

تحليل إجراءات تخفيف انبعاثات غازات الدفيئة لقطاع توليد الكهرباء
(GHG Mitigation Analysis in the Power Generation Sector)

جزء من مشروع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي رقم 00045323 حول:

نشاطات التمكين من أجل إعداد بلاغ سورية الوطني الأول الخاص باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية للتغيرات المناخية

Edited by:

Dr. Yousef Meslmani

Initial National Communication (INC) Project Director

Damascus, Syrian Arab Republic

Prepared by: Dr. Ali Hainoun

دمشق، آذار 2010

فهرس المحتويات:

4	ملخص تنفيذي
9	1. لمحة عامة عن سورية
10	1.1. مصادر واستخدامات الطاقة الحالية
11	2.1. موقع قطاع التوليد الكهربائي في البنية المؤسساتية لنظام الطاقة في سورية
12	2. ملامح تطور قطاع الكهرباء في سورية للفترة 1994-2007
12	1.2. تطور الطاقة المولدة وحمل الذروة والاستطاعة المركبة 1994-2007
12	2.2. توزع استهلاك الكهرباء النهائية
13	3.2. الاستطاعة المركبة وحمل الذروة
14	4.2. تطور الطلب على الوقود المستهلك في التوليد الكهربائي 1994-2007
15	5.2. تطور إصدارات غازات الدفيئة لقطاع التوليد الكهربائي
17	3. سيناريو التطور المستقبلي لتخفيف انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع التوليد لغاية 2030
17	1.3. السيناريو المرجعي لتوسع نظام التوليد
17	1.1.3. مخطط توسع نظام التوليد للسيناريو المرجعي
18	2.1.3. الطاقة الكهربائية المولدة واحتياجات الوقود للسيناريو المرجعي
18	2.3. سيناريو تخفيف الانبعاثات
19	1.2.3. نتائج سيناريو تخفيف الانبعاثات
21	2.2.3. الطاقة المولدة وكميات الوقود المستهلكة
22	3.3. مقارنة انبعاثات غازات الدفيئة للسيناريوهين
26	الاستنتاج
27	المراجع

قائمة الأشكال:

- الشكل م.1. تطور إصدار قطاع التوليد لثاني أكسيد الكربون حسب نمط الوقود للفترة 1994-2007..... 5
- الشكل م.2. مقارنة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للسيناريو المرجعي وسيناريو التخفيف 7
- الشكل م.3. الخفض المتوقع تحقيقه في انبعاثات CO2 حسب إجراء التخفيف المعتمد لعام 2030 8
- الشكل 1. الهيكلية التنظيمية للمؤسسة العامة لتوليد ونقل الكهرباء في سورية (المصدر: المرجع [2])..... 11
- الشكل 2. تطور كمية الكهرباء المولدة للفترة 1994-2007 (المصدر: المرجع [2]، [4]) 12
- الشكل 3. توزيع الاستهلاك النهائي للكهرباء حسب قطاعات الاستهلاك لعام 2007..... 13
- الشكل 4. تطور الطلب على حمل الذروة والاستطاعة المتاحة للفترة 1994-2007..... 14
- الشكل 5. توزيع الاستطاعة المركبة حسب نمط التوليد لعام 2007. 14
- الشكل 6. تطور الطلب على الوقود في توليد الكهرباء للفترة 1994-2007..... 15
- الشكل 7. تطور إصدار قطاع التوليد لثاني أكسيد الكربون حسب نمط الوقود. 16
- الشكل 8. تطور معدل الإصدار النوعي لغازات الدفيئة في قطاع التوليد للفترة 1994-2007..... 16
- الشكل 9. تطور مساهمة أنماط الوقود المستهلكة في التوليد الكهربائي (السيناريو المرجعي). 18
- الشكل 10. الاستطاعات الجديدة المضافة خلال فترة الدراسة موزعة بحسب نوع المحطة (سيناريو تخفيف الانبعاثات). 20
- الشكل 11. التوسع الأمثل للاستطاعة المركبة مقارنةً مع النمو المتوقع للطلب على حمل الذروة الداخلي خلال فترة الدراسة موزعة بحسب نوع محطات التوليد (سيناريو تخفيف الانبعاثات). 21
- الشكل 12. توزيع حصص الوقود المستهلك في التوليد الكهربائي (سيناريو تخفيف الانبعاثات). 22
- الشكل 13. توزيع الكهرباء المنتجة عام 2030 حسب نمط التوليد للسيناريو المرجعي وسيناريو التخفيف 22
- الشكل 14. مقارنة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للسيناريو المرجعي وسيناريو التخفيف 23
- الشكل 15. تطور إصدار قطاع التوليد لثاني أكسيد الكربون حسب نمط الوقود وفق سيناريو التخفيف. 23
- الشكل 16. الخفض المتوقع تحقيقه في انبعاثات CO2 حسب إجراء التخفيف المعتمد لعام 2030..... 24
- الشكل 17. التطور المتوقع لمعدلات الإصدار النوعي لغازات الدفيئة في قطاع التوليد لسيناريو التخفيف مقارنةً مع السيناريو المرجعي لغاية عام 2030. 25

قائمة الجداول:

- الجدول 1. بعض المؤشرات الاقتصادية والديموغرافية لسورية للفترة 2000-2006 10
- الجدول 2. بعض مؤشرات قطاع الطاقة في سورية مقارنة بالقيم العالمية لعام 2004 10

1. تمهيد

نظراً للتلّامي الكبير في الطلب على الطاقة عالمياً الذي يغطي بنسبته الكبرى من حرق الوقود الأحفوري مع ما يترتب عن ذلك من إصدارات متنامية للانبعاثات الغازية وأثارها السلبية على البيئة الحيوية فقد أصبح تحدي تلبية الطلب على الطاقة للمجتمعات الحديثة مع ضرورة حماية المناخ والحفاظ على البيئة أحد متطلبات التنمية المستدامة لقطاع الطاقة. تقع هذه الدراسة في إطار مشروع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي حول "نشاطات التمكين من أجل إعداد بلاغ سورية الوطني الأول الخاص باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية للتغيرات المناخية (UNFCCC)"، الذي يتناول جرد انبعاثات غازات الدفيئة ومن ثم تحليل وتقييم تطورها المستقبلي المتوقع وتحديد الإجراءات الأكثر ملائمة لتخفيفها في جميع القطاعات المساهمة في إصدار هذه الغازات في سورية. ويأتي في طليعة هذه القطاعات قطاع الطاقة الذي يلعب فيه قطاع توليد الكهرباء الدور الرئيس، ومن ثم سيكون لإجراءات التخفيف المعتمدة فيه دوراً حاسماً في المساهمة في خفض انبعاثات غازات الدفيئة في سورية.

يغطي هذا التقرير مجموعة من القضايا التفاعلية بين قطاع التوليد الكهربائي والجوانب البيئية المتعلقة بشكل حصري بانبعاثات غاز الدفيئة (GHG) مع التركيز على التدابير والإجراءات التقنية الكفيلة بالمساهمة في الحد من هذه الانبعاثات ضمن هذا القطاع. وتقتضي المعالجة المنهجية عرض توصيف لنظام التوليد الكهربائي السوري والتطورات التي مر بها خلال الفترة 1994-2007 من حيث نمط محطات التوليد والاستطاعات المركبة وكميات الوقود المستهلكة وما نجم عنها من انبعاثات لغازات الدفيئة.

2. لمحة عن قطاع التوليد الكهربائي في سوريا للفترة 1994-2007

يمثل قطاع التوليد أحد أهم فروع قطاع الطاقة. وتتولى الإشراف عليه بشكل أساسي وزارة الكهرباء المسؤولة عن سياسات توليد واستثمار وتسعير الطاقة الكهربائية، كما تقوم وزارة الري بمهمة تنمية و استغلال وإدارة المصادر المائية وتتبع لها محطات توليد الكهرباء المائية، وتشرف بشكل رئيسي من خلال المؤسسة العامة لحوض الفرات على المحطات الكهرمائية الثلاث المقامة على نهر الفرات وفروعه وهي الثورة والبعث و تشرين.

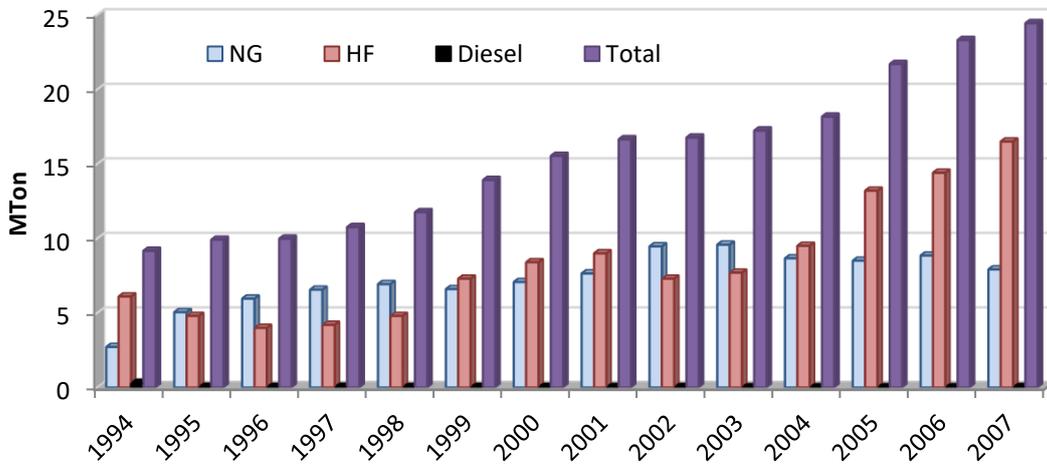
1.2. توليد واستهلاك الكهرباء والاستطاعة المركبة

مثلت الطاقة الكهربائية المستهلكة على المستوى النهائي حوالي 15.5% من مجمل الاستهلاك النهائي لعام 2007. والذي بلغ بالنسبة للكهرباء حوالي 30.6 TWh توزع حسب قطاعات الاستهلاك بنسبة 41% للقطاع المنزلي و 16% للخدمي و 32% للصناعة من 1% للبناء و حوالي 6% للزراعة و 4% للصناعات الاستخراجية. ولمجابهة هذا الطلب فقد نمت كمية الكهرباء المولدة للفترة 1994-2007 من 14.88 تيراواط ساعي إلى حوالي 39 تيراواط ساعي ما يقابل معدل نمو سنوي وسطي يقرب من 8%. وقد نمت خلال ذلك حصة الفرد الوسطية من مجمل الكهرباء المولدة لتصل عام 2007 إلى حوالي 2000 كيلووات ساعي. من جهة أخرى فقد نما الطلب على حمل الذروة من 2474 MW عام

1994 إلى حوالي MW 6900 عام 2007 مسجلاً بدوره نسبة نمو تصل إلى 8.2%. ولمجابهة الطلب على الطاقة المولدة وحمل الذروة فقد نمت استطاعة التوليد المركبة والمتاحة فعلياً من حوالي 3600 ميغاوات عام 1994 إلى ما يقرب من 6250 ميغاوات عام 2007.

