دور التقنيات الحديثة في الصناعة النفطية وتأثيراتها البيئية

م.د. عبدالوهاب ذنون سعدون
جامعة الموصل
كلية الإدارة والاقتصاد
Abdulwahhab_thanon@uomosul.edu.iq

ISSN 2709-6475 DOI: https://dx.doi.org/10.37940/BEJAR.2023.4.6.14

تأريخ استلام البحث ٢٠٢٢/١١/٢٩ تأريخ قبول النشر ٢٠٢٢/١٢/١٠ تأريخ النشر ٢٠٢٣/٦/٣٠

المستخلص

يهدف البحث إلى بيان وتحديد دور التقنيات الحديثة في الصناعة النفطية في البيئة ومدى اسهامها في التلوث البيئي، منطلقاً من فرضية مفادها ان لتلك التقنيات دوراً سلبياً في البيئة، فضلاً عن ان هناك العديد من اشكال الطاقات الناضبة والمتجددة لها تأثيراتها المحتملة في تقليل حجم الطلب على النفط على الرغم من أن بعضها له تأثير سلبي كبير في البيئة.

واعتمد البحث المنهج التحليلي المقارن لتحقيق هدفه واثبات فرضيته، ومن خلال ذلك توصل إلى مجموعة من النتائج وأهمها أن السياسات البيئية والتقدم التقني، فضلاً عن النمو السكاني ستؤثر في الأجل الطويل في تغيير أنماط الطلب على الطاقة بعامة وعلى النفط الخام ومشتقاته بخاصة، وسيكون التوجه نحو مصادر الطاقة البديلة المتجددة والمستدامة التي لا يزال استخدام بعضها لا يرتقي إلى المستوى المطلوب.

ويقترح البحث استبعاد المخاوف بشأن إسهام النفط في إجمالي مصادر الطاقة الأولية، فضلاً عن التأكيد على الاهتمام بدور الغاز في استمرار الاحلال محل النفط الخام.

الكلمات المفتاحية: الصناعة النفطية، البيئة.

The role of modern technologies in the oil industry and its environmental impacts

Dr. Abdul-Wahab Thanoon Sadoon
Mosul University
College of Administration and Economic
Abdulwahhab_thanon@uomosul.edu.iq

Abstract

The research aims to demonstrate and determine the role of modern technologies in the oil industry in the environment and the extent of their contribution to environmental pollution, based on the hypothesis that these technologies have a negative role in the environment, in addition to that there are many forms of depleted and renewable energies that have their potential effects in reducing the volume of demand for oil despite Some of them have a significant negative impact on the environment.

The research adopted the comparative analytical approach to achieve its goal and prove its hypothesis, and through that it reached a set of results, the most important of which is that environmental policies and technical progress as well as population growth will affect in the long term a change in demand patterns for energy in general and for crude oil and its derivatives in particular, and the trend will be towards alternative energy sources Renewable and sustainable, some of which are still used not up to the required level.

The research suggests eliminating concerns about the contribution of oil to the total primary energy sources, as well as emphasizing the interest in the role of gas in continuing to replace crude oil.

Key words: Oil Industry, Environment.

المقدمة:

تواجه الصناعة النفطية تغيرات مستمرة مرتبطة بعضها ببعض بشكل متسلسل بحيث أن كل منها يجعل من التغير الذي يليه في واجهة القضايا، فعلى سبيل المثال، في سبعينات القرن الماضي كان التركيز منصباً على فهم صناعة النفط وبدائله وإلى حد ما البعض من الطاقات المُتجددة، فضلاً عن ذلك كان هناك البعض من التركيز على أنظمة التخطيط المُتكامل لأنظمة الطاقة مع التركيز وبشكل أساس على البلدان النامية.

وقد توسع مجال العمل في عقد الثمانينات من القرن الماضي، فالمخاوف البيئية من استخدام النفط والطاقة والتنمية الاقتصادية أصبحت مسألة قلق رئيسة والبعد البيئي سيطر على النقاش السياسي، وهذا ما جلب زيادات رئيسة في تركيز دراسات النفط والطاقة على التأثيرات البيئية المحلية والاقليمية لاستخدامات النفط والطاقة.

أما في عقد التسعينات فإن تحرير أسواق النفط والطاقة وإعادة هيكلتها كان قد اكتسح العالم، وعلى الرغم من أن تغير المناخ والقضايا البيئية المَحلية والدولية الأخرى كانت قد استمرت كذلك في هذا العقد، إلا إن هذه التغيرات كانت قد جلبت قضايا وتحديات جديدة إلى الواجهة، وفي نهاية هذا العقد أصبح واضحاً أنه مالم يكن التصميم الأساس للمشاريع النفطية حسناً بما فيه الكفاية فإن الاصلاحات لا يُمكنها النجاح.

أهمية البحث:

أضحت قضية البيئة واحدة من أهم القضايا التي تواجه العالم منذ مطلع القرن الحالي، ومن هنا تنبع أهمية البحث، إذ يناقش ويسلط الضوء على أحد أهم القضايا المحورية وإبراز دور وتأثيرات التقنيات الحديثة في الصناعة النفطية التي شهدت تسارعاً وقفزات متسارعة في العقود الأخيرة في البيئة ومشكلاتها، الأمر الذي يشكل ركيزة أساسية من ركائز التنمية المستدامة التي تنشدها الاقتصادات جميعها على اختلافها في الوقت الراهن.

مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في ان تقدم الصناعة النفطية وما رافقه من تطور مستمر في استخدام التقنيات الحديثة بكل مجالاتها أدى الى زيادة معدلات التلوث البيئي في مختلف أنحاء العالم، الأمر الذي يجعل معه من عملية اعادة التوازن بين الجانب الاقتصادي متمثلاً بالعوائد الاقتصادية من انتاج واستهلاك النفط ومشتقاته وجانب التوازن البيئي والحفاظ على البيئة أمراً حتمياً وتحدياً لدى صانعي القرار والسياسات الاقتصادية في هذا المجال.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى معرفة وتحديد دور التقنيات الحديثة المستخدمة في الصناعة النفطية في البيئة ومدى إسهامها في التلوث البيئي، وذلك من خلال تقديم الأدوات والمفاهيم الاقتصادية التي يُمكن معها فهم القضايا والتحديات التي تواجه قطاع النفط وبدائله وتأثيرها في البيئة.

فرضية البحث:

يستند البحث الى فرضية مفادها أن هناك دوراً سلبياً للتقنيات الحديثة في الصناعة النفطية التي تؤثر في البيئة المحيطة، فضلاً عن أن هناك العديد من أنواع الطاقات الناضبة والمتجددة لها

تأثيراتها المحتملة في تقليل حجم الطلب على النفط على الرغم من أن البعض منها له تأثير سلبي كبير في البيئة.

منهج البحث:

يعتمد البحث المنهج التحليلي المقارن في الأفكار والقياس في سبيل تحقيق هدفه واثبات فرضيته. ووصولاً لتحقيق هدف البحث فقد تم تقسيمه إلى مباحث ثلاثة: انصرف الأول منها إلى التلوث ومشكلاته الاقتصادية، في حين تطرق الثاني إلى تقنيات الطاقة الجديدة وتأثيراتها البيئية، أما المبحث الثالث فقد تعامل مع تقنيات الطاقة المتجددة وتأثيراتها البيئية.

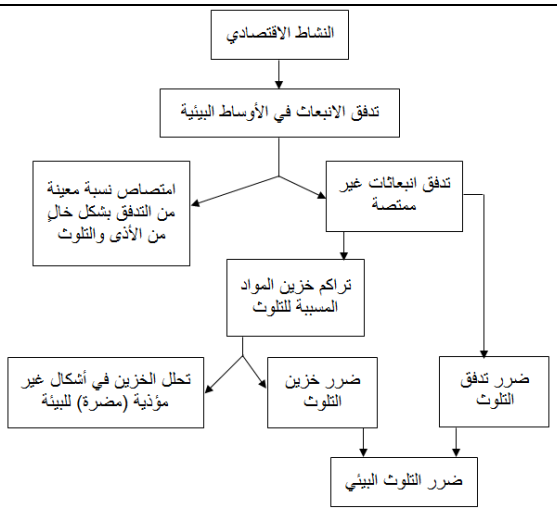
المبحث الأول: التلوث ومشكلاته الاقتصادية:

١. مفهوم التلوث البيئي:

يشير مفهوم التلوث إلى الفضلات الصلبة والسائلة والغازية والحرارة والضوضاء التي تضر الأفراد بطرائق مختلفة، أو تقلل من إمكانية استغلال البيئة ومواردها الطبيعية المتجددة وغير المتجددة (التمي وآخرون، ٢٠٠٤: ٧٦).

