اقتصاديات الطاقة النووية ودورها في تحقيق التنمية المستدامة مع التطبيق على مصر

د. شيماء سعيد دخيل العربي *

مستخلص

إن موضوع الطاقة النووية من الموضوعات المهمة، والملحة، والمطروحة على الساحة المحلية والدولية، وتشغل الحكومات، والاقتصاديين، والسياسيين، وعلماء البيئة، حيث أنه مع بداية الألفية ظهر مفهوم الاقتصاد الأخضر، والاستدامة البيئية وهو ما دفع مصر للبدأ الفعلي لمشروع الضبعة والتوسع في مجال الطاقة المتجددة.

وتُعد الطاقة النووية مصدرًا موثوقًا، وأمنًا، ومستدام للطاقة التي هي أساس عملية التنمية، وتبرز أهمية الطاقة النووية في تعدد استخداماتها بما يُسهم في خلق فرص عمل، والتخفيف من التغيرات المناخية من خلال المساهمة في الحد من ثاني أكسيد الكربون الذي يسببه الوقود الأحفوري المتوقع نضوبه في الأجل القريب، والحفاظ على ثبات واستقرار الأسعار بخلاف الغاز، والبترول.

يهدف البحث لتحليل وضع قطاع الطاقة في مصر باستخدام التحليل الرباعي (SWOT analysis)، كما قام بتحليل اقتصاديات الطاقة النووية ومقارنتها بالطاقة المتجددة، وتناول البحث مشروع الضبعة، وكيفية تعظيم دوره في تحقيق التنمية المستدامة من خلال الاسترشاد بتجارب دولية ناجحة.

يؤكد البحث على النتائج التالية: أهمية مشروع الضبعة النووي للحفاظ على البيئة والمخزون الاستراتيجي للنفط والغاز، ولمواكبة جهود التنمية المستدامة في ظل زيادة الطلب نتيجة الزيادة السكانية والمشاريع التنموية، ولتحقيق التنويع والاستدامة للطاقة، والاستفادة من المخزون المصري من اليورانيوم والخبرات المصرية، أهمية تشجيع القطاع الخاص للاستثمار في قطاع الطاقة، وترى أن مصر تمتلك العديد من موارد الطاقة المتجددة غير المستغلة بشكل كامل.

كلمات مفتاحية: الطاقة النووية– الطاقة المتجددة–التنمية المستدامة– التحديات – قطاع الكهرباء – مشروع الضبعة.

---

* خبير اقتصادي بمجلس المعلومات ودعم اتخاذ القرار مجلس الوزراء المصري

- Email: Shymasaid6@gmail.com

Abstract:

The issue of nuclear energy is one of the important and urgent issues raised on the local and international scene. It is of concern to governments, economists, politicians, and environmental scientists. At the beginning of the millennium, the concept of green economy and environmental sustainability has emerged, which prompted Egypt to launch the El Dabaa project and to expand in the field of renewable energy.

Nuclear energy is a reliable, safe, and sustainable source of energy that is the basis of the development process, and the importance of nuclear energy is highlighted in its versatility, which contributes to creating job opportunities and mitigating climate change by contributing to the reduction of carbon dioxide caused by fossil fuels that are expected to be exhausted in the short term, maintaining the prices stability other than the gas prices, petroleum.

The research aims to analyze the state of the energy sector in Egypt using SWOT analysis; it also analyzes the economics of nuclear energy and compares it to renewable energy. The research focused on the El Dabaa project and how to maximize its role in achieving sustainable development by drawing on successful international experiences.

The research confirms the following findings: the importance of the Dabaa nuclear project in preserving the environment and strategic oil and gas reserves, and in keeping pace with sustainable development efforts in light of increased demand resulting from population growth and development projects, in achieving energy diversification and sustainability, and in benefiting from the Egyptian stock of uranium and Egyptian expertise, the importance of encouraging the private sector to invest in the energy sector, and believes that Egypt has many untapped renewable energy resources.

Key Words: Nuclear energy - Renewable energy - Sustainable development - Challenges - The electricity sector - El-Dabaa project.

مقدمة:

إن قطاع الطاقة هو أحد أهم القطاعات لتحقيق التنمية المستدامة وهو ما دفع البحث لتناول الموضوع، ويُعد تحقيق أمن الطاقة من الأهداف الاستراتيجية للدولة. وقد وضعت الحكومة استراتيجية تنويع موارد الطاقة من خلال بدأ مشروع الضبعة والتوسع في مشاريع الطاقة المتجددة، مع التقليل من استخدام موارد الطاقة الأحفورية نصب اهتماماتها.

يتناول البحث دراسة وضع قطاع الطاقة بمصر، وتحليل اقتصاديات الطاقة النووية ومقارنتها بالطاقة المتجددة وعلاقتهم بعملية التنمية المستدامة، ودراسة مشروع الضبعة وكيفية تعظيم دورة من خلال الاسترشاد بتجربة كوريا الجنوبية والإمارات.

وتناول البحث مراجعه الأدبيات السابقة، تحليل وضع قطاع الطاقة باستخدام التحليل الرباعي (SWOT analysis) والمؤشرات، العلاقة بين الطاقة الجديدة والمتجددة والتنمية المستدامة بالتطبيق على مصر، والجدوى الاقتصادية للطاقة النووية مقارنة بالطاقة المتجددة، ومشروع الطاقة النووية في مصر، الدروس المستفادة من التجارب الدولية في الطاقة النووية. ويؤكد البحث على وجود توافق بين رؤية مصر ٢٠٣٠ والتي تهدف إلى بناء اقتصاد تنافسي، ومتوازن، ومتنوع في إطار التنمية المستدامة، وبين استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة ٢٠٣٥ التي أطلقتها وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة عام ٢٠١٥ والتي تهدف لتحقيق أمن الطاقة.

١-١ إشكالية الدراسة

يثور التساؤل حول وضع قطاع الطاقة، أهمية الطاقة النووية ودورها في عملية التنمية المستدامة. وما هي الجدوى الاقتصادية من استخدام الطاقة النووية في مصر واتباع نهج تنويع مصادر الطاقة؟، وكيفية تعظيم وانجاح مشروع الضبعة بالاسترشاد بالتجارب الدولية الناجحة؟

ويتفرع من هذه التساؤلات البحثية تحديات في تنفيذ مشروعات الطاقة النووية والتوسع في الطاقة المتجددة وتعظيم القيمة المضافة منهما، ومن هنا تأتي أهمية دراسة وتحليل هذه التحديات والعقبات.

١-٢ هدف الدراسة

نظرًا لأهمية قطاع الطاقة في عملية التنمية المستدامة، جاء البحث لدراسة وضع قطاع الطاقة، وتحليل التحديات التي يواجها القطاع، وتحليل اقتصاديات الطاقة النووية ومقارنتها بالطاقة المتجددة ودورهم في تحقيق التنمية المستدامة، وتقييم مشروع الضبعة وكيفية استفادته من التجارب الدولية الناجحة.

١-٣ فروض الدراسة

حاولت الدراسة اختبار صحة الفروض التالية:

١-توجد علاقة بين الطاقة النووية والطاقة المتجددة والتنمية المستدامة.

٢- تتمتع مصر بوفرة الموارد الطاقة المتجددة، ومستقبل الطاقة المتجددة والنووية في مصر مشرق.

٣-سوف يساهم مشروع الضبعة النووي في تحقيق أمن الطاقة.

١-٤ منهجية الدراسة

تقوم الدراسة باستخدام الأدوات البحثية القائمة على المنهج الاستقرائي، والأدوات التحليلية، حيث المنهج الوصفي الذي يقدم الصورة العامة لقطاع الطاقة، والمنهج التحليلي يتناول تحليل العلاقة بين الطاقة النووية والمتجددة والتنمية المستدامة، كما يحلل أهمية وأثر الطاقة النووية في توفير الطاقة مع الحفاظ على البيئة. وتتناول الدراسة الأدوات التحليلية لاستقصاء المؤشرات، وتحليل البيانات المتعلقة بإنتاج والاستهلاك والاستثمار، والتحليل الرباعي (SWOT analysis) لبيان أهم التحديات والفرص المتاحة لقطاع الطاقة النووية والمتجددة في مصر. كما تتناول الدراسة مشروع الطاقة الضبعة المرتقب بدء إنشاءاته في النصف الثاني من٢٠٢٢ وذلك رغم وجود العديد من التحديات أبرزها الحرب الروسية الأوكرانية وأثر جائحة كوفيد ١٩، وتم الاسترشاد بتجربة كوريا الجنوبية والإمارات.

١-٥ تقسيم الدراسة

يتناول البحث تحليل وضع قطاع الطاقة في مصر، العلاقة بين الطاقة الجديدة"النووية" والمتجددة والتنمية المستدامة بالتطبيق على مصر، والجدوى الاقتصادية للطاقة النووية ومقارنتها بالطاقة المتجددة، ووضع مشروع الضبعة من حيث تحليل خصائص المشروع والعائد المتوقع منه، مع الاسترشاد بتجربة كوريا الجنوبية والإمارات.

١-٦ مراجعه الأدبيات السابقة

فيما يخص الدراسات السابقة المتعلقة بهذا الموضوع، فتوجد العديد من الأوراق البحثية والرسائل العلمية التي تناولت دراسة الطاقة النووية والمتجددة من زوايا مختلفة من حيث أهميتها، وأهدافها، وعلاقتها بالتنمية المستدامة، والنتائج المترتبة على التوسع في الاستثمارات في قطاع الطاقة النووية والمتجددة، والتحديات التي تواجهها، كما تناولت دراسات أخرى وضع وأهمية الطاقة النووية في مصر، وأهميتها ومنها التالي.

(١) دراسة سابقة (الرابطة النووية العالمية،2020)

ترى الدراسة وجود علاقة بين الطاقة النووية وتحقيق التنمية المستدامة، حيث أن النهج المعتمد في قطاع الطاقة النووية يتوافق مع الهدف المركزي للتنمية المستدامة

المتمثل في نقل مجموعة من الأصول إلى الأجيال القادمة، مع تقليل الآثار والأعباء البيئية، كما أن محطات الطاقة النووية تتطلب مساحة أقل لإنتاج الطاقة. كما توجد علاقة طردية بين التنمية البشرية ومعدلات استهلاك الطاقة نتيجة المشاريع في القطاعات المختلفة من تعليم وصحة ..إلخ، وتؤكد الدراسة أن استهلاك الطاقة الأولية من حرق النفط، والغاز، والفحم هي سبب تغير المناخ، وقد قدر معهد جودارد لدراسات الفضاء التابع لوكالة ناسا ومعهد الأرض بجامعة كولومبيا أن استخدام الطاقة النووية منع أكثر من 1.8 مليون حالة وفاة مرتبطة بتلوث الهواء خلال الفترة(1971 – 2009).