2.2. تطور الطلب على الوقود الأحفوري وإصدارات غازات الدفيئة لقطاع التوليد

يعتمد التوليد الكهربائي في سورية خلال الفترة 1994-2007 بنسبةٍ كبرى على المحطات الحرارية العاملة على الوقود الأحفوري مع مساهمة متواضعة للنفقات الكهرومائية التي تأرجحت مساهمتها في عملية التوليد خلال هذه الفترة بين 10% و19% تبعاً لكميات المياه المتاحة في حوض الفرات والمتعلقة بدورها بالعوامل المناخية إضافةً لمؤثرات أخرى. وعليه فقد ساهمت المحطات العاملة على الوقود الأحفوري بنسب تزيد عن 80% من مجمل كميات التوليد خلال مجمل الفترة. وقد سجل العام 2007 نسبة مساهمة للتوليد الحراري فاقت 90%. وفقاً لذلك فقد نما الطلب على الوقود الأحفوري المستخدم في المحطات الحرارية والمكون من الفئول والغاز وكميات محدودة من الديزل من حوالي 3 إلى 7.7 مليون طن مكافئ خلال الفترة 1994-2007. وقد تأرجحت مساهمة الغاز الطبيعي بشكل ملحوظ خلال هذه الفترة حيث نمت في البداية من حوالي 32% عام 1994 لتصل لأكثر من 60% عام 1997 ثم تراجع بعدها لحوالي 48% عام 2000، لتعاود الصعود بعدها إلى حوالي 59% عام 2002 ثم التراجع لحوالي 36% عام 2007. ونتج عن ذلك أن كمية إصدارات ثاني أكسيد الكربون قد نمت من حوالي 9 مليون طن عام 1994 إلى ما يقرب من 24 مليون طن عام 2007 مسجلةً معدل نمو سنوي وسطي قدره 8% (الشكل م.1).



الشكل م.1. تطور إصدار قطاع التوليد لثاني أكسيد الكربون حسب نمط الوقود للفترة 1994-2007.

وبمقارنة إصدارات غازات الدفيئة لقطاع التوليد مع مجموع القطاعات المصدرة تظهر أن هذا القطاع قد أصدر بمفرده أكثر من 40% من مجمل إصدارات سورية عام 2005.

ويلاحظ أن التطور الذي شهده قطاع التوليد خلال الفترة 2000-2004 بخصوص نمط الوقود المستهلك وانزياحه المضطرب نحو الاعتماد على الغاز الطبيعي بدل الفئول قد حد بشكل ملموس من معدل النمو السنوي للإصدارات التي لم تتجاوز أكثر من 4%؛ إلا أن تراجع مساهمة الغاز من جديد خلال الفترة 2005-2007 أدى إلى تزايد معدل هذا التطور ليصل إلى 10%. وقد نتج عن ذلك أن الإصدار النوعي من ثاني أكسيد الكربون لواحدة الكهرباء المولدة

للمحطات العاملة على الوقود الأحفوري قد تراجع معدل الإصدار النوعي خلال الفترة 1994-1998 من حوالي 0.74 kg/kWh إلى حوالي 0.66 kg/kWh ثم عاود النمو إلى 0.685 kg/kWh عام 2000، ليتراجع بعدها وصولاً لأدنى قيمة له عام 2003 والتي بلغت حوالي 0.64 kg/kWh. ثم عادت هذه القيمة بالنمو لتتأرجح عند مستوى 0.69 kg/kWh للسنوات الثلاث الأخيرة. ويعزى هذا التآرجح إلى تغير نسبة الوقود الثقيل والغاز الطبيعي المحروق في عمليات التوليد حيث يقابل التراجع زيادة نسبة الغاز الطبيعي المستهلك في قطاع التوليد.

3. سيناريو تخفيف انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع التوليد لغاية 2030

بهدف تحليل إجراءات تخفيف انبعاثات هذا القطاع بشكل منهجي يسمح بدراسة وتقييم الإجراءات المحتملة ومدى مساهمتها الكمية في خفض الانبعاثات، فقد جرى تطوير سيناريوهين مستقبليين يعكسان الأفاق الأكثر احتمالاً لتطور قطاع التوليد الكهربائي بما يكفل بتغطية الطلب على الطاقة الكهربائية في سورية للأفق البعيد الممتد لغاية عام 2030 وذلك وفق منهجية الأمثلة الكلية للنظام (من حيث نمط التوليد والوقود والاستطاعات المركبة) التي تركز إلى معيار التكلفة الأقل لواحدة الطاقة الكهربائية المولدة. وقد اشتمل المنحى الأول على بناء "سيناريو مرجعي" ينطلق من واقع نظام التوليد الحالي ويعتمد في صياغة استراتيجية التزود المثلى بالكهرباء على مراعاة مجموعة من المحددات التقنية التي تفرضها أنماط التوليد الأكثر ملائمة بالنظر لمحطات التوليد المقررة وإتاحة مصادر الطاقة الوطنية وإمكانات الاستيراد المستقبلية. وقد اعتمد السيناريو في صياغة خطة التوسع على لائحة واسعة من محطات التوليد المرشحة التي جرى انتقائها وفق معيار التكلفة الأقل دون فرض أية قيود تحفيزية على نمط توليد محدد. أما السيناريو الثاني "سيناريو التخفيف" فيمثل سيناريو تزود بديل يعكس إجراءات وخيارات التخفيف الأكثر احتمالاً والتي يمكن أن تقود بشكل واقعي إلى الحد من انبعاثات غازات الدفيئة.

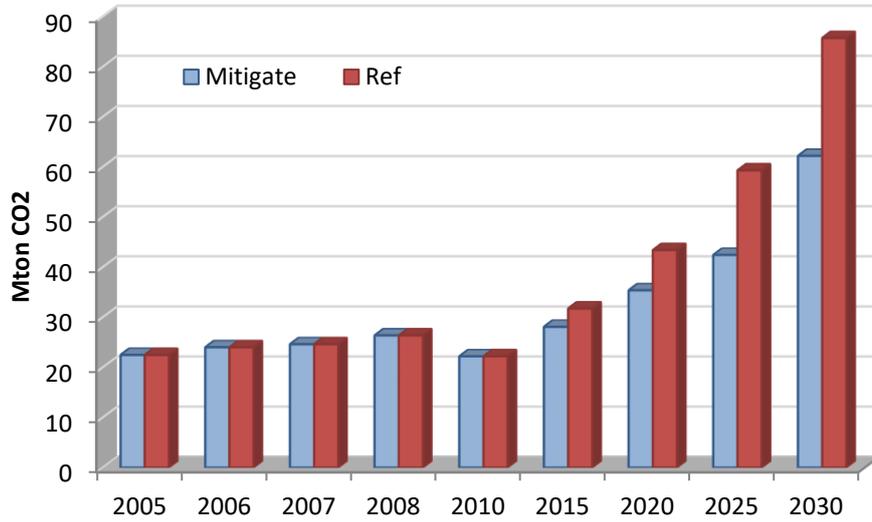
1.3. إجراءات التخفيف المعتمدة في سيناريو خفض الانبعاثات

اشتملت الإجراءات الرئيسية المتبناة في سيناريو تخفيف الانبعاثات على الآتي:

- ◆ تشجيع مساهمة الطاقات المتجددة في قطاع التوليد المستقبلي وفق قيود ومحفزات فرضت على الحل الأمثل تراعي إمكانات التحقيق الواقعي للاستطاعات الكمونية للتوليد الريحي والشمسي وبحيث تبلغ الاستطاعة المركبة من الطاقات المتجددة خلال فترة الدراسة 2000 ميغاوات للريحي و2000 للفوتوضوي و1000 للمجمعات المحرقة؛
- ◆ تحفيز التحول للاعتماد على التوليد بالغاز الطبيعي لاسيما تقنية الدارة المركبة؛
- ◆ تحسين مردود المحطات القائمة من خلال إعادة تأهيل (Rehabilitation) لبعض المحطات ذات المردود المتدني؛
- ◆ دخول الخيار النووي إلى نظام التوليد الكهربائي المستقبلي بعد عام 2020 لاعتبارات موضوعية؛
- ◆ تخفيض تدريجي في ضياعات شبكة النقل والتوزيع للمنظومة الكهربائية.

2.3. نتائج سيناريو التخفيف ومدى فاعليته في خفض انبعاثات غازات الدفيئة

لتقييم فاعلية وتأثير إجراءات التخفيف المفترضة على الهيكلية المستقبلية لقطاع التوليد ومقدار الخفض المحقق سنوياً في كميات انبعاثات غازات الدفيئة لغاية عام 2030 جرى مقارنة نتائج السيناريو المرجعي مع سيناريو التخفيف وفق ما هو مبين في (الشكل م.2).

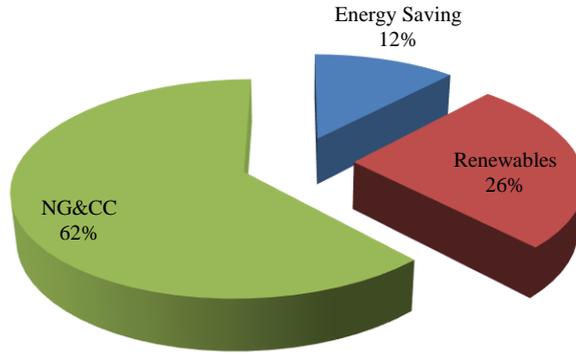


الشكل م.2. مقارنة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للسيناريو المرجعي وسيناريو التخفيف

وتبين نتائج المقارنة أن تأثير إجراءات التخفيف ستبدأ جدواه اعتباراً من عام 2015 وسيصل مقدار خفض الانبعاثات إلى حوالي 8 مليون طن عام 2020 ثم ينمو ليصل عام 2030 لحوالي 23 مليون طن CO2 وهو ما يقابل خفضاً قدره 27% من مجمل إصدار عام 2030. وستصل القيمة التجمعية لكمية الانبعاثات المتوقع خفضها طيلة فترة الدراسة لحوالي 200 مليون طن CO2.

وبتحليل نتائج سيناريو التخفيف يتضح أن تخفيض الانبعاثات المحقق مقارنةً بالسيناريو المرجعي يعود بالدرجة الأولى لزيادة مساهمة الغاز والدارة المركبة في عملية التوليد، وتنامي حصة الطاقات المتجددة التي ستصل مساهمتها إلى 11% من الكهرباء المولدة عام 2030 مقارنة مع نسبة لا تتعدى 3% للسيناريو المرجعي، إضافة إلى إجراءات خفض الفاقد الكهربائي في عمليات النقل والتوزيع. ويبين (الشكل م.3) توزيع نتائج خفض الانبعاثات حسب إجراء التخفيف المعتمد لعام 2030، حيث يلاحظ أن التحول للاعتماد على الغاز ومن ثم الدارة المركبة عوضاً عن المحطات البخارية العامة على الفيول قد ساهم في عملية خفض بنسبة 62%، تلاه الطاقة المتجددة التي أزاحت الوقود الأحفوري بنسبة 26% ثم إجراءات تخفيض الفاقد وترشيد الاستهلاك التي ساهمت بنسبة 12% من مجمل كميات الخفض المحققة لعام 2030. وتؤكد هذه النتيجة التوجيهية أهمية زيادة مساهمة الغاز في عملية التوليد الكهربائي لما لذلك من أثر واعد في خفض انبعاثات غازات الدفيئة ومن ثم دعم التوجه نحو تحقيق معيار التطور المستدام لقطاع الطاقة في بعده البيئي.

Co2 Reduction in 2030 (23.6 Mton)



الشكل 3.0م.3. الخفض المتوقع تحقيقه في انبعاثات CO2 حسب إجراء التخفيف المعتمد لعام 2030

(NG&CC: استبدال الفيول الثقيل بالغاز والاعتماد على الدارة المركبة، Renewables: رفع مساهمة الطاقات المتجددة، Energy Saving: تفعيل إجراءات ترشيد وحفظ الطاقة بما فيها تخفيض ضياعات النقل والتوزيع في الشبكة الكهربائية).

