



Faculteit Economie en Bedrijfskunde
Academiejaar 2002-2003

De Kernstop in België: Een Economische Analyse

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van
licentiaat in de Economische Wetenschappen

Dries Gellynck

onder leiding van
Prof. dr. M. De Clercq

Ondergetekende, Dries Gellynck, bevestigt hierbij dat de onderhavige scriptie mag worden geraadpleegd en vrij mag worden gefotokopieerd. Bij het citeren moet steeds de titel en de auteur van de scriptie worden vermeld.

Woord vooraf

Het schrijven van een licentiaatsverhandeling is een boeiende, maar geen gemakkelijke opgave. Daarom wens ik alle personen te bedanken die mij daarin hebben gesteund.

Vooreerst dank aan mijn promotor, Prof. Dr. De Clercq M., die reeds in de tweede kandidatuur Economische Wetenschappen mijn interesse heeft opgewekt voor het thema milieueconomie. Daarnaast dank voor de mogelijkheid om dit onderwerp te behandelen. Ook wens ik mijn begeleider, dr. Johan Albrecht, oprecht te bedanken voor zijn goede begeleiding en de vele nuttige tips. Hij heeft het voorstel steeds gesteund en mij gedurende de gehele periode gemotiveerd.

Naast de steun uit academische hoek hebben ook mijn ouders en mijn broer mij de noodzakelijke morele (en financiële) steun gegeven in deze vier (en de andere 18) jaar. Ook mijn vrienden hebben mij de broodnodige steun en ontspanning bezorgd. And last but not least wil ik mijn vriendin, Hannelore, bedanken voor haar steun, haar computer en de kritische noot bij dit werk.

Inhoudsopgave

Inleiding.....	1
1. Wettelijke regeling	3
1.1. Voorgeschiedenis.....	3
1.2. De beslissing tot een nucleaire phase-out.....	5
2. Kernenergie	10
2.1. De werking van een kerncentrale	10
2.2. Belang van kernenergie in de energiemarkt	13
2.2.1. Internationale evolutie	13
2.2.2. De Belgische situatie	15
2.3. Voor en nadelen van kernenergie	17
2.3.1. Argumenten pro kernenergie	17
a) <i>Kostenvoordeel</i>	17
b) <i>Diversificatie van de energiebronnen</i>	21
c) <i>Strategische keuze</i>	21
d) <i>Ecologische voordelen</i>	23
e) <i>Onvoldoende alternatieven</i>	24
f) <i>De kwaliteit van de Belgische kerncentrales</i>	26
g) <i>Tewerkstelling</i>	26
2.3.2. Argumenten contra kernenergie	28
a) <i>De vele risico's doorheen de productieketen</i>	28
Windscale	30
Kysjtyl.....	30
Three Mile Island	30
Tsjernobyl.....	31
Tokaimura.....	32
Andere ongelukken.....	32
b) <i>Het langdurig afvalbeheer</i>	32

c)	<i>Het democratisch deficit</i>	34
d)	<i>Externe kosten</i>	36
e)	<i>De angst voor de verspreiding van kernwapens</i>	37
3.	De economische impact van een kernuitstap	39
3.1.	Theorie.....	40
3.2.	De economische impact van een kernuitstap in het buitenland	44
a)	<i>Frankrijk</i>	44
a)	<i>Zwitserland</i>	48
b)	<i>Zweden</i>	50
c)	<i>Duitsland</i>	54
d)	<i>Conclusies</i>	56
3.3.	De economische impact van een Belgische kernuitstap	57
3.3.1.	Klimatologische gevolgen van een nucleaire phase-out.....	58
3.3.2.	Invloed van de nucleaire phase-out op de Belgische productiemix.....	61
a)	<i>Hypothese 1: geen beperking van CO₂-emissies en geen kernuitstap</i>	62
b)	<i>Hypothese 2: beperking van CO₂-emissies en geen kernuitstap</i>	63
c)	<i>Hypothese 3: geen beperking van CO₂ emissies maar wel een kernuitstap</i>	64
d)	<i>Hypothese 4: beperking van CO₂-emissies en een kernuitstap</i>	65
3.3.3.	De economische kost.....	67
a)	<i>Verskil in productiekost</i>	67
b)	<i>Te vervangen productiecapaciteit</i>	68
c)	<i>Schatting van de economische kost</i>	70
d)	<i>Studie van het ETE</i>	72
3.3.4.	Visie van de Ampere –Commissie:.....	73
4.	Beheer van de elektriciteitsvraag.....	75
4.1.	Theorie.....	76
4.2.	Beleid en maatregelen om de vraag naar elektriciteit te reduceren.....	79
4.2.1.	Geplande en reeds uitgevoerde maatregelen.....	80

1. Financiële voordelen	80
a) <i>Belastingsverlaging voor investering in verband met REG:</i>	80
b) <i>Subsidies voor energie-efficiëntie van gebouwen:</i>	81
c) <i>Subsidiëring van REG-aanpassingen</i>	81
d) <i>Subsidies voor technologische ontwikkelingen:</i>	81
e) <i>Energie audits:</i>	82
f) <i>Energiebijdrage:</i>	82
2. Praktische normen	82
a) <i>Isolatie en ventilatie:</i>	82
b) <i>Warmtetoestellen:</i>	83
c) <i>Vrijwillige akkoorden:</i>	83
d) <i>Milieuconvenanten met gemeentes en provincies</i>	84
3. Informatie verstrekkend en motiverend inwerken:	84
a) <i>Informatiekiosk en brochures:</i>	84
b) <i>Informatieven en motivationele activiteiten:</i>	85
c) <i>Energielabels:</i>	86
d) <i>REG-openbare dienstverlening:</i>	86
e) <i>REG in overheidssector:</i>	86
4.2.2. CO ₂ -taks	87
5. Algemeen Besluit.....	93
6. Bibliografie.....	I
7. Bijlagen:	VI
Bijlage 1: Verklarende woordenschat.....	VI
Bijlage 2: De elektriciteitsproductie in België.....	IX
Bijlage 3: Schatting van productiekosten en milieukosten in BEF/kWh.....	X
Bijlage 4: Het Kyoto-protocol.....	XI
Bijlage 5: De elektriciteitsproductiemix in 4 scenario's.....	XV

Gebruikte afkortingen:

AVN	Associatie Vinçotte Nucleaire (Belgisch nucleair controleagentschap)
ACV	Algemeen Christelijk Vakverbond
BAU	Business As Usual
BBP	Bruto Binnenlands Product
BEF	Belgische Frank
CEEC	Central and East- European Countries
CHF	Zwitserse Frank
CHP	Combined Heat and Power (Warmtekrachtkoppeling)
CO ₂	Koolstofdioxide
CREG	Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas
DM	Duitse Mark
EG	Europese Gemeenschap
ETE	Energy, Transport en Environment
FET	Financieel Economische Tijd
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattuur (10 ⁹)
HFO	High Fuel Oil
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle (= een centrale met een geïntegreerde steenkoolvergassingsinstallatie)
Kton	kiloton
kWh	Kilowattuur (10 ³)
LFO	Low Fuel Oil
MHTGR	Modelar High-Temperature Gas Cooled Reactor
MOP	Moratorium Plus

MOX	Mixed Oxide (uranium-plutonium)
Mton	Megaton (een miljoen ton)
MW	Megawatt (10^6)
MWh	Megawattuur
Niras	Nationaal Instelling voor Radioactief Afval en Splitsstof
NO _x	Stikstofoxides
NEI	Nuclear Energy Institute
OESO	Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling
OPEC	Organisation of Petroleum Exporting Countries
PWR	Pressurised-water reactor
REG	Rationeel Energiegebruik
SO ₂	Zwaveldioxide
SOA	Strom Ohne Atom
STEG	Stoom- en Gasturbine (eenheid met gecombineerde cyclus)
SPE	Samenwerkende vennootschap voor de Productie van Elektriciteit
Toe	Ton Olie Equivalent
TWh	Terawattuur (10^{12})
U	Uranium
USSR	Unie van Socialistische Sovjetrepublieken
VAKS	Verenigde Actiegroepen voor een Kernstop
VITO	Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek
VIREG	Vlaams Instituut voor Rationeel Energiegebruik
VLIET	Vlaams Impulsprogramma voor Energietechnologie
VK	Verenigd Koninkrijk
VS	Verenigde Staten (US)

Figurenlijst

Figuur 1: het jaarlijkse ontwikkelbaar vermogen van de kerncentrales in België (MW).....	7
Figuur 2: schematische voorstelling van een PWR-kerncentrale	11
Figuur 3: evolutie en de geografische verdeling van de nucleaire elektriciteitsproductie (uitgedrukt in Toe).....	13
Figuur 4: aandeel van de verschillende energiebronnen in de elektrische energieproducten in België uitgedrukt in percentages (2001).....	15
Figuur 5: de impact van de brandstofkosten op de productiekost van elektriciteit	22
Figuur 6: CO ₂ -uitstoot voor verschillende werkhypothesen.....	24
Figuur 7: de splijfstofketen.....	28
Figuur 8: vraag en aanbod naar elektriciteit	41
Figuur 9: de economische impact van een nucleaire phase-out	42
Figuur 10: aandeel en evolutie tussen 1990 en 1999 van de Belgische broeikasgasemissies per sector. (%).....	58
Figuur 11: evolutie van de Belgische elektriciteitsproductiemix: nieuwe kerncentrales en geen CO ₂ -reductiedoelstellingen (TWh)	62
Figuur 12: evolutie van de Belgische elektriciteitsproductiemix: nieuwe kerncentrales en wel een CO ₂ -reductiedoelstellingen (TWh).....	63
Figuur 13: evolutie van de Belgische elektriciteitsproductie van de verschillende energiebronnen: nieuwe kerncentrales en geen CO ₂ -reductiedoelstellingen (Kyoto). 64	
Figuur 14: evolutie van de Belgische elektriciteitsproductiemix: een nucleaire phase-out en een CO ₂ -reductiedoelstellingen (TWh)	65
Figuur 15: De Belgische elektriciteitsmarkt in een vraag en aanbodmodel.....	71
Figuur 16: daling van de vraag en aanbod van elektriciteit.....	76
Figuur 17: evolutie van de broeikasgassen bij 3 verschillende vraagscenario's.....	78
Figuur 18: invloed van een CO ₂ -taks	87
Figuur 19: Vraag naar elektriciteit, productie per energiebron en economische kost per hypothese (TWh en % BBP 2000).....	XV

Tabellenlijst

Tabel 1: overzicht van de data van de ingebruikname en de sluiting van de zeven kernreactoren op Belgisch grondgebied	6
Tabel 2: schatting van de productiekosten en de milieukosten in BEF/kWh.....	18
Tabel 3: een vergelijkende studie inzake kostprojectie van elektriciteitsopwekking voor de periode 2005-2010 uitgedrukt in US cents (1997) per kWh. (discontovoet = 5 %)...	20
Tabel 4: evolutie van de houding tegenover kernenergie in de Europese Unie tussen 1978 en 1996 (percentage van de antwoorden)	35
Tabel 5: elektriciteitsbehoefte, materiaalbalans en emissies bij de verschillende scenario's	46
Tabel 6: gemiddelde gediscoteerde kost per kWh overheen de periode 2020-2050 in de verschillende scenario's (FF per kWh).....	47
Tabel 7: overzicht data kernuitstap en productiecapaciteit per technologie.....	49
Tabel 8: de geschatte economische kost voor de Zweedse kernuitstap. (uitgedrukt in miljard dollar (1995) met discontovoet 5%).....	53
Tabel 9: de gemiddelde gebruiksgraad van de Duitse kerncentrales (1999).....	55
Tabel 10: overzicht van de CO ₂ -emissie van enkele elektriciteitscentrales (gram per kWh)	59
Tabel 11: de broeikasgasemissies (uitgedrukt in Mton) en de productie van.....	69
Tabel 12: de broeikasgasemissies (uitgedrukt in Mton) en de productie van.....	70
Tabel 13: bijkomende accijnsheffing op brandstof in het Kyoto-scenario en effect op de energievraag van de extra heffing.....	89
Tabel 14: wijzingen tussen referentie scenario en andere scenario's met een extra energieheffing	91
Tabel 15: verdeling van de elektriciteitsproductie over de verschillende energiebronnen en de totale elektriciteitsvraag en –productie (MWh)	IX
Tabel 16: schatting van de productie en milieukost (BEF/kWh)	X
Tabel 17: de werkelijke verandering in uitstoot van CO ₂ tussen 1990 en 1998 en de maximaal toegelaten emissietoename tegen 2008-2012 ten opzichte van 1990 (%) XII	

Inleiding

Het gebruik van kernenergie staat in vele geïndustrialiseerde landen ter discussie. Het Zwitserse en Duitse parlement hebben gekozen voor een feitelijk moratorium. In 1980 heeft de bevolking van Zweden tijdens een referendum gekozen voor een geleidelijke kernuitstap. Ook België heeft beslist om de elektriciteitsproductie via kernenergie te beëindigen. Al in het regeerakkoord van 1999 werd beslist om de elektriciteitsproductie via kernenergie af te bouwen. Op 6 december 2002 werd door de Belgische paarsgroene meerderheid de beslissing genomen om alle kerncentrales op Belgisch grondgebied definitief te sluiten wanneer ze 40 jaar oud zijn. Ook werd toen beslist om tevens de bouw van nieuwe kerncentrales op Belgisch grondgebied te verbieden. Dit betekent een volledige kernuitstap die aanvangt in 2015 en die volledig zal zijn voltooid in 2025. De regering is tot deze beslissing gekomen omdat volgens hen de voordelen niet (meer) opwegen tegen de vele nadelen. In deze scriptie zullen we nagaan wat de Belgische regering heeft beslist en wat de gevolgen zullen zijn van deze beslissing. Wat zijn de argumenten om voor kernenergie te pleiten? En wat zijn de argumenten contra? We zullen de voordelen afwegen ten opzichte van de nadelen. Vooral de trade-off tussen de risico's van nucleaire energie en de uitstoot van broeikasgassen zal worden toegelicht. Momenteel stijgt de vraag naar elektriciteit en deze zal wellicht in de toekomst nog verder stijgen zodat een nucleaire phase-out de zoektocht naar nieuwe energiebronnen noodzakelijk maakt. Wat zal de impact zijn van de vervanging van nucleaire energie door een alternatieve energiebron? Wat zal het effect zijn op het bruto nationaal inkomen van België? Zal door deze substitutie de uitstoot van broeikasgassen toenemen? Via een model opgesteld door Nordhaus zullen we deze economische impact schatten.

In deze scriptie worden vooral de economische consequenties van een nucleaire phase-out besproken, rekening houdend met de belangrijke milieu-, gezondheids- en veiligheidsproblemen.

Het idee voor dit thema is ontstaan in maart 2002. De ministerraad had beslist om geleidelijk uit kernenergie te stappen. In deze periode was er echter weinig aandacht van de media aan dit, volgens mij, belangrijk onderwerp voor de Belgische economie. Als student economie kwamen dan ook enkele vragen spontaan bij mij op. Zal deze beslissing

niet nadelig zijn voor de Belgische economie? Wat zullen we dan gebruiken in de plaats van kernenergie? Ik zag in dit thema een mogelijkheid om milieu en economie te combineren. De kernstop is door de politieke wereld beslist doordat kernenergie nadelige gevolgen heeft voor de gezondheid en het milieu. Deze beslissing zal echter economische gevolgen hebben voor België. Men zal dus het milieueffect moeten afwegen aan een mogelijk economisch effect.

In deel 1 worden de politieke beslissing en de gevolgen van deze beslissing voor de elektriciteitsmarkt besproken. Wat hebben de Belgische regering en parlement beslist? Wat is de ontstaansgeschiedenis van deze ingrijpende beslissing? Deel 2 gaat dieper in op de situatie van kernenergie. Hierbij wordt de elektriciteitsmarkt van België geanalyseerd en het huidig en toekomstig belang van kernenergie op deze markt. Ook de werking van een kerncentrale wordt hierbij op een vereenvoudigde en bondige wijze besproken. De economische impact van een nucleaire phase-out wordt nagegaan in deel 3. Enerzijds wordt er een overzicht gegeven van de economische impact van een nucleaire phase-out in een aantal landen, anderzijds wordt de situatie van België besproken. Daarbij wordt het effect op de emissie van de broeikasgassen nagegaan en het effect van deze beslissing op de elektriciteitsproductiemix. Daarnaast wordt er een schatting gemaakt van de economische kost van de Belgische kernuitstap.

In het vierde deel gaan we dieper in op de mogelijkheid van een daling van de vraag naar elektriciteit. Een dalende vraag naar elektriciteit kan het binnenlandse tekort aan elektriciteit gedeeltelijk oplossen. We gaan in het vierde deel dan ook na welke maatregelen de Belgische overheid heeft ondernomen en welke nog mogelijk zijn om de vraag te beheersen.

En tenslotte geven we in deel vijf een bondige samenvatting met enkele beleidsimplicaties.

1. Wettelijke regeling

De uitstap uit kernenergie is een politieke beslissing. Het Belgisch parlement bepaalt namelijk welke middelen elektriciteitsproducenten mogen gebruiken voor de productie van elektriciteit. In dit deel zullen we dan ook kort de wetgeving analyseren die het energiebeleid bepaalt. Welke besluiten hebben de regering en parlement genomen inzake kernenergie doorheen de naoorlogse geschiedenis? Vooral de wetgeving en praktische gevolgen van de wetsverandering sedert 1999 komen hierbij aan bod.

1.1. Voorgeschiedenis

Kernenergie werd na de tweede wereldoorlog gezien als de beste energiebron voor de toekomst. Het werd gezien als een onuitputtelijke energiebron en de ontwikkeling van kernenergie voor de productie van elektriciteit was in volle ontwikkeling. Zoals bij vele andere nieuwe ontwikkelingen waren er hoge verwachtingen.

De Belgische geschiedenis van kernenergie begon in 1944 met een onderzoek rond kernenergie onder de leiding van de VS en het Verenigd Koninkrijk. België participeerde aan dit project dankzij de belangrijke uraniumreserves in Kongo.

Eind de jaren 50 beslisten de Belgische elektriciteitsproducent en de overheid om samen met Frankrijk een kerncentrale voor de productie van elektriciteit te bouwen in Chooz, dat zich net over de Belgische grens bevindt. Dit is een prototype met een vermogen van 242 MW die later nog verhoogd werd tot een vermogen van 305 MW per jaar. Ook nu zal de PWR-reactor in Chooz een prototype worden, want het zal de eerste (Belgische) kerncentrale zijn die ontmanteld wordt. Na de bouw van de reactor in Chooz besliste de Belgische overheid om de andere kernreactoren in Doel en Tihange te bouwen. De bouw van de eerste twee reactoren in Doel en de eerste reactor van Tihange startte in 1969 en ze werden in 1975 geopend. De andere vier reactoren werden in gebruik genomen tussen 1982 en 1985. Vooral de oliecrisis in de jaren zeventig stimuleerden de regering om verder voor kernenergie te kiezen om op die manier minder afhankelijk te zijn van de OPEC-landen. (zie 2.3.1.b en 2.3.1.c)

Vanaf het einde van de jaren zestig protesteerden vele burgers tegen het gebruik van kernenergie. Vooral in Duitsland waren er hevige protestmarsen en gevallen van burgerlijke ongehoorzaamheid. In België was er weinig protest. (Bauer, 1995, blz. 121)

Algemeen beschouwd kan men stellen dat tot 1979 het protest tegen de ontwikkeling van kernenergie beperkt bleef. Door het ongeluk in Three Mile Island in 1979 (zie 2.3.2.a) echter, groeide de angst voor kernenergie in brede lagen van de maatschappij. Hoewel de gevolgen van het ongeluk relatief beperkt bleven, was er een grote impact op de publieke opinie. In Zweden werd er in 1980 een referendum gehouden waarin er 80 % van de Zweedse bevolking instemden met een moratorium van de ontwikkeling van nieuwe kerncentrales en een nucleaire phase-out binnen 25 jaar. De energiecrisis van 1979 zorgde er echter voor dat nationale overheden een incentive hadden om, ondanks de publieke angst voor kernongevallen, hun kernsites uit te breiden.

Toen de plannen voor een vijfde kernreactor in Doel echter uitlekten, organiseerden de anti-kernenergiebeweging VAKS (Verenigde Actiegroepen voor Kernstop) betogingen om deze plannen te vermijden. (Agalev, 2002, blz. 1) Maar het was vooral de ontploffing in de kerncentrale van Tsjernobyl in 1986 (zie 2.3.2.a) die de toenmalige Belgische regering ertoe heeft aangezet om de plannen van Doel 5 niet verder uit te voeren. Ook de daaropvolgende federale regeringen schreven in hun regeerakkoorden een voorlopig moratorium van de bouw van nieuwe kerncentrales in. Vanaf dat ogenblik zouden de groene bewegingen steeds ijveren voor een algemene kernstop.

Deze strijd tegen kernenergie van de milieuactivisten kwam in 1999 in een stroomversnelling. Tijdens de verkiezingen van 13 juni 1999 behaalden de groene partijen Agalev en Ecolo een electorale vooruitgang waardoor ze door formateur Louis Michel werden uitgenodigd voor de onderhandelingen van een nieuwe regering. Tijdens de onderhandelingen eisten de groene politieke partijen dat de uitstap uit de kernenergie werd opgenomen in het regeerakkoord. Dit werd dan ook aanvaard door hun toekomstige coalitiepartners.

Federaal regeerakkoord van 7 juli 1999:

“De regering zal verder meer nadruk leggen op de ontwikkeling van alternatieve energiebronnen en het aanmoedigen van energiebesparingen. Er zal daarbij een moratorium worden gehandhaafd op de uitbouw van de nucleaire

(elektriciteit)productie, inbegrepen de opwerking tot MOX. De regering wil zich bovendien op termijn geleidelijk terugtrekken uit de sector van de nucleaire energie met eerbiediging van de doelstellingen vooropgezet door de Conferentie van Rio en het Protocol van Kyoto inzake de uitstoot van CO₂. Teneinde de wetenschappers voldoende tijd te verlenen om nieuwe alternatieve hernieuwbare en zuivere energiebronnen op grote schaal op punt te stellen, zal België zich inschrijven in een scenario waarbij de desactivering van nucleaire centrales van zodra ze veertig jaar oud zijn, wordt aangevat...

Tenslotte zal het nucleaire afval bij voorrang geplaatst worden in de reeds gebruikte sites. De provisies voor de ontmanteling van de nucleaire centrales voor de opwerking van elektriciteit zullen het voorwerp uitmaken van een toezichtstelsel. De thans bij de wet vastgestelde financiële en juridische verantwoordelijkheden van de producenten zullen behouden blijven.” (Agalev, 2002, blz. 2-3)

1.2. De beslissing tot een nucleaire phase-out

Het federaal regeerakkoord van 1999 was een eerste belangrijke stap naar een Belgische kernstop. Door het opnemen van dit akkoord in het globaal federaal regeerakkoord was er een grote druk op de andere coalitiepartners om nog in deze legislatuur een wet goed te keuren die een vervroegde kernuitstap regelt.

In januari 2002 begonnen de eerste interkabinettenwerkgroepen met besprekingen omtrent de kernuitstap. Alle coalitiepartners waren het er over eens dat de energietoevoer nooit in gevaar mag komen. Daarom werd er in het wetsvoorstel een overmachtclausule ingebouwd. Omdat de meerderheid het niet eens werd wat overmacht is, stelde men een negatieve lijst op van situaties waarbij er geen overmacht ingeroepen kan worden. Een tekort aan investering in andere energievormen kan bijvoorbeeld niet ingeroepen worden als een situatie van overmacht. Ook het niet halen van de Kyoto-norm is wettelijk geen overmacht. De Kyoto-norm bepaalt namelijk dat de emissie van 6 broeikasgassen moeten dalen met 7.5 % in 2008-2012 ten opzichte van 1990. Dat deze doelstelling moeilijk haalbaar zal zijn, blijkt uit het feit dat de emissie van broeikasgassen in 2001 al met 8 % hoger lag dan in 1990. De beslissing van de desactivering van kerncentrales, waar de

uitstoot van broeikasgassen nihil zijn, zal het voor de Belgische regering nog moeilijker maken om de norm te halen.

Tabel 1 geeft een overzicht van de data van de industriële ingebruikname van alle huidige kernreactoren in België en hun vooropgestelde sluiting. De eerste kerncentrales zouden, indien er geen overmacht is, gedesactiveerd worden in 2015, de laatste in 2025.¹

Tabel 1: overzicht van de data van de ingebruikname en de sluiting van de zeven kernreactoren op Belgisch grondgebied

Kernreactor	Datum ingebruikname	Voorziene datum sluiting
Doel 1	15 februari 1975	2015
Tihange 1	1 oktober 1975	2015
Doel 2	1 december 1975	2015
Doel 3	1 oktober 1982	2022
Tihange 2	1 februari 1983	2023
Doel 4	1 juli 1985	2025
Tihange 3	1 september 1985	2025

Bron: Commissie Ampere, 2000, blz. 74 en Agalev, 2002, blz. 4

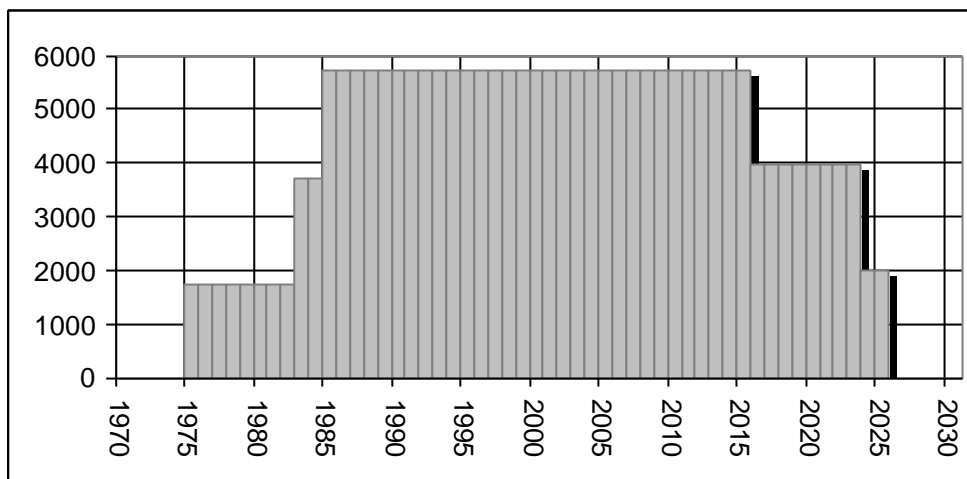
De evolutie van de nucleaire capaciteit wordt weergegeven in figuur 1. In 1975 zorgden de reactoren van Doel 1 en 2 en de reactor in Tihange gezamenlijk voor een productiecapaciteit van 1747 MW. De nucleaire capaciteit verhoogde tot 3713 MW in 1983 door de ingebruikname van Doel 3 en Tihange 2. Sedert 1985 bedraagt de totale capaciteit van de kerncentrales 5713 MW. “Het totale nucleaire vermogen is hiermee groter dan het totale initieel geïnstalleerde vermogen van 5500 MW, doordat er wijzigingen werden aangebracht aan de installatie ter gelegenheid van grote onderhoudswerken.” (Commissie Ampere, 2000, blz. 74)

Een andere vaststelling is dat, bij de huidige wetgeving, de cumulatieve elektriciteitsproductie via Belgische kerncentrales tot het jaar 2003 ongeveer de helft is van de totale elektriciteitsproductie die België ooit zal produceren via kerncentrales. In figuur 1 is het arceerde oppervlakte voor 2003 ongeveer gelijk aan het gearceerde oppervlakte na

¹ De beslissing om de kerncentrale van Chooz te sluiten was reeds genomen. De reactoren hebben een leeftijd bereikt waarbij het economisch niet meer rendabel is om de centrale nog verder te onderhouden.

2003. De vervroegde kernuitstap betekent dus niet dat er geen kernafval meer in zal bijkomen in de toekomst.

Figuur 1 : het jaarlijkse ontwikkelbaar vermogen van de kerncentrales in België (MW)



Bron: Commissie Ampere, 2000, blz. 74 en eigen berekeningen

Tijdens de ministerraad van 1 maart 2002 valt dan uiteindelijk de beslissing om de kernuitstap in een wetsvoorstel te verankeren. Het wetsvoorstel moet dan nog voor advies naar de Raad van State gestuurd worden. Maar ook de Raad van State geeft in juni 2002 een positief advies. (Kabinet van de Staatssecretaris voor Energie en Duurzame ontwikkeling, 2002)

Het uiteindelijk wetsvoorstel benadert sterk het federaal regeerakkoord. “De nucleaire centrales bestemd voor de industriële elektriciteitsproductie door splijting van kernbrandstoffen, worden gedesactiveerd veertig jaar na de datum van hun industriële ingebruikname en kunnen geen elektriciteit meer produceren (Agalev, 2002, blz. 4).”

Een specifieke motivatie voor de desactivering van de Belgische kerncentrales op een leeftijd van veertig jaar is er niet. Elke component van de installatie kan immers vervangen worden, zodat de veiligheid van de centrale gewaarborgd kan worden. Op economisch vlak echter kan de vervanging van sommige componenten niet meer rendabel zijn en is het efficiënter om een volledig nieuwe kerncentrale te bouwen. Vele Amerikaanse centrales, die ook van het PWR-type zijn, hebben een vergunning voor zestig jaar. (Commissie Ampere, 2000, blz. 77) Bij de onderhandelingen voor de federale

regering stelden de liberale partijen dan ook een nucleaire phase-out na 60 jaar voor. Dit voorstel was echter niet voldoende voor de groene partijen. (Agalev, 2000, blz. 2)

Op 6 december 2002 om 1.15 uur werd het wetsontwerp over de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie aangenomen door de Kamer van Volksvertegenwoordigers. Het wetsvoorstel werd goedgekeurd door de meerderheid. De oppositie stemde tegen. (Kabinet van de Staatssecretaris voor Energie en Duurzame ontwikkeling, 2002)

Om deze beslissingen te rechtvaardigen, geeft de overheid drie belangrijke redenen. Ten eerste toont de regering de wil om de nucleaire productieketen te verlaten omdat deze afval genereert dat duizenden jaren radioactief blijft, wat voor de toekomstige generaties een zware last is en veel risico's inhoudt. Ten tweede houdt deze regeling eveneens rekening met het groeiende risico van de proliferatie van splijtstoffen op wereldvlak. De vrees voor de ontwikkeling en het gebruik van nucleaire technologie door oncontroleerbare groepen en terroristen, zeker nu onlangs deze dreiging zich meer liet voelen. Ten derde wil men de bevolking beschermen tegen het risico van kernongevallen dat weliswaar uiterst beperkt is maar oncontroleerbare gevolgen zou kunnen hebben. (Kabinet van de Staatssecretaris voor Energie en Duurzame ontwikkeling, 2002)

Door de geleidelijke kernuitstap zal er in de toekomst behoefte zijn aan nieuwe energiebronnen om aan de Belgische elektriciteitsbehoefte te voldoen. De Belgische regering wenst vooral een actiever beleid inzake energiebesparing zodat de toekomstige vraag naar elektriciteit zal dalen. Deze beleidsoptie zullen we verder toelichten in deel 4. Daarnaast wenst men de kernenergie te vervangen door een mix van hernieuwbare bronnen van elektriciteit (windmolens, biomassa, zonne-energie, enz.), hoog rendement installaties voor een gecombineerde productie van elektriciteit en warmte (warmtekrachtkoppeling) en stoom- en gasturbines (de STEG-centrales, zie bijlage 1) (Kabinet van de Staatssecretaris voor Energie en Duurzame ontwikkeling, 2002)

Deze wettelijke bepaling blijft steeds omkeerbaar. De huidige of de volgende regering kan deze wet ongedaan maken of wijzigen. Vele parlementsleden wijzen erop dat ze bij de een volgende legislatuur een wetsvoorstel zullen indienen om de wet inzake nucleaire phase-

out ongedaan te maken.² Tegenstanders van kernenergie hopen dat er met deze wet een signaal gegeven wordt en dat de toekomstige investeringen in kernenergie zullen minderen. (Van den Abeele, 2002, blz. 39) Daarnaast hopen tegenstanders van kernenergie dat het budget voor onderzoek en het aantal studenten in de kernfysica sterk zullen dalen door deze beslissing. “Welke jonge ingenieur kiest in de huidige context nog voor kernenergie?”. (Gillerot, 2002, blz. 40)

Het is belangrijk te beseffen dat de actiemogelijkheden van de overheid beperkt zijn inzake de bepaling van de productiemiddelen voor elektriciteit. De Europese richtlijn 96/92/EG en de Belgische elektriciteitswet van 29 april 1999 bepaalt dat de CREG een indicatief tienjarenprogramma voor de productiemiddelen voor elektriciteit moet opstellen. Er is ook bepaald dat de CREG en de overheid niet bij machte zijn om de brandstof- en splijtstofkorf voor elektriciteit te bepalen. Men heeft namelijk in België voor een vergunningsstelsel gekozen. Zolang een investeerder voldoet aan de vergunningsvoorwaarden is de overheid verplicht om hem een vergunning toe te kennen.

Voorbeeld: de overheid kan niet bepalen dat ze 10 % nucleaire energie en 50 % gas wenst. Ze kan enkel bepalen dat ze helemaal geen steenkool of nucleaire energie wenst. Het is om deze reden dat de regering kiest voor een volledige kernuitstap waarbij geen enkele kerncentrale nog actief is. De optie om de hoeveelheid kernenergie in de totale elektriciteitsproductie te reduceren om zo onder andere het kernafvalprobleem in te perken is dus niet mogelijk.

² De Vlaamse politieke partij CD&V heeft in hun verkiescampagne naar aanleiding van de federale verkiezingen van 18 mei 2003 te kennen gegeven dat ze bij een deelname aan de federale regering de wet inzake de kernuitstap ongedaan wil maken.

