

Eindrapport

Inventaris warmte-krachtkoppeling Vlaanderen 1990-2014

Wouter Wetzels, Kristien Aernouts, Kaat Jespers

Referentietask i.o.v. Vlaamse Regering

2015/SEB/R/150

1 oktober 2015



Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden.

SAMENVATTING INVENTARIS WARMTE-KRACHTKOPPELING

Steekkaart WKK in Vlaanderen – 2014

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste cijfers over warmte-krachtinstallaties (WKK-installaties) in Vlaanderen in 2014.

	Motoren	Gas-turbines	STEGs	Stoomturbines		TOTAAL 2014	Totaal 2013
				Net-gekoppeld	Directe aandrijving		
Vermogen elektrisch [MW]	561	493	805	213	152	2.223	2.193
<i>waarvan certificaatgerechtigd</i>	557	368	751	147	54	1.875	1.704
Vermogen thermisch [MW]	694	735	583	850	937	3.799	3.733
Totale productie elektr./kracht [PJ]	8,9	11,7	11,4	4,5	4,3	40,7	44,2
Totale productie elektr./kracht [GWh]	2.469	3.239	3.170	1.239	1202	11.318	12.288
<i>waarvan elektriciteit [GWh]</i>	2.467	3.223	3.170	1.239	0	10.099	11.135
% WKK-elektriciteit t.o.v. Bruto Binnenlands Elektriciteitsverbruik (*)	5%	6%	6%	2%	0%	18,4%	19,9%
Totale productie warmte [PJ]	12,1	20,6	9,9	16,5	25,3	84,5	83,9
Totale productie warmte [GWh]	3.374	5.720	2.752	4.595	7.033	23.474	23.294
Rendement elektrisch [%]	40%	31%	41%	16%	12%	27%	28%
Rendement thermisch [%]	54%	54%	36%	61%	71%	56%	54%
Rendement totaal [%]	94%	85%	77%	78%	83%	83%	82%
Gemiddelde vollasttijd [h/a]	4.410	6.574	3.938	5.829	7.894	5.096	5.642
Warmte-krachtbesparing [PJ] (**)	11	8,3	5,9	5,6	8,8	39,8	38,8
Warmte-krachtbesparing [GWh] (**)	3.097	2.309	1.651	1.569	2.439	11.065	10.769
Relatieve Primaire Energiebesparing [%] (**)	34,1%	18,0%	20,9%	19,2%	19,9%	22,0%	21,5%

(*) Berekend als: eindverbruik (excl. zelfproductie) + bruto zelfproductie + eigenverbruik in de transformatiesector + netverliezen

(**) De warmte-krachtbesparing (WKB) is berekend op basis van Europese referentierendementen en op basis van de hoeveelheid elektriciteit uit WKK volgens bijlage II van het Energiebesluit.

Markante feiten WKK in Vlaanderen – 2014

De meest markante feiten over WKK in Vlaanderen in 2014 zijn de volgende:

- In 2014 was het operationeel WKK-vermogen (elektrisch+mechanisch) in Vlaanderen 2.223 MW. Er waren 580 WKK-installaties operationeel, verdeeld over 467 sites.
- Het operationeel WKK-vermogen (elektrisch+mechanisch) in Vlaanderen is in 2014 licht gestegen. In 2013 was het vermogen 2.193 MW. Het aantal gasturbines, STEGs en stoomturbines is onveranderd gebleven. De stijging is het gevolg van een groeiend vermogen van WKK-motoren, voornamelijk in de landbouw. Het vermogen van motoren > 50 kW_e is gegroeid van 529 MW_e in 2013 naar 560 MW_e in 2014. Het aantal motoren (exclusief micromotoren) is toegenomen van 294 naar 316.
- Het aantal opgestelde micro-WKK's is gedaald van 121 naar 116. Het opgesteld micro-WKK vermogen is desondanks licht toegenomen van 1,01 MW_e in 2013 tot 1,03 MW_e in 2014.

- De totale nuttige output van WKK-installaties is gedaald van 128,1 PJ in 2013 naar 125,3 PJ in 2014. De productie van WKK-elektriciteit/kracht is met 8% gedaald (van 44,2 PJ in 2013 naar 40,7 PJ in 2014). Deze daling is met name veroorzaakt door een lagere elektriciteitsproductie van aardgasgestookte STEG-installaties. De gemiddelde vollasttijd van STEGs was in 2014 aanzienlijk lager dan in eerdere jaren. Het % WKK-elektriciteit in het bruto binnenlands elektriciteitsverbruik nam af van 19,9% in 2013 tot 18,4% in 2014. De warmteproductie in WKK-installaties steeg van 83,9 PJ in 2013 tot 84,5 PJ in 2014.
- In 2014 werd ongeveer de helft van de nuttige energie geleverd in de vorm van stoom (68,5 PJ). De hoeveelheid geproduceerde warmte in de vorm van warm water en warme lucht was 16,0 PJ. De productie van elektriciteit bedroeg 36,4 PJ en de productie van kracht 4,4 PJ.
- Het totale brandstofverbruik in 2014 was 150,8 PJ. Aardgas is de belangrijkste brandstofsoort voor WKK in Vlaanderen met een aandeel van 61%. Gasturbines en STEGs waren in 2014 verantwoordelijk voor 44% van het totale brandstofverbruik, stoomturbines voor 42% en motoren voor 15%.
- De hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht is in de periode 2006-2014 gestegen van 0,5 PJ tot 3,8 PJ. In dezelfde periode is de hoeveelheid hernieuwbare WKK-warmte gestegen van 1,5 tot 4,9 PJ. Het aandeel van hernieuwbare WKK elektriciteit/kracht was in 2014 9,4%. Het hernieuwbare aandeel in de totale WKK-warmte was 5,8%.
- In 2014 was de totale warmte-krachtbesparing 39,8 PJ. De Relatieve Primaire Energiebesparing was 22,0%, een toename ten opzichte van 2013 (21,5%).

INHOUD

Samenvatting inventaris warmte-krachtkoppeling	I
Inhoud	III
Lijst van tabellen	IV
Lijst van figuren	V
Lijst van afkortingen	VI
HOOFDSTUK 1. Inleiding	1
HOOFDSTUK 2. Analyse van het WKK-vermogen	3
2.1. <i>Operationeel WKK-vermogen</i>	3
2.2. <i>Opgesteld WKK-vermogen</i>	3
2.3. <i>Evolutie van het operationeel vermogen</i>	5
2.4. <i>Operationeel vermogen per technologie</i>	6
2.4.1. <i>Evolutie van WKK-installaties met verbrandingsmotor</i>	6
2.4.2. <i>Evolutie van WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines</i>	8
2.5. <i>Operationeel vermogen per sector</i>	9
2.6. <i>Operationeel vermogen per brandstofsoort</i>	10
2.7. <i>Operationeel vermogen per beheersvorm</i>	13
2.8. <i>Operationeel vermogen per efficiëntieklasse</i>	14
2.9. <i>Operationeel certificaatgerechtigd vermogen</i>	15
HOOFDSTUK 3. Analyse van de door WKK geproduceerde nuttige energie	18
3.1. <i>Door WKK geproduceerde nuttige energie</i>	18
3.2. <i>Door WKK geproduceerde nuttige energie per technologie</i>	20
3.3. <i>Door WKK geproduceerde hernieuwbare energie</i>	23
HOOFDSTUK 4. Analyse van de (relatieve) primaire energiebesparing	24
4.1. <i>Bepaling van de (relatieve) primaire energiebesparing</i>	24
4.2. <i>Evolutie van de totale warmte-krachtbesparing</i>	24
4.3. <i>Evolutie van de warmte-krachtbesparing per technologie</i>	25
HOOFDSTUK 5. Besluit	29
Literatuurlijst	31
Bijlage A: Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden en correctiefactoren	32

LIJST VAN TABELLEN

<i>Tabel 1</i>	<i>Overzicht van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen in 2014</i>	3
<i>Tabel 2</i>	<i>Overzicht van het opgesteld WKK-vermogen in Vlaanderen op 31 december 2014</i>	4
<i>Tabel 3</i>	<i>Evolutie van het opgesteld vermogen van micro-WKK installaties (2008-2014)</i>	4
<i>Tabel 4</i>	<i>Evolutie van het aantal sites waar WKK's staan opgesteld (excl. micro-WKK, 2007-2014)</i>	5
<i>Tabel 5</i>	<i>Evolutie van de brandstofinput van WKK's per technologie (2007-2014)</i>	12
<i>Tabel 6</i>	<i>Evolutie van het aandeel; operationeel WKK vermogen, per technologie met totaal rendement boven de drempelwaarde in Vlaanderen (2009-2014)</i>	15
<i>Tabel 7:</i>	<i>Vermogen van door het VEA erkende WKK-installaties die in aanmerking komen voor Vlaamse WKK-certificaten (2014)</i>	16
<i>Tabel 8:</i>	<i>Aantal uitgereikte warmtekrachtcertificaten die aanvaardbaar zijn voor de certificatenverplichting (2006-2014). Bron: VREG, 03/06/2015.</i>	17
<i>Tabel 9:</i>	<i>Evolutie van de input en output van nuttige energie van WKK (incl. micro-WKK, 2005-2014)</i>	18
<i>Tabel 10:</i>	<i>Evolutie van de input en output van nuttige energie van micro-WKK (2012-2014)</i>	19
<i>Tabel 11:</i>	<i>Overzicht van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie (2014)</i>	20
<i>Tabel 12:</i>	<i>Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte (excl. micro-WKK, 2006-2014)</i>	23
<i>Tabel 13</i>	<i>Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte van micro-WKK (2012-2014)</i>	23
<i>Tabel 14:</i>	<i>Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2014)</i>	25
<i>Tabel 15:</i>	<i>Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2014)</i>	26
<i>Tabel 16:</i>	<i>Gemiddelde jaarlijkse temperatuur (2007-2014). Bron: Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI), www.meteo.be</i>	33

LIJST VAN FIGUREN

<i>Figuur 1: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen (1990-2014)</i>	5
<i>Figuur 2: Evolutie van het operationeel elektrisch en mechanisch WKK-vermogen in Vlaanderen (1990-2014)</i>	6
<i>Figuur 3: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen met verbrandingsmotor (incl. micro-WKK) volgens installatiejaar (1990-2014)</i>	7
<i>Figuur 4: Evolutie van het aantal operationele WKK-toepassingen met verbrandingsmotor volgens geïnstalleerd vermogen per toepassing (1990, 1995, 2001, 2005, 2009-2014)</i>	7
<i>Figuur 5: Evolutie van het operationeel vermogen van de WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines (1990-2014)</i>	8
<i>Figuur 6: Evolutie van het operationeel thermisch vermogen van WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines (1990-2014)</i>	9
<i>Figuur 7: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per sector in Vlaanderen (incl. micro-WKK) (2005-2014)</i>	9
<i>Figuur 8: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per brandstofsoort in Vlaanderen (incl. micro WKK) (1990, 1995, 2000, 2004-2014)</i>	10
<i>Figuur 9: Evolutie van het opgesteld elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per technologie en beheersvorm in Vlaanderen (1990, 1995, 2000, 2003-2014)</i>	13
<i>Figuur 10: Evolutie van het operationeel WKK-morgen in Vlaanderen per beheerstype (2006-2014)</i>	14
<i>Figuur 11: Evolutie van het hoogrenderend (totaal rendement boven 75% of 80%) operationeel WKK vermogen, per technologie in Vlaanderen (2009-2014)</i>	15
<i>Figuur 12: Schema van de input en output van de Vlaamse WKK-installaties (incl. micro-WKK, 2014)</i>	20
<i>Figuur 13: Evolutie van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie en het aantal equivalente vollasturen (excl. micro-WKK, 2005-2014)</i>	22
<i>Figuur 14: Warmte-krachtbesparing per jaar in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2014)</i>	25
<i>Figuur 15: Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie (2007-2014)</i>	26

LIJST VAN AFKORTINGEN

BBE	Bruto Binnenlands Elektriciteitsverbruik
PEB	Primaire Energiebesparing
RPEB	Relatieve Primaire Energiebesparing
STEG	(Elektriciteitscentrale met) Stoom- en Gasturbine
VREG	Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt
VEA	Vlaams Energieagentschap
WKB	Warmte-krachtbesparing
WKK	Warmte-krachtkoppeling

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

Warmte-krachtkoppeling (WKK) is een manier om tegelijkertijd warmte en elektriciteit op te wekken in één proces, voornamelijk door middel van een turbine of motor. Hierdoor kan brandstof worden bespaard ten opzichte van aparte opwekking van warmte in ketels en elektriciteit in centrales. In Vlaanderen won WKK in het midden van de jaren negentig van de vorige eeuw aan belangstelling.