1. لمحة عامة عن سورية

تقع الجمهورية العربية السورية على الساحل الشرقي للبحر الأبيض المتوسط، تتجاور مع تركيا من الشمال، و العراق من الشرق، و فلسطين والأردن من الجنوب، و لبنان والبحر المتوسط من الغرب. و تبلغ المساحة العامة لسورية حوالي 185 ألف كم2 منها حوالي 32% أراضي زراعية والباقي جبال وبادية. و تتميز البادية السورية بأنها صالحة لإنبات الأعشاب و تستعمل كمراع عند هطول كميات كافية من الأمطار. و تقسم سورية جغرافياً إلى المنطقة الساحلية والمنطقة الجبلية و المنطقة الداخلية أو منطقة السهول و منطقة البادية. و يسود في سورية بشكل عام المناخ المميز لمنطقة البحر الأبيض المتوسط والذي يتصف بشتاء ممطر وصيف جاف يتخللهما فصلان انتقاليان قصيران. و تقسم سورية مناخياً إلى أربع مناطق تتطابق مع المناطق الجغرافية الأنفة الذكر، حيث تتصف المنطقة الساحلية بأمطار غزيرة شتاء ودرجة حرارة متوسطة و رطوبة عالية صيفاً، أما المنطقة الداخلية فتتصف بهطول الأمطار شتاءً و بصيفٍ حارٍ وجاف و تغيراتٍ يومية كبيرة في درجات الحرارة، أما المنطقة الجبلية التي يزيد ارتفاعها عن 1000 متر فتتهطل فيها الأمطار بغزارة وقد تزيد عن 1000 ميليمتر خلال فصل الشتاء، ويكون الطقس فيها معتدلاً صيفاً، أما منطقة البادية فتتصف بأمطار قليلة خلال فصل الشتاء و بصيفٍ حارٍ و جاف [2].

بلغ عدد سكان سوريا عام 1960 حوالي 4.565 مليون نسمة فقط ! وقد تضاعف هذا العدد خلال العقدين اللاحقين ليصل عام 1981 إلى حوالي 9 مليون نسمة، ثم نما هذا العدد في السنوات اللاحقة ليصل وفقاً لتعداد السكان الأخير عام 1994 إلى حوالي 13.782 مليون نسمة. ووفقاً للتعدادات السكانية للمكتب المركزي للإحصاء لعامي 1981 و 1994 فقد بلغت نسبة نمو السكان الوسطية آنذاك حوالي 3.3% وهي واحدة من أعلى معدلات النمو في العالم. ونتيجة لمجموعة من المتغيرات الاجتماعية والاقتصادية (زيادة مستوى الوعي وتغير نمط الحياة وتأخر سن الزواج إضافة لدخول المرأة ميادين العمل وعدم تفرغها للمنزل و الإنجاب) فقد شهد معدل النمو السكاني تراجعاً مضطرباً. ويقدر المكتب المركزي للإحصاء معدل النمو السكاني للفترة 2000-2006 بحوالي 2.33%. ووفقاً للإحصاء السكاني لعام 2004 فقد وصل عدد السكان في ذلك العام إلى 17.9 مليون نسمة، وتعطي البيانات الرسمية عدد السكان لعام 2007 بحوالي 19.17 مليون نسمة [7].¹

في الجانب الاقتصادي فقد سجل الاقتصاد السوري - بعد الأزمة الاقتصادية للفترة 1985-1990) نمواً سنوياً معتبراً وصل لحوالي 8% للفترة 1990-1996 وذلك بفعل زيادة إنتاج النفط والدعم الخارجي إثر حرب الخليج الثانية وقانون الاستثمار رقم 10 لعام 1991 الذي شجع الاستثمارات الخارجية ودور القطاع الخاص إضافة لمجموعة من الإجراءات المالية. وقد ساعد الوضع الاقتصادي الجديد في تطور بعض الفروع الصناعية كصناعة المنسوجات والأدوية والأغذية وبعض الصناعات الخفيفة. كما نما إثرها قطاع السياحة. وخلال الفترة الأخيرة 2000-2006 وصل معدل النمو الوسطي إلى حوالي 4.7% حيث نما خلالها الناتج المحلي الإجمالي من 904 إلى 1193 مليار ل.س. وتوسعي الحكومة السورية لتحقيق معدل نمو بحدود 7% نهاية العقد الحالي. ويبين الجدول 1. بعض المؤشرات الاقتصادية

¹ According to Human Development Report 2000 (Table 19, page 225), the population growth rate in Syrian Arab Republic (SAR) was 3.2% per annum during the period 1975-1998. This report gives 2.3% population growth rate for the period 1998-2015 for the Syria. Total population of SAR will be 22.6 million by the year 2015 of which 62.1% will be in urban areas and 3.5% above the age of 65 years.

والديموغرافية لسورية. و وفق المعطيات الرسمية فقد نمت خلال الفترة 2006-2000 حصة الفرد من الناتج المحلي الإجمالي من 1108 إلى 1250 دولار أمريكي محققة معدل نمو سنوي قدره 2.4%.

الجدول 1. بعض المؤشرات الاقتصادية والديموغرافية لسورية للفترة 2006-2000

النمو السنوي %	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	
4.7	1192.7	1134.9	1086	1017.6	1006.4	950.2	903.9	GDP(B.SP) ²
4.7	23.4	22.3	21.3	20.0	19.7	18.6	17.7	GDP (\$)
2.3	18.7	18.27	17.9	17.5	17.13	16.7	16.3	عدد السكان ³ (مليون)
2.4	63722.8	62121.6	60599.3	57982.9	58750.7	56830.1	55386.0	GDP per Capita (SP)
2.4	1250.2	1206.4	1200.2	1156.1	1142.4	1122.6	1107.8	GDP per Capita (\$)

المصدر: المرجع [7]

1.1 مصادر واستخدامات الطاقة الحالية

وفقاً للإحصاءات الدولية يتميز نظام الطاقة السوري بمعدلات استهلاك منخفضة للفرد. ويبين الجدول 2. بعض مؤشرات قطاع الطاقة الوطني مقارنة مع بعض المناطق الأخرى لعام 2004. ويلاحظ أن حصة الفرد من الطاقة الأولية قد بلغت في سورية حوالي 0.99 طن مكافئ نفطي مقارنة مع 1.77 و 2.64 طن مكافئ نفطي للمعدل الوسطي العالمي ولمنطقة الشرق الأوسط⁴. بالمقابل يلاحظ أن معدل إصدار غاز ثاني أكسيد الكربون قريب من المتوسط العالمي.

الجدول 2. بعض مؤشرات قطاع الطاقة في سورية مقارنة بالقيم العالمية لعام 2004

إنبعاثات غاز CO2 (tCO2/capita)	إنبعاثات غاز CO2 (tCO2/toe)	الاستهلاك النهائي من الكهرباء (kWh/capita)	الطاقة الأولية (toe/capita)	
2.57	2.59	1317	0.99	سورية
6.51	2.47	2881	2.64	الشرق الأوسط
1.22	1.94	617	0.63	آسيا
0.93	1.39	547	0.67	أفريقيا
2.57	2.37	2516	1.77	المعدل العالمي

المصدر: IEA statistics, www.iea.org

² Using market prices of the year 2000 and assuming that 1\$ equals to 51 Syrian Pound (SP)

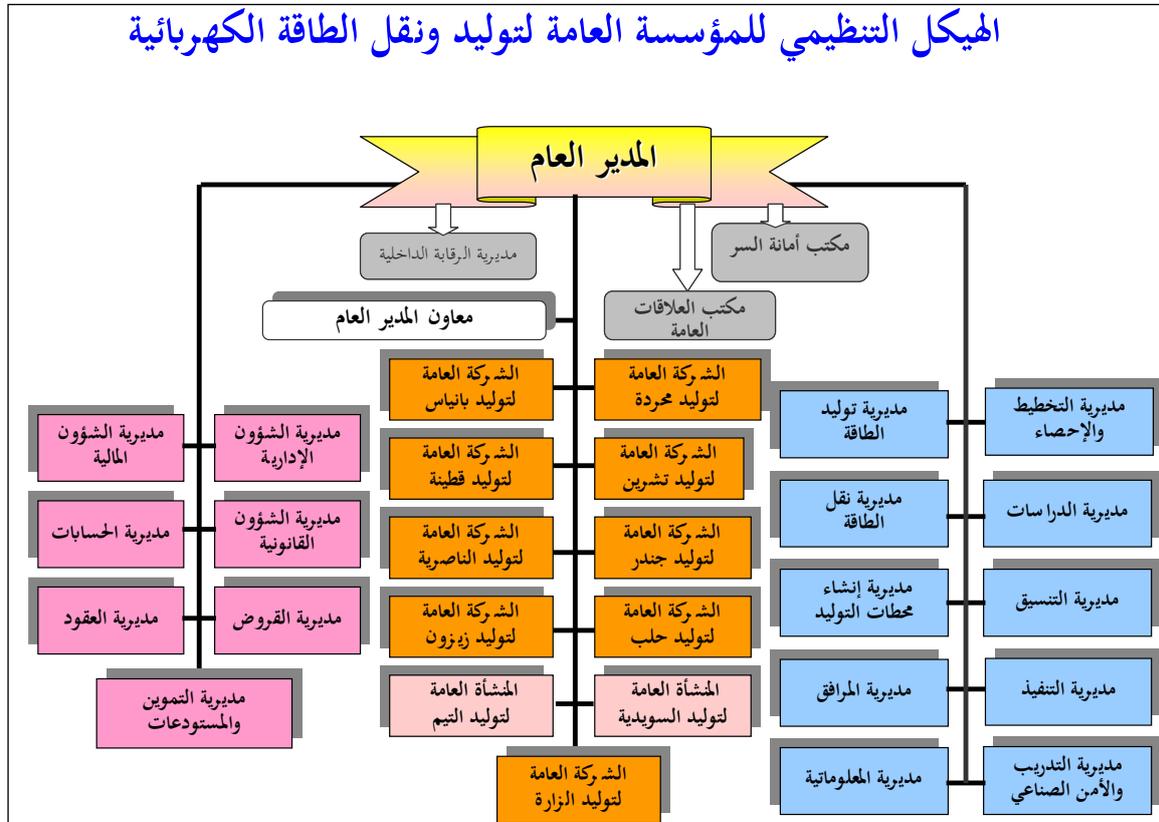
³ Estimated in the mid year for all years except 2004 when the general census was performed.

⁴ IEA statistics, www.iea.org

2.1. موقع قطاع التوليد الكهربائي في البنية المؤسساتية لنظام الطاقة في سورية

يمثل قطاع الطاقة جزءاً من الفعاليات الاقتصادية التي تدار من قبل مكتب نائب رئيس مجلس الوزراء للشؤون الاقتصادية. وتتوزع فعالية هذا القطاع على وزارة النفط و الثروة المعدنية ووزارة الكهرباء ووزارة الري و هيئة الطاقة الذرية السورية [2]. وتمثل وزارة الكهرباء الجهة المسؤولة عن سياسات توليد واستثمار وتسعير الطاقة الكهربائية، حيث تقوم بإدارة هذا القطاع عبر المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة الكهربائية والمؤسسة العامة لتوزيع الطاقة الكهربائية. تضطلع المؤسسة الأولى بمسؤولية التوليد والنقل على مستويات التوتر 400 kV و 230 kV و بالتالي يتبع لها المستهلكون على هذه المستويات وهي بشكل أساسي الصناعات الكبيرة و الري بينما تشرف الثانية على التوزيع على بقية المستهلكين. كما تقوم وزارة الري بمهمة تنمية و استغلال و إدارة المصادر المائية وتتبع لها محطات توليد الكهرباء المائية، وتشرف بشكل رئيسي من خلال المؤسسة العامة لحوض الفرات على المحطات الكهرومائية الثلاث المقامة على نهر الفرات وفروعه وهي الثورة والبعث و تشرين. وتمثل هيئة الطاقة الذرية السورية الجهة الرسمية المعنية بكافة الفعاليات البحثية والتطبيقية المتعلقة بالاستخدام السلمي للطاقة الذرية، وهو ما يتضمن تنفيذ الفعاليات المتعلقة بتحليل نظام الطاقة الوطني ودراسة آفاق تطوره باستخدام منهجيات علمية متقدمة تسمح من بين أهدافها بتبيان دور الطاقة النووية كمصدر رديف للمصادر الطاقية الأخرى.

