



STUDIECENTRUM VOOR ECONOMISCH EN SOCIAAL ONDERZOEK

ENKELE ELEMENTEN  
IN VERBAND MET DE  
RENDABILITEIT VAN ELEKTRICITEITSCENTRALES

E. Van Broekhoven

I. Van Gaelen

werknota 7537

februari 1975

Universitaire Faculteiten St.-Ignatius  
Prinsstraat 13 - 2000 Antwerpen

D/1975/1169/07

## INLEIDING

Vóór de petroleumcrisis einde 1973 kwam volgens E.D.F. (3) een kerncentrale slechts in aanmerking bij een bezetting (°) van ongeveer 6000 uren. De verhoging van de petroleumrijzen resulteerde in een relatieve daling van de kost per kWh met kernenergie zodat competitiviteit gewaarborgd werd vanaf 3000 uren (°°).

Dergelijke resultaten verklaren onmiddellijk de verhoogde belangstelling voor kerncentrales. Zij uit zich niet alleen bij beslissingen over de uitbreiding van de capaciteit ten einde het hoofd te kunnen bieden aan de steeds stijgende vraag, doch ook bij het buiten gebruik stellen van bestaande centrales. M.a.w.: de gewijzigde kostenverhouding heeft haar impact op de uitbouw van de produktiecapaciteit in haar geheel.

In deze nota wordt getracht een eerste raming te maken van het kostenverschil tussen een klassieke centrale met stookolie en een kerncentrale.

We gaan hierbij uit van de veronderstelling dat nieuwe basiscapaciteit nodig is voor 1000 MW, zonder rekening te houden met de reeds bestaande capaciteit, noch met eventuele andere capaciteitsaanpassingen in de toekomst.

In paragraaf 1 wordt de gebruikte methode samengevat evenals een bespreking van het cijfermateriaal. Paragraaf 2 bevat een schatting van de geactualiseerde kosten in beide gevallen: eerst voor een klassieke thermische centrale met stookolie, nadien voor een kerncentrale. Ten slotte wordt in paragraaf 3 gewezen op enkele niet behandelde aspecten van het probleem.

---

(°) bezetting: geproduceerde kWh per kW opgesteld vermogen.

(°°) Thermische centrales met vaste brandstof zoals steenkool worden volledig buiten beschouwing gelaten, gezien de hoge produktiekosten in vergelijking met de hier beschouwde technieken op basis van stookolie of kernenergie.

(3) zie bibliografie achteraan.

## §1. METHODE EN GEGEVENS

Vanuit economisch standpunt wordt elke produktietechniek, zowel een klassieke thermische centrale als een kerncentrale, gekenmerkt door drie parameters:

- de éénmalige investeringskost I die gedaan wordt bij de oprichting van de centrale;
- de vaste exploitatiekosten E, die jaarlijks moeten gedragen worden onafhankelijk van de bezetting; hieronder vallen personeelskosten, verzekering, onderhoud, ...
- de proportionele kost B, die constant is per geproduceerde kWh; hij omvat vooral brandstofkosten.

Het geheel der kosten kan o.a. bestudeerd worden in functie van het aantal geproduceerde eenheden per eenheid van tijd, m.a.w. in functie van de bezetting van de centrale.

Een alternatieve werkwijze ligt in het vergelijken van de geactualiseerde netto baten (opbrengsten - kosten), waarbij een verwachte bezetting wordt vooropgesteld.

Het beschikbare cijfermateriaal deed ons opteren voor de tweede methode, die in feite slechts een bijzonder geval is van de eerste en minder gedetailleerde cijfers vereist.

Vermits vanuit markteconomisch standpunt het afgeleverd produkt voor beide produktietechnieken hetzelfde is, nl. een kWh elektriciteit, zullen beide mogelijkheden ook leiden totdezelfde opbrengsten, zodat de studie kan beperkt blijven tot een vergelijking van de geactualiseerde kosten.

De levensduur van een centrale is vrij arbitrair vastgesteld op 20 jaar, en er wordt aangenomen dat de bouw in beide gevallen ongeveer 5 jaar in beslag zal nemen. Een bezetting van 6600 u wordt vooropgesteld vanaf het derde jaar, 3000 u voor het eerste en 5000 u voor het tweede jaar.

Wat de kostencijfers zelf betreft, is, bij gebrek aan cijfers voor België, gesteund op gemiddelde waarden voor de E.E.G.-landen. Ze zijn uitgedrukt in Europese rekeneenheden (R.E.); de resultaten zijn omgerekend in Belgische frank tegen een koers van 1 R.E. = 50 B.F.

De investeringskost I is uitgedrukt per kW opgesteld vermogen. Hij wordt gelijk gespreid over de 5 jaar van de constructieperiode.