2. Kernenergie

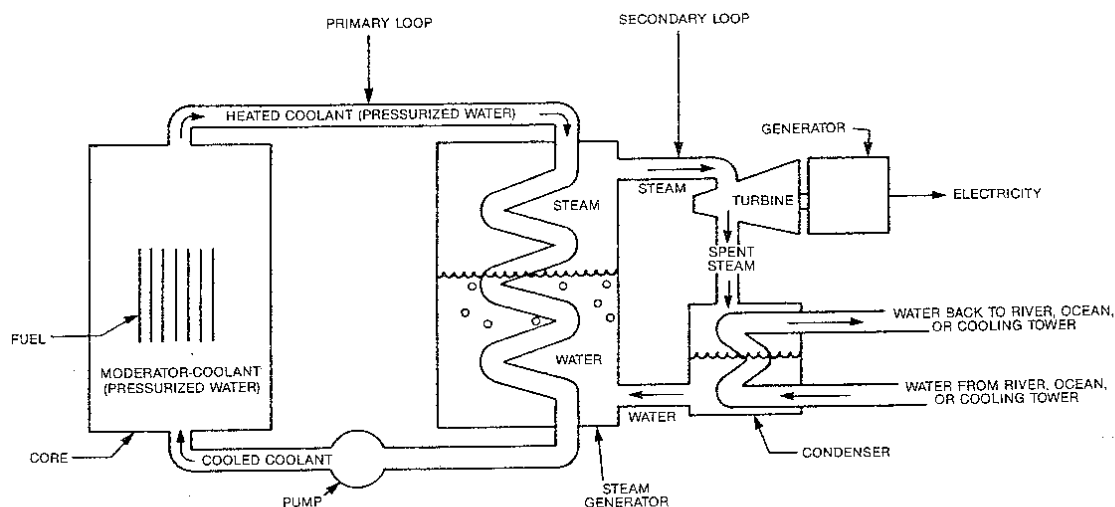
2.1. De werking van een kerncentrale

De productie van elektriciteit via kernenergie gebeurt op een analoge manier als bij de elektriciteitsproductie via klassieke thermische centrales. Beide centrales werken met een bepaalde warmtebron die water omzet in stoom. Deze stoom wordt dan gebruikt om turbines aan te drijven (mechanische energie) waardoor er elektriciteit ontstaat. (zie figuur 2) Het belangrijkste verschil tussen een nucleaire centrale en een klassieke thermische centrale is de warmtebron. De hitte bij een klassieke centrale ontstaat door de verbranding van kolen, aardolie of gas. Bij een nucleaire centrale daarentegen ontstaat de hitte door kernsplijting.

In 1939 ontdekte men dat de kern van enkele zuivere atomen, zoals uranium 235, kan gesplitst worden in 2 gelijkaardige delen en dat bij deze deling een enorme hoeveelheid energie vrijkomt. (Hodges, 1999, blz. 51) Bij de kernsplijting voor elektriciteitsproductie ontstaat de nodig energie wanneer er een uraniumkern wordt beschoten door een neutron. Bij elke splijting komen er 2 à 3 neutronen los van de beschoten uraniumkern die dan op hun beurt andere splijtingen kunnen veroorzaken. Dit proces kan zich heel snel voortzetten. Men spreekt dan over een kettingreactie. (Arbeid & Milieu, 2001, blz. 8) Door de kettingreactie is het mogelijk om de nodige splijtingen te bereiken want er zijn zowat 100 miljard splitsingen per seconde nodig om één watt elektriciteit te produceren. (Morone & Woodhouse, 1989, p. 158)

Normaal gezien gebeurt deze kettingreactie op een ongecontroleerde manier waardoor er een explosie ontstaat, maar in 1942 slaagde de kernfysicus Fermi erin om de atoomsplijting gradueel te laten verlopen waardoor kernsplijting bruikbaar werd voor elektriciteitsproductie.

Figuur 2: schematische voorstelling van een PWR-kerncentrale



Bron: Woodhouse & Morone, 1989, blz. 163

Als brandstof wordt in een kerncentrale uranium gebruikt. Dit wordt gewonnen uit uraniummijnen. De landen met de grootste uraniumwinning zijn Kazachstan en Australië. Natuurlijk uranium bestaat uit 2 soorten chemische elementen namelijk U^{235} en U^{238} . De kern van U^{238} splitst echter niet bij een aanraking met een neutron. U^{238} neemt namelijk het neutron op waardoor het element verandert in plutonium. (zie bijlage 1) Enkel de kernen van U^{235} -atomen zijn bruikbaar voor kernsplijting. Het probleem bij een kernsplijting is dat U^{235} omringd is door te veel U^{238} -isotopen (bijlage 1) waardoor er geen kettingreactie kan ontstaan. Natuurlijk uranium bestaat namelijk slechts uit 0.7 % U^{235} en voor de andere 99.3% uit U^{238} . Bij een kernsplijting zullen de 2 à 3 vrijgekomen neutronen dan gemiddeld minder dan 1 kernsplijting veroorzaken waardoor er vervroegd een einde zal komen aan de kettingreactie. Een oplossing voor dit probleem is verrijking. Bij verrijking probeert men het percentage U^{235} -isotopen te verhogen. Meestal streeft men ernaar om de hoeveelheid U^{235} -isotopen te verhogen van 0.7 % naar 3 % (Morone & Woodhouse, 1989, blz. 159) In kernwapens daarentegen wordt de hoeveelheid U^{235} in de mix nog verder verhoogd. Hierdoor kan er een ongecontroleerde kettingreactie ontstaan die de vorm aanneemt van een explosie. Doordat de brandstof van een nucleaire elektriciteitscentrale niet genoeg verrijkt is kan er geen nucleaire explosie ontstaan in een kernreactor.

Om de kettingreactie in stand te houden, moet de snelheid van de neutronen gematigd worden. Dit kan via het gebruik van een *moderator*. (bijlage 1) Deze (vloeistof) vertraagt de snelheid van de neutronen en splijtingsdeeltjes doordat het neutron botst met de nucleï van de moderator. “De moderator moet voldoen aan twee criteria: ze mag de neutronen niet absorberen en de massa van de kern van de moderator en de massa van de neutron moeten ongeveer gelijk zijn. Enkele veel gebruikte stoffen zijn: gewoon water, zwaar water en carbon (grafiet)”. (Woodhouse en Morone , 1989, blz. 164)

De verrijkte brandstof en de moderator worden in de reactor geplaatst. Bij een beschieting van de verrijkte brandstof door het vertraagde neutron ontstaat een kernsplijting en een kernreactie. Bij de gecontroleerde splijting ontstaat dan warmte. Deze warmte wordt opgenomen door een koelvloeistof die de warmte overbrengt naar het water. Er zijn 2 soorten koelvloeistoffen. Ten eerste is er de *‘boiling water reactor’* waarbij water als koelvloeistof wordt gebruikt. Het water vloeit door de reactor waar het wordt omgezet in stoom. Deze stoom wordt dan direct naar de turbines geleid. Hierbij is er geen stoomgenerator nodig.

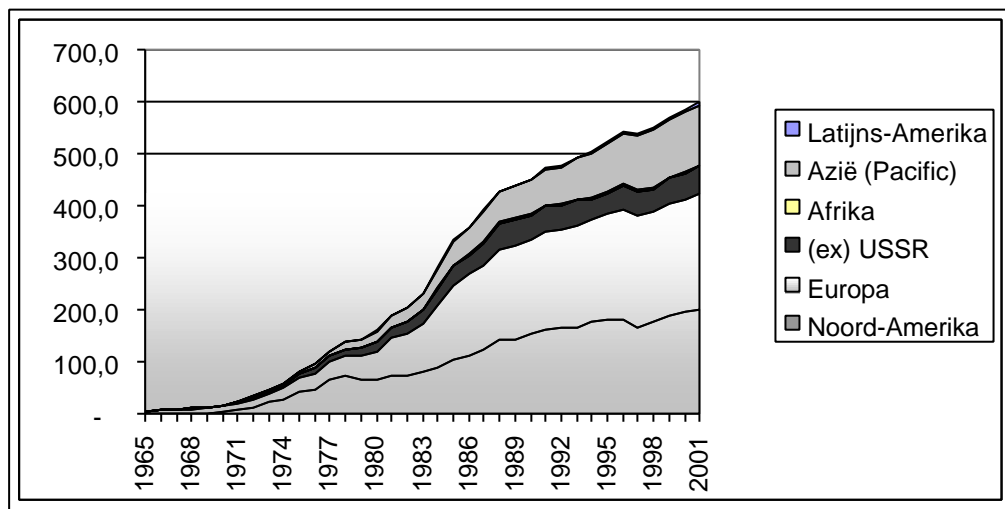
Ten tweede heb je water onder druk. Deze koelvloeistof wordt toegepast in de *‘pressurized water reactor’* (PWR) die gebruikt wordt in de meeste westerse kerncentrales. Bij dit model wordt water onder druk door de reactor geleid naar een stoomgenerator waar er water aan de kook wordt gebracht. Hierdoor ontstaat er stoom die de turbine in werking laat treden. Door de draaiende turbines kan men elektriciteit opwekken. Nadat de stoom door de turbine is geleid, laat men de stoom condenseren in de koeltoren. Het gecondenseerde water wordt dan teruggepompt naar de stoomgenerator waar de kringloop kan herbeginnen. Figuur 2 toont een schematische voorstelling van deze PWR-kerncentrale.

2.2. Belang van kernenergie in de energiemarkt

2.2.1. Internationale evolutie

Wanneer we de jaarlijkse productie van kernenergie in de wereld analyseren, kunnen we constateren dat de productie van kernenergie zeer sterk gestegen is sinds 1974. (figuur 3) De oliecrisisen zullen deze tendens zeker beïnvloedt hebben. Tussen 1973 en 1989 vertienvoudigde de productie (en consumptie) van kernenergie tot 440.5 Toe. Sinds eind de jaren tachtig is de grootste stijging in de USSR en Europa voorbij en lijkt de productie van kernenergie te stagneren. Duitsland, Litouwen, Zweden, Oekraïne en België hebben zelfs beslist om geleidelijk aan over te schakelen op alternatieve energiebronnen.

Figuur 3: evolutie en de geografische verdeling van de nucleaire elektriciteitsproductie (uitgedrukt in Toe)



Bron: BP, 2002

In 2000 waren er over de hele wereld 438 kernreactoren actief die gezamenlijk een ontwikkelbaar vermogen hadden van 350 Gigawatt elektriciteit. Deze productie zorgt voor een aandeel van 16 % in de globale energieconsumptie en 6 % van de globale elektriciteitsproductie. Men schat dat de productie van kernenergie zal stijgen tot 359 Gigawatt in 2020. Deze stijging zou vooral veroorzaakt worden door een verdere stijging van het aantal kerncentrales in het Verre Oosten (voornamelijk China). Ondanks deze stijging van de productie van kernenergie zal het geschatte relatieve aandeel van

kernenergie in de totale productie dalen tot 12 % in 2020. Deze tendens wordt veroorzaakt door de sterke stijging van de toekomstige vraag naar elektriciteit.

Een andere vaststelling is dat zowat tweederde van de kernenergieproductie gebeurt in de VS en in West-Europa. In figuur 3 zien we dat het Midden-Oosten en Australië daarentegen geen kernenergie produceren. Ook de productie in Afrika, Latijns-Amerika en Azië (uitgezonderd Japan en Zuid-Korea) is zeer laag.

De keuze van energiebron zal in de toekomst mede bepaald worden door de beschikbaarheid ervan. Sommige energiebronnen zijn namelijk zeer schaars. De reserves van olie en gas zijn op lange termijn onvoldoende om aan onze toekomstige energiebehoefte te voldoen.

Wanneer we de totale reserves delen door de huidige totale productie (in dit geval de winning van de energiebronnen), verkrijgen we het aantal jaar dat men nog kan gebruik maken van deze hulpbron. Voor olie zien we dat de ratio (bewezen!) reserves ten opzichte van de huidige jaarlijkse productie gelijk is aan 40. We kunnen dus nog veertig jaar gebruik maken van olie.³ (BP, 2002) Voor gas is er een ruimere marge. De wereldvoorraad voldoet nog voor 61.4 jaar aan het huidig consumptiebehoefte. De reserves van steenkool daarentegen zijn voldoende om de wereld te bevoorraden voor nog 216 jaar. Ze zijn ook beter verdeeld. Zo heeft de VS 25 % van de globale steenkoolreserves en Rusland en China elk 15%. (BP, 2002)

Voor uranium is er momenteel een reserve gekend van 15 miljoen ton. Bij een constant jaarlijks verbruik van 60 000 ton uranium zal er genoeg uranium aanwezig zijn voor de komende 250 jaar. Naast deze reserves is er nog een grote hoeveelheid uranium beschikbaar in o.a. het zeewater (weliswaar in een lichte concentratie).

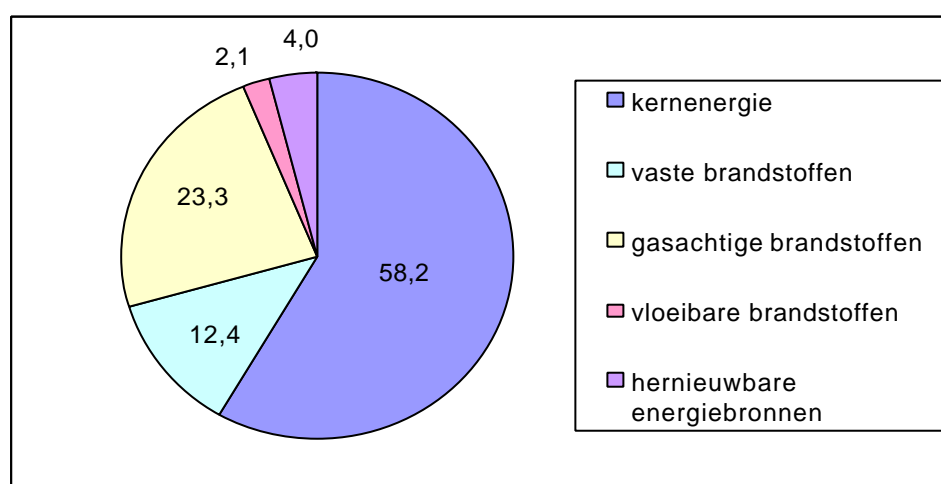
Uit deze korte analyse van de reserves kunnen we dus concluderen dat de voorraden van aardgas en aardolie zeer schaars zijn. Er wordt dan ook verwacht dat de aardolie- en aardgasprijzen zullen stijgen.

³ Deze gebruikte cijfers zijn van eind 2001.

2.2.2. De Belgische situatie

In ons land werd in 2001 79.7 Terawattuur elektriciteit geproduceerd. Dit is een daling met 5 % ten opzichte van 2000 (Ministerie van Economische Zaken, 2003) Kernenergie leverde in 2001 58.2 % van de elektriciteitsproductie. Enkel Frankrijk en Litouwen hebben een groter aandeel van kernenergie in hun binnenlandse elektriciteitsproductie.⁴ Aardgas en vaste brandstoffen (steenkool) zorgen voor 23.3 % respectievelijk 12.5 % van de elektriciteitsproductie. Het aandeel van vloeibare brandstoffen is gelijk aan 2.1 percent. Andere energiebronnen zijn in België momenteel verwaarloosbaar en zorgen samen voor 4 % van de elektriciteitsproductie.

Figuur 4: aandeel van de verschillende energiebronnen in de elektrische energieproducten in België uitgedrukt in percentages (2001)



Bron: Ministerie van economische zaken, 2002

Het gebruik van aardolie bij de productie van elektriciteit kent een merkwaardige evolutie. In 1968 zorgde aardolie voor 38.2 % van de elektriciteitsvoorziening in België. Dit aandeel steeg nog tot 52.7 % in 1971 maar in 2001 was het aandeel van aardolie als bron voor elektriciteitsproductie gedaald tot amper 2.1 % van de totale productie. Deze evolutie wordt verklaard door de stijgende olieprijs na 1973, de grote fluctuaties van de olieprijs en de hoge uitstoot van CO₂ bij verbranding van aardolie.

In bijlage 2 worden de data in verband met de productie en het verbruik van elektriciteit weergegeven. De productie van elektriciteit is lager dan het verbruik in België. Hierdoor moet België een aanzienlijke hoeveelheid elektriciteit invoeren. De invoer was in 2001 reeds opgelopen tot 9.1 TWh. Dit is een stijging met 35 % ten opzichte van 2000. (Ministerie van Economische Zaken, 2002)

Met Doel en Tihange beschikt België over 2 nucleaire sites die over 3 respectievelijk 4 kernreactoren beschikken. Daarnaast zijn er ook in het Franse stadje Chooz twee kernreactoren die stroom leveren aan België. De twee Belgische elektriciteitsproducenten Electrabel en SPE participeren hier gezamenlijk voor 25 %. Er is ook nog een onderzoekskernreactor actief op het Studiecentrum voor kernenergie (in Mol). De onderzoekskernreactor van de Universiteit van Gent zal in de nabije toekomst worden ontmanteld. (Arbeid & Milieu, 2001, blz. 6) Op 31 december 1999 vertegenwoordigden de 7 kernreactoren op Belgische bodem een vermogen van 46 662 GWh. (Commissie Ampere, 2000, blz. 73) Deze reactoren zijn PWR-drukwaterreactoren. (zie 2.1.) Dit zijn reactoren die het meest worden gebruikt. Deze PWR-reactoren verschillen grondig van de Russische RBMK-reactoren (zoals in Tsjernobyl). De Belgische reactoren beschikken over speciale uitrusting en systemen die hun beveiliging verhogen en worden continu gecontroleerd door het erkend controleagentschap AVN.

⁴ Frankrijk produceert 375 TWh of 75 % van hun elektriciteit uit kernenergie. Litouwen 9.86 TWh of 73.1 % en België 46.6 TWh of 57.8 %. Op de vierde plaats komt Bulgarije met 47.1 %

2.3. Voor en nadelen van kernenergie

De Belgische regering heeft gekozen voor een kernstop omdat volgens hen de voordelen niet (meer) opwegen tegen de vele nadelen van het commercieel gebruik van kernenergie. In dit hoofdstuk zullen we dan ook nagaan wat de voordelen en de nadelen zijn van kernenergie. Deze analyse zal ook een indicatie zijn van de mogelijke impact en kost van een nucleaire phase-out.

2.3.1. Argumenten pro kernenergie

a) Kostenvoordeel

Het belangrijkste voordeel van nucleaire elektriciteit is ongetwijfeld de lagere kostprijs voor de productie per kWh in vergelijking met andere elektriciteitsbronnen. Dit voordeel verschilt echter sterk van land tot land. De relatieve kostprijs voor elektriciteit is erg afhankelijk van de locatie. Steenkool is bijvoorbeeld een aantrekkelijk energiebron in Australië, China en de VS. Daar zijn de centrales gesitueerd in de nabijheid van rendabele steenkoolmijnen waardoor de transportkosten beperkt zijn. (Reynebeau, 2000, blz. 27) Ook gas en aardolie kunnen in bepaalde periodes en regio's energiebronnen zijn met een lage kostprijs per eenheid kilowattuur. Nucleaire energie is, ondanks het feit dat men de kosten voor de ontmanteling van de kerncentrale en de opslag van het kernafval internaliseert, competitief met fossiele brandstoffen. Wanneer men de kostprijs per eenheid wenst te vergelijken, moet men rekening houden met de externe kosten zoals de uitstoot van broeikasgassen, gezondheidsrisico's, het afvalprobleem,... . Het rapport van ExternE, een studie van de externe kosten van energie in opdracht van de Europese Commissie en in samenwerking met de US Dept of Energy, heeft deze externe kosten geschat per energiebron. Eén van de vaststellingen van de studie is dat externe kosten van de elektriciteitsproductie via kernenergie ongeveer een tiende bedragen van de externe kosten veroorzaakt door elektriciteitsproductie via steenkool. De externe kosten van de andere klassieke thermische centrales, die aardgas of aardolie gebruiken als brandstof, zijn ook hoger dan de externe kosten van een kerncentrale.

Wat België betreft, valt de kostprijs duidelijk in het voordeel van kernenergie uit. België beschikt namelijk niet over primaire energiebronnen zoals olie, gas of steenkool die op een

economisch rendabele manier ontgonnen kunnen worden. In tabel 2 zien we een overzicht van alle huidig en in de nabije toekomst beschikbare elektriciteitscentrales met een schatting van hun productiekost en hun milieukost. De totale sociale productiekost is dan de som van de productiekost en de milieukost. (De Grauwe, 2002)

We zien dat, zelfs als we rekening houden met de externe milieukost, de productiekost van de drie nucleaire centrales voordeliger zijn dan de andere centrales. Ze hebben zowel de laagste technische productiekost als de laagste milieukost. Momenteel beschikt België over zeven nucleaire centrales van het type PWR. De reactoren AP600 en MHTGR zijn moderne reactoren die pas in 2005 respectievelijk 2010 beschikbaar zullen zijn in België. (De Grauwe, 2002) De sociale kostprijs van deze twee reactoren in ontwikkeling zijn gelijkaardig als de bestaande reactoren.

Tabel 2: schatting van de productiekosten en de milieukosten in BEF/kWh

	Technische productiekost	Milieukost	Sociale productiekost
AP 600 nucleaire centrale	1.18	0.04	1.22
PWR nucleaire centrale	1.24	0.04	1.28
MHTGR nucleaire centrale	1.67	0.04	1.70
STEG	1.31	0.42	1.74
Windmolens: kust	1.81	0.04	1.85
STEG: stadsverwarming	1.68	0.19	1.86
STEG: hogetemperatuur-warmte voor de industrie	1.48	0.41	1.90
Poederkool	1.38	0.73	2.10
Gasmotoren	2.00	0.13	2.2
Poederkool	1.41	0.80	2.21
Poederkool: supercritical	1.37	0.97	2.34
Verbranding huishoudelijk afval	1.76	0.61	2.38
Windmolens in zee	2.35	0.04	2.39
IGCC: steenkoolvergassing	1.67	0.75	2.42
Windmolens in de polders	2.62	0.04	2.66
Vergassing van hout + STEG	2.87	0.36	3.23
Windmolens in het binnenland	3.14	0.12	3.26
Gasturbine op aardgas	3.15	0.63	3.79
Gasturbine op kerosine	3.8	1.38	4.76

Bron: Commissie Ampere (conclusies en aanbevelingen), 2000, blz. 19

We zien dat de STEG-centrales, de meest waarschijnlijke vervanger van de kerncentrales, eveneens elektriciteit produceren aan een lage kostprijs per eenheid. Een ander economisch rendabel substituuut voor kerncentrales zijn windmolens. De milieukosten van

windmolens zijn zeer laag doordat ze geen schadelijke stoffen uitstoten. Windmolens hebben echter een beperkte capaciteit waardoor ze niet zullen kunnen voldoen aan (een belangrijk deel van) de Belgische elektriciteitsbehoefte. Windmolens zijn daarnaast ook enkel efficiënt indien ze aan de kust worden gebouwd. De beperkte kustlijn van België en het protest van de plaatselijke bevolking zullen voor extra problemen zorgen.

Andere energiebronnen zoals de centrales op basis van poederkool of op basis van aardgas zijn niet economisch rendabel. Ook de plaatsing van windturbines in de Noordzee blijkt economisch niet voordelig. Nochtans wenst de Belgische overheid minimaal twee vergunningen te verlenen voor de uitbating van windmolenparken in de Belgische territoriale wateren. (Eeckhout & Corthouts, 4 maart 2002, De Morgen)

Het is echter belangrijker te kijken naar de te verwachten evoluties van de kostprijzen per kWh in de toekomst. Zullen de verhoudingen van de productiekosten wijzigen tussen de verschillende energiebronnen? Wanneer de steenkoolcentrales door technologische innovatie milieuvriendelijker en rendabeler worden, zullen deze centrales een volwaardig alternatief zijn. De OESO verwacht geen significante verandering in de investeringskosten van nieuwe nucleaire centrales. De rendabiliteit van de toekomstige AP 600 en MHTGR nucleaire centrales (supra) verschillen weinig van de huidige PWR centrales. De competitiviteit van nucleaire centrales zal afhankelijk zijn van de kosten die men doorrekent van de emissies. Indien men de emissiedoelstellingen van de broeikasgassen en zwaveldioxide wenst te halen zullen de sociale kosten van de klassieke thermische centrales stijgen. De productiekost van elektriciteit zal daarnaast ook afhankelijk zijn van de grondstofprijzen. Zullen de olie- en gasprijzen stijgen in de toekomst? Zullen de uraniumprijzen stabiel blijven?

Een studie, uitgevoerd in opdracht van de OESO, vergelijkt de elektriciteitsproductiekosten tussen kerncentrales, steenkoolcentrales en aardgascentrales. Aan een discontovoet van 5 % hebben 7 van de 13 onderzochte landen een voordeel bij kernenergie. In tabel 3 zien we de resultaten (van het OESO-onderzoek) voor 8 van deze landen. Op korte termijn blijft kernenergie voor de meeste landen het kostenvoordeligst. Enkel in de landen waar er steenkoolmijnen en aardgasbronnen dicht bij de consument zijn, zoals de Verenigde Staten, is dit niet zo. Een tweede vaststelling is de grote variatie inzake kostprijs tussen de verschillende landen onderling. De geschatte kostprijs voor Japanse nucleaire elektriciteit

is 2.68 dollarcent hoger per kilowattuur dan Zuid-Koreaanse nucleaire elektriciteit, hoewel er geen indicatie is van een verschillende context.

Tabel 3: een vergelijkende studie inzake kostprojectie van elektriciteitsopwekking voor de periode 2005-2010 uitgedrukt in US cents (1997) per kWh. (discontovoet = 5 %)

	kernenergie	Steenkool	Aardgas
Frankrijk	3,22	4,64	4,74
Rusland	2,69	4,63	3,54
Japan	5,75	5,58	7,91
Korea	3,07	3,44	4,25
Spanje	4,10	4,22	4,79
USA	3,33	2,48	2,33 – 2,71
Canada	2,47 - 2,96	2,92	3,00
China	2,54 - 3,08	3,18	

Bron: World Nuclear Association, 2002

Alle wetenschappelijk betrouwbare studies tonen aan dat de productiekosten voor de elektriciteitsproductie via kernenergie lager is dan de productie via andere energiebronnen. Sommige bronnen beweren dat bij de prijs in kWh nog vele externe kosten moeten bijgeteld worden door het kernafval en de ontmanteling. Deze bewering is niet correct. Vele externe effecten zijn reeds in de prijs vervat.⁵

Andere bronnen argumenteren dat het hoge gebruik van kernenergie in België in de jaren zeventig en vooral in jaren tachtig niet heeft geleid tot een daling van de elektriciteitsprijzen. Hierdoor concluderen ze dat kernenergie economisch niet rendabel is. (Reynebeau, 2000, blz. 4) Deze argumentatie is echter niet geldig in een situatie van een imperfecte markt zoals de elektriciteitsmarkt gedurende vele decennia. Electrabel had op de Belgische elektriciteitsmarkt een quasi-monopolie en kon dus een hogere winstmarge vragen.

⁵ De producenten hebben al voldoende provisies aangelegd om de ontmanteling van de kerncentrales en het beheer van het kernafval te betalen. De kosten voor de behandeling, conditionering en berging van het nucleaire afval worden bijvoorbeeld geschat op 1.5 miljoen euro. De provisies aangelegd door de maatschappij Synatom bedroegen in 1999 al bijna 1,8 miljard euro. Deze provisies worden betaald door de producenten van het nucleaire afval. Ook de ontmantelingskosten van de kerncentrale gebeuren door provisies aangelegd door Electrabel en SPE. We kunnen dus aannemen dat de kosten van de toekomstige ontmanteling en het beheer van het kernafval doorgerekend zullen worden aan de consumenten door de elektriciteitsproducenten. Deze kosten zijn dus niet extern maar intern. Andere kosten, zoals de risico's van straling, zijn wel extern. (zie 2.3.2d) (Commissie Ampere, 2000, blz. 81)

b) Diversificatie van de energiebronnen

Een voldoende grote diversificatie inzake elektriciteitsproductie is belangrijk om een asymmetrische schok in de primaire energiemarkt op te vangen. Tijdens de twee oliecrisisen in de jaren zeventig werd dit duidelijk. Een plotse stijging van de olieprijs had een belangrijke invloed op de prijs van elektriciteit en op de westerse economieën. Hierdoor hebben vele industriële landen overgeschakeld van klassieke thermische centrales op basis van aardolie naar nucleaire centrales. Door deze koersverandering werd men minder afhankelijk van de OPEC-landen. De betere geografische spreiding van de wereldreserves aan uranium bieden bovendien een goede garantie voor een probleemloze bevoorrading en een stabielere prijs van uranium. (zie strategische keuze)

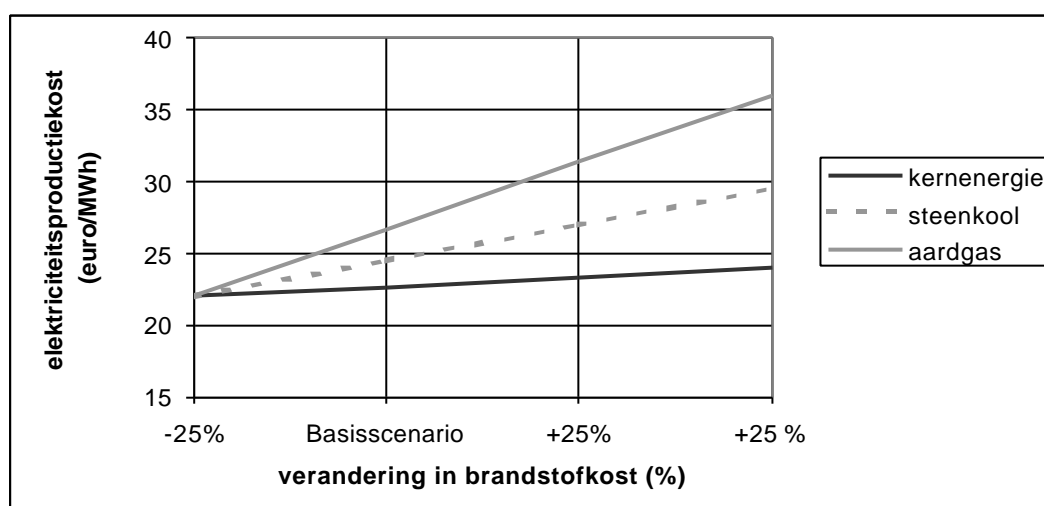
c) Strategische keuze

De behoefte aan uranium per jaar is beperkt. Voor een productie van 1000 kWh elektriciteit heeft men de grondstof kiezen: 350 kg steenkool, 250 liter aardolie, 300 m³ aardgas of 4 gram uranium. (Reynebeau, 2000, blz. 28) Deze kleine hoeveelheid brandstof die men nodig heeft voor de werking van een kerncentrale zorgt ervoor dat men gemakkelijker een strategische voorraad kan aanleggen. Een onzekere periode, met hoge grondstofprijzen of onzekere bevoorrading, kan hiermee overbrugd worden. Daarbij zorgt de meer geografische spreiding van de uraniumvoorraden voor een grotere zekerheid inzake energieprijzen. De uraniumvoorraden bevinden zich in politiek stabielere regio's zoals Australië, Canada, Kazachstan. Olie en gasvoorraden daarentegen bevinden zich vooral in het Midden-Oosten, een regio die al vele decennia politiek onstabiel is.

Kernenergie wordt gezien als een belangrijke energiebron voor de toekomst aangezien de fossiele brandstoffen schaars zijn. Volgens schattingen van de Europese Commissie zullen de Europese olievelden in 2030 al volledig uitgeput zijn. Na deze periode zullen we nog afhankelijker worden van Russisch aardgas en de aardolie uit het Midden-Oosten. “We mogen daarbij niet vergeten dat kernenergie precies werd ontwikkeld om onze afhankelijkheid van olie te verkleinen en crisisen zoals we die in het begin van de jaren zeventig gekend hebben, te vermijden” (Gillerot, 2002, blz. 40)

Een Finse studie heeft in 2000 de brandstofprijssensitiviteit van de elektriciteitsproductiekosten geanalyseerd. Het doel was na te gaan welke effecten een verhoging van de aardgasprijs, steenkoolprijs en uraniumprijs heeft op de elektriciteitsprijs. Figuur 5 geeft de resultaten weer. Een verhoging van de brandstofkost voor kerncentrales uit zich in een kleine wijziging in de elektriciteitsproductiekost. Bij een stijging van de steenkool- en aardgasprijzen daarentegen zal de elektriciteitsproductiekost sterk stijgen. “Een verdubbeling van de brandstofprijzen resulteert in een stijging van 9 % bij kernenergie, 31 % bij steenkool en 66 % voor aardgas.” (World Nuclear Association, 2002a, blz. 5)

Figuur 5: de impact van de brandstofkosten op de productiekost van elektriciteit



Bron: World Nuclear Association, 2002a, blz. 5

In 2000 (basisscenario) merkte men in Finland reeds een voordeel voor kernenergie ten opzichte van de andere energiebronnen. De productiekost voor een eenheid nucleaire elektriciteit was beduidend lager dan de productiekost voor een andere eenheid elektriciteit. Wanneer men een gelijke stijging van de brandstofprijzen verwacht in de toekomst, kiest men beter voor kernenergie. Bij een sterke daling van de brandstofprijzen zullen gascentrales competitiever zijn. De Europese Commissie en de Ampere-commissie verwacht een stijgende aardolie- en aardgasprijs. (Commissie Ampere, 2000, blz. 23-32) Op basis van deze vooruitzichten kan men een keuze voor kernenergie verantwoorden.

d) *Ecologische voordelen*

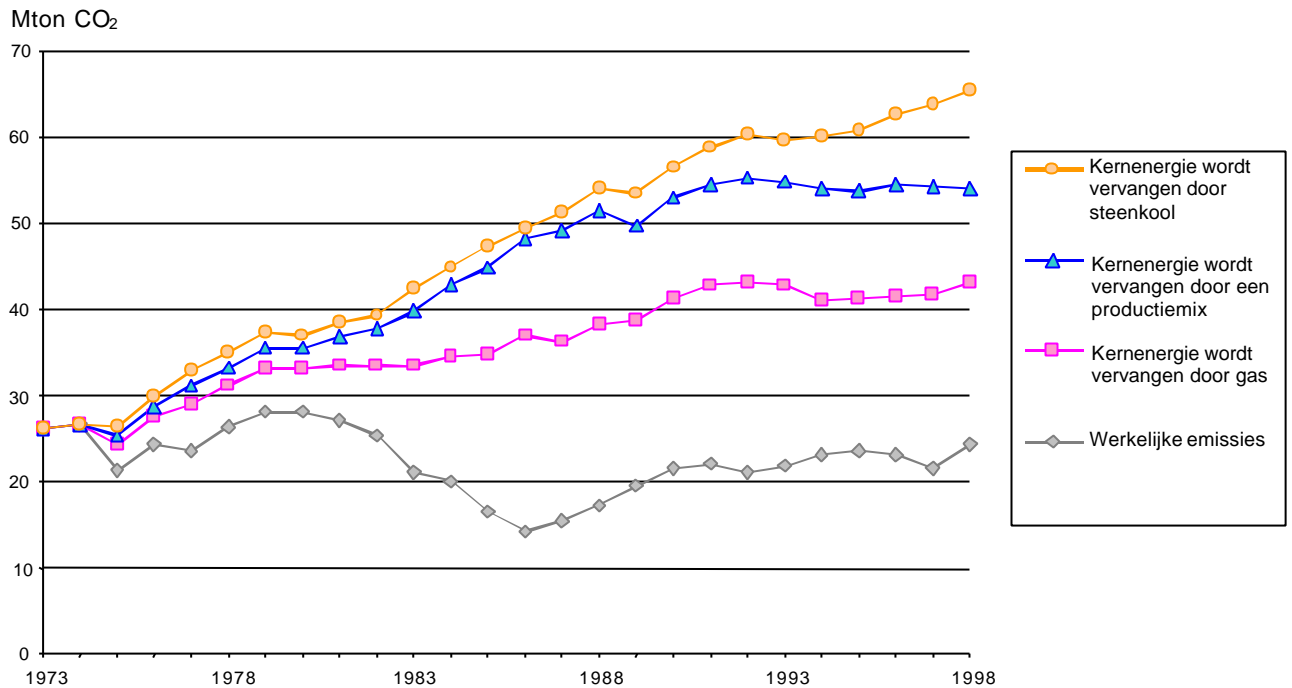
De uitstoot van CO₂ is in de laatste drie decennia relatief stabiel gebleven mede dankzij het gebruik van kernenergie. Bij de opwekking van elektriciteit via kerncentrales wordt er een verwaarloosbare hoeveelheid CO₂ gegenereerd. Enkel de randactiviteiten zorgen voor een kleine emissie. Het Franse *Electricité de France* en het Duitse *öko*-instituut schatten de CO₂-emissie op 6 respectievelijk 35 gram CO₂ per kWh voor de elektriciteitsproductie via kernenergie. (Arbeid & Milieu, p. 13) Ter vergelijking: de Belgische elektriciteitsproductie zorgt voor een emissie van 300 gram CO₂ per kWh.⁶ (Commissie Ampere: executive summary, 2000, blz.95) (zie 3.3.1)

Figuur 6 geeft het resultaat weer van een VITO-studie over de werkelijke CO₂-uitstoot als gevolg van de elektriciteitsproductie in België en wat de evolutie van de emissie van CO₂ zou kunnen zijn indien men in 1973 een ander beleid zou hebben gekozen. In deze retrospectieve studie substitueert men dan de kernenergie door andere energiebronnen: steenkool, aardgas en een brandstoffenmix. De werkelijke emissies zijn sedert 1973 constant gebleven in de elektriciteitssector. We zien dat er vooral eind de jaren zeventig een sterke daling is van de CO₂-uitstoot dankzij de nieuwe kerncentrales. In 1973 was de geschatte emissie van CO₂ 26 miljoen ton. Deze hoeveelheid daalde tot 14 ton in 1986 waarna er een stijgende trend merkbaar was tot 25 miljoen ton in 1998. Zonder de kerncentrales zouden de CO₂ emissies in 1998 waarschijnlijk dubbel zo hoog zijn. De Commissie Ampere schat dat de inzet van kernenergie het mogelijk maakt om jaarlijks de CO₂-emissie met ongeveer 35 miljoen ton te verminderen. We kunnen dus concluderen dat kernenergie de jaarlijkse CO₂ uitstoot reduceert. (Commissie Ampere, 2000, p 75)

Ook de uitstoot van andere milieuvervuilende stoffen zoals SO₂, NO_x en vlieggas zijn voordeliger bij elektriciteitsproductie via kernenergie. “Men schat dat de hoeveelheid van deze drie emissies bij de werking van een kerncentrale ongeveer een derde zijn van de totale emissie van een korf van fossiele centrales.” (Reynebeau, 2000, blz.31)

⁶ De uitstoot van CO₂ bij steenkool- en poederkoolcentrales varieert tussen de 650 en 800 gram CO₂ per kWh en bij STEG-centrales tussen de 300 en 400 gram CO₂ per kWh.