In het kader van een referentietraak in opdracht van de Vlaamse Regering inventariseert VITO het WKK-vermogen in Vlaanderen. Jaarlijks wordt een inventaris gepubliceerd die een analyse bevat van het WKK-vermogen, de door WKK geproduceerde nuttige energie en de primaire energiebesparing door WKK. Deze inventaris geeft een overzicht van de ontwikkelingen in de periode 1990-2014.

Ten opzichte van het vorige rapport (september 2014) zijn er wijzigingen uitgevoerd voor de reeks 2007-2013:

- De gegevens over de stoomturbines van twee bedrijven zijn gecorrigeerd en aangevuld. Deze aanpassingen hebben effect vanaf het jaar 2008.
- De cijfers over micro-WKK zijn gewijzigd vanaf het jaar 2009, omdat er over meer installaties informatie beschikbaar is gekomen.
- De indeling naar brandstoftype van enkele WKK-installaties is aangepast.
- Het aantal vollasturen en de warmtekrachtbesparing per installatietype zijn herberekend voor de periode 2007-2013.
- De productie van WKK-warmte in 2009 is aangepast.

HOOFDSTUK 2. ANALYSE VAN HET WKK-VERMOGEN

2.1. OPERATIONEEL WKK-VERMOGEN

In 2014 was het operationeel WKK-vermogen (elektrisch+mechanisch) in Vlaanderen 2.223 MW_{e+m}. Het operationeel thermisch vermogen was 3.799 MW_{th}. Er waren 580 WKK-installaties operationeel, verdeeld over 467 WKK-toepassingen (sites waar WKK's staan opgesteld).

Het operationeel vermogen omvat de WKK-installaties die gedurende het jaar 2014 ingezet zijn en waarvan operationele gegevens beschikbaar zijn. Ook als WKK-vermogen slechts een deel van het jaar in bedrijf was wordt het als operationeel vermogen beschouwd.

Operationeel vermogen 2014	Elektrisch/mechanisch vermogen [MW _{e+m}]	Thermisch vermogen [MW _{th}]	Aantal installaties	Aantal WKK-toepassingen
Micromotoren	1,0	2,6	94	94
Motoren (excl. micromotoren)	560	691	416	316
Gasturbines	493	735	17	17
STEGs	805	583	13	6
Stoomturbines; netgekoppeld	213	850	23	18
Stoomturbines; directe aandrijving	152	937	17	16
SOM	2.223	3.799	580	467

Tabel 1 Overzicht van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen in 2014

2.2. OPGESTELD WKK-VERMOGEN

Tabel 2 geeft een overzicht van het opgesteld WKK-vermogen in Vlaanderen op 31 december 2014. Tot het opgesteld vermogen behoren ook installaties die in 2014 (tijdelijk) zijn stopgezet of die reeds beschikten over een VEA dossier, maar nog geen toegekende certificaten ontvingen.

Het opgesteld elektrisch/mechanisch WKK-vermogen was 2.242 MW en het opgesteld thermisch vermogen was 3.823 MW_{th}. Er waren 616 WKK-installaties opgesteld, verdeeld over 503 WKK-toepassingen.

Van de 430 opgestelde motoren (excl. micromotoren) waren er 416 operationeel in 2014. Van de 116 opgestelde micromotoren waren er 94 operationeel. Alle opgestelde gasturbines, STEGs en stoomturbines waren operationeel.

Opgesteld vermogen 2014	Elektrisch vermogen [MW _{e+m}]	Thermisch vermogen [MW _{th}]	Aantal installaties	Aantal WKK-toepassingen
Micromotoren	1,0	3	116	116
Motoren (excl. micromotoren)	579	715	430	330
Gasturbines	493	735	17	17
STEGs	805	583	13	6
Stoomturbines; netgekoppeld	213	850	23	18
Stoomturbines; directe aandrijving	152	937	17	16
Som	2.242	3.823	616	503

Tabel 2 Overzicht van het opgesteld WKK-vermogen in Vlaanderen op 31 december 2014

Installaties met een elektrisch vermogen kleiner dan of gelijk aan 50 kW_e worden gerekend tot de micro-WKK installaties. Het gaat hierbij onder andere om kleinschalige boerderijvergisters (pocketvergisters), Stirling motoren (externe verbrandingsmotoren) en zuigermotoren op aardgas, diesel of biobrandstof.

Het opgesteld micro-WKK vermogen is licht toegenomen van 1,01 MW_e in 2013 tot 1,03 MW_e in 2014 (zie Tabel 3). Het aantal opgestelde micro-WKK's is gedaald van 121 naar 116. Stirling WKK's worden sinds 2010 toegepast, met name door huishoudens. Vanwege technische problemen is een deel van de Stirling motoren al snel na installatie weer uit gebruik genomen.

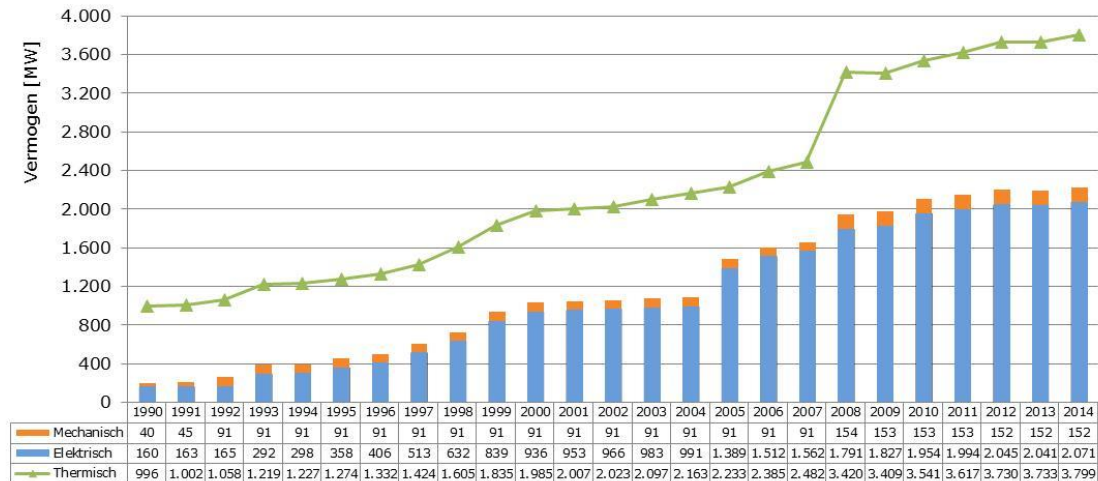
Opgestelde micro-WKK 2014		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Elektrisch vermogen [MW _{e+m}]	Micromotoren (excl. Stirling motoren)	0,10	0,20	0,23	0,47	0,87	0,98	1,00
	Stirling motoren	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06	0,04	0,03
	Som	0,10	0,20	0,23	0,50	0,92	1,01	1,03
Thermisch vermogen [MW _{th}]	Micromotoren (excl. Stirling motoren)	0,15	0,31	0,36	0,80	2,17	2,57	2,63
	Stirling motoren	0,00	0,00	0,04	0,26	0,46	0,30	0,24
	Som	0,15	0,31	0,40	1,05	2,63	2,87	2,87
Aantal installaties	Micromotoren (excl. Stirling motoren)	16	21	24	37	77	86	88
	Stirling motoren	0	0	5	30	53	35	28
	Som	16	21	29	67	130	121	116
Aantal WKK-toepassingen	Micromotoren (excl. Stirling motoren)	16	21	24	37	77	86	88
	Stirling motoren	0	0	5	30	53	35	28
	Som	16	21	29	67	130	121	116

Tabel 3 Evolutie van het opgesteld vermogen van micro-WKK installaties (2008-2014)

2.3. EVOLUTIE VAN HET OPERATIONEEL VERMOGEN

Figuur 1 laat de ontwikkeling zien van het operationeel WKK-vermogen in de periode 1990-2014. Tot en met 2007 is het WKK-vermogen geleidelijk gegroeid. In 2008 is het thermisch vermogen sterk toegenomen. In de periode daarna steeg het WKK-vermogen weer geleidelijk verder.

Het WKK-vermogen is in 2014 licht gestegen naar 2.223 MW_{e+m}. In 2013 was het vermogen 2.193 MW_{e+m}. Het WKK-vermogen kan worden onderverdeeld in 2.071 MW_e elektrisch vermogen en 152 MW_m mechanisch vermogen van stoomturbines met directe aandrijving. Daarnaast produceren ook enkele motoren mechanische energie.



Figuur 1: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen in Vlaanderen (1990-2014)

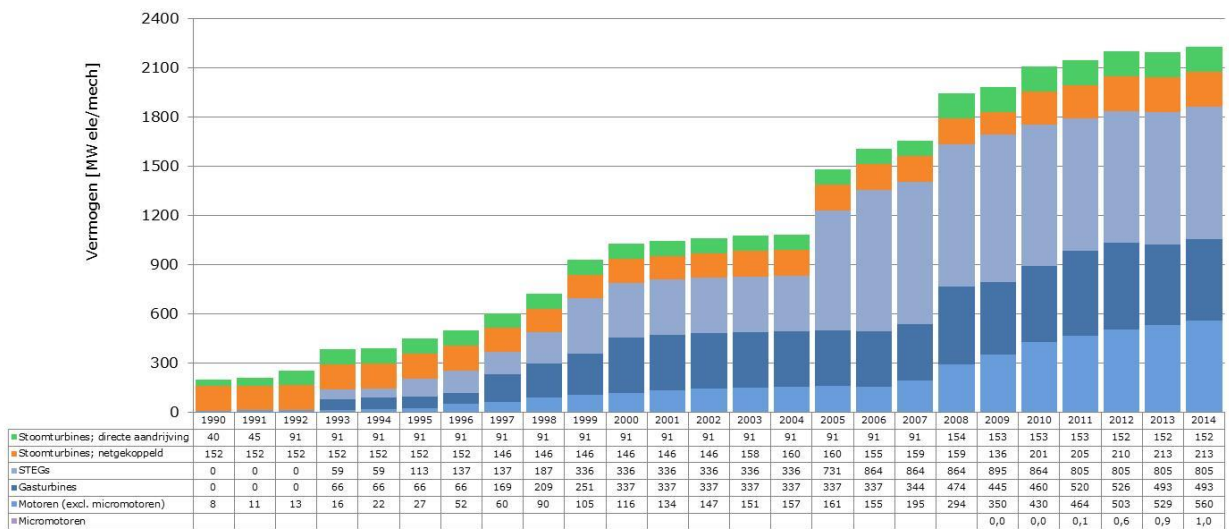
Tabel 4 toont de ontwikkeling van het aantal WKK-toepassingen (sites waar operationele WKK's staan opgesteld), exclusief micro-WKK installaties. Het totaal aantal WKK-toepassingen is toegenomen van 351 in 2013 naar 373 in 2014. Het aantal operationele sites met motoren is toegenomen van 294 naar 316. Het aantal toepassingen van gasturbines, STEGs en stoomturbines is onveranderd gebleven.

Aantal operationele WKK-toepassingen	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Verschil 2014 t.o.v. 2013	
Motoren (excl. micromotoren)	159	204	232	254	281	298	294	316	22	7,5%
Gasturbines	10	11	12	13	17	17	17	17	0	0,0%
STEGs	7	7	7	7	6	6	6	6	0	0,0%
Stoomturbines; netgekoppeld	20	20	18	18	18	18	18	18	0	0,0%
Stoomturbines; directe aandrijving	11	16	16	16	16	16	16	16	0	0,0%
SOM	207	258	285	308	338	355	351	373	22	6,3%

Tabel 4 Evolutie van het aantal sites waar WKK's staan opgesteld (excl. micro-WKK, 2007-2014)

2.4. OPERATIONEEL VERMOGEN PER TECHNOLOGIE

Figuur 2 laat de ontwikkeling van het operationeel vermogen per technologie zien. Het vermogen van motoren > 50 kW_e is gegroeid van 529 MW_e in 2013 naar 560 MW_e in 2014. Het operationeel vermogen van micro-WKK is toegenomen van 0,9 tot 1,0 MW_e. Het vermogen van de overige WKK-types is ongewijzigd gebleven.