De exploitatiekosten E zijn jaarlijkse kosten, ook uitgedrukt per kW opgesteld vermogen.

De proportionele kost B daarentegen is verbonden aan een geproduceerde kWh. Voor een kerncentrale is de brandstofkost onder deze vorm gegeven. Voor een klassieke centrale is de omrekening van een prijs per kg brandstof,  $p_1$ , naar een kost per kWh nodig. Hierbij is uitgegaan van een technische efficiëntie van 40 % en een calorisch vermogen voor zware stookolie van 9800 kcal/kg, zodat B gegeven wordt door  $\frac{890}{9800 \times 0.4} P_1$ .

Alle kosten, of ze nu uitgedrukt zijn per kW of per kWh, zijn afhankelijk van de grootte van de op te richten eenheid. De beschikbare gegevens gelden voor een kerncentrale vanaf 600 MW en een klassieke centrale met stookolie vanaf 300 MW. Exploitatie- en brandstofkosten zijn gebaseerd op een bezetting van 7000 u per jaar.

Er is gerekend in constante prijzen, niveau einde 1974.

De actualisatie is geschied op basis van een intrestvoet (na belasting) van 5 %. In appendix 1 en 2 zijn de berekeningen her-nomen met een intrestvoet van respectievelijk 3 en 7 %.

## §2. GEACTUALISEERDE KOSTEN

Onder de bovenstaande hypothesen kan de kost per kW opgesteld vermogen van een centrale over gans haar levensduur, verdiscon- teerd naar het begin van de constructieperiode, geschreven wor- den als (°):

$$\begin{aligned} & \frac{I}{5} \left( \frac{1}{1+i} + \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1}{(1+i)^5} \right) + \\ & \frac{E}{(1+i)^5} \left( \frac{1}{1+i} + \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1}{(1+i)^{20}} \right) + \\ & \frac{B}{(1+i)^5} \left( \frac{3000}{1+i} + \frac{5000}{(1+i)^2} + \frac{6600}{(1+i)^3} + \dots + \frac{6600}{(1+i)^{20}} \right) = \\ & \frac{I(1-(1+i)^{-5})}{5i} + \frac{E(1-(1+i)^{-20})}{i(1+i)^5} + B \left( \frac{3000}{(1+i)^6} + \frac{5000}{(1+i)^7} + \frac{6600(1-(1+i)^{-18})}{i(1+i)^6} \right) \end{aligned}$$

Tabellen 1 en 2 geven de uitwerking van deze formule respectie- velijk voor een klassieke centrale met stookolie en een kerncen- trale.

### A. Geactualiseerde kosten voor een klassieke centrale

Als parameters voor een klassieke centrale zijn gebruikt:

$$I = 168 \text{ R.E./kW}$$

$$E = 6 \text{ R.E./kW.}$$

De prijs voor stookolie hebben we achtereenvolgens verschillende waarden laten aannemen, nl.  $p_1 = 20, 25, 30, 35, 40, 45, 60, 60, 70, 80$  mills/kg (°°). In constante prijzen wordt een zelfde prijsniveau verondersteld over de ganse periode: m.a.w. zware stookolie volgt de algemene prijsevolutie. Hierbij is bij- gevolg geen rekening gehouden met een eventuele daling van de pe- troleumprijzen naargelang het ter beschikking komen van substitu- tieproducten voor de ruwe petroleum uit het Midden-Oosten.

(°) Zowel voor exploitatie- als brandstofkosten zou de actualisatie continu moe- ten verlopen. Om praktische redenen zijn de kosten verschoven naar het einde van het betrokken jaar. Een verschuiving naar het midden van het jaar maakt weinig verschil uit.

(°°) mill =  $10^{-3}$  R.E.

Tabel 1. Geactualiseerde kosten voor een klassieke centrale

	R.E./kW	B.F./kW	B.F. voor 1000 MW
INVESTERINGSKOST	145.5	7274	
EXPLOITATIEKOSTEN	58.6	2929	
BRANDSTOFKOSTEN			
P <sub>1</sub> =20	278.8	13940	
25	348.5	17425	
30	418.2	20910	
35	487.9	24395	
40	557.6	27880	
45	627.3	31365	
50	697.0	34850	
60	836.4	41820	
70	975.8	48790	
80	1115.2	55760	
<hr/>			
TOTALE KOSTEN			
P <sub>1</sub> =20	482.9	24144	24.1 x 10 <sup>9</sup> B.F.
25	552.6	27629	27.6
30	622.3	31114	31.1
35	692.0	34599	34.6
40	761.7	38084	38.1
45	831.4	41569	41.6
50	901.1	45054	45.1
60	1040.5	52024	52.0
70	1179.9	58994	59.0
80	1319.3	65964	66.0

Bron: SESO

De huidige officiële prijs voor zware stookolie bedraagt 3250 B.F./ton (65 R.E./ton), 6 % B.T.W. inbegrepen. Wel kan aangenomen worden dat elektriciteitscentrales deze prijs niet betalen. Einde 1974 stabiliseerde de prijs voor zware stookolie te Rotterdam zich rond de 70 \$ per ton wat overeenkomt met 56 R.E.; hierbij moeten nog ongeveer 2 R.E. accijnzen geteld en een transportkost die veranderlijk is naargelang de plaats van bestemming.