Figuur 6: CO₂-uitstoot voor verschillende werkhypothesen



Bron: Commissie Ampere, 2000, blz. 75

Een ander ecologisch voordeel is dat men het gebruik van de zeer schaarse goederen zoals aardolie en aardgas reduceert. Fossiele grondstoffen kunnen gebruikt worden voor vele duurzame goederen zoals polymeren en koolstofvezels. Uranium daarentegen kan bijna alleen gebruikt worden voor de productie van energie. (Uranium wordt soms nog gebruikt in de glasindustrie) Indien men een beleid van duurzame ontwikkeling wenst te volgen, is het beter om de fossiele grondstoffen als grondstof te gebruiken voor de productie van duurzame goederen en voor de petrochemie waar het gebruik van aardolie onvervangbaar is. (Commissie Ampere, 2000, blz. 72)

e) Onvoldoende alternatieven

Wanneer men de kerncentrales wenst te sluiten, moeten er goede en betrouwbare alternatieven zijn. De commissie AMPERE beveelt STEG-centrales aan als het beste alternatief omdat deze centrales lage sociale productiekosten hebben. Wanneer men echter elektriciteit produceert via aardgas zal de CO₂-emissie stijgen waardoor de realisatie van de Kyotonorm een grotere inspanning zal eisen. Daarnaast is men zeer afhankelijk van de prijs van aardgas omdat er een beperkte diversificatie is. Voor een energiebeleid op lange

termijn moet men er rekening mee houden dat de gasreserves eindig zijn waardoor gas niet als een volwaardig alternatief op lange termijn kan gezien worden. Om die afhankelijkheid ten opzichte van natuurlijk aardgas te reduceren moet men dus op zoek gaan naar andere energiebronnen. Hierbij moet gedacht worden aan de vele mogelijke hernieuwbare energiebronnen: windenergie, biomassa en elektriciteit uit warmtekrachtkoppelingen.

Er zijn echter vele nadelen aan deze hernieuwbare energiebronnen. Bij windenergie is de elektriciteitsproductie onzeker aangezien deze energievorm afhankelijk is van de weersomstandigheden. Daarnaast is er veel protest van de lokale bevolking tegen de plaatsing van windmolens. Windmolens zouden het uitzicht op het landschap bederven en windmolens zouden nadelig zijn voor vogels, de visvangst en de scheepvaart.

De totale productiecapaciteit van iedere hernieuwbare energiebron is beperkt waardoor een volledige vervanging van kernenergie door deze energiebronnen als onrealistisch wordt gezien. De Belgische overheid heeft zich ten aanzien van Europa geëngageerd om de elektriciteitsproductie via hernieuwbare bronnen te verhogen tot minstens 6 % van de totale elektriciteitsproductie, maar men vreest dat de realisatie van een hoger percentage moeilijk zal zijn op het Belgisch grondgebied. (Eeckhout & Corthout, 4 maart 2002, De Morgen)

Vele wetenschappers hopen op kernfusie als energiebron op lange termijn. Hierbij worden twee atomen met een lichte nucleï (vb. waterstof) samengevoegd tot een zware kern. In de natuur is dit de meest verspreide energiebron. Een ster en een waterstofbom werken volgens het principe van een thermonucleaire fusie. De technologische uitdaging ligt in het feit dat atomen slechts fusiëren bij een temperatuur van enkele tientallen miljoenen graden Celsius. Maar eens wetenschappers dit proces voldoende zullen beheersen, zal de maatschappij over een bijna onuitputtelijke bron van energie beschikken die bijna geen kernafval zal produceren. Het enige mogelijke nadeel is de kostprijs. Men vreest dat de productiekost te hoog zal zijn om competitief te zijn met andere energiebronnen. “Na een halve eeuw wetenschappelijk onderzoek is er al veel vooruitgang geboekt inzake kernfusie, maar er is echter nog veel noodzakelijk onderzoek nodig zodat het commercieel gebruik van kernfusie niet voor 2020 wordt verwacht. “ (Commissie Ampere, 2000, blz. 89) Om deze reden kunnen we kernfusie niet beschouwen als een goed substituut voor de huidige kernsplijting.

f) De kwaliteit van de Belgische kerncentrales

De Belgische PWR-reactoren worden door vele experts beschouwd als de veiligste soort. Om de 10 jaar kijkt men ze grondig na en er is een dubbele betonnen koepel die elke straling zou moeten tegenhouden in geval van een ongeval. Daarnaast zouden de koepels moeten bestand zijn tegen aardbevingen, overstromingen en inslaande vliegtuigen.⁷ Dankzij deze vele veiligheidsmaatregelen zijn de Belgische kernreactoren veiliger dan de Russische RBMK-reactoren en is de kans op een kernramp zoals het Tsjernobyl-ongeval nihil. Na het ongeval in Three Mile Island (zie 2.3.2.b) werden er vele maatregelen getroffen. De reactor van Three Mile Island was namelijk een PWR-centrale analoog aan de reactoren in België. De uitrusting, de procedures en het beheer van ongevallen werden dan ook aangepast. De strikte controle op de veiligheid en de navolging van de reglementering gebeurt door de overheidsinstelling AVN.

g) Tewerkstelling

Vaak wordt beweerd dat er bij een kernuitstap een verlies aan werkgelegenheid zal zijn. Het is echter moeilijk om een waarheidsgetrouwe jobbalans op te stellen. Volgens Chris Vanmol van het ACV zal de uittrekking uit de elektronucleaire elektriciteitsproductie een negatief effect hebben op de werkgelegenheid. Niet alleen bij Electrabel, waar er 1875 mensen op de nucleaire sites werken, maar ook bij contractanten en de controle-organismen die instaan voor de specifieke omkadering van de nucleaire elektriciteitsproductie. De indirecte tewerkstelling van kernenergie wordt geschat op ongeveer 2000 mensen. Electrabel daarentegen verzekert dat de kernuitstap niet zal leiden tot een daling van de werkgelegenheid. Volgens Vantemsche van Electrabel zijn er tot 2015 geen redenen om het personeelsbestand in te perken. “Er zijn namelijk voldoende en goede werkkrachten nodig om de veiligheid te garanderen. Daarna zal er behoefte zijn aan extra arbeidskrachten om de kerncentrales te ontmantelen.” (De Zevende Dag, 2002)

De energiebronnen die kernenergie in de toekomst zullen vervangen, bepalen waar en hoeveel jobs er zullen ontstaan of verdwijnen. Sommige energiebronnen zijn namelijk

⁷ In het verleden is gebleken dat bij (virtuele)test de beschermingskoepel een crash met een militair vliegtuig zonder noemenswaardige schade aan de kernreactor hebben overleefd. Een analoge test met een commercieel vliegtuig (zoals bvb een Boeing 767 volgeladen met kerosine) werd in 2002 virtueel uitgevoerd op basis van data van de aanslag van 11 september 2001. (NEI, 2003)

arbeidsintensiever dan andere. Onderzoek van de arbeidsintensiviteit van de verschillende energiebronnen zijn schaars voor de Belgische energiemarkt. Buitenlandse studies en ervaringen wijzen erop dat windenergie, zonne-energie en energie uit biomassa zeer arbeidsintensief zijn. (Arbeid & Milieu, 2001, blz. 48) Vooral onrechtstreeks bezorgen deze energiebronnen voor extra tewerkstelling. Denken we hierbij aan de metaalsector, de bouwsector en de dienstensector. Er zal namelijk nood zijn aan meteorologen, onderhoudsdiensten en tal van ingenieurs. Ook de leveranciers van grondstoffen zoals steenkool, aardolie en aardgas zullen terug aan belang winnen. De totale capaciteit van hernieuwbare bronnen is echter beperkt waardoor de hoge arbeidsintensiviteit van deze energiebronnen leidt tot een beperkt aantal jobs.

Een andere factor in de tewerkstellingsbalans heeft te maken met het aandeel energie dat niet meer zal worden geproduceerd. Energiebesparing en een verhoging van de energie-efficiëntie dringen zich vandaag op, en de kernuitstap zal deze tendens enkel nog versterken. (Arbeid & Milieu, 2001, blz. 50) Het toekomstig rationeel energiegebruik zal voor nieuwe jobs zorgen die zich zullen uitspreiden over een aantal sectoren. Vooral de bouwsector zal hierbij een sterke impuls ervaren doordat het nieuwe beleid vernieuwde bouwtechnieken en betere isolatiematerialen zal eisen. Daarnaast is er ook potentieel aanwezig voor bijvoorbeeld energieconsulenten en energieauditeurs. In welke mate deze sectoren zich zullen ontwikkelen, en welke tewerkstellingskansen zich daarbij stellen, is echter opnieuw afhankelijk van heel wat factoren. Vooral het overheidsbeleid inzake rationeel energiegebruik zal bepalend zijn.

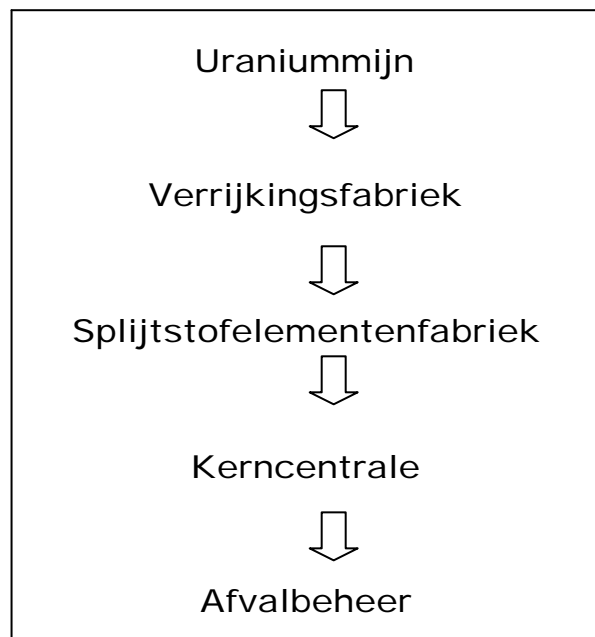
Het is dus niet duidelijk wat het effect zal zijn van de kernuitstap op de Belgische werkgelegenheid. De jobs op de nucleaire sites zullen op lange termijn zeker verdwijnen. Maar daarnaast zullen er jobs gecreëerd worden in de hernieuwbare en alternatieve energieproductie. Macro-economisch kan men stellen dat het sociaal effect waarschijnlijk nihil zal zijn. De vakbonden wijzen er echter op dat de kernuitstap zal gepaard gaan met grote jobrotatie, tijdelijke werkloosheid en laag betaalde jobs bij contractanten. (Arbeid & Milieu, 2001, blz. 53)

2.3.2. Argumenten contra kernenergie

a) De vele risico's doorheen de productieketen

Doorheen de splijfstofketen zijn er tal van risico's. Figuur 7 geeft een overzicht weer van de splijfstofketen van de winning van uranium tot het beheer van het afval. Bij elke fase van de keten zijn er tal van risico's.

Figuur 7: de splijfstofketen



Bron: Arbeid & Milieu, 2001, blz. 6

De splijfstofketen begint bij de winning van uranium in de mijn. Hierbij komen radium en radon vrij, twee schadelijke stoffen voor de gezondheid van de mens. Er is een risico op stralingsbesmetting voor de lokale bevolking en voor de vele mijnwerkers. Dit is vooral het geval in landen waar de veiligheidsvoorschriften minder streng zijn.

Na de winning van uranium wordt het uraniumerts verrijkt. Natuurlijk uranium bestaat slechts uit 0.7 % U^{235} , het atoom die kan gebruikt worden voor een kernsplijting. In een verrijkingfabriek wordt de concentratie van U^{235} ten opzichte van U^{238} verhoogd door middel van fluor. Fluor kan echter bij een ongeval milieuschade en gezondheidsproblemen veroorzaken bij de bevolking zoals bij de scheepsramp van Mont Louis in 1984. (Arbeid & Milieu, 2002, blz. 10)

Het verrijkte uranium wordt in splijtstofstaven geplaatst om zo splijtstofelementen te verkrijgen. Deze splijtstofelementen worden later in de kernreactor ingebracht en zorgen voor de nodige brandstof. In België is er een uranium- en plutoniumsplijtstoffabriek in Dessel (het FBFC). De werknemers lopen het gevaar van blootstelling aan de radioactieve straling van uranium en andere zware metalen. (Arbeid & Milieu, 2002, blz.10)

Ook in de kerncentrale zelf zijn er tal van risico's. Er kan corrosie optreden van de brandstofomhulsels waardoor kernsplijtingsproducten in de primaire kringloop van het koelwater terecht komen. Het koelwater zelf wordt later nog gezuiverd in filters maar toch komen er steeds minieme lozingen van lichtradioactief afval voor. Vloeibaar tritium, edelgassen en jodium wordt geloosd in het water en in de lucht.

Een ander probleem is de thermische pollutie. Wanneer het koelwater in de derde kringloop niet voldoende afkoelt, door bijvoorbeeld een te lage koeltoren, dan stroomt het warme water terug in de nabijgelegen rivieren. Hierdoor stijgt de watertemperatuur van de waterloop, wat een negatieve impact heeft op de bestaande fauna en flora.

De splijtstofketen veroorzaakt steeds afval. Daarom is het noodzakelijk om zowel op korte als op lange termijn een degelijk, wetenschappelijk onderbouwd afvalbeheer uit te voeren. Dit moet negatieve gevolgen voor de huidige generatie en zeker ook voor de volgende generaties minimaliseren. Door de omvang van het kernafvalprobleem en de grote angst bij de bevolking voor dit probleem, zullen we het afvalbeheer verder analyseren in het volgend argument contra het gebruik van kernenergie. (zie 2.3.2.b)

De vele kernongevallen en –rampen in de korte geschiedenis van de kernenergie illustreren het feit dat al deze risico's niet enkel theoretisch zijn.⁸ Tussen 1942, bij de ontwikkeling van kernenergie, en 2003 zijn er reeds 5 zware ongevallen bekend:

⁸ Het feit dat privé-verzekeraars niet bereid zijn om de volledige financiële verantwoordelijkheid te dragen voor de werking van een kerncentrale, kan gezien worden als een indicatie dat de kans op een kernramp met zware gevolgen niet nihil is. (Sustainable Development Commission, 2002, blz. 2)

Windscale

In 1957 vatte bij het Engelse Windscale (nu Sellafield genoemd) een kernreactor met een militaire doelstelling, vuur. Om kinderen te beschermen tegen radioactiviteit werden o.a. grote hoeveelheden melk aan de consumptie onttrokken.

Kysjtym

Op 29 september 1957 is in een militair domein bij Kysjtym in het Oeralgebergte een tank met radioactieve vloeistof door oververhitting geëxplodeerd. Er kwam daarbij 20 miljoen curie radioactiviteit vrij. Ongeveer 450 000 mensen raakten (licht) radioactief besmet.⁹ Ruim 10 000 mensen moesten tijdelijk elders worden gehuisvest en 60 000 ha landbouwgrond was lange tijd onbruikbaar.

Three Mile Island

Op 28 maart 1979 vond in een nieuwe kerncentrale (type PWR) op Three Mile Island, nabij Harrisburg in de staat Pennsylvania, een ernstige ongeluk plaats. Wegens het falen van een pomp viel de koeling van de reactor uit. Mede door daaropvolgende menselijke fouten en technische defecten liep de temperatuur in de reactorkern op tot 2200 graden Celsius, waardoor de kernreactor gedeeltelijk wegsmolt. De inwendige structuur en een groot gedeelte van de splijtstofelementen werden beschadigd en radioactief water en gas ontsnapten uit de koepel van de kernreactor. (Hodgson, 1999, blz.81)

Toen 2 dagen later bekend werd dat er zich boven de reactor een radioactieve wolk bevond en dat de dag voordien licht radioactief water was geloosd in de Susquehannarivier, beslisten vele tienduizenden Amerikanen om tijdelijk het gebied te verlaten. In werkelijkheid zou ongeveer de helft van de bevolking zijn weggetrokken.

Als gevolg van deze kernramp ontpopten er zich vele demonstraties tegen het gebruik van kernenergie over de hele wereld. Velen vreesden voor een herhaling van het ongeval omdat er vele kernreactoren waren (en zijn) van hetzelfde type. Ook in België waren er vele protesten omdat de drie bestaande kerncentrales op het Belgisch grondgebied allen van hetzelfde type waren.

Tsjernobyl

De zwaarste kernramp tot op heden vond plaats op 26 april 1986 in Tsjernobyl (gesitueerd op ca. 80 km ten noorden van de Oekraïense hoofdstad Kiev), met verstreckende en langdurige gevolgen. Het ongeluk deed zich voor in kernreactor Tsjernobyl-4 met een elektrisch vermogen van 1000 MW. De kernreactor was van het type RBMK dat alleen in de Sovjet-Unie gebruikt worden. Evenals in de ergens anders gangbare kokendwaterreactoren wordt de stoom voor de aandrijving van de generatoren in deze reactor zelf gevormd en de afremming (moderator) van de neutronen gebeurt door grafiet in plaats van water. Gevolg hiervan is dat de reactor niet onder alle omstandigheden zelfregelend is. Bij het testen van een nieuw veiligheidssysteem voor de reactor, rezen er moeilijkheden. Het personeel die instond voor de controle omzeilde het ene voorschrift na het andere. Hierdoor raakte de reactor in een instabiele toestand, waarin de warmteproductie explosief toenam. (Hodgson, 1999, blz. 90)

Door de hitte werd de reactor grotendeels vernield en het grafiet ging wekenlang branden. Van bedrijfs- en brandweerpersoneel vonden 31 personen de dood ten gevolge van extreme blootstelling aan straling. Door de hevige brand, die pas weken later kon worden gedoofd, werd de vrijkomende radioactiviteit hoog de lucht ingevoerd, zodat deze zich over grote delen van Europa verspreidde. Mede daardoor viel de radioactieve besmetting ter plaatse nog mee. Er werden echter extreme stralingen gemeten in Oostenrijk en Zweden.¹⁰ Vele duizenden militairen en 'vrijwilligers' hielpen met het opruimen van het in de omgeving verspreide radioactieve materiaal. Nadat de getroffen reactor in een betonnen sarcofaag was opgesloten en maatregelen waren getroffen tegen opwaaiend radioactief stof, werden de andere drie reactoren terug geactiveerd om zo de regio van de nodige energie te voorzien.

Lange tijd bleven volledige dorpen en steden geëvacueerd in de regio. In West-Europa werden vele partijen voedsel afgekeurd. Verdere gevolgen waren verscherpte voorschriften voor de RBMK-reactoren en een tijdelijk moratorium op de bouw van nieuwe centrales. Er was ook een duidelijk toegenomen weerstand tegen de bouw van kerncentrales zowel in de Sovjet-Unie als elders in Europa. (zie 2.3.2.c) Over het aantal slachtoffers bestaat er discussie. De National Radiological Protection Board schat het

⁹ Blootstelling aan ioniserende straling kan verschillende vormen van kankers en genetische afwijkingen veroorzaken.

aantal doden ten gevolge van de radioactieve straling op 1000. Andere bronnen schatten het aantal doden zelfs op 40 000 op langere termijn. (Hodgson, 1999, blz.90)

Tokaimura

Het ongeluk in Tokaimura (op 110 kilometer van de Japanse hoofdstad Tokio) van 30 september 1999 gebeurde als gevolg van een menselijke fout. De werknemers van de kerncentrale gebruikten stalen emmers om het uranium naar de reactor te brengen. Deze procedure was nochtans in strijd met de veiligheidsregels. Om tijd uit te sparen stopten ze te veel uranium in de stalen emmers waardoor een kernreactie buiten de kernreactor ontstond. De directe omgeving van de kerncentrale werd blootgesteld aan een straling van 15 000 keer de maximum toegelaten straling. Meer dan 400 mensen werden blootgesteld aan een kankerverwekkende dosis en zeker 2 werknemers stierven kort na de blootstelling. (De Financieel Economische Tijd, 12 mei 2000)

Andere ongelukken

Behalve de hierboven beschreven rampen zijn er nog diverse andere ongelukken gebeurd, zoals bijvoorbeeld het neerstorten van bommenwerpers die kernwapens vervoeren, het zinken van kernonderzeeërs (vb de Koersk) en diverse kleinere ongelukken bij kernenergiecentrales. Hierbij kwam er weinig of geen radioactiviteit vrij.

b) Het langdurig afvalbeheer

Op het einde van de productiecycclus van elektriciteit via kernenergie is er steeds het probleem van het kernafval. Alles wat tijdens de elektriciteitsproductie in contact is gekomen met de kernsplijting is radioactief geworden. Deze materialen zijn niet meer bruikbaar voor de mens en moeten voor lange tijd veilig opgeborgen worden. De Belgische kerncentrales produceren jaarlijks naar schatting 500 gram afval per inwoner, waarvan 15 gram met een hoge activiteit. De Commissie Ampere argumenteert dat dit

¹⁰ De eerste melding van een mogelijk kernongeval kwam er na enkele extreem hoge metingen van radioactiviteit in Zweden. Pas dagen later heeft de USSR het accident toegegeven.

jaarlijks slechts het volume van één balpen per gezin van 4 personen is en dat het kernafval bij een vergelijking met het andere afval nihil is.¹¹ (Commissie Ampere, 2000, blz. 80)

Een groot gedeelte van kernafval bestaat uit bestraalde brandstofelementen die na 3 tot 4 jaar uit de reactor verwijderd worden. “Men kan echter de gebruikte brandstof voor 95 % recycleren via een chemisch opwerkingsprocédé.” (Commissie Ampere, 2000, blz. 78) Daarom werd opwerking lange tijd gezien als een oplossing voor het afvalprobleem. Bij opwerking wordt de opgebrande splijtstof opgesplitst in uranium, plutonium en radioactief afval. Het opgewerkte uranium en plutonium kunnen dan opnieuw als brandstof in de kernreactor worden gebruikt.¹² Het gerecycleerde plutonium en uranium wordt de MOX kernsplijtstof genoemd. Doordat de opwerkingsfabriek Eurochemic in Dessel gesloten is, worden alle verbruikte splijtstofelementen opgewerkt in de opwerkingsfabriek van Cogéma in La Hague, Frankrijk. (Arbeid & Milieu, 2001, blz. 9) Na de nucleaire opwerking moet het verglaasd kernafval¹³ terug naar België worden getransporteerd. Dit gebeurt via nucleaire containertransporten tussen La Hague en Dessel. In Dessel laat men eerst het radioactief afval afkoelen in speciale bunkers gedurende ten minste 50 jaar. Voor de verdere opslag wordt er momenteel gezocht naar de wetenschappelijk beste oplossing. Het huidig onderzoek wijst in de richting van opslag van het kernafval in diepere geologische lagen in Dessel. Het probleem is echter dat het nucleaire afval ongeveer duizend jaar nodig heeft vooraleer de straling terug zijn oorspronkelijke waarden heeft. Maar zelfs wanneer er een technische oplossing voor het probleem is gevonden, hebben we nog het probleem van het ‘not in my backyard-syndroom’. (Nordhaus, 1997, blz. 102) De lokale bevolking zal steeds protesteren tegen de opslag van nucleair afval in zijn directe omgeving. Tot 1993 heeft men in België gekozen voor opwerking, sedertdien echter heeft de Belgische overheid beslist om deze optie niet meer te steunen wegens de gevaren van het nucleaire transport en de hoge graad van radioactiviteit van het afval.

Wel kan men stellen dat de producenten van kernenergie hun verantwoordelijkheid op zich nemen inzake afval en dat ze dit dan ook in hun prijs incalculeren. Al het radioactief afval blijft in het bezit van Belgoprocess en Synatom (tijdens het transport). Deze bedrijven garanderen de veiligheid en een verantwoord beheer van het afval.

¹¹ Jaarlijks produceert iedere Belg 300 kilogram huishoudelijk afval en 2400 kilogram industrieel afval waarvan 100 kilogram toxisch afval is. (Commissie Ampere, 2000, blz. 80)

¹² In België wordt de MOX, een mengsel van plutoniumoxide en uraniumoxide, als brandstof gebruikt in de kernreactoren Doel-3 en Tihange-2. (Commissie Ampere, 2000, blz.78)

¹³ Om de risico's bij hoog radioactief afval te beperken, wordt het kernafval geconditioneerd. Meestal wordt het kernafval in glas gegoten. (Arbeid & Milieu, 2001, blz. 9)

c) *Het democratisch deficit*

De installatie van nieuwe nucleaire elektriciteitscentrales zal in een democratie afhankelijk zijn van de publieke opinie. De publieke opinie beïnvloedt namelijk de politieke besluitvorming waardoor de politieke wereld de wil van de bevolking in grote mate zal volgen. Bij de discussie over het gebruik van kernenergie blijkt echter dat er nieuwe kerncentrales gebouwd worden ondanks de weerstand bij de bevolking. Vaak wordt er op gewezen dat er bij een rechtstreeks referendum waarschijnlijk geen meerderheid voor een verdere uitbouw van het Belgisch kernenergiepark zou zijn.

Een goede indicatie voor de publieke opinie inzake kernenergie wordt gegeven door de Eurobarometer, een opiniepeiling die over de gehele Europese Unie wordt uitgevoerd. In deze opiniepeiling werd de volgende vraag gesteld:

“Welke van de volgende drie stellingen benadert het dichtst uw opinie inzake de ontwikkeling van kernenergie?”

- A. Het is de moeite waard
 - B. Geen specifieke interesse/ noch ontwikkelen noch opgeven¹⁴
 - C. Een onaanvaardbaar risico
 - D. Ik weet het niet
- (Bron: Johnson, 1999)

Tabel 4 geeft de resultaten van de Eurobarometer weer. De duidelijkste evolutie is de scherpe daling in 1986 van de ondervraagden die een ontwikkeling van kernenergie waardevol vinden. Deze daling wordt veroorzaakt door de kernramp in Tsjernobyl. In de jaren na de kernramp blijkt dat meer dan de helft van de ondervraagden kernenergie een onaanvaardbaar risico vindt. Een continue daling van de steun van de bevolking aan kernenergie is er echter op lange termijn niet. Het percentage van de ondervraagden die het gebruik van kernenergie een onaanvaardbaar risico vinden, was in 1996 zelfs iets lager dan in 1978.¹⁵ Er is wel een trend naar een meer neutrale houding. Deze neutrale houding

¹⁴ In 1987 wijzigde de omschrijving van keuzemogelijkheid B. In plaats van “geen specifieke interesse” werd de keuzemogelijkheid: “noch ontwikkelen noch opgeven”. Hierdoor is het mogelijk dat er een zekere discontinuïteit ontstaat door de gewijzigde keuzemogelijkheid. (Johnson, 1999, blz. 154)

¹⁵ Bij de interpretatie van de resultaten van de Eurobarometer moet men er rekening mee houden dat er in 1978 nog maar negen landen lid waren van de Europese Unie. Tussen 1978 en 1996 zijn

wordt volgens Johnson veroorzaakt door de visie van de bevolking op het energiebeleid op lange termijn. In de jaren zeventig was de herinnering aan de dubbele energiecrisis nog levendig en ook in de jaren negentig werd het duidelijk dat er alternatieven nodig zijn voor de schaarse fossiele brandstoffen. In deze periode beseftte de bevolking dat de ontwikkeling van kernenergie noodzakelijk is. In de jaren negentig is echter ook een groot gedeelte van de bevolking bewust van de mogelijke risico's van kernenergie, waardoor ze evenmin een positieve mening zullen hebben over kernenergie. (Johnson, 1999, blz. 154) In 1986 kwamen de kernramp en een daling van de olieprijs samen. Hierdoor had de bevolking meer angst voor de gevaren van kernenergie dan voor de gevaren van een energiecrisis.

Tabel 4: evolutie van de houding tegenover kernenergie in de Europese Unie tussen 1978 en 1996 (percentage van de antwoorden)

	A	B	C	D
1978	44	9	36	11
1982	38	10	37	15
1984	43	7	38	12
1986	27	7	55	11
1987	31	8	50	11
1989	28	6	51	15
1991	25	30	34	11
1993	20	33	38	9
1996	16	42	30	12

Bron: Johnson, 1999, blz.155

In de EU-lidstaten onderling is er echter een grote variatie in de opvatting omtrent kernenergie. De bevolking van de lidstaten met een bestaand kernenergiepark beoordelen kernenergie positiever dan gemiddeld. Lidstaten die grenzen aan de oude nucleaire sites van sovjetoorprong hebben een negatievere houding tegenover kernenergie. In Oostenrijk vindt bijvoorbeeld 69 procent van de bevolking kernenergie een onnodig risico. Dit hoog cijfer wordt veroorzaakt door de angst van de nabijgelegen Tsjechische en Slovaakse RMKB-centrales. Griekenland kent een analoge situatie.

er in 3 golven 6 landen lid geworden van de EU. Deze uitbreiding kan een invloed hebben op de resultanten.

Uit deze studie blijkt dat er in de Europese Unie tussen 1978 en 1996 nooit een meerderheid is geweest die de verdere ontwikkeling van kernenergie steunt. Om deze reden zou men kunnen besluiten dat de beslissing om nieuwe kerncentrales te bouwen tijdens de jaren tachtig niet democratisch was. Aan de andere kant was er enkel in de jaren na de Tsjernobyl-kernramp sprake van een meerderheid die kernenergie een onaanvaardbaar risico vindt. De Belgische overheid heeft dan ook in deze periode een moratorium op een verdere bouw van kerncentrales ingesteld waaruit blijkt dat de overheid in deze zaak niet onverschillig was voor de mening van de bevolking.

d) Externe kosten

Men neemt bepaalde risico's ten opzichte van de menselijke gezondheid en de natuur die niet aanwezig zijn bij het gebruik van andere energiebronnen. In bijna iedere stap van de nucleaire keten, van uraniummijn tot bij de berging van het nucleaire afval op lange termijn (zie figuur 7), worden er radioactieve stoffen geloosd die bijdragen tot een verhoogd kankerrisico en die een negatief effect hebben op fauna en flora. (Glorieux en Wauters in, De Financieel Economische Tijd, 28 februari 2002) Ook de beperkte aansprakelijkheid van Electrabel in geval van een kernongeval zorgt voor een externe kost. Men heeft bij Koninklijk Besluit bepaald dat de aansprakelijkheid voor Electrabel in geval van een kernramp beperkt blijft tot 300 miljoen euro. Wanneer de schade dit bedrag overschrijdt, staat de Belgische overheid borg voor de resterend financiële schadevergoeding. Als één van de vier kernreactoren van Doel zou exploderen zoals in Tsjernobyl moeten alle mensen in een ruime omgeving worden geëvacueerd (zelfs de evacuatie van Antwerpen lijkt hier niet ondenkbeeldig) en de haven van Antwerpen zou voor een onbepaalde tijd onbruikbaar worden voor transport en handel. De economische (en ecologische) schade zou hierbij enorm zijn. Zelfs een minimale kans op een kernramp van deze omvang zorgt voor extra kosten. Deze kosten zijn niet berekend in de stroomfactuur en zijn dus bijkomende kosten. (Vande Putte en Knapen, 2002)

e) De angst voor de verspreiding van kernwapens

Velen vrezen dat de grote hoeveelheid uranium en plutonium die verbonden is met de kerncentrales en de opgebouwde kennis van kernenergie misbruikt zal worden door terroristische bewegingen of onbetrouwbare regimes voor de productie van kernwapens. Dat die link aanwezig is, wordt meestal ontkend door de realiteit. Landen zoals Japan, Zweden en Zuid-Korea, die een uitgebreide kennis en ervaring hebben met kernenergie, hebben geen intentie om kernwapens te ontwikkelen. Landen die wel kernwapens hebben ontwikkeld, hebben bijna steeds de directe weg naar kernwapens toegepast. Hierbij bouwen ze militaire verrijkingsinstallaties los van de burgerlijke toepassing van kernenergie. Deze directe weg is gevolgd door de vijf landen die wettelijk kernwapens in hun bezit mogen hebben en door Israël. Irak, die de (burgerlijke) Tammuz 1 kerncentrale heeft gebruikt om kernwapens te ontwikkelen in de jaren tachtig, is hier echter een uitzondering. Deze nucleaire installatie werd vernietigd door het Israëliëse leger. (Nordhaus, 1997, blz. 104) De beslissing van een regime om kernwapens te produceren is dus niet economisch, maar vooral politiek geïnspireerd. Wanneer de wil er is bij een staat om kernwapens te ontwikkelen, is het moeilijk om dit proces tegen te houden. Andere naties kunnen de ontwikkeling van nucleaire wapens vertragen, maar de ontwikkeling zal niet gestopt worden. Ieder land met een voldoende industriële ontwikkeling is namelijk in staat om kernwapens te ontwikkelen. Het valt echter niet te ontkennen dat de verspreiding van de burgerlijke kerncentrales kan bijdragen tot een versnelde verspreiding van kernwapens. Er ontstaat namelijk een (gecontroleerde) handel in uranium en de kennis omtrent kernenergie wordt wereldwijd verspreid.

