Journal of Nature, Life and Applied Sciences
Volume (5), Issue (3): 30 Sep 2021
P: 108 - 134

ISSN: 2522- 3356

مجلة العلوم الطبيعية والحياتية والتطبيقية
المجلد (5)، العدد (3): 30 سبتمبر 2021م
ص: 108 - 134

Electricity production and its effects on carbon dioxide emissions in the Kingdom of Saudi Arabia

Zakiah Radhi Alhajji

Mohamed Elsayed Hafez Ali

College of Arts || King Saud University || KSA

Abstract: Because of increased demand for electrical energy in the Kingdom of Saudi Arabia, which has resulted in an increase in carbon dioxide emissions, the electricity system in the Kingdom of Saudi Arabia is the largest in the Gulf region and the Arab world, with approximately 61.7 gigatons (GW) of peak demand and 89.2 gigatons (GW) of available capacity in 2018 of electricity power. It has grown rapidly over more than 20 years and has almost doubled in size since 2000. Where we observe that the total carbon dioxide emissions in the Kingdom of Saudi Arabia from 1990 to 2020; where shows rapid growth in emissions of carbon dioxide and greenhouse gases, as it was found that CO2 emissions in 1990 amounted to 151 million metric tons compared to 2011 when it reached about 435 million metric tons, and the increase continued until 2020 when it reached about 530 million metric tons. The comprehensive study relied on time series analysis to carefully analyze the electric energy productivity rate from fossil fuels and the significant amount of carbon dioxide emissions typically resulting from promptly burning fossil fuels to naturally produce electric energy. Therefore, the Kingdom of Saudi Arabia, through Vision 2030 and the Paris Agreement on Climate Change, looks to reduce the rate of carbon dioxide emissions in the field of electric power generation by diversifying the fuels used or replacing them with clean and renewable energy such as solar and wind energy.

Keywords: electric power generation, fossil fuels, carbon dioxide emissions, kingdom of Saudi Arabia.

إنتاج الكهرباء وآثاره في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية

زكيه راضي الحاجي

محمد السيد حافظ علي

كلية الآداب || جامعة الملك سعود || المملكة العربية السعودية

المستخلص: بسبب زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية، مما أدى إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، فإن نظام الكهرباء في المملكة العربية السعودية هو الأكبر في منطقة الخليج والعالم العربي، بحوالي 61.7 جيجا واط من ذروة الطلب على الطاقة الكهربائية و89.2 جيجا واط من السعة المتاحة في عام 2018. وقد نمت بسرعة على مدى أكثر من 20 عامًا وتضاعف حجمها تقريبًا منذ عام 2000. حيث نلاحظ أن إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية من عام 1990 إلى 2020؛ حيث تظهر نمو سريع في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وغازات الاحتباس الحراري، حيث تبين أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في عام 1990 بلغت 151 مليون طن متري مقارنة بعام 2011 عندما وصلت إلى حوالي 435 مليون طن متري، واستمرت الزيادة حتى عام 2020 عندما وصلت إلى حوالي 530 مليون طن متري. اعتمدت الدراسة الشاملة على تحليل السلاسل الزمنية لتحليل دقيق لمعدل إنتاجية الطاقة الكهربائية من الوقود الأحفوري والكمية الكبيرة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عادةً عن الاحتراق الفوري للوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة الكهربائية بشكل طبيعي. لذلك، تسعى المملكة العربية السعودية، من خلال رؤية 2030 واتفاقية باريس بشأن

تغير المناخ، إلى خفض معدل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في مجال توليد الطاقة الكهربائية من خلال تنويع الوقود المستخدم أو استبداله بالطاقة النظيفة والمتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

الكلمات المفتاحية: توليد الطاقة الكهربائية، الوقود الاحفوري، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، المملكة العربية السعودية.

1- المقدمة.

يعد قطاع الكهرباء في المملكة العربية السعودية أحد أكبر القطاعات في منطقة الخليج العربي، وتشير التوقعات إلى زيادة الطلب على الكهرباء في المملكة العربية السعودية بحلول عام 2030م. وتوجد العديد من المصادر لتوليد الكهرباء وعلى الرغم ذلك يُشكل حرق الوقود الاحفوري أكثر المصادر شيوعاً وأرخص التقنيات في الوقت الحالي، وهو عبارة عن تحويل الطاقة الحرارية إلى حركة ميكانيكية ومن ثم كهرباء ويشكل هذا التحويل 71% من توليد الكهرباء في العالم. ويعد الفحم من المصادر التي تعتبر أكثر شيوعاً ورخيصة لتوليد الكهرباء ويمثل نسبة 51.5%، يليه الغاز 16%، ومن ثم النفط 3% (Nemzer, 2005). وفي هذه الدراسة سوف نركز على أهمية تنويع واستدامة إمدادات الطاقة كأحد المجالات الأساسية لإصلاح قطاع الكهرباء في المملكة العربية السعودية، ومشاركة القطاع الخاص تماشياً مع الأهداف والأولويات الاستراتيجية في رؤية 2030. ونلاحظ أن الغاز الطبيعي والطاقة الشمسية تلعب دور بالغ الأهمية في مزيج الطاقة في المملكة العربية السعودية.

على الرغم من زيادة الطلب على توليد الكهرباء في جميع أنحاء العالم، إلا أن الطلب عليها في المملكة العربية السعودية زاد بمعدل ثلاثة مرات عن المتوسط العالمي خلال السنوات القليلة الماضية (Meed, 2008)؛ هناك أسباب عديدة لأسباب زيادة الطلب على الكهرباء في المملكة العربية السعودية من أهمها السلوك الاقتصادي الأعلى من المتوسط معدل النمو، وتشجيع المشاريع التنموية الضخمة في القطاعات المحلية والخدمية والبنية التحتية على وجه الخصوص في المملكة العربية السعودية. وايضاً تلعب الظروف المناخية دوراً بارزاً ومهماً في زيادة الطلب على توليد الكهرباء؛ وهذه الزيادة ناجمة عن سبب زيادة القبول لأجهزة التكييف باعتبارها من الأجهزة المنزلية والمكتبية الضرورية، وعدم وجود حل بديل لمكيفات الهواء الكهربائية في موجات الصيف الحارة في المملكة العربية السعودية.

وتعتبر تسعيرة الكهرباء التي تفرضها الدولة من اهم الأسباب التي أدت سابقاً لزيادة الطلب على الكهرباء في المملكة العربية السعودية حيث كانت معفاة من الضرائب حتى بداية عام 2018م؛ ومن ثم تم انشاء استراتيجية اللوائح الجديد للقراءة عدادات الكهرباء والعدادات الذكية وفرض الضرائب على كمية الطلب من الكهرباء وتعتبر هذه الاستراتيجيات مساهمة في تقليل الطلب على الكهرباء من اجل تقليل حرق الوقود الاحفوري الذي يسبب زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة.

يتمثل نظام الكهرباء في المملكة العربية السعودية الأكبر في منطقة الخليج والعالم العربي؛ حيث بلغ 61.7 جيجا واط (GW) من ذروة الطلب و89.2 جيجا واط (ECRA, 2019) من الطاقة المتاحة في عام 2018م. وقد نمت بسرعة خلال أكثر من 20 عاماً، ولوحظ تضاعف حجمها تقريباً منذ عام 2000م (EIA, 2016). وزادت ذروة الطلب من 35 جيجا واط في عام 2007م إلى 61.7 جيجا واط في عام 2018م (ECRA, 2019)، مسجلاً متوسط الزيادة السنوية في الطلب بنسبة 5.31% بين عامي 2007م- 2018م. وبناءً على الدراسة السابقة بينت مقدار الزيادة في الحمل الذروي السنوي من عام 2015م إلى عام 2019م حيث بلغ ذروة الحمل السنوي 62.260 ميجا واط إلى 62.076 ميجا واط على التوالي.

مشكلة الدراسة:

وبسبب زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية على مر السنين، ومن المتوقع أن تستمر في الزيادة مع النمو الاقتصادي السريع. وبالنظر إلى أن محطات الطاقة الكهربائية في المملكة تعتمد في المقام الأول على الوقود الاحفوري لتوليد الطاقة الكهربائية، فإن هذا سيؤدي إلى زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة بشكل عام وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بشكل خاص. ومن المؤكد أن يسبب النمو الاقتصادي السريع وزيادة استهلاك الطاقة الأحفورية مع التوسع الحضري السريع في مشاكل بيئية حادة، ذلك ووفقاً لتقارير وكالة الطاقة الدولية (IEA, 2018)؛ حيث زادت انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن قطاع الطاقة بنسبة 5.44% (624,990.0 جيجا جرام) من عام 1996حتى عام 2018 م. ولذلك اتخذت المملكة العربية السعودية تدابير للحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة من خلال التصديق على اتفاقية باريس المناخية، ومتزامنة في نفس الوقت مع المضي قدماً نحو تحقيق رؤية 2030 خطة طموحة لمعالجة مختلف التحديات الاقتصادية والإنمائية الوطنية والمحافظة على الموارد الطبيعية ويعد ذلك تحدياً كبيراً لقطاع الطاقة في المملكة العربية السعودية حينما يواجه خطط للتكيف مع لوائح بيئة أكثر صرامة في المستقبل. وفي ضوء تلك المؤشرات تتحدد مشكلة الدراسة في الأسئلة التالية:

1- ما كمية استهلاك الطاقة الكهربائية حسب فئات الاستهلاك على مستوى مناطق المملكة العربية السعودية؟
2- ما آثر زيادة نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية في زيادة كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية؟
3- ما الحلول الممكنة والبديلة في طريقة إنتاج الطاقة الكهربائية لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية؟

أهداف الدراسة:

تسعى الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

1- تحديد كمية استهلاك الطاقة الكهربائية حسب فئات الاستهلاك على مستوى مناطق المملكة العربية السعودية.
2- تقييم آثر نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية في زيادة كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية.
3- تحديد الحلول الممكنة والبديلة في طريقة إنتاج الطاقة الكهربائية لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية.

أهمية الدراسة:

يعد اتفاق باريس "Accord de Paris" عام 2015 أول اتفاق عالمي بشأن تغير المناخ؛ حيث قدم مشروع الاتفاق النهائي في الجلسة العامة، وتم التصديق عليه من قبل 195 دولة من ضمنها المملكة العربية السعودية، بهدف رئيسي يتمثل في تعزيز الاستجابة من خلال العمل الدولي لمواجهة أخطار تغير المناخ، بما فيها الحفاظ على الارتفاع في درجات الحرارة العالمية ضمن معدلات لا تتجاوز درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية، واكدت المملكة على التزامها العمل مع المجتمع الدولي للحد من غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة، وتعزيز سبل التكيف مع انعكاساتها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. وعليه تم وضع الرؤية البيئية للمملكة العربية السعودية في إطار رؤية المملكة 2030 لتعزيز الاستجابة من خلال المشاركة الدولية لمواجهة أخطار تغير المناخ، من

خلال اتخاذ التدابير والإجراءات وتفعيل نظم تعزز الكفاءة تعتمد على الطاقة المتجددة وبالأخص الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لما تحتويه أراضي المملكة من إمكانات، ومن المؤكد أن هذه النظم سوف تسهم في خلق مستقبل أكثر ازدهاراً وشمولاً. وعليه يمكن حصر أهمية الدراسة فيما يلي:

1- أن موضوع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة من الموضوعات غير المغطاة ضمن البناء النظري لدراسات المناخ التطبيقي في المملكة العربية السعودية.
2- البحث عن مقترحات وحلول حول زيادة استهلاك الطاقة التقليدية من حرق الوقود الاحفوري في محطات توليد الطاقة الكهربائية، وزيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة في قطاع الطاقة، واستبدالها بطاقة نظيفة ومتجددة هي: استكمال وتوضيح لبعض الجوانب تُمكن من إضافة معرفة جديدة.

2- منهجية الدراسة:

أ- منهج الدراسة:

سوف تتبع الدراسة المنهج التطبيقي؛ حيث تعتمد على التطبيق المباشر لموضوع الدراسة باعتبار موضوع خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من الموضوعات التطبيقية المميزة في مجال علم المناخ التطبيقي، ذلك ويسهم هذا المنهج في حل المشكلات المتعلقة بغاز ثاني أكسيد الكربون وتلك التي تعوق خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية، بالإجابة على تساؤلات ماهي أسباب زيادة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وماهي الحلول المتوقعة لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. كذلك سوف تعتمد الدراسة على المنهج التحليلي في دراسة كمية توليد الطاقة الكهربائية المنتجة عن طريق الوقود الاحفوري في المملكة العربية السعودية، وأثرها في زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية وذلك من خلال دراسة تحليل بيانات كمية الطاقة المنتجة من توليد الطاقة الكهربائية، وكمية الاستهلاك القطاعات المختلفة على مستوى مناطق المملكة العربية السعودية، وايضاً دراسة نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية وآثره في زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

وسوف تعتمد الدراسة على توضيح الاتجاه العام لاستهلاك الطاقة الكهربائية أو استعمال الوقود الاحفوري في إنتاج الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية خلال الفترة 1990م – 2020م؛ لتقدير كمية الانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة الناتجة عن استعمال حرق الوقود الاحفوري في إنتاج الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية. حيث تعد متغير الزمن المستقل (t) والقيم المناظرة لهُ المتغير التابع (y) وأن كل قيمة في الزمن (t) يقابلها قيم المتغير التابع (y) فإن y دالة في الزمن t أي:

$$y = F\ (t)$$

سوف تستخدم الدراسة السلاسل الزمنية في دراسة الاتجاه العام لاستهلاك الكهرباء المعتمدة في إنتاجها على حرق الوقود الاحفوري في المملكة العربية السعودية.