B. Geactualiseerde kosten voor een kerncentrale

Als parameters voor de kerncentrale werden gebruikt:

$$I = 326 \text{ R.E./kW}$$

$$E = 6.5 \text{ R.E./kW.}$$

De brandstofkosten nemen achtereenvolgens de volgende waarden aan:

$$p_2 = 1,8 \text{ mills/kWh, } 2 \text{ mills/kWh en } 2.5 \text{ mills/kWh.}$$

Ze worden verder verondersteld gelijklopend te evolueren met het algemeen prijspeil.

Tabel 2. Geactualiseerde kosten voor een kerncentrale

	R.E./kW	B.F./kW	B.F. voor 1000 MW
INVESTERINGSKOST	282.3	14114	
EXPLOITATIEKOSTEN	63.5	3173	
BRANDSTOFKOSTEN			
$p_2 = 1.8$	114.1	5703	
2	126.7	6336	
2.5	158.4	7920	
TOTALE KOSTEN			
$p_2 = 1.8$	459.9	22994	$23.0 \times 10^9 \text{ B.F.}$
2	472.5	23624	23.6
2.5	504.2	25209	25.2

Bron: SESO

C. Kostenverschil

Tabel 3 geeft het verschil tussen de geactualiseerde kosten voor een klassieke centrale en een kerncentrale in miljard B.F.

Tabel 3. Geactualiseerd kostenverschil tussen een klassieke centrale en een kerncentrale (in miljarden)

$P_2 \backslash P_1$	1.8	2.0	2.5
20	1.1	0.5	-1.1
25	4.6	4.0	2.4
30	8.1	7.5	5.9
35	11.6	11.0	9.4
40	15.1	14.5	12.9
45	18.6	18.0	16.4
50	22.1	21.5	19.9
60	29.0	28.4	26.8
70	36.0	35.4	33.8
80	43.0	42.4	40.8

Bron: SESO

$p_1$  : brandstofkost voor klassieke centrale in mills/kg

$p_2$  : brandstofkost voor kerncentrale in mills/kWh

Bovenstaande tabel toont duidelijk de hogere kost voor een klassieke centrale. Bij een prijs voor zware stookolie van 60 R.E. bedraagt het verschil 29.0 tot 26.8 miljard B.F.

### §3. ENKELE BIJKOMENDE ASPECTEN

Op grond van bovenstaande berekening kan een versnelde expansie van kerncentrales verantwoord worden.

Hierbij is echter geen rekening gehouden met een aantal neven-effecten:



1. Ecologische aspecten zijn volledig buiten beschouwing gelaten. Stippen we hier aan dat ook kerncentrales slechts een rendement hebben van ongeveer 33 %; de rest van de calorieën gaat verloren in het koelwater en de atmosfeer.
2. Een versnelde expansie der kerncentrales vergt grote investeringen waarvoor kapitaal moet aangetrokken worden.
3. Een vermindering van het belang van petroleum zal een weerslag hebben op de betalingsbalans. Bovendien mag niet uit het oog verloren worden dat een deel der brandstofkosten, vooral voor centrales met stookolie, een vorm van belasting zijn.
4. Een zeer belangrijke factor is wel de veiligheid. Uitspraken hieromtrent gaan de meest uiteenlopende richtingen uit; de ware toedracht is onvoldoende gekend of wordt om allerlei redenen verzwegen. Als enige basis blijven zo de normen over van onze buurlanden. Hieruit zou wel eens kunnen blijken dat België aan land geen kerncentrales kan bouwen.

APPENDIX 1.

In appendix 1 worden de resultaten weergegeven van de berekeningen uit paragraaf 2 met een actualisatievoet van 3 %.