Figuur 2: Evolutie van het operationeel elektrisch en mechanisch WKK-vermogen in Vlaanderen (1990-2014)

2.4.1. EVOLUTIE VAN WKK-INSTALLATIES MET VERBRANDINGSMOTOR

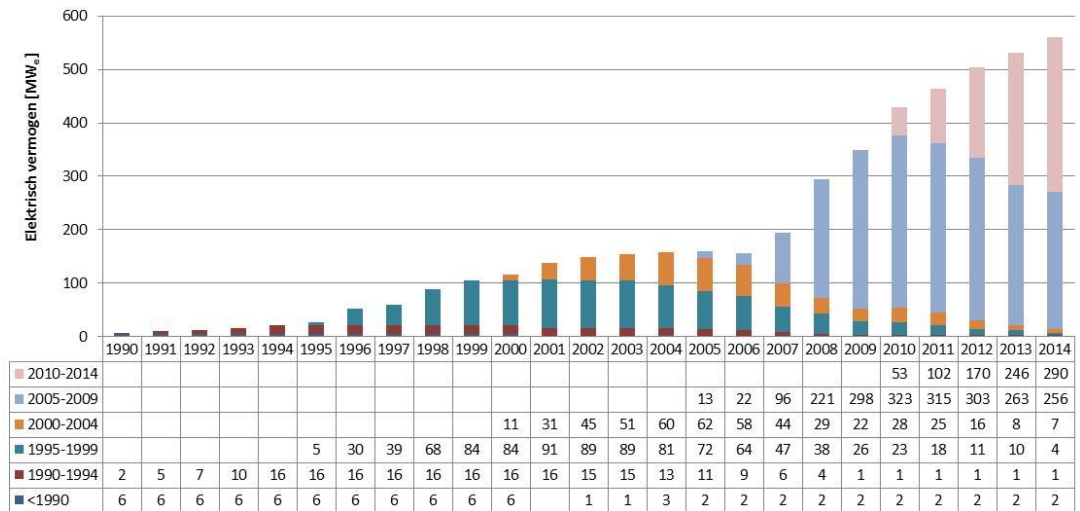
In Figuur 3 is het operationeel vermogen van WKK's met verbrandingsmotor opgesplitst naar het startjaar van de WKK. Dit geeft inzicht in de ouderdom van het park.

De eerste helft van de jaren '90 wordt gekenmerkt door voorzichtige groei van WKK's met interne verbrandingsmotoren. Deze groei versnelt vanaf 1996. In de periode 2002-2004 is het totale vermogen maar licht gestegen en vond er maar beperkt vervanging plaats. Vanaf 2005 worden meer WKK-toepassingen stilgelegd, terwijl er andere, nieuwe opgestart worden. Vanaf 2007 neemt de uitbreiding en de vernieuwing van dit type WKK duidelijk een vlucht. In 2014 is het totaal vermogen van motoren 561 MW_e. Hiervan is 52% (290 MW_e) geïnstalleerd in de periode 2010-2014 en 46% (256 MW_e) in de periode 2005-2009.

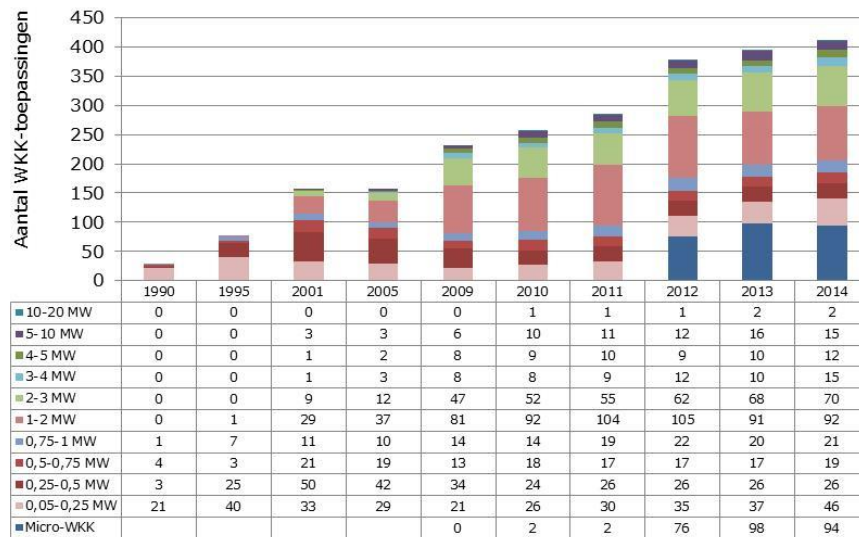
Figuur 4 toont het aantal operationele WKK-toepassingen naar geïnstalleerd vermogen (met mogelijk meer dan één WKK-motor). Begin jaren '90 werden vooral kleinere WKK-installaties in bedrijf genomen. Vanaf 1995 manifesteerde de groei zich in projecten met een steeds groter vermogen. Tussen 2001 en 2005 zien we dat het aantal toepassingen met een opgesteld elektrisch vermogen groter dan 1 MW toeneemt. Deze trend heeft zich in de jaren daarna voortgezet.

Bij de micro-WKK installaties komt het relatief vaak voor dat er geen operationele gegevens beschikbaar zijn, zodat de betreffende installaties niet worden meegerekend bij het operationeel

vermogen. De ontwikkeling van het opgestelde micro-WKK vermogen is behandeld in paragraaf 2.2.



Figuur 3: Evolutie van het operationeel WKK-vermogen met verbrandingsmotor (incl. micro-WKK) volgens installatiejaar (1990-2014)

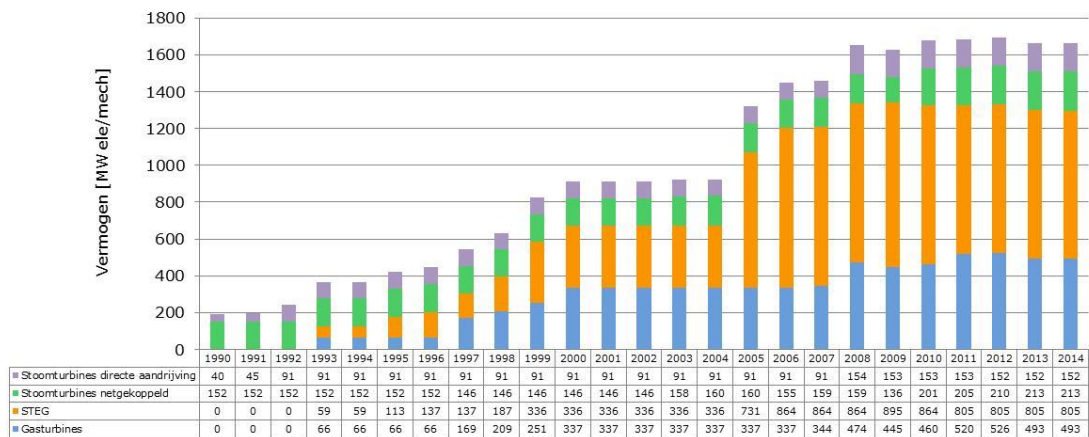


Figuur 4: Evolutie van het aantal operationele WKK-toepassingen met verbrandingsmotor volgens geïnstalleerd vermogen per toepassing (1990, 1995, 2001, 2005, 2009-2014)¹

¹ De getallen geven het vermogensbereik uitgedrukt in MW_e, groter of gelijk aan de onderwaarde en kleiner dan de bovenwaarde. Micro-WKK is gedefinieerd als de WKK met vermogen ≤ 50 kW_e.

2.4.2. EVOLUTIE VAN WKK-INSTALLATIES MET GASTURBINES, STEGS EN STOOMTURBINES

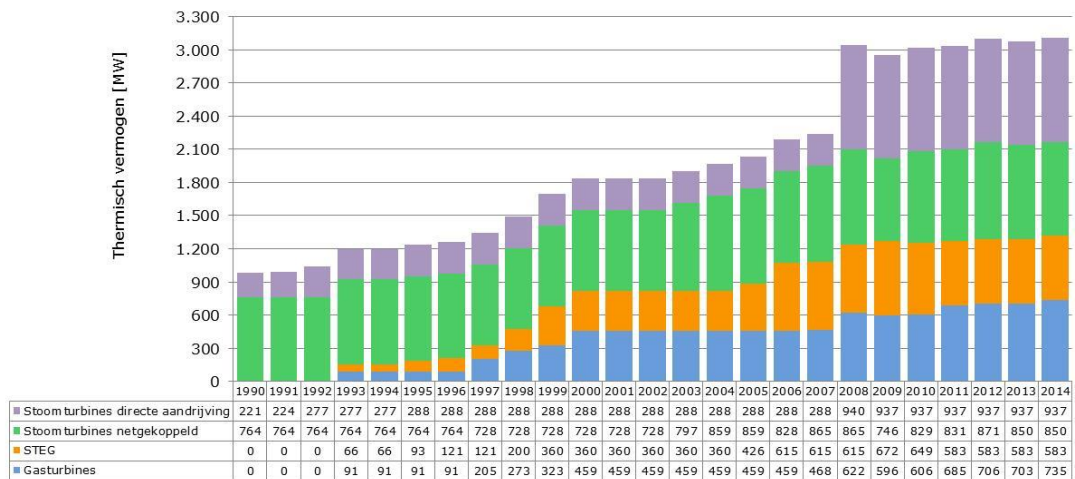
Figuur 5 toont de ontwikkeling van de WKK's met gasturbine, STEG of stoomturbine van 1990 tot en met 2014. In 2014 was het vermogen van STEGs 805 MW, het vermogen van gasturbines 493 MW, het vermogen van netgekoppelde stoomturbines 213 MW en het vermogen van stoomturbines met directe aandrijving 152 MW.



Figuur 5: Evolutie van het operationeel vermogen van de WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines (1990-2014)

De eerste projecten met gasturbines en STEGs dateren van 1993. Van dan af tot en met 2000 neemt het aantal projecten flink toe; het opgesteld vermogen in 2000 (911 MW_e) is meer dan verdubbeld ten opzichte van 1993 (367 MW_e). De groei stagneert bijna volledig tussen 2000 en 2004. Met de indienstname van een installatie van 395 MW_e in 2005 neemt het WKK-vermogen met turbines weer fors toe. De groei zet zich verder in 2006 en in 2008. Sindsdien is het totaal turbinevermogen tamelijk stabiel gebleven. In 2014 is er geen vermogen bijgekomen.

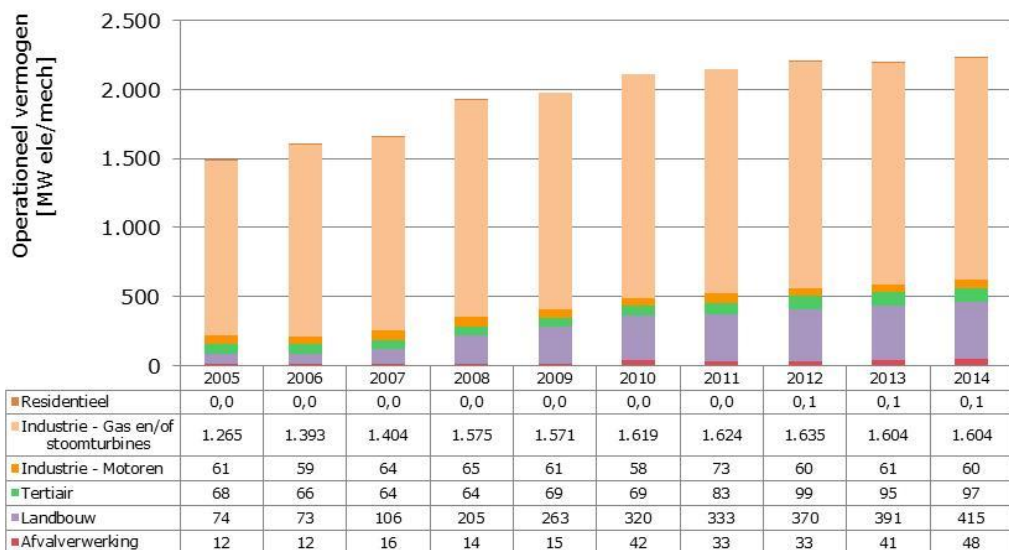
Figuur 6 toont de evolutie van het thermisch vermogen van WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines.