ب- مصادر البيانات:

تم الحصول على البيانات الأولية والثانوية الخاصة بالدراسة من عدة مصادر من أهمها:

1- المقابلات الشخصية: تعتمد الدراسة على إجراء المقابلات الشخصية مع بعض من قطاعات الحكومية والقطاعات الخاصة مثل الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة، ووزارة الطاقة، واللجنة الوطنية لآلية التنمية النظيفة، وشركة ارامكو.

2- اعتمدت الدراسة في الحصول على البيات المتعلقة بثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة من وكالة الطالقة الدولية (IEA) للفترة الزمنية 1990 الى 2017، وكذلك سوف يتم التنبؤ المستقبلي لبيانات السنوات الناقصة والسنوات القادمة 2018- 2019- 2030 اعتماداً على ماورد من بيانات في الهيئة العامة للأرصاد الجوية وحماية البيئة.

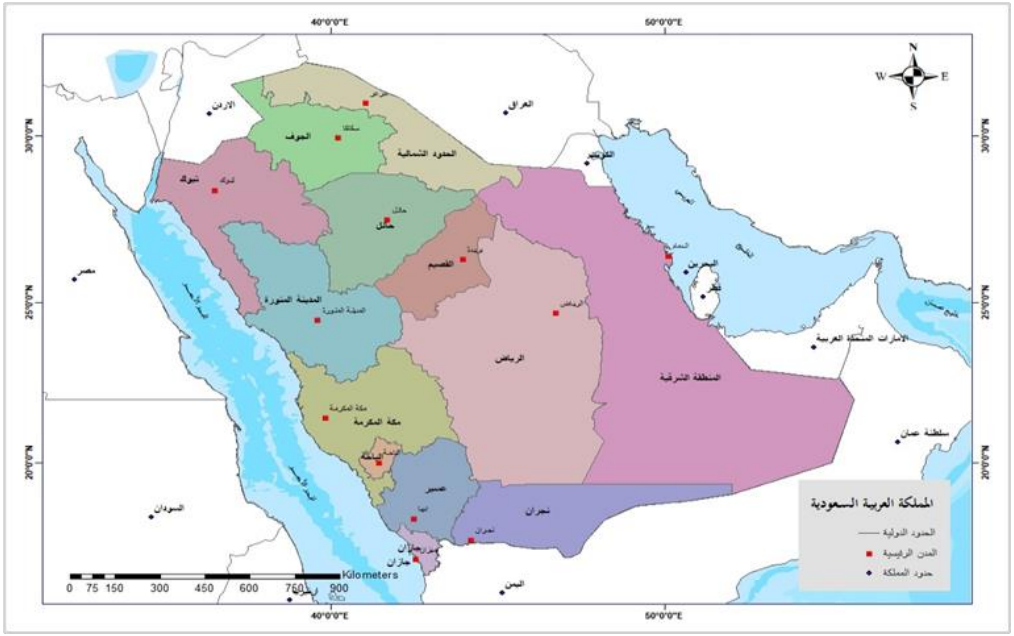
ج- حدود الدراسة:

1- الحدود المكانية:

تمتد المملكة العربية السعودية ما بين الخليج العربي شرقاً إلى البحر الأحمر غرباً، ويحدها من الشمال الكويت والعراق والأردن، ومن الشرق الإمارات وقطر والبحرين، ومن الجنوب والجنوب الغربي اليمن وسلطنة عمان، وتقدر مساحتها بـ 2.000.000 مليون كم^2 (الهيئة العامة للإحصاء، 2020م). وتنحصر الحدود فلكياً بين دائرتي عرض 162246°و 321400°شمالاً، وبين خطي طول 342930°و554000° شرقاً (النافع، 2004م) شكل (1).

2- الحدود الزمانية:

ترتبط الدراسة بالبعد الزمني للظاهرة الجغرافية المراد دراستها، المتمثلة في نسب ارتفاع وانخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية وذلك بسبب توليد الطاقة الكهربائية المعتمدة على الوقود الاحفوري في خلال الفترة من عام 1990م حتى عام 2020م، التي تعد محصلة اعتماد النشاط البشري والاقتصادي في استهلاكه على الطاقة الأولية.



شكل (1): الموقع الجغرافي للمملكة العربية السعودية، المصدر: إعداد الباحثة.

د- الأدوات والبرمجيات:

سوف تعتمد الدراسة على عدد من الأدوات البحثية والأساليب العلمية كاستخدام برنامج SPSS لمعالجة البيانات الكمية وتحليلها، واستخدام برنامج ArcMap، وبرنامج Grapher11 لإدخال البيانات سواء أكانت كمية أم نوعية، وتحويلها إلى بيانات مصنفة لأمكن تعديلها وتحليلها وعرض النتائج بمنهجية إعداد قواعد البيانات واستنباط نموذج الملاءمة.

3- الدراسات السابقة

- دراسة **Frank Muller (2000)** التي ناقشت استعمال ضرائب الكربون والطاقة كأداة لتخيف التغير المناخي في دول أوروبا الشمالية، وأنه يمكن تخفيف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن طريق فرض ضرائب الكربون على المنشآت. وأن اختلفت الضرائب في أنوعها بين أوروبا وأستراليا والولايات المتحدة في تطبيقها. أيضا ناقشت الدراسة استراتيجيات لتطوير ضرائب الكربون من اجل فرض الحكومات الضرائب على المنشآت المخالفة في كمية إنتاج الكربون.
- دراسة **Richard L. Ottinger (2000)** التي استعرضت الهياكل القانونية المستخدمة للتخفيف من تغير المناخ عن طريق تطبيق العديد من البرامج الناجحة للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة في الدول المتقدمة الصناعية والنامية عن طريق استخدام الطاقة النظيفة كحل لمشكلات التغير المناخي في جميع أنحاء العالم. كما عرضت الاليات والتنظيمات والبرامج التي تساعد من الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة في الدول المتقدمة والنامية والمنشآت الصغيرة والكبيرة، وكذلك ناقشت البرامج البعيدة المدى في الدول الصناعية من اجل خفض الانبعاثات الغازات الدفيئة.
- دراسة **Rao. S, Riahi. K (2006)** والتي تحلل سيناريوهات للتخفيف من آثار المناخ التي تعمل على تثبيت تأثير الإشعاع العالمي عند 4.5 واط/ م2 مقارنة بأوقات ما قبل الصناعة، أحدى هذه السيناريوهات يسمح فقط بتخفيف ثاني أكسيد الكربون والآخر بتخفيف الغازات الدفيئة. بالإضافة إلى ذلك، عملت الدراسة على التحقيق في مستوى استقرار الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة إلى أقل من 3 واط/ م2، وذلك بالنظر في الآثار المترتبة على استراتيجيات الحد من الانبعاثات. ونتج عن نهج هذه الدراسة المساهمة في تحديد مجموعة من التدابير في مجالات الطاقة والصناعة والقطاع الزراعي لتحقيق الهدف المناخي الرئيسي المقترح.
- دراسة **Steven J, et al. (2010)** وتم فيها حساب الانبعاثات التراكمية المستقبلية من CO2 (282 إلى 701 في سيناريوهات الحد الأدنى والعليا) من احتراق الوقود الأحفوري بواسطة البنية التحتية الحالية بين عامي 2010 - 2060، مما يعني ارتفاع درجة حرارة 1.3 درجة مئوية (1.1 درجة مئوية إلى 1.4 درجة مئوية) أي أعلى من عصر ما قبل الصناعة؛ حيث تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أقل من 430 جزء في المليون.
- دراسة **Jung Hwan Lee. & Gwan Gyu Lee (2012)** كان الهدف الرئيس من الدراسة إجراء تقييم للأثر البيئي على الغازات الدفيئة (GHGs) في جانجنيونج- عن طريق انشاء مشروع تجريبي للمدينة الخضراء المنخفضة الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون- وذلك عن طريق تقديم المساعدة في وضع خطة بيئية حضرية تهدف إلى توسيع نطاق الدراسات عن غاز ثاني أكسيد الكربون والحد من غازات الدفيئة. حيث بينت الدراسة أن إجمالي انبعاثات الغازات الدفيئة في منطقة الدراسة بلغت حوالي 371.270 طناً، وبينت الدراسة أنه بالإمكان خفض من نسبة إجمالي غازات الدفيئة. وتظهر نتيجة تحليل الدراسة أن انبعاثات غازات الدفيئة ناتجة من القطاعات التالية الزراعة، الطاقة، واستخدام الأراضي حيث شكلت جميعها 91% من إجمالي كمية انبعاثات غازات

الدفيئة في منطقة الدراسة. وأشارت نتائج الدراسة إلى ضرورة تركيز خطة خفض انبعاثات الغازات الدفيئة على هذه القطاعات. وبينت الدراسة بإمكان أن تسهم طريقة التقييم لهذه الدراسة في التخطيط البيئي الحضري لمواجهة تغير المناخ؛ حيث يمكن أن توفر تحليلًا كميًا للآثار التي تسهم في الحد من غازات الدفيئة في مناطق مشروع التنمية.

- **دراسة United State(2014)** تهدف الدراسة إلى تحليل الإجراءات المناخية للولايات المتحدة عام 2014؛ حيث تناولت خطة تخفيف انبعاثات الغازات الدفيئة إلى ما دون مستوياتها في عام 2005 إلى 17% بحلول عام 2020م. كما تناقش الدراسة الإجراءات الأمريكية لمساعدة الدول النامية في جهودها للتخفيف والتكيف مع تغير المناخ؛ حيث تعمل الولايات المتحدة على إشراك مجموعة كاملة من المؤسسات ثنائية ومتعددة الأطراف وتمويل التنمية وائتمان الصادرات لتعبئة التمويل الخاص والاستثمار بشكل استراتيجي في بناء مرونة دائمة للتأثيرات المناخية التي لا يمكن تجنبها؛ إلى خفض الانبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات وتدهور الأراضي؛ ودعم استراتيجيات التنمية منخفضة الكربون والانتقال إلى اقتصاد طاقة مستدام ونظيف.
- **دراسة أجرتها جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (2014)** وتهدف إلى ايجاد تقنيات جديدة لعزل الكربون وتعزز مستقبل الطاقة المستدامة، وتوصلت أنه من المحتمل أن يتجاوز تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي 400 جزء في المليون في الوقت الحالي مع معدل نمو يبلغ أكثر من 2 جزء في المليون سنوياً. ذلك وأن 0,5% فقط من ثاني أكسيد الكربون المنبعث يستغل حاليا كطاقة متجددة تستخدم لإنتاج مواد كيميائية مفيدة. وهذا يمثل فرصة جيدة جداً للمملكة لتطوير هذا النوع من المركبات الكيميائية وتعزيز انتقالها من دولة منتجة لثاني أكسيد الكربون إلى دولة رائدة في مجال امتصاص وإعادة استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون بكميات هائلة لإنتاج المواد الكيميائية المفيدة.
- **دراسة أجرتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC (2014)** وتهدف إلى دراسة طرق تثبيت تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند مستوى يحول دون تدخل الأنسان بشكل خطير في نظام المناخ وينبغي بلوغ هذا المستوى في إطار زمني يسمح للنظم الايكولوجية بالتكيف بشكل طبيعي مع تغير المناخ ويضمن عدم تعرض إنتاج الأغذية للخطر ويمكن للتنمية الاقتصادية من المضي على نحو مستدام.