ويبين (الشكل 1) الهيكلية التنظيمية للمؤسسة العامة لتوليد ونقل الكهرباء في سورية [5] موضعاً مختلف المديريات المعنية بعملية التوليد إضافةً للمحطات المختلفة المساهمة في عملية التوليد الكهربائي.

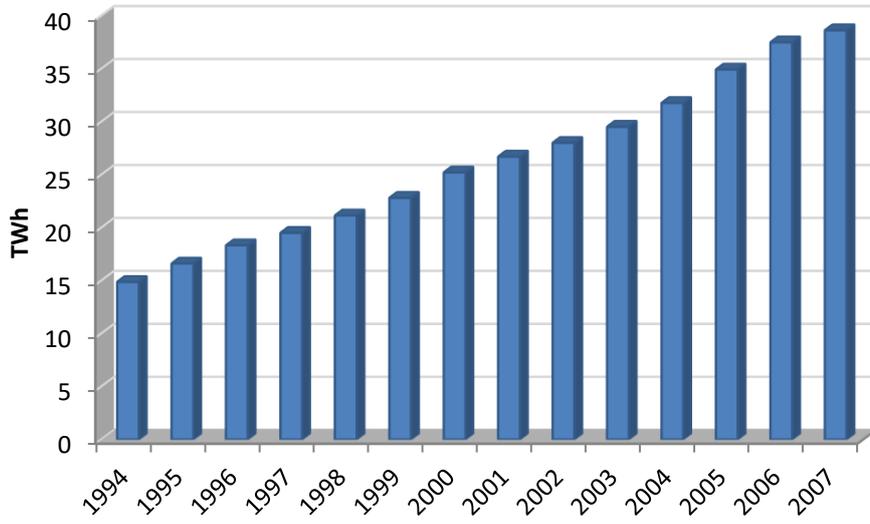


الشكل 1. الهيكلية التنظيمية للمؤسسة العامة لتوليد ونقل الكهرباء في سورية (المصدر: المرجع [2]).

2. ملامح تطور قطاع الكهرباء في سورية للفترة 1994-2007

1.2. تطور الطاقة المولدة وحمل الذروة والاستطاعة المركبة 1994-2007

نمت كمية الكهرباء المولدة للفترة 1994-2007 من 14.88 تيرا واط ساعي عام 1994 إلى حوالي 39 تيرا واط ساعي عام 2007 ما يقابل معدل نمو سنوي وسطي يقرب من 8% [4]، [5]، [11]، [12]، [13]. وقد نمت خلال ذلك حصة الفرد الوسطية من مجمل الكهرباء المولدة من 1545 كيلو واط ساعي عام 2000 إلى حوالي 2000 كيلو واط ساعي عام 2007 (الشكل 2).



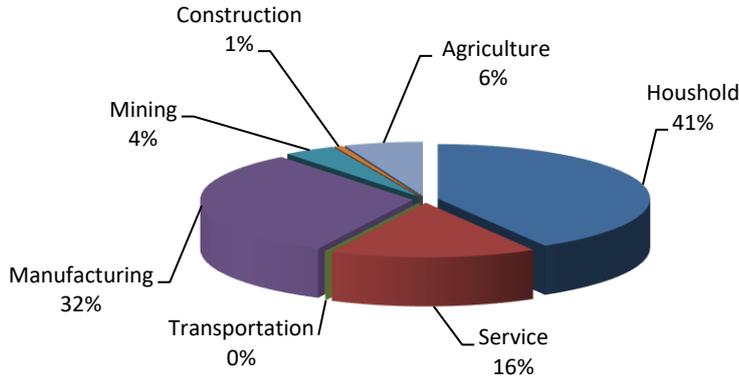
الشكل 2. تطور كمية الكهرباء المولدة للفترة 1994-2007 (المصدر: المرجع [2]، [4])

2.2. توزيع استهلاك الكهرباء النهائية

توزع الاستهلاك النهائي للطاقة في سورية عام 2007 حسب نمط الوقود بنسبة 72% للمشقات النفطية، و 10% للغاز، و 2.5% للوقود التقليدي 15.5% للكهرباء. أما الاستهلاك النهائي للكهرباء⁵ البالغ حوالي 30.6 TWh فقد توزع حسب قطاعات الاستهلاك بنسبة 41% للقطاع المنزلي و 16% للخدمي 32% للصناعة وأقل من 1% للبناء وحوالي 6% للزراعة و 4% للصناعات الاستخراجية (الشكل 3). [4]، [5]، [13].

⁵ تمثل الكهرباء النهائية مجمل الطاقة الكهربائية المولدة منقوصاً منها ضياعات النقل والتوزيع والكهرباء المصدرة والاستهلاك الذاتي للمحطات.

Electricity Consumption by Sectors (Total = 30.6 TWh)

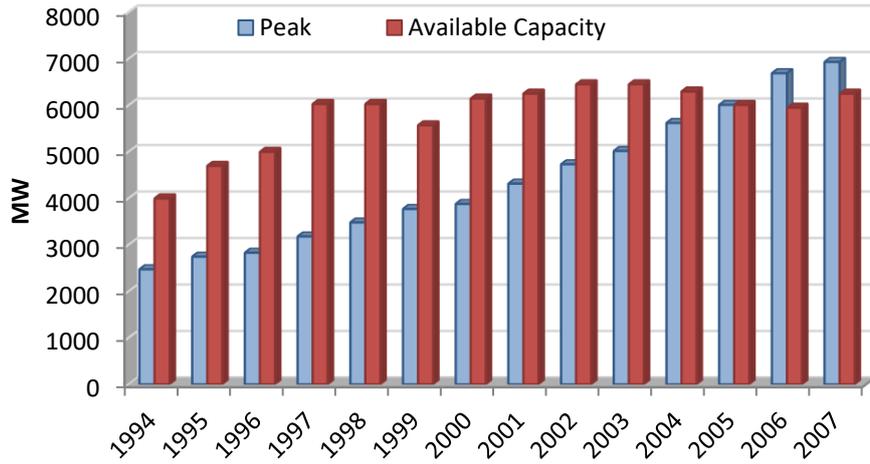


الشكل 3. توزيع الاستهلاك النهائي للكهرباء حسب قطاعات الاستهلاك لعام 2007.
المصدر: المرجع [5]، [13].

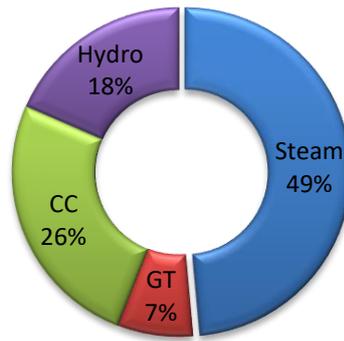
3.2. الاستطاعة المركبة وحمل الذروة

نما الطلب على حمل الذروة من MW 2474 عام 1994 إلى حوالي MW 6900 عام 2007 مسجلاً بدوره نسبة نمو سنوية تزيد عن 8%. ولمجابهة الطلب على الطاقة المولدة وحمل الذروة فقد نمت استطاعة التوليد المركبة والمتاحة فعلياً من حوالي 3600 ميغاوات عام 1994 إلى ما يقرب من 6250 ميغاوات عام 2007 وكانت قد ثبتت عند هذا المستوى خلال الفترة منذ عام 2005 دون أن تسجل الزيادة المطلوبة للتماشي مع نمو ذروة الطلب بعد ذلك. ويبين (الشكل 4) أن الهامش الاحتياطي للتوليد قد فاق نسبة 30% للفترة لغاية عام 2000 ثم تراجع بعدها بشكل مضطرب مع تزايد حمل الذروة وعدم تنامي الاستطاعة المركبة بشكل يغطي هذا النمو ما أدى إلى انعدام هذا الهامش عام 2005 وصولاً حتى لمرحلة العجز في السنوات الأخيرة (2006-2007) ما تسبب في أوقات الذروة إلى انقطاعات جزئية متكررة دعت إلى استيراد التيار الكهربائي من دول الجوار. ويوضح (الشكل 5) توزيع استطاعات التوليد المركبة عام 2007 حسب نمط التوليد. ويجدر التنويه إلى أن الاستطاعة الكلية المركبة قد بلغت في ذلك العام MW 7160 بلغ المتاح منها حوالي MW 6250 [2]. وقد توزعت الاستطاعة المركبة بنسبة 18% للمحطات الكهرومائية و 78% للمحطات الحرارية.

ويجدر التنويه إلى أن حوالي 78.5% من الاستطاعة الكلية المولدة لعام 2007 والبالغة حوالي 39 TWh قد أتيح للاستهلاك النهائي (أي حوالي 30.6 TWh) والباقي توزع على شكل ضياعات نقل وتوزيع واستهلاك ذاتي للمحطات.



الشكل 4. تطور الطلب على حمل الذروة والاستطاعة المتاحة للفترة 2007-1994
المصدر: المرجع [2]، [4].

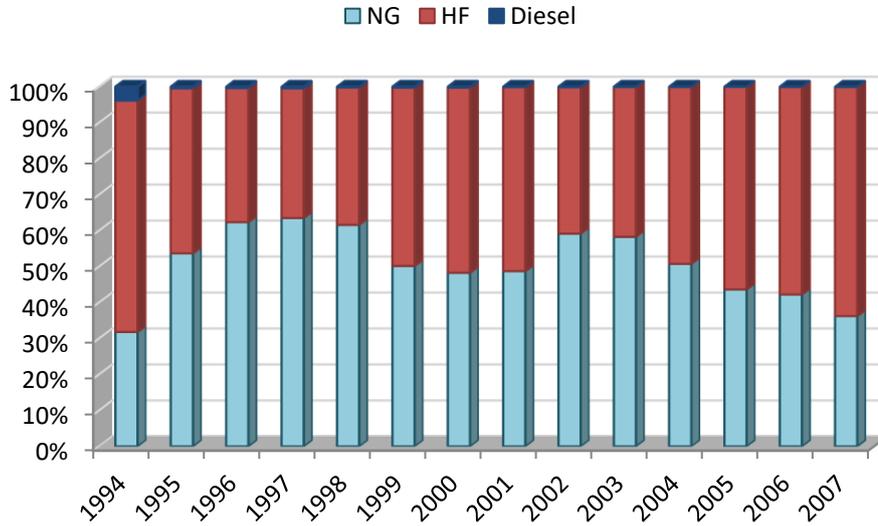


الشكل 5. توزيع الاستطاعة المركبة حسب نمط التوليد لعام 2007.
المصدر: المرجع [2].