(٢) دراسة سابقة (Stein,Devin and Reed, Michael,2019)

يؤكد التقرير على أن الطاقة النووية مصدر طاقة آمن وصديق للبيئة، وقد شكلت الطاقة النووية 20 % من الكهرباء المولدة في الولايات المتحدة في عام 2016 وهو ما لا يصاحبه إنتاج انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. وقد تم تشييد معظم محطات الطاقة النووية المستخدمة اليوم في الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي، كما بدأ بناء أحدث المفاعلات في جورجيا وكارولينا الجنوبية بعصر جديد من الطاقة النووية لتبدأ التشغيل في 2019.

(٣) دراسة سابقة (Elliott,David,2017)

ترى الدراسة أن الطاقة النووية ستصبح مصدرًا رئيسيًا للطاقة في العالم رغم تباطؤ ذلك في الستينات والسبعينات نتيجة المنافسة على الأرخص، وبسبب الحوادث النووية، ولكن مع ظهور أجيال جديدة من الطاقة النووية، يمكن أن تلعب دورًا في الاستجابة لتغير المناخ، وفي عام 2016 وصل حصة إنتاج الطاقة النووية 24% من إجمالي إنتاج الطاقة، ومتوقع مع الجيل الرابع أن يتزايد إنتاج الطاقة النووية، مع ظهور المحطات صغيرة الحجم.

وبعد قراءة وتحليل هذه الدراسات يمكن القول إن الدراسة تختلف عن هذه الدراسات في أنها تجمع بين الإطار النظري والتحليلي باستخدام المؤشرات لتحليل وضع قطاع الطاقة في مصر واستخدام تحليل" SWOT " ومدى اقتصاديات الطاقة النووية ومقارنتها بالطاقة المتجددة ودراسة علاقتها بالتنمية المستدامة، ودراسة مشروع الضبعة وكيفية استفادته من التجارب الدولية الناجحة.

أولاً: تحليل وضع قطاع الطاقة

نتناول تحليل وضع قطاع الطاقة من خلال استخدام تحليل (SWOT Analysis) وفي البداية توضح الدراسة معنى كلمة "SWOT "هي اختصار لأربع كلمات هي القوة Strength، الضعف Weakness، الفرص Opportunity، التهديدات Threats،

وتعكس البيئة الداخلية نقاط القوى والضعف، والبيئة الخارجية الفرص والتحديات. وفي ضوء هذا التحليل تتناول الدراسة الأهداف الاستراتيجية لقطاع الكهرباء في مصر والتي تتمثل في تعظيم الاستفادة من جميع الموارد، تنوع الموارد، تعزيز استخدام الطاقة المتجددة، وتنفيذ مشاريع الطاقة النووية، تعزيز الربط الكهربائي، تحسين كفاءة إنتاج واستخدام الطاقة من خلال تطوير سياسات كفاءة الطاقة ونشر الوعي بها، حماية البيئة بالتوسع نحو الطاقة المتجددة والنووية، التخطيط الاستراتيجي لتحقيق أمن الطاقة للأجيال القادمة.

1- تحليل (SWOT Analysis)

انطلاقًا من هذه الأهداف نحلل وضع البيئة الداخلية والخارجية لقطاع الكهرباء في مصر كالتالي:

(أ) تحليل وضع البيئة الداخلية

١- أبرز نقاط القوى(تتمثل في أن مصر هي من أكبر الدول في المنطقة العربية والإفريقية، وذات كثافة سكانية وقوة استهلاكية عالية، وتتمتع بموقع جغرافي متميز، واستقرار أمني وسياسي واجتماعي، وشبكة نقل موحدة لجميع أنحاء الجمهورية، وتنوع مصادر توليد الكهرباء، وكوادر فنية مؤهلة ومدربة، والهيكل التنظيمي الملائم لطبيعة نشاط القطاع حيث تم فصل أنشطة الإنتاج والنقل والتوزيع، وهيئات مستقلة للطاقة المتجددة-الطاقة المائية-المحطات النووية مع وضوح المسؤوليات لكل هيئة وشركة ولا يوجد تداخل في المسؤوليات والمهام، وإنشاء جهاز مرفق الكهرباء ، ولجان إدارة الأزمات بالشركة القابضة ،وإدارة الجودة في الشركة القابضة والجهات التابعة، ويوجد توصيف وظيفي لجميع الوظائف بالجهات، ولجان لاختيار القيادات وفقًا للمعايير، الاهتمام بأخذ أراء ومقترحات وشكاوى العاملين، وجود استراتيجية للتدريب، ومركز لإعداد القادة متدربين سنويًا، وقواعد بيانات في كافة الجهات، وتحويل النظام الورقي إلى الإلكتروني وربط كافة الجهات، والتزام العاملين بأخلاقيات الوظيفة، ونشر تقارير سنوية عن الأداء، وتوفير متطلبات الوظيفة للعاملين لتيسير عملهم كتوفير الأجهزة واستخدام وسائل مثل الهاتف والفاكس والحاسب الألي، وربط المكافآت بالأداء الوظيفي، وتحسين مستوى الرضا الوظيفي للقيادات الإدارية والعاملين، وفرة ورخص القوى العاملة...).

٢-نقاط الضعف(زيادة عدد العاملين الحاصلين على إجازات بدون مرتب للعمل بالقطاع الخاص، ارتفاع متوسط الأعمال للمهن الحرفية، ارتفاع معدلات الأمراض المزمنة، ارتفاع عدد العاملين بالدرجات الكبيرة في الشركة القابضة للكهرباء، بعض العاملين في بعض الأقسام كفاءتهم منخفضة بعض الشيء، لجنة الأزمات لا تملك خطة وسيناريوهات

لإدارة الأزمات التي يمكن أن تواجهه القطاعات، انخفاض نسبة المهندسين بالشركات، وصف بعض الوظائف غير محدث ومطابق للواقع، لا توجد خطط لربط المسار الوظيفي بالمسار التدريبي، عنصر الشفافية بحاجة إلى التحسين وأليـة لتنظيمـه، ضـعف نقـل وتوطين التقنيات المتقدمة، عدم الدقة في بعض البيانات والإحصاءات).

(ب) تحليل وضع البيئة الخارجية

١- الفرص (التعاون مع دول الجوار في شبكة الربط الكهربائي وتحقيق عوائد فنية ومالية، التوسع في إنشاء محطات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وبدء إنشاءات مشروع الطاقة النووية بالضبعة، يوجد طلب على العمالة المدربة، التوجه لرفع الدعم كلياً ممـا يزيد أرباح الشركة، وضع استراتيجية الطاقة واستهدافها التوسع في الطاقـة المتجـددة والنووية، سهولة إقامة تعاون أكاديمي بين القطاع والمنظمات الدولية والإقليمية، تحويل مستهلك الكهرباء إلى منتج عن طريق استخدام الخلايا الشمسية فوق أسطح المبـاني، التوجه نحو التصنيع المحلي للمعدات الكهربائية).

٢- التحديات (عدم وجود توازن في بعض الفترات بين القدرات الإنتاجية والطلـب المتزايد على الطاقة الكهربائية، زيادة نمو الأحمال، استمرار الحمـل الأقصـى لفتـرات طويلة(فصليًا- يوميًا) أدى إلى تغيير وتكثيف برامج الصيانة السنوية للوحدات القائمـة مما أثر على جودتها، زيادة نسبة تشغيل المحطات بالمازوت المطابق للمواصفات ممـا يؤثر على القدرات التشغيلية والكفاءة، عدم مشاركة الاستثمارات المحلية في مشروعات الكهرباء بشكل كبير، ارتفاع مديونية الجهاز الحكومي وعدم دفع المستحقات بشكل يؤثر على سيولة الشركات، التوقعات المستقبلية بانخفاض معدل إنتـاج الوقـود الأحفـوري، تذبذب أسعار البترول في الأسواق العالمية، انخفاض كفاءة السـد العـالي نتيجـة سـد إثيوبيا، هجرة العقول المصرية الماهرة والمبدعة. ارتفاع معدلات نمـو الطلـب علـى الطاقة، مما يؤدي لمضاعفة استهلاك الطاقة كـل عقـد تقريبـاً خاصـة مـع الزيـادة السكانية(فقد زاد عدد المشتركين في شـبكة الكهربـاء مـن ٢٦,١ مليـون مشـترك عـام٢٠١٠ إلـى ٣٨,٥مليـون مشـترك عـام ٢٠٢١).(وزارة الكهربـاء والطاقـة المتجددة،٢٠٢٢) وظهور احتياجات جديدة متوقعة لاسـتخدامات الطاقـة مـن أبرزهـا استخدام الطاقة لتحلية مياه البحر لمواجهة النقص المستقبلي المتوقع في المياه العذبة، ونتيجة التوسع في المجتمعات العمرانية الجديدة وتطور أنماط الاستهلاك وزيادة الاعتماد على الأجهزة الكهربائية، ومع ارتفاع درجات الحرارة تزداد نسبة الرطوبة بـالجو ممـا يؤدي لزيادة استخدام أجهزة التكييف. ضعف الوعي بأهميـة ترشـيد الطاقـة، وجـود التحديات المؤسسية ذات الصلة بالصناعة القائمة، والبنية الأساسـية، كمـا أن بعـض مطـوري المشـاريع يحجمـون بسـبب تعقيـد الإجـراءات الإداريـة، بمـا

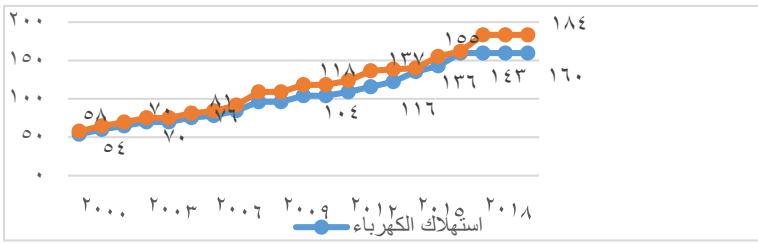
في ذلك عدم إتاحة الوثائق التعاقدية للمشاريع، تقادم محطات توليد الكهرباء حيث بلغت نسبة المحطات ذات العمر الأكبر من ٢٠ سنة حوالي ٣٥% من إجمالي المحطات، ١٨,٥% من المحطات أكبر من ١٠ سنوات وأقل من ٢٠ سنة، ووجود عدد كبير من الاختناقات بالشبكة وانخفاض الجهود بمناطق عديدة، وانخفاض نسب التحصيل وارتفاع نسب الفاقد وتزايد حالات سرقة التيار الكهربائي، حيث بلغت قيمة التيار الكهربائي المسروق خلال عام ٢٠١٩ حوالي ٦٦ مليون جنيه. (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة،2020)، وعدم توفر جميع المعلومات العامة والبيانات ذات الصلة بالطاقة النووية، وضعف الإمكانات المحلية في تصنيع ونشر استخدام تكنولوجيات الطاقة المتجددة، وازدياد التصحر، وتغير أنماط المناخ، كما تواجهه الشركة المصرية لنقل الكهرباء صعوبات في التعامل مع التزاماتها المالية، وصعوبة تأمين اتفاقات لشراء الطاقة تتسم بالجدوى الاقتصادية.