Een manier om te vermijden dat uranium zou gebruikt worden voor kernwapens en niet voor de vreedvolle elektriciteitsproductie, is de onderhandeling van een verdrag in 1968. Hierbij werd er overeengekomen dat er slechts 5 landen legaal kernwapens mogen ontwikkelen. Deze landen waren de VS, het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk, Rusland en China. Deze hadden reeds voor 1968 kernwapens ontwikkeld. Alle andere landen die het verdrag ondertekenen mogen geen kernwapens ontwikkelen en mogen andere landen niet helpen met de ontwikkeling ervan. Op deze belofte zal worden toegezien door het Internationaal Atoomagentschap (IAEA). In ruil voor deze belofte zal de groep van landen die geen kernwapens mogen ontwikkelen, wetenschappelijke en technische hulp krijgen bij de ontwikkeling van kerncentrales voor burgerlijk gebruik. Alle landen verklaarden ook

dat ze de wapenwedloop zullen reduceren (Charpin, Dessus en Pellat, 2000, blz. 226) Een probleem is echter dat verschillende landen zoals Israël, Pakistan en India geen lid zijn van deze internationale organisatie zodat er geen controle kan uitgevoerd worden bij deze staten.

Ondanks het feit dat er belangrijke voordelen zijn bij een elektriciteitsproductie via kernenergie zoals de kostprijs kan niemand ontkennen dat er heel wat risico's aan de productie ervan verbonden zijn. Het is de taak van de overheid om deze tegen elkaar af ter wegen en een optimale keuze te maken.

3. De economische impact van een kernuitstap

Een aantal regeringen hebben na de afweging tussen de voor- en nadelen beslist om de optie om voor kernenergie te kiezen te verbieden. Volgens hen zijn er te veel risico's verbonden met het commerciële gebruik ervan. Deze kernuitstap zal echter belangrijke gevolgen hebben voor deze landen. Vele sectoren in de economie zijn energie-intensief en kunnen dus een nadeel ondervinden van een kernuitstap. Ook de gezinnen en de andere bedrijven zullen een kost ondervinden door de verwachte prijsstijging. In dit derde deel zullen we dan ook de economische kost (of winst) analyseren wanneer een overheid beslist om uit kernenergie te stappen.

In een eerste hoofdstuk benaderen we de economische kost van de kernuitstap modelmatig. We maken daarbij gebruik van een model ontwikkeld door Nordhaus. Het model vertrekt vanuit een evenwicht tussen de vraag naar elektriciteit en het aanbod van elektriciteit. Dit evenwicht verandert wanneer het aanbod inkrimpt door de kernuitstap. In een tweede hoofdstuk bespreken we verschillende onderzoeken die de economische kost en de economische gevolgen hebben geschat voor verschillende landen. De verschillende landen die we bespreken zijn: Frankrijk, Zwitserland, Duitsland en Zweden. Duitsland en Zweden hebben reeds beslist om vervroegd uit kernenergie te stappen. Frankrijk heeft nagegaan wat de gevolgen bij verschillende scenario's zijn inzake elektriciteitsvraag en productiemix. Eén van de veronderstelde scenario's was een (vervroegde) phase-out.

In het derde hoofdstuk zullen we de economische gevolgen van een Belgische kernuitstap bespreken. Zullen de broeikasgasemissies toenemen? Welke energiebronnen zal België verkiezen na de kernuitstap? Zal deze verandering in de productiemix een extra kost veroorzaken voor de Belgische economie? Aan de hand van studies uitgevoerd door de Ampere Commissie en het ETE-onderzoeksinstituut van de KUL geven we een mogelijk antwoord op deze vragen.

3.1. Theorie

Een kernuitstap zal gevolgen hebben op de welvaart van mensen. Nordhaus probeert via een theoretisch model na te gaan wat deze welvaartsverandering zal inhouden. Vooral de reactie op de vraagstijging in de elektriciteitsmarkt krijgt daarbij aandacht. De economische en ecologische impact van een nucleaire phase-out zal namelijk afhangen van de toekomstige evolutie van de vraag naar elektriciteit en de mogelijke alternatieven voor nucleaire energie. Wanneer de vraag naar elektriciteit verder zal stijgen (zoals de tendens in het verleden) zijn er twee mogelijkheden in het geval van een kernuitstap. Ten eerste kan als gevolg van de vraagstijging en het dalende aanbod de prijs van elektriciteit stijgen. Hierdoor zal de vraag (gedeeltelijk) terugkeren naar zijn oorspronkelijk niveau. Een tweede mogelijkheid is dat men meer zal investeren in alternatieven. Welke alternatieven de energieproducenten zullen kiezen, hangt af van het overheidsbeleid en de marktevoluties. Wil men de Kyoto-doelstelling bereiken? Zal de aardgasprijs stijgen? (zie 3.3.2)

Wanneer de elektriciteitsvraag daalt, kan men de gedaalde productie door het wegvallen van kernenergie gemakkelijker opvangen. De overige centrales zullen voldoende energie produceren om aan de elektriciteitsbehoefte te voldoen. De economische kost zal hierdoor reduceren. We komen op deze optie van een vraagdaling terug in deel 4.

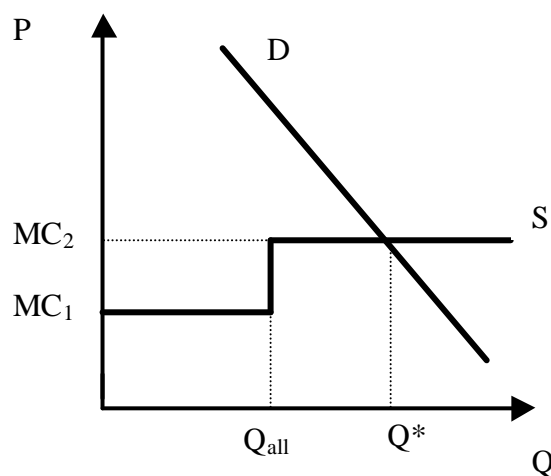
Om de impact van een kernuitstap te berekenen is het nuttig om de elektriciteitsvraag en het aanbod te schatten.¹⁶ Figuur 8 toont een vraag- en aanbodcurve van elektriciteit. De vraagcurve (D) heeft een normaal dalend verloop. Hoe duurder elektriciteit wordt, hoe minder vraag naar elektriciteit er is. Het aanbod (S) wordt voorgesteld als een stijgende getrapte curve. Eerst worden de energiebronnen gekozen met de laagste marginale kosten. Pas wanneer de vraag dit aanbod overtreft, zullen de energieproducenten nieuwe centrales construeren met een hogere marginale kost.¹⁷ Het snijpunt tussen de vraag en het aanbod geeft de prijs (P) van elektriciteit weer.

¹⁶ Een belangrijke opmerking hierbij is dat de elektriciteitsvraag gelijkgesteld wordt aan de vraag naar elektriciteit bij constante relatieve prijzen. (Nordhaus, p. 60)

¹⁷ In het model veronderstelt men dat er twee productiemogelijkheden zijn: centrales met een lage marginale kost (vb.: kerncentrales, windmolens aan de kust, STEG-centrales) en centrales met een hoge marginale kost (vb.: andere windmolens, cogeneratie). Men veronderstelt dat de energieproducenten rationeel zijn waardoor ze eerst de centrales met de laagste marginale kost zouden moeten kiezen.

De marktprijs van elektriciteit in een vrije markteconomie benadert de marginale kost van de laatst gebruikte capaciteit. De marginale kost bij het gebruiken van de bestaande capaciteit is gelijk aan MC_1 en de marginale kost van de nieuwe capaciteit is gelijk aan MC_2 . Aangezien rationele elektriciteitsproducenten steeds eerst de capaciteiten gebruiken met de laagste marginale kosten, zal MC_1 kleiner zijn dan MC_2 . Hierdoor verkrijgen we de stijgende getrapte aanbodcurve. In het model veronderstelt men dat de elektriciteitsvraag groter is dan de binnenlandse productie van elektriciteit.

Figuur 8: vraag en aanbod naar elektriciteit



Bron: Nordhaus, 1997, blz. 66

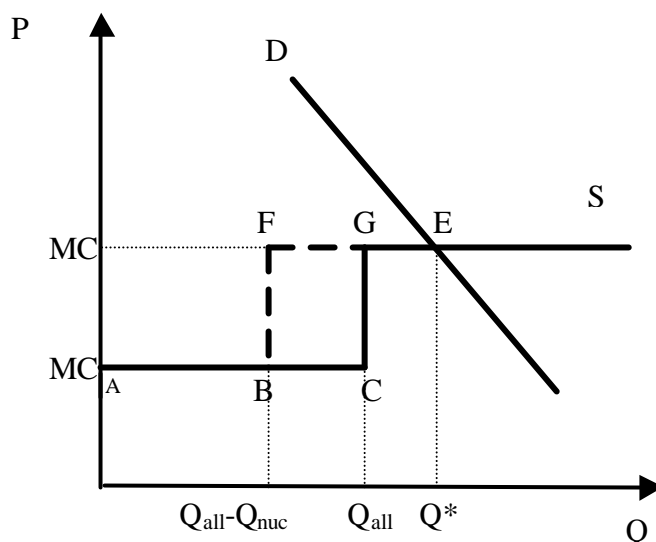
Bovenstaande figuur zou een voorbeeld kunnen zijn van een elektriciteitsmarkt waar er een tekort aan binnenlandse productie is om aan het binnenlandse energieverbruik te voldoen.¹⁸ De maximale productie door het gebruik van alle bestaande binnenlandse capaciteiten is op dat moment gelijk aan Q_{all} . De bestaande capaciteit heeft een lage marginale productiekost. De huidige vraag bij constante relatieve prijzen zal gelijk zijn aan Q^* . We zien dat er op dat moment geen evenwicht is tussen vraag en aanbod. De vraag overtreft het aanbod. Het verschil tussen beiden ($=Q^* - Q_{all}$) is gelijk aan de binnenlandse behoefte aan nieuwe elektriciteitsproducerende bronnen. De oplossing voor deze ondercapaciteit is de constructie van nieuwe centrales of de import van buitenlandse stroom. Deze capaciteit eist echter een hogere productiekost dan de initiële binnenlandse capaciteit. Er is geen

¹⁸ Wanneer in het geval van België in 2015 de eerste kerncentrales gesloten zullen worden en deze niet zullen vervangen worden door andere centrales, zal er een tekort zijn aan elektriciteit geproduceerd in België om aan de binnenlandse elektriciteitsvraag te voldoen. (bij een veronderstelling dat de vraag naar elektriciteit constant blijft)

gevaar dat er een tekort aan elektriciteit zal ontstaan na een kernuitstap. Wanneer de elektriciteitsproducenten rationeel zijn, zal men de productie uitbreiden. Het niet uitbreiden van de capaciteit tot de hoeveelheid Q^* zou betekenen dat er welvaart verloren zou gaan. Bij een elektriciteitsproductie lager dan de evenwichtsproductie is de monetaire waarde van de vraag hoger dan de productiekost om dat extra aanbod aan te bieden. (Albrecht, 2002, blz. 11)

Figuur 9 illustreert de economische impact van een nucleaire phase-out. We veronderstellen dat de huidige binnenlandse elektriciteitscapaciteit Q_{all} is. De niet-nucleaire capaciteit is gelijk aan $Q_{all} - Q_{nuc}$. De niet-nucleaire capaciteit die momenteel in gebruik is, levert net zoals de kerncentrales elektriciteit aan een lage marginale kost. Bij een kernuitstap zal de nucleaire capaciteit (Q_{nuc}) vervangen worden door andere elektriciteitsbronnen. Aangezien de marginale kost van kernenergie lager is dan de marginale kost van de nieuwe alternatieven zal de aanbodscurve naar links verschuiven.¹⁹ Oorspronkelijk was de aanbodscurve gelijk aan de getrapte curve ABCGE, na de substituering van kernenergie door duurdere alternatieven is ze gelijk aan de getrapte curve ABFGE. Een groter gedeelte van de elektriciteitsproductie gebeurt dan bij hogere marginale productiekosten.

Figuur 9: de economische impact van een nucleaire phase-out



¹⁹ Het aannemen van de assumptie dat de marginale kost van kerncentrales lager is dan bij andere centrales, gebeurt op basis van studies uitgevoerd door de Commissie Ampere en World Nuclear Association. (zie 2.3.1.a)

Bij de veronderstelling van de lage marginale kost van kernenergie en de constante, hogere marginale kost van de nieuwe productie, is de economische kost van een nucleaire phase-out gelijk aan BCFG. Deze oppervlakte is het verschil van de marginale kosten (tussen kernenergie en de mogelijke alternatieven) vermenigvuldigd met de capaciteit van de nucleaire centrales. De jaarlijkse kost van een kernuitstap is dus afhankelijk van de kost van de alternatieven. In een markt van perfecte concurrentie betekent deze kost een daling van het producentensurplus.

Om de totale kost te kennen, moeten we ook rekening houden met de ingekorte levensduur van de kerncentrales. In verschillende landen wordt de levensduur verkort bij de politieke beslissing van een nucleaire phase-out. Technisch redenen voor een vervroegde sluiting zijn er niet. Deze vervroegde phase-out betekent dan ook kapitaalderving. Men maakt geen gebruik meer van kapitaal die nog op een economisch verantwoorde manier kan gebruikt worden. (Albrecht, 2002, blz. 10)

In landen waar de marginale productiekost van kernenergie hoger zijn dan andere energiebronnen, kan een uitstap uit kernenergie de welvaart verhogen.

De vraag zal ook bepalend zijn voor de economische impact. Wanneer de vraag naar elektriciteit daalt, zal de vervanging van de weggevallen nucleaire productiecapaciteit niet meer noodzakelijk zijn. Vele onderzoeken zullen daarom zowel het aanbod als de vraag schatten via een algemeen evenwichtsmodel. De vraag wordt geschat aan de hand van de groei van de toekomstige economische activiteit, de energieprijzen en de energie-efficiënte van de productie.

Als besluit kunnen we dus stellen dat een kernuitstap een economische kost is indien de marginale productiekost van kernenergie lager is dan de marginale productiekost van andere energiebronnen. De economische kost zal toenemen bij een vervroegde kernuitstap en bij een sterke stijging van de vraag

3.2. De economische impact van een kernuitstap in het buitenland

Verschillende landen overwegen de uitstap uit kernenergie. Sommige van hen hebben reeds beslist om (vervroegd) uit kernenergie te stappen. Omdat deze beslissing belangrijke gevolgen kan hebben voor economie, ecologie en maatschappij, hebben verschillende landen een onderzoek aangevraagd over de mogelijke impact. In dit deel zullen we vier landen bespreken waarvan de situatie gelijkaardig is met België. De onderzochte landen zijn Europees en bezitten, net als België, geen fossiele rijkdommen. Ten eerste is er een studie van de Franse situatie waarin men verschillende scenario's vergelijkt. Eén van de scenario's veronderstelt een (vervroegde) nucleaire phase-out. Als tweede bepreken we de situatie in Zwitserland. In mei 2003 wordt daar in een referendum beslist over de mogelijkheid tot een vervroegde nucleaire phase-out. Het doel van de besproken studie is het nagaan van de impact van een kernuitstap op het BBP, de werkloosheid en de elektriciteitsvraag. Een derde studie analyseert de Zweedse situatie. Zweden was het eerste land die een nucleaire phase-out heeft beslist. (De eerste kerncentrales zijn reeds gedesactiveerd.) We kunnen de Zweedse situatie bijgevolg beschouwen als een precedent voor de andere situaties. Een laatste studie analyseert de Duitse situatie. Deze regering heeft beslist om uit kernenergie te stappen. De Duitse situatie (en de data van desactivering) kent een grote gelijkenis met de Belgische.

a) Frankrijk

In maart 1999 heeft de eerste minister van Frankrijk de opdracht gegeven om de nucleaire industrie economisch te analyseren. In het onderzoek (Charpin, Dessus & Pellat, 2000) gaat men de competitiviteit, de externe factoren en de langetermijneffecten van de nucleaire sector na en het effect van een wijziging in het Franse energiebeleid. Het Franse kernreactorpark bestaat uit 58 kernreactoren en zorgt voor 75 % van het binnenlandse elektriciteitsaanbod, waarmee Frankrijk de belangrijkste producent van kernenergie is. Een eerste belangrijke vaststelling van het onderzoek is dat de levensduur van de kernreactoren een belangrijke factor is in de kostprijs per kilowattuur. Een verlenging van de levensduur met 10 % zorgt voor een daling van de kostprijs met 6%. De hoge initiële investeringskost van een kerncentrale is hier een oorzaak.

De auteurs benadrukken dat de toekomstige evoluties zeer belangrijk zijn voor voorspellingen omtrent de kostprijs van elektriciteit. Met welke groeivoet zal de energievraag stijgen? Zullen er nieuwe technologische ontwikkelingen zijn? Om deze redenen werken deze auteurs met verschillende scenario's. Enerzijds wordt de studie opgesplitst naar een scenario met een lage (B) en een hoge (H) energievraag. Anderzijds wordt de indeling verder opgesplitst naar de verschillende elektriciteitsproductiemixen. Op deze manier bekomen Charpin, Dessus en Pellat zes verschillende scenario's:

- H1: Er worden geen nieuwe kerncentrales gebouwd en daardoor zullen gecombineerde centrales op basis van gas (cogeneratie) in 2050 reeds 73 % van de elektriciteitsbehoefte dekken.
- H2: Er worden nieuwe EPR nucleaire centrales gebouwd om een aantal ontmantelde centrales te vervangen. Desondanks zal de capaciteit van de kerncentrales dalen van 61.7 GW in 2000 tot 47 GW in 2020.
- H3: Kernenergie blijft de belangrijkste energiebron doordat men verschillende EPR-centrales in gebruik neemt na 2025. De totale nucleaire capaciteit zal 85 GW bedragen in 2050.
- B2: Nieuwe nucleaire elektriciteitscentrales worden operationeel in 2035 (namelijk de EPR of HPR1- centrales). De kerncentrales bereiken samen een capaciteit van slechts 33 GW in 2050. (Deze lage capaciteit wordt mede veroorzaakt door een daling van de vraag. De rest van de elektriciteitsbehoefte wordt voorzien door gecombineerde gascentrales.
- B3: Tussen 2030 en 2050 zal de nieuwe EPR- kerncentrale operatief zijn waardoor een nucleaire capaciteit van 47 GW beschikbaar zal zijn in 2050. De productie via gecombineerde gascentrales blijft laag.
- B4: Er worden geen nieuwe kerncentrales meer gebouwd en elektriciteitscentrales op basis van gas zullen de kerncentrales vervangen. Daarnaast is er een toenemend belang van hernieuwbare energiebronnen. Binnen dit scenario heeft men keuze tussen twee scenario's: enerzijds analyseert men de situatie waarbij de kerncentrales gedesactiveerd worden na 45 jaar zoals in alle andere scenario's. Anderzijds analyseert men de situatie van een vervroegde phase-out. Hierbij wordt de leeftijd van een kerncentrale gelimiteerd tot 30 jaar. (scenario: B4 30)

Voor onze studie is de vergelijking tussen scenario B4 (en B4 30) met scenario B2 en B3 belangrijk. Zal een nucleaire phase-out in Frankrijk een verhoging van de productiekost veroorzaken? Zal de elektriciteitsproductie een verhoging van de broeikasgassen en een daling van het nucleaire afval veroorzaken? Tabel 5 geeft de materiaalbalans weer van de verschillende scenario's. Een eerste vaststelling is dat de behoefte aan aardgas, olie en steenkool logischerwijs zal stijgen bij een nucleaire phase-out. Het aantal centrales met fossiele grondstoffen als brandstof zal namelijk stijgen bij een kernuitstap. Daardoor zal ook de emissie van CO₂ toenemen bij een kernuitstap. Bij een uitstap uit kernenergie tegen 2010 zal er 1646 miljoen ton CO₂ uitgestoten worden. Bij een nucleaire capaciteit van 47 GW (en een laag energiegebruik) wordt de uitstoot van CO₂ geschat op 556 miljoen ton. We kunnen dus stellen dat een nucleaire phase-out de uitstoot van CO₂ door elektriciteitsproductie zal verdrievoudigen. Een voordeel van de kernuitstap is echter dat het de hoeveelheid nucleaire afval reduceert van 459 naar 204 ton. Uit de tabel kunnen we dus concluderen dat er een duidelijke trade-of is tussen nucleair afval en de totale emissie van broeikasgassen.

Tabel 5: elektriciteitsbehoefte, materiaalbalans en emissies bij de verschillende scenario's

	HI	H2	H3	B2	B3	B4	B430
Elektriciteitbehoefte (TWh) 2000-2050	30 625	30 650	30 650	26 180	26 180	26 150	26 150
Hoeveelheid brandstof 2000-2050	■	■	■	■	■	■	■
Aardgas (Mtoe)	1 784	1233	621	748	704	1 340	2196
Aardolie (Mtoe)	95	95	95	39	44	44	44
Steenkool (Mtoe)	72	72	72	19	19	19	57
CO ₂ –emissie							
UitstootCO ₂ (Mt) 2000-2050	1425	1 037	607	710	556	1 006	1646
CO ₂ perTWh (ktC/TWh)	46.5	33.8	19.8	27.1	21.2	38.5	62.9
Radioactief afval 2000-2050							
Geaccumuleerde transuranische elementen (ton)	365	473	594	411	459	329	204
Transuranische elementen per TWh (kilo/TWh) 2000-2050	12	15.4	19.4	15.7	17.5	12.6	8

Bron: Charpin, Dessus en Pellat, 2000, blz. 159

Bij de analyse van de productiekost blijkt dat de totale uitgaven die nodig zijn per scenario afhankelijk zijn van de toekomstige evolutie van de grondstofprijzen. De goedkoopste

optie is B3. Hierbij bouwen de Franse elektriciteitsproducenten meer en modernere kerncentrales en is de vraag naar elektriciteit laag. Een vervroegde nucleaire phase-out zal zeker de totale uitgaven doen stijgen. Men bekommt echter een andere conclusie wanneer men de productiekost per eenheid bekijkt. Tabel 6 geeft de gediscoteerde kost per kWh weer. De auteurs vergelijken de productiekost per eenheid in 3 situaties. In de eerste situatie (constante prijzen) zijn de gasprijzen geïndexeerd op constante olieprijsen. Olie- en gasprijzen zullen beiden een beperkte stijging kennen. In de tweede situatie (verandering in toestand) verbreekt men deze voorwaarde en vertrekt men vanuit het standpunt dat de gasprijs in de toekomst zal stijgen, meer dan de olieprijsen. Bij de derde hypothese (spanning) zullen zowel de olie- als de gasprijzen stijgen.

Een eerste vaststelling is dat bij een vergelijking van de gediscoteerde productiekost per kWh de scenario's met een lage energievraag steeds goedkoper zijn.²⁰ Hierdoor wordt een rationeel energiebeleid lonend. Een tweede vaststelling is de stijgende productiekost per eenheid bij een vervroegde nucleaire phase-out. De productiekost per eenheid is steeds hoger in scenario B4 30 dan in scenario B4.

Tabel 6: gemiddelde gediscoteerde kost per kWh overheen de periode 2020-2050 in de verschillende scenario's (FF per kWh)

	Stabiliteit	verandering van de toestand	Spanning
H1	17,2	19	22
H2	18,3	19,2	21,6
H3	19,5	20,1	21,1
B2	17,8	18,1	20,8
B3	18	18,8	20,2
B4	16,8	18,6	21,2
B4 30	17,7	20,5	24,2

Bron: Charpin, Dessus en Pellat , 2000, blz. 199

Ten derde stellen we ook in deze berekening vast dat de productiekost afhankelijk is van de toekomstige prijzen van de brandstof. Wanneer de gas- en aardolieprijs constant blijven (constante prijzen), zal scenario B4 de goedkoopste optie zijn. In deze situatie is er een

²⁰ Om een vergelijking tussen gelijkaardige situaties te maken, vergelijken we scenario B2 met H2 en scenario B3 met H3.

lage vraag naar elektriciteit en worden de nucleaire centrales na 40 jaar operationele dienst vervangen door STEG-centrales. Indien echter de prijzen van aardgas en aardolie zullen stijgen (spanning), zullen kerncentrales en hernieuwbare energiebronnen een additioneel kostenvoordeel hebben. In deze situatie zou een kernuitstap, en zeker een vervroegde kernuitstap, een negatieve impact hebben op de elektriciteitsprijs. De elektriciteitsprijs zal dan op zijn beurt de Franse economie negatief beïnvloeden. (Charpin, Dessus en Pellat, 2000, blz.199-202)

Tot op heden is een nucleaire phase-out voor de Franse regering geen prioriteit van hun energiebeleid. Ze investeren nog grote budgetten aan de ontwikkeling van nieuwe kerncentrales zoals bijvoorbeeld de EPR-kerncentrale.

a) Zwitserland

Op 18 mei 2003 zal in Zwitserland een referendum gehouden worden over een mogelijke vervroegde uitstap uit de kernenergie.²¹ Kernenergie zorgt in de huidige situatie voor 40 % van de huidige Zwitserse elektriciteitsproductie. Daarnaast zorgen vooral waterkrachtcentrales voor de productie van de resterende elektriciteitsbehoefte. (zie tabel 8)

Het 'Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung' heeft naar aanleiding van dit referendum de economische gevolgen van een nucleaire phase-out geschat. (Böhringer, Wickart en Müller, 2001) In een 'Business As Usual'-scenario (BAU, zonder een verandering in de wetgeving) zou de nucleaire phase-out gebeuren na 60 jaar. Er zijn echter twee voorstellen om de kerncentrales vroeger te sluiten. Enerzijds heb je de *Strom ohne Atom* (SOA) die de levensduur van de huidige kerncentrales zou beperken tot ongeveer 30 jaar en anderzijds heb je de *Moratorium Plus* (MOP) die de levensduur van de kerncentrales zou beperken tot 40 jaar. Tabel 7 toont een overzicht met de data van de desactivering van de kerncentrales onder de verschillende scenario's.

²¹ De wetgeving verplicht de overheid om een referendum te organiseren wanneer een voorstel meer dan 100 000 handtekeningen behaalt. In Zwitserland is er al meermaals een referendum georganiseerd. In 1984 stemde slechts 46 % van de Zwitsers voor een moratorium op de bouw van nieuwe kerncentrales. In 1990 werd er een meerderheid behaald en werd de bouw van nieuwe kerncentrales verboden.

Tabel 7: overzicht data kernuitstap en productiecapaciteit per technologie

	Productie (GWh)	Aandeel (%)	Uittrede bij BAU	Uittrede bij SOA	Uittrede bij MOP
Beznau I	2736	4.6	2019	2004	2009
Beznau II	2676	4.5	2021	2004	2011
Mühleberg	2682	4.5	2022	2004	2012
Gösgen	7640	12.7	2039	2009	2019
Leibstad	8527	14.6	2044	20014	2024
Waterkrachtcentrale	33200	55.17			
Warmtekrachtkoppeling	1622	2.7			
Centrales op oliebasis	1098	1.82			

Bron: Böhringer, Wickart en Müller, 2001, blz. 6 en blz. 9

In het SOA-scenario worden de eerste 3 reactoren reeds in 2004 gedesactiveerd. Ik vrees dat deze tijdsperiode tussen de mogelijke beslissing van de uitstap (mei 2003) en de werkelijke uitstap (vanaf 2004) te kort is om de weggevallen elektriciteitscapaciteit via kernenergie nog te vervangen door andere bronnen.

De berekening van de economische kost van de nucleaire phase-out gebeurt aan de hand van een algemeen evenwichtsmodel waarbij men een aantal vergelijkingen schat voor basisjaar 1998. Bij deze schatting bekomt men de nodige parameters. Deze parameters kan men gebruiken om een model op te stellen waarbij men rekening houdt met de twee nieuwe wetsvoorstellen. Het doel van de studie is om deze twee scenario's te vergelijken met het BAU-scenario: zal de elektriciteitsvraag verschillend zijn? Zal er een economische kost zijn bij een vervroegde nucleaire phase-out?

Daarnaast moet men ook rekening houden met de uitstoot van broeikasgassen. De CO₂-emissies zullen namelijk stijgen wanneer de CO₂-vriendelijke kerncentrales worden vervangen door centrales die elektriciteit produceren op basis van fossiele brandstoffen. Om dit nadeel weg te werken, hanteert men de bijkomende assumptie van CO₂-neutraliteit. Om het CO₂-gehalte op hetzelfde niveau als in het *business as usual*-scenario te brengen na de uitstap, zou men een CO₂-tax kunnen invoeren. De studie vergelijkt dus het BAU-scenario met 4 verschillende scenario's: SOA, MOP, SOA met CO₂-neutraliteit en MOP met CO₂-neutraliteit.

Een eerste vaststelling is dat de resultaten van de vier scenario's ten opzichte van het BAU-scenario gelijkaardig zijn. Op lange termijn is er in ieder scenario een daling van het Zwitsers BBP. De daling van het BBP varieert van 0.01 tot 0.38 % op lange termijn. De vraag naar elektriciteit zal in de vier scenario's dalen, maar de vraag naar fossiele brandstoffen zal daarentegen stijgen. Ook andere economische indicatoren zoals consumptie en de input van kapitaal en arbeid ondervinden een negatieve invloed van de vervroegde nucleaire phase-out. Een tweede vaststelling is dat het SOA-scenario een groter impact zal hebben op de economie dan het MOP-scenario. Dit komt door de verkorte levensduur van de kerncentrales in het SOA-scenario waardoor de kost door kapitaalderving groter is. Ook het feit dat men verplicht is om de kerncentrales in het SOA-scenario te vervangen door de duurdere CHP-centrales in plaats van de goedkopere turbines draagt hiertoe bij. (Böhringer, Wickart en Müller, 2001, blz.12)

De welvaartskosten per capita van de vervroegde phase-out worden geschat op 200 CHF²² (EUR 133.1) per jaar voor de eerste 45 jaar onder het SOA-plan en 60 CHF (EUR 39.93) per jaar indien het MOP-plan wordt goedgekeurd. Indien men rekening houdt met de verhoogde CO₂-uitstoot zal de kostprijs voor de vervroegde kernuitstap nog verhogen met respectievelijk 30 en 50 CHF per jaar. Bij de analyse werd er echter geen rekening gehouden met enkele externe factoren zoals het risico van een kernongeval. We kunnen dus concluderen dat een Zwitserse nucleaire phase-out een negatieve impact zou hebben op de Zwitserse economie.

b) Zweden

De Zweedse situatie is een belangrijk precedent inzake kernuitstap. Zweden was namelijk het eerste land dat een nucleaire phase-out op grote schaal besliste. Om deze reden zullen we de Zweedse nucleaire geschiedenis en huidige ontwikkelingen uitgebreider analyseren.

Tot eind de jaren zestig waren hydraulische centrales de belangrijkste bron van elektriciteitsproductie in Zweden. In 1965 besliste de regering om hun elektriciteitsaanbod gedeeltelijk om te schakelen naar kernenergie om zo te voldoen aan de stijgende elektriciteitsvraag en om de afhankelijkheid van de olie- en gasprijs te reduceren. Door het

incident op Three Mile Island in de VS met een PWR-reactor werd het gebruik van kernenergie een politiek twistpunt. In 1980 hield men uiteindelijk een referendum om na te gaan of een nucleaire elektriciteitsproductie nog wenselijk was of niet. De bevolking kon kiezen tussen drie opties: onmiddellijke sluiting van alle centrales, het 'zo snel mogelijk' sluiten van kerncentrales (afhankelijk van de economische kost) en de sluiting van de kerncentrales na een normale levensduur. Een duidelijke meerderheid van de stemgerechtigde bevolking prefereerde een geleidelijke phasing-out van de nucleaire centrales vanaf het tijdstip dat een kerncentrale niet meer economisch rendabel zou zijn. Het Tsjernobyl-incident in 1986 zorgde voor extra druk op de beleidsvoerders waardoor deze beslisten om het uitstapproces te versnellen en de eerste kerncentrales te sluiten in 1995. Onder druk van de vakbonden werd echter deze beslissing in 1991 ongedaan gemaakt.

In 1994 richtte de Zweedse regering een Energy Commission op die na een studie concludeerde dat een complete nucleaire phase-out tegen 2010 economisch en ecologisch gezien onmogelijk zou zijn. Het voorstel van die commissie (en later ook van de regering) hield in dat men de eerste kerncentrale Barseback-1 midden 1998 zou sluiten en zijn tweelingbroer Barseback-2 in 2001.²³ De andere 10 kerncentrales zouden worden gesloten in een later stadium dan oorspronkelijk was gepland (dus na 2010). De productie zou volgens dat plan vervangen worden door centrales die zowel stroom als warmte produceren op basis van hout (cogeneratie), STEG-centrales en netto-stroominvoer vanuit Denemarken of Duitsland. Door een klacht van Sydkraft, de eigenaar van de 2 Barseback-centrales, bij de Europese Commissie, wegens irrationele discriminatie en de eis om een schadevergoeding voor het geleden verlies, werd de elektriciteitsproductie in de eerste centrale pas beëindigd in november 1999. Voor de sluiting van de tweede reactor is er nog steeds geen akkoord. (World Nuclear Association, 2002b)

In 2001 voerde men in Zweden een opiniepeiling uit met als doel de prioriteiten van de Zweedse bevolking inzake energiebeleid na te gaan. Welke doelstelling moet de Zweedse regering realiseren? De enquête toont aan dat 75 % van de Zweedse bevolking de

²² 1 CHF = 0.6655 EUR

²³ Barseback-1 en Barseback-2 produceren beiden 600 MW en bevinden zich beiden op 30 kilometer van de Deense hoofdstad Kopenhagen. Het feit dat deze kerncentrales meermaals een

terugdringing van de broeikasgassen ziet als de belangrijkste (ecologische) doelstelling. 12 % van de Zweden wensen de bescherming van de natuurlijke loop van de Zweedse rivieren (en zijn dus gekant tegen een uitbreiding van hydraulische centrales) en slechts 10 % prefereert een sluiting van alle kerncentrales op Zweeds grondgebied.