4.2. تطور الطلب على الوقود المستهلك في التوليد الكهربائي 2007-1994

أدى النمو المطرد في الطلب على الكهرباء لنمو الطلب على الوقود الأحفوري نظراً لمحدودية مصادر التوليد المائي ما قاد لزيادة اعتماد نظام التوليد الكهربائي على المحطات الحرارية البخارية والغازية التي استهلكت الفيول والغاز وكميات محدودة من الديزل. ويلاحظ خلال الفترة 2007-1994 أن مساهمة العنفات الكهرومائية في عملية التوليد قد تراجعت بين 10% و19% تبعاً لكميات المياه المتاحة في حوض الفرات والمتعلقة بدورها بالعوامل المناخية إضافة لمؤثرات أخرى. وعليه فقد ساهمت المحطات العاملة على الوقود الأحفوري بنسب تزيد عن 80% من مجمل كميات التوليد خلال مجمل الفترة. وقد سجل العام 2007 نسبة مساهمة للتوليد الحراري فاقت 90%. ويبين (الشكل 6) التوزيع النسبي لتطور كميات الوقود الأحفوري المستهلك في عملية التوليد حيث نمت كميته من حوالي 3 إلى 7.7 مليون طن مكافئ خلال الفترة 2007-1994. ويلاحظ أن مساهمة الديزل شبه مهملة. بالمقابل فقد تراجعت حصة الغاز الطبيعي خلال الفترة 2007-1994 حيث نمت في البداية من حوالي 32% عام 1994 لتصل لأكثر من 60% عام 1997 ثم

تراجعت بعدها لحوالي 48% عام 2000، لتعاود الصعود بعدها إلى حوالي 59% عام 2002 لكنها عادت فتراجعت بشكل حاد خلال الفترة الأخيرة لتصل عام 2007 لحوالي 36%. ويعزى هذا التراجع إلى عدم تطور كميات الغاز المنتجة والمتاحة بشكل يتماشى مع نمو الطلب المضطرد عليه في عملية التوليد.



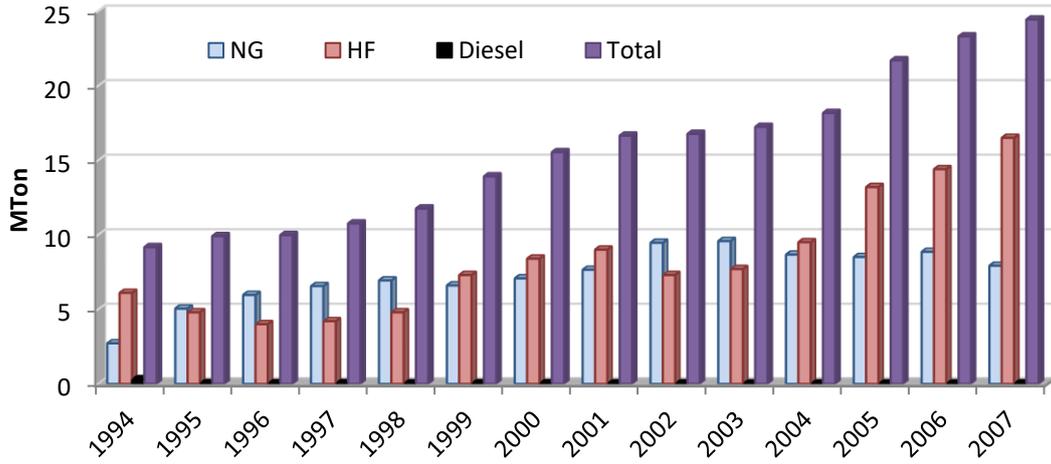
الشكل 6. تطور الطلب على الوقود في توليد الكهرباء للفترة 1994-2007.

المصدر: المرجع [2]، [4]

5.2. تطور إصدارات غازات الدفيئة لقطاع التوليد الكهربائي

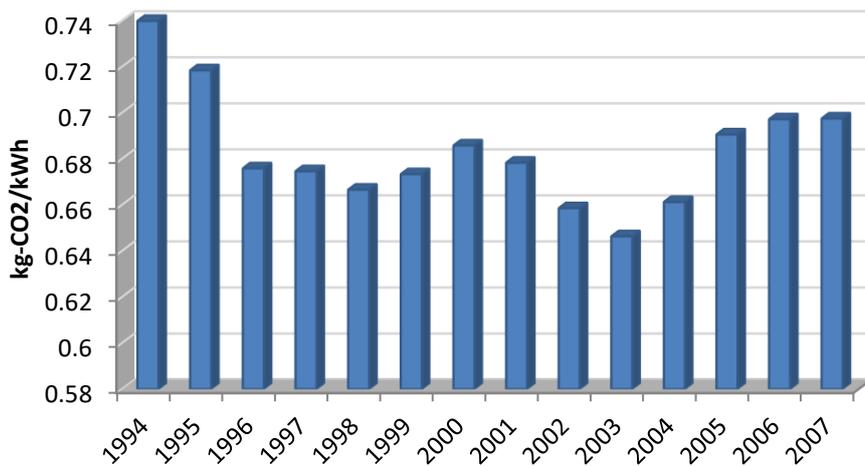
يبين (الشكل 7) تطور إصدارات قطاع التوليد الكهربائي من غاز ثاني أكسيد الكربون حسب نمط الوقود المستهلك. أما بقية غازات الدفيئة المصدرة من هذا القطاع والمتمثلة بغاز الميثان (CH4) وغاز النيتروز (N2O) فلم تتجاوز 0.5% خلال جميع السنوات. ويلاحظ أن كمية إصدارات ثاني أكسيد الكربون قد نمت من حوالي 9 مليون طن عام 1994 إلى ما يقرب من 24 مليون طن عام 2007 مسجلة معدل نمو سنوي وسطي قدره 8%. ويجدر التنويه إلى أن مقارنة إصدارات غازات الدفيئة لقطاع التوليد مع القطاعات الأخرى تظهر أن هذا القطاع قد أصدر بمفرده أكثر من 40% من مجمل إصدارات عام 2005 [6].

ويلاحظ أن التطور الذي شهده قطاع التوليد خلال الفترة 2000-2004 بخصوص نمط الوقود المستهلك وانزياحه المضطرد نحو الاعتماد على الغاز الطبيعي بدل الفئول قد حد بشكل ملموس من معدل النمو السنوي للإصدارات التي لم تتجاوز أكثر من 4% (قارن الشكل 6)؛ إلا أن تراجع مساهمة الغاز من جديد خلال الفترة 2005-2007 أدى إلى تزايد معدل هذا التطور ليصل إلى 10%.



الشكل 7. تطور إصدار قطاع التوليد لثاني أكسيد الكربون حسب نمط الوقود.

ويبين (الشكل 8) تطور معدل الإصدار النوعي لثاني أكسيد الكربون لوحد الكهرياء المولدة للمحطات العاملة على الوقود الأحفوري. حيث يلاحظ تراجع معدل الإصدار النوعي خلال الفترة 1994-1998 من حوالي 0.74 kg/kWh إلى حوالي 0.66 kg/kWh ثم عاود النمو إلى 0.685 CO₂/kWh عام 2000، ليتراجع بعدها وصولاً لأدنى قيمة له عام 2003 والتي بلغت حوالي 0.64 kg/kWh. ثم عادت هذه القيمة بالنمو لتتأرجح عند مستوى 0.69 للسنوات الثلاث الأخيرة. ويعزى هذا التآرجح إلى تغير نسبة الوقود الثقيل والغاز الطبيعي المحروق في عمليات التوليد حيث يقابل التراجع زيادة نسبة الغاز الطبيعي المستهلك في قطاع التوليد كما هو موضح في (الشكل 7). ويجدر التنويه إلى أن ارتفاع قيمة الإصدار النوعي لعام 1994 تعود لعدم مساهمة الدارة المركبة في عملية التوليد والتي دخلت النظام لأول مرة عام 1995. وبرغم الزيادة المسجلة في مساهمتها التي زادت بشكل ملحوظ عام 2002-2003 وأدت لتراجع واضح في معدل الإصدار، إلا أن هذا المعدل تزايد في السنوات الأخيرة مع تراجع مساهمة الغاز في المحطات الغازية/البخارية لتصل عام 2007 لحوالي 36%.



الشكل 8. تطور معدل الإصدار النوعي لغازات الدفيئة في قطاع التوليد للفترة 1994-2007.

3. سيناريو التطور المستقبلي لتخفيف انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع التوليد لغاية 2030

يعتمد قطاع التوليد في سورية على الوقود الأحفوري بنسبة تفوق 80%، وسيواجه هذا القطاع تحديات كبيرة في تخفيض هذا الاعتماد بهدف تخفيف انبعاثات غازات الدفيئة. ويمكن أن يعتمد هذا القطاع للوصول إلى هذا الهدف على بعض الإجراءات المدرجة أدناه والتي تتوقف إمكانية تنفيذها على التطور المستقبلي المتوقع لنظام التوليد بالنظر للقيود التقنية والتمويلية والبنوية الخاصة بهيكلية قطاع الكهرباء ودوره في نظام الطاقة الوطني:

- تحسين المستوى التقني للمحطات بهدف رفع المردود وتحسين الأداء؛
- تحسين إدارة الحمل على مستوى الطلب بهدف رفع معامل الحمل للمنظومة؛
- استبدال وقود الفيول الثقيل بالغاز الطبيعي؛
- تحسين الكفاءة بزيادة الاعتماد على الدارة المركبة لمحطات التوليد؛
- زيادة مساهمة التكنولوجيات النظيفة من خلال زيادة الاعتماد على الطاقات المتجددة والطاقة النووية؛
- تخفيض الضياعات الفنية والاستقرار غير المشروع في مجال التوزيع.

ولتقييم أثر الإجراءات المتبناة في سياسة التوسع المستقبلية لنظام التوليد على تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة جرى تحليل سيناريوهين لتزود بالطاقة الكهربائية تضمننا إضافةً لسيناريو التزود المرجعي سيناريو تخفيف يعتمد على تحقيق الإجراءات المبينة أعلاه. وفيما يلي عرض مفصل لسيناريو التزود المرجعي وسيناريو التخفيف مع تحليل لمدى نجاعة سياسات سيناريو التخفيف في خفض الانبعاثات.

1.3. السيناريو المرجعي لتوسع نظام التوليد

تعتمد معطيات هذا السيناريو على الفرضيات المعتمدة في تطوير استراتيجية التزود المثلى المفصلة في المرجع [5] مع معلومات تكملية في المراجع [6]، [7]، [8]، [9]. وقد جرى حساب كمية إصدار ثاني أكسيد الكربون لهذا السيناريو وفقاً لإرشادات IPCC [10]، والقيم المرجعية للوقود السوري. وجرى اعتماد النتائج كقيم مرجعية مقارنة (base-line) لموازنة نتائج سيناريو التخفيف بها بخصوص تخفيف الانبعاثات.