أما بالنسبة للطاقة النووية توجد العديد من التحديات والصعوبات التي دفعت لتأجيل مشروع الطاقة النووية لأكثر من ٥ عقود منها الدواعي السياسية، وأخرى اقتصادية. ويمكن تقسيم التحديات للتالي، تحديات سياسية واقتصادية وأخرى تنظيمية وتشريعية وهي (ارتفاع التكلفة المالية ومدة الإنشاءات، ضعف استقلالية أجهزة الرقابة النووية، وانضمام مصر للنادي النووي وما يترتب علية من منعها من تخصيب اليورانيوم إلا بشروط قد تسلبها الاستقلال في قراراتها، وإعادة معالجة الوقود النووي، وعدم التعويض السريع والعادل لأهالي الضبعة حيث تم إلزامهم بهدم منازلهم ولم تكن التعويضات مرضية" قد اقرت التعويضات في عام ١٩٨١ للمتضررين وصرفت لهم في عام١٩٩٧" ، كما أن القانون لا يعطي وزن كافي لاعتبارات الأمان النووي. ويوجد نفوذ للسلطة التنفيذية في هيئة الرقابة النووية والإشعاعية ما يضعف استقلاليتها، خصوصا وأن القانون يخلو من الإشارة إلى مرجعية القوانين والمعاهدات الدولية. وأنّ الهيئات التنظيمية الواضعة للوائح لا تتسم بالاستقلالية عن الحكومة في العادة، وهو ما يجعل القطاع عرضةً للنفوذ السياسي. ووجود البيروقراطية والفساد في بعض المؤسسات الخاصة لإنهاء الإجراءات).(إنجي، عماد ،٢٠١٨).

٢-المؤشرات

١- الإنتاج والاستهلاك- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون- صادرات واردات الوقود- الاستثمار

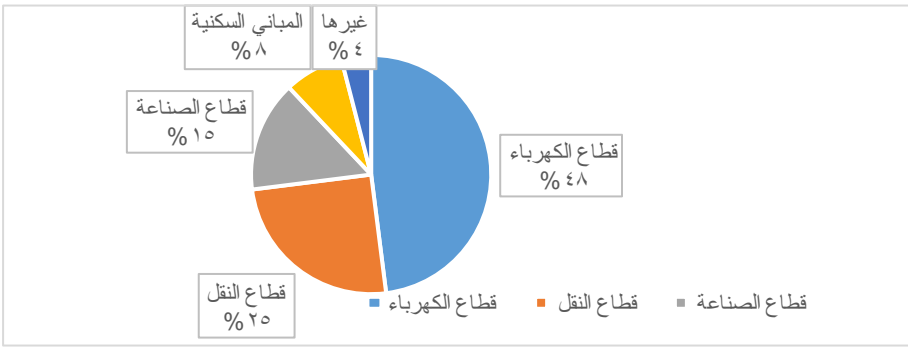
شكل البياني رقم (١) إنتاج واستهلاك الكهرباء خلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠٢٠) -مليار كيلوواط ساعة



Source: Index Mundi, Historical Data Graphs per Year, 2021.

ويتضح من الشكل البياني السابق ارتفاع في معدلات الاستهلاك الطاقة الكهربائية خلال السنوات القليلة الماضية حيث أن الطلب على الكهرباء ارتفع بنسبة ٩% في عام2012 وبنسب متقاربة بعد ذلك. وارتفاع معدلات الإنتاج عن الاستهلاك خلال الفترة من (2000-2020)" باستثناء عام 2014و 2016" نتيجة جهود الحكومة لزيادة قدرات التوليد للمحطات الحالية وإنشاء محطات إضافية على مدار السنوات.

شكل بياني رقم (٢) مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في مصر

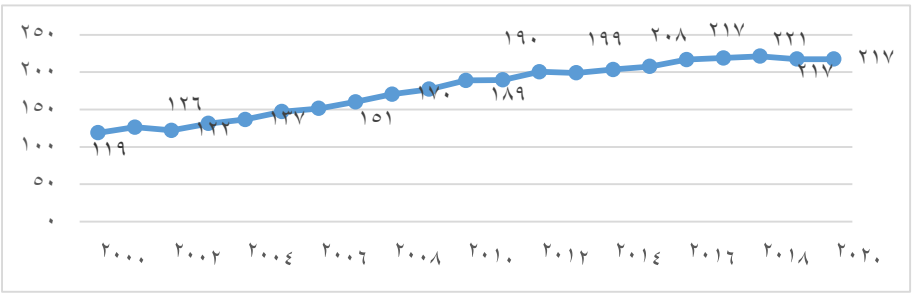


Source: Elshennawy, Abdallahm, Evaluation of co2 emissions from electricity generation in Egypt Present Status and Projections to 2030

ونلاحظ من الشكل البياني السابق أن قطاع الكهرباء هو المسبب بشكل رئيسي في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في مصر بنسبة ٤٨% يليها قطاع النقل بنحو ٢٥%، ومن ثم التوجه لمصادر الطاقة النظيفة (الطاقة المتجددة والجديدة) يقلل ذلك وهو ما يتضح

مع استراتيجية الطاقة والشكل البياني التالي يوضح التطور في انبعاثات ثـــاني أكســـيد الكربون.

شكل بياني رقم (٣) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة (2000-2020) - مليون طن

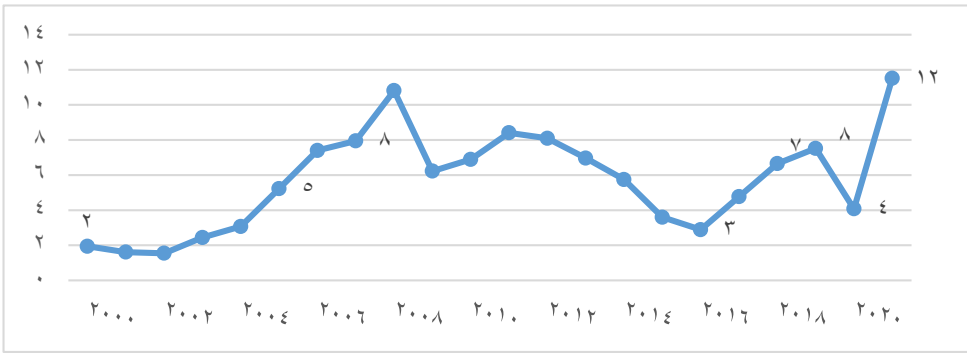


المصدر: الموقع الإلكتروني .BP review of world energy 2020

https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy conomics/statistical-review-2020/bp-statistical-review-of-world-energy-2020-full-report.pdf page 16,17.

يتضح في الشكل البياني السابق ارتفاع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون منذ عـــام 2000 وصولاً لعام 2018، مع بدء تراجع انبعاثات ثاني أكســـيد الكربـــون عـــام 2019 وعام 2020بنسبة 1.7% عن عام 2018 وذلك مع توســـع الدولـــة فـــي تنويع مصادر الطاقة وتشجيع الطاقة المتجددة.

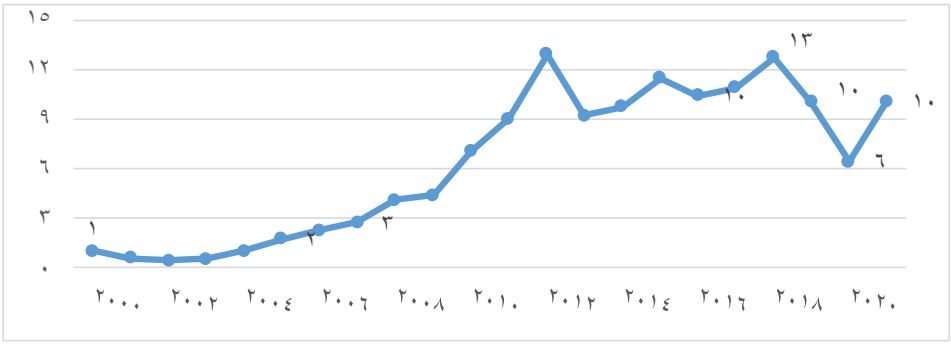
شكل بياني رقم (٤) إجمالي قيمة الصادرات من الوقود خلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠٢١) - مليار دولار



المصدر الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، التجارة الخارجية،٢٠٢١.

يتضح في الشكل البياني السابق ارتفاع حجم الصادرات من الوقود حيث كانت قيمة الصادرات للوقود ٣مليار دولار عام ٢٠١٦ وارتفعت لتصل إلى ١٢ مليار دولار عام ٢٠٢١ مع حدوث تراجع في بعض السنوات مثل في وقت جائحة كوفيد ١٩ عام ٢٠٢٠.

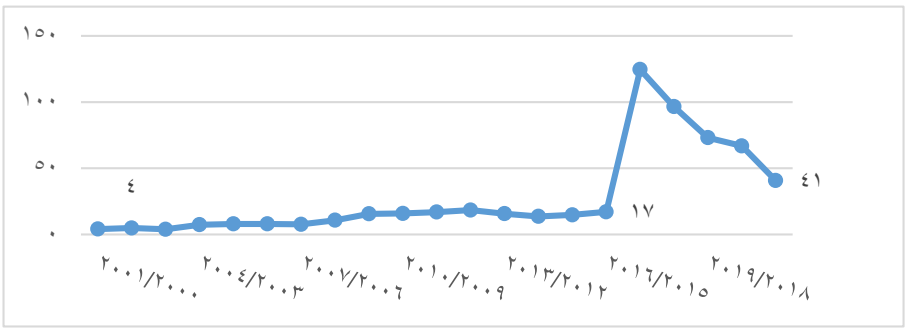
شكل بياني رقم (٥) إجمالي قيمة الواردات من الوقود خلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠٢١) – مليار دولار



المصدر الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، التجارة الخارجية،٢٠٢١.

يتضح في الشكل البياني السابق ارتفاع حجم الواردات من الوقود خلال فترة الدراسة وإن حدث انخفاض في بعض السنوات ولكن الاتجاه تصاعدي حيث بلغت قيمة الواردات من الوقود ١,٠١٨ مليار دولار عام٢٠٠٠، وارتفعت في عام ٢٠٢١ إلى ١٠ مليار دولار، أما عن السنوات التي انخفضت فيها الواردات مثلا وقت أزمة كوفيد١٩ عامي ٢٠١٩و ٢٠٢٠.

شكل بياني رقم (٦) تطور الاستثمارات العامة المنفذة بالأسعار الجارية في قطاع الكهرباء خلال الفترة (2020/2021-2000/2001) –مليار جنيه



المصدر: وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية،٢٠٢٢.