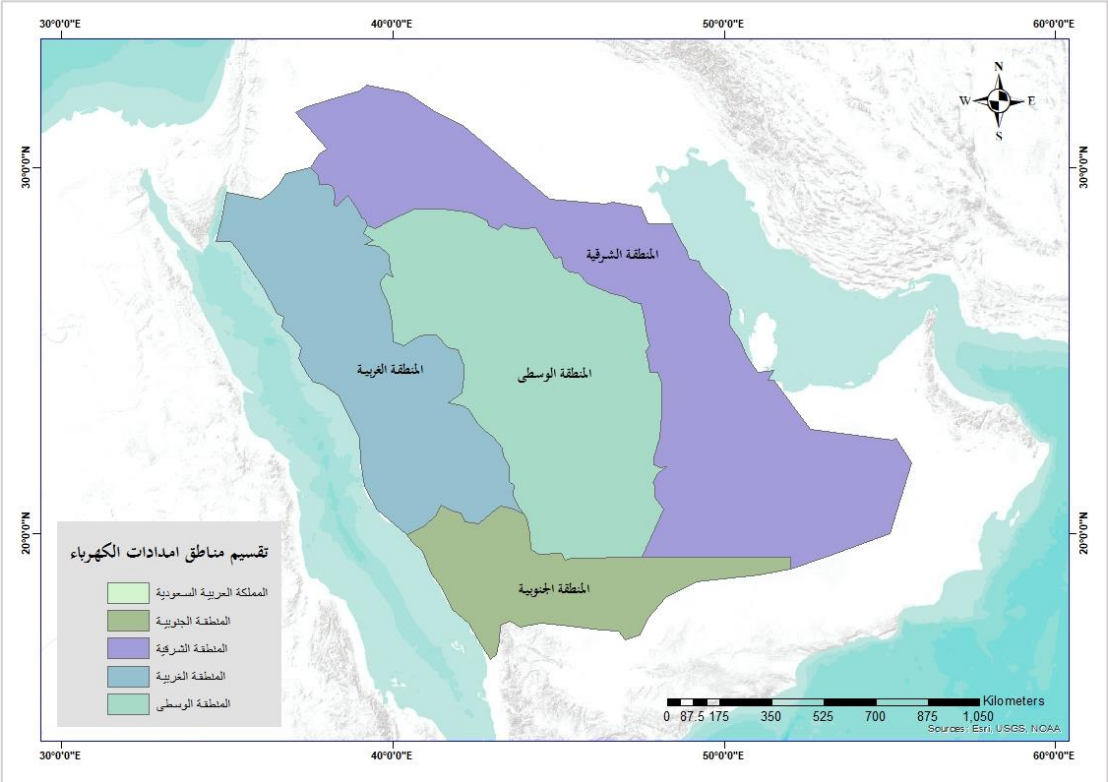
4- التحليل والمناقشة:

اولاً- استهلاك الطاقة الكهربائية حسب مناطق المملكة العربية السعودية:

تم تقسيم شبكة الكهرباء إلى أربع مناطق تشغيل في المملكة العربية السعودية هي كالتالي: المنطقة الشرقية، والمنطقة الغربية، والمنطقة الجنوبية، والمنطقة الوسطى وذلك كما هو موضح في الشكل (2) والشكل (3). ويتبين لنا أن ذروة الطلب موزعة بالتساوي تقريباً بين مناطق التشغيل، باستثناء المنطقة الجنوبية ذات الذروة الأقل. ويوضح الشكل (4) نمط الحمل السنوي أيضاً يظهر اختلافات موسمية كبيرة؛ حيث نلاحظ أن ذروة الطلب ترتفع في فصل الصيف بشكل كبير مقارنة بذروة الطلب في فصل الشتاء. فعلى سبيل المثال في عام 2019م بلغت ذروة الطلب في الصيف حوالي 62.1 جيجا واط في شهر سبتمبر، بينما بلغت ذروة الطلب في فصل الشتاء 35.4 جيجا واط في فبراير. وكان سبب ارتفاع ذروة الطلب خلال أشهر الصيف من (يونيو إلى سبتمبر) التأثير الكبير لارتفاع درجات الحرارة وما يصاحبها من الاستخدام المكثف للتكييف. بينما يوضح الشكل (5) تباينات ذروة الطلب خلال الأشهر لعام 2019م حسب منطقة التشغيل. ويلاحظ مع ركود الطلب منذ عام 2015م، من المتوقع أن تكون ذروة الطلب أقل من

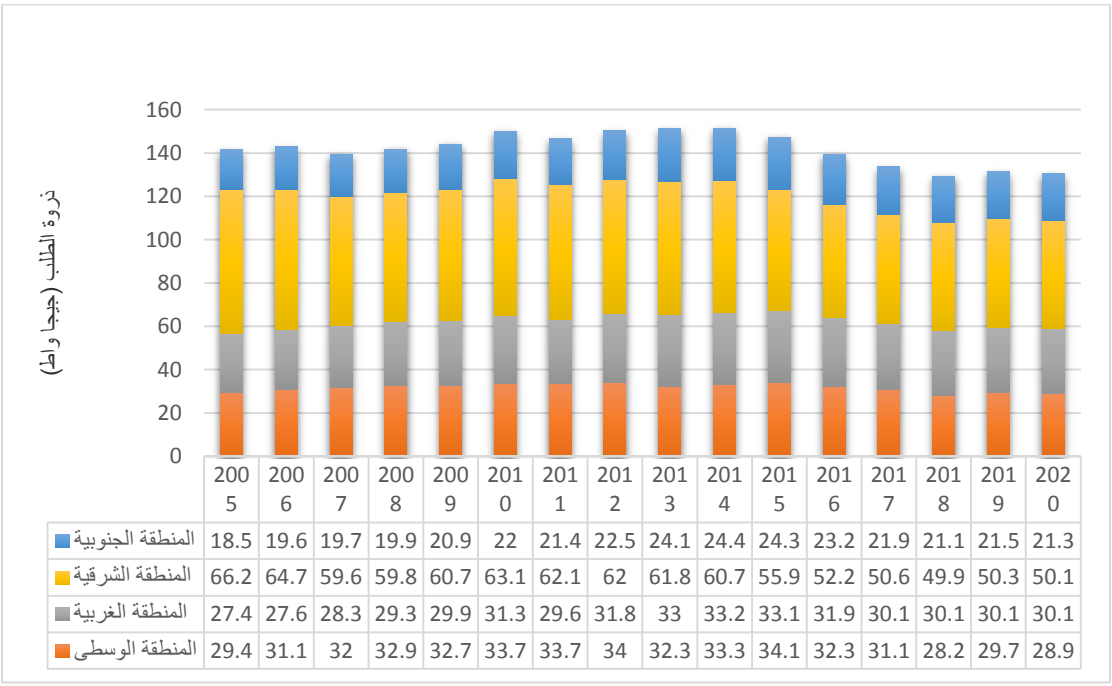
التوقعات السابقة لهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج في المملكة العربية السعودية (120 جيجا واط بحلول عام 2030م).

ويتضح أن إجمالي استهلاك الكهرباء بلغ خلال عام 2007م حوالي 175.05 تيرا واط في الساعة (TWh). هذا الاستهلاك زاد بمعدل متوسط نمو سنوي مركب قدره 5.48%، ليصل إلى 299 تيرا واط في الساعة خلال عام 2018م (ECRA, 2015, 2018) ويعد معدل نمو هذا مرتفعاً عند مقارنته بمتوسط معدل النمو في الدول المتقدمة، والذي يتراوح بين 1- 2% (Pazheri et al. 2011).



شكل (2) تقسيم مناطق امدادات الكهرباء في المملكة العربية السعودية،

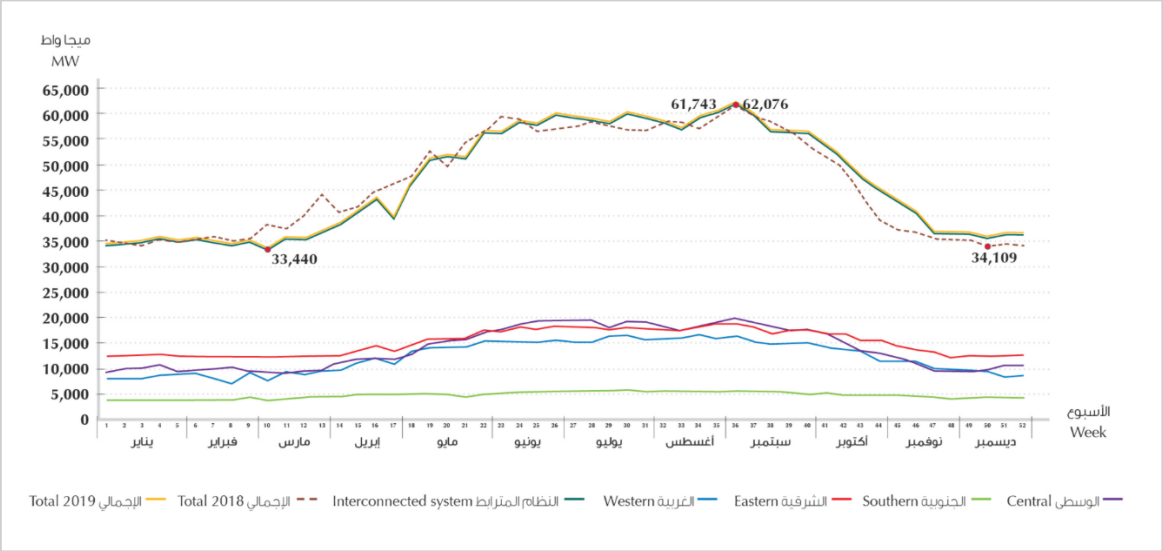
المصدر: معد من قبل الباحثة اعتماداً على بيانات السجل الوطني لصناعة الكهرباء في هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2019م.



	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
المنطقة الجنوبية	18.5	19.6	19.7	19.9	20.9	22	21.4	22.5	24.1	24.4	24.3	23.2	21.9	21.1	21.5	21.3
المنطقة الشرقية	66.2	64.7	59.6	59.8	60.7	63.1	62.1	62	61.8	60.7	55.9	52.2	50.6	49.9	50.3	50.1
المنطقة الغربية	27.4	27.6	28.3	29.3	29.9	31.3	29.6	31.8	33	33.2	33.1	31.9	30.1	30.1	30.1	30.1
المنطقة الوسطى	29.4	31.1	32	32.9	32.7	33.7	33.7	34	32.3	33.3	34.1	32.3	31.1	28.2	29.7	28.9

الشكل (3) مؤشرات الاستهلاك الطاقة الكهربائية حسب مناطق المملكة العربية السعودية 2005م - 2020م،
المصدر: معد من قبل الباحثة اعتماداً على بيانات السجل الوطني لصناعة الكهرباء في هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2019م.

الشكل (4) تغيرات الشهرية في الحمل الذروي في المملكة العربية السعودية 2019م، المصادر: الكتيب الإحصائي السنوي 2019م، وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج.



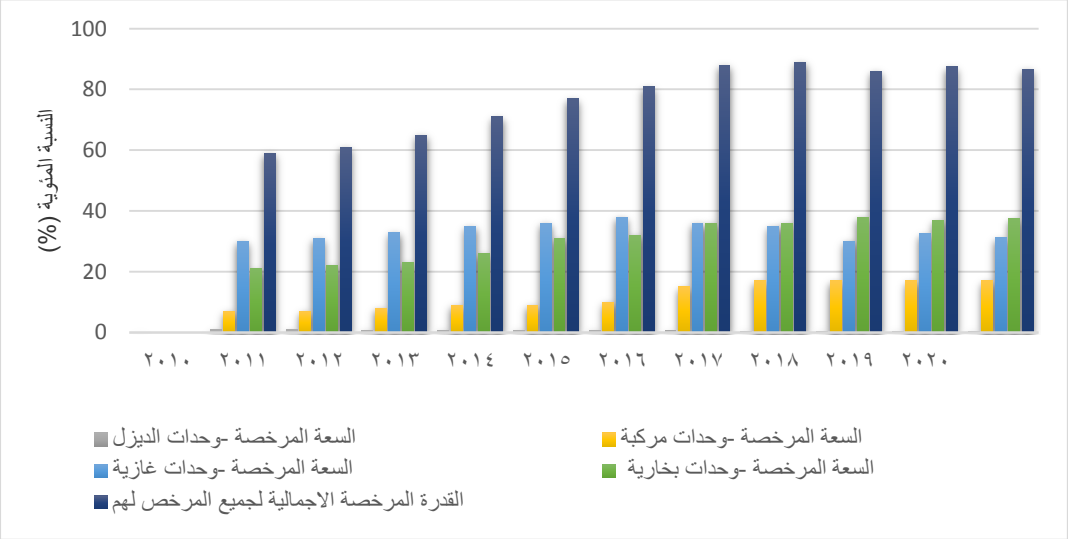
الشكل (5) تغيرات ذروة الطلب من الحمل الذروي الشهرية حسب المناطق المشغلة 2019م،

المصدر: الكتيب الإحصائي السنوي 2019م، وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج.