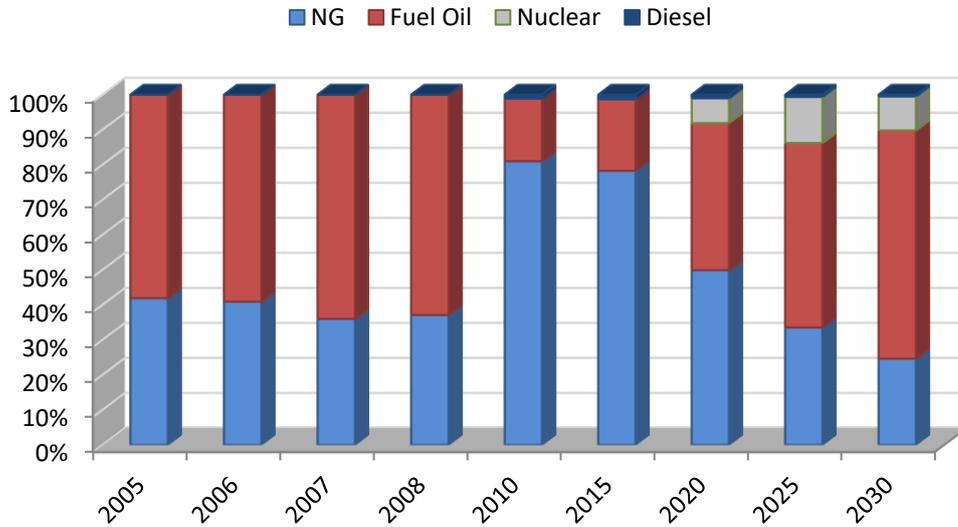
1.1.3. مخطط توسع نظام التوليد للسيناريو المرجعي

وفقاً لهذا السيناريو ستزداد كمية الكهرباء المنتجة من 34.14 تيراواط ساعي عام 2005 إلى 148.4 تيراواط ساعي عام 2030. ولتوليد هذه الكمية من الكهرباء تبين استراتيجية التوسع الأمثل لنظام التوليد أن الاستطاعة المركبة ستنمو من 6200 ميغاواط عام 2005 إلى 29600 ميغاواط عام 2030 ما يقابل إضافة سنوية وسطى تقرب من 1000 ميغاواط لمجابهة نمو الطلب وتعويض المحطات المتقادمة. وستتوزع الاستطاعات الجديدة المضافة بشكل رئيسي على النمط البخاري والنووي والنفثات غازية ومحطات الدارة المركبة. وبالتحديد ستتوزع الاستطاعة المضافة بمعدل 14360 ميغاواط من المحطات العاملة بالدارة المركبة، 12200 ميغاواط من المحطات البخارية العاملة على الفيول، 900 ميغاواط من النفثات الغازية (بما فيها محطة بانياس الغازية والتي هي على قيد التنفيذ وعلى وشك الانتهاء)، محطتين

تعملان بالوقود النووي باستطاعة إجمالية تصل إلى 1600 ميغاوات (600 ميغاوات في الفترة بين 2020 و2025، و1000 ميغاوات في الفترة اللاحقة)؛ و 300 ميغاوات عنفات ربحية ، في حين لا تملك أي من مصادر الطاقة المتجددة الأخرى -وفقاً لفرضيات السيناريو المرجعي - بالنظر لتكاليف الإنشاء الحالية والمتوقعة (الخلايا الضوئية والمحطات العاملة بالطاقة الشمسية) المزايا التنافسية التي تمكنها من ردف المنظومة الكهربائية بأي استطاعة نظراً للارتفاع الكبير في تكاليف الاستثمار لوحدة الطاقة المركبة.

2.1.3. الطاقة الكهربائية المولدة واحتياجات الوقود للسيناريو المرجعي

سيحتاج النمو المرتفع في الطلب على الكهرباء إلى كميات متزايدة من الوقود، حيث سينمو الطلب على وقود التوليد بمعدل وسطي سنوي يبلغ 5.8% من حوالي 7 مليون طن مكافئ عام 2005 (موزعة بنسبة 58% للفيول، و 42% للغاز) إلى حوالي 11 مليون طن مكافئ عام 2015 (موزعة بنسبة 78.3% للغاز، و 20.4% للفيول، و 1.3% للديزل) وصولاً إلى 30 مليون طن مكافئ عام 2030 (موزعة بنسبة 24.6% غاز و 65.2% فيول بالإضافة إلى 9.7% وقود نووي و 0.5% ديزل وفق ما هو مبين في (الشكل 9)). وتبين نتائج توزيع الكهرباء المولدة حسب نمط الوقود أن حصة الكهرباء المولدة بواسطة الغاز سوف تزداد وصولاً إلى 83% عام 2017 ثم ستتراجع وصولاً إلى حوالي 31% في نهاية فترة الدراسة. ويتوقع أن يساهم الفيول في تعويض هذا التراجع، كما ستساهم الطاقة النووية بعد عام 2020 بحصة تصل إلى 7.5% [5].



الشكل 9. تطور مساهمة أنماط الوقود المستهلكة في التوليد الكهربائي (السيناريو المرجعي).

2.3. سيناريو تخفيف الانبعاثات

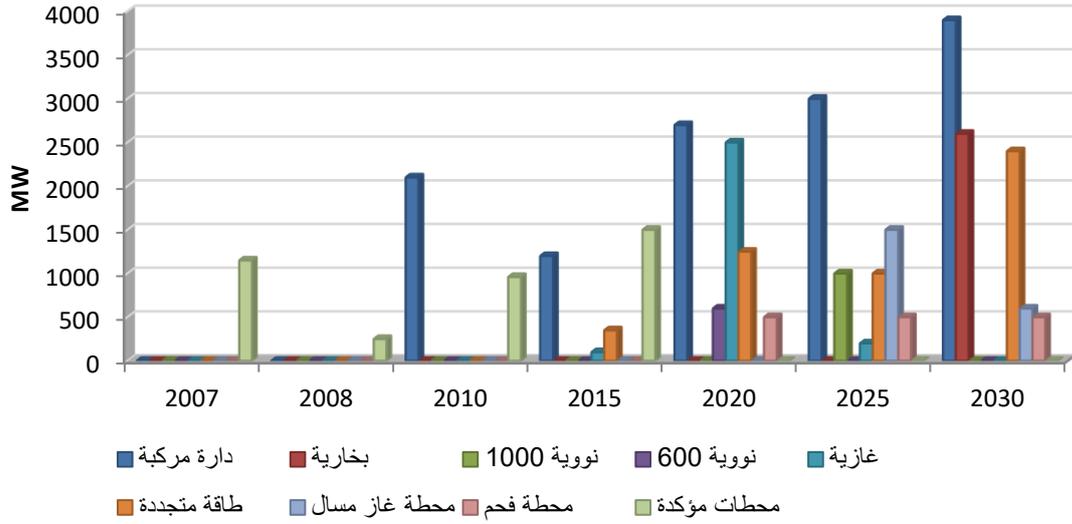
يعتمد هذا السيناريو على تبني سياسة أكثر مراعاة للمتطلبات البيئية، ويهدف من خلال زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في سياسة التزود المستقبلي إلى تحليل إمكانية تحسين أمن التزود من خلال تقليص الاعتماد الوطني على الوقود الأحفوري، والحد من انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع التوليد. ويوفر هذا السيناريو وسيلة ناجعة لتقدير تكاليف خفض الانبعاثات من خلال مقارنة التكلفة الكلية لنظام التزود في حالة هذا السيناريو مع السيناريو المرجعي. وقد اعتمدت في

هذا السيناريو خيارات العنفات الريحية والخلايا الضوئية في عمليات توليد الكهرباء والمجمعات الشمسية في التطبيقات الحرارية وفق الفرضيات التالية:

- مراعاة مساهمة عنفات التوليد المائي الصغيرة بقدرة كلية تصل إلى 200 ميغاوات عام 2030،
- رفع مساهمة الطاقة الريحية لتصل إلى 2000 ميغاوات نهاية الدراسة،
- تخفيض الفاقد الكلي في شبكات النقل والتوزيع ليصل إلى 12% نهاية الدراسة انطلاقاً من قيمته الحالية البالغة حوالي 22%،
- إدخال محطات فوتوضوئية باستطاعة لا تقل عن 2000 ميغاوات لغاية عام 2030،
- إدخال محطات مزارع شمسية باستطاعة لا تقل عن 1000 ميغاوات لغاية عام 2030،
- زيادة مساهمة الغاز الطبيعي في عملية التوليد لاسيما في الفترة 2015-2030 التي بين فيها السيناريو المرجعي تراجع كمية الغاز المتاح؛
- ترشيح محطة توليد عاملة على الغاز المسال وتقييد دخولها للنظام لما بعد عام 2020؛
- تبني الخيار النووي مع تقييد دخوله لنظام التوليد الكهربائي بحيث تدخل المحطة الأولى إلى الخدمة بعد عام 2020 على ألا يتجاوز عدد المحطات المدخلة محطة واحدة كل 5 سنوات والعدد الكلي محطتين وفقاً لاعتبارات موضوعية.

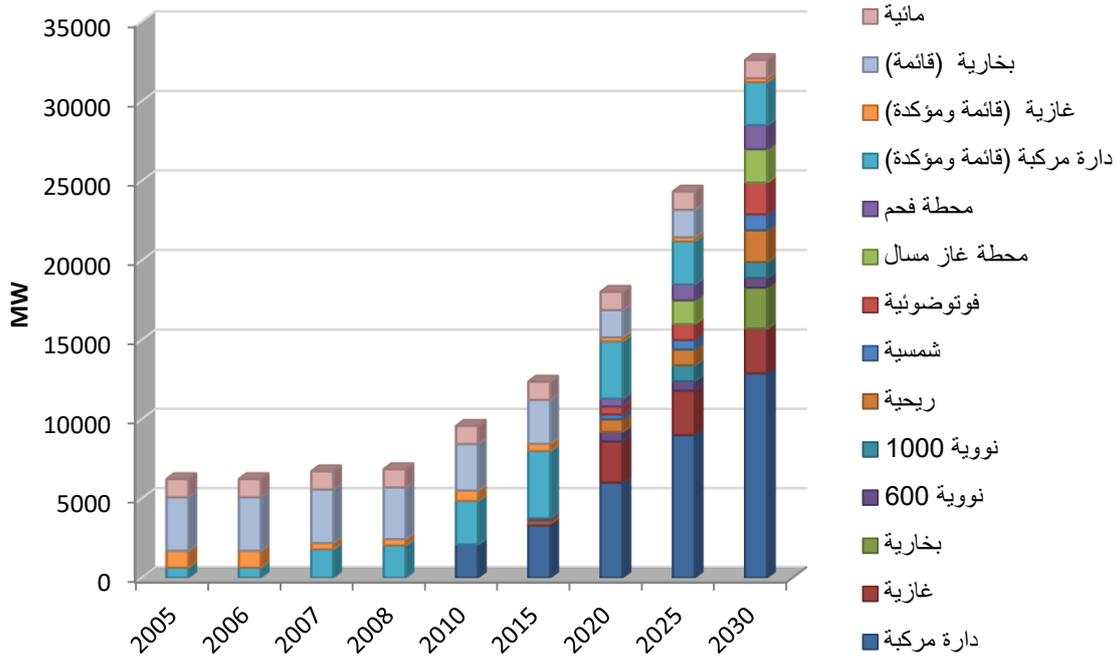
1.2.3. نتائج سيناريو تخفيف الانبعاثات

يبين (الشكل 10) خطة التوسع الأمثل لنظام التوليد المستقبلي، حيث يلاحظ أن الاستطاعات الجديدة المضافة خلال فترة الدراسة ستتوزع بشكل رئيسي على النمط البخاري والنووي والعنفات غازية ومحطات الدارة المركبة ومحطات الطاقات المتجددة. وسيصل إجمالي الاستطاعات الجديدة المركبة خلال فترة الدراسة إلى حوالي 32360 ميغا وات تتوزع على 16500 ميغا وات من المحطات العاملة بالدارة المركبة (منها 900 ميغا وات تم تحويلها من محطات غازية إلى دارة مركبة) إضافة لاستطاعة 2100 ميغاوات من المحطات العاملة على الغاز المسال، وحوالي 2600 ميغا وات من المحطات البخارية العاملة على الفيول، و 3100 ميغا وات من العنفات الغازية (بما فيها محطة بانياس الغازية والتي هي على قيد التنفيذ وعلى وشك الانتهاء)، ومحطتان تعملان بالوقود النووي باستطاعة إجمالية تصل إلى 1600 ميغا وات (600 ميغا في الفترة بين 2020 و 2025، و 1000 ميغا في الفترة اللاحقة)، و 1500 محطات تعمل على الفحم الحجري. يضاف لذلك محطات طاقة ريحية باستطاعة 2000 ميغا وات، و 2000 ميغا وات محطات فوتوضوئية و 1000 ميغا وات مزارع شمسية. وستصل حصة الاستطاعة المركبة للطاقات المتجددة (عدا المائية) في هذه الحالة إلى حوالي 15.3% عام 2030! ويجدر التنويه إلى أن حصة الطاقات المتجددة في عملية التوليد ستكون أعلى من مساهمة المحطات العاملة على الفيول الذي لن تتجاوز حصة المحطات العاملة عليه نسبة 8% عام 2030. ويلاحظ أن إجمالي الاستطاعة المضافة للسيناريو البديل أعلى منها للسيناريو المرجعي بحوالي 3000 ميغاوات، ويعود ذلك إلى زيادة نسبة مساهمة محطات الطاقة المتجددة التي تتميز بمعامل إتاحة منخفض ما يفرض بدوره رفع الاستطاعة المركبة للوصول لمستوى التوليد المطلوب.