يتضح من الشكل البياني السابق تطور وتحسن حجم الاستثمارات في قطاع الكهرباء حتى عام ٢٠١٧/٢٠١٦ والتي نلاحظ بعدها وأن كان حجم الاستثمارات أكبر مما كان علية في السابق ولكن تراجع عن حجم الارتفاع الكبير المتحقق عام ٢٠١٧/٢٠١٦ ونفسر ذلك بأن وضع استراتيجية الطاقة 2015 واكبة ارتفاع في الاستثمارات بشكل فوق الطبيعي في العام التالي. وتشير التوقعات وصول حجم الاستثمار في الطاقة إلى نحو 65 مليار جنيه عام 2030. (مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار،٢٠٢٠)

ثانياً: العلاقة بين الطاقة الجديدة والمتجددة والتنمية المستدامة بالتطبيق على مصر

تتحقق أهداف وأبعاد التنمية المستدامة في ظل استخدام الطاقة النووية والطاقة المتجددة في مصر وهو ما تعكسه وتؤكده استراتيجية الطاقة ٢٠٣٥ والتي هدفت" لتوفير امدادات الطاقة، وتحقيق الحوكمة، والمنافسة، والاستدامة" من خلال تنويع مصادر الطاقة، والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة، وبدء العمل في مشروع الضبعة. وتقوم استراتيجية الطاقة ٢٠٣٥ على سبعة مبادئ تتمثل في: تقوية دور الحكومة متمثلة في الوزارة المختصة في وضع التشريعات الفعالة والسياسات المتكاملة؛ لتطوير مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة في قطاع النقل والصناعة والزراعة. إلخ، تعزيز التنسيق بين الوزارات والهيئات المحلية والتمكين من مصادر الطاقة، تقديم خدمات حكومية تيسير الحصول على الطاقة للفقراء، تشجيع آليات الاستثمار وإنشاء صناديق استثمارية تبني المشاريع الطاقة المحافظة على البيئية، وتحسين إدارة الموارد المتاحة وتنويعها بما يكفل كفاءتها الاستخدامية والاعتماد على الموارد المتجددة، والتركيز على منهجيات وبرامج التخطيط الاستراتيجي المنبثقة عن إرادة المواطنين والموارد الداخلية، وتعزيز الشفافية ونظم الحوكمة في قيادة المشاريع والعمل على تقليل معدل الفقر وتحسين مستويات معيشة الأفراد. كما تتضح العلاقة في رؤية مصر ٢٠٣٠، حيث نص الهدف الخامس من "رؤية مصر ٢٠٣٠" على السعي إلى الحفاظ على التنمية والبيئة معًا من خلال الاستخدام الرشيد للموارد بما يحفظ حقوق الأجيال القادمة في مستقبل أكثر أمنًا وكفاية ويتحقق ذلك بمواجهة الآثار المترتبة على التغيرات المناخية، وتعزيز قدرة الأنظمة البيئية على التكيف، والقدرة على مواجهة المخاطر والكوارث الطبيعية وزيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة وتبني أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة" ومن هذا

المنطلق، تأخذ الطاقة المتجددة مكانة هامة في خطط التنمية المستدامة اعتمادًا على تعظيم الاستفادة من الموارد الطبيعية.(محمد،موسى،٢٠٠٩).

توصلت الدراسة إلى النقاط التالية:

- وجود عوامل مشتركة لنجاح عملية التنمية المستدامة ومشروع الطاقة الجديدة والمتجددة تتمثل في (الحكومة الرشيدة التي تعمل على تحقيق المشاركة الشعبية والشفافية، والمساءلة، والاستجابة لطلبات واحتياجات الشعب، وسيادة القانون والفاعلية، الاستراتيجية المناسبة التي تتسم بمشاركة وتمثيل كافة أطراف الشعب).
- أن تحقيق التقدم في أي من أهداف التنمية المستدامة يعتمد على تحقيق التقدم في الأهداف الأخرى، وعليه فإن توفير الطاقة " الهدف السابع "مرتبط بتحقيق التقدم في جميع أهداف التنمية المستدامة، ويُعد توفير إمكانية الحصول على طاقة نظيفة وموثوقة وبأسعار معقولة أمرًا محوريًا للقضاء على الفقر، وتحسين صحة السكان وتعليمهم، والحد من غازات الاحتباس الحراري ومن ثم تحقيق التنمية المستدامة. كما تتأكد العلاقة بين الطاقة الجديدة والمتجددة والتنمية المستدامة في النقاط التالية:

١. تستطيع الطاقة الجديدة والمتجددة أن تُسهم في التنمية المستدامة، حيث توفير التكاليف مقارنة باستخدام مصادر الطاقة الأحفورية الملوثة للبيئة، ولاسيما في المناطق البعيدة والمناطق الريفية الفقيرة التي لا تصل إليها الطاقة. كما يمكنها خفض التكاليف المرتبطة باستيراد الطاقة من خلال نشر التكنولوجيا المحلية للطاقة المتجددة، التي تثبت قدرتها التنافسية كما يكون للطاقة المتجددة أثر إيجابي على توفير فرص عمل جديدة.
٢. تساعد الطاقة الجديدة والمتجددة في تسريع وتيرة الحصول على الطاقة، كما توفر تكنولوجيا الطاقة المتجددة فرصاً لتحديث خدمات الطاقة، على سبيل المثال استخدام الطاقة الشمسية لتسخين الماء وتجفيف المحاصيل.
٣. تعمل خيارات الطاقة الجديدة المتجددة المتقدمة في تحقيق الإمداد بطاقة أكثر أمناً واستدامة، ويمكن أن يقلل نشر الطاقة الجديدة والمتجددة من إمكانية التعرض لانقطاع الإمداد وتطاير الأسواق، إذا ما زادت المنافسة وتنوعت مصادر الطاقة.
٤. تقلل مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة من انبعاثات الغازات الدفيئة.

وفي مصر نلاحظ انخفاض التلوث، وزيادة مساهمة قطاع الطاقة في الناتج المحلي الإجمالي وإن كانت بنسبة ليست بكبيرة مع وضع استراتيجية الطاقة ٢٠٣٥ والتي تعمل

على قدم وساق لتحفيز الاستثمارات في قطاع الطاقة المتجددة ، مع التوسع في استخدام السيارات بالغاز الطبيعي مع مبادرة الرئيس، والتوسع في استخدام السيارات الكهربائية مما أدى لتراجع معدل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عام ٢٠١٩، ومن المتوقع مع تشغيل مشروع الضبعة ترتفع نسبة مساهمة قطاع الطاقة في الناتج المحلي، وتراجع استخدام الطاقة الأحفورية ومن ثم تراجع ثاني أكسيد الكربون بنسبة أكبر.

ثالثًا: الجدوى الاقتصادية للطاقة النووية مقارنة بالطاقة المتجددة

يهدف البحث لدراسة جدوى اقتصاديات الطاقة النووية ومقارنتها بالطاقة المتجددة للوقوف على المزيج الأمثل وهل يتوافق مع الاستراتيجية أم يخالفها. وتم تحديد الجدوى الاقتصادية من خلال الأبعاد والمحددات التالية: (التكاليف الثابتة والمتغيرة وتشمل" تكلفة البناء والتشغيل والإغلاق والحوادث"، تكلفة الفرصة البديلة "توضح البدائل المحتملة وتكلفة استخدامها مقارنة بالطاقة النووية وتكلفتها"، كفاءة إنتاجية الموارد" تقليل المدخلات المادية، وتعظيم الانتاجية "، والبحث العلمي والتطور التكنولوجي، فرص العمل) وهذه الأبعاد مستقلة وتؤثر على جدوى المشروع وتتغير قيمتها وفق التوقيت وحجم المشروع.

١. تكاليف البناء والتشغيل والإغلاق

توجد العديد من المؤشرات والمدخلات المؤثرة على التكلفة ومنها التكاليف الإنشائية، وطبيعة التمويل "قروض، تمويل داخلي"، ومدة الانشاء، وتكلفة الوقود، وعمر المحطة، وكمية الطاقة المنتجة هل تغطي التكاليف والمدة المقدرة لذلك، والتكاليف الناتجة عن أي حادث أو تلوث، وتكاليف الصيانة وغلق المحطة. مع العلم أن تكاليف التشغيل "تقل كلما زاد الإنتاج". ويتراوح حجم التكاليف من ٦-٣٠ مليار دولار للمحطة النووية وتختلف وفق الحجم، وعدد السنوات الانشاء، وطبيعة التمويل والفائدة، وتكلفة اليورانيوم، وتكلفة فرض ضرائب وعوامل أخرى.

ويمكن تقسيم مراحل تطور تكاليف الطاقة النووية إلى ثلاث مراحل: المرحلة الأولى قبل حادثة فوكوشيما عام ٢٠١١كانت التكلفة غير مرتفعة نظرًا لعدم تضمنها إهدار أرواح، أما المرحلة الثانية بعد حادثة فوكوشيما ارتفعت تكلفة المشروع النووي نظرًا للأخذ في الاعتبار تكلفة أي حادث نووي، والمرحلة الثالثة بعد ظهور الطاقة المتجددة والتطور التكنولوجي بها بدء التنافس والتكامل في العديد من الدول وفق مزيج وهو ما تسعى مصر لتطبيقه. (Organization for economic co-operation and development, 2007). نماذج دولية تحدد التكاليف للمحطة النووية على سبيل

المثال شركة أريفا ن.ب. الفرنسية تؤكد أن محطات الطاقة النووية ٧٠ % من تكلفة كيلوواط من الكهرباء النووية يتم حسابه باحتساب التكاليف الثابتة من عملية البناء منها دفع الفائدة على القروض وتسديد رأس المال (غالبا ما يتم التمويل من خلال المزج بين الديَن (الاستدانة من المصارف) والأسهم "تمويل ذاتي من الدخل")، وتكاليف التفكيك والتنظيف من الملوثات الإشعاعية، و ٢٠ % من التكاليف التشغيلية الثابتة، و ١٠ % من التكاليف للتكاليف التشغيلية المتغيرة. ويمكن سداد نحو ٧٠٪ من التكاليف في السنوات العشرة الأولى من التشغيل، كما أنه بمجرد تشغيل محطات الطاقة النووية تكون التكاليف المتغيرة منخفضة للغاية وتتميز بقدرة تنافسية عالية. (International Atomic Energy Agency, 2016)

ووفقاً للوكالة الدولية للطاقة الذرية ولمعهد الطاقة النووية في الولايات المتحدة، فإن تكلفة الوقود تمثل حوالي ٢٨ ٪ من تكلفة الكهرباء من محطة للطاقة النووية، ومن ثم فأن الطاقة النووية أقل تكلفه مقارنة مع المصادر الأخرى كالطاقة الأحفورية التي تتسم بارتفاع وتذبذب أسعارها مع الأزمات.) الوكالة الدولية للطاقة الذرية,2020).