Figuur 6: Evolutie van het operationeel thermisch vermogen van WKK-installaties met gasturbines, STEGs en stoomturbines (1990-2014)

2.5. OPERATIONEEL VERMOGEN PER SECTOR

Het operationeel vermogen van WKK-installaties opgesplitst per sector wordt weergegeven in Figuur 7. We veronderstellen daarbij dat de installatie sinds zijn indienstneming niet van sector veranderde.



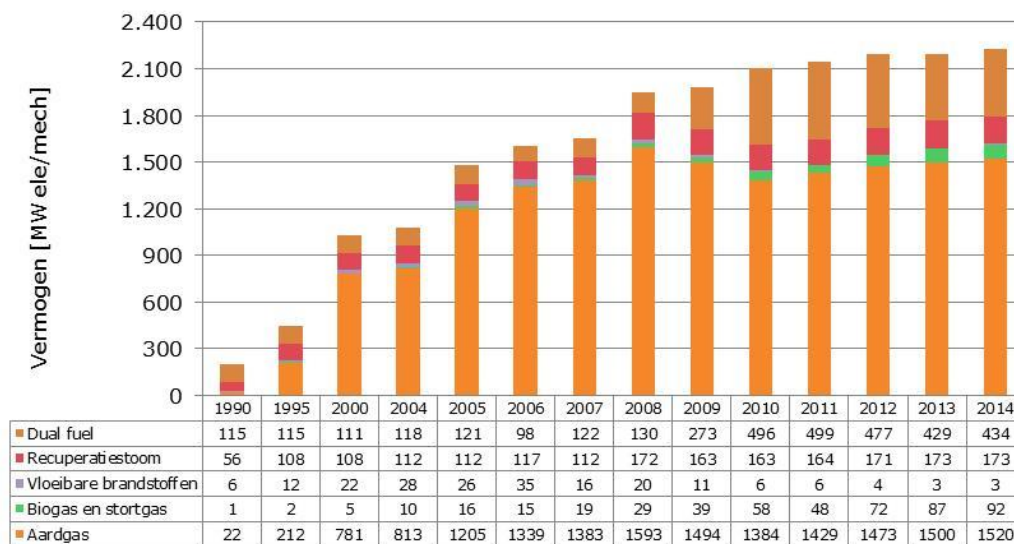
Figuur 7: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per sector in Vlaanderen (incl. micro-WKK) (2005-2014)

Het operationeel vermogen in de landbouwsector vertoont een doorlopend stijgende trend door het toenemend gebruik van WKK's met interne verbrandingsmotor. In 2005 was het operationeel vermogen in deze sector nog 74 MW_e. In 2014 is het vermogen opgelopen tot 415 MW_e. Het operationeel vermogen van WKK-installaties in de tertiaire sector bedraagt in 2014 97 MW, waaronder een STEG-installatie van 54 MW_e. Het operationeel vermogen in de afvalverwerkende sector is toegenomen van 41 tot 48 MW.

2.6. OPERATIONEEL VERMOGEN PER BRANDSTOFSOORT

In Figuur 8 is het operationeel vermogen opgesplitst volgens de volgende brandstofsoorten:

- Aardgas;
- Biogas en stortgas;
- Vloeibare brandstoffen: fossiel (zware en lichte stookolie) en hernieuwbaar (koolzaadolie en palmolie);
- Recuperatiestoom;
- Dual fuel: alle installaties die op meer dan één soort brandstof werken.



Figuur 8: Evolutie van het operationeel elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per brandstofsoort in Vlaanderen (incl. micro WKK) (1990, 1995, 2000, 2004-2014)

Installaties met een vermogen van 434 MW werkten op meer dan één brandstofsoort (dual fuel). Het vermogen van de technologieën die uitsluitend werken op aardgas was in 2014 1.520 MW. Het vermogen van installaties op biogas en stortgas was 92 MW. Het vermogen van operationele WKK-installaties op recuperatiestoom (de stoomturbines) was in 2014 173 MW.

In plaats van het vermogen toe te wijzen aan een specifieke brandstof, kan ook de brandstofinput zelf worden bekeken. Het totale brandstofverbruik in 2014 was 150,8 PJ. Gasturbines en STEGs waren in 2014 verantwoordelijk voor 44% van het totale brandstofverbruik, stoomturbines voor 42% en motoren voor 15%.

Aardgas is met een aandeel van 61% de belangrijkste brandstofsoort voor WKK-installaties in Vlaanderen, gevolgd door recuperatiestoom. Het aandeel van vloeibare brandstoffen (zowel fossiel als hernieuwbaar) is beperkt. Biogas en stortgas en andere brandstoffen, zijnde olie en vetten, slib, hout, raffinaderijgas, afval en kolen, zijn verantwoordelijk voor de resterende brandstofinput.

Tabel 5 Evolutie van de brandstofinput van WKK's per technologie (2007-2014)

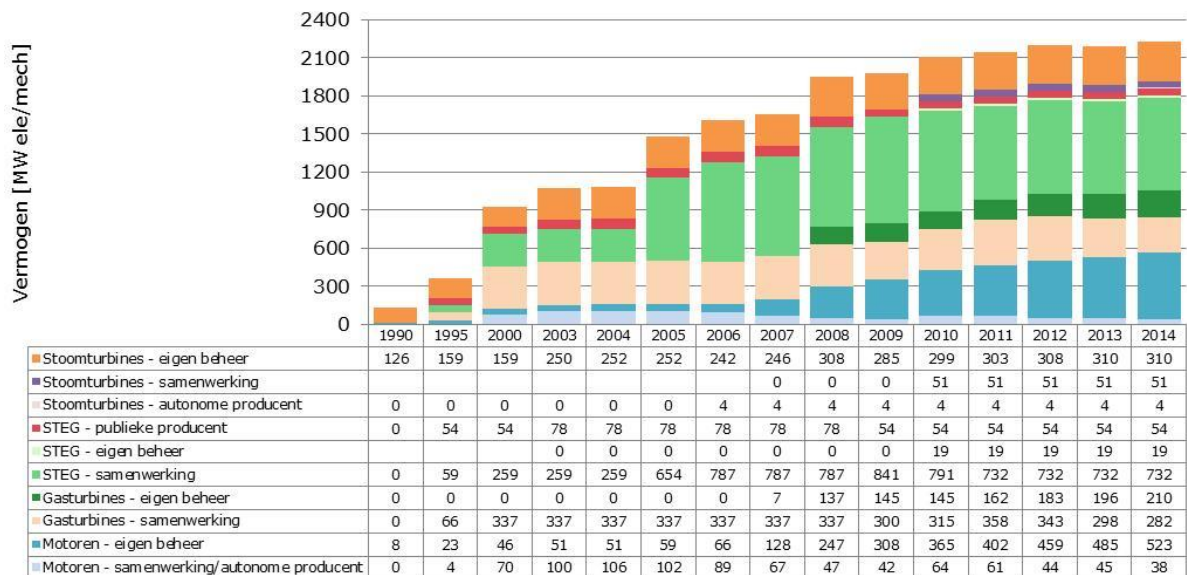
	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]
Motoren	5.608	4,8%	9.485	7,4%	13.579	9,6%	19.252	11,9%	19.626	12,6%	22.081	13,0%	22.927	14,7%	22.446	14,9%
Aardgas	4.456	3,8%	8.266	6,4%	11.086	7,9%	14.389	8,9%	15.378	9,8%	16.996	10,0%	17.166	11,0%	16.345	10,8%
Biogas en stortgas	725	0,6%	864	0,7%	1.946	1,4%	3.025	1,9%	2.744	1,8%	3.713	2,2%	4.982	3,2%	5.554	3,7%
Biomassa	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1.132	0,7%	1.152	0,7%	1.132	0,7%	588	0,4%	370	0,2%
Koolzaadolie en palmolie	274	0,2%	249	0,2%	372	0,3%	581	0,4%	231	0,1%	181	0,1%	143	0,1%	120	0,1%
Olie en vetten		0,0%		0,0%	81	0,1%	37	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Lichte stookolie	153	0,1%	106	0,1%	94	0,1%	89	0,1%	122	0,1%	59	0,0%	47	0,0%	57	0,0%
Gasturbines en STEGs	65.894	56,0%	67.917	52,9%	80.688	57,3%	82.559	51,0%	79.625	51,0%	84.942	50,0%	72.606	46,5%	65.674	43,5%
Aardgas	65.854	56,0%	67.917	52,9%	80.101	56,9%	79.840	49,4%	77.396	49,6%	81.266	47,8%	70.324	45,0%	62.949	41,7%
Andere brandstoffen	40	0,0%	0	0,0%	587	0,4%	2.719	1,7%	2.229	1,4%	3.676	2,2%	2.282	1,5%	2.725	1,8%
Stoomturbines	46.162	39,2%	51.072	39,8%	46.483	33,0%	59.951	37,1%	56.912	36,4%	63.002	37,1%	60.745	38,9%	62.689	41,6%
Aardgas	10.135	8,6%	10.290	8,0%	9.914	7,0%	13.476	8,3%	12.071	7,7%	13.417	7,9%	13.182	8,4%	12.890	8,5%
Biogas	42	0,0%	33	0,0%	45	0,0%	50	0,0%	132	0,1%	157	0,1%	148	0,1%	181	0,1%
Zware stookolie	2.074	1,8%	1.361	1,1%	694	0,5%	0	0,0%	6	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Lichte stookolie	47	0,0%	16	0,0%	76	0,1%	0	0,0%	1	0,0%	0	0,0%	5	0,0%	1	0,0%
Olie, vetten, slib, hout, ...	3.836	3,3%	3.094	2,4%	2.351	1,7%	3.886	2,4%	4.950	3,2%	5.959	3,5%	5.992	3,8%	6.394	4,2%
Recuperatiestoom	27.800	23,6%	33.294	25,9%	30.387	21,6%	37.251	23,0%	35.516	22,7%	40.042	23,6%	35.764	22,9%	37.824	25,1%
Kolen	2.228	1,9%	2.560	2,0%	2.291	1,6%	2.656	1,6%	2.578	1,7%	2.603	1,5%	2.154	1,4%	2.059	1,4%
Andere brandstoffen	0	0,0%	426	0,3%	724	0,5%	2.633	1,6%	1.658	1,1%	824	0,5%	3.499	2,2%	3.340	2,2%
TOTAAL	117.664	100%	128.475	100%	140.750	100%	161.762	100%	156.163	100%	170.025	100%	156.278	100%	150.808	100%

2.7. OPERATIONEEL VERMOGEN PER BEHEERSVORM

Onderstaande figuur geeft de opsplitsing van het elektrisch/mechanisch vermogen per technologie en per beheersvorm. We veronderstellen daarbij dat de installatie sinds zijn indienstneming niet van beheersvorm veranderde.

Een autonome producent is een onderneming, waarvan de belangrijkste activiteit erin bestaat elektrische energie te produceren met als enig doel deze te verkopen aan een verdeler of, via een derde, aan verbruikers. Een zelfproducent is een maatschappij of bedrijf dat naast haar hoofdactiviteit ook zelf elektriciteit produceert voor eigen verbruik en eventuele verkoop aan anderen.² Installaties die worden geëxploiteerd door zelfproducenten worden aangemerkt als installaties in eigen beheer. Wanneer de exploitatie van de WKK gebeurt in samenwerking met een energiebedrijf, dan wordt de beheersvorm aangeduid als samenwerking. Een publieke producent is een onderneming in publiek eigendom waarvan de belangrijkste activiteit erin bestaat elektrische energie te produceren voor de verkoop aan een verdeler of, via een derde, aan verbruikers.