In het onderzoek heeft men tevens nagegaan welk toekomstig nucleair energiebeleid de Zweedse bevolking wenst. Een vroegtijdige sluiting van de Barseback-2 krijgt de steun van 19 %. 37 % wenst dat alle huidige kerncentrales blijven verder produceren maar dat er geen nieuwe reactoren worden bijgebouwd en 28 % van de ondervraagden wensen dat de huidige kerncentrales op termijn worden vervangen door nieuwe reactoren en 11 % verkiest zelfs een verdere ontwikkeling van kernenergie in de productiemix ten opzichte van andere energiebronnen. (World Nuclear Association, 2002b)

Ook de industrie is sterk gekant tegen en vervroegde uitstap uit de kernenergie. Uit een onderzoek in opdracht van de Energy Commission blijkt dat de productiekost voor nucleaire elektriciteit 2.1 US cent per kilowattuur kost. Hierbij heeft men rekening gehouden met de productiekost, afvalverwerking, kapitaalkost en ontmanteling. Een analoge berekening voor bijvoorbeeld een gascentrale bekommt een productiekostprijs van 4 US cent per kilowattuur. Dit verschil in productiekost zal een economische kost veroorzaken bij een nucleaire phase-out. Aangezien er momenteel geen alternatief is die de kostprijs van nucleaire energie benadert, zijn de bedrijven en vakbonden ongerust over de gevolgen.

Om de totale kost te schatten voor de Zweedse economie van de kernuitstap, gebruiken we het model van Nordhaus. (zie 3.1) De economische kost is daarbij gelijk aan het verschil in marginale kost tussen de bestaande kerncentrales en de centrales die de kerncentrales zullen vervangen, vermenigvuldigd met het aandeel van kernenergie in de Zweedse elektriciteitsproductiemix. De marginale kost van de bestaande kerncentrales wordt geschat op 1.7 dollarcent per kWh terwijl de marginale kost van nieuwe (niet- nucleaire) capaciteit geschat wordt op 5 dollarcent per kWh. (Nordhaus, 1997, blz. 68) De nucleaire

twistpunt vormden tussen Zweden en Denemarken zou medeverantwoordelijk zijn voor de vervroegde desactivering van deze centrales.

capaciteit wordt geschat op 70 TWh. Hierdoor bekomen we de economische kost van 2.3 miljard dollar per jaar.²⁴

Om een volledige schatting van de kost te bekomen, moeten we ook nog rekening houden met de levensduur van de kerncentrales en een discontovoet. Als discontovoet veronderstelt Nordhaus 5 %. Om rekening te houden met de levensduur veronderstellen we een mogelijke verlenging van de levensduur van de kerncentrales van 10 tot 30 jaar. We veronderstellen dus dat de bestaande kerncentrales 10 tot 30 jaar langer in gebruik zouden kunnen blijven zonder een stijging van de marginale kosten. Tabel 8 geeft de geschatte verdisconteerde economische kost weer van de Zweedse kernuitstap. De vervroegde nucleaire phase-out kost de Zweedse economie 18.7 miljard dollar, wat neerkomt op een daling van de welvaart per capita met 2100 dollar. (Albrecht, 2002, blz. 13)

Tabel 8: de geschatte economische kost voor de Zweedse kernuitstap. (uitgedrukt in miljard dollar (1995) met discontovoet 5%)

Resterende levensduur	Verdisconteerde kost (2010)
10 jaar	18.7
20 jaar	30.2
30 jaar	37.6

Bron: Nordhaus, 1997, blz.69

Een nucleaire phase-out zal ook in Zweden een verhoging van de emissie van broeikasgassen veroorzaken. De Energy Commission en Nordhaus voorspellen dat een volledige nucleaire phase-out de CO₂-emissie zal doen stijgen tot 50 % boven het niveau van 1990 waardoor de realisatie van de Kyoto-norm moeilijk zal worden. Door de nucleaire phase-out heeft Zweden een extra gunst verkregen. Zweden mag tegen 2008-2012 5 % meer CO₂-uitstoten in vergelijking met 1990.²⁵ (zie bijlage 4)

²⁴ berekening: $(0.05 \text{ dollar per kWh} - 0.017 \text{ dollar per kWh}) * 70\,000\,000\,000 \text{ kWh} = 2.3 \text{ miljard dollar}$

²⁵ Zweden had zijn CO₂- emissie gestabiliseerd op het niveau van 1990. Maar door het feit dat de CO₂ uitstoot met 50 % zou stijgen door de nucleaire phase-out verkreeg Zweden tijdens de klimaatveranderingonderhandelingen in 1997 een extra marge van 5 %.

De opinie van de Zweedse bevolking is sinds 1980 veranderd. Mede door grote reclamecampagnes door energiebedrijven en grote verbruikers wenst men de optie van kernenergie open te laten. Er wordt nog steeds druk gedebatteerd over de sluiting van de kerncentrales. De kernuitstap gebeurt traag en men weet nog steeds niet welke energiebronnen men wenst aan te wenden als substituut voor kernenergie. Zweden lijkt dus niet het voorbeeld van hoe een kernuitstap moet verlopen. Ook in België vrezen sommigen dat er slechts weinig kerncentrales zullen gesloten worden op de vooropgestelde data.

c) Duitsland

In Duitsland zijn er 18 nucleaire elektriciteitscentrales actief die in 1999 ongeveer 160 miljard kWh produceerden. Kernenergie dekt een derde van de Duitse binnenlandse elektriciteitsbehoefte. In Duitsland is er echter al jaren hevig protest tegen het grootschalig gebruik van kernenergie. Vanaf de jaren zeventig vonden er vele protestmarsen plaats. De weerstand tegen kernenergie groeide na de kernongevallen in Three Mile Island en Tsjernobyl. (Bauer, 1995, blz.120) Door deze publieke weerstand werd de laatste kerncentrale in 1989 met het elektriciteitsnet verbonden. (zie tabel 7) Verdere plannen voor een uitbreiding van de nucleaire sites werden opgegeven. In 1999 besliste de regering, onder impuls van de groene partij, een vervoegde phase-out van kernenergie voor de productie van elektriciteit.

Een vervroegde kernuitstap zal een tekort aan de aanbodzijde veroorzaken. Om dit tekort op te vangen zijn er vier mogelijke opties die de overheid kan volgen. Ten eerste kan ze het wegvallen van de bestaande nucleaire energie vervangen door import van elektriciteit. Ten tweede kan de overheid een vergunning uitgeven om nieuwe niet-nucleaire elektriciteitscentrales te bouwen. Een derde mogelijkheid is een daling van de vraag naar elektriciteit bewerkstelligen. Een laatste mogelijkheid is de verhoging van de gebruiksgraad van de bestaande kerncentrales. De capaciteit van de Duitse kerncentrales wordt op verschillende sites niet optimaal benut. Tabel 7 geeft de gemiddelde gebruiksgraad weer. De gemiddelde gebruiksgraad van een kerncentrale is het aantal levensjaren van een kerncentrale gedeeld door het aantal jaar dat de kerncentrale effectief

elektriciteit heeft geproduceerd²⁶. De gemiddelde gebruiksgraad wordt geschat op 82 %, wat een voldoende percentage is. Er zijn echter grote verschillen tussen de reactoren. Kernreactoren met een lage gebruiksgraad zoals Brunsbüttel (57 %) kunnen optimaler benut worden.

Tabel 9: de gemiddelde gebruiksgraad van de Duitse kerncentrales (1999)

	aantal kalenderjaren	aantal full-load jaren	gemiddelde gebruiksgraad
Obrigheim	30	24	80%
Stade	27	23	84%
Biblis A	24	17	71%
Neckarwestheim 1	23	18	80%
Biblis B	22	16	74%
Brunsbüttel	22	13	57%
Unterwesser	20	16	80%
Isar 1	20	16	78%
Philipsburg 1	19	14	75%
Grafenrheinfeld	17	14	85%
Gundremmingen B	15	13	87%
Krümmel	15	12	83%
Grohnde	14	13	91%
Philipsburg 2	14	12	89%
Gundremmingen C	14	12	86%
Brokdorf	13	11	87%
Emsland	11	10	93%
Isar2	11	10	89%
Neckarwestheim 2	10	9	93%
GEMIDDELDE	17	14	82%

Bron: Böhringer, C.; Hoffmann, T. & Vögele, S. (1999)

Een significante daling van de vraag naar elektriciteit is onrealistisch. In het recente verleden is de vraag in Duitsland enkel gestegen en ook voor de nabije toekomst verwacht men een lichte stijging van de vraag naar elektriciteit.

Er blijven dus slechts twee opties over om het aanbodstekort op te lossen: het importeren van elektriciteit en de constructie van nieuwe niet-nucleaire elektriciteitscentrales. Deze opties zullen resulteren in een additionele kost voor de elektriciteitsproducenten. (Böhringer, Hoffmann, & Vögele, 1999, blz.5)

Böhringer, Hoffmann en Vögele baseren zich op een dynamisch partieel evenwichts-analyse op basis van verschillende opties inzake het elektriciteitsaanbod waarbij

²⁶ Het aantal full-load years is het aantal jaar dat een centrale effectief elektriciteit produceert voor commercieel gebruik. Het aantal full-load years is gelijk aan het aantal kalenderjaren vermindert met de tijd gespendeert aan onderhoud, herstellingen, het uitvoeren van testen,

economische en technische informatie van nucleaire en niet-nucleaire elektriciteitscentrales worden gebruikt. Op basis van dit model schatten ze de extra kost die de verschillende voorstellen omtrent een nucleaire phase-out veroorzaken. Deze voorstellen bepalen de leeftijd van een kernreactor waarop deze zou moeten worden afgesloten van het elektriciteitsnet. Hierbij zijn er verschillen opties mogelijk. Ten eerste zou een regering een *'target year'* kunnen bepalen waarop alle kernreactoren inactief moeten zijn. Ten tweede kan de overheid kernreactoren sluiten na een bepaald aantal *'full-load years'*. Het aantal jaar dat een reactor effectief werkt is op deze manier het criterium. Een laatste mogelijkheid is de bepaling van het aantal kalenderjaren (*calendar years*) tussen de activering en de sluiting van de kernreactor

Uit hun analyse blijkt dat er grote verschillen zijn inzake economische kost tussen de verschillende opties. De toepassing van het principe van de *calendar years*, waarbij de reactoren gedeactiveerd worden na 30 kalenderjaren, levert de hoogste economische kost. De capaciteit van de nucleaire elektriciteitscentrales is namelijk op ieder tijdstip lager is dan de nucleaire capaciteit in de andere scenario's. Het gebruik van de *full-load years* veroorzaakt een hogere economische kost dan het gebruik van een *target year* in de wettelijke bepaling.

De economische kost daalt bij een dalende operationele leeftijd van de kerncentrale. Bij een *full-load year* van 26 jaar is de economische kost gelijk aan 24 miljard Deutsche Mark (12.28 miljard euro). Bij een operationele leeftijd van 30 jaar daalt de kost tot 13 miljard DM (6.65 miljard euro). Ook bij de andere scenario's daalt de economische kost van een nucleaire phase-out bij een verhoogde operationele duur. Dit wordt veroorzaakt door de hoge initiële investeringskosten van kerncentrales en de relatief lage variabele kosten.

d) Conclusies

Na een literatuurstudie van een kernuitstap in vier Europese landen hebben we enkele gelijkaardige conclusies. Ten eerste is de economische kost afhankelijk van de brandstofprijzen. Wanneer de gas en olieprijsen in de toekomst zullen stijgen, worden kerncentrales rendabeler. De kost zal ook afhankelijk zijn van de toekomstige vraag. (zie Frankrijk) De scenario's met een lagere elektriciteitsbehoefte veroorzaken een lagere kost. In de derde plaats is de economische kost afhankelijk van de levensduur van de

kerncentrales. Hoe langer de energieproducenten hun kerncentrales kunnen gebruiken, hoe lager de kost van een (vervroegde) kernstop zou zijn. Door de hoge investeringskost van de kerncentrales zal de gemiddelde productiekost per productie-eenheid elektriciteit dalen. Ten vierde stelt men een trade-off vast tussen de emissies van broeikasgassen en de hoeveelheid kernafval. In scenario's waarbij het aandeel van kernenergie in de productiemix hoog is, zal de uitstoot van broeikasgassen in alle bestudeerde landen significant dalen. Daarentegen stijgt logischerwijs de productie van kernafval.

Door de grote gelijkenis tussen de energiemarkt in België en de vier bestudeerde landen, verwachten we eveneens dat de economische kost van een kernuitstap afhankelijk is van de vraag naar elektriciteit, de toekomstige energieprijzen en de operationele levensduur in België.

3.3. De economische impact van een Belgische kernuitstap

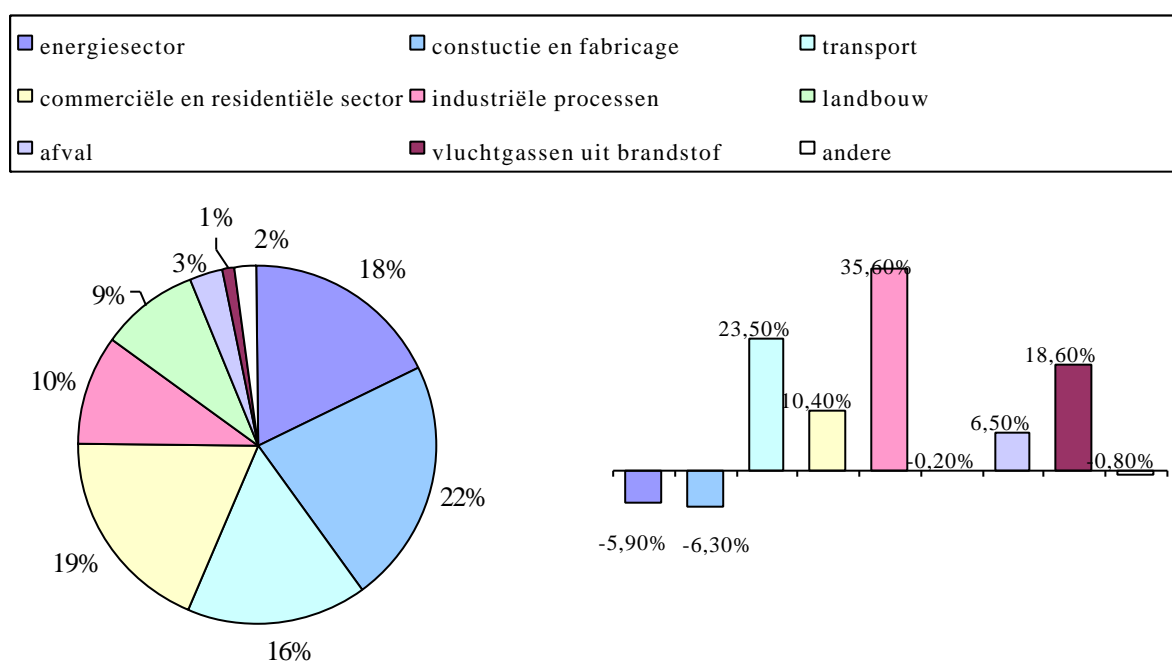
De gevolgen van een nucleaire phase-out kunnen heel belangrijk zijn voor de Belgische economie. Het grootste gedeelte van de elektriciteitsproductie in België wordt al sedert vele jaren geleverd door kerncentrales. (supra blz. 15) We kunnen dus kernenergie beschouwen als een belangrijk fundament van de Belgische economie. Daarom is het belangrijk om te weten wat de mogelijke impact kan zijn van de Belgische kernuitstap.

Verschillende onderzoeksinstituten zoals het VITO en het ETE (KUL) hebben de gevolgen onderzocht van een Belgische kernuitstap voor de uitstoot van emissie van broeikasgassen en de veranderende productiemix. Daarnaast is er een commissie opgericht door de federale regering, Commissie Ampere. Deze commissie kreeg de opdracht om de elektriciteitsmarkt te analyseren en aanbevelingen te formuleren over de meest optimale energiebronnen. Hun standpunt wordt bondig besproken in 3.3.4.

3.3.1. Klimatologische gevolgen van een nucleaire phase-out

In 1999 werden in België ongeveer 140 Mton broeikasgassen uitgestoten (exclusief landgebruik) waarvan 113 Mton CO₂-emissies. (Bollen en Van Humbeeck, 2002, blz.28) De elektriciteitssector is met een uitstoot van ongeveer 22 Mton aan CO₂ verantwoordelijk voor 18 % van de Belgische CO₂-uitstoot. Andere sectoren, zoals het afval en de commerciële en residentiële sector, produceren ook aanzienlijke hoeveelheden broeikasgassen. Sedert 1990 zijn de emissies bij de elektriciteitsproducerende sector gedaald met 6.3 %. Op figuur 10 zien we in het cirkeldiagram het aandeel per sector in 1999, op het staafdiagram kunnen we de evolutie tussen 1990 en 1999 aflezen.

Figuur 10: aandeel en evolutie tussen 1990 en 1999 van de Belgische broeikasgasemissies per sector. (%)



Bron: Ministerie van sociale zaken, gezondheid en milieu, 2002, blz. 44

Dat de uitstoot van broeikasgassen beperkt is tot 18 %, is te verklaren door het substantieel gebruik van nucleaire energie in België.²⁷ De uitstoot van broeikasgassen bij de

²⁷ Behalve voor Noorwegen (quasi 100 % hydro-elektriciteit), Zweden (ongeveer 50 % hydro- en 50 % nucleaire elektriciteit) en Frankrijk (75 % nucleaire en 20 % hydro-elektriciteit) ligt het aandeel van CO₂-uitstoot ten gevolge van elektriciteitsproductie in de andere Europese landen hoger. Het Europese gemiddelde bedraagt ongeveer 30 %. (commissie ampere: executive summary, 2000, blz. 124)

elektriciteitsproductie is nihil bij kerncentrales. De CO₂-emissie bij de huidige steenkoolcentrales daarentegen wordt geschat op 765 gram CO₂ per kWh. Een STEG-centrale stoot ongeveer de helft daarvan uit.²⁸ De tweede kolom van tabel 10 geeft een overzicht van de vrijgekomen CO₂-emissies bij de opwekking van elektriciteit in verschillende sectoren.

Tabel 10: overzicht van de CO₂-emissie van enkele elektriciteitscentrales (gram per kWh)

	CO ₂ -emissie door de brandstoffen	Totale CO ₂ -emissie
Poederkool	925	950
Steenkool	765	850
STEG: huidige generatie	400	400
STEG: vanaf 2005	370	400
PWR-centrales	0	7
Windturbines	0	9 à 25
Waterkrachtcentrales	0	8 à 15

Bron: Commissie Ampere: executive summary, 2000, blz. 123-125

Naast de uitstoot tijdens de werking van een elektriciteitscentrale komen er nog broeikasgassen vrij tijdens de constructie van de centrale, de ontginning en het transport van de grondstoffen. Men spreekt dan over CO₂-verantwoordelijkheid en niet over fysische CO₂-uitstoot. België wordt in het kader van het Kyoto-akkoord alleen geëvalueerd op wat het zelf uitstoot op zijn grondgebied. Ontginningsenergie voor steenkool, of transportenergie voor bijvoorbeeld olietankers en bijbehorende emissies die in het buitenland worden geloosd, worden op rekening van de betreffende landen geschreven. Toch is het zinvol zich bewust te zijn van de CO₂-verantwoordelijkheid van een bepaalde brandstofkeuze. (Commissie Ampere: executive summary, 2000, blz. 125) De extra CO₂-uitstoot door deze extra activiteiten zijn beperkt voor de Belgische productiemogelijkheden. Enkel de investering in centrales op basis van fotovoltaïsche cellen veroorzaken grote hoeveelheden broeikasgassen. De totale emissie van broeikasgassen is het laagst bij windturbines, waterkrachtcentrales, warmtekrachtkoppeling en nucleaire centrales.

²⁸ De CO₂-emissie is lager bij een aardgascentrale omwille van de kleine hoeveelheid C in het aardgas (grotendeels CH₄) en het hoge rendement. (commissie ampere: executive summary, 2000, blz. 124)

Door de nucleaire phase-out zal de uitstoot van broeikasgassen stijgen. Wanneer we bij de huidige technologie de volledige Belgische nucleaire capaciteit zouden vervangen door STEG-centrales dan zal de uitstoot van CO₂ stijgen met 18.56 Mton. Wanneer we de Belgische nucleaire capaciteit vervangen door steenkoolcentrales zal de uitstoot stijgen met 35.49 Mton.²⁹ Ook een studie van het VITO bekomt gelijkaardige resultaten. (zie blz. 24) Hoeveel de emissie zal toenemen door een nucleaire phase-out is afhankelijk van de keuze van de energiebron en de technologische vooruitgang. De Commissie Ampere schat dat de nieuwe generatie STEG-centrales 30 gram minder CO₂ zullen uitstoten dan de huidige. Voor België zou deze technologische vernieuwing een reductie betekenen van 1.39 Mton CO₂ indien men de kerncentrales zou vervangen door deze nieuwe centrales.

Indien België het Protocol van Kyoto (zie bijlage 4) wenst na te leven zal de emissie van de broeikasgassen moeten dalen met 7.5 % tegen de periode 2008-2012 ten opzichte van 1990. Een verdeling van de nodige inspanningen over de sectoren en over de gewesten is tot op heden nog niet voltooid. Deze verdeling kan belangrijke consequenties hebben voor iedere sector. Wanneer de energieproducerende sector tegen 2008-2012 moet voldoen aan een reductie van 7.5 % zal dit vergaande wijzigingen vergen in het energiebeleid.

Er zijn verschillende manieren om deze reductiedoelstelling te halen. Ten eerste kan men de vraag naar elektriciteit reduceren. (zie deel 4) Bij minder vraag wordt minder CO₂ uitgestoten. Ten tweede kan men productie-eenheden met een hoge CO₂-uitstoot vervangen door milieuvriendelijkere centrales. (zie 3.3.2) In dat geval zal men steenkoolcentrales vervangen door hernieuwbare energiebronnen en STEG-centrales. Een derde mogelijkheid is de import van elektriciteit. Hierdoor verdwijnt een deel van de binnenlandse productie van elektriciteit. Wanneer de Belgische netto-import van elektriciteit zou verdubbelen tegenover 2001 zou de Belgische energiesector 6.89 Mton CO₂ (of 5 % van de totale emissie) besparen.

²⁹ toename broeikasgasemissie = nucleaire capaciteit x verschil in emissie substituuat en kernenergie voor steenkool: 46.39 TWh x 756 gram per kWh = 35.49 Mton
voor aardgas: 46.39 TWh x 400 gram per kWh = 18.56 Mton

3.3.2. Invloed van de nucleaire phase-out op de Belgische productiemix

Door de Belgische kernstop zal de 47.3 TWh elektriciteitsproductie uit Belgische kerncentrales vervangen moeten worden door een gelijkaardige elektriciteitsproductie uit andere energiebronnen. We gaan in dit deel na welke bronnen in België gekozen zullen worden in het geval van rationele consumenten en energieproducenten. We baseren ons daarbij vooral op een studie van het ETE-departement van de Universiteit van Leuven. Deze studie gaat de invloed van een nucleaire phase-out na, al dan niet gecombineerd met het bereiken van de Kyoto-doelstelling, op de Belgische productiemix voor elektriciteitsproductie. Men gebruikt hierbij het partieel evenwichtsmodel MARKAL. Het MARKAL-model is een 'energie-technologie model' die de energiebronnen en de gevraagde hoeveelheid energie schat. Daarbij wordt de totale welvaart van de energiegebruikers gemaximaliseerd in de periode 1990-2030. Bij de optimalisatie maakt het model gebruik van de huidige bestaande uitrusting en de toekomstige geschatte energieprijzen. Het model maakt gebruik van een aantal assumpties. Ten eerste zullen de energieprijzen na 2010 sterk stijgen. De beperkte reserves van een aantal energiebronnen zoals gas en aardolie zijn een belangrijke oorzaak van deze prijsstijgingen. Ten tweede gaat men ervan uit dat de nucleaire capaciteit verder kan uitgebreid worden van 5700 tot 8000 MW in het jaar 2010 en 2030. Deze assumptie is niet meer realistisch na de beslissing van de Belgische overheid om uit kernenergie te stappen. Om deze reden heeft men ook onderzocht welke energiebronnen er zullen gekozen worden indien de mogelijkheid van kernenergie geleidelijk aan wegvalt.

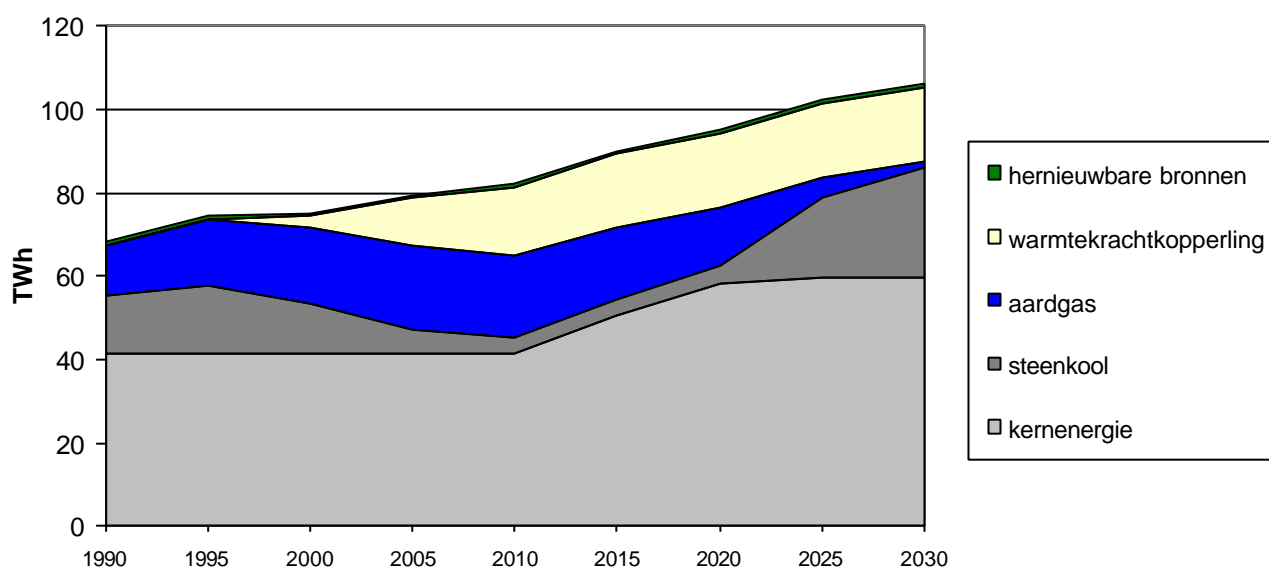
Door gebruik te maken van het MARKAL-model kunnen vele hypothetische veronderstellingen geanalyseerd worden. Hoe hoog zullen de CO₂-emissies zijn indien er geen bijkomend beleid wordt gevoerd? Welke energiebronnen zullen er gekozen worden indien men de Kyoto-norm wil halen? Wat zal de economische kost hiervan zijn?

In dit hoofdstuk hebben we vooral aandacht voor de veranderende productiemix door een kernstop. Hierbij wordt de situatie ingedeeld in vier hypothetische beslissingen. De Belgische overheid kan enerzijds al dan niet beslissen om uit kernenergie te stappen. Anderzijds kan de overheid beslissen al dan niet de reductie van de broeikasgassen realiseren zoals vooropgesteld in het Protocol van Kyoto. Bij iedere hypothese zal er een verschillende productiemix gekozen worden door de elektriciteitsproducent.

a) *Hypothese 1: geen beperking van CO₂-emissies en geen kernuitstap*

In de eerste hypothese beslist de Belgische overheid om het Kyoto-verdrag niet na te leven en worden de bestaande kerncentrales vervangen door nieuwe, moderne kerncentrales. In deze situatie zal de totale productie via kerncentrales verhogen van 43 TWh tot 60 TWh. Ook de elektriciteitsproductie via steenkool zal sterk stijgen.

Figuur 11: evolutie van de Belgische elektriciteitsproductiemix: nieuwe kerncentrales en geen CO₂-reductiedoelstellingen (TWh)



Bron: Proost en Van Regemorter, 2000, blz. 32

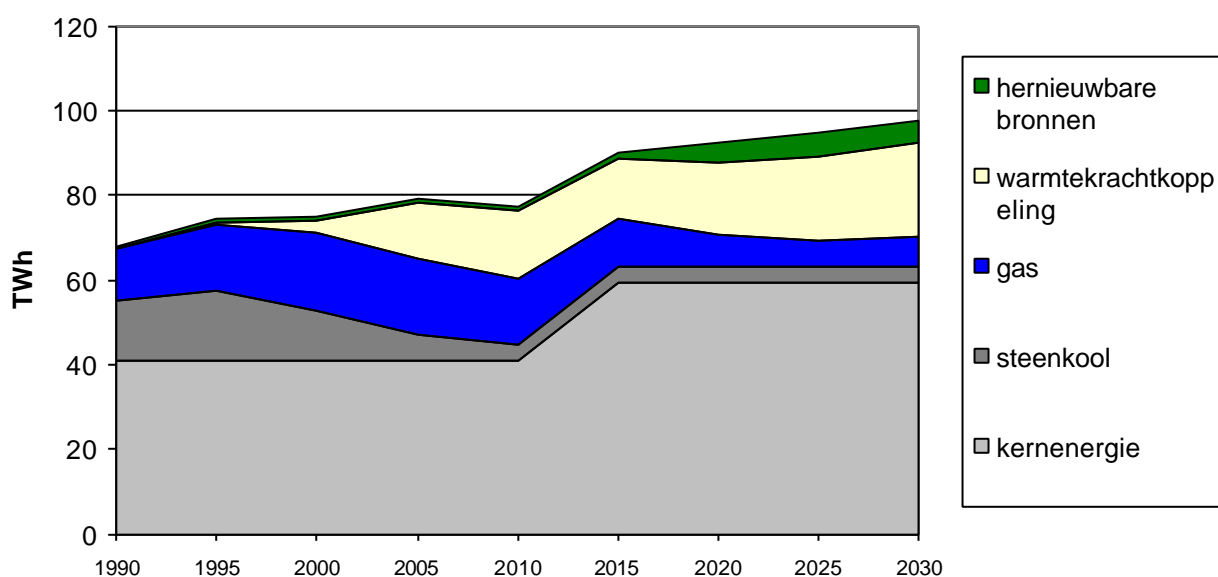
Ook de productie via hernieuwbare bronnen zal zeer beperkt blijven. Ze zijn niet kostenvoordelig en het milieuvriendelijke voordeel dat deze energiebronnen bieden, wordt niet gewaardeerd. Na 2020 zal de productie via gascentrales door de verwachte hoge energieprijzen dalen.

Deze hypothese lijkt weinig waarschijnlijk voor België. De politieke wil om het Kyoto-protocol na te leven is aanwezig en het is weinig waarschijnlijk dat een volgende regering de wet inzake de Belgische kernuitstap teniet zal doen. Deze hypothese veronderstelt daarnaast dat de kernenergiecapaciteit nog zal stijgen. Al sedert de kernramp van Tsjernobyl heeft iedere regering beslist om een moratorium inzake de bouw van nieuwe kerncentrales in te schrijven in het regeerakkoord. De kans dat er in de nabije toekomst nog extra kerncentrales zullen gebouwd worden in België is dus klein.

b) *Hypothese 2: beperking van CO₂-emissies en geen kernuitstap*

Bij deze hypothese heeft de regering beslist om het Protocol van Kyoto na te leven en om in de toekomst de uitstoot van de broeikasgassen te reduceren. Deze doelstelling wenst men te bereiken door de optie open te laten om nieuwe kerncentrales te bouwen. Figuur 12 toont dat de elektriciteitsproducenten in dit geval kiezen voor kernenergie. Om aan de bijkomende vraag naar elektriciteit te kunnen voldoen, worden in de toekomst meer kernenergie en hernieuwbare bronnen gebruikt. De totale nucleaire productie zal stijgen van 42 TWh in 2000 naar 60 TWh in 2020 en 2030. De totale elektriciteitsproductie via hernieuwbare energiebronnen zal stijgen tot 5 TWh. In 2030 zal deze hoeveelheid 5 % van de totale elektriciteit leveren. Steenkool en aardgas worden niet als voordelige brandstoffen gezien.