ويُعد مفهوم التلوث البيئي في الاقتصاد نوعاً من أنواع فشل السوق، وذلك بالاستخدام المفرط للموارد إما بشكل الملكية الجماعية أو عدم وجود الملكية، وبذلك فإن السوق تفشل عند عدم تواجد حقوق الملكية أو عند الإخفاق في ضبط الموارد الطبيعية للاستفادة المثلى منها، واستناداً إلى نظرية حقوق الملكية فإن التدخل الحكومي في ملكية الموارد الطبيعية هو أساس للخلافات وهذا ما يدعى بالفشل الحكومي (النيش، ١٩٩٩: ٣).

ويمكن تحديد موازنة الخارجيات التي تمثل تفاعلات التدفق بين الاقتصاد والبيئة في الشكل (1)، فالخارجيات الناجمة عن العمليات الاقتصادية تدخل الوسط البيئي (الهواء، والماء، والتربة)، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة النفايات والانبعاثات في البيئة الى الحد الذي تسبب فيه هذه النفايات ضرراً يعتمد أثرها في القدرة الاستيعابية في البيئة، وبالإمكان توضيح ذلك في الشكل الآتي الذي يبين أن هناك نسبة معينة من تدفقات الانبعاث في النشاط الاقتصادي.



الشكل (1) النشاط الاقتصادي وتدفق الخارجيات والضرر البيئي

Source: Roger Perman, *et.al.*, (1998), Natural Resource and Environmental Economics, Longman Inc., New York, USA, P. 197.

٢. التحديات البيئية:

إن من التحديات الكبيرة التي أخذت تواجه المجتمعات اليوم هي مشكلة التلوث البيئي بسبب الأنشطة والفعاليات التي قام بها الإنسان، وبسبب التزايد السكاني الهائل، والتوسع في مجالات الصناعات الكيمياوية والمبيدات الحشرية والأسمدة وغيرها التي أثرت على التوازن البيئي في المحيط الحيوي، فضلاً عن التراكمات المستمرة من الملوثات المختلفة التي أسهمت في إحداث الخلل مما أدى إلى تغير الصفات الطبيعية للماء والهواء والتربة ومن ثم الغذاء، وأدى كذلك إلى التلوث الضوضائي الذي أصبح يقلق راحة الإنسان ويزيد من توتر أعصابه (الخرابشة والعامري، ٢٠٠٠: ١٠٨).

٣. الطاقة والتلوث:

تُعد مصادر الطاقة العنصر الأول في التلوث وذلك من خلال إنتاج مصادر الوقود والطاقة ونقلها واستخداماتها، وأن مصادر الطاقة تتفاوت من حيث مدى اسهامها في التلوث بأنواعه المتعددة، وتترتب هذه المصادر ابتداءً من الفحم مروراً بالنفط ثم الغاز الطبيعي، واذا كان هذا ما يخص مصادر الوقود الاحفوري فإن الطاقة النووية تمثل أخطر مصادر الطاقة بعامة، في حين تكاد تنعدم مصادر التلوث عند انتاج الطاقة من مساقط المياه، وهذا هو شأن مصادر الطاقة التقليدية، أما مصادر الطاقة غير التقليدية من مثل النفط الاصطناعي والطاقة الشمسية والحرارة الجوفية فإنها تتفاوت في مساهمتها بالتلوث، ففي حين يقترب النفط الاصطناعي من مصادر الوقود الأحفوري من حيث دوره في التلوث فإن المصدرين الآخرين للطاقة يعدان من مصادر الوقود النظيف وبخاصة الطاقة الشمسية (الهيتي، ٢٠٠٠: ٣٠٣).

٤. مشكلة التلوث البيئي:

عقدت عدة مؤتمرات دولية على مستوى القمة لمناقشة القضايا المتعلقة بمشاكل التلوث البيئي، وفي إطار الاهتمام الدولي بمواجهة التلوث بالمواد الكيمياوية فقد صدرت عن المجتمع الدولي العديد من الاتفاقيات الدولية التي تؤكد على تخفيض التلوث البيئي من خلال الحفاظ على الموارد الطبيعية وحسن استثمارها، ومن خلال وضع القوانين والتشريعات الضرورية لحماية البيئة. زاد الاهتمام بالحديث عن البيئة وتلوثها منذ عقد السبعينات وذلك لأن دراسة نادي روما أظهرت أن العالم مقبل على ما يشبه المجاعة في الطاقة، ولكن ما حصل بعد ذلك أكد على عدم صحة تحليلات نادي روما سواء أكان ذلك على صعيد البلدان المتقدمة أم البلدان النامية، ثم جاء مؤتمر قمة ريو أو قمة الأرض الذي نظمته الأمم المتحدة في ريو دي جانيرو بالبرازيل من أجل البيئة والتقدم في عام ١٩٩٢ ليعطي موضوع تلوث البيئة أهمية على المستوى العالمي، ولقد سبق ذلك اعتبار عقد الثمانينات عقد البيئة الخالية من التلوث ضمن توجهات الأمم المتحدة (الهيتي، ٢٠٠٠: ٣٠٤).

تقترن بمشكلة التلوث البيئي مشكلة أخرى ملازمة لها: وهي مشكلة استنزاف الموارد الطبيعية البيئية واقتراب الكثير منها إلى الاستنزاف، فكثير من الفصائل الحيوانية والنباتية وموارد الطاقة والتعدين أصبحت في حكم المنتهية. يرجع التلوث البيئي بصفة أساسية إلى إفراط العالم وبخاصة العالم المتقدم في استهلاك الموارد الطبيعية المختلفة سواء أكانت هذه الموارد متجددة أم غير متجددة، فالتوسع في إنتاج مصادر الطاقة الأحفورية واستغلال الأراضي الزراعية وزيادة عدد المصانع كلها مسببات لزيادة تلوث الماء والهواء والتربة، وكذلك تجريف الأراضي وتدني السلامة الصحية للعمال (الطائي، ٢٠٠٧: ٣٩).

المبحث الثاني: تقنيات الطاقة الحديثة وتأثيراتها البيئية:

بحسب وجود مصادر الطاقة في الطبيعة، فإنها تُصنف إلى صنفين هما: الطاقة الأولية Primary Energy وهي طاقة ناضبة موجودة بشكل طبيعي مثل النفط الخام والغاز الطبيعي والفحم والطاقة النووية (أو الطاقة الفيزيائية الكامنة في ذرات المعادن)، والطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الضوئية المنبعثة من الشمس والطاقة الكهرومائية والوقود الحيوي، وكذلك الطاقة الثانوية Secondary Energy وأن هذا الصنف من الطاقة يكون مصدره هو الطاقة الأولية ويطلق عليه الطاقة النهائية Final Energy مثل الطاقة الكهربائية الناتجة عن الغاز الطبيعي، وكذلك الكيروسين والديزل الخ، وهكذا سيتم التركيز على موضوع النفط كونه عنصراً من عناصر الطاقة الأولية ومنه تُستمد الطاقة الثانوية (العبادي، ٢٠٢٠: ١٧).

وبهذا الصدد لم تكن الدراسات الاقتصادية لأغلب الاقتصاديين المتخصصين في اقتصاد النفط والطاقة قبل الارتفاع الكبير في أسعار النفط الذي حدث في عام ٢٠٠٨ تأخذ في حساباتها الدور المؤثر للهيدروكربون غير التقليدي (طاقة حديثة) الذي يمكن الحصول عليه من صخر السجيل في تغيير قواعد اللعبة في السوق العالمية للطاقة، فالكثير منها ركز على الدور النفطي لبلدان خارج أوبك وتأثيره في إنتاج أوبك من النفط الخام وأسعار النفط، فدراسة روبرت كوفمان وآخرون Kaufmann,*et.al.* في عام ٢٠٠٤ التي تناولت عدداً من بلدان أوبك في تحليلها مركزة على أهمية زيادة إنتاج البعض من بلدان خارج أوبك (أبرزها روسيا) التي يشكل إنتاجها تهديداً محتملاً لقدرة أوبك على التأثير في أسواق النفط (Kaufmann,*et.al.*,2004:67-90).