Het vermogen van motoren dat in een samenwerkingsverband geëxploiteerd wordt was in 2014 38 MW. Het vermogen in eigen beheer is met 523 MW aanzienlijk groter. Tot en met 2006 werden alle gasturbines uitgebaat in samenwerking met een elektriciteitsproducent. Sinds 2007 is hier verandering in gekomen en neemt het vermogen aan gasturbines in eigen beheer toe. Van de stoomturbines werd in 2014 310 MW in eigen beheer geëxploiteerd, 51 MW in samenwerking en 4 MW als autonome producent.

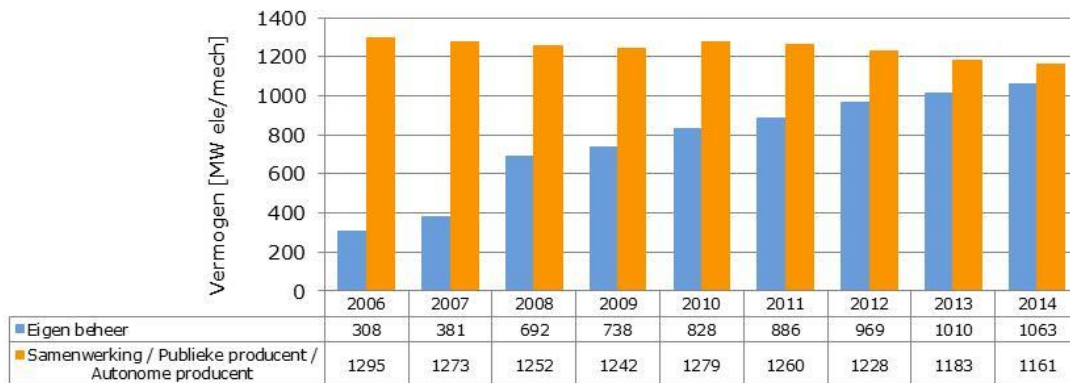


Figuur 9: Evolutie van het opgesteld elektrisch/mechanisch WKK-vermogen per technologie en beheersvorm in Vlaanderen (1990, 1995, 2000, 2003-2014)

Het totaal vermogen in eigen beheer was in 2014 1.063 MW (zie Figuur 10). De stijging van het vermogen in eigen beheer in de laatste jaren kan voor een belangrijk deel verklaard worden door

² De laatste jaren is deze definitie echter verwaterd: veel installaties staan wel bij de eindverbruiker, maar dan eerder een eindverbruiker van de geproduceerde warmte.

de toename van het aantal WKK-installaties met interne verbrandingsmotor, die meestal in eigen beheer worden uitgebaut.



Figuur 10: Evolutie van het operationeel WKK-morgen in Vlaanderen per beheerstype (2006-2014)

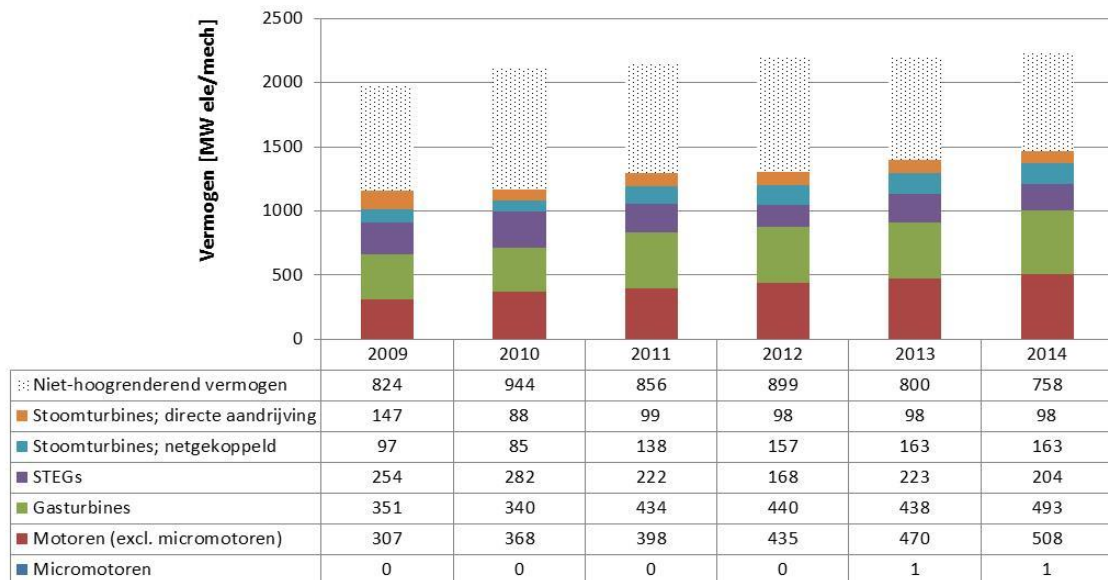
2.8. OPERATIONEEL VERMOGEN PER EFFICIËNTIEKLASSE

De volgende figuur geeft per technologie aan welk vermogen op jaarbasis een totaal rendement (elektriciteits- en warmteproductie samen ten opzichte van de brandstofinput) haalt van minstens 80% voor STEGs en aftapcondensatiestoomturbines en 75% voor alle andere technologieën.³ Dit is een graadmeter voor kwaliteit van het WKK-park.

In totaal heeft in 2014 66% van het geïnstalleerd vermogen een totaalrendement dat hoger is dan de drempelwaarde. In 2013 was dit aandeel nog 64%. Tussen de verschillende technologieën zijn echter wel aanzienlijke verschillen merkbaar:

- 91% van het vermogen van motoren (excl. micromotoren) heeft een efficiëntie hoger dan 75%. Bij de micromotoren is dit aandeel 98%;
- 100% van het gasturbinevermogen heeft een efficiëntie hoger dan 75%;
- 25% van het STEG-vermogen heeft een efficiëntie hoger dan 80%;
- 77% van het netgekoppelde stoomturbinevermogen is hoogrenderend;
- 65% van het stoomturbinevermogen met directe aandrijving is hoogrenderend.

³ Deze percentages werden onveranderd overgenomen in de nieuwe Richtlijn 2012/27/EU betreffende energie-efficiëntie tot wijziging van Richtlijnen 2009/125/EG en 2010/30/EU en houdende intrekking van de Richtlijnen 2004/8/EG en 2006/32/EG.



Figuur 11: Evolutie van het hoogrenderend (totaal rendement boven 75% of 80%) operationeel WKK vermogen, per technologie in Vlaanderen (2009-2014)

Aandeel hoogrenderend vermogen	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Micromotoren	-	100%	100%	77%	99%	98%
Motoren (excl. micromotoren)	88%	86%	86%	86%	89%	91%
Gasturbines	79%	74%	83%	84%	89%	100%
STEGs	28%	33%	28%	21%	28%	25%
Stoomturbines; netgekoppeld	71%	42%	67%	74%	77%	77%
Stoomturbines; directe aandrijving	96%	58%	65%	65%	65%	65%
SOM	58%	55%	60%	59%	64%	66%

Tabel 6 Evolutie van het aandeel; operationeel WKK vermogen, per technologie met totaal rendement boven de drempelwaarde in Vlaanderen (2009-2014)

2.9. OPERATIONEEL CERTIFICAATGERECHTIGD VERMOGEN

De Vlaamse regering wil primaire energiebesparing door kwalitatieve warmte-krachtinstallaties bevorderen. Eigenaars van kwalitatieve WKK-installaties kunnen in aanmerking komen voor warmte-krachtcertificaten. Elektriciteitsleveranciers moeten een bepaald aantal warmte-krachtcertificaten inleveren.

Bij het bepalen van de certificaatgerechtigdheid van WKK-installaties worden twee criteria als basis genomen:

1. Richtlijn 2012/27/EU – Bijlage II: Methodologie voor de bepaling van het rendement van het warmte-krachtkoppingsproces [1]:
 - Dit stelt als eis dat

- WKK-installaties met een elektrisch vermogen van 1 MW of lager een besparing van primaire energie opleveren en;
 - WKK-installaties met een elektrisch vermogen van meer dan 1 MW een besparing van primaire energie van ten minste 10% opleveren.
2. Daarboven op stelt c) van bijlage II van deze richtlijn nog als eis dat warmtekrachtkoppelingseenheden met een groter elektrisch vermogen dan 25 MW een totaal rendement moeten hebben dat hoger is dan 70%.
 3. Besluit van de Vlaamse Regering van 19 november 2010 [2]:
 - Dit besluit neemt de kwaliteitseisen van de Richtlijn over in Art. 6.2.3 en in Bijlage I. In Art. 6.2.12 wordt nog de eis toegevoegd dat de installatie voor het eerst in dienst genomen of ingrijpend gewijzigd werd na 1 januari 2002, dit ter uitvoering van het Art. 7.1.2., §4 van het Energiedecreet van 8 mei 2009.

Deze berekeningen steunen op een vergelijking tussen de elektrische (of mechanische) en thermische rendementen van de WKK-installatie en van een referentie-installatie. Deze laatste variëren naar gelang het constructiejaar, de technologie, de gebruikte brandstof, de warmtetoepassing, de klimatologische omstandigheden, het netaansluitingsniveau en de fractie van de elektriciteit die aan het openbare net wordt geleverd, zoals in onder andere de Richtlijn 2012/27/EU [1] is beschreven.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van het vermogen van door het VEA erkende productie-installaties dat in aanmerking komt voor de toekenning van aanvaardbare warmtekrachtcertificaten en hun geïnstalleerd vermogen per technologie. Het totale gecertificeerde vermogen was in 2014 1.875 MW. Dit is 84% van het opgestelde WKK-vermogen in 2014 (2.242 MW).

2014	Gecertificeerd vermogen [MW _e]
Micromotoren	1
Motoren (excl. micromotoren)	556
Gasturbines	368
STEGs	751
Stoomturbines; netgekoppeld	147
Stoomturbines; directe aandrijving	54
Som	1.875

Tabel 7: Vermogen van door het VEA erkende WKK-installaties die in aanmerking komen voor Vlaamse WKK-certificaten (2014)

Tabel 8 toont het aantal uitgereikte warmte-krachtcertificaten per productiejaar uitgedrukt in miljoenen certificaten. Nadat het aantal uitgereikte certificaten in de jaren tot en met 2013 is gestegen, was het aantal uitgereikte certificaten in 2014 (5,54 miljoen) lager dan in het voorafgaande jaar (5,82 miljoen).

	Aantal uitgereikte aanvaardbare warmtekrachtcertificaten
2006	459.582
2007	1.134.177
2008	2.149.405
2009	3.336.088
2010	4.656.555
2011	5.210.256
2012	5.649.348
2013	5.816.745
2014	5.540.021

Tabel 8: Aantal uitgereikte warmtekrachtcertificaten die aanvaardbaar zijn voor de certificatenverplichting (2006-2014). Bron: VREG, 03/06/2015.

HOOFDSTUK 3. ANALYSE VAN DE DOOR WKK GEPRODUCEERDE NUTTIGE ENERGIE

Dit hoofdstuk gaat na hoeveel warmte en kracht de WKK-installaties hieruit genereerden. Ook wordt nagegaan hoeveel WKK-elektriciteit en WKK-warmte als hernieuwbaar bestempeld mag worden.

3.1. DOOR WKK GEPRODUCEERDE NUTTIGE ENERGIE

Tabel 9 bevat de evolutie van de output van nuttige energie per soort van Vlaamse WKK over de periode 2005-2014. Over de voorafgaande jaren zijn onvoldoende betrouwbare gegevens beschikbaar om eenzelfde analyse uit te voeren. Voor de micro-WKK's werd een aparte deel-tabel toegevoegd met gegevens voor de jaren 2012-2014.

In 2014 produceerden alle WKK-installaties gezamenlijk 125,3 PJ nuttige energie. De hoeveelheid nuttige energie wordt opgesplitst in warmte (warm water en warme lucht), stoom, elektriciteit en kracht (zijnde de directe aandrijving van machines).