ثانياً- القدرة الإنتاجية للطاقة الكهربائية حسب التكنولوجيا والوقود:

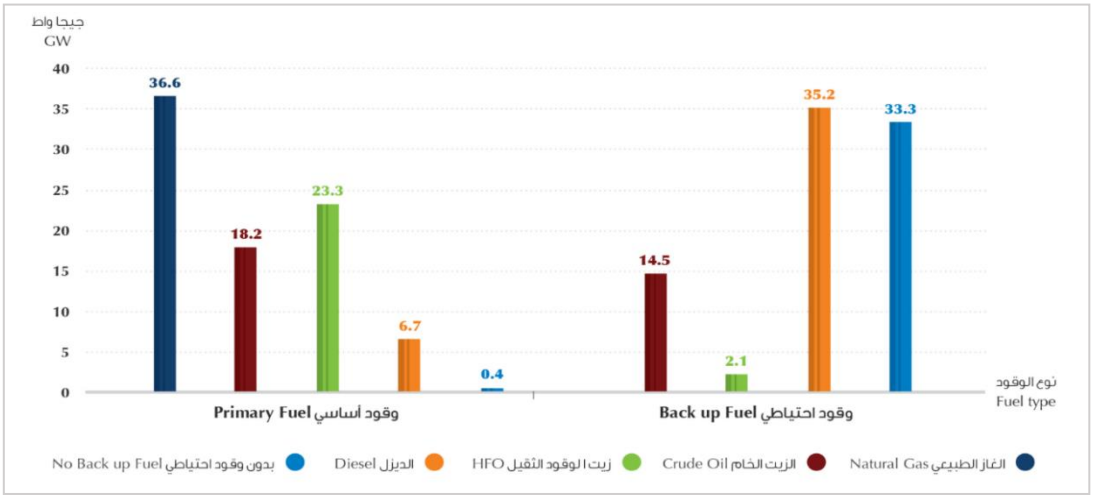
تعتمد المملكة العربية السعودية في إنتاج الكهرباء على الوقود الأحفوري فقط حتى عام 2017م. ويبين الشكل (6) توزيع ما يقارب 86 جيجا واط من طاقة التوليد حسب نوع الوقود والتكنولوجيا. ويوضح الشكل (7) وحدات التوليد حسب نوع الوقود المستخدم لإنتاج الكهرباء والسعة خلال عام 2019م، ويعتبر الغاز الطبيعي والنفط الخام مصادر الطاقة الأساسية لتوليد الكهرباء وتحلية المياه، وأنواع الوقود الأخرى المستخدمة تشمل الديزل وزيت الوقود الثقيل (HFO)، وخلال السنوات الماضية انخفض استخدام التدريجي لديزل في إنتاج الكهرباء وزاد اعتماد قطاع الكهرباء على الغاز الطبيعي والنفط الخام. ولتلبية الاحتياجات المحلية من الطاقة بما في ذلك الكهرباء، تم استخدام ما يقارب من ثلث إجمالي إنتاج النفط الخام البالغ 10.32 مليون برميل خلال عام 2018م في المملكة العربية السعودية (SAMA, 2019).

وتهدف المملكة العربية السعودية إلى تنويع مزيج توليد الطاقة من خلال استخدام مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، لاسيما النفط الخام، وتوجد عدة أسباب وراء تحول سياسة الدولة نحو تنويع مصادرها للطاقة؛ وذلك بسبب ارتفاع الطلب على الكهرباء بشكل ثابت. حيث تبين ذلك أن نسبة الاستهلاك السنوي للكهرباء في المملكة العربية السعودية ارتفع خلال عام 1990م بنسبة 5.86%(ECRA, 2019) . ويعتبر من أهم الأهداف الرئيسة في الرؤية السعودية 2030م التوجه إلى إنشاء اقتصاد مستدام لا يعتمد على النفط فقط، وذلك من خلال مشاركة القطاع الخاص، وسوف تزيد هذه الاستراتيجية من مساهمة مصادر الطاقة المتجددة، خصوصاً بدعم مبادرة الملك سلمان للطاقة المتجددة التي أطلقت في عام 2017م، وذلك من خلال تحفيز القطاع الخاص على لعب دور مهم في تطوير واستثمار مشاريع الطاقة المتجددة في البلاد. وكما هو معروف أن المملكة العربية السعودية لديها القدرة على استغلال الطاقة الشمسية المركزية (CSP)، والطاقة الشمسية الضوئية (PV)، والرياح.



شكل (6) القدرة الإنتاجية للكهرباء حسب التكنولوجيا في المملكة العربية السعودية 2010م – 2020م،

المصدر: معد من قبل الباحثة اعتماداً على بيانات السجل الوطني لصناعة الكهرباء في هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2019م.

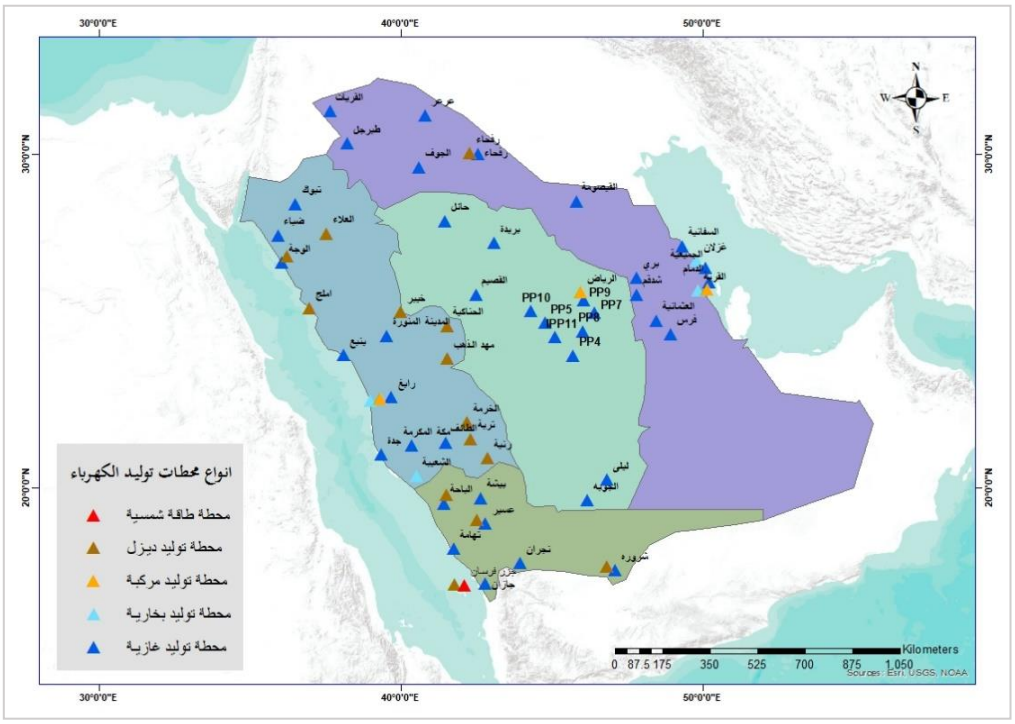


شكل (7) وحدات التوليد الطاقة الكهربائية حسب نوع الوقود والسعة 2019م،

المصدر: الكتيب الإحصائي السنوي 2019م، وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج.

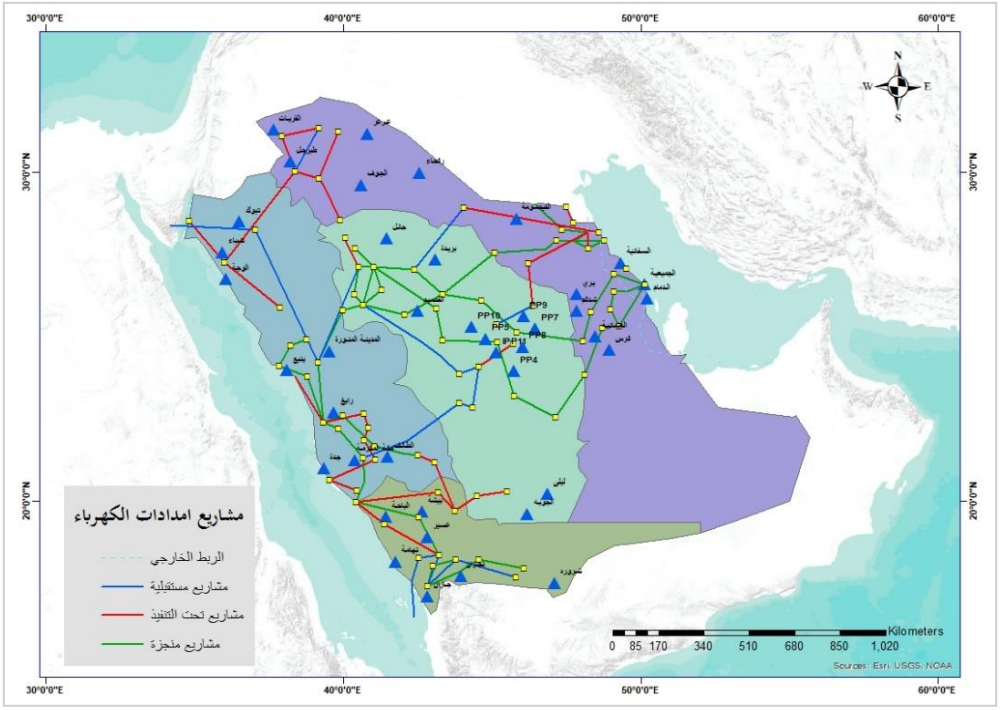
وبينت هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج أن عدد محطات توليد الكهرباء ارتفع خلال الفترة من 1992م إلى 2019م بنسبة تصل إلى 100%، وزاد الإنتاج الصناعي حوالي 70%، وزاد التوسع في استخدام زيت الوقود الثقيل بنسبة 82%، وكل هذا أدى إلى ارتفاع المعدل السنوي لانبعاث الملوثات خلال عام 2014م مقارنة بعام 1990م، فقد ارتفع معدل انبعاث ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والدقائق العالقة بفعل عدم التقيد بالمقاييس البيئية الوطنية، وذلك بحسب ما ورد في دراسات البنك الدولي والهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة عن الحمل الكلي لملوثات البيئة بالمملكة العربية السعودية. ويوضح شكل (8) أنواع محطات توليد الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية، حيث شملت أنواع مختلفة منها محطات توليد غازية، ومحطات توليد بخارية، ومحطات توليد مركبة، ومحطات توليد ديزل، ومحطات طاقة شمسية. ويبين شكل (9) الربط الاستراتيجي

للمملكة العربية السعودية جهد 380 ك.ف. حيث اتخذت المشاريع الربط خطط للإنجاز متعددة منها مشاريع منجزة، ومشاريع تحت التنفيذ، ومشاريع مستقبلية، ومشاريع الربط الخارجي مع دول الجوار.



شكل (8) محطات توليد الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية،

المصدر: معد من قبل الباحثة اعتماداً على بيانات السجل الوطني لصناعة الكهرباء في هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2019م.



شكل (9) الربط الاستراتيجي للمملكة العربية السعودية جهد 380 ك. ف.

المصدر: معد من قبل الباحثة اعتماداً على بيانات السجل الوطني لصناعة الكهرباء في هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2019م.

وبحسب إحصائيات شركة الكهرباء السعودية لعام 2014م فإن المملكة تحتوي حوالي 45 محطة موزعة في جميع أرجاء المملكة العربية السعودية، منها سبع محطات كبيرة لتحلية المياه إضافة إلى عدد آخر من المرافق الصغيرة على الساحلين الشرقي والغربي للمملكة العربية السعودية، وفي عام 2019م تم إضافة 54 محطة تحويل جديدة و26 محطة تعزيز واستكمال ويبلغ إجمالي محطات التحويل 1124 محطة. وقد بلغ استهلاك قطاعي الكهرباء وتحلية المياه في عام 1986م حوالي 900 بيكو جول أو ما يعادل 36% من إجمالي استهلاك المملكة العربية السعودية من الطاقة. وفي عام 1992م وصل معدل الاستهلاك السنوي إلى 1180 بيكو جول بزيادة كلية تساوي 31% (حوالي 5% في السنة). وفي عام 2019م بلغ متوسط الاستهلاك السنوي للطاقة حوالي ثلاثة اضعاف. وبالتوسع في استخدام زيت الوقود الثقيل والزيت الخام استطاع قطاع الكهرباء تحقيق هذه الزيادة من خلال الزيادة في الطلب على الإنتاج من هذه المرافق مما زاد من انبعاثات كل من ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والنتروجين. ويشكل انبعاث ملوثات الهواء من محطات تحلية المياه المالحة وتوليد الطاقة الكهربائية والحرارية في المملكة خلال عام 2019م حوالي ثلثي (71%) من مجمل انبعاث غاز SO_2 وثلث (30%) من انبعاثات الدقائق العالقة القابلة للاستنشاق و2.5% من NOX ومن المهم الإشارة إلى أن الدقائق العالقة التي تنبعث من مداخن محطات تحلية المياه ومحطات توليد الكهرباء خصوصاً بالنسبة للمرافق التي تستخدم زيت الوقود الثقيل تعتبر سامة ويؤدي التعرض لها إلى آثار سلبية على الصحة العامة للإنسان لاحتوائها على العناصر الثقيلة السامة. هذا بالإضافة إلى الآثار السلبية الناجمة عن الخسائر الاقتصادية من تكلفة إزالة الضرر والتي تنتج من التعرض لتركيزات حادة أو مزمنة من ملوثات الهواء الأخرى الصادرة من هذه المحطات، وفضلاً عن الاضرار الأخرى المتمثلة بضرر كبير على صحة الانسان والبيئة. وتشير بيانات تقدير انبعاث ملوثات الهواء من قطاع توليد الكهرباء وتوليد الطاقة الحرارية إلى أن المنطقة الغربية هي أكثر المناطق تضرر في المملكة العربية السعودية من هذه الانبعاثات ويعزى ذلك إلى استخدام زيت الوقود الثقيل بكثافة في معظم محطات توليد الطاقة الكهربائية ومحطات تحلية المياه بالمنطقة وتصل النسبة السنوية للانبعاث في هذه المنطقة إلى حوالي 68% و30% من معدل الانبعاث الكلي لثاني أكسيد الكبريت والدقائق العالقة على التوالي. ويوضح جدول (1) بعض من محطات توليد الكهرباء في المملكة العربية السعودية تعمل على توربينات الغاز، ويبين جدول (2) بعض من محطات توليد الكهرباء حرارية تعمل بالنفط.