يُقصد بالهيدروكربونات غير التقليدية بأنها تلك الزيوت الهيدروكربونية (بالغة التدبق) التي لا يمكن إنتاجها من مكامنها الموجودة تحت سطح الأرض بواسطة آبار الإنتاج التقليدية، أو أنها تحتاج إلى معالجات إضافية لإنتاج نفط صناعي Syncrude ذي جودة وسعر أعلى يكون أسهل في تناوله ونقله وتكريره، وتوصف هذه النفوط بالنفوط الصعبة لتعسر إنتاجها بطرائق اقتصادية وعلى نطاق واسع ضمن المستويات السائدة من التقنيات والأسعار. تتفاوت انعكاسات التوسع في إنتاج النفوط غير التقليدية على بلدان الإنتاج النفطي، إذ يُتوقع أن يُسهم التوسع في إنتاج النفوط غير التقليدية في زيادة حال عدم الاستقرار ما بين العرض والطلب على النفط الخام.

في العالم على الأمدين القصير والمتوسط، وقد يكون لذلك انعكاسات سلبية لها تأثيرها الضار في البلدان المنتجة للنفط التقليدي، لأنها بالتأكيد ستخلق لها مصاعب تسويقية لمنتجاتها، ولكنها في الأمد الطويل ستكون لها انعكاسات ايجابية على إنتاج النفوط التقليدية، لأنها ستكون مُكملة ومُتممة لها لأنها قد تساعد في تقليص الفجوة ما بين العرض والطلب العالمي على النفوط التقليدية (رجب، ٢٠٠٨: ٩٥-١٦٠).

وبعد التعديلين السعريين الأول والثاني أصبح هناك عداءً للنفط بين بلدان الاستهلاك، وأن هذا العداء للنفط تطور في الأعوام الأخيرة بشكل لم نشهده من قبل، فعلى سبيل المثال تم تاريخياً الدعوة إلى وقف الاعتماد على استيرادات النفط من الشرق الأوسط، إلا أن الأمر تطور في الأعوام الأخيرة وأصبح سياسيّو البلدان المستهلكة للنفط يتحدثون عن وقف الاعتماد عليه بغض النظر عن مصدره. كان يمكن تجاهل ما يقوله هؤلاء بحجة "أنه كلام للاستهلاك المحلي"، لولا أنه صاحب ذلك إنفاقاً للحكومة الفيدرالية الأمريكية بمليارات الدولارات لتنشيط صناعة بدائل النفط، إن هذا الإنفاق الضخم أعطى انطباعاً بأن حكومات البلدان المستهلكة للنفط وبخاصة الحكومة الأمريكية هي جادة في عدائها له (العبادي، ٢٠١٣: ١٥٧- ١٥٨).

لقد لوحظ ارتفاعاً في سعر خام WTI على الدوام قياساً بسعر خام Brent قبل عام ٢٠٠٩ وأسعار الخام في منطقة الخليج العربي، لكن ما حصل بعد ذلك هو حصول انخفاض كبير في هذا السعر حتى عام ٢٠١٥، لكن ماذا يعني ذلك؟، إما أن تكون الولايات المتحدة قد خفضت من حجم استهلاكها من النفط الخام، وهذا أمر تفنده البيانات الواردة في الجدول (1)، أو أن هناك ارتفاعاً في إنتاجها النفطي وهو ما تشير اليه بيانات هذا الجدول.

الجدول (1) أسعار النفط العالمية وتطور إنتاج الولايات المتحدة واستهلاكها من النفط

الأعوام	سعر العربي الخفيف بالدولار	سعر برنت Brent بالدولار	غرب تكساس WTI بالدولار	استهلاك النفط بالمليون طن	إنتاج النفط بالمليون طن	الفرق بين غرب تكساس وبرنت	الفرق بين غرب تكساس والعربي الخفيف
				الولايات المتحدة الأمريكية			
2000	26.81	28.44	30.37	882.8	347.6	1.93	3.56
2001	23.06	24.46	26.00	882.8	344.5	1.54	2.94
2002	24.32	25.03	26.13	883.5	342.0	1.1	1.81
2003	27.69	28.81	31.09	899.4	332.5	2.28	3.4
2004	34.53	38.23	41.44	935.2	325.4	3.21	6.91
2005	50.21	54.44	56.51	938.4	309.0	2.07	6.3
2006	61.10	65.16	66.04	930.7	304.5	0.88	4.94
2007	68.75	72.55	72.60	928.8	305.1	0.05	3.85
2008	95.16	97.37	100.00	875.4	302.3	2.63	4.84
2009	61.38	61.68	61.88	833.2	322.4	0.2	0.5
2010	77.82	79.60	79.42	850.1	332.7	-0.18	1.6
2011	107.82	111.36	94.99	834.9	344.9	-16.37	-12.83
2012	110.22	111.62	94.10	817.0	393.2	-17.52	-16.12
2013	106.53	108.65	97.96	832.1	446.9	-10.69	-8.57
2014	97.18	99.14	93.26	838.1	522.7	-5.88	-3.92
2015	49.85	52.50	48.73	856.5	565.1	-3.77	-1.12
2016	40.96	43.42	43.27	863.1	543.0	-0.15	2.31
2017	52.59	54.19	50.79	826.3	573.9	-3.4	-1.8
2018	70.59	71.31	65.20	844.4	671.6	-6.11	-5.39
2019	63.64	64.21	57.03	841.8	746.7	-7.18	-6.61

Source: BP Statistical Review of World Energy 2016-2020.

تشير بيانات الجدول (1) إلى تزايد حجم استهلاك الولايات المتحدة الأمريكية من النفط الخام خلال الأعوام الأخيرة، مقابل زيادة مستمرة في إنتاج الولايات المتحدة من النفط منذ عام ٢٠٠٩ حتى عام ٢٠١٥ الذي شهد خروج الكثير من الشركات المنتجة للنفط الصخري من ميدان الإنتاج بفعل الأسعار المنخفضة لبرميل النفط، مما تسبب في انخفاض إنتاج الولايات المتحدة منه في عام ٢٠١٦، فقد أظهرت البيانات تطور حجم الإنتاج النفطي من 322.4 مليون طن في عام ٢٠٠٩ حتى بلغ أقصاه بمقدار 746.7 مليون طن في عام ٢٠١٩. إن بقاء أسعار خام العربي الخفيف منخفضة عند مستوى 41 دولار للبرميل أدى إلى تضييق الخناق على شركات النفط الصخري التي بدأت بالخروج من السوق النفطية الأمريكية، وهكذا بدأ إنتاج النفط الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية بالانحسار، إذ بدأ سعر خام غرب تكساس الوسيط WTI يقترب من برنت Brent لأول مرة في عام ٢٠١٦ بعد أن افترق عنه في عام ٢٠١١، وهذا ما أظهرته بيانات الجدول (1).

المبحث الثالث: تقنيات الطاقة المتجددة وتأثيراتها البيئية:

إن الطاقة المُتجددة هي الطاقة المُستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد ولا يمكن لها أن تَنفد، وهي تَختلف جوهرياً عن الوقود الأحفوري، إذ لا ينشأ عنها مُخلفات من مثل ثاني أوكسيد الكربون أو غازات ضارة أو غازات تعمل على زيادة الاحتباس الحراري كما يحدث عند احتراق الوقود الأحفوري، كما أن الطاقة المُتجددة لا تنضب عند استعمالها بل تتجدد باستمرار، بينما الطاقة الأحفورية تفقد قدرتها على توليد الطاقة حالما يتم احتراقها (Straathof,2012:7). تُنتج الطاقة المُتجددة من الرياح والشَمس ومن حَركة الأمواج والمَد والجَزر أو من حرارة الأرض الجَوفية، وكذلك تُنتج من الوقود الحَيوي المُتمثل بالمَحاصيل الزراعية والأشجار المُنتجة للزيوت، أما الطاقة المُتجددة الأكثر استخداماً فهي تتمثل في مَحطة القوى الكهرومائية بواسطة السُدود العظيمة أينما وجدت الأماكن المُناسبة لبنائها على الأنهار ومساقط المياه (Masseron,1990:159-182).