- تكلفة الإنشاء: نموذج لمحطات أمريكية، من تحليل تكاليف إنشاء محطات نووية في الولايات المتحدة الأمريكية وتكاليف تقديرية للإنشاء وجد أنها تتراوح بين ٦إلى ١٨ مليار دولار في عام٢٠١٠، أي نحو (٣٠٠٠-١٠٠٠٠) ألف دولار /كيلو واط وفق لنوع التكنولوجيا المستخدمة وقد تضاعف المبلغ ويزيد في عام ٢٠٢٠.
- تكلفة التشغيل: تشير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة أن الطاقة التشغيلية للمحطات العاملة بالفحم والتي تصل قدرتها إلى ٨٠٠ جيجا وات أصبحت في عام ٢٠٢٠ أغلى أي أعلى تكلفة تشغيلية من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، ومن ثم استبدال المحطات العاملة بالفحم بأخرى يؤدي لخفض تكلفة توليد الكهرباء إلى ٣٢ مليار دولارًا سنويًا، وتجنب نحو ٣ جيجا طن غاز ثاني أوكسيد الكربون سنويًا.

جدول رقم (١) التكاليف المركبة وعامل القدرة الإنتاجية والتكلفة المستوية للكهرباء بحسب التقنيات بين عامي ٢٠١٠و٢٠٢٠

الطاقة	إجمالي التكلفة المركبة (٢٠٢٠ دولار/ كيلوواط ساعة)			عامل القدرة الإنتاجية (%)			التكلفة المستوية للكهرباء (٢٠٢٠ دولار/ كيلوواط ساعة)		
	٢٠١٠	٢٠٢٠	نسبة التغيير	٢٠١٠	٢٠٢٠	نسبة التغيير	٢٠١٠	٢٠٢٠	نسبة التغيير
الطاقة الحيوية	٢٦١٩	٢٥٤٣	-٣%	٧٢	٧٠	-٢%	٠,٠٧٦	٠,٠٧٦	٠%
الطاقة الحرارية الأرضية	٢٦٢٠	٤٤٦٨	٧١%	٨٧	٨٣	-٥%	٠,٠٤٩	٠,٠٧١	٤٥%
الطاقة الكهرومائية	١٢٦٩	١٨٧٠	٤٧%	٤٤	٤٦	٤%	٠,٠٣٨	٠,٠٤٤	١٨%
الطاقة الشمسية الكهروضوئية	٤٧٣١	٨٨٣	٨١%	١٤	١٦	١٧%	٠,٣٨١	٠,٠٥٧	٨٥%
الطاقة الشمسة المركزة	٩٠٩٥	٤٥٨١	٥٠%	٣٠	٤٢	٤٠%	٠,٣٤٠	٠,١٠٨	٦٨%
طاقة الرياح البرية	١٩٧١	١٣٥٥	-٣١%	٢٧	٣٦	٣١%	٠,٠٨٩	٠,٠٣٩	٥٦%
طاقة الرياح البحرية	٤٧٠٦	٣١٨٥	٣٢%	٣٨	٤٠	٦%	٠,١٦٢	٠,٠٨٤	٤٨%

Source: International Renewable Energy Agency.(2020)

- **التكلفة المستوية للكهرباء: المقصود القيمة الحالية الصافية لتكلفة وحدة الكهرباء على مدار عمرها وعلى مستوى المرافق**

يتضح من الجدول السابق تراجع تكاليف توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة بشكل كبير على مدار العقد الماضي؛ وذلك نتيجة لتطور التقنيات، ووفورات الحجم، وزيادة تنافسية سلاسل التوريد، وتنامي خبرة المطورين. وقد انخفضت تكاليف توليد الكهرباء من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق بنسبة ٨٥ % بين عامي ٢٠١٠ و٢٠٢٠ (International Renewable Energy Agency ,2020).

- **سعر اليورانيوم وإمكانية التخصيب، وإعادة استخدام اليورانيوم**

تُعد أحد أهم المحددات الرئيسية للجدوى الاقتصادية لإنشاء المحطة النووية هو كمية اليورانيوم المتاح وسعرة وإمكانية تخصيبه وتكلفة تخزينه بعد الاستخدام، والتخلص منه

في منافذ آمنة، وتصل تكلفة الوقود إلى نحو ٥% من إجمالي تكاليف الطاقة، ونتناول ذلك كالتالي:

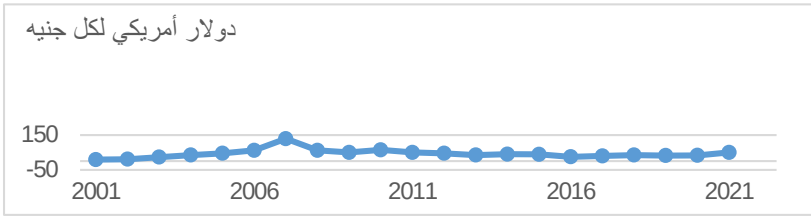
(أ) الكمية المتاحة من اليورانيوم

يتحدد سعر اليورانيوم وفق للكمية المتاحة "قدرات الانتاج" والعرض والطلب، وفي مصر تتوافر كميات ليست بقليلة من اليورانيوم.

(ب) سعر اليورانيوم

من تحليل تطور سعر اليورانيوم من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢١ نلاحظ أن سعر اليورانيوم أقل من النفط، وأعلى من سعر الغاز الطبيعي، وأن معدل تغير سعر النفط واليورانيوم متقاربة بينما معدل تغير أسعار الغاز الطبيعي كبيرة في العديد من السنوات. ونلاحظ أن سعر اليورانيوم "كان مرتفع قبل حادثة فوكوشيما نتيجة الطلب المتزايد حيث وصل ٦٠ دولارًا ثم بدء في التراجع وبلغ في عام ٢٠٢١ نحو ٣٨ دولار "وغالباً ما تكون فترات الذروة في أسعار اليورانيوم قصيرة، في حين قد تستمر الأسعار المتدنية لعدّة عقود وذلك يعزز استخدامه خاصة أنه أقل تلويثا للبيئة. (وكالة الطاقة النووية ،٢٠٢١).

شكل بياني رقم (٧) تطور سعر اليورانيوم خلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠٢١)



Source: Indexmundi, Commodity Prices : Uranium,2021.

Description: Uranium, u3o8 restricted price, Nuexco exchange spot, us Dollar per pound

ويتضح من الشكل البياني السابق الموضح لتطور سعر اليورانيوم من عام ٢٠٠٠إلى ٢٠٢١، وصول سعرة للذروة عام ٢٠٠٦ مسجلاً لأول مرة سعرًا أعلى من النفط بلغ ٦٧ دولارًا، كما نلاحظ تراجع هذا السعر في السنوات التالية وإن كان عاود الارتفاع في عام ٢٠١٠ فوصل ٦٠ دولارًا، وتراجع من بعدها ليصل لسعر ١٩ دولارًا عام ٢٠١٦، وبعدها أخذ في الارتفاع فوصل في عام ٢٠٢١ إلى٣٨ دولارًا وإن كان أقل مقارنة بالأسعار التي كان عليها في عام ٢٠٠٦و ٢٠١٠.

(ت) تخصيب اليورانيوم

لم يصدر أي تصريح عن السلطات المصرية المسؤولة يفيد هدف مصر المستقبلي لتخصيب اليورانيوم.

- تكاليف الضرائب والحوادث: ومن تحليل تكلفة توليد الكهرباء في محطات التوليد الأوروبية يتضح أن الدول الأوربية تعتمد على الطاقة النووية رغم ارتفاع تكلفتها نتيجة فرض ضرائب على أي تلوث ناجم عن المحطة النووية ويُقدر بنحو ٥٥ سنت عام ٢٠٢٠، مقارنة بنحو ٥٤ سنت عام ٢٠١٣ بينما الطاقة الناتجة عن الرياح هي الأقل تكلفة استثمارية وتكلفة تشغيل ولا يفرض على محطات توليد الكهرباء من الرياح ضرائب لأنها لا تسبب تلوث للبيئة، وتأتي طاقة الشمس بعد الرياح ثم طاقة الغاز تليها الطاقة من النفط هي أعلاهم تكلفة ولكن أقل تكلفة من الطاقة النووية.

جدول رقم (٢) تكلفة بعض الحوادث النووية على الصعيد العالمي

السنة	الدولة المكان	التكلفة(مليون دولار)
March 1979	Three Mile Island, USA	1034
March 1979	Middletown, Pennsylvania, USA	2400
March 1985	Athens, Alabama, USA	1830
April 1986	Plymouth, Massachusetts, USA	1001
April 1986	Chernobyl, Ukraine	1034
April 1986	Kalpakkam, India	1034
Nov 1989	Greifswald, East Germany	1034

المصدر: ستيف، توماس، اقتصاديات الطاقة النووية، ٢٠١١.

ويتضح من الجدول السابق تكاليف بعض الحوادث النووية التي وقعت بالعالم من عام ١٩٧٩ إلى عام ١٩٨٩ وهو ما أكدته اتفاقيتي باريس وبروكسيل التان أضافتا عام ٢٠٠٤ للتكاليف والأضرار النووية الأضرار النووية مثل الضرر الذي قد يصيب الصناعة والبيئية وما إلى ذلك، ورفع الحد الأقصى للمسؤولية على المشغل لما يزيد عن 360 مليون يورو.

- تكلفة الإغلاق: من تحليل تكاليف سحب محطة طاقة نووية من الخدمة" نموذج لمحطة طاقة نووية في بريطانيا عام2011 تم إغلاقها" أن إغلاق المحطة النووية يتم وفق مراحل وإن هذه المراحل تتراوح بين٣٠٠-١٨٠٠ مليون جنيه إسترليني وتختلف التكلفة وفق السنة.

ويمكن القول إن تكاليف البناء تكون المحطة الطاقة المتجددة أقل من المحطة النووية أما التكاليف التشغيلية فنظرًا لارتفاع الطاقة المنتجة للمحطة النووية تكون هي الأفضل، ولكن تكاليف الضرائب والإغلاق تجعل كفة المحطات المتجددة هي الأرجح ومن

ثم يمكن القول نظرًا لتنافسهم وأنهم أقل تكاليف من المحطة الأحفورية فمن الضروري وجودهم معًا بالدولة لتحقيق التنوع والاستراتيجية وأمن الكهرباء.

٢. تكلفة الفرصة البديلة: يمكن القول إن استخدام اليورانيوم في المحطات النووية هو أفضل استخدام له حتى الآن حيث أنه ليس لليورانيوم استخدام ذا قيمة مضافة كبيرة بخلاف إنتاج الطاقة النووية. ويعمل إنتاج الكهرباء باليورانيوم على توسيع قاعدة الموارد الإجمالية المتاحة للاستخدام البشري، ويحقق تنوع مصادر الطاقة ويسمح باستخدام الموارد الأخرى مثل الهيدروكربونات حيث تكون أكثر فعالية على سبيل المثال للنقل أو البتروكيماويات. ويُعد اليورانيوم وفير ومتواجد في العديد من الدول وهو ما يقلل التعرض لازمات بسبب تقلبات أسعار النفط.