[PJ]	2005		2006		2007		2008		2009	
In	109,4		113,5		117,7		128,5		140,7	
Warm water/ warme lucht	2,3	2,6%	3,3	3,7%	3,7	3,9%	5,4	5,2%	9,7	8,3%
Stoom	56,2	64,6%	53,9	59,6%	55,4	58,8%	61,1	58,6%	64,8	55,1%
Elektriciteit	25,2	29,0%	30,4	33,6%	32,3	34,3%	34,2	32,8%	39,2	33,4%
Kracht	3,3	3,8%	2,8	3,1%	2,8	2,9%	3,6	3,4%	3,8	3,2%
Som out	87,0		90,4		94,2		104,2		117,5	
Verlies	22,4	20,5%	23,0	20,3%	23,5	20,0%	24,3	18,9%	23,2	16,5%

[PJ]	2010		2011		2012		2013		2014	
In	161,8		156,2		170,0		156,3		150,8	
Warm water/ warme lucht	12,4	9,4%	13,9	11,1%	17,0	12,6%	16,4	12,8%	16,0	12,8%
Stoom	72,0	54,6%	65,2	52,0%	68,1	50,5%	67,5	52,7%	68,5	54,7%
Elektriciteit	43,7	33,1%	41,9	33,4%	45,2	33,6%	40,1	31,3%	36,4	29,0%
Kracht	3,9	3,0%	4,3	3,4%	4,4	3,3%	4,2	3,2%	4,4	3,5%
Som out	132,0		125,2		134,7		128,1		125,3	
Verlies	29,8	18,4%	30,9	20%	35,3	21%	28,2	18%	25,6	17%

Tabel 9: Evolutie van de input en output van nuttige energie van WKK (incl. micro-WKK, 2005-2014)⁴

⁴ De aandelen van warmte, stoom, elektriciteit en kracht zijn ten opzichte van de totale nuttige output. De verhouding van het verlies is berekend ten opzichte van de input.

[TJ]	2012		2013		2014	
In	20,7		51,8		56,3	
Warm water/ warme lucht	10,5	72,3%	34,9	75,1%	37,9	74,6%
Stoom	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
Elektriciteit	4,0	27,7%	11,5	24,7%	12,9	25,3%
Kracht	0,0	0,0%	0,1	0,2%	0,1	0,1%
Som out	14,5 100%		46,5 100%		50,8 100%	
Verlies	6,1	30%	5,4	10%	5,5	10%

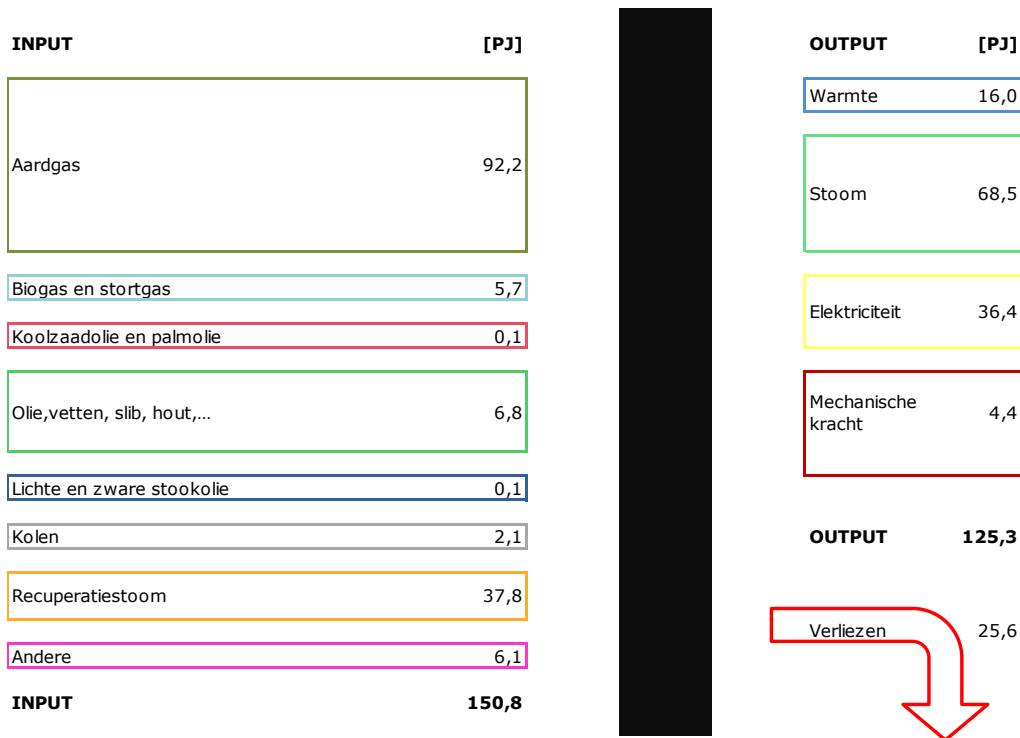
Tabel 10: Evolutie van de input en output van nuttige energie van micro-WKK (2012-2014)⁵

Uit deze gegevens voor 2014 kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De totale nuttige output van WKK-installaties is gedaald van 128,1 PJ in 2013 naar 125,3 PJ in 2014. In 2014 is de productie van WKK-elektriciteit/kracht met 8% gedaald ten opzichte van 2013. Deze daling is met name veroorzaakt door een lagere elektriciteitsproductie van aardgasgestookte STEG-installaties. De gemiddelde vollasttijd van STEGs was in 2014 aanzienlijk lager dan in eerdere jaren (zie 3.2).
- Meer dan de helft van de nuttige energie wordt geleverd in de vorm van stoom. In 2014 was de stoomproductie 68,5 PJ.
- In 2014 was de hoeveelheid geproduceerde warmte in de vorm van warm water en warme lucht 16,0 PJ. Dit is in de loop van de jaren gestegen in samenhang met de toename van het gebruik van WKK-installaties met motoren.
- Elektriciteit was met 36,4 PJ goed voor 29% van de nuttige output. De productie van kracht was 4,4 PJ.
- De energieverliezen bedroegen in 2014 17%. Dit betekent dat het gemiddelde totaalrendement van de WKK-installaties 83% was.
- De output van micro-WKK installaties is toegenomen van 14,5 TJ in 2012 tot 50,8 TJ in 2015. Ongeveer 75% van de output van micro-WKK's betreft warmte en ongeveer 25% betreft elektriciteit.

⁵ De aandelen van warmte, stoom, elektriciteit en kracht zijn ten opzichte van de totale nuttige output. De verhouding van het verlies is berekend ten opzichte van de input.

De onderstaande figuur geeft een schematisch overzicht van de brandstofinput, de output en verliezen van alle WKK-installaties in 2014.



Figuur 12: Schema van de input en output van de Vlaamse WKK-installaties (incl. micro-WKK, 2014)

3.2. DOOR WKK GEPRODUCEERDE NUTTIGE ENERGIE PER TECHNOLOGIE

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de hoeveelheid nuttige energie die de WKK-installaties in Vlaanderen in 2014 produceerden. Ook zijn de gemiddelde opwekkingsrendementen en de gemiddelde jaarlijkse vollasttijd weergegeven.

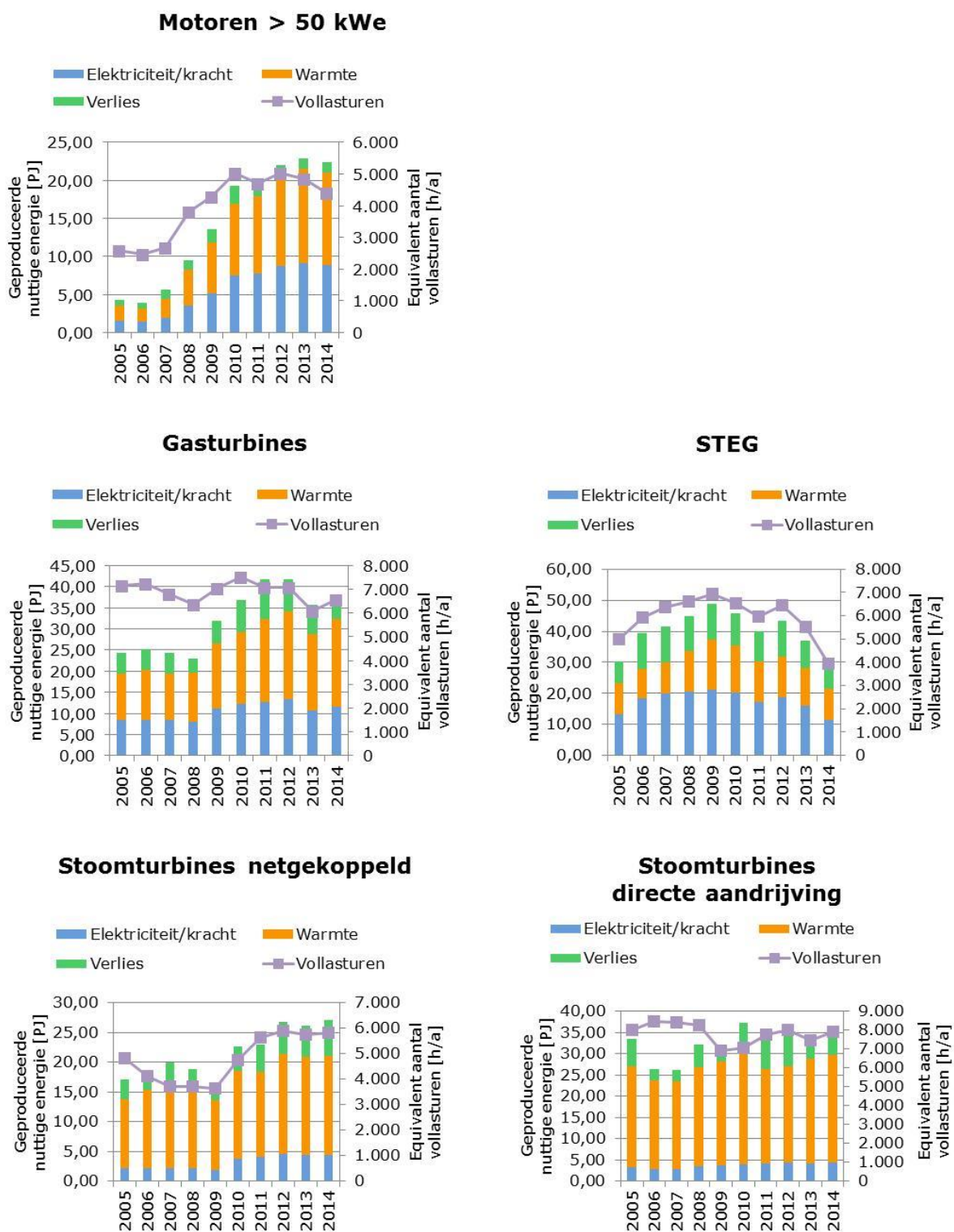
2014	Motoren		Gas-turbines	STEG	Stoomturbines		Totaal
	≤ 50 kW _e	> 50 kW _e			Netge-koppeld	Directe aandrijving	
Brandstofinput [PJ]	0,1	22,4	38,0	27,7	27,1	35,6	150,8
Productie elektriciteit/kracht [PJ]	0,0	8,9	11,7	11,4	4,5	4,3	40,7
Elektr./mech. efficiëntie [%]	23%	40%	31%	41%	16%	12%	27%
Productie warmte [PJ]	0,0	12,1	20,6	9,9	16,5	25,3	84,5
Thermische efficiëntie [%]	67%	54%	54%	36%	61%	71%	56%
Totale efficiëntie [%]	90%	94%	85%	77%	78%	83%	83%
Gemiddelde vollasttijd [h/a]	3.778	4.411	6.574	3.938	5.829	7.894	5.096

Tabel 11: Overzicht van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie (2014)

Uit deze tabel is het volgende af te leiden:

- De WKK-installaties met motoren ($> 50 \text{ kW}_e$) hebben in 2015 een totaalrendement van 94% en een gemiddelde vollasttijd van 4.411 uur gerealiseerd. De motoren kleiner dan 50 kW_e , hebben gemiddeld een lager elektrisch rendement en een lager aantal vollasturen ten opzichte van de grotere motoren.
- Het totaalrendement van de gasturbines was in 2014 85%. De gemiddelde vollasttijd was 6.574 uur.
- De STEGs realiseerden een totaal rendement van 77%. De gemiddelde vollasttijd voor STEGs bedroeg in 2014 3.938 uur. Dat is aanzienlijk lager dan in de voorafgaande jaren (zie verder).
- De stoomturbines hebben een relatief laag elektrisch rendement, maar deze installaties realiseren toch een gemiddeld totaalrendement van 78% (netgekoppelde stoomturbines) en 83% (stoomturbines met directe aandrijving). De gemiddelde vollasttijd van netgekoppelde stoomturbines bedroeg in 2014 5.829 uur. De gemiddelde vollasttijd van stoomturbines met directe aandrijving was 7.894 uur.

