordt bij een kernuitstap.**

VERGELIJKING TWEE SCENARIO'S

Indien we concreet twee scenario's vergelijken (1. volledige nucleaire phase-out met 9 nieuwe gascentrales) (2. behoud van 2GW kernenergie met 5 nieuwe gascentrales) merken we dat er minder jobs (direct en indirect) nodig zijn bij een scenario met behoud van kernenergie voor wat betreft de (korte) constructiefase, maar voor de exploitatiefase (die veel langer duurt) wordt meer werkgelegenheid gecreëerd in een scenario met kernenergie. //

Directe en indirecte werkgelegenheid	Constructiefase (3 tot 4 jaar)		Operationele fase (per extra jaar)
	Estimatie ENGIE	Estimatie Federaal Planbureau	
LTO 2GW	680	4750	1900
5 nieuwe gascentrales	3500	9500	150
Totaal	4180	14250	2050
9 nieuwe gascentrales	6300	17100	270
Verschil	-2120	-2850	+1780

NUCLEAIRE SECTOR, EEN INCUBATOR VOOR INNOVATIE

Elk jaar publiceren Belgische nucleaire onderzoekers **meer dan 1000 wetenschappelijke artikels, boeken en officiële presentaties**. Universiteiten, ziekenhuizen en industriële onderzoekscentra voeren dagelijks onderzoek naar toepassingen van nucleaire technologie.

Wereldwijd staat nucleaire technologie aan de basis van het onderzoek naar de grote uitdagingen van de 21^e eeuw. Het laboratorium van het IAEA (Internationaal Atoomenergieagentschap) in Seibersdorf (bij Wenen) werkt aan oplossingen voor uiteenlopende problemen. Vier van de zes labo's worden geleid door Belgische onderzoekers.

ENKELE CONCRETE VOORBEELDEN

Nieuwe perspectieven voor behandeling van kanker

Het SCK•CEN is vandaag één van de weinige onderzoeksinstituten in de wereld die in het bezit is van thorium-299. Deze radio-isotoop, zowel zeldzaam als veelbelovend, biedt een reëel potentieel in de behandeling tegen kanker via **Targeted Alpha Therapy (TAT)**. Met dit preklinisch onderzoek wil het SCK•CEN de medische sector overtuigen van de grote meerwaarde van Targeted Alpha Therapy. Dat inzicht kan voor het SCK•CEN de deur openen naar een grootschalige isotopen-productie en gepersonaliseerde geneeskunde.⁷³

Kernfusie: concrete vooruitzichten dankzij Belgische expertise

Schone energie voor de hele wereld. Voor altijd. Dat is de droom die het kernfusieproject ITER wil realiseren in Zuid-Frankrijk. **Negen bedrijven uit ons land werken mee aan de bouw van de fusiereactor ITER** (International Thermonuclear Experimental Reactor) en spelen een cruciale rol in de ontwikkeling van kernfusie.⁷⁴

Small modular reactors, the next little big thing

SMRs (small modular reactors) zijn een nieuwe generatie (mini)reactoren. **Dankzij hun modulaire design zijn ze goedkoper dan klassieke centrales en kunnen ze makkelijk worden aangepast** om energie te leveren aan bijvoorbeeld industriële sites of afgelegen zones. Van over de hele wereld is er toenemende interesse voor SMRs. In België nemen SCK•CEN en Tractebel het voortouw om deze innovatie verder te ontwikkelen.

Hoe ontstond het heelal?