كما أن المصادر الطبيعية كطاقة الشمس والرياح واحدة من أفضل استخداماتها في ظل العلم الحديث هو استخدامها في توليد الطاقة، كما تستخدم في العديد من المجالات بشكل يُسهم في تلبية احتياجات البشرية وتحقيق التنمية المستدامة.

وقد ساهم السعر في جعل الطاقة النووية هي الفرصة البديلة الأفضل من الطاقة الأحفورية خاصة في ظل التوجه العالمي للطاقة النظيفة، وقد بلغ سعر الكيلو وات/ ساعة الذي يتم إنتاجه من الطاقة النووية إلى ٣,٢ سنت، بينما سعر الكهرباء الناتجة عن البترول وتتراوح تكلفته بين (١١,٢-١٣ سنت للكيلو وات/ساعة).(عمر، عبد العزيز،٢٠١٨) .

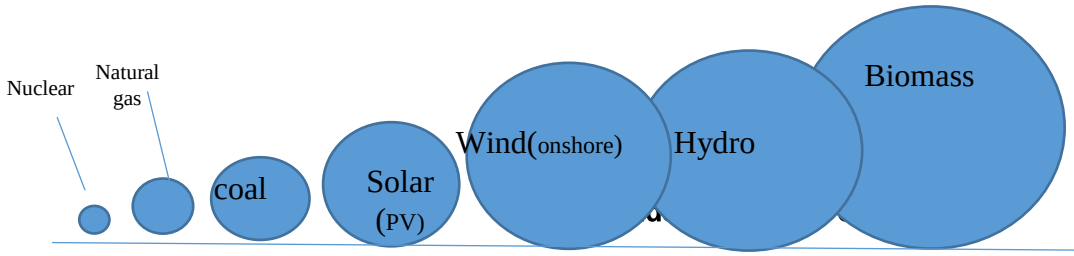
٣. كفاءة إنتاجية الموارد: تعكس أهمية الحفاظ على الموارد أي تقليل المدخلات المادية، وتعظيم الانتاجية للمحطات وهو مفهوم مركزي للتنمية المستدامة. وبذلك يكون قياس إنتاجية المواد مهم ولابد اخذه في الاعتبار لقياس كفاءة الطاقة وكذلك انبعاثات الكربون في دورة الحياة.

ومن المتوقع أن يزيد استهلاك المواد الأولية إلى أكثر من الضعف بحلول عام ٢٠٥٠. ومن ثم يعتبر استخدام الطاقة النووية لتوليد الكهرباء إحدى الوسائل التي يمكن من خلالها خفض الطلب على الموارد إلى مستويات أكثر استدامة أي أنها تقلل من حجم أنشطة استخراج الوقود ومتطلبات النقل، مما يقلل بدوره من فرصة الانبعاث البيئي غير المقصود ويؤدي إلى تقليل النفايات، ومع تطور الدفن الصحيح للمواد المشعة، ومع التطور العلمي واكشاف المولدات صغيرة الحجم يصبح اليورانيوم ذوا كفاءة إنتاجية ومنافس قوي للمواد الأحفورية. كما إن النهج المعتمد في قطاع الطاقة النووية يتوافق مع هدف مركزي للتنمية المستدامة والمتمثل في تمرير مجموعة من الأصول إلى الأجيال القادمة مع تقليل الآثار والأعباء البيئية. وقد أثبتت البحوث أن الطاقة الأحفورية هي من أكثر الملوثات للبيئة، وهو ما يمكن تجنبه وتقليله لأبعد مجال في ظل استخدام الطاقة النووية والطاقة المتجددة، وفي جزء المؤشرات وجدت الدراسة أن

العلاقة عكسية بين انتاج الطاقة النووية والتلوث البيئي أي ثاني أكسيد الكربون. ويؤكد البحث بتحقق الكفاءة بإعادة استخدام اليورانيوم وفي ظل أن كمية اليورانيوم المستخدمة صغيرة مقابل كل وحدة طاقة منتجة "محطة نووية واحدة تنتج ما يعادل الطاقة من محطتين لتوليد الكهرباء من الفحم، و٣ محطات متجددة" (الهيئة العربية للطاقة الذرية،٢٠١٦).

أما المساحة المستخدمة يمكن لمحطة الطاقة النووية الكبيرة المكونة من وحدتين توفر الكهرباء لـ٤-٥ ملايين شخص مستخدمة مساحة توليد "موارد مستخدمة "تبلغ ٢ كيلومتر مربع فقط، في المقابل إن استخدام الأراضي للكتلة الحيوية والطاقة المائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية أكبر بما يتراوح بين واحد وثلاث مرات من الحجم النووي كما في الشكل التالي.

شكل بياني رقم (٨) حجم الأرض المستخدمة لإنشاء محطات الطاقة المختلفة



Source: Book&Bradshaw,2015.

يتضح من الشكل البياني السابق أن الطاقة النووية هي أقل المحطات وفق لحجم المساحة المستخدمة مقارنة بمحطات الغاز الطبيعي والفحم والنفط والرياح، والكتلة الحيوية وهو ما يعكس كفاءة الموارد والمدخلات.

٤. البحث العلمي والتطوير التكنولوجي:

يوجد اهتمام عالمي ومصري بالتكنولوجيا في قطاع الطاقة الجديدة والمتجددة وهو ما يترتب عليه انخفاض مستمر في تكاليف تكنولوجيا الطاقة وبخاصة الطاقة المتجددة وهو ما يجعلها أكثر تنافسية للمصادر الأخرى. وفي هذا البعد يتضح لنا أثر التطور العلمي والتكنولوجي بانخفاض تكلفة الطاقة المتجددة يوماً بعد يوم وهو حيث انخفضت التكاليف في عام ٢٠٢٠ مقارنة بعام ٢٠١٠ مع ارتفاع الإنتاجية لمصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الرياح والطاقة الشمسية. ووفق مؤتمر تغيّر المناخ في باريس ٢٠١٥فمن المتوقع أن تكنولوجيات الطاقة المتجددة في مصر في ٢٠٣٠سوف تُساهم بنسبة كبيرة في مزيج الطاقة الحالي. (The Egyptian Center for Economic & Social Rights ,2016).

أما البحث العلمي في مجال الطاقة النووية فلمصر تاريخ قديم منذ الستينات. والأن تستعين مصر بالخبرات الروسية في محطة الضبعة، وتوجد جهود عديدة منها على سبيل المثال لا الحصر أنه تم إنشاء جامعة الدلتا التكنولوجية والتي أحد أهم برامج التدريس بها هو برنامج الطاقة الجديدة والمتجددة والذي يدرس الطلبة أنظمة الطاقة المتجددة المختلفة بمنظور تقني تطبيقي ويشمل دراسة أنظمة الطاقة الشمسية بشقيها الكهروضوئية والحرارية وكذلك طاقة الرياح والطاقة الحرارية والطاقة النووية والطاقة الحيوية وإدارة المخلفات بالإضافة إلى الأنظمة الهجينة وإدارة الطاقة. كما تم إنشاء مدرسة الضبعة النووية.

ولكن يمكن القول إن وضع الطاقة المتجددة فهو أفضل ويلقى رواجًا ودعماً أكثر مع توجه العالم نحو الاقتصاد الأخضر فتم توسيع التعاون الدولي لجذب المزيد من التكنولوجيا في مجال الطاقة المتجددة على سبيل المثال، تم وضع أسس إنتاج الهيدروجين الأخضر بالتعاون مع شركة سيمنس العالمية، بجانب توقيع اتفاقية مع بلجيكا" في ضوء وضع استراتيجية وطنية للهيدروجين الأخضر". وعلى الجانب الآخر ورغم كل هذه الجهود يمكن القول إنه على الرغم من ارتفاع عدد المراكز العلمية والبحثية عموماً والنووية تحديدًا حيث كان عددها في مصر (٤٥٥) مركز عام ٢٠٠٦ ووصل إلى (٥٤١) مركز عام ٢٠٢١ لكن دورها ليس كبير، كما أن الانفاق على البحث العلمي غير كافي فبلغ الإنفاق على البحث العلمي كنسبة من إجمالي الاستخدامات بالموازنة العامة للدولة (٠,٢%) عام ٢٠١٩/٢٠١٨ مع تراجعها حيث كانت (٠,٨١) عام ٢٠٠٥/٢٠٠٤. (وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية،٢٠١٩).

٥. فرص العمل

إن قطاع الطاقة النووية يُساهم في التوظيف بشكل مباشر من خلال المحطات النووية " التي تتسم بطول عمرها الذي قد يصل إلى ٦٠ سنة "وبشكل غير مباشر من خلال الأعمال المرتبطة بها، وتتسم الوظائف التي يخلقها القطاع بأنها طويلة الأمد وذات رواتب عالية للأشخاص الأكفاء والذين لديهم مهارات وخلفية علمية متخصصة.

تنقسم الدراسات فتوجد دراسات ترى أن الطاقة النووية توفر أكثر من غيرها فرص عمل ومنها دراسة عن الصناعة النووية الأوروبية أجرتها شركة **Deloitte** وتؤكد على أن الطاقة النووية توفر المزيد من الوظائف لكل تيرا وات/ ساعة من الكهرباء المولدة أكثر من أي مصدر آخر للطاقة النظيفة حيث إن الصناعة النووية توفر أكثر من ١,١ مليون وظيفة في الاتحاد الأوروبي. ويؤكد البحث أن الطاقة النووية وإن لم توفر فرص عمل بصورة مباشرة كبيرة فهي توفر المزيد والمزيد بصورة غير مباشرة من خلال توفير الطاقة الهائلة لكافة المجالات فبدون طاقة تتعرقل قطاعات كالصناعة والصحة. وترى دراسات أخرى أن تقدير العمالة في الطاقة النووية تتراوح بين بين ٤٠٠-٧٠٠ فرصة عمل وهو المطلوبة لتشغيل مفاعل نووي بمتوسط حجم العمالة من ٥٥٠ / جيجا.

يعكس هذا الرقم العاملين في الانتاج والصيانة بما في ذلك عمال الصيانة خارج الموقع وهو عدد قليل مقارنة بغيرها.

وتخلص الدراسة أن القوى العاملة في قطاع الطاقة النووية تختلف من دولة لأخرى وتحدد وفق حجم المحطة والإنتاج. وترتفع حجم العمالة بمرور الوقت وبدء التشغيل. وقد ترتفع العمالة في العالم في قطاع الطاقة المتجددة عن الطاقة النووية، ولكن ترتفع العمالة في قطاع الطاقة النووية عن بعض القطاعات المتجددة مثل طاقة الرياح. ومتوقع زيادة العمالة في قطاع الطاقة المتجددة والنووية مع توقعات التوسع والاستثمار في القطاعين.