Figuur 12: evolutie van de Belgische elektriciteitsproductiemix: nieuwe kerncentrales en wel een CO₂-reductiedoelstellingen (TWh)

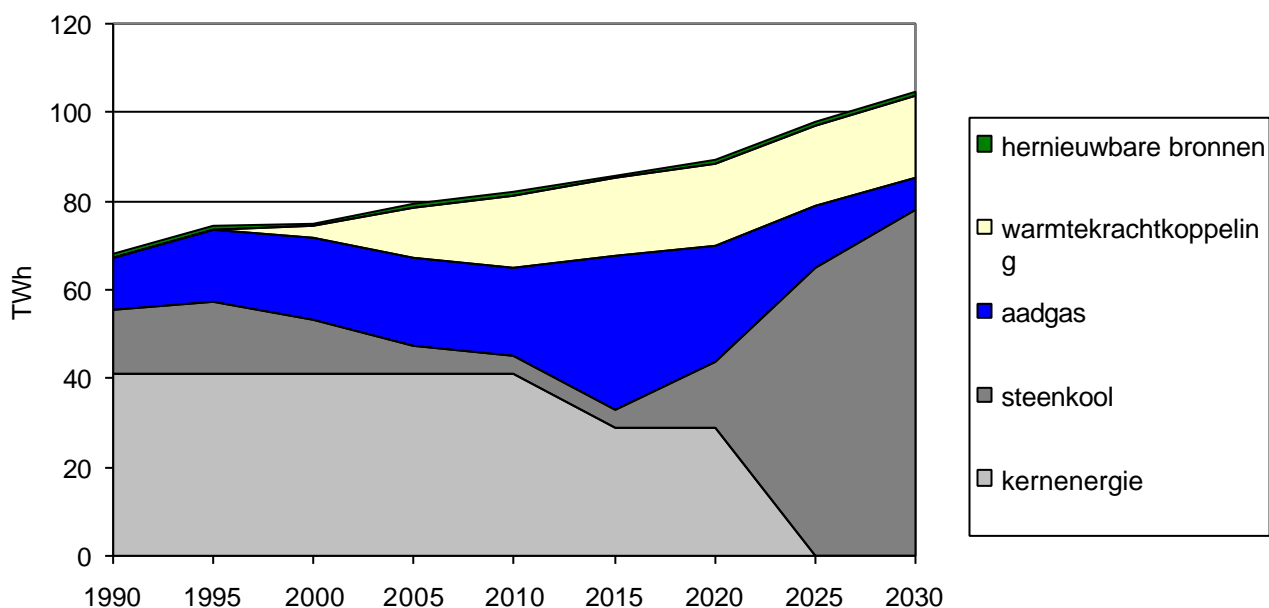


Bron: Proost en Van Regemorter, 2000, blz. 32

c) *Hypothese 3: geen beperking van CO₂ emissies maar wel een kernuitstap*

Bij de tweede hypothese beslist de Belgische regering om de optie elektriciteitsproductie via kernenergie niet open te laten voor de elektriciteitsproductie. Daarnaast wenst de regering geen rekening te houden met de Kyoto-norm. Figuur 13 geeft de evolutie weer van de productiemix. We zien dat de elektriciteitsproductie via kernenergie vanaf 2015 daalt. In 2025 wordt er, zoals gepland, geen kernenergie meer geproduceerd. Tot 2015 zullen vooral de gascentrales de verouderde kerncentrales vervangen. Na 2015 zal, mede door de hoge olie- en gasprijzen, steenkoolcentrales zorgen voor de meerderheid van de elektriciteitsproductie. De elektriciteitsproductie via steenkoolcentrales wordt geschat op 74 TWh in 2030 (69.8 % van het totaal). Deze centrales zullen op dat ogenblik kostenvoordelig zijn. Dit kostenvoordeel wordt veroorzaakt door het feit dat de hoge CO₂-uitstoot (bij steenkoolcentrales) voor geen extra kost zorgt. Tevens wordt een rendementsverbetering van de steenkoolcentrales verwacht. Doordat de reductie van broeikasgassen geen doel is, zal het aandeel van hernieuwbare bronnen klein zijn. De elektriciteitsproductie via hernieuwbare bronnen zal gelijk blijven aan 1 TWh. (ongeveer 1% van het totaal)

Figuur 13: evolutie van de Belgische elektriciteitsproductie van de verschillende energiebronnen: nieuwe kerncentrales en geen CO₂-reductiedoelstellingen (Kyoto)

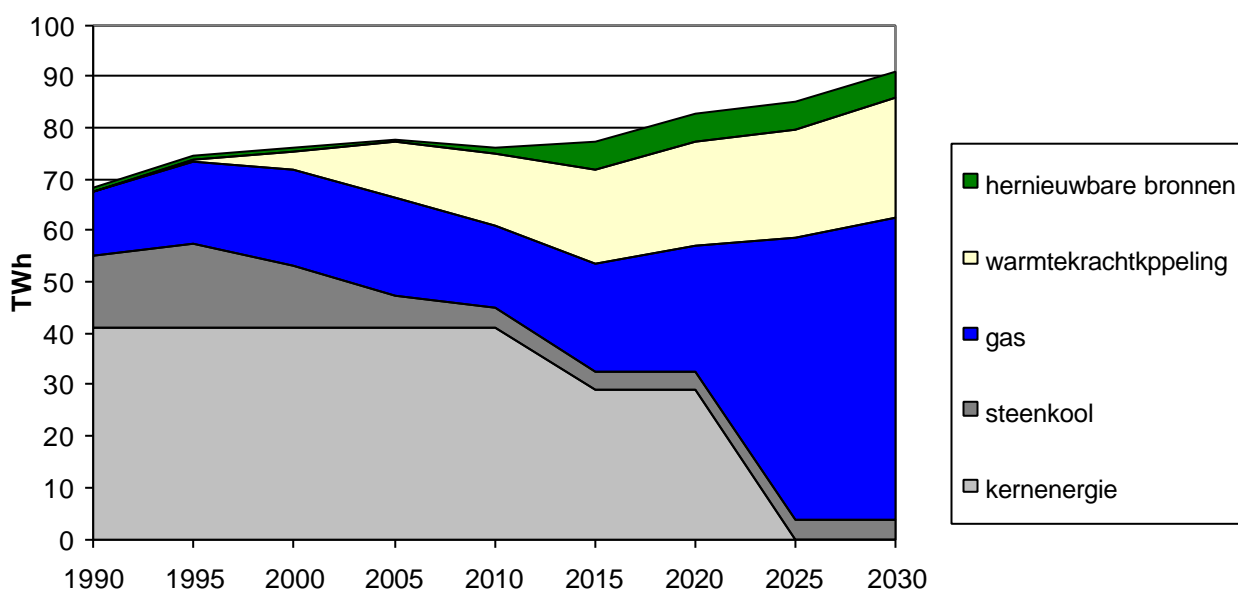


Bron: Proost en Van Regemorter, 2000, blz. 32

d) *Hypothese 4: beperking van CO₂-emissies en een kernuitstap*

De vierde hypothese benadert de huidige situatie: de Belgische overheid beslist om de emissie van broeikasgassen te verminderen om zo aan de Kyoto-doelstelling te voldoen én men wil na 2015 een geleidelijke nucleaire phase-out. De gevolgen zijn duidelijk. Het aandeel van kerncentrales en steenkoolcentrales zal sterk dalen tussen 2010 en 2030. Kernenergie wordt niet meer benut door een politieke beslissing en het aandeel van steenkool in de elektriciteitsproductiemix daalt door de hoge CO₂-uitstoot in de steenkoolcentrales. Hernieuwbare bronnen, warmtekrachtkoppeling en gascentrales zullen in aandeel stijgen. Deze energiebronnen zullen in 2030 meer dan 90 % van de elektriciteit leveren. Door het wegvallen van kernenergie is men verplicht om andere energiebronnen met een lage uitstoot van broeikasgassen te verkiezen. Gascentrales zullen in 2030 voor 60 % van de elektriciteitsproductie instaan.

Figuur 14: evolutie van de Belgische elektriciteitsproductiemix: een nucleaire phase-out en een CO₂-reductiedoelstellingen (TWh)



Bron: Proost en Van Regemorter, 2000, blz. 32

Bij een vergelijking van de verschillende hypothesen kunnen we vaststellen dat het verdwijnen van de nucleaire optie belangrijke wijzigingen veroorzaakt in de productiemix. Kernenergie levert momenteel 58 % van de Belgische elektriciteitsproductie. Deze capaciteit zal in een relatief korte periode volledig vervangen moeten worden. Welke energiebronnen kernenergie zullen vervangen in de toekomst is echter afhankelijk van het gekozen energiebeleid van de overheid. Wenst de politieke overheid het Protocol van Kyoto te halen? Kiest men voor de economische rendabiliteit?

Bij het volgen van de een reductiedoelstelling van de broeikasgassen van 7.5 % in België zal vooral het gebruik van gascentrales toenemen. Ook het gebruik van de milieuvriendelijke, hernieuwbare bronnen zal stijgen in de toekomst. Wanneer de overheid beslist om de Kyoto-Protocol niet na te leven worden de kerncentrales vooral vervangen door de steenkoolcentrales. Steenkoolcentrales zouden, door hun hoge economische rendabiliteit en hun strategisch voordeel, in 2030 ongeveer 70 % van de elektriciteit produceren. Het gebruik van cogeneratie en hernieuwbare bronnen zouden in deze scenario's niet meer verder stijgen.

3.3.3. De economische kost

De Belgische kernuitstap zal de welvaart wijzigen. Het zal de elektriciteitsprijzen en de uitstoot van broeikasgassen wijzigen. Om de economische kost te schatten, gebruiken we het model van Nordhaus. (zie 3.1) De jaarlijkse kost van de vervroegde kernuitstap wordt veroorzaakt door een hogere productiekost van elektriciteit. De productiekost van één eenheid elektriciteit via kernenergie is lager dan de productiekost van de andere energiebronnen. Wanneer de operationele levensduur van een kerncentrale daalt door een politieke beslissing of doordat men de verouderde kerncentrales niet meer vervangt door nieuwe kerncentrales, zal de totale productiekost van de Belgische energiebevoorrading stijgen.

De jaarlijkse economische kost (na de vervroegde phase-out) is gelijk aan de nucleaire capaciteit vermenigvuldigd met het verschil in marginale kostprijs tussen kernenergie en zijn substituten. In figuur 9 (supra, blz. 42) is deze kost gelijk aan de rechthoek BCFG. In het eenvoudig model veronderstellen we wel een constante vraag naar elektriciteit. Deze assumptie is echter niet realistisch. (zie deel 4)

Om de economische kost te schatten, berekenen we in het komende deel enerzijds het verschil in marginale kost tussen kernenergie en andere energiebronnen. Anderzijds de capaciteit van de energiebronnen die kernenergie zullen vervangen bij een geleidelijke nucleaire phase-out.

a) Verschil in productiekost

Tussen de verschillende energiebronnen die in België worden gebruikt, zijn er grote verschillen in de productiekost. De Ampere commissie heeft in opdracht van de Belgische regering de milieukost, de technische en de sociale kostprijs berekend van de verschillende potentiële energiebronnen. (zie bijlage 5) De berekening van de externe kosten omvatten vooral de kost van de CO₂-uitstoot. Aangezien deze monetaire waardering van de milieukost onzeker en is, zullen we zowel de technische als de sociale kostprijs gebruiken in onze schatting van de kostprijs van de kernstop. Uit hun grondige analyse blijkt dat de

huidige en toekomstige nucleaire centrales kostenvoordelig zijn. Zowel de technische kostprijs als de sociale kostprijs zijn lager bij kernenergie dan bij andere energiebronnen. Poederkoolcentrales hebben een lage technische productiekost. Het verschil met de nucleaire sector bedraagt slechts 1.09 eurocent. Het verschil in sociale productiekost wordt geschat om 2.63 cent. Omdat het model een horizontale marginale kostencurve veronderstelt voor ieder type centrale, stellen we de gemiddelde productiekost gelijk aan de marginale productiekost.³⁰

b) Te vervangen productiecapaciteit

De totale nucleaire productie die vervangen zal worden tussen 2015 en 2025 is 46 à 48 TWh. Welke energiebron deze capaciteit zal vervangen, staat niet vast. Deze keuze zal afhankelijk zijn van verdere politieke beslissing. Wil men het Protocol van Kyoto naleven? Welke reductie zal de elektriciteitssector moeten leveren om de broeikasgasemissie te beperken? Welke financiële compensaties zullen er zijn? Zal de Belgische overheid hernieuwbare energiebronnen financieel steunen? Wat zal de evolutie zijn van de aardgasprijzen? Zullen er nieuwe technologische innovaties zijn? (Waardoor bijvoorbeeld STEG-centrales rendabeler worden of steenkoolcentrales milieuvriendelijker) Welke impact zal de geliberaliseerde elektriciteitsmarkt hebben?

Er zijn dus vele onzekerheden omtrent de toekomstige energiebronnen. Door deze onzekerheden is het moeilijk om het verschil in productiekost tussen kernenergie en de vervangende energiebron te berekenen. De schatting van de economische kost van de Belgische kernuitstap zal slechts een benadering zijn.

Om het toekomstig gebruik van energiebronnen voor de productie van elektriciteit te schatten, hanteren we een studie die het MARKAL-model toepast (zie 33.2, blz. 61). De studie gaat uit van een nucleaire phase-out na een nucleaire reactorleeftijd van 40 jaar. Ze analyseren twee verschillende scenario's: een referentiescenario en een Kyoto-scenario.

³⁰ We veronderstellen dat de investering in een extra centrale niet hoger is dan de investering in de vorige centrales. Deze assumptie is realistisch voor een klein land zoals België. De extra vraag naar een STEG-centrale zal niet zorgen voor een verhoging van de prijs ervan.

In het referentiescenario schatten ze de CO₂-emissie en de elektriciteitsproductiemix. Daarbij worden de reeds ondernomen maatregelen, de verwachte energieprijzen en verschillende economische indicatoren als gegeven beschouwd. In een ander scenario verplicht men de Belgische economie ertoe om het Protocol van Kyoto na te leven. Het MARKAL-model zal dan de technologie kiezen die de energiebehoeften optimaliseert. Daarnaast veronderstelt men dat de broeikasgasemissies verder zullen dalen. Er wordt een reductiedoelstelling van 30 % verwacht tegen 2030.

In het referentiescenario zullen de broeikasgasemissies stijgen met 10.2 % tussen 1990 en 2010. Enkel in de energiesector worden de emissies beperkt. De emissie van de andere sectoren stijgt met minimaal 14.5 %. De geleidelijke nucleaire phase-out wordt in het referentiescenario opgevangen door extra poederkoolcentrales. De productie via poederkoolcentrales zal in 2020 45.7 % en in 2030 73 % van de elektriciteit opwekken. Het elektriciteitsverbruik stijgt in de toekomst tot 112.2 TWh.

Tabel 11: de broeikasgasemissies (uitgedrukt in Mton) en de productie van elektriciteit (uitgedrukt in TWh) in het referentiescenario

Referentie-scenario	1990	2000	2005	2010	2020	2030	evolutie 1990 tot 2010
Energie-sector CO ₂	29,7	25,0	21,3	22,8	45,5	69,1	-23%
Industrie CO ₂	29,7	33,6	32,8	34,0	35,8	34,7	14,5%
Residentieel en diensten CO ₂	29,9	33,8	34,2	25,0	36,3	39,2	17,3%
Transport CO ₂	21,6	25,6	28,1	30,2	34,9	38,4	39,5%
Ander broeikasgassen	3,6	4,3	4,0	4,2	4,7	5,8	17,0%
TOTAAL	114,5	122,3	120,4	116,2	157,2	187,2	10,2%
Poederkool (bestaand)	14,9	13,7	8,1	0,0	0,0	0,0	
Poederkool (SC,ASC, USC)	0,0	0,0	0,0	7,4	47,7	81,9	
IGCC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
PWR nucleaire centrales	37,7	42,5	42,5	42,5	29,5	3,5	
Gasturbines	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	
STEG-centrales	0,0	8,4	10,1	11,8	0,3	0,0	
Afvalverbrandigscentrale	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	
Hernieuwbare bronnen	0,7	0,9	5,3	5,4	5,4	5,4	
Andere gecentraliseerde	6,7	0,5	0,0	0,6	0,0	0,0	
Decentraliseerd	7,8	11,0	15,8	18,7	19,9	21,1	
TOTAAL	68,3	78,3	82,2	86,7	103,1	112,2	

Bron: Proost en Van Regemorter, 2000, blz. 24-26

In het scenario waarbij België het Protocol van Kyoto wenst na te leven, wordt de totale emissie van de broeikasgassen beperkt tot een 98.1 Mton in 2010. Dit is een daling met 7.5 %. Tegen 2030 moet de emissies nog verder gereduceerd worden tot een niveau dat 15 % lager is dan het niveau van 1990. Deze opgelegde restrictie zorgt ervoor dat de energieproducenten na de nucleaire phase-out meer elektriciteit zullen opwekken via STEG-centrales. In 2020 zal een derde van de elektriciteitsproductie opgewekt worden door STEG-centrales. Tegen 2030 neemt dit aandeel toe tot 70 %.

Tabel 12: de broeikasgasemissies (uitgedrukt in Mton) en de productie van elektriciteit (uitgedrukt in TWh) in het Kyoto-scenario

KYOTO-scenario	1990	2000	2005	2010	2020	2030	evolutie 1990 tot 2010
Energie-sector CO ₂	29,7	25,0	19,9	16,9	19,5	29,8	-43%
Industrie CO ₂	29,8	33,3	31,8	22,8	19,0	17,2	-23,3%
Residentieel en diensten CO ₂	29,8	33,5	34,1	33,0	26,3	15,9	10,6%
Transport CO ₂	21,6	25,6	27,8	29,4	33,2	31,1	36,0%
Ander broeikasgassen	3,6	4,2	3,9	3,8	3,9	4,1	4,7%
TOTAAL	114,5	121,6	117,5	105,9	101,9	98,1	-7,5%
Poederkool (bestaand)	14,9	13,5	6,5	0,0	0,0	0,0	
Poederkool (SC,ASC, USC)	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	
IGCC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
PWR nucleaire centrales	37,7	42,5	42,5	42,5	29,5	3,5	
Gasturbines	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
STEG-centrales	0,0	8,4	10,4	14,6	27,2	63,3	
Afvalverbrandingscentrale	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	
Hernieuwbare bronnen	0,7	1,3	5,3	5,4	5,4	5,4	
Andere gecentraliseerde	6,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
Decentraliseerd	7,8	11,0	15,8	17,6	19,4	17,4	
TOTAAL	68,3	77,7	80,8	81,9	81,8	89,9	

Bron: Proost en Van Regemorter, 2000, blz. 24-26

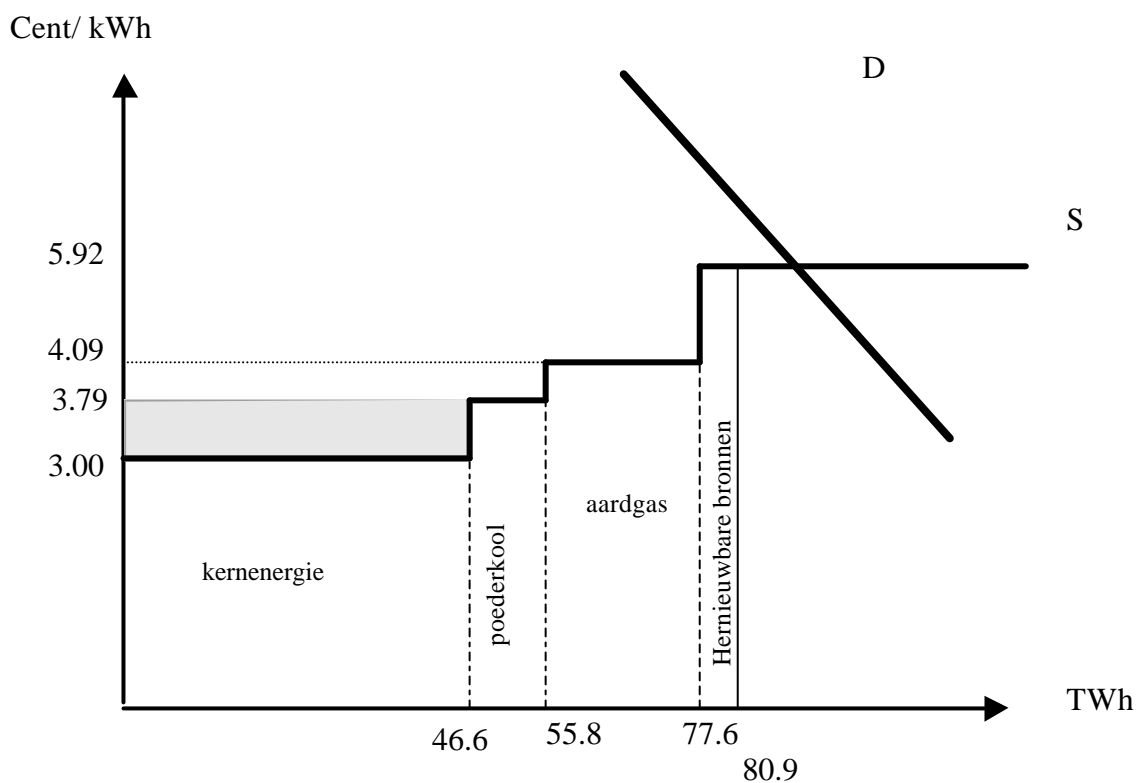
Uit deze analyse kunnen we concluderen dat het binnenlandse capaciteitstekort door de nucleaire phase-out vanaf 2015 vervangen zal worden door enerzijds STEG-centrales indien België de doelstelling van het Protocol wenst te bereiken en anderzijds door poederkoolcentrales.

c) *Schatting van de economische kost*

In figuur 15 stellen we de Belgische elektriciteitsmarkt modelmatig voor. De vorm van de aanbodcurve is gebaseerd op Nordhaus. Hij veronderstelt een getrapte aanbodcurve.

Eerst worden de productiemogelijkheden benut met een lage marginale productiekost. Daarna worden ook andere energiebronnen benut. Strategische redenen of een beperkte capaciteit zijn enkele argumenten waarom een elektriciteitsproducent tot duurdere energiebronnen overgaat. De vraag naar elektriciteit is een dalende curve. De helling werd in figuur 15 willekeurig gekozen. Het snijpunt tussen vraag en aanbod geeft de Belgische productie van elektriciteit weer en de marginale kost van een bijkomende eenheid elektriciteit.

Figuur 15: De Belgische elektriciteitsmarkt in een vraag en aanbodmodel



Bron: Nordhaus, 1997, blz.63; Ministerie van Economische Zaken, 2003; commissie Ampere, 2000 en eigen berekeningen.

Nucleaire energie is in België de energiebron met de laagste marginale productiekost om elektriciteit te produceren. De Commissie Ampere heeft berekend dat de productie van nucleaire elektriciteit 3 eurocent per kWh kost. Deze productiekost omvat enkel de technische productiekost. De productiekost van steenkool bedraagt 3.79 eurocent per kWh. De productiekost van centrales op basis van aardgas en hernieuwbare energiebronnen is hoger. De productie van elektriciteit in 2000 wordt weergegeven op de

horizontale as. 46.6 TWh wordt geleverd door kerncentrales. De steenkoolcentrales en aardgascentrales staan in voor respectievelijk 9.2 en 21.8 TWh. Bij de uiteindelijke berekening van de economische kost moeten we de oppervlakte tussen de nieuwe en de oude aanbodcurve schatten.

Wanneer er geen bijkomende maatregelen genomen worden om de broeikasgasemissies te reduceren en er is een nucleaire phase-out, dan zal de volledige nucleaire productie (47 à 48 TWh) volledig vervangen worden door poederkoolcentrales. De jaarlijkse kost is het (in grijs) arceerde oppervlakte. De gemonetariseerde waarde van deze oppervlakte is gelijk aan het product van de weggevallen nucleaire productie (46.6 TWh) en het verschil in productiekost (3.79-3 eurocent). We bekomen een jaarlijkse kost van 368 miljoen euro. Deze kost is het gevolg van het niet benutten van een technische productiemogelijkheid die economisch rendabeler is.

Indien de prioriteit van het energiebeleid zowel een reductie van de broeikasgassen (Kyoto-scenario) als een kernuitstap is, zal de nucleaire productie vervangen worden door STEG-centrales (zie 3.3.3.b). In dit geval is de jaarlijkse economische kost van een kernuitstap groter. Deze wordt geschat op 507.9 miljoen euro per jaar.

Deze schattingen zijn echter wel afhankelijk van de geschatte productiekost van de centrales, de voorspelde energieprijzen en de vraag naar elektriciteit. De geschatte economische kost van een nucleaire phase-out is dus een benadering van de toekomstige werkelijke kost.

d) Studie van het ETE

In een studie van de KUL heeft men aan de hand van de Ampere-resultaten de elektriciteitsproductie voor de periode 2000-2030 bestudeerd. (Proost en Van Regemorter, 2000) Men heeft daarbij de welvaartskost berekend voor vier verschillende hypothesen. Enerzijds het al dan niet halen van de Kyoto-norm en anderzijds het al dan niet beslissen voor een kernuitstap. De welvaartskost kan ook negatief zijn. Dit komt omdat men de hypothetische scenario's vergelijkt met een referentiescenario waarin men geen rekening gehouden heeft met de externe milieukosten, wat in de andere scenario's wel is gebeurd. (De Grauwe, 2002) Hieronder worden de welvaartswijzigingen tussen het

referentiescenario en de vier andere scenario's weergegeven. (uitgedrukt in % van BBP van 2000)

- kernstop en geen Kyotonorm: - 0,7 %
- kernstop en wel een Kyotonorm: + 2,7 %
- nieuwe kerncentrales en geen Kyotonorm: - 0,5 %
- nieuwe kerncentrales en wel een Kyotonorm: + 0.6 %

Indien de Kyotonorm gecombineerd wordt met een nucleaire phase-out stijgt de economische kost tot 2.7 % van het BBP in 2003. Wanneer men echter nieuwe kerncentrales kan construeren in de toekomst zal de economische kost dalen tot 0.6 % van het BBP. We kunnen dus stellen dat de kernuitstap (en het moratorium om kerncentrales te construeren) een economische kost betekent voor België. Indien men de broeikasgassen niet wenst te reduceren, is er slechts een licht economisch voordeel bij een constructie van nieuwe kerncentrales.

3.3.4. Visie van de Ampere –Commissie:

Daarnaast heeft de Belgische regering in 1999 een commissie opgericht voor de “Analyse van de Middelen voor Productie van Elektriciteit en de Reoriëntatie van de Energievectoren”, afgekort met de goedgevonden en leuke afkorting Ampere. Deze commissie kreeg de opdracht om de elektriciteitsmarkt te analyseren en aanbevelingen te formuleren over de meest optimale energiebronnen om elektriciteit te produceren. Meer specifiek werd er gevraagd naar de mogelijkheid om uit kernenergie te stappen. Wat zouden de mogelijke gevolgen van deze beslissing kunnen zijn op milieu- en economisch vlak?

In hun onderzoek blijkt dat kerncentrales economisch rendabeler zijn dan de andere centrales. Ook in de toekomst (tot 2030) zullen de nucleaire centrales rendabeler blijven. Daarnaast hebben ze vastgesteld dat de capaciteit van hernieuwbare bronnen die economische rendabel zijn, beperkt zijn. Zonne-energie en brandstofcellen zijn economisch nog niet rendabel. De maximale capaciteit van windenergie en energie uit biomassa wordt geschat op maximaal 10 % op de lange termijn. De uitstoot van

broeikasgassen zal stijgen indien de kerncentrales zullen vervangen worden. Na een analyse van alle mogelijke alternatieven blijkt dat kernenergie nog steeds voordelen zou bieden voor België.

De mening van de commissie Ampere is dan ook heel duidelijk:

“De Commissie is van oordeel dat men de electronucleaire optie moet open houden voor de toekomst, in een context waarin koolwaterstoffen (waaronder aardgas) steeds maar duurder worden en omdat exploitatie van kernenergie geen broeikasgassen uitstoot. Hiertoe moet men de nationale know-how in de electronucleaire sector op peil houden, zowel privé als publiek, en ook deelnemen aan het onderzoek en de overwegend private ontwikkeling van de toekomstgerichte procédés.” (Commissie Ampere, 2000, blz.39)

De commissie is van oordeel dat een kernstop op lange termijn niet verantwoord is. De politieke wereld zou de optie om gebruik te maken van kernenergie open moeten laten. In de huidige context is een nucleaire phase-out mogelijk maar indien de gasprijzen en de olieprijsen zullen stijgen, zal kernenergie een groter voordeel hebben. Daarnaast moet de overheid verder onderzoek in nucleaire wetenschap ondersteunen. Het gebruik van kernenergie zal waarschijnlijk noodzakelijk worden wanneer de huidige energiebronnen uitgeput geraken. Daarnaast hopen vele experts dat het wetenschappelijk onderzoek een technologische oplossing zal vinden voor het kernafval en de dreiging van radioactiviteit.

4. Beheer van de elektriciteitsvraag

Bij de eerdere analyse van de elektriciteitsmarkt maakten we gebruik van de vraag en het aanbod van elektriciteit. Een kernuitstap zou het aanbod van elektriciteit reduceren. Een deel van de aangeboden binnenlandse productie zal immers niet meer worden aangeboden door de elektriciteitsproducenten. Om deze daling van het aanbod op te vangen zijn er drie mogelijkheden:

Een eerste mogelijkheid is de substituering van kernenergie door andere energiebronnen. Deze mogelijkheid is voor velen de meest logische oplossing. De kerncentrales worden vervangen door andere centrales die éénzelfde vermogen aanbieden. De Belgische overheid heeft nu al vergunningen geleverd voor de constructie van STEG-centrales en CHP-centrales. Ook de installatie van meerdere windmolenparken wordt aangemoedigd. Een nadeel van deze optie is dat de marginale kosten van deze centrales hoger zijn dan de marginale productiekost van de kerncentrales. Hierdoor ontstaat er een economische kost bij een nucleaire phase-out. (zie 3.3)

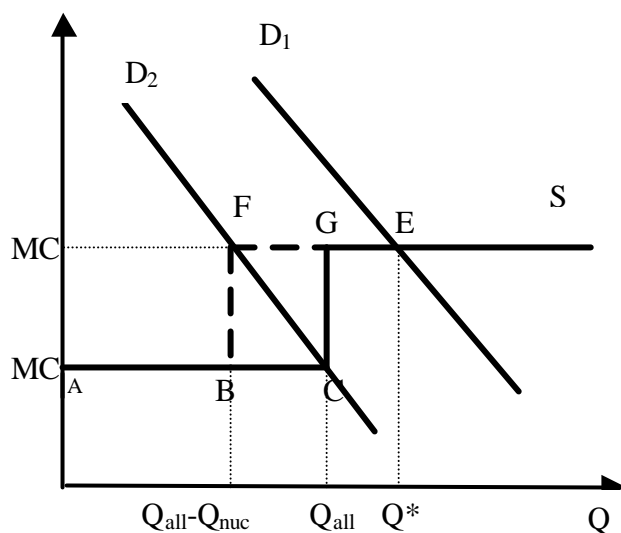
Een tweede mogelijkheid is de import van elektriciteit uit het buitenland. Wanneer de binnenlandse elektriciteitsproductie niet (meer) voldoet aan de binnenlandse elektriciteitsbehoefte, kunnen Belgische energieleveranciers elektriciteit importeren via hoge spanningslijnen. Een voordeel van deze strategie is de reductie van CO₂-uitstoot waardoor het bereiken van de Kyoto-norm eenvoudiger wordt. Indien de totale huidige elektriciteitsproductie via kernenergie vervangen zou worden door geïmporteerde elektriciteit vanuit onze buurlanden zou de binnenlandse emissie van CO₂ reduceren met 12.18 %. Globaal gezien zou deze gereduceerde uitstoot gecompenseerd worden door een verhoogde uitstoot in andere landen. Er zijn echter ook nadelen aan het importeren van elektriciteit. Ten eerste de mogelijke daling van de Belgische werkgelegenheid. De volledige werkgelegenheid die instaat voor de productie van elektriciteit via de zeven Belgische kerncentrales zullen verdwijnen en deze jobs zullen niet vervangen worden door andere jobs binnen de Belgische grenzen. Daarnaast is er een groot efficiëntieverlies bij het transport van elektriciteit over de hoogspanningslijnen.

Een derde mogelijkheid is de reductie van de vraag naar elektriciteit. De overheid kan in de toekomst een beleid van een efficiënt gebruik van elektriciteit aanmoedigen. Deze mogelijkheid wordt door het Ministerie van Economische Zaken gezien als één van de belangrijkste pijlers om de kernuitstap op te vangen. Ook wordt de reductie van de vraag voorgesteld als de te volgen strategie wanneer België de uitstoot van broeikasgassen wenst te reduceren. (zie verder) In dit deel zullen we dan ook de beheersing van de vraag naar elektriciteit diepgaand analyseren. Welk beleid is effectief en efficiënt? Welke mogelijke acties kan de overheid ondernemen? Zal de uitstoot van broeikasgassen volgens het geplande beleid de Kyoto-doelstelling bereiken?

4.1. Theorie

De uitstap uit kernenergie impliceert een belangrijke daling van het aanbod van elektriciteit. Deze daling van het aanbod veroorzaakt een economische kost. In figuur 16 is deze kost gelijk aan het vierkant BFGC. (zie 3.1)

Figuur 16: daling van de vraag en aanbod van elektriciteit.



Wanneer de vraag naar elektriciteit zal dalen, zal de vraagcurve in het model naar linksonder verschuiven. (van D1 naar D2) Deze daling veroorzaakt een daling van de economische kost van de kernuitstap. In het voorgestelde model wordt de aanbotsreductie door een vraagreductie gecompenseerd. De economische kost verbonden aan de

kernuitstap verdwijnt volledig. In de voorbije decennia is de vraag naar elektriciteit enkel gestegen.

Het primaire energieverbruik groeit sedert de laatste 25 jaar aan een gemiddelde van 1.1 % per jaar. De jaarlijkse groei van het BNP was gemiddeld 2.4 % waardoor er in deze periode een verbetering van de energie-efficiëntie van gemiddelde 1.2 % was. Deze verbetering werd veroorzaakt door de toepassing van nieuwe en structurele veranderingen in de Belgische economie. De energie-intensieve industriële sector werd gedeeltelijk vervangen door een diensteselector. Een daling van het energieverbruik in België lijkt op korte termijn niet realistisch. Het is wel mogelijk om de verwachte stijging terug te dringen naar een aanvaardbaar niveau om zo de vraag naar elektriciteit te beheersen.

Prognoses van de toekomstige primaire energiebehoeften variëren. Het Federaal Planbureau schat een toename met 17 % tussen 1998 en 2020. Dit zou betekenen dat de gemiddelde jaarlijkse groeivoet daalt van 1.1 % naar 0.7 %. (Bollen & Van Humbeeck, 2002, blz. 45) Ook bij een analyse van het MARKAL-model (zie 3.3.2) is er een continue stijging van de vraag. De jaarlijkse groeivoet van het elektriciteitsverbruik is afhankelijk van het energiebeleid. Het energieverbruik is lager in een scenario van een kernuitstap en in het Kyoto-scenario.

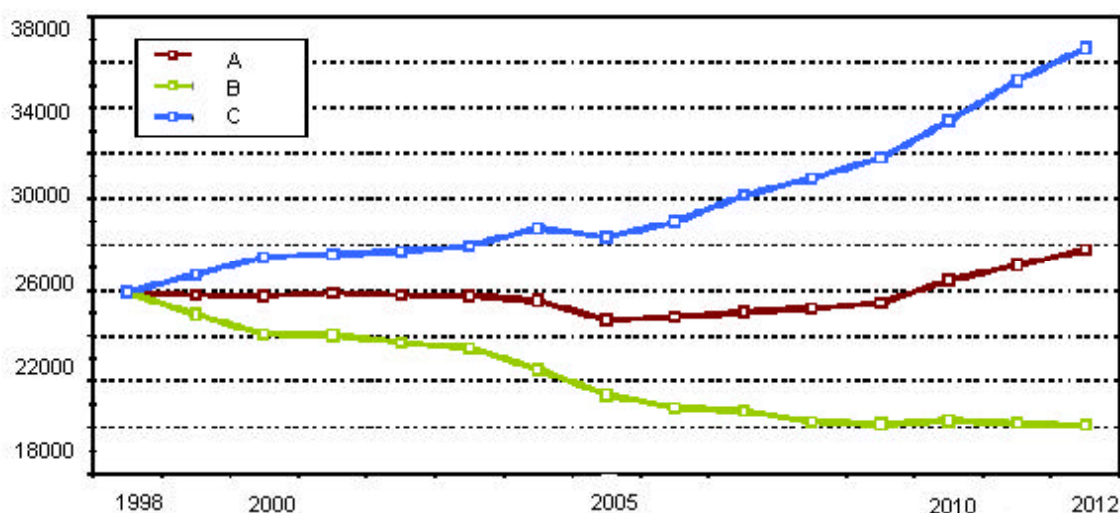
Indien België het Protocol van Kyoto wenst na te leven, is een beheersing van het energieverbruik een noodzaak. Uit een onderzoek uitgevoerd door het ETE-departement van de KUL blijkt dat de vraag naar energie een grote impact heeft op de broeikasgasemissie. De studie doet een schatting van de broeikasgasemissies (uitgedrukt in Mton CO₂-equivalent) in België bij verschillende vraagscenario's tot 2012. Men veronderstelt dat het beschikbaar nucleair productievermogen constant blijft, dat de IEA-prijsevolutie gevolgd wordt en dat er geen energietaks of CO₂-taks wordt geïmplementeerd.