Tabel 1. Geactualiseerde kosten voor een klassieke centrale  
(i=3 %)

	R.E./kW	B.F./kW	B.F. voor 1000MW
INVESTERINGSKOST	153.9	7694	
EXPLOITATIEKOSTEN	77.0	3850	
BRANDSTOFKOSTEN			
P <sub>1</sub> = 20	363.4	18172	
25	454.3	22715	
30	545.2	27258	
35	636.0	31801	
40	726.9	36344	
45	817.7	40887	
50	908.6	45429	
60	1090.3	54515	
70	1272.0	63601	
80	1453.7	72687	
<hr/>			
TOTALE KOSTEN			
P <sub>1</sub> = 20	594.3	29714	29.7 x 10 <sup>9</sup> B.F.
25	685.2	34259	34.3
30	776.1	38804	38.8
35	866.9	43344	43.3
40	957.8	47889	47.9
45	1048.6	52429	52.4
50	1139.5	56974	57.0
60	1321.2	66059	66.1
70	1502.9	75144	75.1
80	1684.7	84229	84.2

Tabel 2. Geactualiseerde kosten voor een kerncentrale (i=3 %)

	R.E./kW	B.F./kW	B.F. voor 1000 MW
INVESTERINGSKOST	298.6	14930	
EXPLOITATIEKOSTEN	83.4	4171	
BRANDSTOFKOSTEN			
$P_2 = 1.8$	148.7	7434	
2	165.2	8260	
2.5	206.5	10325	
TOTALE KOSTEN			
$P_2 = 1.8$	530.7	26535	$26.5 \times 10^9$ B.F.
2	547.2	27360	27.4
2.5	588.5	29425	29.4

Tabel 3. Geactualiseerd kostenverschil tussen een klassieke centrale en een kerncentrale (in miljarden, 3 %)

$P_1 \backslash P_2$	1.8	2.0	2.5
20	3.2	2.3	0.3
25	7.8	6.9	4.9
30	12.3	11.4	9.4
35	16.8	15.9	13.9
40	21.4	20.5	18.5
45	25.9	25.0	23.0
50	30.5	39.6	27.6
60	39.6	38.7	36.7
70	48.6	47.7	45.7
80	57.7	56.8	54.8

APPENDIX 2.

In appendix 2 worden de resultaten weergegeven van de berekeningen uit paragraaf 2 met een actualisatievoet van 7 %.

Tabel 1. Geactualiseerde kosten voor een klassieke centrale  
(i=7 %)

	R.E./kW	B.F./kW	B.F. voor 1000 MW
INVESTERINGSKOST	137.8	688	
EXPLOITATIEKOSTEN	45.3	2266	
BRANDSTOFKOSTEN			
P <sub>1</sub> = 20	217.1	10857	
25	272.4	13572	
30	325.7	16286	
35	380.0	19000	
40	434.3	21715	
45	488.6	24429	
50	542.9	27143	
60	651.4	32572	
70	760.0	38000	
80	868.6	43429	
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>			
TOTALE KOSTEN			
P <sub>1</sub> = 20	400.2	20008	20.0 x 10 <sup>9</sup> B.F.
25	454.5	22723	22.7
30	508.8	25438	25.4
35	563.1	28153	28.2
40	617.4	30868	30.9
45	671.7	33583	33.6
50	726.0	36298	36.3
60	834.5	41723	41.7
70	943.1	47153	47.2
80	1051.7	52583	52.6

Tabel 2. Geactualiseerde kosten voor een kerncentrale ( $i=7\%$ )

	R.E./kW	B.F./kW	B.F. voor 1000 MW
INVESTERINGSKOST	267.3	13367	
EXPLOITATIEKOSTEN	49.1	2455	
BRANDSTOFKOSTEN			
$P_2 = 1.8$	88.8	4442	
2	98.7	4935	
2.5	123.4	6169	
<hr/>			
TOTALE KOSTEN			
$P_2 = 1.8$	405.2	20262	20.3 $\times 10^9$ B.F.
2	415.1	20757	20.8
2.5	439.8	21992	22.0

Tabel 3. Geactualiseerd kostenverschil tussen een klassieke centrale en een kerncentrale (in miljarden, 7%)

$P_1 \backslash P_2$	1.8	2.0	2.5
20	-0.3	-0.8	-2.0
25	2.4	1.9	0.7
30	5.1	4.6	3.4
35	7.9	7.4	6.2
40	10.6	10.1	8.9
45	13.3	12.8	11.6
50	16.0	15.5	14.3
60	21.4	20.9	19.7
70	26.9	26.4	25.2
80	32.3	31.8	30.6

BIBLIOGRAFIE

1. GAUSSENS J., Données et calculs économiques de l'énergie nucléaire, P.U.F., 1968.
2. E.E.G., Note comparative sur le prix de revient du kWh produit par des centrales thermiques, notamment alimentées à la houille, au fuel-oil et nucléaires;  
XVII/39/73-F, en andere.
3. E.D.F., J. Lepine, Programme d'équipement en centrales de production d'électricité, Travaux, octobre 1974.
4. K.B., Weekberichten, 29 Jrg., nr.47; 13 december 1974.