تُستخدم الطاقة المُعتمدة على الرياح والطاقة الشَمسية على نطاق واسع في البُلدان المُتقدمة وعدد من البُلدان النامية، وقد كثرت وسائل إنتاج الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المُتجددة في الآونة الأخيرة، فهناك بُلدان عديدة وضعت خططاً لزيادة نسبة إنتاجها للطاقة المُتجددة بحيث تُغطي احتياجاتها من الطاقة بنسبة 20% من استهلاكها في عام ٢٠٢٠ (خلف، ٢٠١٤: ٥)، وسيتم تباعاً استعراض الطاقات المُتجددة وكما يأتي:

١. الطاقة الشَمسية:

تَعرف الإنسان قديماً على مصادر الطاقة المُتجددة من مثل أشعة الشَمس التي تعامل معها واستفاد من طاقاتها في تجفيف المَواد الغذائية، ونَشهد حالياً تطور سريع للتقنيات التي تُستخدم لتحويل مصادر الطاقة المُتجددة إلى طاقة كهربائية، من مثل الخلايا الشَمسية والمُجمعات والأفران الشَمسية، وما إلى ذلك من التقنيات. يبرز اليوم سؤال مُلحّ يقول: هل يمكن فعلاً للطاقة الشَمسية أن تفي بوعودها لتقديم طاقة وفيرة مُستدامة وبأسعار معقولة؟، وهل ستتمكن الطاقة الشَمسية حقاً من المُنافسة في مختلف الظروف وستصل لمختلف المُستخدمين؟ وأي نوع من الدعم ستحتاجه هذه الطاقة؟ وإلى متى؟ وما هي التكاليف؟، ومن سيتحملها؟ وما الفائدة من كل ذلك؟.

تعد الطاقة الشَمسية واحدة من الطاقات الهائلة بالمُقارنة لما يحتاجه العالم عملياً، ومن الممكن اصطياد هذه الطاقة وتحويلها إلى حرارة أو كهرباء، وعلى الرغم من ذلك فإن توزعها وكثافتها يختلفان بحسب المكان والزمان بشكل قد يصعب التنبؤ به دوماً، إذ يُعد السطوع الشَمسي المباشر المُكون الأساس في هذه الطاقة، وعلى الرغم من النظرة العامة التي قد توحي بأن استغلال الطاقة الشَمسية هو أمر في غاية البساطة، لكن الواقع يؤكد أنه لم يتم بعد التعرف على كل خفايا الطاقة الشَمسية، ذلك أن الأرض تستقبل سنوياً 885 مليون تيراواط ساعة من الطاقة الشَمسية، وهو ما يعادل 6200 مرة كمية الطاقة التي استهلكت على الأرض من المصادر الرئيسة في عام ٢٠٠٨. إن هذا النوع من الطاقة يوفر عامل الأمان البيئي، إذ أنها طاقة لا تُلوث الجو أو تترك فضلات، مما يُكسبها وضعاً خاصاً لاسيما في هذا القرن (الساكني، ٢٠٠٤: ٢٣-٢٤).

الجدول (2) استهلاك الطاقة الشَمسية بالمليون طن مُكافئ للنفط

الأعوام	أمريكا الشمالية	OECD	استهلاك العالم	النسبة المئوية
1996	0.1	0.2	0.2	0.00226
1997	0.1	0.2	0.2	0.00224
1998	0.1	0.2	0.2	0.00222
1999	0.1	0.2	0.2	0.00218
2000	0.1	0.2	0.2	0.00222
2001	0.1	0.3	0.3	0.00329
2002	0.1	0.3	0.4	0.00430
2003	0.1	0.4	0.5	0.00518
2004	0.2	0.6	0.6	0.00594
2005	0.2	0.8	0.8	0.00766
2006	0.2	1.1	1.1	0.01024
2007	0.3	1.5	1.5	0.01355
2008	0.4	2.5	2.6	0.02324
2009	0.5	4.2	4.4	0.03998
2010	0.7	6.7	7.1	0.06154
2011	1.2	12.7	13.7	0.11597
2012	2.2	19.4	21.9	0.18283
2013	3.9	25.0	30.4	0.24923
2014	6.7	32.5	42.1	0.34250
2015	8.7	39.7	57.3	0.46205
2016	11.8	46.1	75.4	0.59979
2017	16.7	55.9	89.6	0.70808
2018	20.3	65.8	116.2	0.89358
2019	25.0	76.91	143.8	1.09204

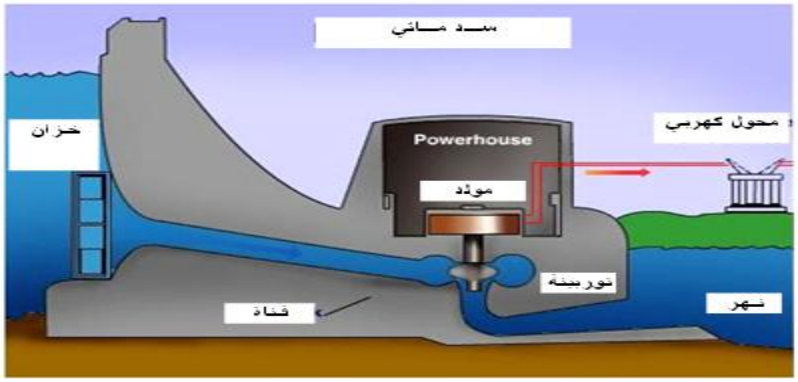
Source: BP Statistical Review of World Energy 2016-2020.

إن الطاقة الشَمسية وعلى الرغم من تطور إنتاجها ومراكمتها واستهلاكها خلال المُدة "١٩٩٦-٢٠١٩" إلا أنها لا تزال تشكل نسبة جُد ضئيلة مما استهلكه العالم من الطاقة الأولية، فمن نسبة جُد متدنية بلغت نحو 0.0026% من إجمالي ما استهلكه العالم من الطاقة الأولية في عام ١٩٩٦، حتى بلغت هذه النسبة أقصاها في عام ٢٠١٩ بنحو 1.09% مما استهلكه العالم من الطاقة الأولية، وهكذا فقد بقيت مساهمتها ضئيلة في ميزان الطاقة العالمي، وهذا ما تشير اليه وتتضمنه بيانات الجدول (2)، ولعل السبب في ذلك هو تأخر الاستخدام الفعلي لهذا النوع من الطاقة على الرغم من كونها مصدراً متجدداً لا ينضب، فضلاً عن عدم تلويثها للبيئة، إلا أن إنتاجها يتوقف على توافر الأشعة الشَمسية في ساعات النهار حصراً وصعوبة تخزينها ضمن الشروط الفنية والاقتصادية المتوافرة حالياً، ولربما سيشهد هذا النوع من الطاقة مُستقبلاً تطوراً في استمرار الإنتاج مع تطور طرائق تخزين الطاقة وتقنياتها، وبذلك سنحصل على طاقة كهربائية مُستمدة من الشَمس ومُتوافرة خلال 24 ساعة.

٢. الطاقة الكهرومائية:

يَعتمد توليد الكهرباء باستخدام الطاقة المائية على تجميع المياه في خَزان خَلف أحد السدود، وذلك بغرض دفع هذه المياه من خلال أنابيب في اتجاه ريش التوربينة، مما يُؤدي إلى دورانها وهذه

التوربينات تشبه تلك المُستخدمة في مَحطات توليد الطاقة، إلا أنه يتم استخدام الماء هُنا بدلاً عن البُخار.



الشكل (2) توليد الكهرباء باستخدام الطاقة المائية

إن من أهم مَزيات الطاقة المائية هو عدم انبعاث غاز ثاني أوكسيد الكربون منها في الجو، إلا أن إنشاء المَحطات المائية يُسهم في تغيير أنماط المعيشة بالمَناطق التي تُقام فيها، إذ يتسبب إنشاء السدود والخزانات في تهجير السُكان من مَناطق إقامتهم التي اعتادوا السكن فيها إلى مَناطق أخرى، كذلك تتغير طبيعة العمل بتلك المَناطق من مَناطق تعتمد على الزراعة إلى مَناطق تعتمد على الصيد، فضلاً عن أن خَزن المياه في خَزانات ضخمة يُؤدي إلى رفع نسبة التبخر في تلكم المَناطق، مما يُؤدي إلى ارتفاع في درجة الحرارة والرطوبة ومن ثم تغير في طبيعة المناخ (الخياط، ٢٠٠٦: ٥٨).