Met deze hypothesen werden drie vraagscenario's beschouwd:

- Vraagscenario A: de vraag naar elektriciteit stijgt met 2 % per jaar in de periode 1998-2005, om nadien tot 2012 met slechts 1,5 % per jaar te stijgen.
- Vraagscenario B: de jaarlijkse groei van de vraag naar elektriciteit is beperkt tot amper +0,5 % tot 2005 en een status quo (dus 0 % groei) na 2005.

- Vraagscenario C: een vraagtoename met 3,5 % per jaar tot 2005 en met 3 % per jaar na 2005.

Figuur 17: evolutie van de broeikasgassen bij 3 verschillende vraagscenario's
(uitgedrukt in kton CO₂-equivalent per jaar)



Bron: commissie Ampere, 2000, blz. 143

Scenario A wordt beschouwd als het meest waarschijnlijke scenario. De evolutie van de CO₂-emissie daalt met 4 % tussen 1998 en 2005 door de vervanging van de steenkoolcentrales door nieuwe STEG-centrales. Na 2005 worden er steeds minder milieuvervuilende centrales vervangen door STEG centrales en veroorzaakt de stijgende vraag naar energie een stijgende emissie.

Wanneer het totale elektriciteitsverbruik tussen 1998 en 2012 met slechts 4 % toeneemt, zal de CO₂-emissie als gevolg van de Belgische elektriciteitsproductie afnemen met 25 %. Hiermee zou de elektriciteitsproducerende sector voldoen aan een rechtlijnige reductiedoelstelling. De elektriciteitssector zou in dit scenario verantwoordelijk zijn voor een daling van de totale Belgische broeikasgasemissie met 4 %.

In het scenario waarbij de vraag naar elektriciteit niet beperkt wordt, zal de emissie van de broeikasgassen verder toenemen. De totale toename in de elektriciteitsproducerende sector verhoogt met 40 %. Deze stijgende vraagevolutie zou dan verantwoordelijk zijn voor een

toename van de totale broeikasgasemissies van België met 8 % tegen 2012. Hierdoor zullen andere sectoren een grotere inspanning moeten leveren om de Kyoto-norm te halen.

De overheid kan een actieve rol spelen in de energiemarkt en de energievraag beïnvloeden. In het volgend hoofdstuk zullen we de maatregelen bespreken die de Belgische overheid en de gewesten hebben ondernomen.

4.2. Beleid en maatregelen om de vraag naar elektriciteit te reduceren

Reeds tijdens de energiecrisis van de jaren zeventig werd door de overheid veel aandacht besteed aan de beheersing van de vraag naar energie. Traditioneel had men op een crisis steeds ingewerkt via de aanbodzijde. Wanneer de energievraag het aanbod overtrof, bouwde men extra centrales en voerde men extra energiebronnen in. Maar door de invoering van een “Demand Side Management” (DSM) en het rationeel energiegebruik (REG) wordt het beheer van het aanbod gelijkwaardig beschouwd aan het beheer van de vraag. Het doel van dit beleid is gericht op de daling van de vraag. Ze willen de vraag beheersen aan de hand van subsidiëring, normering en tarifiering.

Het huidig Belgisch beleid dat de vraag naar elektriciteit wil reduceren, is een onderdeel van een ruimer beleid inzake klimaatsverandering. Sedert 1994 bestaat er in België een beleid om de uitstoot van broeikasgassen te reduceren. Het eerste initiatief van de overheid was het Nationaal Programma ter reductie van de CO₂-emissies. Het programma wenste de uitstoot van CO₂ te reduceren met 5 % in 2000 ten opzichte van 1990. Deze doelstelling werd niet bereikt. Met de ratificering van het Protocol van Kyoto werd het echter duidelijk dat er wel een politieke wil was om de uitstoot van broeikasgassen te reduceren. (bijlage 4) In 2002 werd een “Nationaal Klimaatsplan” opgesteld met de nodige maatregelen om de reductiedoelstellingen tegen 2008-2012 te realiseren. Ook de verschillende gewesten hebben actieprogramma's opgesteld ter reductie van de hoeveelheid broeikasgassen in de lucht. In Wallonië werd het « Plan d'action de la Région Wallone en Matière de Changements Climatiques » goedgekeurd. Het Klimaatsbeleidsplan Vlaanderen is in volle voorbereiding en ook het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is bezig met de opmaak van de noodzakelijke actieprogramma's.

De overheidsmaatregelen om de energie-efficiëntie te verhogen en het rationeel energiegebruik aan te moedigen, kunnen de vraag naar elektriciteit reduceren. Om deze reden zullen we de overheidsmaatregelen in het kader van de klimaatsverandering die betrekking hebben met de reductie van de energievraag, diepgaand analyseren. Welke maatregelen treft de overheid en welke maatregelen wenst men in de nabije toekomst nog te treffen? Welke rol kan een CO₂-taks spelen in het REG-beleid?

4.2.1. Geplande en reeds uitgevoerde maatregelen

1. Financiële voordelen

a) Belastingsverlaging voor investering in verband met REG:

In de industrie kan men sinds 1992 van het totale belastingsbedrag 13.5 % van de kosten verminderen, indien die kosten veroorzaakt zijn door een investering om de energie-efficiëntie te verhogen. Bedrijven kunnen een additionele 10 %-verlaging ontvangen voor investeringen die specifiek zorgen voor een recuperatie van gebruikte energie in industriële processen. Ook in de residentiële sector krijgen belastingsbetalers die extra uitgaven hebben door investeringen in energiebesparingen, een belastingsvermindering. 15 % van de investeringskost, uitgegeven voor de vervanging van oude verwarmingsketels, de plaatsing van zonnepanelen of de installering van waterverwarmingsinstallatie op basis van zonne-energie, kan in vermindering gebracht worden. Ook is er een versoepeling inzake de bouwvoorschriften voor de plaatsing van zonnepanelen. In woongebieden mag zelfs maximaal 20 % van het dakoppervlak bedekt worden met zonnepanelen zonder een bouwvergunning.³¹ Voor de uitgaven van dubbele beglazing, dakisolatie, energie-audits en de plaatsing van een thermostaat aan het centrale verwarmingssysteem krijgt men zelfs 40 % van de kosten als fiscale deductie. De jaarlijkse maximale kost per huis bedraagt 500 euro en het totaal budget dat hiervoor voorzien is, bedraagt 37,184 miljoen euro.

Daarnaast wenst men fiscale voordelen in te voeren om milieuvriendelijke voertuigen en fietsgebruik te stimuleren.

³¹ Met uitzondering van gebouwen in beschermd gebied, gebouwen met historische, culturele of esthetische waarde.

b) Subsidies voor energie-efficiëntie van gebouwen:

Zowel de gezinnen met een laag inkomen als de bedrijven kunnen een subsidie verkrijgen bij een verbetering van hun energie-efficiëntie in de gebouwen. De gezinnen met een laag inkomen kunnen een subsidie krijgen tot 1363 euro. De subsidies voor de bedrijven worden uitgedrukt in een percentage van hun noodzakelijke uitgaven voor deze energie-efficiëntieverbetering of het gebruik van hernieuwbare energiebronnen. Kleine bedrijven ontvangen een subsidie van 20 % en middelgrote bedrijven een mogelijke subsidie van 10 % van hun kosten. Het Waalse Gewest promoot de isolatie, de verbetering van verwarmingsinstallaties en het gebruik van groene stroom in scholen, ziekenhuizen en gemeentehuizen door middel van financiële compensaties. (70 % of meer van de investeringskost, afhankelijk van de te bereiken energie-efficiëntie) Sectoren of bedrijven die de energie-efficiëntie verhogen in de gehele sector, kunnen het volledige investeringsbedrag terugvorderen van het Waalse Gewest. Ook het Brussels Hoofdstedelijk Gewest moedigt investeringen in energie-efficiëntie aan door middel van financiële compensaties. Zij voorzien een terugbetaling van 20 % van de investeringskost. Energie-audits worden tot 50% terugbetaald, met een maximaal bedrag van 1250 euro.

c) Subsidiëring van REG-aanpassingen

Verder voorziet de Vlaamse overheid ook financiële steun voor de plaatsing van fotonvoltaïsche zonnepanelen. Ze staat in voor een financiële stimulans van gezinnen en van de tertiaire sector om REG toe te passen. Dit leidt tot een verminderde CO₂-uitstoot, aangezien er minder energie zou nodig zijn. Enkele voorbeelden zijn: aluminiumfolie achter radiatoren van bestaande gebouwen, zonneboilers installeren, gebruik van spaarlampen, natuurlijke ventilatie,...

d) Subsidies voor technologische ontwikkelingen:

Een Koninklijk Besluit uit 1983 heeft bepaald dat er subsidies zullen worden verstrekt voor de demonstratie en commercialisatie van nieuwe producten en processen die de energie-efficiëntie bevorderen. Onder andere het VLIET-programma (Vlaams Impulsprogramma voor Energietechnologie) steunde onderzoeksprojecten rond CHP-centrales, systemen met alternatieve aandrijvingen, energiebesparingen, hernieuwbare energie,... tussen '93 en '96.

In totaal werd 14 miljoen euro vrijgemaakt voor activiteiten. Ook in Wallonië zijn verschillende projecten opgezet.

e) Energie audits:

Het raadplegen van energieconsulenten wordt aangemoedigd door financiële bijdragen van de verschillende gewesten. Het Vlaamse Gewest heeft momenteel 4 energieconsulenten in dienst die gratis pre-audits opstellen voor gebruikers. Daarnaast wordt 50 % van de energieconsultatiekosten terugbetaald. Ook het Brussels Hoofdstedelijk en het Waals Gewest verlenen een aanzienlijke financiële bijdrage voor gebruikers die een energie-audit laten uitvoeren.

f) Energiebijdrage:

In 1993 is er een heffing op bepaalde energiebronnen zoals benzine, lichte huisbrandolie, aardgas, LPG en elektriciteit. Met deze heffing wenst men de prijs van milieuvriendelijke producten te verhogen. Door deze maatregel zal de vraag naar deze energiebronnen dalen. Omdat deze maatregel analoog is aan de CO₂-taks zullen we deze taks later nog verder analyseren.

2. Praktische normen

a) Isolatie en ventilatie:

Om de energievraag naar omlaag te krijgen, stimuleert de overheid het goed isoleren van nieuwe gebouwen of muren bij verbouwingen in de residentiële en tertiaire sector. Een goede isolatie is namelijk de beste kostenefficiënte energiebesparende factor en het energiebesparingspotentieel van oude woningen is groot. De overheid heeft daartoe standaarden opgesteld, die verwijzen naar de warmteverliescoëfficiënt van een muur (k) of van een volledig gebouw (K). Hoe lager de waarde, hoe beter de isolatie. Ook werd een

maximale k-waarde opgegeven.³² In Wallonië moet voldaan worden aan de K55-standaard of in sommige gevallen de K65-of zelfs K70-standaard. Vlaanderen hanteert ongeveer overal K55 als standaard. Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest volgt hierin Wallonië.

De Vlaamse overheid heeft daarenboven een “Energy Policy Document” uitgebracht voor de periode 2000-2004. Daarmee wil men het energieverbruik van de residentiële sector in Vlaanderen tegen 2004 terug brengen op het niveau van 1998. Dit willen ze voornamelijk bekomen via het bekrachtigen en uitvoeren van de bestaande wet met betrekking tot de isolatie van de gebouwen. Ook heeft men eisen gesteld aan de energiezuinigheid van ventilatoren, ook bij industriële koeling, en werden de elektrische motoren vervangen door hoge rendement motoren.

Een groot nadeel van de maatregel van normering van de isolatie, is de weinige controle. Voor het bekomen van een bouwvergunning, gaat de Regionale Administratie van Stadsplanning de K-ratio na. De verdere controle is echter veruit onvoldoende. In Vlaanderen beantwoorden slecht één op acht van de individuele huizen en één op drie van de appartementsgebouwen, gebouwd na de invoering van de standaarden, aan de opgestelde eisen. Het Belgian Building Research Institute probeert nu een handleiding op te stellen voor een uniforme inspectieprocedure. Het doel van dit onderzoeksinstituut is de definiëring, de harmonisering en de verbetering van de toepassingen van de energienormeringen.

b) Warmtetoestellen:

Om energie-efficiënt te werken, moeten warmtetoestellen, voornamelijk centrale verwarming, een regelmatige inspectie ondergaan en moeten ze op tijd vervangen worden. Vlaanderen heeft de bestaande regeling herzien, de andere regio's in het land doen dit momenteel ook.

c) Vrijwillige akkoorden:

In Vlaanderen en Wallonië kunnen energie-intensieve bedrijven vrijwillige akkoorden sluiten om bepaalde normen qua energiegebruik te halen. Op die manier worden ze

³² De wetgeving hieromtrent kan geraadpleegd worden op een website. (<http://www.bbri.be/webcontrole>)

gestimuleerd om haalbare investeringen te doen. De ijzer-, staal- en papiernijverheid en de chemische industrie zijn reeds bezig met onderhandelingen. Momenteel wordt er een convenantregeling bestudeerd tussen de overheid en 105 ondernemingen, die gezamenlijk 74 % van de industriële energie verbruiken. Met dit convenant verbinden de bedrijven er zich toe om tot de wereldtop te behoren tegen 2008 (of uiterlijk op 2012). Indien ze dit akkoord nakomen kunnen ze rekenen op een vrijstelling van de energietaks of CO₂-taks. Ook met de andere (kleinere) ondernemingen onderhandelt men over het opstellen van vrijwillige akkoorden. (Bollen & Van Humbeeck, 2002, blz.308-309)

In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zijn er minder energie-intensieve bedrijven en heeft men gezorgd voor het “Ecodynamisch Bedrijf” –label. Om dit label te verkrijgen op je producten, moet je aan energie-efficiënte voorwaarden voldoen en moet je een charter ondertekenen. Dit kadert in het REG. Brussel voorziet ook subsidies aan bedrijven die initiatieven nemen op dit gebied.

d) Milieuconvenanten met gemeentes en provincies

Er is een samenwerkingsovereenkomst tussen het Vlaams Gewest en de gemeenten en provincies. De gemeenten en provincies engageren zich om een bepaald duurzaam beleid te voeren en in ruil hiervoor krijgt men een extra toelage van de Vlaamse overheid. De overeenkomst bestaat uit een ‘Instrumentarium’ en acht clusters. De gemeenten en provincies die de overeenkomst ondertekend hebben, zijn verplicht om niveau 1 van het Instrumentarium en de clusters inzake water en vaste stoffen uit te voeren. De verplichtingen van niveau 1 zijn: aanduiden van een energiecoördinator, opstarten van een energieboekhouding, opstellen en uitvoeren van een beleidsplan in duurzame energie en het opstarten van een energiezorgsysteem voor alle gebouwen waar een energieboekhouding wordt uitgevoerd. (Bollen & Van Humbeeck, 2002, blz.306-308)

3. Informatie verstrekend en motiverend inwerken:

a) Informatiekiosk en brochures:

In Vlaanderen zorgt het EMIS (Energie en Milieu Informatie Systeem) voor informatieverstrekking rond energiegebruik en milieu. Dit is georganiseerd door het VITO

(Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek). Het systeem maakt vele gegevens en statistieken vrij.

“L’Agence Bruxelloise de l’Energie-Brussels Energie Agentschap” (ABEA) is in 1996 opgericht. Zij voorzien de Brusselse bevolking van informatie. Ze geven folders uit en beantwoorden praktische vragen. Ze richten zich specifiek op de residentiële sector aangezien deze sector zorgt voor 42 % van het energieverbruik in Brussel. De uitgewerkte sensibiliseringscampagnes gaan in op gebouwenisolatie, verwarmingsinstallaties, zonneboilers, spaarlampen en vermindering van het elektriciteits- en gasverbruik en worden op regelmatige basis georganiseerd.

Wallonië heeft 13 kiosks opgesteld, “Energieklokken”. Ze geven praktische informatie over energiebesparingen via isolatie, verwarmingstoestellen, licht,... en organiseren audits voor particulieren. Ook delen ze specifieke technische brochures uit en organiseren ze opleidingen voor ‘Energieverantwoordelijken’. Op die manier wordt veel in het werk gesteld om elke grote consumentengroep te sensibiliseren en te informeren.

Jaarlijks wordt 1 miljoen euro aan overheids campagnes voor rationeel energiegebruik en hernieuwbare energiebronnen uitgegeven, o.a. aan tv-spots, radioreclame en advertenties.

b) Informatieven en motivationele activiteiten:

De regionale overheden hebben verschillende brochures uitgegeven rond energiebesparingen. Hierin proberen ze zoveel mogelijk informatie te verschaffen en halen ze motivationele aspecten aan.

In Vlaanderen is het VIREG operationeel gesteld. Deze Vlaamse Instelling voor het Rationeel Energieverbruik zoekt naar potentiële oplossingen in de regio rond energie-efficiëntie, steunt studies hieromtrent en tracht zoveel mogelijk actief betrokken te zijn bij politieke beslissingen. Ook bedrijven kunnen bij hen een subsidie krijgen van 15 % voor energie-audits. Jaarlijks wordt een “maand van het REG” ingericht door her VIREG waarbij o.a. seminaries en workshops worden georganiseerd.

In Wallonië wordt de driemaandelijkse nieuwsbrief “Le REActif” (Le Responsable Energie Actif) gepubliceerd. Dit is gericht op de openbare tertiaire sector, maar ook bedrijven vinden er specifieke informatie voor hen. Het tijdschrift promoot Duurzamer Energiegebruik.

c) Energielabels:

Naast de vele projecten in de bouwsector, krijgen sommige energie-intensieve producten een energie-efficiëntie label. Diepvriezers, koelkasten, wasmachines, droogkasten, vaatwasmachines en elektrische gloeilampen krijgen een energielabel volgens Europese normen. Via het Europees geharmoniseerd systeem voor energie-etikettering zet men consumenten ertoe aan om te kiezen voor apparaten die minder energie verbruiken en fabrikanten ertoe aan te zetten om maatregelen te nemen om het energieverbruik van hun apparaten te verminderen. Daarnaast moeten verwarmingsketels voldoen aan de nodige normen. (Bollen & Van Humbeeck, 2002, blz. 283-284)

d) REG-openbare dienstverlening:

Een ontwerpbesluit legt aan de netbeheerders op om elk jaar een primaire energiebesparing van 1 % te realiseren bij zowel de laagspanningsklanten als de hoogspanningsklanten. De REG-actieplannen voor de toekomst en de rapporten van de jaarlijkse resultaten moeten door netbeheerders worden voorgelegd aan de Vlaamse energie-administratie. Daarnaast zijn er nog vele andere verplichtingen. De netbeheerders moeten REG-advies verstrekken aan de laagspanningsklanten. Men moet een duidelijke factuur kunnen voorleggen waarbij de herkomst van de geleverde elektriciteit, de hoeveelheid verbruikte elektriciteit en de verbruikte elektriciteit van de laatste 3 jaren wordt weergegeven. Het is ook verboden om promotie te voeren voor directe elektrische verwarming.

e) REG in overheidssector:

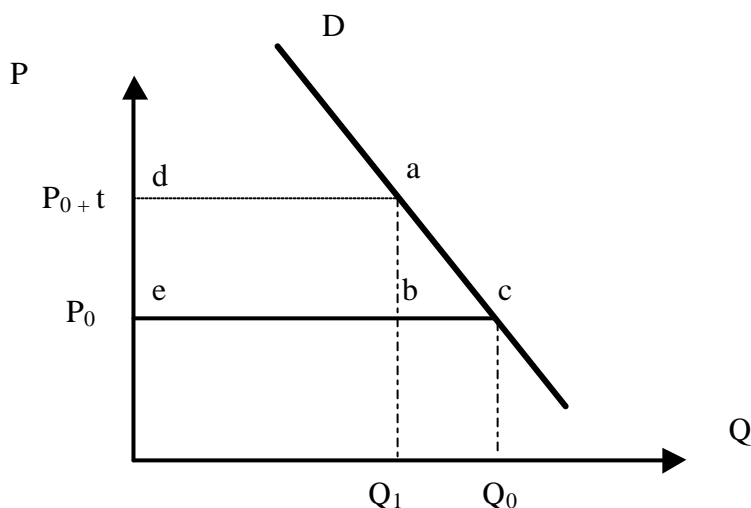
Het Vlaams Parlement heeft een resolutie aangenomen waarbij men de voorbeeldrol van de overheid benadrukt. De doelstelling van het voorstel is om gedurende de regeerperiode (1999-2004) een energiebesparing van 10 % te realiseren. Hiermee hoopt men dat de investering van de overheid inzake energiebesparing niet alleen een ecologisch voordeel oplevert, maar ook een financieel voordeel. De hoge kosten inzake onderzoek en ontwikkeling van energie-efficiëntieverbeteringen worden gedeeltelijk gedragen door de overheid. (Bollen & Van Humbeeck, 2002, blz. 309)

4.2.2. CO₂-taks

Een efficiënt en effectief middel om het Protocol van Kyoto na te leven en de vraag naar energie te reduceren is een CO₂- taks. Men voert daarbij een heffing in op iedere eenheid uitgestoten broeikasgas.

In figuur 18 wordt een eenvoudig vraag-aanbodmodel weergegeven. De vraagcurve naar energie (D) is dalend. In de oorspronkelijke situatie is de consument bereid om P_0 te betalen voor de hoeveelheid Q_0 . Hierbij veronderstelt men dat de emissies van de broeikasgassen gerelateerd zijn aan de verbruikte hoeveelheid energie.

Figuur 18: invloed van een CO₂-taks



Bron: Proost en Van Regemorter, 2000, blz.22-23

Indien de overheid beslist om de hoeveelheid broeikasgassen te reduceren aan de hand van een CO₂-taks, dan neemt de prijs die de consument betaalt voor een eenheid energie toe. De prijs neemt toe van P_0 tot $(P_0 + t)$. Door deze prijsstijging zal de gevraagde hoeveelheid energie dalen tot Q_1 . De totale welvaart zal hierdoor wijzigen. Het consumentensurplus zal dalen met de hoeveelheid 'acde'. De overheid ondervindt een winst door de toegenomen belastingen. De extra belastingsinkomsten komt overeen met de vierhoek 'dbee'. Door de CO₂-taks is er een welvaartsverlies van 'abc'.

Er zijn vele voordelen bij de invoering van een CO₂-taks. Ten eerste zal een CO₂-taks alle milieuvervuilende goederen en diensten duurder maken zodat de vraag naar deze goederen en diensten zal dalen. Deze evolutie zal ten goede komen aan de hoeveelheid broeikasgasemissies die verantwoordelijk zijn voor het broeikaseffect. Een koolstofdioxidetaks is een efficiënt middel om de Kyoto-norm te behalen. De belasting zal enkel de goederen en diensten benadelen die CO₂ uitstoten. Een energietaks daarentegen is een efficiënt middel om de vraag te reduceren maar is niet gericht op de uitstoot van CO₂.

Een tweede voordeel van een CO₂-taks is de extra belastingsinkomsten voor de overheid. Deze belastingsopbrengst kan voor verschillende doelen gebruikt worden. Men kan deze opbrengst gebruiken om het gebruik van hernieuwbare bronnen te promoten of om de belastingsdruk op andere goederen of diensten te verlagen. In België wordt door de paarsgroene coalitie vaak gewezen op de stelling van de *dubbele dividenden*. De invoering van een CO₂-taks maakt enerzijds milieuvriendelijke producten duurder, waardoor deze minder gebruikt worden, (eerste dividend) en anderzijds maakt de taks het mogelijk om de belastingsdruk op arbeid te verlagen waardoor er meer jobs gecreëerd worden (tweede dividend). (The Royal Society, 2002, blz. 5) In het regeerakkoord van 1999 staat “dat we van een fiscaliteit op de arbeid zullen overgaan tot een fiscaliteit die doelstellingen beoogt in verband met duurzame ontwikkeling zoals een heffing op CO₂ creërende activiteiten.” (Ministerie van Economische Zaken, 2003)

Dat een CO₂-taks de vraag naar energie laat dalen, is een derde belangrijk voordeel. Bovenstaande figuur (fig. 18) geeft het effect van een CO₂-taks weer op de vraag naar energie. Door de taks stijgt de kostprijs van energie voor de consument en zal de consument een kleinere hoeveelheid energie wensen. De verbruikte hoeveelheid energie zal dalen van Q₀ naar Q₁. Door de hogere kost zullen goederen en diensten met een hoge CO₂-uitstoot gesubstitueerd worden door alternatieve goederen en diensten. Vaak kunnen dezelfde goederen en diensten aangeboden worden met een lagere noodzakelijke energie-input. Een voorbeeld is de aankoop van een milieuvriendelijker voertuig. (The Royal Society, 2002, blz. 9) De substitutie naar een milieuvriendelijkere goederen en diensten zal echter tijd vergen.

Verschillende studies hebben het effect nagegaan van een CO₂-taks op het energieverbruik. Men gaat na welk niveau de taks moet bereiken om de Kyoto-doelstelling te bereiken. In

deze scriptie richten we ons vooral op de wijziging van het elektriciteitsverbruik bij een scenario met een taks ten opzichte van het 'business as usual'-scenario.

In een onderzoek van Proost en Van Regemorter schat men aan de hand van het MARKAL-model welk niveau de CO₂-taks moet bereiken zodat België aan het Protocol van Kyoto kan voldoen. Ze veronderstellen daarbij dat alle sectoren (energie, gezinnen, diensten en transport) een taks betalen op hun emissie. De marginale kost om de laatste eenheid CO₂ minder uit te stoten is 20.33 euro per ton broeikasgas. Bij een omzetting naar een bijkomende accijnsheffing op brandstof stijgt de taks tot 50 euro per brandstof. Tabel 13 geeft de CO₂-taks weer per energiebron om aan de doelstelling te voldoen. Er is een duidelijke stijging van de taks merkbaar. Tussen 2005 en 2030 stijgt in alle sectoren de taks met 3000 à 4000 %. Deze stijging wordt veroorzaakt door de verhoogde reductiedoelstelling na 2015 (men veronderstelt een reductiedoelstelling van 15 % tegen 2030 ten opzichte van 1990) en de kernuitstap.

Tabel 13: bijkomende accijnsheffing op brandstof in het Kyoto-scenario en effect op de energievraag van de extra heffing

	eenheid	2005	2010	2015	2020	2025	2030
benzine	(EUR/liter)	0,01	0,06	0,19	0,21	0,49	0,50
diesel	(EUR/liter)	0,01	0,07	0,20	0,23	0,54	0,55
LFO	(EUR/ton)	17,84	79,29	227,06	263,59	623,55	641,45
HFO	(EUR/ton)	17,14	76,15	218,06	253,14	598,85	616,04
gas	(EUR/GJ)	0,29	1,28	3,66	4,25	10,05	10,34
kolen	(EUR/ton)	15,52	68,95	19,74	229,22	542,27	557,83
primair energieverbruik	PJ	2,01	2,28	2,29	2,21	2,10	1,93
primaire energie (tov referentie)	%	0,60%	-0,30%	-1,30%	-8,70%	-19,94%	-29,70%
elektriciteitsproductie	TWh	68,3	77,9	80,7	81,9	81,8	89,9

Bron: Proost en Van Regemorter, 2000, blz.28

De bijkomende accijnsheffing of CO₂-taks zal de vraag naar elektriciteit en energie minder snel doen stijgen dan in een scenario zonder een extra. Het MARKAL-model schat een wijziging van de vraag naar energie ten opzichte van het referentiescenario tegen 2030 op 29.7 % door de extra taks. Het binnenlandse elektriciteitsverbruik zal nog stijgen maar de toename blijft beperkt. In het referentiescenario, zonder de CO₂-taks, schat het MARKAL-model de elektriciteitsproductie in 2030 op 112.2 TWh. Met de taks daalt de binnenlandse elektriciteitsproductie en -verbruik tot 89.9 TWh.

Het planbureau heeft eveneens nagegaan wat de mogelijke impact van een CO₂-taks kan zijn op de CO₂-emissie en het energieverbruik. Ze hebben daarbij gebruik gemaakt van verschillende scenario's. In een eerste scenario voert men een energietaks in. Bij de invoering van de taks houdt men rekening met de concurrentiepositie van België. De totale kostprijs van de energieproducten wil men daarom beperken tot de kostprijs in de drie buurlanden van België.³³ Het gevolg van deze taks is een stijging van de energieprijzen waardoor de vraag naar energie zal dalen. Op middellange termijn schat men de reductie van de vraag naar energie ten opzichte van het referentiescenario op 3.43 %.

Het tweede scenario volgt de denkplaatje zoals voorgesteld in het Nationaal Klimaatplan België. In dit plan voert men vanaf 2002 een CO₂-taks in. De initiële taks in 2002 bedraagt 1.3 euro (1990 prijzen) per ton CO₂. Deze taks wordt dan geleidelijk opgetrokken tot 11.5 euro in 2010. Het effect van deze taks bestaat vooral uit een stijging van de energieprijzen, een dalende vraag naar energie en de reductie van de jaarlijkse CO₂-uitstoot met 5.45 % op middellange termijn. Het jaarlijkse energieverbruik is 3.69 % lager dan in het referentiescenario.

In het derde scenario baseert het federaal planbureau zich op een studie van de Europese Commissie. In die studie gaat men ervan uit dat door de invoering van een efficiënt systeem van emissiehandel de kost om de uitstoot van de broeikasgassen te reduceren daalt. De CO₂-taks is in dit scenario de marginale kost om de emissie te beperken. Ook hier is er een graduele stijging van de taks tot een maximum van 31.6 euro. De taks veroorzaakt een grote reductie van de uitstoot van CO₂ en een reductie in de vraag naar energie.

³³ De drie buurlanden zijn Nederland, Duitsland en Frankrijk.

Tabel 14: wijzingen tussen referentie scenario en andere scenario's met een extra energieheffing

		Energietaks	CO ₂ -taks: Klimaatplan	CO ₂ -taks: emissiehandel
Belastingsinkomsten	% BBP	0,46%	0,55%	1,21%
Wijziging BBP	KT	-0,05%	0,00%	-0,01%
	MLT	2,00%	-0,10%	0,22%
Energiegebruik	KT	-0,41%	-0,35%	-0,75%
	MLT	-1,55%	-3,69%	-7,30%
CO ₂ -emissie	KT	-0,69%	-0,40%	-0,86%
	MLT	-3,41%	-5,45%	-10,00%

Bron: Bossier, Bracke en Vanhorebeek, 2001, blz. 29 en 22

Deze twee studies bevestigen de theorie over de CO₂-taks. Door de CO₂ –taks zullen de energieprijzen verhogen en zal het verbruik sterk gereduceerd worden. De mate van vraagreductie is afhankelijk van het niveau van de taks. Ook een energietaks is een efficiënt middel om het gebruik van energie te beheersen. Een eerdere studie van het federaal planbureau heeft berekend dat de reductie in het vraagbeleid door een CO₂-taks evenveel daalt als de geplande niet-fiscale maatregelen. (Bossier, Bracke, Callens, Van Ierland, de Beer de Laer, en Vanhorebeek, 1999, blz. 36)

De reductie van CO₂ blijft echter beperkt bij een invoering van een realistische taks. De CO₂-taks is dus niet het ultieme middel om de Kyoto-norm te beheersen of om de continue stijging in de vraag naar energie te beëindigen. De taks kan wel een belangrijk middel zijn naast een reeks andere maatregelen om de beleidsdoelstellingen te bereiken.

Een probleem bij de invoering van de CO₂-taks is de politieke haalbaarheid van deze beslissing. Velen vrezen namelijk een verlies aan concurrentiekracht indien België deze taks invoert. Daarom wenst België de invoering van een Europese CO₂-taks (of de harmonisering van de energietaksen in Europa. (zie verder) De industriële wereld vreest dat de CO₂-taks een nieuwe inkomingsbron zal worden van de overheid. Dat door deze taks de belastingsdruk op arbeid zal reduceren, zien velen als een valse belofte van de overheid. (The Royal Society, 2002, blz. 27-28)

In België zijn er sinds 1993, de datum van de instelling van de energiebijdrage, geen significante aanpassingen ontwikkeld in het fiscaal energiebeleid. Daarentegen worden in de meeste landen van het Noorden of het centrum van Europa de niet-hernieuwbare

energieën reeds belast voor milieudoelinden of wordt dit binnenkort het geval..
(Ministerie van Economische Zaken, 2003)

De Belgische regering wenst vooral de invoering van een Europees fiscaal energiebeleid. De Europese Commissie heeft inderdaad in maart 1997 reeds een voorstel voor een richtlijn goedgekeurd die "het gemeenschappelijk taxatiekader van energetische middelen herstructureert" en waarover op dit ogenblik onderhandeld wordt binnen de Europese Raad van de Ministers van Financiën. De huidige Staatssecretaris voor Energie en Duurzame Ontwikkeling wenst dus initiatieven te nemen voor het tot stand komen van een consensus binnen de Europese Unie. Indien dit niet bereikt wordt zal er naar een akkoord gezocht worden met de belangrijkste handelspartners van ons land.

5. Algemeen Besluit

Al vele jaren is kernenergie een discussiepunt tussen milieubewegingen en de industriële wereld. De milieubewegingen zijn van mening dat de risico's van kernenergie en het probleem van het kernafval te omvangrijk zijn in vergelijking met de baten. Bij de onderhandelingen voor een federale regering hebben de groene partijen Agalev en Ecolo dan ook een Belgische kernstop geëist. In het federaal regeerakkoord van 7 juli 1999 werd het voorstel opgenomen om alle Belgische kerncentrales na een operationele duur van 40 jaar te desactiveren. Door deze beslissing zullen de eerste 3 Belgische kerncentrales gedesactiveerd worden in 2015. De vier andere Belgische commerciële kerncentrales zullen gesloten worden tussen 2022 en 2025. Deze beslissing kan echter door een volgende politieke meerderheid ongedaan gemaakt worden. Tegenstanders van kernenergie hopen echter dat er met deze beslissing een signaal gegeven wordt zodat toekomstige investeringen in kernenergie zullen minderen.