De volgende figuur geeft een overzicht van de ontwikkeling van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie (excl. micro-WKK) en het aantal equivalente vollasturen in de jaren 2005-2014.



Figuur 13: Evolutie van de productie van elektriciteit/kracht en warmte per WKK-technologie en het aantal equivalente vollasturen (excl. micro-WKK, 2005-2014)

3.3. DOOR WKK GEPRODUCEERDE HERNIEUWBARE ENERGIE

Een deel van de nuttige energie die WKK's produceren is hernieuwbaar. Het aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte wordt getoond in volgende tabellen.

WKK excl. micro-WKK	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Totaal geproduceerde WKK-elektriciteit/kracht [PJ]	33,2	35,1	37,7	43,0	47,6	46,2	49,6	44,2	40,7
Totaal geproduceerde WKK-warmte [PJ]	57,2	59,1	66,4	74,5	84,5	79,1	85,1	83,9	84,5
Hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht [PJ]	0,5	0,6	0,7	1,2	2,6	2,9	3,4	3,6	3,8
Hernieuwbare WKK-warmte [PJ]	1,5	1,8	1,9	2,2	3,6	3,3	4,7	4,6	4,9
Aandeel in totaal WKK-elektriciteit/kracht	1,5%	1,8%	1,8%	2,9%	5,5%	6,2%	6,8%	8,1%	9,4%
Aandeel in totaal WKK-warmte	2,6%	3,1%	2,9%	3,0%	4,2%	4,1%	5,6%	5,4%	5,8%

Tabel 12: Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte (excl. micro-WKK, 2006-2014)

Micro-WKK	2012	2013	2014
Totaal geproduceerde WKK-elektriciteit/kracht [TJ]	4,0	11,6	12,9
Totaal geproduceerde WKK-warmte [TJ]	10,5	34,9	37,9
Hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht [TJ]	1,0	7,4	7,7
Hernieuwbare WKK-warmte [TJ]	3,0	25,2	26,6
Aandeel in totaal WKK-elektriciteit/kracht	24,4%	63,6%	59,9%
Aandeel in totaal WKK-warmte	28,1%	72,1%	70,2%

Tabel 13 Aandeel hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht en WKK-warmte van micro-WKK (2012-2014)

De hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht is in de periode 2006-2014 gestegen van 0,5 PJ tot 3,8 PJ. In dezelfde periode is de hoeveelheid hernieuwbare WKK-warmte gestegen van 1,5 tot 4,9 PJ. Het aandeel van hernieuwbare WKK elektriciteit/kracht was in 2014 9,4%. Het hernieuwbare aandeel in de totale WKK-warmte was 5,8%.

HOOFDSTUK 4. ANALYSE VAN DE (RELATIEVE) PRIMAIRE ENERGIEBESPARING

4.1. BEPALING VAN DE (RELATIEVE) PRIMAIRE ENERGIEBESPARING

Met warmte-kranchkoppelingsinstallaties kan primaire energie worden bespaard ten opzichte van gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte. De resultaten voor de warmte-krachtbesparing in deze inventaris zijn berekend op basis van Europese referentierendementen en op basis van de hoeveelheid elektriciteit uit WKK volgens bijlage II van het Energiebesluit.

Om te bepalen hoeveel primaire energie een warmte-kranchkoppelingsinstallatie bespaart worden referentierendementen gebruikt. Op deze manier kan een vergelijking worden gemaakt met de best beschikbare technologie voor gescheiden productie van warmte en elektriciteit in het jaar waarin de WKK-eenheid is gebouwd.

Voor de bepaling van de warmte-krachtbesparing (WKB) worden in deze inventaris de “Europese” referentierendementen gebruikt, zoals vastgelegd in het Ministerieel Besluit van 1 juni 2012 (*“Primaire energiebesparing op basis van Europese referentierendementen”*) (zie Bijlage A).⁶ De te gebruiken referentierendementen hangen af van de gebruikte brandstof en het constructiejaar van de installatie. Ook worden er correctiefactoren toegepast voor vermeden netverliezen en voor afwijkingen ten opzichte van de gemiddelde klimatologische omstandigheden.

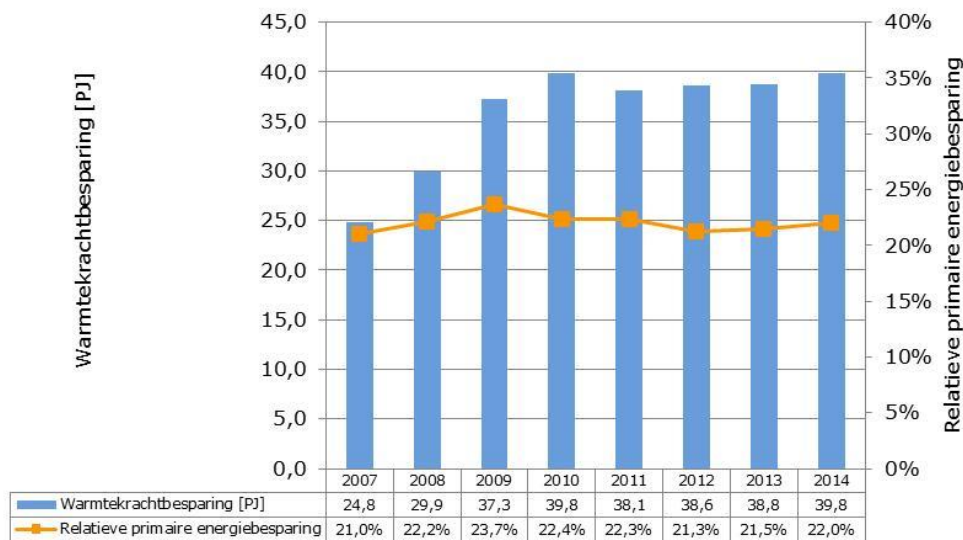
Bijlage A bevat de referentierendementen voor de opwekking van elektriciteit en warmte, de correctiefactoren voor vermeden netwerkverliezen en de correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden.

Wanneer een WKK-eenheid wordt geëxploiteerd met de technisch maximale terugwinning van warmte, wordt gezegd dat de eenheid in vol bedrijf is. In dit geval wordt alle elektriciteit beschouwd als WKK-elektriciteit. In andere gevallen moet worden vastgesteld hoeveel elektriciteit en warmte niet in WKK-modus wordt geproduceerd. De eenheid wordt dan virtueel gesplitst in een WKK-gedeelte en een niet-WKK gedeelte. Niet-WKK elektriciteitsproductie vindt plaats op momenten dat er geen warmte wordt geproduceerd in het WKK-proces, of wanneer een gedeelte van de geproduceerde warmte niet als nuttige warmte kan worden beschouwd.

4.2. EVOLUTIE VAN DE TOTALE WARMTE-KRANCHBESPARING

Figuur 14 toont de warmte-krachtbesparing (WKB) in de periode 2007-2014 in Vlaanderen. In de periode 2007-2014 is de totale warmte-krachtbesparing toegenomen van 24,8 PJ naar 39,8 PJ. In 2014 was de Relatieve Primaire Energiebesparing 22,0%.

⁶ Voor de steunberekening rekent het VEA met andere “Vlaamse” referentierendementen.



Figuur 14: Warmte-krachtbesparing per jaar in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2014)

4.3. EVOLUTIE VAN DE WARMTE-KRACHTBESPARING PER TECHNOLOGIE

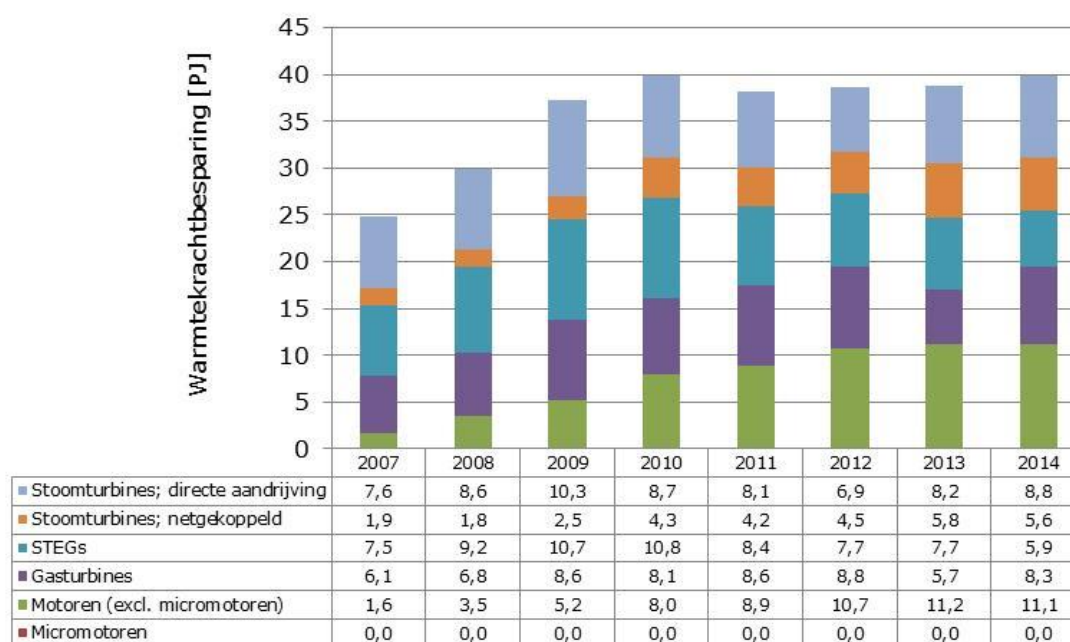
De totale primaire energiebesparing wordt in onderstaande tabellen en figuur verder opgedeeld per technologie. De warmte-krachtbesparing (WKB) is de optelsom van de WKB van alle individuele installaties.

Warmtekrachtbesparing [PJ]	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Micromotoren	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Motoren (excl. micromotoren)	1,6	3,5	5,2	8,0	8,9	10,7	11,2	11,1
Gasturbines	6,1	6,8	8,6	8,1	8,6	8,8	5,7	8,3
STEGs	7,5	9,2	10,7	10,8	8,4	7,7	7,7	5,9
Stoomturbines; netgekoppeld	1,9	1,8	2,5	4,3	4,2	4,5	5,8	5,6
Stoomturbines; directe aandrijving	7,6	8,6	10,3	8,7	8,1	6,9	8,2	8,8
SOM	24,8	29,9	37,3	39,8	38,1	38,6	38,8	39,8

Tabel 14: Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2014)

Relatieve primaire energiebesparing	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Micromotoren	-	-	-	29,1%	26,0%	2,4%	29,9%	30,3%
Motoren (excl. micromotoren)	24,4%	27,7%	28,7%	31,2%	33,1%	34,4%	34,0%	34,1%
Gasturbines	22,3%	24,2%	22,7%	19,6%	18,6%	18,2%	13,9%	18,0%
STEGs	26,7%	25,9%	25,0%	26,6%	23,0%	21,6%	22,8%	20,9%
Stoomturbines; netgekoppeld	8,8%	8,8%	13,8%	17,3%	16,9%	15,8%	19,6%	19,2%
Stoomturbines; directe aandrijving	22,6%	22,6%	25,2%	18,9%	22,1%	18,3%	19,4%	19,9%
SOM	21,0%	22,2%	23,7%	22,4%	22,3%	21,3%	21,5%	22,0%

Tabel 15: Evolutie van de relatieve primaire energiebesparing per WKK-technologie in Vlaanderen op basis van Europese referentierendementen (2007-2014)



Figuur 15: Evolutie van de warmte-krachtbesparing per WKK-technologie (2007-2014)

Uit deze resultaten komt het volgende naar voren:

- De WKB van de motoren (excl. micromotoren) is in de periode 2007-2014 toegenomen van 1,6 PJ tot 11,1 PJ. Deze stijging hangt samen met de sterke toename van het WKK-vermogen met motoren, een hoger aantal vollasturen en de verbetering van het rendement van deze installaties.
- In 2014 was de WKB van de gasturbines 8,3 PJ. In 2013 was de WKB slechts 5,7 PJ. Enkele grote installaties realiseerden in 2013 een relatief laag aantal vollasturen en één installatie was niet meer operationeel. In 2014 is het gemiddelde aantal vollasturen weer gestegen.