تُشير بيانات الجدول (3) أن حجم استهلاك الطاقة الكهرومائية في العالم كان بنحو 448 مليون طن مُكافئ للنفط في عام ١٩٨٥ الذي كان يُشكل نحو 6.24% من إجمالي الطاقة الأولية المُستهلكة في العالم، وتُعد بُلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD من أكثر البُلدان استهلاكاً للطاقة الكهرومائية، إذ استهلكت هذه البُلدان في هذا العام نحو 270.0 مليون طن مُكافئ للنفط في عام ١٩٨٥، أي نحو 60.29% من مجمل الاستهلاك العالمي من الطاقة الكهرومائية.

الجدول (3) الاستهلاك السنوي من الطاقة الكهرومائية بالمليون طن مُكافئ للنفط

الأعوام	أمريكا الشمالية	أمريكا الوسطى والجنوبية	الهادئ آسيا	OECD	العالم	النسبة المئوية
1985	139.7	63.9	72.4	269.6	447.7	6.23624
1986	142.0	69.1	73.3	266.9	453.3	6.17979
1987	133.5	73.8	74.5	268.5	461.0	6.07098
1988	126.0	76.7	80.4	269.6	473.4	6.00754
1989	133.4	78.4	88.0	262.9	472.1	5.86452
1990	139.2	81.7	90.6	272.7	489.4	6.01517
1991	140.6	87.3	92.7	276.1	500.6	6.10853
1992	135.1	89.1	90.9	274.6	500.6	6.06119
1993	143.0	95.9	100.0	290.8	530.7	6.38667
1994	138.3	101.6	100.9	280.5	534.1	6.34413
1995	152.9	105.5	109.2	299.3	562.9	6.5538
1996	166.7	109.9	107.2	307.9	570.9	6.4585

الأعوام	أمريكا الشمالية	أمريكا الوسطى والجنوبية	الهادئ آسيا	OECD	العالم	النسبة المئوية
1997	166.4	116.5	106.8	312.4	580.4	6.4965
1998	154.4	119.1	115.7	306.9	587.3	6.5269
1999	158.5	119.3	112.7	309.5	592.5	6.4682
2000	151.2	126.0	117.3	309.9	601.2	6.6678
2001	131.1	118.5	129.2	288.3	586.9	6.44023
2002	145.1	124.3	131.6	293.2	598.1	6.42357
2003	143.6	129.6	134.8	286.5	596.6	6.18646
2004	143.6	133.4	154.6	292.2	636.0	6.29185
2005	150.0	141.5	164.1	294.5	661.4	6.33073
2006	152.8	148.3	182.3	299.9	690.2	6.42294
2007	145.9	153.0	193.5	291.5	699.7	6.32208
2008	152.5	154.1	226.5	302.8	741.4	6.62676
2009	151.9	158.1	218.7	299.3	737.9	6.70445
2010	147.3	158.8	252.1	309.2	784.2	6.79764
2011	166.1	168.4	254.4	314.2	795.5	6.73379
2012	156.3	165.3	292.2	316.2	835.6	6.97596
2013	156.3	160.6	312.9	321.1	864.8	7.08994
2014	154.5	154.4	346.9	317.3	884.3	7.19404
2015	150.9	152.9	361.9	314.6	892.9	7.20005
2016	153.9	156.0	368.1	316.8	910.3	7.24125
2017	145.1	140.5	335.5	278.7	815.8	6.44703
2018	141.1	143.4	341.3	283.8	832.0	6.39809
2019	134.4	142.0	354.5	274.2	839.2	6.37300

Source: BP Statistical Review of World Energy 2016-2020.

وارتفع حجم استهلاك الطاقة الكهرومائية في العالم من 489.4 مليون طن مُكافئ للنفط في عام ١٩٩٠ الذي يُشكل نحو 6.02% من إجمالي الطاقة الأولية المُستهلكة في العالم إلى 580.4 مليون طن مُكافئ للنفط في العام ١٩٩٧، هو يُشكل نحو 6.50% من إجمالي الطاقة الأولية المُستهلكة في العالم، وتعد بُلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية من أكثر البُلدان استهلاكاً للطاقة الكهرومائية، إذ استهلكت هذه البُلدان في عام ١٩٩٧ ما مقداره 312.4 مليون طن مُكافئ للنفط، أي نحو 53.83% من مجمل الاستهلاك العالمي من الطاقة الكهرومائية.

وقد استمر الاستهلاك العالمي من الطاقة الكهرومائية بالارتفاع حتى بلغ في عام ٢٠٠٠ حجماً مقداره 601.2 مليون طن مُكافئ للنفط، وأن نسبة مساهمة هذا الاستهلاك في إجمالي استهلاك العالمي من الطاقة الأولية كانت قد ارتفعت إلى نحو 6.7%، كما استمر الحال على ما هو عليه من ارتفاع في حجم الاستهلاك العالمي من الطاقة الكهرومائية، ففي عام ٢٠١٠ كان حجم الاستهلاك العالمي من الطاقة الكهرومائية قد بلغ 784.2 مليون طن مُكافئ للنفط، كما أن نسبته من إجمالي استهلاك العالم من الطاقة الأولية كانت قد ارتفعت إلى نحو 6.8%. ولقد تزايد حجم استهلاك العالم من الطاقة الكهرومائية حتى بلغ أقصاه في عام ٢٠١٦، إذ بلغ حجماً مقداره 910.3 مليون طن مُكافئ للنفط، وهو بذلك يُشكل نحو 7.24% من إجمالي الطاقة الأولية المُستهلكة عالمياً، لكن ما لبث ان انخفض بعد ذلك كما يظهر في بيانات هذا الجدول.

٣. طاقة الرياح:

تتولد الرياح نتيجة لامتصاص أسطح الأرض والبحار والمُحيطات لأشعة الشَمس بنسب مُتفاوتة، فعند سقوط أشعة الشَمس يتأثر الغلاف الجوي ويسخن الهواء مما يؤدي إلى انخفاض كثافة هذا الغلاف، وتبعاً لذلك ينتقل الهواء من منطقة الضغط المرتفع (حيث يقل الإشعاع الشَمسي) إلى منطقة الضغط المُنخفض (حيث الإشعاع الشَمسي الأعلى)، مما يؤدي إلى نشوء الرياح وهو عكس ما يحدث في المَناطق التي ينخفض فيها مقدار الإشعاع الشَمسي (Speight,2011:67-69).

تُعد الرياح واحدة من المَصادر غير الناضبة التي لا تُسبب أي ضرر بيئي، كما أن توليد الكهرباء من الرياح لا يتعرض إلى ارتفاع مُفاجئ في الأسعار كما يحدث للغاز الطبيعي، إن آلية توليد الكهرباء من الرياح تستند على استخدام التوربينات التي بدورها تعتمد على جهاز حساس كهربائي يُمكنها من التنبؤ المُستقبلي بقوة الريح واتجاهها لمُدة 24 ساعة، ويتم تعديل اتجاه المرواح وزاوية كل مروحة منها باستمرار حتى تحصل على أفضل كمية من الطاقة من النسيم المدار (الخياط، ٢٠٠٦: ٥٠-٥٢).

إن تعبير مزرعة الرياح أو مَحطة إنتاج الكهرباء من الرياح يُطلق عندما تتوافر مجموعة من توربينات الرياح في مكان واحد، إذ يتم توصيل هذه التوربينات سوية لتوليد الطاقة الكهربائية التي تنتقل عبر خطوط النقل والتوزيع للمُستهلكين وغالباً ما يتم اختيار مَوقع مزرعة الرياح بالمُقارنة بين عدد من المواقع المُرشحة، وذلك من قبيل: سرعة الرياح، وامكانية الحُصول على اعتماد التخطيط والمُوافقات، ونجاح التأييد الشعبي لها، والتكاليف البيئية والفوائد، والاستدامة، وعدم الموثوقية والمخاطر، وتوافر الارض والبنى التحتية، وتطوير نظام الطاقة، والاستثمار والمُستثمرين، وأمان التصميمات، وعُمر المشروع، وتشغيل نظام القُدرة وصيانته، والحَيوية الاقتصادية والمالية (محمود، ٢٠١٢: ٢٤-٢٩) (Bjørnmose,*et.al.*,2009:14-19).

وتشير بيانات الجدول (4) إلى أن أكثر المَجاميع الدولية في استهلاك الطاقة الكهربائية من الرياح خلال المُدة "٢٠٠٠-٢٠١٩" هي مَجموعة منظمة بلدان التعاون الاقتصادي والتنمية تليها مَجموعة الهادئ آسيا ثُم مجموعة أمريكا الشمالية وتأتي بعدها مَجموعة أمريكا الوسطى والجنوبية وأخيراً مجموعة أفريقيا.