الشكل 10. الاستطاعات الجديدة المضافة خلال فترة الدراسة موزعة بحسب نوع المحطة (سيناريو تخفيف الانبعاثات).

وفقاً لهذه النتائج ستصل الاستطاعة المركبة عام 2030 إلى حوالي 32600 ميغا وات مقارنة مع حوالي 6200 ميغا وات في عام 2005. خلال الفترة بين عامي 2005 و 2019 ستبلغ الاستطاعة المضافة حوالي 7610 ميغا وات مؤلفة من محطات دائرة مركبة ومحطات حرارية؛ حيث سيتم تغطية خروج محطتين غازيتين باستطاعة 300 ميغا لكل واحدة بمحطتين تعملان بالدائرة المركبة باستطاعة 450 ميغا لكل واحدة. يضاف إلى ذلك دخول أربع محطات دائرة مركبة متعاقد عليها (دير علي وتوسيع دير علي و دير الزور وتوسيع تشرين) باستطاعة 750 ميغا للمحطات الثلاث الأولى وباستطاعة 450 ميغا وات لمحطة توسيع تشرين. كما تشير النتائج إلى أن حصة الطاقة النووية ستصل إلى حوالي 5% من مجمل الاستطاعة المركبة بحلول 2030. وفقاً لما تقدم فإن تركيبة نظام التوليد وفق فرضيات سيناريو تخفيف الانبعاثات ستحقق تنوعاً كبيراً في أنماط التوليد التي ستكون من محطات الدائرة المركبة العاملة على الغاز والغاز المسال والمحطات العاملة على الفيوول والمحطات العاملة على الفحم ومحطات الطاقة المتجددة والمحطات النووية. حيث ستصل حصة الطاقات المتجددة من الاستطاعة المركبة عام 2030 إلى 15% مقارنة بنسبة 1% للسيناريو المرجعي (عدا مساهمة الطاقة المائية). ويبين (الشكل 11) التوسع المتوقع لنظام التوليد بالنظر للاستطاعة المركبة وحمل الذروة لغاية عام 2030، حيث يلاحظ أن تركيبة نظام التوليد المستقبلي تظهر تنوعاً كبيراً في أنماط المحطات المساهمة مع زيادة واضحة في حصة محطات الدائرة المركبة العاملة وتنامي دور ومحطات الطاقة المتجددة والمحطات النووية. بعد عام 2020.

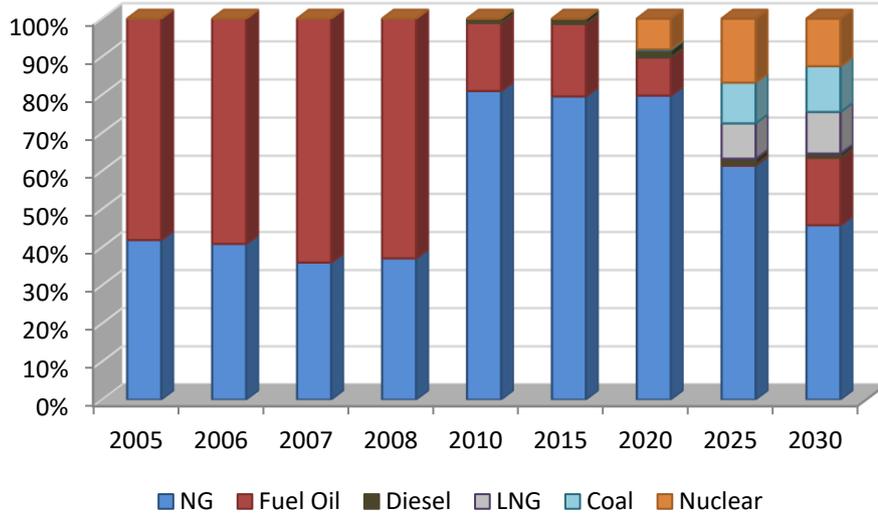


الشكل 11. التوسع الأمثل للاستطاعة المركبة مقارنة مع النمو المتوقع للطلب على حمل الذروة الداخلي خلال فترة الدراسة موزعة بحسب نوع محطات التوليد (سيناريو تخفيف الانبعاثات).

2.2.3. الطاقة المولدة وكميات الوقود المستهلكة

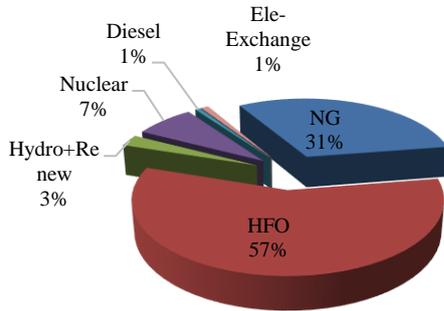
تشير النتائج إلى نمو الطاقة الكهربائية المولدة بمعدل وسطي بحدود 6% سنوياً، ما يعني أن إنتاج الكهرباء سوف يزداد من 34.14 TWh في عام 2005 إلى 141 TWh في عام 2030. و بالنتيجة فإن كمية الوقود المستهلك لتلبية هذا التطور سوف تزداد من حوالي 7 Mtoe في عام 2005 (توزع بين الغاز و الفول بنسبة 42%، 58% على التوالي) إلى حوالي 22.8 Mtoe في عام 2030 تتوزع بين 46% غاز و 29% فيول بالإضافة إلى 11% غاز مسال و 13% وقود نووي (الشكل 12).

كما يبين (الشكل 13) بشكل مقارن توزيع الكهرباء المولدة عام 2030 للسيناريو المرجعي وسيناريو التخفيف حيث يلاحظ أن حوالي 11% من الكهرباء سيولد بالطاقة المتجددة (بما فيها المائية) مقارنة مع حوالي 3% للسيناريو المرجعي. وستتم حصة الدارة المركبة لتصل إلى 46% مقارنة مع 31% للسيناريو المرجعي.



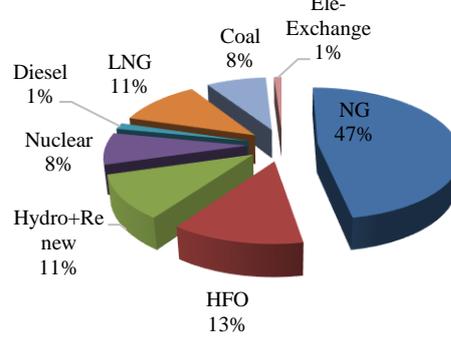
الشكل 12. توزيع حصص الوقود المستهلك في التوليد الكهربائي (سيناريو تخفيف الانبعاثات).

Electricity Production by Type of Generation in 2030 (total 148 TWh)



السيناريو المرجعي

Electricity Production by Type of Generation in 2030 (total 143 TWh)



سيناريو تخفيف الانبعاثات

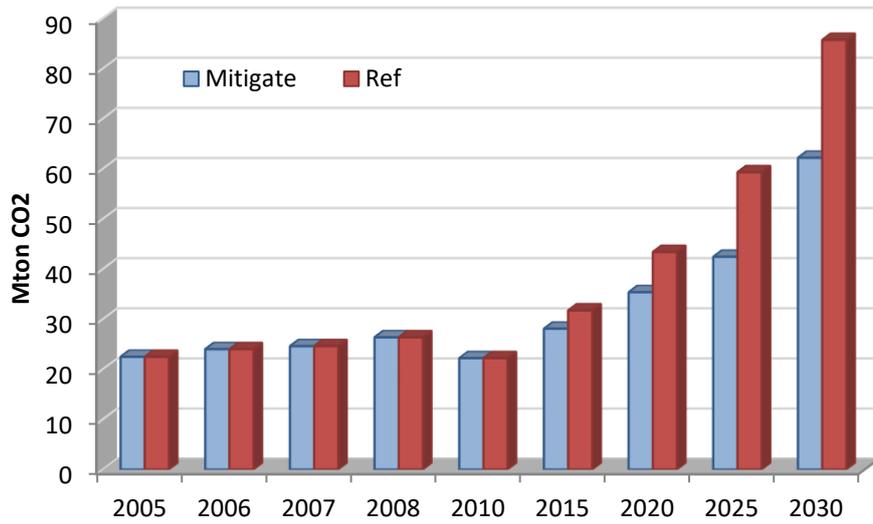
الشكل 13. توزيع الكهرباء المنتجة عام 2030 حسب نمط التوليد للسيناريو المرجعي وسيناريو التخفيف

3.3 مقارنة انبعاثات غازات الدفيئة للسيناريوهين

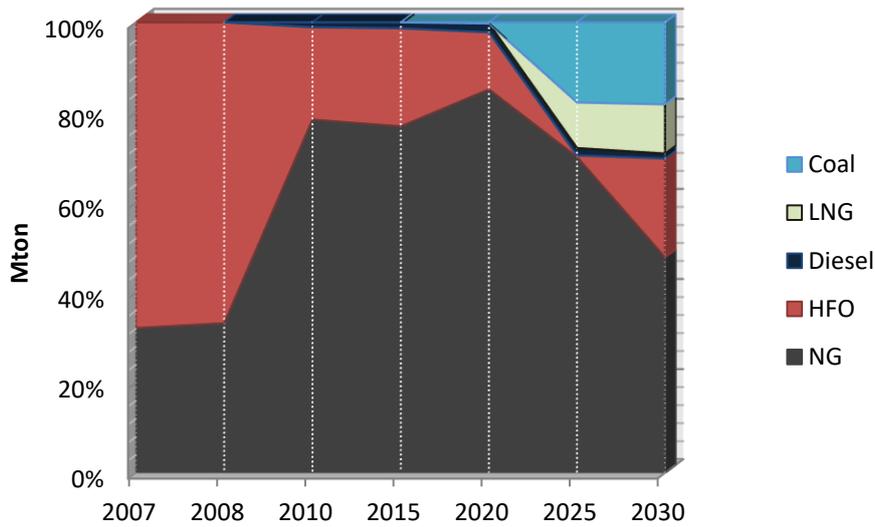
تظهر المقارنة تراجع كميات انبعاثات غازات الدفيئة (CO2) لسيناريو التخفيف مقارنة مع المرجعي (الشكل 14). حيث يلاحظ أن تراجع الانبعاثات ستبدأ اعتباراً من عام 2010 بكمية بسيطة تبلغ حوالي 11 كيلوطن ثم ستنمو لتصل إلى حوالي 3.7 مليون طن، 8 مليون طن، 17 مليون طن و 23 مليون طن للأعوام 2015، 2020، 2025 و 2030 على التوالي مسجلةً بذلك معدل تراجع سنوي وسطي يقرب من 13% للفترة 2015-2030. وتدل هذه القيم إلى أن معدل

خفض الانبعاثات لسيناريو التخفيف مقارنة مع السيناريو المرجعي سيصل عام 2015 إلى حوالي 11% ثم سينمو إلى حوالي 27% عام 2030.