جدول (1) محطات توليد الكهرباء تعمل بتوربينات الغاز في المملكة العربية السعودية

المحطة	المنطقة	احداثيات	الاستطاعة (MW)
غزلان	راس تنورة	26.40°N 50.10°E	4,256
محطة القرية البخارية	بقيق	25°56′00″N 49°40′00″E	3,927
محطة رابغ 2	مكة المكرمة	21.41667°N 39.81667°E	2,060
مشروع الشقيق للكهرباء	جيزان	17°30′N 42°30′E	850
جبيل مرافق	الجبيل	27°00′00″N 49°40′00″E	2,740
حائل2	حائل	N 41.6748334°E°27.5258717	1000
رابغ2	مكة المكرمة	39.81667°E21.41667°N	826
راس تنورة	راس تنورة	26.40°N 50.10°E	148
الرياض	الرياض	23°0′N 45°30′E	5,336

المحطة	المنطقة	احداثيات	الاستطاعة (MW)
شدقم	المنطقة الشرقية	25°11′37.6″N 49°18′35″E	306
العثمانية	المنطقة الشرقية	25°11′37.6″N 49°18′35″E	306

المصدر: معد من قبل الباحثة اعتماداً على بيانات شركة الكهرباء السعودية 2019م.

جدول (2) محطات توليد الكهرباء حرارية تعمل النفط في المملكة العربية السعودية

المحطة	المنطقة	إحداثيات	الاستطاعة (MW)
الجبيل	الجبيل	27°00′00″N 49°40′00″E	-
الخبر	الخبر	26.283333°N 50.2°E	-
ينبع 2	المدينة المنورة	24.46667°N 39.6°E	690
الشعيبة	مكة المكرمة	21.41667°N 39.81667°E	5,600
رابغ	مكة المكرمة	21.41667°N 39.81667°E	1320

المصدر: معد من قبل الباحثة اعتماداً على بيانات شركة الكهرباء السعودية 2019م.

ثالثاً- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة في المملكة العربية السعودية:

على الرغم من زيادة الطلب على توليد الكهرباء في جميع أنحاء العالم، إلا أن الطلب عليها في المملكة العربية السعودية زاد بمعدل ثلاثة مرات عن المتوسط العالمي خلال السنوات القليلة الماضية (Meed, 2008)؛ هناك أسباب عديدة لأسباب زيادة الطلب على الكهرباء في المملكة العربية السعودية من أهمها السلوك الاقتصادي الأعلى من المتوسط معدل النمو، وتشجيع المشاريع التنموية الضخمة في القطاعات المحلية والخدمية والبنية التحتية على وجه الخصوص في المملكة العربية السعودية. وايضاً تلعب الظروف المناخية دوراً بارزاً ومهماً في زيادة الطلب على توليد الكهرباء؛ وهذه الزيادة ناجمة عن سبب زيادة القبول لأجهزة التكييف باعتبارها من الأجهزة المنزلية والمكتبية الضرورية، وعدم وجود حل بديل لمكيفات الهواء الكهربائية في موجات الصيف الحارة في المملكة العربية السعودية.

وتعتبر تسعيرة الكهرباء التي تفرضها الدولة من اهم الأسباب التي أدت سابقاً لزيادة الطلب على الكهرباء في المملكة العربية السعودية حيث كانت معفاة من الضرائب حتى بداية عام 2018م؛ ومن ثم تم انشاء استراتيجية اللوائح الجديد للقراء عدادات الكهرباء والعدادات الذكية وفرض الضرائب على كمية الطلب من الكهرباء وتعتبر هذه الاستراتيجيات مساهمة في تقليل الطلب على الكهرباء من اجل تقليل حرق الوقود الاحفوري الذي يسبب زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة.

ويوضح الجدول (3) إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية من عام 1990م إلى عام 2020م، حيث يتبين لنا أن المملكة العربية السعودية تظهر نمواً سريعاً في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة، حيث تظهر لنا كانت الانبعاثات CO_2 في عام 1990م حوالي 151 مليون طن متري مقارنة بعام 2000م حيث تضاعفت الانبعاثات إلى 235 مليون طن متري، بينما بلغت في عام 2011م حوالي 435 مليون طن متري، واستمرت الزيادة إلى عام 2015م حيث بلغت حوالي 532 مليون طن متري، وبعدها بدئت النسبة بتذبذب بين النقصان والزيادة قدرت بحوالي 527 و530 مليون طن متري خلال الأعوام 2016م إلى 2020م.

فإن الارتفاع السريع في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 في المملكة العربية السعودية مرتبط بعدة أسباب ومن أهمها الصناعة، والتنمية الاقتصادية، والحاجة لتوليد الكهرباء المستمر من أجل تطوير المنشأة المحلية والصناعية. ويعتبر ارتفاع الطلب العالمي على النفط واحداً من اهم الأسباب زيادة نسبة الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية لأنها تعد واحدة من اهم منتجي النفط الرائدين في جميع أنحاء العالم.

جدول (3) إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية 1990م- 2020م

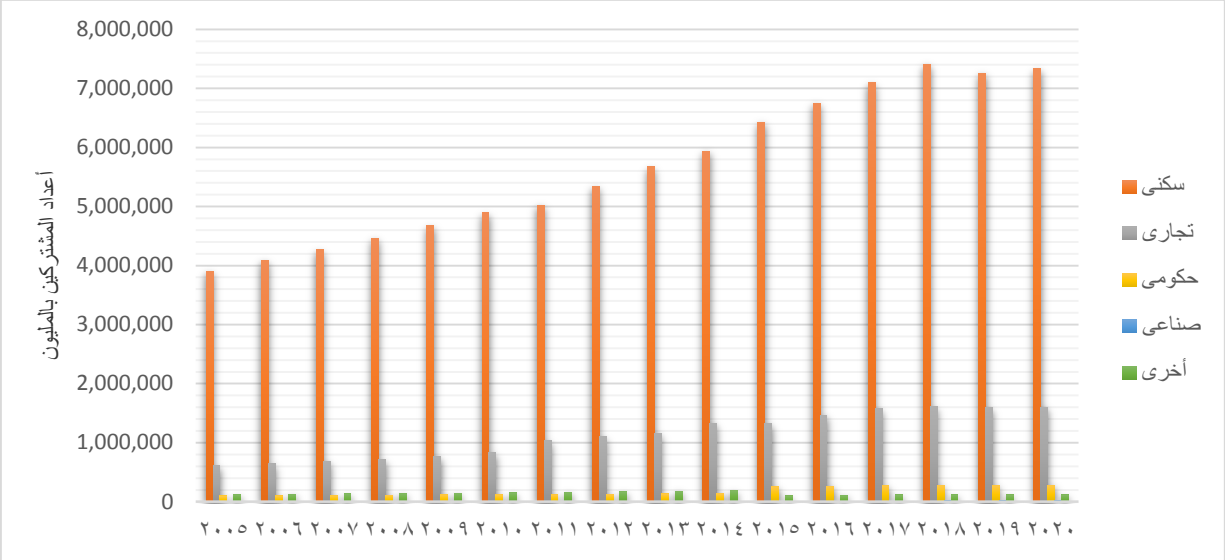
السنة	إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (Mt of CO_2)
1990	151
1991	157
1992	171
1993	181
1994	193
1995	192
1996	204
1997	206
1998	220
1999	226
2000	235
2001	238
2002	255
2003	266
2004	282
2005	298
2006	317
2007	333
2008	364
2009	379
2010	419
2011	435
2012	463
2013	471
2014	507
2015	532
2016	527
2017	532
2018	529.5
2019	530.8
2020	530.13

• بيانات عام 2018م- 2019م - 2020م معد من قبل الباحثة اعتماداً على معادلات التنبؤ السلاسل الزمنية.

المصدر: معد من قبل الباحثة استناداً على بيانات (IEA)، 2020م.

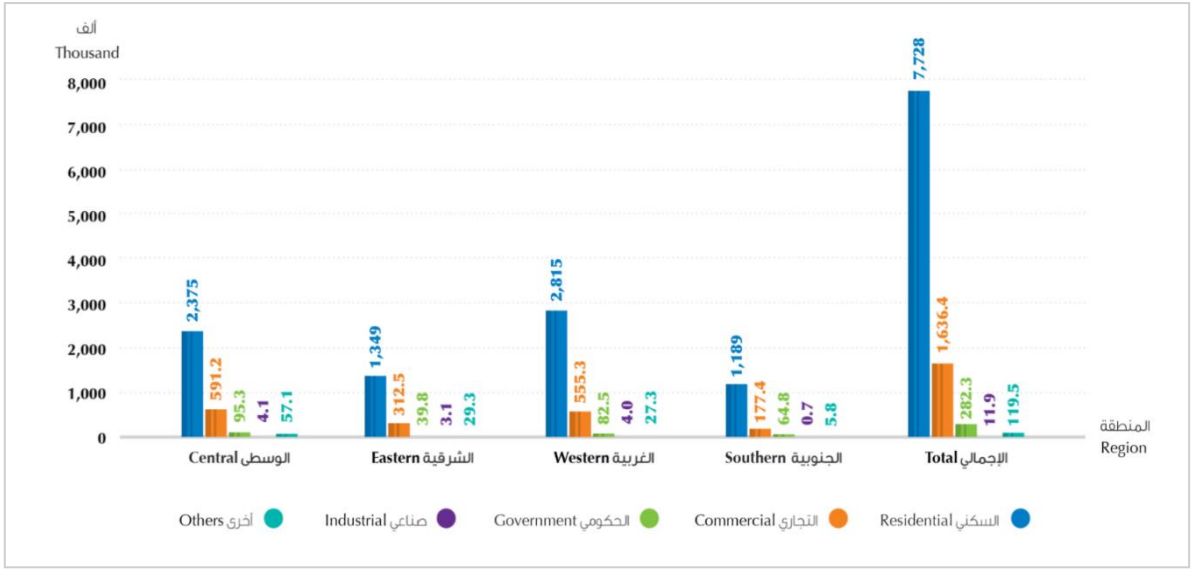
رابعاً- كمية استهلاك الطاقة الكهربائية حسب فئات الاستهلاك في المملكة العربية السعودية واثرها على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO2:

في عام 2019، شكل المستهلكون من القطاع السكني حوالي 79% من عملاء الكهرباء البالغ عددهم ما يقارب من 9.4 ملايين في المملكة العربية السعودية كما هو مبين في شكل (10). وفي عام 2018م، كان القطاع السكني يمثل ما يقارب 43.6% من إجمالي مبيعات الكهرباء، بينما يمثل القطاع التجاري 17% من قاعدة العملاء و16% من المبيعات، ويشكل القطاع الصناعي حوالي 0.12% من مبيعات الكهرباء شكل (11).



شكل (10) أعداد المشتركين حسب فئات الاستهلاك في المملكة العربية السعودية 2005م –2020م،

المصدر: معد من قبل الباحثة اعتماداً على بيانات السجل الوطني لصناعة الكهرباء في هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2019م.



شكل (11) المشتركون حسب شركة الكهرباء ومرافق، المصدر: الكتيب الإحصائي السنوي 2019م، وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج.