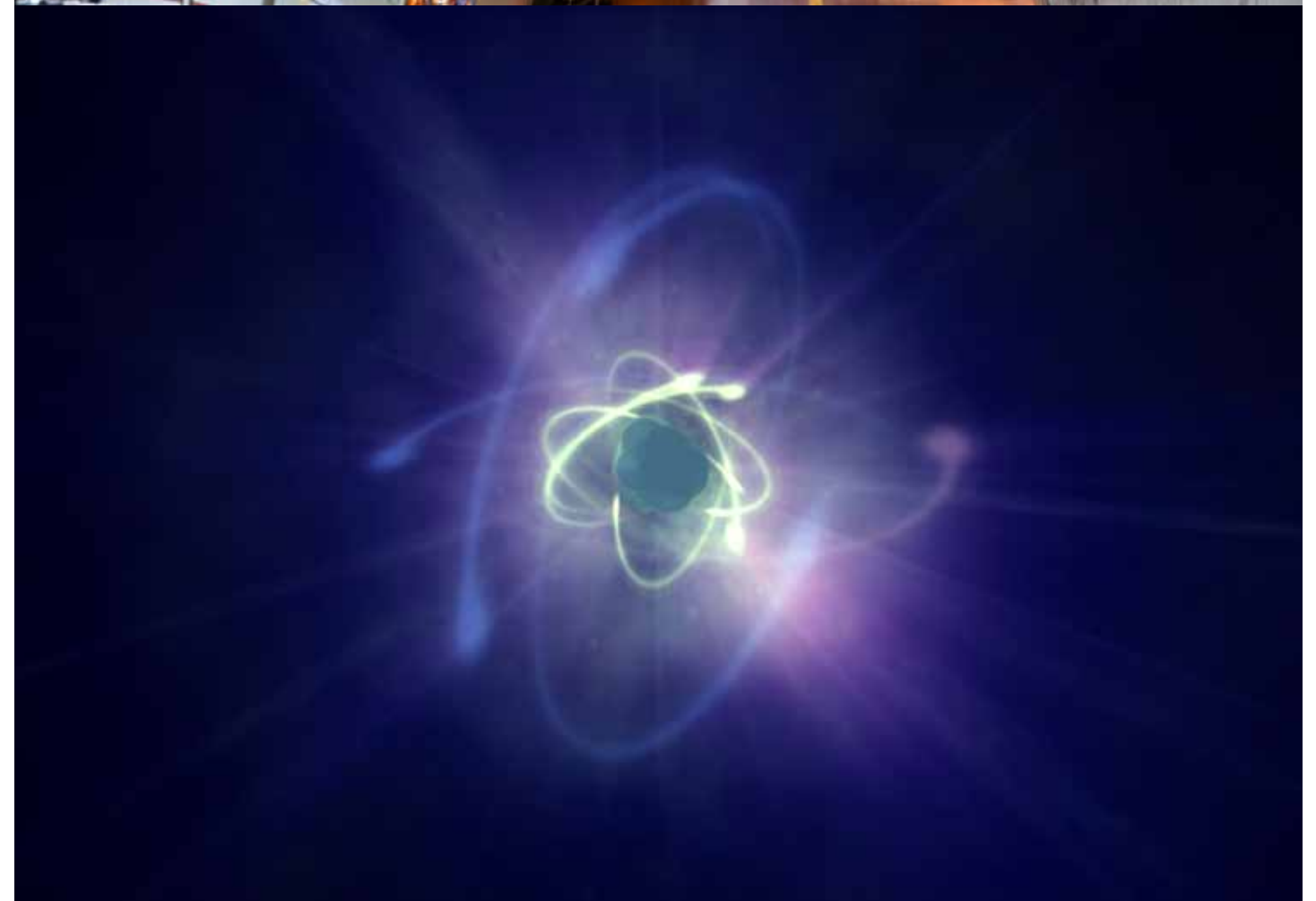
De Belgische onderzoekster Petra Van Mulders is hoogleraar aan de VUB (Vrije Universiteit Brussel) en onderzoeker aan het CERN (Centrum Européen pour la Recherche Nucléaire). Ze werkt in het technische domein van **fysica en deeltjes**. Met haar collega's bij CERN doet Petra experimenten op zoek naar de hoekstenen van ons universum en probeert ze de big bang en de oorsprong van ons universum te begrijpen.

Nucleaire innovatie in de landbouw

Met behulp van nucleaire technologie wordt onderzoek gedaan naar de verbetering van de wereldwijde gezondheid, voedselveiligheid, klimaatverandering en de ontwikkeling van duurzame landbouw. **Dankzij dat onderzoek worden insectenplagen gecontroleerd in Guatemala**, is de rijstproductie in Vietnam verbeterd, werd de runderpest uitgeroeid en was er een wereldwijde verbetering van landbouwgronden. De Belg Gerd Dercon, verbonden aan het IAEA in Seibersdorf, is één van de belangrijkste experts wereldwijd in dit domein.

Nucleaire innovatie en de strijd tegen klimaatverandering

Biodiversiteit is essentieel voor het voortbestaan van onze planeet. De zoektocht naar nieuwe plantenvariëteiten om te telen en voor menselijke consumptie wordt eenvoudigweg 'plantenselectie' genoemd. In die context **past de kerntechnologie een selectie toe via genetische mutatie (mutagenese) zodat planten gemodificeerd kunnen worden om hen beter bestand te maken tegen milieu- en klimaatomstandigheden**. De Belgische onderzoeker Ivan Ingelbrecht leidt het laboratorium in Wenen dat hiernaar onderzoek doet. //



ONZE 5 VRAGEN

Wat de nucleaire sector verwacht van de Belgische decision makers.