ويظهر (الشكل 15) التطور النسبي في معدل الانبعاثات حسب نمط الوقود، حيث يلاحظ التزايد المضطرب في حصة الغاز الذي سيزيح الفيول المسيطر حالياً وصولاً لعام 2020، وهي الفترة التي يتوقع فيها وصول الغاز المتاح للتوليد لقيمه العظمى ثم ستتراجع حيث ستعوض المساهمة المتزايدة للطاقات المتجددة والطاقة النووية هذا التراجع.



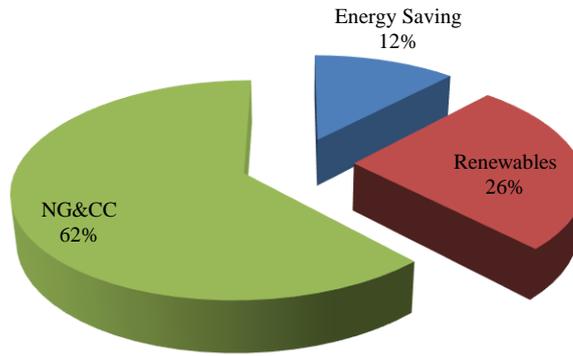
الشكل 14. مقارنة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للسيناريو المرجعي وسيناريو التخفيف



الشكل 15. تطور إصدار قطاع التوليد لثاني أكسيد الكربون حسب نمط الوقود وفق سيناريو التخفيف.

للقوف على كميات الخفض المحققة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب إجراء التخفيف المعتمد لعام 2030 يوضح (الشكل 16) التوزع النسبي لمعدلات خفض الانبعاثات حسب الإجراءات الرئيسية المتخذة في سيناريو التخفيف لعام 2030. حيث يلاحظ أن التحول للاعتماد على الغاز ومن ثم الدارة المركبة عوضاً عن المحطات البخارية العاملة على الفيول قد ساهم في عملية الخفض بنسبة 62%، تلاه الطاقة المتجددة التي أزاحت الوقود الأحفوري بنسبة 26% ثم إجراءات تخفيض الفاقد وترشيد الاستهلاك التي ساهمت بنسبة 12% من مجمل كميات الخفض المحققة لعام 2030. وتدل هذه النتيجة على الأهمية البالغة لرفع مساهمة الغاز في قطاع التوليد لما لذلك من أثر حاسم في خفض انبعاثات غازات الدفيئة وتحقيق معيار التطور المستدام لقطاع الطاقة في بعده البيئي.

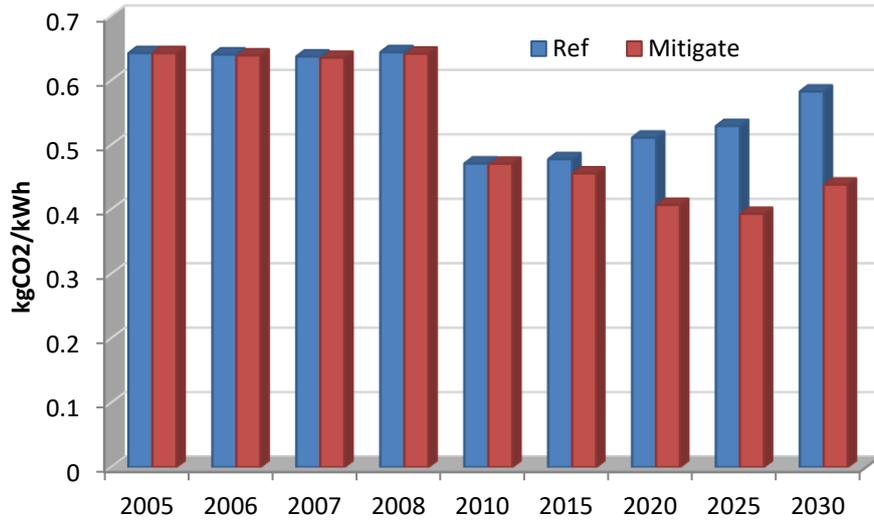
Co2 Reduction in 2030 (23.6 Mton)



الشكل 16. الخفض المتوقع تحقيقه في انبعاثات CO2 حسب إجراء التخفيف المعتمد لعام 2030.

(NG&CC: استبدال الفيول الثقيل بالغاز والاعتماد على الدارة المركبة، Renewables: رفع مساهمة الطاقات المتجددة، Energy Saving: تفعيل إجراءات ترشيد وحفظ الطاقة بما فيها تخفيض ضياعات النقل والتوزيع في الشبكة الكهربائية).

وبين (الشكل 17) التطور المتوقع في معدلات الإصدار النوعي لغازات الدفيئة لوحد الكهراء المولدة في قطاع التوليد لسيناريو التخفيف مقارنة مع السيناريو المرجعي. حيث يلاحظ أن إجراءات التخفيف المتخذة والتي ستقلل من الاعتماد على الفيول المستخدم في العنفات البخارية لصالح الغاز الطبيعي والدارة المركبة، إضافة للإجراءات الأخرى ستساعد في خفض الإصدار النوعي من ثاني أكسيد الكربون لكل كيلوواط ساعي مولد من 0.64 kgCO2/kWh عام 2007 إلى حوالي 0.4 kgCO2/kWh عام 2030 لسيناريو التخفيف مقارنة بحوالي 0.58 kgCO2/kWh لسيناريو المرجعي. وهو ما يقابل تراجع يصل إلى حوالي 25% في معدل الإصدارات النوعية لنظام التوليد الكهربائي السوري.



الشكل 17. التطور المتوقع لمعدلات الإصدار النوعي لغازات الدفيئة في قطاع التوليد لسيناريو التخفيف مقارنةً مع السيناريو المرجعي لغاية عام 2030.

الاستنتاج

ستتمو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للسياريو المرجعي من حوالي 24.6 مليون طن عام 2007 إلى ما يقرب من 86 مليون طن عام 2030 مقارنةً مع 62 مليون طن لسياريو التخفيف مسجلاً بذلك خفضاً يزيد عن 14 مليون طن CO2 عام 2030. وستصل القيمة التجميعية لكمية الانبعاثات المتوقع خفضها طيلة فترة الدراسة لحوالي 200 مليون طن CO2. وعليه فإن الإجراءات المتبناة في سياريو التخفيف والمتمثلة بزيادة حصة تكنولوجيات التوليد النظيفة المتمثلة بالدارة المركبة المعتمدة على الغاز والطاقات المتجددة إضافة لإجراءات ترشيد وحفظ للطاقة بما فيها خفض الفاقد في منظومة النقل والتوزيع، ستؤدي إلى نتائج ملموسة في خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لنظام التوليد. وسيبدأ أثر الإجراءات المفترضة اعتباراً من عام 2015 حيث دلت المقارنة مع السياريو المرجعي أن معدل الخفض سيصل عام 2030 إلى حوالي 27% من مجمل انبعاثات قطاع التوليد للسياريو المرجعي.

وبتحليل نتائج سياريو التخفيف يتضح أن تخفيض الانبعاثات المحقق مقارنةً بالسياريو المرجعي يعود بالدرجة الأولى لزيادة مساهمة الغاز والدارة المركبة في عملية التوليد، وتنامي حصة الطاقات المتجددة التي ستصل مساهمتها إلى 11% من الكهرباء المولدة عام 2030 مقارنة مع نسبة لا تتعدى 3% للسياريو المرجعي، إضافة إلى إجراءات خفض الفاقد الكهربائي في عمليات النقل والتوزيع. وتحديداً تدل النتائج بخصوص مجمل كميات الخفض المحققة لعام 2030 أن التحول للاعتماد على الغاز ومن ثم الدارة المركبة عوضاً عن المحطات البخارية العاملة على الفبول قد ساهم في عملية الخفض بنسبة 62%، تلاه الطاقة المتجددة التي أزاحت الوقود الأحفوري بنسبة 26% ثم إجراءات تخفيض الفاقد وترشيد الاستهلاك التي ساهمت بنسبة 12%. وتؤثر هذه النتيجة إلى أهمية رفع مساهمة الغاز في عملية التوليد الكهربائي لما لذلك من أثر حاسم في خفض انبعاثات غازات الدفيئة ما يمكن أن يساعد في دعم التوجه نحو تحقيق معيار التطور المستدام لقطاع الطاقة في بعده البيئي.

المراجع

- [1] Final Energy Balance for the year 2005, Ministry for Electricity.
- [2] 2007 Technical Statistical Report, Ministry of Electricity, Damascus, 2003-
- [3] Statistical Abstract 2007, Central Bureau for Statistic.
- [4] استراتيجية استخدام وتطوير الطاقة الكهربائية، هيئة تخطيط الدولة 2005.
- [5] اللجنة الوطنية لدراسات الطاقة، تحليل تطور الطلب النهائي على الطاقة في سورية للفترة 2005-، 2030، رئاسة مجلس الوزراء، 2008، التقرير قيد الصدور
- [6] A. Hainoun, M. K. Seif-Eldin, A. Alkhatib, S. Almoustafa, 2004. Analysis of Energy and Electricity Demand Projection and Identifying the Optimal Expansion Strategy of Electric Generation System in Syria (Covering the period 1999-2030), AECS-NE/FRSR 316
- [7] A. Hainoun, M. K. Seif-Eldin, S. Almoustafa, 2005. Analysis of the Syrian Long-Term Energy Projection Using End-Use Methodology, Energy Policy. and Electricity Demand
- [8] . Formulating an Optimal Long-term 2009 A. Hainoun, M. K. Seif-Eldin, S. Almoustafa, Energy Supply Strategy for Syria using MESSAGE Approach, Energy Policy
- [9] Gas Movement in Syria, Ministry of Oil and Minerals resources (2009)
- [10] Manual for the UNFCCC non-Annex I, GHG Inventory Software, Version 1.3.2
- [11] التقرير الاقتصادي العربي الموحد 2005، الربط الكهربائي بين الدول العربية، صندوق النقد العربي
- [12] التقرير الإحصائي السنوي 2004-2008، منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط (أوبك)
- [13] النشرة الإحصائية 2004-2008، الاتحاد العربي لمنتجات وناقلي وموزعي الكهرباء

رد على تعليقات هيئة تخطيط الدولة:

المعطيات الواردة في التقرير حول الاستهلاك النهائي للسنة الأساس 2005 هي المعتمدة لدى اللجنة الوطنية لدراسات الطاقة -المنبثقة عن رئاسة مجلس الوزراء- والتي قامت بتجميع وتدقيق واعتماد البيانات لهذه السنة التي اعتمدت رسمياً كسنة أساس في وضع الإستراتيجية الوطنية للطاقة. وقد روعي في هذا الميزان الاستهلاكات الإضافية التالية التي يبدو أنها غير متضمنة في الجداول الواردة لهيئة تخطيط الدولة، والتي كان معدو الميزان سابقاً ينظرون إليها كضياعات، بينما هي استهلاك صناعي (وجزئياً منزلي في حالة ضياعات الكهرباء):

استهلاك الفيول الثقيل في المصافي لتغطية الاستهلاك الذاتي وتوليد الكهرباء داخل المصافي،

استهلاك الغاز في العمليات الإنتاجية للشركة السورية للنفط،

جزء من الاستهلاك غير المشروع للكهرباء.

علماً أن ميزان الطاقة المتوافر لدى مركز بحوث الطاقة عن سنة 2005 كان قد أعد بالتعاون بين المركز واللجنة الوطنية (انظر المرجع [5] قيد الصدور).