ويوضح جدول (4) كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب القطاعات ومنها قطاع إنتاج الكهرباء والحرارة، الصناعة، السكني، المواصلات، وصناعة الطاقات الأخرى خلال الأعوام 1990م إلى عام 2020م. ونلاحظ أن قطاع إنتاج الكهرباء والحرارة يحتل المرتبة الأولى في كمية الانبعاثات في عام 1990م حيث بلغت 58 مليون ميغا طن، ويليها القطاع المواصلات حيث بلغ 49 مليون ميغا طن، ومن ثم قطاع الصناعة بلغ حوالي 28 مليون ميغا طن، اما عن قطاع صناعة الطاقات الأخرى بلغ 13 مليون ميغا طن، واحتل المرتبة الأخيرة القطاع السكني حيث بلغ 3 مليون ميغا طن. وعند المقارنة كمية الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون لهذه القطاعات في عام 2010م، نلاحظ ان قطاع إنتاج الكهرباء والحرارة تضاعف ثلاثة مرات في كمية الانبعاثات إلى حوالي 178 مليون ميغا طن، وقطاع الصناعة بلغت الانبعاثات CO_2 حوالي 112 مليون ميغا طن، يليها قطاع المواصلات بلغت كمية الانبعاثات 105 مليون ميغا طن، يليه قطاع صناعة الطاقات الأخرى 19 مليون ميغا طن، أما عن القطاع السكني بلغت كمية الانبعاثات من CO_2 حوالي 4 مليون ميغا طن، ويرجع السبب في زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التنمية الاقتصادية وإنتاج النفط، مع مشاريع البناء الضخمة المبنية والمخطط لها، وحاجتها الكبيرة المقابلة لإمدادات الكهرباء، ناهيك عن الحاجة إلى المياه المحلاة أيضاً. وعند المقارنة مع عام 2020م يتضح لنا استمرار في زيادة كمية الانبعاثات على الرغم من وجود جائحة COVID- 19 إلا أن الانبعاثات CO_2 استمرت في الزيادة حيث بلغت حوالي246.6 مليون ميغا طن في قطاع إنتاج الكهرباء والحرارة، ويليه قطاع المواصلات بلغ 128.9 مليون ميغا طن، ويأتي من بعده قطاع الصناعة حيث بلغ حوالي 121 مليون ميغا طن، ويليه القطاع صناعة الطاقات الأخرى حيث بلغ 28.6 مليون ميغا طن، ويليه قطاع السكني حيث بلغ 5 مليون ميغا طن، وسبب هذ الزيادة راجع إلى مواكبة الدولة في تعويض الاضرار الناجمة بسبب هذه الجائحة COVID- 19 عن طريق زيادة التنمية الاقتصادية والصناعية.

جدول (4) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع في المملكة العربية السعودية 1990م- 2020م

السنة	منتجي الكهرباء والحرارة (ميغا طن (CO_2)	صناعات الطاقة الأخرى (ميغا طن (CO_2)	الصناعة (ميغا طن (CO_2)	المواصلات (ميغا طن (CO_2)	سكني (ميغا طن (CO_2)
1990	58	13	28	49	3
1991	61	13	28	51	3
1992	67	14	32	55	3
1993	75	14	31	57	3
1994	77	14	38	61	3
1995	80	14	40	54	3
1996	82	16	46	57	3
1997	88	16	42	58	3
1998	94	16	49	58	3
1999	97	15	52	58	3
2000	102	15	53	61	3
2001	105	15	52	63	3
2002	107	18	60	66	3
2003	114	18	62	69	4
2004	122	19	66	72	4
2005	131	19	68	76	4

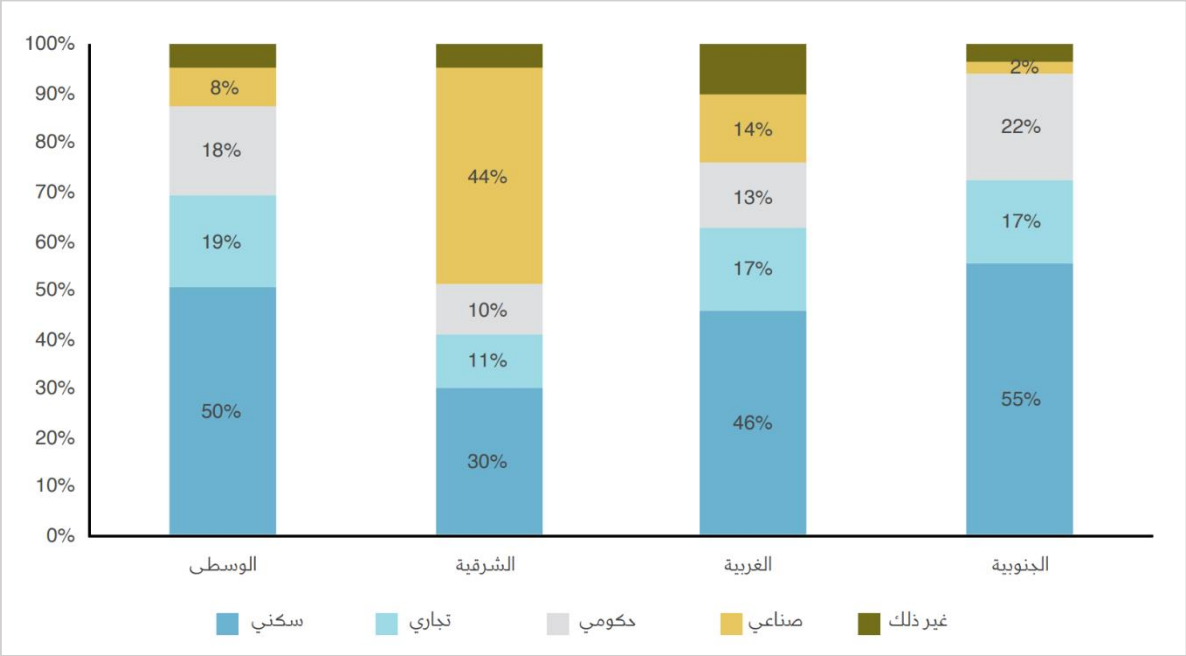
السنة	منتجي الكهرباء والحرارة (ميغا طن (CO_2)	صناعات الطاقة الأخرى (ميغا طن (CO_2)	الصناعة (ميغا طن (CO_2)	المواصلات (ميغا طن (CO_2)	سكني (ميغا طن (CO_2)
2006	137	21	73	82	4
2007	139	18	80	91	4
2008	151	21	89	99	4
2009	166	17	91	102	4
2010	178	19	112	105	4
2011	190	18	110	111	5
2012	202	20	116	120	5
2013	207	21	115	124	4
2014	222	27	122	131	4
2015	246	27	112	142	5
2016	246	29	111	137	5
2017	247	29	127	124	5
2018	246.5	28.3	119	130.5	5
2019	246.8	28.8	123	127.3	5
2020	246.6	28.6	121	128.9	5

• بيانات عام 2018م- 2019م - 2020م معد من قبل الباحثة اعتماداً على معادلات التنبؤ السلاسل الزمنية.

المصدر: معد من قبل الباحثة استناداً على بيانات (IEA)، 2020م.

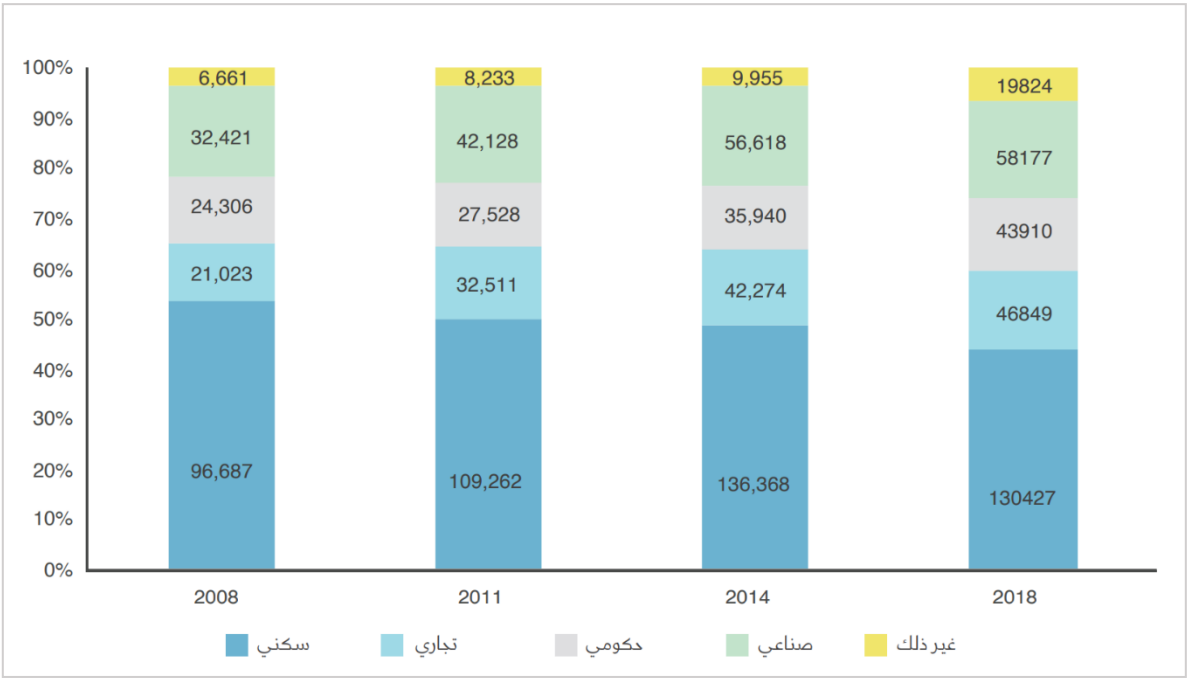
ويظهر تبايناً اقليمياً ملحوظاً بين مختلف الفئات في توزيع الاستهلاك الطاقة الكهربائية. نلاحظ أن الاستهلاك الصناعي يهيمن على المنطقة الشرقية، فإن الاستهلاك السكني مهيمن في مناطق التشغيل الأخرى بحيث يمثل أكثر من 50% من إجمالي الاستهلاك في المناطق الوسطى والجنوبية كما هو واضح في الشكل (12).

ويوضح الشكل (13) ان حصة القطاع السكني في إجمالي مبيعات الكهرباء انخفضت من 53.4% في عام 2008م إلى 43.6% في عام 2018م. ويرجع ذلك إلى استمرار التنمية الاقتصادية، مما أدى إلى زيادة الطلب من قبل القطاعين التجاري والصناعي، وايضاً يُعتقد أن الإصلاحات التعريفية التي بدأت في عام 2015م قد قلصت من نسبة استهلاك الكهرباء في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية إلا انها استمرت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الزيادة.



الشكل (12) مصادر الطلب استهلاك الكهرباء حسب الفئات والمنطقة خلال عام 2018م،

المصدر: الكتيب الإحصائي السنوي لصناعتي الكهرباء وتحلية المياه البحر، هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2018م.



شكل (13) مصادر الطلب استهلاك الكهرباء حسب الفئات 2018م، المصدر: التقارير السنوية لهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج (2008م/ 2011م/ 2014م/ 2018م).

خامساً- نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء وإنتاج ثاني أكسيد الكربون:

تتزايد نسبة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة في المملكة العربية السعودية وذلك بسبب زيادة الطلب على الكهرباء، وبسبب مواكبة التنمية الاقتصادية والصناعية، والتسعيرة الكهربائية المناسبة والبسيطة على كمية الاستهلاك، وايضاً الظروف المناخية وخاصة في فصل الصيف موجات الحر الشديدة. ويوضح جدول (5)

نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء في المملكة العربية السعودية خلال عام 2012م إلى عام 2020م، حيث يبين أن نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء (ك.و.س) في عام 2012م بلغ 8.534 (ك.و.س)، وزاد هذا الاستهلاك في عام 2017م بلغ حوالي 9.151 (ك.و.س)، وانخفض في عام 2018م إلى 8.945 (ك.و.س) وذلك بسبب ترشيد الاستهلاك عن طريق فرض القيمة المضافة على فاتورة الاستهلاك، وتطبيق استراتيجية العدادات الذكية، وخلال عام 2019م و2020م زاد وانخفض على التوالي بشكل تذبذب في الاستخدام الطاقة حيث بلغ 9.053 و9.003 (ك.و.س).