Als argumentatie voor de kernstop zegt de federale regering dat de voordelen van kernenergie niet meer opwegen tegen de nadelen. We hebben dan ook de voordelen en nadelen bondig besproken. Een belangrijk voordeel is het kostenvoordeel van kernenergie. De kostprijs per eenheid elektriciteit is lager dan ieder huidig alternatief. De Ampere-commissie heeft berekend dat zowel de technische productiekost als de sociale kostprijs lager zijn bij een kerncentrale dan bij andere centrales. Dit verschil in productiekost is echter afhankelijk van de energieprijzen. Wanneer de aardolie- en aardgasprijzen stijgen, zullen de klassieke thermische centrales minder competitief zijn. Om deze reden kan kernenergie een belangrijk bron zijn om de afhankelijkheid ten opzichte van enkele energiebronnen (en de OPEC-landen) te reduceren. Een argument pro kernenergie dat de laatste jaren veel gebruikt wordt, is de beperkte uitstoot van broeikasgassen tijdens de elektriciteitsproductie via kernenergie. In een energiebeleid waarin het behalen van het Protocol van Kyoto een prioriteit is, kan kernenergie doorslaggevend zijn.

Er zijn echter ook heel wat nadelen aan kernenergie verbonden. Doorheen de gehele productieketen zijn er tal van risico's. Vanaf de ontginning van uranium tot de definitieve opberging van het radioactief afval is er een gevaar. Dat deze gevaren niet hypothetische zijn, blijkt uit de verschillende kernongevallen en kernrampen in de korte geschiedenis van

kernenergie. Een tweede nadeel is de weerstand van de publieke opinie tegen kernenergie. Door de kernrampen in Tree Miles Island en de Tsjernobyl leeft er bij de bevolking een angst voor kerncentrales. Door deze weerstand zullen politieke partijen dan ook ijveren voor een kernstop.

De beslissing voor een Belgische nucleaire phase-out zal een grote impact hebben op de Belgische productie van kernenergie. Van de 79 TWh binnenlandse elektriciteitsproductie werd er in 2001 46 TWh elektriciteit via kerncentrales opgewekt. Hiermee zorgt kernenergie voor een aandeel van 58 % in de elektriciteitsproductie. Dit percentage is zeer hoog in vergelijking met andere landen. Wereldwijd wordt slechts 6 % van de elektriciteit geproduceerd via kernenergie. Andere belangrijke energiebronnen voor de Belgische elektriciteitsproductie zijn aardgas en steenkool. Het gebruik van hernieuwbare bronnen stijgt, maar blijft beperkt tot 1.6 TWh. (inclusief cogeneratie: 3.1 TWh) Volgens de Ampere-commissie is de maximale capaciteit van deze energiebronnen echter beperkt tot 10 % van het huidig elektriciteitsverbruik. Een echt milieuvriendelijk alternatief is dus nog beschikbaar.

In het geval van een kernuitstap zal de elektriciteitsproductiemix wijzigen. De nucleaire capaciteit zal uiteraard dalen vanaf 2015. Voor welke energiebronnen de elektriciteitsproducenten in België zullen opteren, is afhankelijk van het energiebeleid. Indien de regering het Protocol van Kyoto wenst na te leven, zal vooral de productie via aardgas, cogeneratie en hernieuwbare bronnen stijgen. Aardgas zal in dit scenario 63 % van de elektriciteit opwekken tegen 2030. Indien de Belgische regering geen verdere maatregelen treft om de broeikasgasemissies te beperken, zal vooral de productie via steenkool toenemen. De lage marginale kost ligt hier aan de basis. Tegen 2030 wordt het aandeel van de productie via poederkoolcentrales en steenkoolcentrales in dit scenario geschat op 69.81 %. Dat deze centrales 765 en 925 gram CO₂ uitstoten per kWh (wat ongeveer 10 keer meer is dan nucleaire centrales en 2 keer meer dan STEG-centrales), is in dit scenario geen probleem. Steenkoolcentrales en poederkoolcentrales zullen in de toekomst ook voordeliger worden door de toegenomen rendabiliteit en de verhoogde aardgas- en aardolieprijs.

Indien de Belgische overheid geen bijkomende maatregelen treft, is het duidelijk dat de uitstoot van CO₂ in het geval van een nucleaire phase-out zal stijgen. We hebben berekend

dat in een hypothetisch scenario waarbij men de volledige Belgische nucleaire capaciteit vervangt door steenkoolcentrales, de broeikasgasemissie stijgt met 35.49 Mton. Door deze beslissing zou de totale binnenlandse emissie van broeikasgassen stijgen met 25.4 %. (van 140 Mton in 1999 naar 175.49 Mton in de hypothese). Indien men de nucleaire capaciteit vervangt door STEG-centrales, is de toename beperkt tot 18.56 Mton broeikasgassen. Dit veroorzaakt een stijging van 13.3 % van de totale emissie. De kernstop zal het behalen van de Kyoto-norm en andere doelstellingen inzake de reductie van de broeikasgassen niet vereenvoudigen.

De eerste doelstelling van het Protocol van Kyoto, namelijk het behalen van een reductiedoelstelling van 7.5 % tegen de periode 2008-2012, wordt niet beïnvloed door de Belgische kernuitstap. De eerste Belgische nucleaire centrales (Tihange-1, Doel-1 en -2) worden gedeactiveerd in 2015. De reductie van de broeikasgassen moeten we reeds vroeger bewerkstelligd hebben. De aangegeven doelstellingen voor de periode na 2015 worden wel beïnvloed door de nucleaire phase-out.

Bij onze schatting van de economische kost op basis van het model van Nordhaus bekomen we een jaarlijkse economische kost voor de Belgische kernuitstap van 368 miljoen euro indien de nucleaire capaciteit vervangen wordt door poederkoolcentrales. Indien we veronderstellen dat de Belgische regering daadwerkelijk de uitstoot van CO₂ wil beperken, dan zal de economische kost stijgen tot 507.9 miljoen euro per jaar. In dit geval zal de Belgische nucleaire capaciteit vervangen worden door STEG-centrales. Ook andere studies concluderen de verhoogde kost van de nucleaire phase-out bij een scenario waarbij de reductie van CO₂ een prioriteit is. Deze schattingen zijn echter afhankelijk van toekomstige energieprijzen, technologische ontwikkelingen, energiebeleid en energieverbruik. Ook in vier andere Europese landen (Frankrijk, Zwitserland, Zweden, Duitsland) zien we dat de economische kost afhankelijk is van de vraag naar elektriciteit, de toekomstige energieprijzen en de operationele levensduur van de centrales.

De Belgische regering hoopt de kost van de nucleaire phase-out te beperken door een "Rationeel Energiegebruik"-beleid. Via een reeks maatregelen opgesteld in een breder 'Nationaal Klimaatsplan: 2002-2012' wenst men de continue stijging van het elektriciteitsverbruik een halt toe te roepen. De meeste maatregelen zijn echter nog niet toegepast en bij een deel van de maatregelen is de inspectie ontoereikend. (vb. isolatie)

Een efficiënte maatregel om de jaarlijkse stijging van het elektriciteitsverbruik te reduceren is de heffing van een energietaks of een CO₂-taks. Door een graduele invoering van die taks tussen 2002 en 2012 zou het elektriciteitsverbruik kunnen worden beheerst. Bij een toepassing van een CO₂-taks, zoals voorgesteld in het Nationaal Klimaatplan, stijgt het jaarlijkse energieverbruik met 3.69 % (bij Nationaal Klimaatplan) en 7.3 % (bij Europese Emissiehandel) minder dan wanneer men geen CO₂-taks heft.

Zelf ben ik van mening dat de beperking van broeikasgassen een belangrijke doelstelling voor het toekomstig energiebeleid is. Het gebruik van nucleaire energie kan een efficiënt middel zijn om aan deze doelstelling te voldoen. Ook door de verwachte stijging van de fossiele brandstofprijzen in de toekomst, pleiten we voor het verder gebruik van kernenergie. Om deze redenen vind ik het belangrijk dat de optie voor de elektriciteitsproducenten open blijft in de toekomst. Om de risico's van kernenergie te beperken is het wel noodzakelijk om de veiligheidsvoorschriften en de standaarden van de nucleaire centrales te blijven handhaven of te verstrengen. De elektriciteitsproducenten kunnen na de incalculatie van de verstrengde veiligheidsmaatregelen in hun productiekost, hun optimale nucleaire productie bepalen. Indien hieruit blijkt dat de (sociale) kost bij de productie van nucleaire elektriciteit groter is dan de (sociale) kost van elektriciteit uit andere bronnen, zullen de energieproducenten zelf beslissen om uit kernenergie te stappen.

We mogen niet uit het oog verliezen dat de context van het land medebepalend is in de keuze voor of tegen kernenergie. Landen waar de marginale productiekost van kernenergie hoger ligt dan van andere energiebronnen, zullen eventueel meer gebaat zijn bij een kernuitstap. Bij België daarentegen merken we dat de kernuitstap een daling van de welvaart zal inhouden en dat het het behalen van de doelstellingen van Kyoto zal bemoeilijken.

6. Bibliografie

Boeken en artikels

Arbeid & Milieu (2001). De kernuitstap: Het waarom en de gevolgen, vzw arbeid & milieu, 59 p.

Bauer, M. (1995). Resistance to new technology: nuclear power, information technology and biotechnology, Cambridge University Press, 422 p.

Bollen, A. & Van Humbeeck, P. (2002). Klimaatverandering en klimaatbeleid, Academia Press, 470 p.

Helsloot, L. (1999). Het Belgisch energiebeleid:1974-1998, RUG, 141 p.

Fontyn, G. (2001). Kernenergie in België: historiek en berichtgeving in de Vlaamse pers, RUG, 177 p.

Hodges, P. (1999). Nuclear Power, energy and the environment, London: Imperial College Press, 201 p.

Johnson, D. (1999). *Journal of International Affairs*, vol. 5, nr. 1 Nuclear Energy policy in the EU: Meltdown or false alarm

Reynebeau, B. (2000) Het energievraagstuk in België: de opkomst van de kernenergie, RUG, 156 p.

Ministerie van sociale zaken, gezondheid en milieu (2002). Belgium's Third National Communication under the United Nations Framework Convention, 128 p.

Nordhaus, W. (1997). The Swedish Nuclear Dilemma, William Nordhaus (Resources for the Future, Washington)

The Royal Society (2002) The economic instruments for the reduction of carbon dioxide emissions, 44 p.

Van Hecke, T. (2002). Verhandelbare emissierechten en de gevolgen van de Europese beperking op de emissiehandel, RUG, 98 p.

Woodhouse & Morone J. G. (1989). The demise of nuclear energy? Lessons for democratic control of technology, p. 157-167

Bronnen van het Internet:

Agalev (2002). De Belgische uitstap uit de kernenergie
<http://www.agalev.be/code/nl/page.afm?id-page=182> (10-01-03)

Bossier, F., Bracke, I. & Vanhorebeek, F. (2002). The impacts of energy and carbon taxation in Belgium, Federaal Planbureau, 71 p.
<http://www.plan.be> (20-04-2003)

Bossier, F., Bracke, I., Callens, I., de Beer de Laer, Van Ierland, W. & Vanhorebeek, F. (2002). Evaluatie van de impact van fiscale en niet-fiscale maatregelen op de CO₂-uitstoot, 40 p.
<http://www.plan.be> (20-04-2003)

Böhringer, C, Wickart, M. & Müller, A. (2001) Economic Impacts of a premature Nuclear Phase-Out in Switzerland. *Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung Discussion Paper 01-068 Mannheim*
<http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp0168.pdf> (10-10-02)

BP (2002). BP statistical review of world energy: June 2002
http://www.bp.com/downloads/1086/bp_stats_history.xls (12-11-03)

Charpin, J.-M., Dessus, B. & Pellat, R. (2000). An economic assessment of the nuclear power industry

<http://www.plan.gouv.fr/organisation/seeat/nucleaire/resumeangl.pdf> (10-10-02)

De Grauwe, P.& Camerman F. (2002) De sluiting van kerncentrales

<http://www.degrauwe.org/nieuw.php?mid=43> (13-11-02)

Kabinet van de staatssecretaris voor Energie en Duurzame ontwikkeling

<http://deleuze.fgov.be/site/text/06122002NL.doc> (12-02-03)

http://deleuze.fgov.be/site/nl/index_nl.html (08-04-03)

http://deleuze.fgov.be/site/nl/e_uitstap_nucleaire.html (08-04-03)

Ministerie van Economische zaken (2002a).

http://mineco.fgov.be/energy/index_nl.htm (12-02-03)

Ministerie van Economische zaken (2002b).Het Nationaal Klimaatplan: 2002- 2012

http://mineco.fgov.be/energy/climate_change/nationaal_klimaatplan_060302.doc (08-04-03)

Nuclear Energy Institute

<http://www.nei.org> (20-04-03)

Pauwels, J-P en Streydio, J-M (2000). Rapport van de Commissie voor de Analyse van de Productiemiddelen van Elektriciteit en de Reoriëntatie van de Energievectoren (AMPERE) aan de Staatssecretaris voor Energie en Duurzame Ontwikkeling. Besluiten en Aanbevelingen.

http://mineco.fgov.be/energy/ampere_commission/Rapport_nl.html (07-07-02)

Pepermans, G., Proost, S., Gysen, M. en d'Haeseleer, W. (1999). Kyoto and the reduction of Green house Gas Emissions', KUL Energy Institute, 79 p.

<http://www.econ.kuleuven.ac.be/ew/academic/energimil/publications/default.htm> (06-02-03)

Proost, S., Van Regemorter, D. (2000). How to achieve the Kyoto target in Belgium: modelling methodology an some targets, ETE, 39 p.

<http://www.econ.kuleuven.ac.be/ew/academic/energimil/publications/default.htm> (06-02-03)

Sustainable Development Commission (2001). Forging an Energy Policy for Sustainable Development: a paper for the Energy Policy Review of the UK Government

<http://www.sd-commission.gov.uk/pubs/energy/p206.htm> (14-3-02)

World Nuclear Association (2002a). The economics of Nuclear Power

<http://www.world-nuclear.org/info/info02.htm> (15-11-03)

World Nuclear Association (2002b). Nuclear Energy in Sweden

<http://www.world-nuclear.org/info/inf42.htm> (15-11-03)

World Nuclear Association (2002c). The future of nuclear energy

<http://www.world-nuclear.org/opinion/opinion6.htm> (15-11-03)

World Nuclear Association (2002d). Energy subsidies and external costs

<http://www.world-nuclear.org/info/info68.htm> (15-11-03)

Krantenartikels en tijdschriften

Abrahams, J. (2002). De realiteit van het Zweedse uitdoofscenario: na 22 jaar is welgeteld één van de twaalf kerncentrales gesloten; De Morgen 30-03-2002

Eeckhout, B. & Corthouts, J. (2002). Het maandaginterview: Olivier Deleuze; De Morgen 04-03-2002

Financieel Economische Tijd (2000). Japanse Kerncentrale betaalt miljard dollar na nucleaire ramp; FET 15-05-2002

Glorieux, E. & Wauters, J. (2002). Kernenergie en broeikaseffect: twee symptomen van éénzelfde kwaal; FET 28-2-2002

Gullerot, P. (2002) *Industrie Magazine*: mei 2002, Raakt de Belgische industrie achterop?

Vande Putte, J. & Knapen, D. (2002) Kernenergie: dictaat van de Belgische zware industrie; FET 27-02-2002

Van den Abeelde, P. (2002) *Industrie Magazine*: mei 2002, Ecologische Struisvogelpolitiek

Andere

Albrecht, J. (2002) *De Belgische kernuitstap: hoe te evalueren?*; cursus milieueconomie

De Zevende Dag: zondag 8 december 2002

discussie tussen Vanmol (ACV), Wauters (Agalev) en Vantemsche (Electrabel)

Presentatie D' Haeseleer, W. voor de KVIV (Koninklijke Vlaamse Ingenieurs-Vereniging): 21 november 2002

http://www.kuleuven.ac.be/ei/Public/publications/kviv-ovl_nov21-2002.ppt

7. Bijlagen:

Bijlage 1: Verklarende woordenschat

(Hoog)radioactief: Een materie is hoogradioactief wanneer ze aanzienlijke hoeveelheden beta- en gammastralers en ook alfastralers met zeer lange halveringstijden bevat. Dit komt praktisch uitsluitend van de opwerking van bestraalde kernbrandstof. Door de grote concentratie aan radioactieve stoffen geeft dit afval de eerste honderd jaren ook warmte af. Het moet zeer lang van de biosfeer worden afgeschermd.

Ioniserende straling: Straling die rechtstreeks of onrechtstreeks atomen of moleculen ioniseert. De meest bekende soorten ioniserende straling zijn alfa-, beta-, gamma- en röntgenstralen. (soms ook wel verkeerdelijk radioactieve straling genoemd.)

Isotopen: Elementen waarvan de atomen hetzelfde aantal elektronen en protonen hebben maar een verschillend aantal neutronen. Er zijn drie uranium-isotopen: U^{234} (92 protonen, 92 elektronen en 142 neutronen), U^{235} (92 protonen, 92 elektronen en 143 neutronen) en U^{238} (92 protonen, 92 elektronen en 146 neutronen).

Moderator: Een stof die de snelheid van neutronen afremt om een optimalere kans te verkrijgen op een nieuwe kernsplijting. Enkele veel gebruikte stoffen zijn water, zwaar water en grafiet.

MOX: gemengde brandstof bestaande uit uraniumdioxide (UO_2) en plutoniumdioxide (PuO_2)

Neutronen: Een element, die elektrisch neutraal geladen is, die samen met de protonen de kern vormt.

Nucleaire proliferatie: de verspreiding van materialen, de technieken en de know-how om kernwapens te produceren. Enerzijds is er horizontale proliferatie waarbij het aantal landen met kernwepensbezit stijgt. Anderzijds is er een verticale proliferatie waarbij de 'kwaliteit' van de nucleaire wapens stijgt.

Plutonium: Een chemisch element met atoomnummer 94. Plutonium 239 is een splijtings-isotoop die geproduceerd wordt in kerncentrales. Plutonium is echter zeer giftig en zorgt voor schadelijke alfa-straling.

Radioactiviteit: Een eigenschap van onstabiele atoomkernen om zich om te zetten in een andere atoomkern door het uitzenden van alfa- of betastraling.

Transuranische elementen: (of transuraanelement) De naam van een groep van chemische elementen die zwaarder zijn dan uranium. (atoomnummer 92) Voorbeelden zijn neptunium (atoomnummer 93), plutonium (94), americium (95) en curium (96). In het periodiek systeem der elementen van Mendelejev komen deze (kunstmatige) chemische elementen na uranium. Sommige van deze elementen blijven over na het gebruik van de brandstof en zijn dus kernafval.

Verwerking: Bij de verwerking wenst men het radioactief afval om te vormen tot een stabiel eindproduct dat men kan opbergen. Men wenst daarbij de radioactiviteit en het volume te reduceren. Om de juiste verwerkingsmethode te kunnen kiezen, wordt het afval gecategoriseerd, elk van deze heeft dan een andere manier van behandeling en verwerking. De belangrijkste criteria zijn: niveau van radioactiviteit (hoog - laag - middel), de aard van afval (vast, vloeibaar of gas) en enkele fysische eigenschappen (brandbaar, samendrukbaar,...).

Verrijking: Techniek om het gehalte van een bepaald isotoop in een chemische stof te vergroten. Uranium bestaat bijvoorbeeld uit 0.7 % uranium 235 (die splijtbaar is) en uit 99.3 % uranium 238. Uranium wordt bruikbaar in een PWR-centrale wanneer de brandstof wordt verhoogd tot 3 à 4 %.

Warmtekrachtkoppeling: Gecombineerde productie van warmte en elektriciteit. Voorbeeld: de bouw van een 120 MW elektriciteitscentrale in de haven van Antwerpen tegen 2005. De centrale zal 220 ton stoom per uur produceren en die stoom zal gebruikt worden door het chemisch bedrijf INEOS.

STEG-centrale: (= gecombineerde cyclus) Bij deze elektrische centrale wordt er een gasturbine gecombineerd met een stoomturbine. Er wordt perslucht opgewarmd tot zeer

hoge temperaturen die een alternator in werking laten treden. De uitlaatgassen van de gascyclus zijn nog op relatief hoge temperatuur (500°-640° C) waardoor deze resterende warmte nog kan gebruikt worden in een stoomketel om nog extra elektriciteit op te wekken via een stoomturbine.

IGCC-centrale: Een elektriciteitscentrale met gecombineerde gas/stoomcyclus, die echter in plaats van aardgas een synthesegas verbrandt (een mengsel CO + H₂) dat verkregen wordt door het vergassen van steenkool.

Verglazing: Techniek om hoogradioactieve vloeistoffen, afkomstig van de opwerking van bestraalde splijtstoffen, te verwerken. De radioactieve stoffen worden bij een hoge temperatuur met glas versmolten tot een homogeen glasprodukt. Dit vloeibaar mengsel wordt vervolgens in een roestvrije stalen container gegoten.

Zwaar water: (D₂O) een stof die te vergelijken is met water maar de waterstofatomen zijn vervangen door deuterium. De stof heeft veel gelijkaardige eigenschappen in vergelijking met water. Zwaar water wordt gebruikt in kernreactoren om de neutronen af te remmen zodat de kernsplijting optimaler gebeurt.

(Bronnen: Belgoprocess en Woodhouse & Morone, 1989, blz. 159-1969)

Bijlage 2: De elektriciteitsproductie in België

Op het Belgisch grondgebied wordt er jaarlijks ruim 79 GWh elektriciteit geproduceerd. Het grootste gedeelte van die productie gebeurt via kernenergie. Kernenergie voorziet 58 % van de Belgische elektriciteitsbehoefte. De overige elektriciteitsproductie wordt geleverd door fossiele grondstoffen (39 %). Het aandeel van de milieuvriendelijke energiebronnen is nog laag maar kent een stijgende tendens. Bij de optelling van de binnenlandse primaire productie met de netto-invoer van elektriciteit bekomt men de binnenlandse vraag naar elektriciteit. Tabel 13 toont dat België in de jaren negentig een netto invoerder is van elektriciteit. In 1979 was er nog een netto uitvoer van 1229 MWh.

Tabel 15: verdeling van de elektriciteitsproductie over de verschillende energiebronnen en de totale elektriciteitsvraag en –productie (MWh)

OMSCHRIJVING	1979	1996	2000	2001
PRIMAIRE PRODUCTIE	52246	76147	83894	79692
Kernenergie	11407	43336	48157	46349
Waterkracht	234	239	459	439
Pompcentrales	341	961	1240	1203
Wind, zon, geothermisch		7	15	34
Hernieuwbare brandstof en recuperatie				1458
Fossiele brandstoffen	40264	31604	34023	30209
+ INVOER	6736	9637	11645	15818
- UITVOER	7965	5446	7319	6712
BINNENLANDSE MARKT	51017	80338	88220	88798

Bron: Ministerie van Economische Zaken, 2003

Een andere vaststelling is dat niettegenstaande de continue stijging van de Belgische vraag naar elektriciteit, de binnenlandse productie in 2001 gedaald is ten opzichte van 2000. Deze tendens is mogelijk door de geleidelijke liberalisering van de elektriciteitsmarkt waardoor er (goedkopere) elektriciteit geïmporteerd wordt vanuit het buitenland.

Bijlage 3: Schatting van productiekosten en milieukosten in BEF/kWh

In tabel 2 bespreken we de sociale productiekost van elektriciteit. Elk type central werd door de Commissie Ampere onderzocht naar hun kostprijs. Tabel 9 deelt de totale kosten in vier categorieën: brandstofkosten, niet-brandstofkosten, externe kosten door de CO₂-uistoot en andere externe kosten.

Tabel 16: schatting van de productie en milieukost (BEF/kWh)

	Cost (non fuel)	Fuel cost	Total 1	External cost / CO2	External cost / other	Total 2
Pulverised coal (SC)	0.76	0.61	1.37	0.60	0.37	2.34
Pulverised coal (ASC)	0.83	0.58	1.41	0.57	0.23	2.21
Pulverised coal (USC, 2020)	0.85	0.53	1.38	0.51	0.22	2.10
IGCC	1.03	0.64	1.67	0.62	0.13	2.42
Kerosene gasturbines	1.81	1.57	3.38	0.62	0.76	4.76
Gas gasturbines	1.86	1.29	3.15	0.38	0.25	3.79
STAG power plant	0.45	0.86	1.31	0.25	0.17	1.74
PWR nuclear (40 years)	0.87	0.38	1.24	0.01	0.03	1.28
AP600 nuclear (40 years)	0.78	0.40	1.18	0.01	0.03	1.22
MHTGR nuclear (30 years)	1.41	0.26	1.67	0.01	0.03	1.70
Wind turbine onshore, seaside	1.81	0.00	1.81	0.02	0.02	1.85
Wind turbine onshore, polders	2.62	0.00	2.62	0.02	0.02	2.66
Wind turbine offshore	2.35	0.00	2.35	0.02	0.02	2.39
Wind turbine onshore, inland	3.14	0.00	3.14	0.04	0.08	3.26
Wood gasification – STAG	0.90	1.97	2.87	0.07	0.29	3.23
Waste incinerators	0.59	1.17	1.76	(0.41)	(0.20)	(2.38)

Bron: Commissie Ampere, 2000, blz. 105

Andere niet-traditioneel energiebronnen leverden een kostprijs die veel hoger is dan de hierboven beschreven centrales. Fotovoltaïsche cellen zorgen voor een productiekost van 15 à 25 Bef per kWh. Ook centrales op basis van biomassa en bijkomende waterkrachtcentrales zijn momenteel nog niet rendabel. Biomassacentrales genereren een productiekost van 2 à 6 Bef/kWh en voor waterkrachtcentrales varieert de productiekost tussen de 3.6 en de 11 BEF per kWh. (D' Haeseleer, 2002)

Bijlage 4: Het Kyoto-protocol

Het globaal beleid inzake de reductie van de broeikasgasemissies was reeds aan bod gekomen bij de Conferentie van de Verenigde Naties over Milieu en Ontwikkeling (UNCED, of de zogenaamde 'Earth Summit') in Rio de Janeiro in januari 1992. De geïndustrialiseerde landen hebben zich geëngageerd om hun CO₂-emissies tegen 2000 terug te brengen tot op het niveau van 1990. Sommige landen hebben vrijwillig nog meer emissiebeperkingen aangekondigd. België heeft zichzelf een reductie van 5 % tegen 2000 ten opzichte van 1990 opgelegd. Zo zijn er regelmatig nationale emissie-inventarissen en komen de landen die het VN-Raamverdrag hebben geratificeerd elk jaar samen tijdens de zogenoemde Conferentie van de Partijen. (Van Hecke, 2002, blz 23) Deze vrijwillige emissiebeperkingen hadden echter weinig impact en er was dus een nieuwe overeenkomst nodig.

In december 1997 was er in Kyoto een derde Conferentie van de Partijen. Het doel was de opstelling van enkele bindende en kwantitatieve doelstellingen.. Het doel is om gezamenlijke de uitstoot van broeikasgassen (in de aangesloten landen) te reduceren met 5,2 % ten opzichte van 1990 in de eerste verbintenisperiode 2008-2012.

De algemene en individuele reductiedoelstellingen zijn vastgelegd voor zes broeikasgassen: koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), distikstofoxide (N₂O), waterstofbevatende fluorkoolwaterstoffen (HFK), volledig gefluorideerde koolwaterstoffen (PFK) en zwavelhexafluoride (SF₆). Deze reductiedoelstelling voor een korf van 6 broeikasgassen laat enige flexibiliteit toe. Wanneer de kost om één eenheid CO₂ te reduceren lager is dan de kost om een eenheid methaan minder uit te stoten dan kan dit land zich specialiseren in de reductie van koolstofdioxide. Het globale resultaat wordt op die manier bereikt op een economisch voordelige manier.

Daarnaast biedt het Kyoto-protocol nog andere flexibele mechanismen aan. De deelnemende landen kunnen hun reductiedoelstellingen niet alleen bereiken door hun emissies te beperken, maar ook door de capaciteit van koolstofabsorptie van hun bossen te vergroten door menselijke activiteiten (de zogenaamde 'koolstofputten' of 'sinks'). (Van Hecke, 2002, blz 15). Andere flexibele mechanismen zijn de Joint Implementation, het Clean Development Mechanism en het International Emissions Trading.

De EU heeft een koepelovereenkomst afgesloten met als objectief een reductie van de uitstoot van broeikasgassen van 8 % tegen de periode 2008-2012.³⁴ Deze reductie heeft men onderling verdeeld. De derde kolom in tabel 15 heeft een overzicht van de overeengekomen reductiedoelstellingen. De tweede kolom heeft de evolutie van de broeikasgasemissies weer van de periode 1990 tot 1998.

Tabel 17: de werkelijke verandering in uitstoot van CO₂ tussen 1990 en 1998 en de maximaal toegelaten emissietoename tegen 2008-2012 ten opzichte van 1990 (%)

Lidstaat	emissies 1990-1998	reductiedoelstelling
België	+6,3	-7,5
Denemarken	+8,7	-21
Finland	+4,7	0,0
Frankrijk	+1,0	0,0
Duitsland	-15,8	-21
Griekenland	+15,0	+25
Ierland	+19,1	+13
Italië	+4,6	-6,5
Luxemburg	-58,4	-28
Nederland	+8,2	-6
Oostenrijk	+4,1	-13
Portugal	+17,8	+27
Spanje	+19,4	+15
VK	-9,5	-12,5
Zweden	+1,2	+4
EU	-2,5	-8

Bron: Arbeid en milieu, 2001, blz. 16

Om de uitstoot van broeikasgassen te beperken heeft de federale en de gewestelijke regeringen een reeks maatregelen voorzien. Vooral de steun aan hernieuwbare energiebronnen en het verbeteren van de energie-efficiëntie zijn prioritair in het beleid.

³⁴ Ter vergelijking: de reductiedoelstelling voor de VS is 7 %, Japan 6 % en Rusland 0 %. De VS hebben echter het Protocol niet geratificeerd.

Transport:

De overheid wenst een kwalitatief beter openbaar vervoer. Ze wensen dit te bereiken via een betere infrastructuur, uitgebreidere diensten, beter verbindingen en meer informatie voor de consumenten. Een tweede doelstelling van de overheid is de promotie van alternatieve vervoersmiddelen om het gebruik van milieuvervuilende voertuigen af te remmen.

Industrie:

Deze maatregelen betreffen vooral de reductie van de uitstoot van broeikasgassen uit industriële processen exclusief de energiesector. De belangrijkste maatregelen zijn de vrijwillige akkoorden tussen de regionale overheden en de industriële federaties, de milieureglementeringen en de toepassing van de *best beschikbare technologie* te promoten.

Landbouw en bosbouw:

Herbebossing en het beheer van bossen is een belangrijke manier om de hoeveelheid CO₂ te reduceren. Daarnaast wenst men in de landbouw vooral de emissies van methaan en stikstofdioxide te reduceren. Men wenst dit te bereiken door een daling van de veestapel, een verbetering van de veevoeders, een betere beheersing van het afval en beter gebruik van de landbouwgrond.

Afval:

Het beleid is erop gericht om de hoeveelheid afval te reduceren en de afvalverwerking te verbeteren. Enerzijds wensen ze dit te bereiken door een verandering van het belastingsbeleid en een verbeterde regulering. Een duidelijk signaal is de wil om een ecotaks in te voeren. Door dit belastingssysteem zal er een prijsverschil ontstaan tussen wegwerpverpakkingen en hernieuwbare verpakkingen.

Energie:

De belangrijkste maatregelen om de broeikasgassen te reduceren in de energiesector zijn:

- Het ondersteunen van investeringen die de energie-efficiënte, het aantal hernieuwbare energiebronnen en cogeneratiecentrales doen toenemen. De overheid wenst het rationeel energiegebruik te promoten door het gebruik van belastingvermindering en subsidies voor bedrijven en individuen die hun energieverbruik beperken.

- De overheid wenst vrijwillige akkoorden af te sluiten met enkele sectoren die veel energie verbruiken.

De overheid kent aan de bedrijven die een aanzienlijke hoeveelheid groene stroom leveren groene certificaten toe.

Bijlage 5: De elektriciteitsproductiemix in 4 scenario's

Figuur 19: Vraag naar elektriciteit, productie per energiebron en economische kost per hypothese (TWh en % BBP 2000)

	In 2010	In 2020	In 2030
No Kyoto constraint New nuclear	Demand ELEC: 84 TWh Nuclear 43 TWh Coal: 4 TWh Gas: 19 TWh Cogeneration: 17 TWh Renewables: 1 TWh Cost: -0.1% of GDP 2000	Demand ELEC: 99 TWh Nuclear 60 TWh Coal: 9 TWh Gas: 10 TWh Cogeneration: 19 TWh Renewables: 1 TWh Cost: -0.7% of GDP 2000	Demand ELEC: 113 TWh Nuclear 60 TWh Coal: 33 TWh Gas: 1 TWh Cogeneration: 19 TWh Renewables: 1 TWh Cost: -0.5% of GDP 2000
No Kyoto constraint No new nuclear	Demand ELEC: 84 TWh Nuclear 43 TWh Coal: 4 TWh Gas: 20 TWh Cogeneration: 17 TWh Renewables: 1 TWh Cost: -0.1% of GDP 2000	Demand ELEC: 88 TWh Nuclear 30 TWh Coal: 16 TWh Gas: 23 TWh Cogeneration: 19 TWh Renewables: 1 TWh Cost: -0.8% of GDP 2000	Demand ELEC: 106 TWh Nuclear 4 TWh Coal: 74 TWh Gas: 9 TWh Cogeneration: 19 TWh Renewables: 1 TWh Cost: -0.7% of GDP 2000
Kyoto constraint No new nuclear	Demand ELEC: 81 TWh Nuclear 43 TWh Coal: 4 TWh Gas: 17 TWh Cogeneration: 17 TWh Renewables: 1 TWh Cost: -0.2% of GDP 2000	Demand ELEC: 86 TWh Nuclear 30 TWh Coal: 4 TWh Gas: 27 TWh Cogeneration: 20 TWh Renewables: 5 TWh Cost: 0.1% of GDP 2000	Demand ELEC: 98 TWh Nuclear 4 TWh Coal: 4 TWh Gas: 62 TWh Cogeneration: 22 TWh Renewables: 5 TWh Cost: 2.7% of GDP 2000
Kyoto constraint New nuclear	Demand ELEC: 82 TWh Nuclear 43 TWh Coal: 4 TWh Gas: 17 TWh Cogeneration: 17 TWh Renewables: 1 TWh Cost: -0.2% of GDP 2000	Demand ELEC: 95 TWh Nuclear 60 TWh Coal: 4 TWh Gas: 12 TWh Cogeneration: 18 TWh Renewables: 1 TWh Cost: -0.3% of GDP 2000	Demand ELEC: 100 TWh Nuclear 60 TWh Coal: 4 TWh Gas: 11 TWh Cogeneration: 21 TWh Renewables: 5 TWh Cost: 0.6% of GDP 2000

Bron :Proost en Van Regemorter, 2000, blz. 22