الجدول (4) تطور استهلاك طاقة الرياح بالمليون طن مُكافئ للنفط

الأعوام	أمريكا الشمالية	OECD	أمريكا الوسطى والجنوبية	افريقيا	الهادئ آسيا	العالم	النسبة المئوية
2000	1.3	6.5	0.1	-	0.6	6.7	0.07431
2001	1.6	7.8	0.1	0.1	0.8	8.7	0.09547
2002	2.5	10.7	0.1	0.1	0.9	12.0	0.12888
2003	2.7	12.7	0.1	0.1	1.2	14.3	0.14828
2004	3.5	16.7	0.1	0.2	2.1	19.4	0.19192
2005	4.4	20.5	0.1	0.2	2.7	23.6	0.22589
2006	6.6	25.2	0.2	0.2	4.2	30.1	0.28011
2007	8.6	32.1	0.2	0.2	5.5	38.6	0.34877
2008	13.6	40.1	0.4	0.3	7.9	49.6	0.44333
2009	18.5	47.7	0.5	0.4	12.8	62.9	0.57150
2010	23.9	56.4	0.8	0.5	18.0	77.7	0.67352
2011	30.1	68.9	0.9	0.5	25.3	98.8	0.83633
2012	35.5	79.1	1.7	0.6	32.7	118.8	0.99180

الأعوام	أمريكا الشمالية	OECD	أمريكا الوسطى والجنوبية	افريقيا	الهادئ آسيا	العالم	النسبة المنوية
2013	42.2	91.2	2.2	0.8	44.4	145.0	1.18876
2014	45.7	97.9	4.0	1.4	49.4	159.8	1.30002
2015	51.0	113.5	7.2	1.7	56.7	190.3	1.53452
2016	60.3	122.8	10.2	2.5	71.3	217.1	1.72699
2017	60.0	140.2	11.4	2.5	77.8	228.9	1.80893
2018	64.2	148.7	13.2	2.9	92.5	253.3	1.94788
2019	70.4	167.2	15.8	3.6	102.1	284.0	2.15674

Source: BP Statistical Review of World Energy 2016-2020.

مع بداية عام ٢٠٠٠ كان حجم الاستهلاك العالمي من طاقة الرياح قد بلغ 6.7 مليون طن مُكافئ للنفط، أي ما يعادل نحو 0.074% من حجم الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية، أما في عام ٢٠٠٦ فقد كان حجم الاستهلاك العالمي من طاقة الرياح قد بلغ 30.1 مليون طن مُكافئ للنفط، أي ما يعادل نحو 0.28% من حجم الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية.

إن طاقة الرياح وعلى الرغم من تطور حجم إنتاجها ومراكمتها خلال المُدة "٢٠٠٠-٢٠١٩"، إلا أنها لا تزال تشكل نسبة جُد ضئيلة مما استهلكه العالم من الطاقة الأولية، فمن نسبة متدنية بلغت نحو 0.074% في عام ٢٠٠٠ ازدادت حتى بلغت أقصاها في عام ٢٠١٩ بمقدار 284.0 مليون طن مُكافئ للنفط، أي ما يعادل نحو 2.16% من حجم الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية. لكن مع ذلك فقد بقيت مساهمتها جُد ضئيلة في نسبة ما أنتجه العالم من الطاقة الكهربائية واستهلكه منها، إلا أنها في الوقت نفسه أكثر مُساهمةً من نظيرتها الطاقة الشَمسية، وعلى الرغم من كونها مصدراً مُتجدداً لا ينضب، فضلاً عن عدم تلويثها للبيئة، إلا أن إنتاجها يتوقف على توافر سرعات مُعينة من الرياح يمكن بواسطتها توليد الكهرباء.

٤. الطاقة الحرارية الجَوفية Geothermal:

إن الحرارة الجَوفية هي طاقات حرارية دفينة في أعماق الأرض وموجودة بشكل مخزون من المياه الساخنة أو البُخار والصخور الساخنة، لكن الحرارة المُستغلة حالياً عن طريق الوسائل التقنية المتوافرة هي المياه الساخنة والبُخار الحار الذي يُستعمل في توليد الكهرباء، كما يُمكن استعمالها في مجالات أخرى من مثل التدفئة المركزية والاستخدامات الزراعية والصناعية والأغراض الطبية، وتجفيف المَحاصيل وفي صناعة الورق والنسيج، وتستخدم الينابيع الساخنة في عدد من البُلدان لأغراض طبية وسياحية (طالبي وساحل، ٢٠٠٨: ٢٠٤).

إن نظام بئر الحرارة الجَوفية يمكن أن يُستخرج منها نحو 10% من الحرارة الموجودة في المُستودع الجوفي إلى سطح الأرض، ثم تقوم المَحطات الحرارية بالاستفادة من 10% من هذه الكمية، مما يعني أن نسبة الاستخدام الفعلي تصل إلى 1% فحسب من الحرارة الجَوفية في موقع مُعين، كذلك هناك مُعوق آخر يتمثل في تآكل المُعدات والآلات المستخدمة في أثناء الحفر للوصول إلى مكان الحرارة لاسيما إذا كانت الحرارة المُتولدة في صورة ماء أو بخار رطب، كما أن هناك خطورة في التعامل مع الحرارة المُتسربة بعنف إلى سطح الأرض (مخلفي، ٢٠١٣: ٣٧-٤٠).

تُسهم طاقة الحرارية الجَوفية بحصة كبيرة من الطاقة المُولدة في بُلدان عِدة من العالم، ففي عام ١٩٩٠ امتلك العالم سعة مُتراكمة من هذا النوع من الطاقة بمقدار 0.000503 مليون طن مكافئ للنفط، كما كان عدد البُلدان التي أنتجت الطاقة الحرارية الجَوفية 16 بلداً من بينها الولايات

المتحدة الأمريكية التي تمتلك العديد من مَحطات توليد الطاقة الحرارية الجَوفية، وهي تتمتع بالريادة العالمية في مجال توليد الكهرباء من الطاقة الحرارية الجَوفية، ومع مرور الزمن وازدياد عدد البُلدان التي امتلكت ناصية إنتاج الطاقة الحرارية الجَوفية، فقد ازداد مقدار ما راكمه العالم من سعات للطاقة الحرارية الجَوفية في عام ٢٠٠٠ ليصل إلى 0.000708 مليون طن مكافئ للنفط، كما وصل عدد البُلدان المُنتجة لهذا النوع من الطاقة في هذا العام إلى 19 بلداً، واستمرت الولايات المتحدة في تَبوئها لمركز الصدارة في الإنتاج، تليها كل من الفلبين وإيطاليا وإندونيسيا (Zhuang & Gabriel,2008:113–147).

في عام ٢٠١٠ كانت 23 دولة في العالم لديها سعة مُتراكمة من الطاقة الحرارية الجَوفية مقدارها 0.000860 مليون طن مكافئ للنفط، ولقد استمر الحال على ما هو عليه في عام ٢٠١٩ في استحواذ الولايات المتحدة على مركز الصدارة وتبوئها للمركز الأول في إنتاجها للطاقة الحرارية الجَوفية، وبافتراض أن إجمالي السعة العالمية المتراكمة من الطاقة الحرارية الجَوفية تذهب جميعاً نحو الاستهلاك، فإن اجمالي السعة العالمية المتراكمة من هذا النوع من الطاقة عندما بلغت أقصاها في عام ٢٠١٩، لم تكن تعادل سوى 0.000009% من إجمالي ما استهلكه العالم من الطاقة الأولية، وهذا ما تظهره البيانات في الجدول (5) التي تشير الى تدني مساهمة هذا النوع من الطاقة في إجمالي ما استهلكه العالم من الطاقة الأولية.