جدول (5) عدد السكان ونصيب المشتركين والفرد من الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية 2012م – 2020م

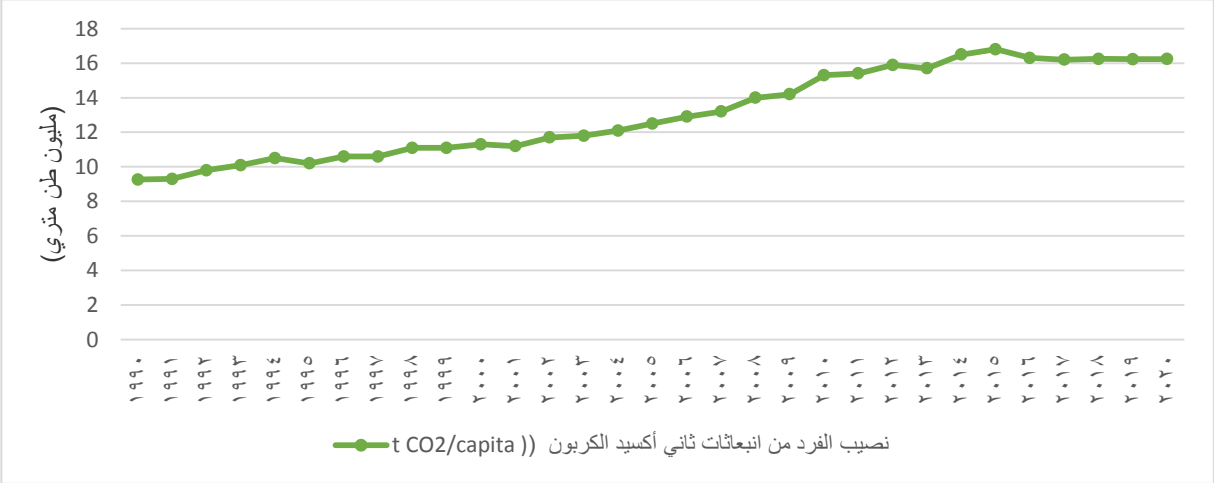
السنة	عدد السكان	عدد المشتركين	مبيعات الطاقة (ج.و.س)*	مؤشر الطاقة للفرد (ك.و.س/الفرد)**	مؤشر الطاقة للمشترك (ك.و.س/ المشترك)
2012	28.896.842	6.746.646	246.610	8.534	36.553
2013	29.613.068	7.159.368	262.685	8.871	36.691
2014	30.339.797	7.620.128	281.155	9.267	36.896
2015	31.062.072	8.112.539	294.612	9.485	36.316
2016	31.787.580	8.607.000	296.673	9.333	34.469
2017	32.612.846	9.069.513	298.439	9.151	32.906
2018	33.413.660	9.434.489	299.188	8.954	31.712
2019	33.013.253	9.252.001	298.814	9.053	32.309
2020	33.213.457	9.343.245	299.001	9.003	32.011

*جيجاوات / ساعة. ** كيلو وات / ساعة.

* بيانات 2019م – 2020م معد من قبل الباحثة اعتماداً على معادلات السلاسل الزمنية.

المصدر: معد من قبل الباحثة اعتماداً على بيانات السجل الوطني لصناعة الكهرباء في هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2019م.

ويبين شكل (14) نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية من عام 1990م إلى عام 2020م، سوف نقارن اعتماداً على سنوات الجدول السابق نصيب الفرد من الكهرباء من عام 2012م إلى 2020م، حيث يتضح أن نصيب الفرد من انبعاثات CO_2 في عام 2012م بلغ 15.9 مليون طن متري، وفي عام 2015م بلغ نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حوالي 16.8 مليون طن متري، انخفضت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث بلغت حصة الفرد منها عام 2017م إلى 16.2 مليون طن متري، وفي عام 2018م زادت الانبعاثات CO_2 إلى 16.25 مليون طن متري، وخلال عامي 2019م و2020م استقر بشكل ثابت تقريباً حيث بلغ 16.23 و16.24 مليون طن متري على التوالي. وتعتبر حصة الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لا تزال مرتفعة في المملكة العربية السعودية ولابد من خفضها وذلك عن طريق تنويع نوع الوقود المستخدم في إنتاجية الكهرباء بدلاً من الاعتماد على النفط والغاز الطبيعي ولابد من زيادة الاعتماد على الطاقة النظيفة والمتجددة.



شكل (14) نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، المملكة العربية السعودية 1990م- 2020م،
المصدر: معد من قبل الباحثة استناداً على بيانات (IEA)، 2020م.

سادساً- الحلول الممكنة والبديلة لإنتاج الطاقة الكهربائية لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية:

تسعى المملكة العربية السعودية إلى زيادة مساهمتها في الحفاظ على البيئة من التلوث؛ ومن أجل ذلك سعت المملكة العربية السعودية جاهدة في استبدال أو خفض اعتمادها على الوقود الاحفوري في إنتاج الطاقة الكهربائية وذلك بالاعتماد على الطاقة المتجددة بقدر كبير في مجال توليد الطاقة الكهربائية؛ وذلك من أجل خفض الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون، وتنويع اقتصادها، والقضاء على استخدام الوقود الأحفوري في نظام الطاقة الخاص بها. وتسعى المملكة العربية السعودية إلى إنشاء مركز عالمي للطاقة المتجددة بهدف حماية بيئتها واقتصادها من خلال خفض الاعتماد على المصادر النفطية، وزيادة جذب وإنشاء مشاريع الطاقة المتجددة في المنطقة. واضافةً على ذلك تم إطلاق البرنامج الوطني للطاقة المتجددة والذي يعتبر مبادرة استراتيجية تنضوي تحت مظلة رؤية 2030 وبرنامج تحول وطني، ويهدف البرنامج إلى الزيادة المستدامة من حصة الطاقة المتجددة من إجمالي مصادر الطاقة في المملكة العربية السعودية للوصول إلى 3.45 جيجا واط في عام 2023م أي ما يعادل 4% من إجمالي إنتاج المملكة العربية السعودية للطاقة، وتحقيق حوالي 9.5 جيجا واط بحلول عام 2030م أي ما يعادل 10% من إجمالي إنتاج المملكة من الطاقة. وبحكم الموقع الجغرافي للمملكة العربية السعودية ومرورها بدائرة عرض مدار السرطان 23.5، ووقوعها في منطقة تنوع الضغط الجوي بها المسبب لهبوب الرياح المتنوعة، أصبح لديها موارد وإمكانات طبيعية لإنتاج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح تساهم في خفض نسبة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة.

5- النتائج:

توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج وهي كالتالي:

- نمت الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية بشكل سريع خلال أكثر من 20 عاماً، ولوحظ تضاعف حجمها تقريباً منذ عام 2000م، وزادت ذروة الطلب من 35 جيجا واط في عام 2007م إلى 61.7 جيجا واط في عام 2018م، مسجلاً متوسط الزيادة السنوية في الطلب بنسبة 5.31% بين عامي 2007م- 2018م. بلغ مقدار الزيادة في الحمل الذروي السنوي من عام 2015م إلى عام 2019م حيث بلغ ذروة الحمل السنوي 62.260 ميجا واط إلى 62.076 ميجا واط على التوالي.

- تم تقسيم شبكة الكهرباء في المملكة العربية السعودية إلى أربع مناطق تشغيل هي كالتالي: المنطقة الشرقية، والمنطقة الوسطى، والمنطقة الغربية، والمنطقة الجنوبية. يتضح أن ذروة الطلب موزعة بالتساوي تقريباً بين مناطق التشغيل، باستثناء المنطقة الجنوبية ذات الذروة الأقل. حيث نلاحظ تذبذبات موسمية كبيرة في نمط الحمل السنوي، حيث نستنتج أن ذروة الطلب ترتفع في فصل الصيف بشكل كبير مقارنة بذروة الطلب في فصل الشتاء. نجد في عام 2019م بلغت ذروة الطلب في الصيف حوالي 62.1 جيجا واط في شهر سبتمبر، بينما بلغت ذروة الطلب في فصل الشتاء 35.4 جيجا واط في فبراير. وكان سبب زيادة ذروة الطلب خلال أشهر الصيف من (يونيو إلى سبتمبر) التأثير الكبير لارتفاع درجات الحرارة وما يصاحبها من زيادة الاستخدام المكثف للتكييف.
- بلغ إجمالي استهلاك الكهرباء في المملكة العربية السعودية في خلال عام 2007م حوالي 175.05 تيرا واط في الساعة (TWh). هذا الاستهلاك زاد بمعدل نمو متوسط سنوي مركب قدره 5.48%، ليصل إلى 299 تيرا واط في الساعة خلال عام 2018م، ويعد معدل نمو هذا مرتفعاً عند مقارنته بمتوسط معدل النمو في الدول المتقدمة، والذي يتراوح بين 1- 2%.
- يرجع سبب زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية إلى النمو السكاني، والتنمية الاقتصادية والصناعية الفعالة، وتحسن مستوى المعيشة. وقد زاد عدد سكان المملكة العربية السعودية في الفترة ما بين 1960م إلى 2019م بأكثر من سبعة أضعاف، ليصل إلى 34.2 مليون، رافعاً معدل التحضر إلى حوالي 84.2%. حيث بلغ نصيب المشتركين والفرد من الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية 2012م – 2020م والذي وصل متوسطه 5.57% سنوياً.
- تعتمد المملكة العربية السعودية في إنتاج الكهرباء على الوقود الأحفوري حتى عام 2017م؛ ويعتبر الغاز الطبيعي والنفط الخام مصادر الطاقة الأساسية لتوليد الكهرباء وتحلية المياه، وأنواع الوقود الأخرى المستخدمة تشمل الديزل وزيت الوقود الثقيل (HFO)، وخلال السنوات الماضية انخفض استخدام التدريجي لديزل في إنتاج الكهرباء وزاد اعتماد قطاع الكهرباء على الغاز الطبيعي والنفط الخام. ولتلبية الاحتياجات المحلية المتزايدة من الطاقة بما في ذلك الكهرباء، تم استخدام ما يقارب من ثلث إجمالي إنتاج النفط الخام البالغ 10.32 مليون برميل خلال عام 2018م.
- هدفت المملكة العربية السعودية إلى تنويع مصادر توليد الطاقة من خلال استخدام مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، لاسيما النفط الخام. وتوجد عدة أسباب وراء تحول سياسة الدولة نحو تنويع مصادرها للطاقة؛ وذلك بسبب ارتفاع الطلب على الكهرباء حيث زاد الاستهلاك السنوي للكهرباء في المملكة العربية السعودية خلال عام 1990م بنسبة 5.86%. ويعتبر من أهم الأهداف الرئيسة في الرؤية السعودية 2030م إلى إنشاء اقتصاد مستدام لا يعتمد على النفط فقط، وذلك من خلال مشاركة القطاع الخاص، وكما هو معروف أن المملكة لديها القدرة على استغلال الطاقة الشمسية المركزية (CSP)، والطاقة الشمسية الضوئية (PV)، والرياح.
- شكل المستهلكون من القطاع السكني حوالي 79% من استهلاك الطاقة الكهربائية، حيث بلغ عدد عملاء الكهرباء حوالي 9.4 ملايين في المملكة العربية السعودية في عام 2019م. وفي عام 2018م كان القطاع السكني يمثل ما يقارب 43.6% من إجمالي مبيعات الكهرباء، بينما يمثل القطاع التجاري 17% من قاعدة العملاء و16% من المبيعات. ويشكل القطاع الصناعي حوالي 0.12% من مبيعات الكهرباء.

- يتبن أن قطاع إنتاج الكهرباء والحرارة يمثل أعلى القطاعات في كمية الانبعاثات في عام 1990م حيث بلغت حوالي 58 مليون ميغا طن، ويليها القطاع المواصلات حيث بلغ 49 مليون ميغا طن، ومن ثم قطاع الصناعة بلغ حوالي 28 مليون ميغا طن، اما عن قطاع صناعة الطاقات الأخرى بلغ 13 مليون ميغا طن، وبلغت انبعاثات القطاع السكني حوالي 3 مليون ميغا طن.
- يتبن أن إنتاج الكهرباء والحرارة تضاعف ثلاثة مرات في كمية الانبعاثات خلال عام 2010 إلى حوالي 178 مليون ميغا طن، وقطاع الصناعة بلغت الانبعاثات CO_2 حوالي 112 مليون ميغا طن، ومن ثم قطاع المواصلات حيث بلغت كمية الانبعاثات حوالي 105 مليون ميغا طن، يليه قطاع صناعة الطاقات الأخرى 19 مليون ميغا طن، أما عن القطاع السكني بلغت كمية الانبعاثات من CO_2 حوالي 4 مليون ميغا طن، ويرجع السبب في زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التنمية الاقتصادية وإنتاج النفط، وزيادة مشاريع البناء الضخمة المبنية والمخطط لها، وحاجتها الكبيرة المقابلة لإمدادات الكهرباء، وإنتاج المياه المحلاة أيضاً.
- استمرت زيادة الانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة في عام 2020م على الرغم من وجود جائحة COVID- 19 حيث بلغت حوالي246.6 مليون ميغا طن في قطاع إنتاج الكهرباء والحرارة، ويليه قطاع المواصلات بلغ 128.9 مليون ميغا طن، وبعده قطاع الصناعة حيث بلغ حوالي 121 مليون ميغا طن، ويليه القطاع صناعة الطاقات الأخرى حيث بلغ 28.6 مليون ميغا طن، ويليه قطاع السكني حيث بلغ 5 مليون ميغا طن، ويرجع سبب هذ الزيادة إلى مواكبة الدولة في تعويض الاضرار الناجمة بسبب هذه الجائحة COVID- 19 عن طريق زيادة التنمية الاقتصادية والصناعية.
- نلاحظ تباين إقليمي لاستهلاك الطاقة الكهربائية في فئات قطاع الاستهلاك، حيث يتضح أن الاستهلاك الصناعي يهيمن على المنطقة الشرقية، والاستهلاك السكني مهيمن في مناطق التشغيل الأخرى بحيث يمثل أكثر من 50% من إجمالي الاستهلاك في المناطق الوسطى والجنوبية. انخفضت حصة القطاع السكني في إجمالي مبيعات الكهرباء من 53.4% في عام 2008م إلى 43.6% في عام 2018م؛ وسبب ذلك استمرار التنمية الاقتصادية، مما أدى إلى زيادة الطلب من قبل القطاعين التجاري والصناعي، وايضاً يُعتقد أن الإصلاحات التعريفية التي بدأت في عام 2015م قد قلصت من نسبة استهلاك الكهرباء في القطاع السكني في المملكة العربية السعودية إلا انها استمرت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الزيادة.
- بينت الدراسة أن المملكة العربية السعودية تظهر نمواً سريعاً في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة، حيث توضح أن الانبعاثات CO_2 كانت في عام 1990م حوالي 151 مليون طن متري، مقارنة بعام 2000م حيث تضاعفت الانبعاثات إلى 235 مليون طن متري، بينما بلغت في عام 2011م حوالي 435 مليون طن متري، واستمرت الزيادة إلى عام 2015م بحيث لغت حوالي 532 مليون طن متري، وبعدها بدئت النسبة بتذبذب بين النقصان والزيادة قدرت بحوالي 527 و530 مليون طن متري خلال الأعوام 2016م إلى 2020م.
- وتبين الدراسة نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء في المملكة العربية السعودية خلال عام 2012م إلى عام 2020م، حيث بلغ نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء (ك.و.س) في عام 2012م حوالي 8.534 (ك.و.س)، وزاد الاستهلاك في عام 2017م حيث بلغ حوالي 9.151 (ك.و.س)، وانخفض الاستهلاك في عام 2018م إلى 8.945 (ك.و.س) وذلك بسبب ترشيد الاستهلاك الطاقة الكهربائية عن طريق فرض القيمة المضافة على فاتورة الاستهلاك، وتطبيق استراتيجية العدادات الذكية، وخلال عام 2019م و2020م تذبذب نصيب الفرد بين الزيادة والانخفاض على التوالي في استخدام الطاقة حيث بلغ 9.053 و9.003 (ك.و.س).