Tenslotte, als conclusie van dit memorandum en na het overzicht dat we in de voorbije hoofdstukken geschetst hebben, vraagt het Nucleair Forum aan de huidige en volgende federale en regionale regeringen het volgende:

1

HET BEHOUD EN DE ONTWIKKELING VAN DE BELGISCHE NUCLEAIRE TECHNOLOGIE, INDUSTRIE EN WETENSCHAP

De Belgische nucleaire expertise is een realiteit. Sinds de bouw van de eerste Belgische onderzoeksreactor tot de Nobelprijs Natuurkunde voor de ontdekking van Boson-Higgs door onze landgenoot François Englert, heeft ons land steeds een internationale pioniersrol gespeeld in dit domein. Dankzij de expertise van België in de vele diverse toepassingen van nucleaire technologie, heeft ons land een internationale reputatie, bekendheid en knowhow opgebouwd die door vele andere landen erkend (en benijd) wordt.

We mogen deze leiderspositie niet uit handen geven. **België moet dit expertisedomein behouden en verder versterken. De 20.000 mensen die in de nucleaire sector werken, zijn het levende bewijs van de Belgische nucleaire knowhow.** De Belgische nucleaire sector is een motor van innovatie, onderzoek en ontwikkeling, knowhow, werkgelegenheid, en essentieel voor elektriciteit, gezondheid, industrie en wetenschap. Deze competenties moet behouden blijven en verder ontwikkeld worden.

2

EEN BLIJVEND GEBRUIK VAN KERNENERGIE VOOR HET OPWEKKEN VAN ELEKTRICITEIT

Belgische kerncentrales leveren op dit moment 50 tot 60% van alle elektriciteit die in België wordt opgewekt. De kernreactoren in Doel en Tihange leveren samen het hele jaar door, dag en nacht, betrouwbare en betaalbare elektriciteit, en dat al 40 jaar lang. In alle veiligheid. In combinatie met hernieuwbare energie garandeert kernenergie dat de Belgische elektriciteitsmix op dit moment al voor 70% koolstofarm is.

Deze voordelen mogen we niet verloren laten gaan. **Tal van studies tonen aan dat de Belgische kernuitstap in 2025 een negatieve impact zal hebben op de bevoorradingszekerheid, de elektriciteitsprijs en de CO₂-uitstoot van ons land.** Kernenergie kan deel uitmaken van de energietransitie, meer zelfs, kernenergie maakt deze energietransitie mogelijk. We vragen een level playing field en technologieneutraal niet-ideologisch debat, waarin alle opties op tafel liggen en de beste keuze wordt gemaakt op basis van objectieve en neutrale informatie. Er moet zeer dringend duidelijkheid komen over een eventuele behoud van de centrales na 2025. Indien bepaalde keuzes niet snel gemaakt worden, is het te laat.

3

EEN DUURZAME EN DEFINITIEVE OPLOSSING VOOR HET BEHEER VAN HET LANGLEVEND HOOGRADIOACTIEF AFVAL

Hoogactief en/of langlevend afval moet gedurende honderdduizenden jaren afgeschermd worden van mens en leefmilieu. NIRAS stelt voor om het afval diep onder de grond te bergen, in een vaste kleilaag die al miljoenen jaren stabiel is. Dat beleidsvoorstel is gebaseerd op internationale aanbevelingen. Het NIRAS en haar voogdijminister hebben deze optie voorgelegd aan de Belgische overheid. Ook het FANC beaamt dat ondergrondse berging een veilige optie is. Om die oplossing te kunnen uitvoeren, is een omzichtig en stapsgewijs besluitvormingsproces noodzakelijk.

We vragen aan de overheid een engagement voor een definitieve oplossing en beleidsbeslissing voor de langetermijnberging van langlevend hoogradioactief afval. Op basis van de aanbevelingen van de experts, vraagt de sector aan de overheid om te kiezen voor de optie van geologische berging, en deze voorkeur te verankeren in een wettelijk bindend engagement.