الجدول (5) التراكم في السعة المتراكمة من الطاقة الحرارية الجَوفية بالمليون طن مكافئ للنفط

الأعوام	امريكا الشمالية	أمريكا الوسطى والجنوبية	اجمالي أوروبا	آسيا والهادئ	العالم	النسبة المئوية
1990	0.000314	0.0000112	0.0000531	0.000120	0.000503	0.000006
1995	0.000337	0.0000198	0.0000611	0.000160	0.000582	0.000006
2000	0.000314	0.0000310	0.0000683	0.000288	0.000708	0.000008
2001	0.000263	0.0000315	0.0000694	0.000310	0.000681	0.000007
2002	0.000266	0.0000359	0.0000776	0.000306	0.000697	0.000007
2003	0.000266	0.0000374	0.0000808	0.000309	0.000705	0.000007
2004	0.000268	0.0000368	0.0000752	0.000310	0.000706	0.000007
2005	0.000279	0.0000386	0.0000802	0.000320	0.000736	0.000007
2006	0.000278	0.0000408	0.0000982	0.000320	0.000756	0.000007
2007	0.000273	0.0000453	0.0001039	0.000334	0.000776	0.000007
2008	0.000275	0.0000453	0.0001122	0.000353	0.000803	0.000007
2009	0.000288	0.0000453	0.0001187	0.000368	0.000842	0.000008
2010	0.000290	0.0000453	0.0001230	0.000377	0.000860	0.000007
2011	0.000283	0.0000451	0.0001339	0.000380	0.000867	0.000007
2012	0.000294	0.0000564	0.0001383	0.000388	0.000901	0.000007
2013	0.000295	0.0000551	0.0001523	0.000395	0.000923	0.000008
2014	0.000286	0.0000548	0.0001641	0.000416	0.000960	0.000008
2015	0.000297	0.0000550	0.0001830	0.000421	0.001016	0.000008
2016	0.000296	0.0000541	0.0001999	0.000439	0.001054	0.000008
2017	0.000293	0.0000592	0.0002253	0.000450	0.001092	0.000009
2018	0.000300	0.0000613	0.0002492	0.000465	0.001140	0.000009
2019	0.000300	0.0000654	0.0002725	0.000484	0.001198	0.000009

Source: BP Statistical Review of World Energy 2016-2020.

٥. الوقود الحَيوي:

يُقصد بالوقود الحَيوي بأنه الوقود المُنتج بشكل مُباشر أو غير مُباشر من الكُتلة الحَيوية التي تعني المادة ذات أصل بيولوجي (باستثناء المواد المَطمورة في التشكيلات الجُيولوجية التي تحوّلت إلى مُتحجّرات أحفورية)، من مثل حطب الوقود والفَحم النباتي والنفايات والمُنتجات الثانوية الزراعية ومحاصيل الطاقة ورَوث الماشية والغاز الحَيوي والهيدروجين الحَيوي والكُحول الحَيوي والكُتلة الحَيوية الميكروبية، وغيرها، وهكذا يُنعت هذا النوع من الوقود بـ"الحَيوي" لأن مصدره هو الكُتلة الحَيوية وليس النفط أو الفَحم. (Fakhru'l-Razi Ahmadun,*et.al.*,2009:530).

يُعد الوقود الحَيوي أحد أهم مصادر الطاقة المستقبلية المُستخرجة من الكائنات الحية سواء أكانت نباتية أم حيوانية، وهو من أهم مصادر الطاقة المُتجددة، إذ يُعد البديل الحيوي للنفط وهو وقود نظيف يعتمد إنتاجه في الأساس على تحويل الكُتلة الحيوية (سواء أكانت مُمثلة بصورة حبوب ومحاصيل زراعية من مثل الذرة وقصب السُكر أم مُمثلة بصورة شحوم حيوانية أو زيوت من مثل زيت فول الصويا وزيت النخيل) إلي إيثانول كُحولي (ديزل عضوي) واستخدامه في الإنارة وتشغيل المركبات والمولدات، ويُستخدم هذا النوع من الوقود على نطاق واسع في بُلدان كثيرة أبرزها الولايات المُتحدة الأمريكية والبرازيل وألمانيا والسويد وكندا والصين والهند، كما أن أكثر البُلدان إنتاجاً للوقود الحيوي هي البرازيل تليها الولايات المتحدة (خلف، ٢٠١٤: ٣-٥).

تطورت قدرات إنتاج الوقود الحَيوي واستهلاكه مع مرور الزمن في أجزاء عِدة من العالم، ومن خلال بيانات الجدول (6) نجد أن الوقود الحَيوي وعلى الرغم من تطور إنتاجه ومراكمته خلال المُدة "٢٠٠٠-٢٠١٩" إلا أنه لا يزال يُشكل نسبة جُد ضئيلة مما استهلكه العالم من الطاقة الأولية، فمن نسبة جُد متدنية نحو 0.0022651% من إجمالي ما استهلكه العالم من هذه الطاقة في عام ٢٠٠٠ بلغت هذه النسبة أقصاها في عام ٢٠١٩ بنحو 0.013487% مما استهلكه العالم منها، ولربما سيشهد هذا النوع من الطاقة تطوراً في حجم الإنتاج مع تطور تقنياته وانخفاض في تكاليفه.

الجدول (6) إستهلاك الوقود الحَيوي بالمليون طن مُكافئ للنفط سنوياً

الأعوام	امريكا الشمالية	أمريكا الوسطى والجنوبية	اجمالي أوروبا	OECD	العالم	النسبة المئوية
2000	0.063	0.127	0.013	0.076	0.203	0.002251
2001	0.067	0.120	0.015	0.082	0.203	0.002228
2002	0.081	0.133	0.020	0.101	0.236	0.002535
2003	0.110	0.128	0.025	0.135	0.266	0.002758
2004	0.138	0.139	0.033	0.171	0.320	0.003166
2005	0.161	0.149	0.058	0.220	0.384	0.003676
2006	0.233	0.137	0.091	0.327	0.483	0.004495
2007	0.294	0.180	0.126	0.427	0.635	0.005738
2008	0.400	0.238	0.173	0.588	0.868	0.007758
2009	0.456	0.262	0.205	0.683	0.997	0.009059
2010	0.522	0.290	0.244	0.805	1.148	0.009951
2011	0.567	0.272	0.258	0.864	1.201	0.010166
2012	0.570	0.264	0.279	0.883	1.229	0.010260
2013	0.618	0.308	0.255	0.905	1.317	0.010797
2014	0.629	0.340	0.272	0.934	1.412	0.011487
2015	0.651	0.399	0.272	0.957	1.463	0.011797
2016	0.699	0.368	0.276	1.003	1.518	0.012075

الأعوام	امريكا الشمالية	أمريكا الوسطى والجنوبية	اجمالي أوروبا	OECD	العالم	النسبة المئوية
2017	0.701	0.389	0.300	1.032	1.567	0.012384
2018	0.696	0.443	0.327	1.060	1.676	0.012889
2019	0.696	0.486	0.325	1.056	1.776	0.013487

Source: BP Statistical Review of World Energy 2016-2020.

النتائج والمقترحات:

أولاً: النتائج:

١. يتوقع البعض أن العالم مُقبل خلال عُقود قليلة قادمة على أزمة طاقة قد تكون بالغة الجدية وربما تكون بالغة الخطورة في الوقت نفسه، ففي المدى الطويل تُؤثر السياسات البيئية والتقدم التقني، فضلاً عن النمو الاقتصادي والسكاني في تغير أنماط الطلب على الطاقة بعامة وعلى النفط الخام ومُشتقاته بخاصة، وسيكون التوجه نحو مصادر الطاقة البديلة المُتجددة والمُستدامة. ذلك أن الانبعاثات الكربونية المُتولدة عن استهلاك الوقود الأحفوري كانت قد زادت من تلوث بيئة الانسان وزادت من تدهور المناخ العالمي، وما تولد عنه من مشاكل الاحتباس الحراري التي قادت إلى ذوبان الثلوج وزيادة مساحة الأراضي المغمورة، وقد يُؤدي ذلك إلى زوال بُلدان معينة مستقبلاً من على الخارطة من مثل جزر المالديف التي سيتحول سكانها إلى لاجئين في بُلدان أخرى في حال غمرتها مياه البحر.

٢. على الرغم من تطور انتاجها وتطور الحجم المستهلك منها إلا أن الطاقة الكهربائية المُتولدة عن الطاقة الشَمسية لاتزال في مراحلها الأولى، فهي تعاني من عدد من المشاكل من مثل اقتصار الحصول عليها في فترات سطوع الشمس، وصعوبة تخزينها الأمر الذي يؤدي إلى قلة منافستها للنفط ومُشتقاته.

٣. إن محدودية المصادر المُنتجة للطاقة الكهرومائية في عدد من بلدان العالم، فضلاً عن القُصور في استغلال الامكانات المُتاحة منها استغلالاً أمثل، وكذلك ارتفاع تكاليفها الاستثمارية أبقاها منافسة للنفط لكن ضمن حدود معينة.