- ووضحت الدراسة نصيب الفرد من انبعاثات CO_2 وخلال عام 2012م بلغ 15.9 (مليون طن متري)، وفي عام 2015م بلغ نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حوالي 16.8 (مليون طن متري)، بينما في عام 2018م زادت الانبعاثات CO_2 إلى 16.25 (مليون طن متري)، وخلال عامي 2019م و2020م استقر بشكل ثابت تقريباً حيث بلغ 16.23 و16.24 (مليون طن متري).

6- التوصيات والمقترحات.

وبناءً على نتائج الدراسة يوصي الباحثان ويقترحان ما يلي:

1. تقليل اعتماد المملكة العربية السعودية على الوقود الاحفوري في توليد الطاقة الكهربائية واستبدالها بطاقة نظيفة ومتجددة.
2. تطبيق ضرائب الكربون على القطاعات الصناعية والتجارية المسببة زيادة في إنتاجية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية.
3. محاولة استخدام استراتيجية عزل وتخزين ثاني أكسيد الكربون في صهاريج عند توليد الكهرباء؛ بهدف تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة وتقليل نسبة الاحترار العالمي.
4. تخزين ثاني أكسيد الكربون في الطبقات الجيولوجية في الدرع العربي من المملكة العربية السعودية بسبب قدرة صخوره على منع تسريب الغازات الضارة.
5. انشاء الغابات الصناعية في مناطق المملكة العربية السعودية بهدف تقليل نسبة الانبعاثات من ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة.
6. زيادة مشاريع محطات توليد الطاقة الكهربائية المعتمدة على طاقة الرياح على السواحل الخليج العربي والبحر الأحمر.

قائمة المراجع

أولاً- المراجع بالعربية

- الأحيدب، إبراهيم (2003). المناخ والإنسان دراسة في المناخ التطبيقي. مكتبة الملك فهد، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- الاسكوا، كابسارك. (2018). النمو من خلال التنوع وكفاية الطاقة: إنتاجية الطاقة في المملكة العربية السعودية. KS- 2018- DP024- ARA، كابسارك، الرياض، المملكة العربية السعودية، تم الاسترجاع من موقع https://www.kapsarc.org/ar/research/publications/growth- through diversification- and- energy-/efficiency- energy- productivity- in- saudi- arabia
- بدران، إبراهيم وآخرون (2013). مصادر الطاقة البترول – الصخر- الزيتي- الطاقة المشعة. دار الفرقان للنشر، عمان، الأردن.
- جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (2014). تقنيات جديدة لعزل الكربون تعزز مستقبل الطاقة المستدامة. المجلة الأوروبية – الكمياء العلمية بالتعاون بين علماء مركز الحفز الكيميائي (KCC) في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية وجامعة ميونخ التقنية (TU)، المجلد 20، العدد 37، ص ص 11870- 11882.
- حداد، ميشيل (1986). التوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي في سوريا، بحث غير منشور، دمشق، سوريا.

- حمود، بسام (2000). الطاقة وسلامة البيئة، الدار العربي، دمشق.
- الخواجة، مصطفى (2002). مقدمة في الإحصاء. الدار الجامعية، الإسكندرية، مصر.
- سليمان، سرحان (2015). دراسة اقتصادية للتغيرات المناخية وآثارها على التنمية المستدامة في مصر. المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي، العدد يونيو 2015، القاهرة، مصر.
- شركة السعودية للكهرباء (2014). التقرير السنوي (2014). الرياض، المملكة العربية السعودية، تم الاسترجاع من موقع https://www.se.com.sa/ar- sa/Pages/AnnualReports.aspx
- شركة السعودية للكهرباء (2018). التقرير السنوي (2018). الرياض، المملكة العربية السعودية، تم الاسترجاع من موقع https://www.se.com.sa/ar- sa/Pages/AnnualReports.aspx
- شركة السعودية للكهرباء (2019). التقرير السنوي (2019). الرياض. المملكة العربية السعودية، تم الاسترجاع من موقع https://www.se.com.sa/ar- sa/Pages/AnnualReports.aspx
- قربة، جهاد (2003). التغيرات المكانية للخصائص الحرارية - الرطوبية للرياح السائدة على أراضي المملكة العربية السعودية. مجلة دارة الملك عبد العزيز، العدد 3، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- المالكي، منال (2018). الطلب على الطاقة الكهربائية في مدينة الجبيل الصناعية وتقييم احتمالية المساندة من طاقة الرياح (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة الملك سعود، الرياض.
- ميينيكا، أدوارد وآخرون (2006). الإحصاء في الإدارة. الجزء 2، دار المريخ، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ(2014) IPCC ، التخفيف من تغير المناخ، مساهمة الأفرقة العاملة الأول والثاني والثالث في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ فريق الصياغة الرئيسي والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، جنيف، سويسرا.
- الهيئة العامة للإحصاء (2020)، الكتيب الاحصائي السنوي .https://www.stats.gov.sa

ثانياً- المراجع بالإنجليزية:

- Agyeman, J., Evans, B. & Kates, R. (1998). Greenhouse gases special: thinking locally in science, practice and policy, Local Environment,3 (3), pp. 245 – 246.
- Alexiou, Constantinos. (2001). Effective Demand and Unemployment the European Case Evidence from Thirteen Countries, University of Pittsburgh, University Library System, Retrieved from Items where Subject is "EU policies and themes > Policies & related activities > employment/labour market > employment/unemployment" - Archive of European Integration (pitt.edu).
- Carolina Perpiña Castillo n, Filipe Batista e Silva, Carlo Lavalle. (2015). An assessment of the regional potential for solar power generation in EU- 28. European Commission. Elsevier, Energy Policy, 88 (2016) 86–99, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.004.
- Cooper, D.C.; Alley, F.C. (2002). Air Pollution Control: A Design Approach 3rd ed. Waveland Press: Long Grove, IL, USA 2002. pp.20- 23. ISBN- 13: 978- 1577666783.
- EIA. (2015). How much carbon dioxide is produced when different fuels are burned? US Energy Information Administration. U.S. Energy Information Administration. Retrieved from https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php.

- Electricity and Cogeneration Regulatory Authority (ECRA). (2005). Electricity Law. Issued by Royal Decree No. M/56.
- IPCC. (2007). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. IPCC honored with the 2007 Nobel Prize, the Nobel Foundation, Retrieved from https://www.ipcc.ch/assessment- report/ar4/.
- Janice, Fereidouni, Gholipour Hassan, Usama, Mulali- Al.(2013). Sab Che Binti Normee Che and, Lee. M. Y Energy, Urbanization between Relationship the Exploring CO2 and, consumption.Countries MENA in Emission.112- 107:23 Reviews Energy Sustainable and Renewable.
- Lasocki, Timothy J. (2002). Climate Change Mitigation Through Forestry: Theory and Practice. Journal of Sustainable Forestry, vol. 14 (2/3) 2002.
- Lee, J. H.; Lee, G.G. (2012). Assessing the Environmental Impact of Greenhouse Gases in a Low-Carbon Green City in South Korea. KSCE Journal of Civil Engineering, (2013) 17(2):320- 327. doi: 10.1007/s12205- 013- 1994- 1.
- Meed. (2008, March). Power and Water in the GCC: the Struggle to Keep Supplies Ahead of Demand Report; Research and Markets: Taylors lane, Dublin, Ireland, March 2008; pp. 1- 79, Retrieved from https://www.meed.com/water- market- surges- gcc/.
- Narayana, m. r. (2001). Impact of Grants in Aid on Collegiate Education Evidence and Implication of a Regional Study in India, The Education Policy Analysis Archive (EPAA), Volume 9 Number 21, ISSN: 1068- 2341.
- Ottinger, Richard L. (2002). Legal Structures in Use for Climate Change Mitigation. Environmental Policy and Law. 30/ 4(2002). pp 184- 191. ISSN: 0378- 777X.
- Page, D.; Nemzer, M.(2005). Energy for Keeps: Electricity from Renewable Energy; Carter, A., Ed.; Educators for the Environment: Tiburon, CA, USA, 2005; Chapter 3, pp. 20- 25. ISBN- 13: 978-0974476551.
- Pazheri1, F. R. (2014). Solar Power Potential in Saudi Arabia. Journal of Engineering Research and Applications, ISSN: 2248- 9622, Vol. 4, Issue 9 (Version 5), September 2014. PP 171- 174.
- Rao, Shilpa.; Riahi, Keywan. (2006). The Role of Non- CO2 Greenhouse Gases in Climate Change Mitigation: Long- term Scenarios for the 21st Century. The Energy Journal, International Association for Energy Economics, Vol. 27, Special Issue: Multi- Greenhouse Gas Mitigation and Climate Policy (2006), pp. 177- 200, Retrieved from https://www.jstor.org/stable/23297081.
- Saudi Arabia Monetary Authority (SAMA). (2019). Annual Statistics 2018. Retrieved from Yearly Statistics (sama.gov.sa).
- Sedjo, Roger A. (1998). Harvesting the Benefits of Carbon 'Sinks, Resources for the Future,133: 10 - 13, Retrieved from https://media.rff.org/archive/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-Resources- 133- carbonsinks.pdf.

- Sedjo, Roger A. Brent Sohngen, and Pamela Jagger. (1998). Carbon Sinks in the Post- Kyoto World. RFF Climate Brief NO. 12, Resources for the Future, Retrieved from http://www.rff.org/issue_briefs/PDF_files/ccbrf12.pdf.
- Steven J. Davis; Ken Caldeira; H. Damon Matthews. (2010). Future CO2 Emissions and Climate Change from Existing Energy Infrastructure. AAAS, Sciences, Vol. 329, Issue 5997, pp. 1330- 1333. doi: 10.1126/science.1188566.
- the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2016). KSA. The Third National Communication (TNC). Retrieved from https://unfccc.int/files/national_reports/nonannex_i_natcom/application/pdf/nc3_republic_of_mauritius_20jan17.pdf.
- United State Climate Action Plan Report. (2014). Climate Action Plan Report. Published by the U.S. Department of State. Retrieved from http://www.state.gov/e/oes/rls/rpts/car6/index.htm.
- United States Energy Information Administration (EIA). (2016). Country Overview: Saudi Arabia. Retrieved from https://www.eia.gov/international/analysis/country/SAU.
- Van der Zwaan, B.; Gerlagh, R. (2016). Offshore CCS and ocean acidification: a global long- term probabilistic cost- benefit analysis of climate change mitigation. Climatic Change, Springer, vol. 137(1), pages 157- 170, July. doi: 10.1007/s10584- 016- 1674- 5.
- Vine, Edward; Jayant, Sathaye; Willy Makundi. (1999). Guidelines for the Monitoring, Evaluation, Reporting, verification and certification of Forestry Projects for Climate Change Mitigation. Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL – 41877 Retrieved from http://eetd.1bl.gov/ea/ies.suni6/climatechange/41877.pdf.