4

HET BEHOUD EN DE ONTWIKKELING VAN DE BELGISCHE NUCLEAIRE INNOVATIE EN R&D

Nucleaire wetenschap, technologie en (fundamenteel en toegepast) onderzoek brengt tastbare en concrete oplossingen aan voor de uitdagingen van de wereld morgen. België onderscheidt zich internationaal met zijn diverse en verregaande nucleaire knowhow. **Deze kennis vormt het alfa en omega van de Belgische nucleaire knowhow. Dit mag niet verloren gaan, en deze competenties moeten verder ontwikkeld worden.**

De Belgische nucleaire knowhow moet erkend worden, structureel behouden blijven en verdergezet worden. Bij een sluiting van de kerncentrales wordt de zichtbaarheid, internationale reputatie en verdere ontwikkeling van de Belgische nucleaire knowhow bedreigd. Bij een kernuitstap zal de Belgische nucleaire expertise verdwijnen, en met dit verlies van kennis zal België ook zijn onafhankelijkheid verliezen inzake nucleaire knowhow. We moeten deze troeven (vandaag de dag een realiteit) bewaren en verder ontwikkelen.

5

DE REALISATIE EN BLIJVENDE ONDERSTEUNING VAN DE MYRRHA ONDERZOEKSINFRASTRUCTUUR

België heeft de voorbije decennia steeds gebruik kunnen maken van een polyvalente onderzoeksinfrastructuur om zijn nucleaire competenties en knowhow verder aan te scherpen, en zijn internationale leidinggevende positie te behouden. Het zou onverantwoord zijn dat België, na de ontmanteling van de BR2, niet langer zou beschikken over een state-of-the-art onderzoeksinfrastructuur om het wetenschappelijk onderzoek, en de medische en industriële toepassingen, verder te zetten.

De Europese Commissie steunt MYRRHA al sinds het begin van het project. MYRRHA wordt door Europa bestempeld als een prioritair internationaal project met grote maatschappelijke relevantie en een toonaangevende rol in het uitbouwen van een dynamische kenniseconomie. In 2010 werd MYRRHA hoog op de lijst geplaatst van grote onderzoeksinfrastructuren voor energie door the European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI).

Ook de Belgische regering erkent het belang van MYRRHA in zijn laatste regeringsakkoord. **De volgende Belgische regering moet MYRRHA blijvend ondersteunen, concrete middelen vrijmaken en MYRRHA uitbouwen als één van Europa's belangrijkste nucleaire onderzoeksinfrastructuren, en een hoeksteen in de Belgische nucleaire competenties en knowhow.**

WIE ZIJN WIJ

Het Nucleair Forum. De beroepsfederatie voor de nucleaire sector in België.

Het Belgisch Nucleair Forum verenigt het merendeel van de ondernemingen en instellingen die actief zijn in de verschillende toepassingen van kerntechnologie. Het Nucleair Forum wil de referentie bij uitstek zijn over kerntechnologie, zowel voor de pers, voor de beleidsverantwoordelijken als voor het grote publiek.

HET PUBLIEK INFORMEREN OVER KERntechnologie

Het Belgisch Nucleair Forum informeert via zijn website en sociale media het grote publiek, journalisten en tal van stakeholders over de nucleaire technologie en kernenergie. Tegelijk neemt het Nucleair Forum actief deel aan het maatschappelijk debat.

De activiteiten van het Nucleair Forum kaderen in een streven naar uitwisseling van informatie en kennis op basis van wetenschappelijke feiten, in een geest van objectiviteit die een dialoog tussen de verschillende standpunten bevordert.

ONZE LEDEN

Het Nucleair Forum vertegenwoordigt 12 organisaties die actief zijn in diverse toepassingen van kerntechnologie: energie, geneeskunde, ruimtevaart, voeding en biologie, wetenschap en onderzoek, transport ... De meeste leden zijn Belgische organisaties, maar sommige zijn wereldwijd actief. De leden komen geregeld samen om de prioriteiten van het Nucleair Forum te bepalen.