٤. بعد تحقق الشروط الفنية والاقتصادية، فقد زاد الاعتماد على طاقة الرياح كأحد مصادر الطاقة النظيفة البديلة للنفط.

٥. إن طاقة الحرارة الجَوفية هي طاقة لم يتم استغلالها بالتقنية البشرية المتوافرة حالياً، إذ أنها بقيت بعيدة عن الادراك ولم يتم الوصول إليها إلا بشكل جُد بسيط، وهكذا فإنها لا تشكل بديلاً منافساً للنفط على الإطلاق.

٦. إن القول أن استخدام الوقود الحَيوي يُعزز من أمن الطاقة في البُلدان المُنتجة له هو مجرد حديث لا أساس له من الصحة، لأن أي عارض طارئ سيضرب منطقة ما منتجة لمحاصيله سيُسبب أزمة بنزين خانقة هناك، كما أن أي ارتفاع في أسعار هذه المحاصيل عالمياً فوق مستوى الأسعار المحلية للبلدان المنتجة لمحاصيله سيجعل المزارعين فيها يصدرونها بدلاً عن استخدامها محلياً في مصانع الإيثانول، الأمر الذي سيتسبب أيضا في أزمة بنزين، ولقد بقي إنتاج هذا النوع من الوقود ضمن مستويات متواضعة، وهكذا فإنه لا يشكل بديلاً منافساً للنفط على الأقل ضمن الأمد القصير.

٧. على الرغم من كون أن كل من الطاقة الشمسية وطاقة الحرارة الجوفية هي طاقات متجددة، إلا أن استغلالها الحالي ليس بالمستوى المطلوب.

ثانياً: المقترحات:

١. على الرغم من انخفاض نسبة استهلاك النفط الخام إلى إجمالي مصادر الطاقة الأولية، إلا أن حجم الاستهلاك العالمي منه كان في ازدياد مستمر، لذلك يوصي البحث باستبعاد المخاوف بشأن انخفاض مساهمة النفط في إجمالي مصادر الطاقة الأولية، بسبب بقاء النفط ضمن المركز البؤري في الحصول على الطاقة، فضلاً عن كونه سلعة وسيطة تدخل في إنتاج عدد كبير من المنتجات الأخرى.

٢. يتفوق الغاز من حيث الكفاءة على النفط الخام في خصائص واستعمالات معينة، كما أن نسبة الاستهلاك من الغاز الطبيعي إلى إجمالي الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية كانت آخذة بالتزايد، لذلك يوصي البحث بالتأكيد على الاهتمام بدور الغاز في استمرار الاحلال محل النفط الخام.

٣. يجب ألا يتم تجاهل دور الفحم من حيث تأثيره الحيوي في تقييد حجم الطلب على النفط، حتى وإن انخفضت نسبة استهلاك العالم منه إلى إجمالي الاستهلاك العالمي من مصادر الطاقة الأولية.

٤. بسبب الكوارث النووية فإن هناك حدوداً لإحلال الطاقة النووية محل النفط، لذلك توصي الدراسة بالتركيز على تراجع دور الطاقة النووية في الاحلال محل النفط في الحصول على الطاقة.

٥. يتوجب عدم المبالغة في الأخذ بتلك الآراء التي تفيد بإمكانية احلال الطاقة الكهرومائية محل النفط الخام بسبب محدودية الموارد المائية اللازمة لها.

٦. إن الوقود الحَيوي لا يزال يُشكل نسبة ضئيلة جداً مما استهلكه العالم من الطاقة، لذلك يوصي البحث بعدم تضخيم دور الوقود الحيوي في الاحلال محل النفط الخام.

٧. يتوجب التركيز على طاقة الرياح في احلالها محل النفط عند إنتاج الطاقة الكهربائية، وذلك لأن بيانات الدراسة تبين تعاظم دورها خلال المدة ٢٠٠٠-٢٠١٩.

المصادر والمراجع:

أولاً: المصادر العربية:

١. التمي، خالد غازي وآخرون، ٢٠٠٤، تدقيق التكاليف البيئية والإفصاح عنها، مجلة تنمية الرافدين، المجلد ٧٦، العدد ٢٦.

٢. الخرابشة، مازن عبدالكريم والعامري، عبدالرحمن محمد، ٢٠٠٠، السلامة المهنية، ط١، دار الصفا للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

٣. خلف، بلاسم جميل، ٢٠١٤، استخدام الوقود الحَيوي في التجارة الدولية للحبوب الاستراتيجية وانعكاسه على العراق، مجلة كلية بغداد للعلوم الاقتصادية، العدد ٤٠، بغداد.

٤. الخياط، محمد مصطفى محمد، ٢٠٠٦، الطاقة "مصادرها – أنواعها – استخداماتها"، القاهرة، http://alarabonline.biz/fq1/?aid=F1Q18&cn=938893N.

٥. رجب، علي، ٢٠٠٨، تطور إنتاج النفوط غير التقليدية وانعكاساته على الأقطار الأعضاء، النفط والتعاون العربي، المجلد الرابع والثلاثون، العدد ١٢٥.

٦. الساكني، لؤي عباس فاضل حميد، ٢٠٠٤، ضرائب الطاقة في الدول الصناعية وانعكاساتها على اقتصاديات الدول النامية المُنتجة والمصدرة للنفط، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد.

٧. طالبي، محمد وساحل، محمد، ٢٠٠٨، أهمية الطاقة المُتجددة في حماية البيئة لأجل التنمية المُستدامة: عرض تجربة ألمانيا، مجلة الباحث، العدد ٦، الجزائر.

٨. الطائي، محمد فتحي شاكر صالح، ٢٠٠٧، آثار مستويات التلوث البيئي لمعمل إسمنت كركوك وتوقعاتها المستقبلية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة الموصل.

٩. العبادي، عمار محمد سلو أحمد، ٢٠٢٠، اقتصاديات الصناعة النفطية، ط١، دار حميثرا للنشر، القاهرة.
١٠. العبادي، عمار محمد سلو، ٢٠١٣، تأثير إنتاج منظمة البلدان المصدرة للنفط (أوبك) من النفط الخام في الاستهلاك النفطي لبلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية للمدة ١٩٨٠-٢٠١٠، دراسات اقتصادية، جامعة الموصل.
١١. محمود، ماجد كرم الدين، ٢٠١٢، رياح التغيير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية، المركز الاقليمي للطاقة المُتجددة وكفاءة الطاقة.
١٢. مخلفي، أمينة، ٢٠١٣، أثر تطور أنظمة استغلال النفط على الصادرات: دراسة حالة الجزائر بالرجوع إلى بعض التجارب العالمية، أطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر.
١٣. النيش، نجاة، ١٩٩٩، تكاليف التدهور البيئي وشحة الموارد الطبيعية بين النظرية وقابلية التطبيق في الدول العربية، المعهد العربي للتخطيط، الكويت.
١٤. الهيتي، أحمد حسين علي، ٢٠٠٠، اقتصاديات النفط، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل.

ثانياً: المصادر الأجنبية:

15. Bjørnmose, Jens, *et.al*., 2009, "An Assessment of the Gas and Oil Pipelines in Europe", European Parliament, PE 416.239 (November).
16. BP Statistical Review of World Energy 2016-2020.
17. Fakhru'l-Razi Ahmadun, et.*al.*, 2009, "Review of technologies for oil and gas produced water treatment", Journal of Hazardous Materials, Vol. 6.
18. Kaufmann, Robert K., *et.al.*, 2004, Does OPEC Matter? An Econometric Analysis of Oil Prices, The Energy Journal, Vol. 25, No. 4.
19. Masseron, Jean, 1990, Petroleum Economics (Paris: Institut Francais Du Petrole Publications).
20. Roger Perman, *et.al.*, 1998, Natural Resource and Environmental Economics., Longman Inc., New York, USA,
21. Speight, James G., 2011, An Introduction to Petroleum Technology, Economics, and Politics, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
22. Straathof, Derk, 2012, Costs of Deep Geothermal Energy in the Netherlands, MSc. Sustainable Development Thesis, Utrecht University, Netherlands.
23. Zhuang, Jifang & Gabriel, Steven A., 2008, "A complementarity model for solving stochastic natural gas market equilibria", Energy Economics, Vol. 30.