أما عن وضع قطاع الطاقة المتجددة في مصر ففي قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية ٥٦ %من إجمالي الوظائف تقع في مرحلة التشغيل والصيانة، و٢٢% من الوظائف سوف تستحدث في التصنيع، و١٧% في التركيبات والصيانة، ومع استحدث وظائف إدارية ومالية وقانونية وهندسية جديدة يمكن أن يساعد ذلك على التخفيف من حدة البطالة بمصر. وتُقدر حجم العمالة في مشروع طاقة كهروضوئية شمسية (٥٠ ميجاوات) بنحو (٥٥-٢٢٩) عامل وموظف/يوم، أما بالنسبة لمشروع رياح (٥٠ ميجاوات) يوفر فرص عمال تقدر بنحو (١٤٤-٤٢٠) عامل/يوم. (International energy agency, 2020)

وفي قطاع الطاقة النووية في مصر صرحت مؤسسة روس أتوم الروسية بالتعاون مع وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة أن مشروع الضبعة سيوفر ٣ ألاف فرصة عمل بالمحطة وعشر ألاف وظيفة في الصناعات النووية. كما تشير التوقعات إلى توفير ٣٠٠ ألف فرصة عمل جديدة في مجال تقنيات الطاقة المتجددة في مصر بحلول عام ٢٠٣٠، حيث ستوفر فرص عمل مباشرة وغير مباشرة للصناعات المرتبطة بالطاقة المتجددة.

وفي مصر اثبتت العديد من الدراسات أن الجدوى الاقتصادية للطاقة النووية (مفاعل الماء الخفيف) تحقق كلا من الحد الأعلى (الأقصى) والأدنى القيم الحرجة المقيدة (الدنيا) للمعلمات المختلفة.

ومن ثم فإن العوامل الحاسمة لاستخدام الطاقة النووية تشمل الجدوى القيم الحرجة القصوى التالية: تكلفة رأس المال البالغة ٢,٦٨٢ مليار دولار أمريكي (٢٠٠٨ دولار أمريكي)، معدل خصم ١٣,٢٪، تكلفة تشغيل الوحدة النووية ٦,٠٣ سنتات لكل كيلوواط ساعة، الحد الأقصى لسعر اليورانيوم ٠,٧٤ سنت لكل كيلوواط كهربائي.

وتتحقق القيم الحرجة الدنيا للجدوى النووية وهي: إنتاج ٤,٤ مليار كيلوواط ساعة سنويًا، والحد الأدنى لعمر المحطة النووية ٣٣ سنة، الحد الأدنى لكفاءة تشغيل نووي بنسبة ٢٨٪، والحد الأدنى لحصة المساهمة النووية في إمدادات الكهرباء هو ٤ %، ٩٠٥ ميجاوات طاقة نووية لكل محطة.(Tarek, Selim, 2009)

وبذلك نخلص بأن الجدوى الاقتصادية للطاقة النووية في مصر ليست عالمية، ومشروطة بعوامل مثل التخطيط والتنفيذ والتشغيل مدى الحياة.

ويرى الباحث من تحليل ومقارنة الاقتصاديات لكل من الطاقة المتجددة والنووية فهم متنافسين ومهم تكاملهم لتحقيق التنويع بين مصادر الطاقة واستخدامهم لتقليل استخدام الطاقة الأحفورية غير المستدامة، كما يرى الباحث إن إعلان الكثير من الحكومات عن تكاليف الانشائية والتشغيلية للمحطة النووية غالبا تكون مقدرة بأقل من الفعلي نظرًا لاختلاف العديد من العوامل من محطة لأخرى مثل التبريد بالماء المالح أم البارد وقربة وبعدة عن المحطة، وتغير التصاميم في حالة عدم الالتزام بالقواعد الأمان، وغير من الأسباب لدوافع الأمن القومي ونظرًا لأهمية الطاقة لتحقيق التنمية المستدامة.

رابعًا: مشروع الطاقة النووية في مصر

إن مشروع الطاقة النووية قد مر بعدة مراحل لتنفيذه، وقد تسببت الظروف السياسية، والاقتصادية، والعدوان الثلاثي عام ١٩٥٦، وحرب عام ١٩٦٧ وحرب ١٩٧٣ في توقف البرنامج، وبدأت مصر حالياً إحياء مشروعها الطاقة النووي للمرة الرابعة، وذلك لتوفير الطاقة الكهربائية، ولتقليل الاعتماد على البترول والغاز في إنتاج الطاقة وتحقيق التنويع في مصادر الطاقة وفق للاستراتيجية.

قد تم الإعلان عن تدشين مشروع إنشاء محطات نووية للاستخدامات السلمية للطاقة في الضبعة عام ٢٠١٣، حيث تم توقيع عقد إنشاء محطة الطاقة النووية بالضبعة عام ٢٠١٥، وذلك بقرض روسي يسدد على ٣٥ سنة، يتضمن إنشاء ٤ مفاعلات نووية تنتج ٤٨٠٠ جيجا / الساعة من الجيل الثالث المُطور لتوليد الطاقة النووية بطاقة١٢٠٠ميجاوات لكل (مفاعل)، وتم التوقيع على البدء في تفعيل وتنفيذ عقود المشروع في عام ٢٠١٧ ومن المتوقع الإنتهاء من الوحدة الأولى والاستلام الابتدائي، والتشغيل التجاري بحلول عام ٢٠٢٦، والوحدات الثانية والثالثة والرابعة بحلول عام ٢٠٢٨ ، وتصل نسبة المساهمة المحلية في الوحدة الأولي والثانية من ٢٠% إلى ٢٥ %وتزداد بصورة تدريجية في الوحدات التالية لتصل إلى حوالي ٣٥% في الوحدة الرابعة. وسيساعد الشريك الروسي المشروع النووي المصري من خلال إمداده بالوقود النووي الروسي طوال دورة حياة محطة الضبعة للطاقة النووية، وبناء مرفق تخزين وحاويات إمداد لتخزين الوقود النووي المستهلك، وتنفيذ التزامات التوطين، وتنمية الموارد البشرية والتدريب. (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة،٢٠٢١).

(أ) محطة الضبعة النووية لإنتاج الطاقة

إن محطة الضبعة تم اختيار موقعها بعد العديد من الدراسات وآخرها دراسة قامت بها شركة سوفراتوم "وهي أكبر شركة فرنسية متخصصة في إجراء الدراسات اللازمة لاختيار وتقييم المواقع وقد استغرقت الدراسات والأعمال الحقلية والمكتبية والمعملية والأبحاث المصاحبة لها الفترة من ١٩٧٨ حتى ١٩٨٥ علي ست مراحل متعاقبة وتم

تسليم نتائجها لهيئة المحطات النووية في ٣٣ مجلداً فيما أوضحت تقارير رئيسية وملاحق وخرائط ورسومات وبيانات صلاحية موقع الضبعة".

تقع المحطة في منطقة الضبعة بمحافظة مرسى مطروح على محاذاة ساحل البحر المتوسط، وينفذ المشروع على مساحة ٤٥ كيلومترً مربعً، بطول ١٥ كيلومترً على ساحل البحر، وبعمق ٥ كيلومترات. وبتكلفة تصل لنحو ٢٥ مليار دولار وسوف يبدء تسديد القرض بعد ٦ سنوات أي مع بداية تشغيل المشروع.

تعتبر هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء المالك الوحيد للمحطات النووية وتعتبر شركة روساتوم هي المقاول الرئيسي وتم الاتفاق على إنشاء وتشغيل المحطة النووية وفق نظام BOO(Build-Own-Operate) ومن خلال عدد من العقود وهى العقد الرئيسي "عقد البناء الجاهز" للبناء والتشييد وعقد توريد الوقود وعقد التشغيل والصيانة وكذلك عقد الوقود المستنفذ، كما يلتزمون بتدريب الخبراء المصريين.

(ب) خصائص محطة الضبعة

يتميز موقع الضبعة بتوفير المياه اللازمة والكافية للتبريد بالإضافة إلى ملاءمته من النواحي الجيولوجية والزلزالية والطبوغرافية وغيرها من المقومات الفنية والبيئية الأخرى ذات الصلة، وانخفاض الكثافة السكانية بالمنطقة" حيث تم إخلاء المنطقة عام ٢٠١٦ ". وتمتاز المفاعلات النووية بالتشغيل الآمن ، وتضمن هذه المفاعلات عدم التسرب الإشعاعي عن طريق الفلاتر والحواجز المتعددة، وتحتوي المحطة على نظام التحكم الآلي الحديث وهو ما يجعلها تتميز بأنها لا تُصْدر أي انبعاثات للغازات الملوثة أو غازات الاحتباس الحراري، وتتمتع بأعلى معدلات الأمان العالمية المستخدمة في محطات توليد الكهرباء بالطاقة النووية، ونوع المفاعل المستخدم بالمحطة هو-PWR-VVER (1200 MW,4 power unit) والمفاعل يستطيع تحمل اصطدام طائرة تجارية ثقيلة تزن ٤٠٠ طن وتسير بسرعة ١٥٠ متراً/الثانية، كما يستطيع تحمل تسونامي حتي ارتفاع ١٤ متراً ويتحمل الزلازل حتي عجلة زلزالية ٠,٣ من عجلة الجاذبية الأرضية ، وتُقدر الطاقة التصميمية٤٨٠٠ ميجاوات(١٢٠٠MW×4 Power units)، ويُقدر تصميم الطاقة الحرارية(٣٢٠٠MW×4)، ودورة الوقود١٢-١٨ Months, fuel burn-up to 70 MW-day/kg(U)، الجيل (الثالث+)، ومدة دورة الوقود (١٨ شهر)، ودورة الحياة المتوقعة هي(٦٠ سنة وقد يزيد). (هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء ،2020).

(ت) مراحل تنفيذ مشروع الضبعة

– المرحلة الأولى وهي المرحلة التحضيرية وقد بدءت ديسمبر ٢٠١٧ واستمرت عامين ونصف تقريبًا وتهدف إلى تجهيز وتهيئة الموقع لإنشاء المحطة النووية.

–المرحلة الثانية تبدء بعد الحصول على إذن بدء الإنشاء وتشمل كافة الأعمال المتعلقة بالبناء والتشييد وتدريب العاملين والاستعداد للبدء في اختبارات التشغيل.

-المرحلة الثالثة تبدء بعد الحصول على إذن اختبارات ما قبل التشغيل" حصلنا عليه عام٢٠١٩" والتي تشمل إجراء اختبارات التشغيل وبدء التشغيل الفعلي وتستمر هذه المرحلة حتى التسليم المبدئي للوحدة الأولي وإصدار ترخيص التشغيل.

-المرحلة الرابعة تبدء بالإنشاءات وتنتهي بالتشغيل الفعلي وهي ما يُعد المشروع فيه.