www.nuclearforum.be

- ¹ International Energy Agency, <https://www.youtube.com/watch?v=PRhXzRcGKC0>
- ² Passage uit de website www.energiepact2050.be
- ³ Het Laatste Nieuws, <https://m.hln.be/nieuws/elia-bevestigt-reeel-risico-op-stroomtekort-deze-winter~a60b2ff2/>
- ⁴ PwC-studie, Successen in de Energietransitie, 2016, <https://www.nucleairforum.be/thema/energie/de-rol-van-kernenergie-en-hernieuwbare-energie-in-de-energietransitie>
- ⁵ Federaal Planbureau, Impact van het Pact, 2018
- ⁶ Energyville paper "Energy transition in Belgium - choices and costs", 2017
- ⁷ Johan Albrecht, "Energypact Scenarios; Adequacy and System Costs" 2018
- ⁸ Energyville paper "Energy transition in Belgium - choices and costs", 2017
- ⁹ Elia studie, Electricity scenarios for Belgium towards 2050, 2017
- ¹⁰ FOD Economie en Federaal Planbureau, De prospectieve studie elektriciteit tegen 2030, 2015, <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/bevoorradingszekerheid/prospectieve-studie/de-prospectieve-studie-0>
- ¹¹ Federaal Planbureau, Studie over de perspectieven van elektriciteitsbevoorrading tegen 2030
- ¹² Federaal Planbureau, Toelichting bij sommige uitdagingen voor het Belgische energiebeleid in het kader van klimaatdoelstellingen, 2007, <https://www.plan.be/publications/publication-542-en-eclairage+sur+des+enjeux+-de+la+politique+energetique+belge+confrontee+au+defi+climatique>
- ¹³ Universiteit Gent (Albrecht en Laleman), "The challenge for a nuclear phase out in Belgium", 2013 <https://www.iaee.org/en/.../proceedingsabstractpdf.aspx?id=7724>
- ¹⁴ Universiteit Gent (Albrecht en Laleman), "The challenge for a nuclear phase out in Belgium", 2013 <https://www.iaee.org/en/.../proceedingsabstractpdf.aspx?id=7724>
- ¹⁵ Center for Industrial Progress, monthly intermittency, <http://industrialprogress.com/>
- ¹⁶ Universiteit Gent, "Policy trade-offs – Belgian Electricity System", 2015
- ¹⁷ IAEA, Lifetime of unplanned capacity loss, <https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/LifeTimeUnplannedCapacityLossFactor.aspx>
- ¹⁸ De Tijd, 30 januari 2017, <https://www.tijd.be/ondernemen/milieu-energie/Elektriciteit-wordt-peperduur/9857120>
- ¹⁹ Studie Federaal Planbureau "2030 Climate and Energy Framework for Belgium -Impact assessment of a selection of policy scenarios up to 2050", 2015
- ²⁰ Studie Federaal Planbureau "2030 Climate and Energy Framework for Belgium -Impact assessment of a selection of policy scenarios up to 2050", 2015
- ²¹ Federaal Planbureau, Impact van het Pact, 2018
- ²² Federaal Planbureau, studie "Wat bepaalt de groothandelsprijzen voor elektriciteit in een kleine, open economie? - Lessen uit de nucleaire heropstart in België", 2016
- ²³ PwC-studie, Successen in de Energietransitie, 2016
- ²⁴ Federaal Planbureau, Impact van het Pact, 2018
- ²⁵ Elia studie, Electricity scenarios for Belgium towards 2050, 2017
- ²⁶ Federaal Planbureau studie, "Het Energielandschap tegen 2050", 2017
- ²⁷ International Energy Agency, World Energy Outlook 2017
- ²⁸ Energyville paper "Energy transition in Belgium - choices and costs", 2017
- ²⁹ Elia studie, Electricity scenarios for Belgium towards 2050, 2017
- ³⁰ Studie Federaal Planbureau "2030 Climate and Energy Framework for Belgium -Impact assessment of a selection of policy scenarios up to 2050", 2015
- ³¹ Elia studie, Electricity scenarios for Belgium towards 2050, 2017
- ³² Itinera Institute, Blackout in the coming years? 2015, http://www.itinerainstitute.org/wp-content/uploads/2016/10/pdfs/blackout_risks.pdf
- ³³ Energyville paper "Energy transition in Belgium - choices and costs", 2017
- ³⁴ Federaal Planbureau, Impact van het Pact, 2018
- ³⁵ IPCC Fifth Assessment Report, Summary for Policymakers
- ³⁶ <https://www.ncdc.noaa.gov/indicators>, <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature>, <http://data.giss.nasa.gov/gistemp>
- ³⁷ <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20170118/>
- ³⁸ Carbon brief, <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/14/hl-compact.htm>
- ³⁹ Rapport van Groep I van het IPCC, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf

- ⁴⁰ Europese Commissie, semesterrapport over België, 2017 https://ec.europa.eu/info/publications/2017-european-semester-country-reports_en
- ⁴¹ Johan Albrecht (Itinera/Universiteit Gent), studie over de energietoekomst van België, 2018
- ⁴² Rapport Environmental Progress, <http://environmentalprogress.org/big-news/2017/2/11/german-electricity-was-nearly-10-times-dirtier-than-frances-in-2016>
- ⁴³ Rapport van Groep III van het IPCC: http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf
- ⁴⁴ Studie Federaal Planbureau "Het Belgische energielandschap tegen 2050 - Een projectie bij ongewijzigd beleid", 2017
- ⁴⁵ FOD Economie en Federaal Planbureau, De prospectieve studie elektriciteit tegen 2030, 2015, <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/bevoorradingszekerheid/prospectieve-studie/de-prospectieve-studie-0>
- ⁴⁶ Energyville paper "Energy transition in Belgium - choices and costs", 2017
- ⁴⁷ PwC-studie, Successen in de Energietransitie, 2016
- ⁴⁸ Federaal Planbureau, Het Belgische energielandschap tegen 2050, 2017
- ⁴⁹ Rapport van Groep III van het IPCC: http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_full.pdf
- ⁵⁰ Europe's dirty thirty. How the EU's coal-fired powerplants are undermining its climate efforts., 2014
- ⁵¹ Electricitymap, www.electricitymap.org
- ⁵² De Telegraaf, 19 februari 2014, <https://www.telegraaf.nl/nieuws/995009/kerncentrale-borssele-kan-nog-twintig-jaar-mee>
- ⁵³ World Nuclear Association, www.world-nuclear.org
- ⁵⁴ European Commission, PINC Nuclear Illustrative Programme, 2016, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-1202_en.htm
- ⁵⁵ International Energy Agency, International Energy Outlook, 2017
- ⁵⁶ World Nuclear Organisation, The World Nuclear Industry status report 2016
- ⁵⁷ Our World in Data, <https://ourworldindata.org/what-is-the-safest-form-of-energy>
- ⁵⁸ FANC, www.fanc.fgov.be
- ⁵⁹ Susanna Hertrich, A reflection on common fears in societies where anxieties have become a lifestyle choice, <http://www.susannahertrich.com>
- ⁶⁰ Public dread and actual deaths caused by most common sources of energy. Based on a longterm study by the International Atomic Energy Agency (IAEA).
- ⁶¹ The Lancet, [http://www.thelancet.com/article/S0140-6736\(07\)61253-7/abstract](http://www.thelancet.com/article/S0140-6736(07)61253-7/abstract)
- ⁶² World Health Organisation, Ferlay J, Soerjomataram I, Ervik M, Dikshit R, Eser S, Mathers C et al. GLOBOCAN 2012 v1.0, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC CancerBase No. 11. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2013.
- ⁶³ World Health Organisation, cancer fact sheet, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/>
- ⁶⁴ Stichting tegen Kanker, www.kanker.be
- ⁶⁵ American Cancer Society, <https://www.cancer.org/research/cancer-facts-statistics/all-cancer-facts-figures/cancer-facts-figures-2015.html>
- ⁶⁶ American Cancer Society, <https://www.cancer.org/cancer/cancer-basics/economic-impact-of-cancer.html>
- ⁶⁷ Rad4Med, www.rad4med.be
- ⁶⁸ Rad4Med, www.rad4med.be
- ⁶⁹ Website SCK•CEN, http://sckcen.be/en/News/20180321_bezoek_IAEA
- ⁷⁰ PwC, Studie naar de werkgelegenheid gecreëerd door de nucleaire sector in België, 2012
- ⁷¹ Cijfers van ENGIE, gebaseerd op inschattingen en eigen calculatie
- ⁷² Federaal Planbureau, Impact van het Pact, 2018, pagina 29 en volgende
- ⁷³ SCK•CEN, Hoogtepunten 2016, pagina 31 en volgende, http://sckcen.be/-/media/Files/Public/Publications/2016_highlights/SCKCEN-Hoogtepunten2016.pdf?la=n-l&hash=0F53C41D8CDD552D0C52C551C5C2F8BB575B637
- ⁷⁴ ITER Belgium, <http://www.iterbelgium.be>

Layout en teksten: Belgisch Nucleair Forum
ism Prophets
Afbeeldingen: Belgoprocess, Belgisch Nucleair
Forum, CERN, EDF, European Space Agency,
ENGIE Electrabel, iStockphoto, NASA, NuScale,
SCK•CEN, Tractebel.

© Belgisch Nucleair Forum | Juni 2018
Niets uit deze uitgave mag worden gebruikt
zonder voorafgaande toestemming van de
verantwoordelijke uitgever.

Verantwoordelijke uitgever: Marielle Rogie
Belgian Nuclear Forum
Kunstlaan 56, 1000 Brussel
E-mail: info@nuclearforum.be