- De WKB van de STEGs was in 2014 5,9 PJ. Het aantal vollasturen en de energieproductie van de STEGs waren in 2014 aanzienlijk lager dan in 2013. Dit verklaart de afname van de primaire energiebesparing.
- In 2014 was de WKB van stoomturbines met directe aandrijving 8,8 PJ en de WKB van netgekoppelde stoomturbines 5,6 PJ. Het verschil in primaire energiebesparing ten opzichte van het voorafgaande jaar is beperkt.

HOOFDSTUK 5. BESLUIT

De meest markante feiten over WKK in Vlaanderen in 2014 zijn de volgende:

- In 2014 was het operationeel WKK-vermogen (elektrisch+mechanisch) in Vlaanderen 2.223 MW. Er waren 580 WKK-installaties operationeel, verdeeld over 467 sites.
- Het operationeel WKK-vermogen (elektrisch+mechanisch) in Vlaanderen is in 2014 licht gestegen. In 2013 was het vermogen 2.193 MW. Het aantal gasturbines, STEGs en stoomturbines is onveranderd gebleven. De stijging is het gevolg van een groeiend vermogen van WKK-motoren, voornamelijk in de landbouw. Het vermogen van motoren > 50 kW_e is gegroeid van 529 MW_e in 2013 naar 560 MW_e in 2014. Het aantal motoren (exclusief micromotoren) is toegenomen van 294 naar 316.
- Het aantal opgestelde micro-WKK's is gedaald van 121 naar 116. Het opgesteld micro-WKK vermogen is desondanks licht toegenomen van 1,01 MW_e in 2013 tot 1,03 MW_e in 2014.
- De totale nuttige output van WKK-installaties is gedaald van 128,1 PJ in 2013 naar 125,3 PJ in 2014. De productie van WKK-elektriciteit/kracht is met 8% gedaald (van 44,2 PJ in 2013 naar 40,7 PJ in 2014). Deze daling is met name veroorzaakt door een lagere elektriciteitsproductie van aardgasgestookte STEG-installaties. De gemiddelde vollasttijd van STEGs was in 2014 aanzienlijk lager dan in eerdere jaren. Het % WKK-elektriciteit in het bruto binnenlands elektriciteitsverbruik nam af van 19,9% in 2013 tot 18,4% in 2014. De warmteproductie in WKK-installaties steeg van 83,9 PJ in 2013 tot 84,5 PJ in 2014.
- In 2014 werd ongeveer de helft van de nuttige energie geleverd in de vorm van stoom (68,5 PJ). De hoeveelheid geproduceerde warmte in de vorm van warm water en warme lucht was 16,0 PJ. De productie van elektriciteit bedroeg 36,4 PJ en de productie van kracht 4,4 PJ.
- Het totale brandstofverbruik in 2014 was 150,8 PJ. Aardgas is de belangrijkste brandstofsoort voor WKK in Vlaanderen met een aandeel van 61%. Gasturbines en STEGs waren in 2014 verantwoordelijk voor 44% van het totale brandstofverbruik, stoomturbines voor 42% en motoren voor 15%.
- De hernieuwbare WKK-elektriciteit/kracht is in de periode 2006-2014 gestegen van 0,5 PJ tot 3,8 PJ. In dezelfde periode is de hoeveelheid hernieuwbare WKK-warmte gestegen van 1,5 tot 4,9 PJ. Het aandeel van hernieuwbare WKK elektriciteit/kracht was in 2014 9,4%. Het hernieuwbare aandeel in de totale WKK-warmte was 5,8%.
- In 2014 was de totale warmte-krachtbesparing 39,8 PJ. De Relatieve Primaire Energiebesparing was 22,0%, een toename ten opzichte van 2013 (21,5%)..

LITERATUURLIJST

- [1] Richtlijn 2012/27/EU van het Europees Parlement en de Raad van 25 oktober 2012 betreffende energie-efficiëntie, tot wijziging van Richtlijnen 2009/125/EG en 2010/30/EU en houdende intrekking van de Richtlijnen 2004/8/EG en 2006/32/EG.
- [2] Besluit van de Vlaamse Regering houdende algemene bepalingen over het energiebeleid, 19 november 2010
- [3] Beschikking van de Commissie van 19 november 2008 tot vaststelling van gedetailleerde richtsnoeren voor de tenuitvoerlegging en toepassing van bijlage II bij Richtlijn 2004/8/EG van het Europees Parlement en de Raad (2008/952/EG).
- [4] Uitvoeringsbesluit van de Commissie van 19 december 2011 tot vaststelling van geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit en warmte in toepassing van Richtlijn 2004/8/EG van het Europees Parlement en de Raad en tot intrekking van beschikking 2007/74/EG van de Commissie.
- [5] Ministerieel besluit inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmte-krachtinstallaties, 1 juni 2012.
- [6] Richtlijn 2004/8/EG van het Europees Parlement en de Raad van 11 februari 2004 inzake de bevordering van warmte-kranchkoppeling op basis van de vraag naar nuttige warmte binnen de interne energiemarkt en tot wijziging van de Richtlijn 92/42/EEG.

BIJLAGE A: GEHARMONISEERDE RENDEMENTSREFERENTIEWAARDEN EN CORRECTIEFACTOREN

Deze bijlage bevat de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit en warmte in toepassing van Richtlijn 2004/8/EG van het Europees parlement en de Raad en tot intrekking van beschikking 2007/74/EG van de Commissie (uitvoeringsbesluit van de Commissie 19 december 2011). Daarnaast worden de correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden en voor vermeden netwerkverliezen gegeven.

A.1) Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van warmte

In de onderstaande tabel zijn de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van warmte gebaseerd op de netto calorische waarde en standaard ISO-omstandigheden (omgevingstemperatuur van 15 °C, druk 1,013 bar, 60 % relatieve vochtigheid).

	Type brandstof	Stoom/heet water	Direct gebruik van uitlaatgassen (*)
Vast	Steenkool/cokes	88	80
	Bruinkool/bruinkoolbriketten	86	78
	Turf/turfbriketten	86	78
	Houtbrandstoffen	86	78
	Agrarische biomassa	80	72
	Biologisch afbreekbaar (stedelijk) afval	80	72
	Niet-hernieuwbaar (stedelijk en industrieel) afval	80	72
	Oliehoudende leisteen	86	78
Vloeibaar	Olie (gasolie + stookolie), lpg	89	81
	Biobrandstof	89	81
	Biologisch afbreekbaar afval	80	72
	Niet-hernieuwbaar afval	80	72
Gasvormig	Aardgas	90	82
	Raffinaderijgas/waterstof	89	81
	Biogas	70	62
	Cokesovengas, hoogovengas, andere afvalgasen, industriële overtollige hitte	80	72

(*) De waarden voor directe hitte moeten worden gebruikt als de temperatuur 250 °C of hoger is.

A.2) Correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden

Correctiefactoren voor de gemiddelde klimatologische omstandigheden en methode voor de afbakening van klimaatzones voor de toepassing van de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit (als bedoeld in artikel 3, lid 1)

a) Correctiefactoren in verband met de gemiddelde klimatologische omstandigheden

De correctiefactor voor de omgevingstemperatuur is gebaseerd op het verschil tussen de jaarlijkse gemiddelde temperatuur in een lidstaat en de standaard ISO-omstandigheden (15 °C).

De correctiefactor is als volgt:

- i) 0,1 % rendementsverlies voor elke graad boven 15 °C;
- ii) 0,1 % rendementswinst voor elke graad onder 15 °C.

Voorbeeld:

Wanneer de gemiddelde temperatuur in een lidstaat 10 °C bedraagt, moet de referentiewaarde voor een warmtekrachteenheid in die lidstaat met 0,5 % worden verhoogd.

b) Methode voor de afbakening van klimaatzones

De grenzen van elke klimaatzone worden gevormd door isothermen (in volledige graden Celsius) van de jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur die ten minste 4 °C van elkaar verschillen. Het temperatuurverschil tussen de jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur in aangrenzende klimaatzones bedraagt ten minste 4 °C.

Voorbeeld:

In een lidstaat bedraagt de jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur in plaats A 12 °C en in plaats B 6 °C. Het verschil is meer dan 5 °C. De lidstaat heeft nu de optie om twee klimaatzones in te voeren die gescheiden zijn door de isotherm van 9 °C, waardoor een klimaatzone wordt omschreven tussen de isothermen van 9 °C en 13 °C met een jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur van 11 °C en een tweede klimaatzone tussen de isothermen van 5 °C en 9 °C met een jaarlijkse gemiddelde omgevingstemperatuur van 7 °C.

De onderstaande tabel geeft de gemiddelde jaarlijkse temperatuur die is gebruikt voor het bepalen van de correctiefactor voor de omgevingstemperatuur (a). De methode voor afbakening van klimaatzones (b) is niet toegepast.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Gemiddelde temperatuur (°C)	11,5	10,9	11,0	9,7	11,6	10,6	10,1	11,9

Tabel 16: Gemiddelde jaarlijkse temperatuur (2007-2014). Bron: Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI), www.meteo.be

A.3) Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit

In de onderstaande tabel zijn de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit gebaseerd op de netto calorische waarde en standaard ISO-omstandigheden (omgevingstemperatuur van 15 °C, druk 1,013 bar, 60 % relatieve vochtigheid).

	Bouwjaar: Type brandstof:	2001 en eerder	2002	2003	2004	2005	2006- 2011	2012- 2015
Vast	Steenkool/cokes	42,7	43,1	43,5	43,8	44,0	44,2	44,2
	Bruinkool/bruinkoolbriketten	40,3	40,7	41,1	41,4	41,6	41,8	41,8
	Turf/turfbriketten	38,1	38,4	38,6	38,8	38,9	39,0	39,0
	Houtbrandstoffen	30,4	31,1	31,7	32,2	32,6	33,0	33,0
	Agrarische biomassa	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
	Biologisch afbreekbaar (stedelijk) afval	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
	Niet-hernieuwbaar (stedelijk en industrieel) afval	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
	Oliehoudende leisteen	38,9	38,9	38,9	38,9	38,9	39,0	39,0
Vloeibaar	Olie (gasolie + stookolie), lpg	42,7	43,1	43,5	43,8	44,0	44,2	44,2
	Biobrandstoffen	42,7	43,1	43,5	43,8	44,0	44,2	44,2
	Biologisch afbreekbaar afval	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
	Niet-hernieuwbaar afval	23,1	23,5	24,0	24,4	24,7	25,0	25,0
Gasvormig	Aardgas	51,7	51,9	52,1	52,3	52,4	52,5	52,5
	Raffinaderijgas/waterstof	42,7	43,1	43,5	43,8	44,0	44,2	44,2
	Biogas	40,1	40,6	41,0	41,4	41,7	42,0	42,0
	Cokesovengas, hoogovengas, andere afvalgassen, industriële overtollige hitte	35	35	35	35	35	35	35

A.4) Correctiefactoren voor vermeden netwerkverliezen

Correctiefactoren voor vermeden netwerkverliezen voor de toepassing van de geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit (als bedoeld in artikel 3, lid 2)

Spanning	Voor aan het netwerk geleverde elektriciteit	Voor ter plaatse gebruikte elektriciteit
> 200 kV	1	0,985
100-200 kV	0,985	0,965
50-100 kV	0,965	0,945
0,4-50 kV	0,945	0,925
< 0,4 kV	0,925	0,860