(ث) العائد المتوقع من محطة الضبعة النووية

تُعد المحطة أحد مصادر الطاقة النظيفة بجانب المصادر المتجددة وتلعب دوراً بارزاً في تقليل انبعاثات الكربون. فسوف تُساهم في توفير الطاقة أي تحقيق "أمن الطاقة"، كما قد تُؤدي لتحسين معدلات الإنتاج وارتفاعها عن معدلات الاستهلاك "قد تُسهم في خفض تكلفة الانتاج" بما يخدم جهود التنمية ويعزز عملية التنمية المستدامة بتوفير خدمات الطاقة لمزيد من السكان بشكل يزيد الرفاهية. وتستهدف المحطة إدخال صناعات جديدة كالأنابيب والمواسير ذات المواصفات الخاصة والتي يتم استخدامها في محطة القوى النووية، ويشجع المشروع على مشاركة العديد من الشركات المحلية المصرية في عمليات التشييد والبناء حيث تصل نسبة المشاركة المحلية إلى ٢٠% للوحدة الأولى وتزداد هذه النسبة تباعًا مع ازدياد عدد الوحدات. تُساهم المحطة في الحفاظ على موارد الطاقة من البترول والغاز وتعظيم القيمة المضافة من خلال استخدام البترول والغاز الطبيعي كمادة خام لا بديل لها في الصناعات البتروكيميائية والأسمدة. كما ستسهم المحطة في ارتفاع الناتج المحلي الإجمالي فتؤكد شركة روساتوم المنشأة أن كل دولار يتم استثماره في محطة الطاقة النووية، سيولد حوالي ٤ دولارات من الناتج المحلي الإجمالي الوطني، كما ستكون له آثار ايجابية على صعيد التشغيل وتوفير فرص العمل وأيضا في المجال الطبي والبحثي.

ومن المتوقع أن توفر المحطة قرابة ال١٥ ألف فرصة عمل. بينهم ٣ آلاف عامل في المحطة النووية، وسوف تؤثر بشكل غير مباشر على العمالة في نحو ٩٤ صناعة مكملة تتمثل في السباكة والكهرباء والحدادة والنجارة وغيرها. وتتوقع الدراسة حدوث بعض التأخير في فترة إنشاءات المشروع في ظل جائحة كوفيد١٩ ، وحرب روسيا على أوكرانيا. ومتوقع أن ينتج المفاعل النووي ٤٨٠٠ ميجاوات سنوياً ما يعادل عشرات المرات من إنتاج السد العالي الذي يساهم بـ ٩% فقط من استهلاك مصر من الكهرباء. وقد حصلت ٣ شركات مصرية على مناقصات خاصة بإنشاءات محددة في محطة الضبعة النووية كتنفيذ مهام تسوية جزء من مساحة البناء، وتسوية موقع البناء الرئيسي، والحفر، والشبكات، والطرق. وقد تم إختيار مشروع الضبعة النووي من أفضل ٣ مشاريع على مستوي العالم من حيث البدء والانطلاقة. (هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء. ،2020).

خامساً: الدروس المستفادة من التجارب الدولية في الطاقة النووية

١. تجربة كوريا الجنوبية

إن كوريا الجنوبية بدءت برنامجها للطاقة النووية في ظروف اقتصادية مشابهة للبلدان النامية (وهو ما كان الدافع لاختيار التجربة) أي في ظل" الزيادة السكانية، عدم وجود فائض للكهرباء، ضعف قطاع الصناعة، ضعف الاستثمار الخاص " مثل الفلبين، وباكستان، ويوغوسلافيا السابقة، ومصر، والبرازيل، ومنغوليا، ولكن بدأت كوريا الجنوبية بتطوير البنية التحتية الكهربائية بشكل سريع وناجح محققة زيادة في توليد الطاقة الكهربائية ومن خلال دراسة التجربة تم التوصل لعوامل نجاح التجربة وهي كالتالي.

إن أهم الدروس المستفادة من تجربة كوريا الجنوبية تتمثل في النقاط التالية:

- التدرج ونقل التكنولوجيا وإشراك العمالة وتحفيز الاستثمار المحلي، قامت كوريا بشراء أول ٣ منشآت نووية تجارية عن طريق عقود تسليم (على المفتاح) ثم بدأت بإخال العمالة المحلية فجرى بناء المنشآت الستة الأخرى بالاشتراك مع خبراء ومصنّعين محليين. وبدءً من المنشأة العاشرة حققت كوريا الاكتفاء الذاتي التقني لبناء المفاعل بشكل كامل وبخبرات محلية، وبدأت في التطوير وصولاً لتصدير التقنيات النووية.
- وُضعت كوريا الجنوبية خطةٌ طويلة الأمد في عام ١٩٦٨ لتطوير الطاقة النووية للعشرين سنة بالاعتماد على دراسة مستفيضة خلال ٨ سنوات. (إبراهيم، عثمان،٢٠١١)
- وجود قيادة تعمل على إيجاد تعاون دولي ودعم دولي لإنجاح المشروع لتعظيم الاستفادة من كافة الخبرات في المجال النووي بجميع المجالات.
- عملت على التوسع في الاستثمار في البنية التحتية على مدار نحو أربعين عام بعد الحرب.
- وضع القوانين التي تحدد مسؤوليات كل طرف.
- التزام الحكومة الكورية بضمان الدين ووضعت الأولوية في الاستثمار في المشروع. وبالتالي أصبحت الحكومة ومؤسسة الكهرباء الكورية الوطنية الحق الحصري في إدارة محطات الطاقة النووية وتطويرها.
- وضعت الحكومة الكورية برامج لتعليم وتدريب وتأهيل الموارد الوطنية البشرية في مجال الطاقة النووية بإشراف الوكالة الدولية للطاقة الذرية والولايات المتحدة الأمريكية.
- أولت الحكومة الكورية الأولوية للمبادرات والمشاريع الصناعية، وتحسين جودة المنتجات.

- استخدام عملية المراجعة الناقدة والتغذية الاسترجاعية، والتقييم المستمر للخطط والقرارات المشتقة من المراجعات الأساسية من أجل التقليل من إمكانية حدوث تناقضات ومشاكل غير متوقعة.
- الاعتماد على بناء نوعين مختلفين من المفاعلات النووية، الأول هو مفاعل الماء الخفيف(LWR) والثاني مفاعل الماء الثقيل المضغوط (PHWR) وقد جاء استخدام النوع الثاني نتيجة للظروف المتعلقة بعدم ضمان تأمين توريد اليورانيوم المخصب نتيجة الاعتماد على مصدر واحد للتزود بالوقود النووي.
- استخدام الأنشطة الدعائية الإيجابية واسعة النطاق لدعم البرنامج النووي ولإقناع الرأي العام بموقع المشروع ومكان دفن النفايات النووية منذ السنوات الأولى للمشروع. (Lee, Moan., 2004)

٢. تجربة الإمارات العربية المتحدة

تم اختيار تجربة الإمارات لكونها دولة عربية في منطقة الشرق الأوسط ونجحت في تجربتها ومن ثم تُعد تجربة ملهمة حيث توجت للطاقة الجديدة والمتجددة على الرغم من أنها خامس أكبر دولة في العالم لديها احتياطيات نفطية، وذلك بهدف تحقيق تنوع مصادر الطاقة. وقد بدأت الأعمال الإنشائية بالمحطة النووية عام ٢٠١٢، وتُعد محطة براكة الواقعة في منطقة الظفرة في إمارة أبو ظبي واحدة من أكبر محطات الطاقة النووية في العالم وتضم أربع محطات متطابقة تضم كل منها تصميم المفاعل المتقدم من طراز (APR- ١٤٠٠)، ويدير المحطة كفاءات إماراتية مؤهلة وفق أعلى مستويات التحصيل العلمي والتدريب العملي في أرقى المؤسسات الأكاديمية ومحطات الطاقة النووية في العالم، ويضم فريق العمل خبرات من أكثر من ٥٠ جنسية. (مجلة ناشونال جيوجرفك العربية،٢٠٢٢)

أهم الدروس المستفادة من تجربة الإمارات العربية المتحدة النووية تتمثل في النقاط التالية:

- وقعت الإمارات عام ٢٠١٦ اتفاقية "الائتلاف المشترك" مع الشركة الكورية للطاقة الكهربائية (كيبكو) لتكون المقاول الرئيسي للمشروع، وهي اتفاقية تُعنى بالشراكة طويلة الأمد" وهي شراكة من أجل الاستدامة" لشراكة في تطوير محطات الطاقة النووية، وبموجب ذلك تم تأسيس شركتين متخصصتين أولاهما هي شركة نواة للطاقة التي تتولى تشغيل وصيانة محطات براكة الأربع، والشركة الأخرى هي شركة براكة التي تتولى إدارة الجوانب المالية والتجارية والتمويلية للمحطات، والتي تطورها مؤسسة الإمارات للطاقة النووية في منطقة الظفرة بإمارة أبوظبي.
- ربط المحطة الأولى بالشبكة الكهربائية مع بدء ربط المرحلة الثانية عام٢٠٢١، وهو ما يعكس الرفع التدريجي لمستويات طاقة المفاعل والتي تعرف بـــ

"اختبار الطاقة التصاعدي"، كما تلتزم أنظمة المحطة بالعمل وفق أفضل الممارسات العالمية.

- تحقيق توافق ودعم شعبي "من خلال رفع التوعية بالحملات التوعوية والندوات" يمنحها الضوء الأخضر لبناء مرافق ضخمة للتخلص من هذه النفايات ويستمر عملها على مدى طويل.
- العمل الدائم للتطوير في مجال البحث حيث وقعت مؤسسة الإمارات للطاقة النووية مذكرة تفاهم مع جامعة آجو" المؤسسة البحثية الرائدة في كوريا الجنوبية"، وذلك للتعاون في مجال البحث والتطوير والابتكار عام ٢٠٢١. كما تعاونت جامعة خليفة مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية لإعداد وتأهيل الكوادر للعمل في مجال الطاقة النووية في الإمارات. (القمة العالمية للحكومات،٢٠٢٢)
- استخدام محطات براكة تقنيات أثبتت فعاليتها في خفض الانبعاثات الكربونية بكميات كبيرة حيث ستحد من انبعاث ٢١ مليون طن من الانبعاثات الكربونية، وهذا يعادل إزالة ٣,٢ مليون سيارة من الطرقات سنوياً، وذلك لمواجهة ظاهرة التغير المناخي التي تعد من أكبر التحديات التي يوجهها العالم. (مؤسسة الإمارات للطاقة النووية،٢٠٢٢)
- التزام المشروع بالتحسين المستمر والشفافية للسكان.

الخلاصة

تناول البحث واحدة من أهم الموضوعات المطروحة على الساحة وهو الطاقة النووية ودورها في التنمية المستدامة، حيث أن تقدم المجتمعات، وتنميتها يعتمد بشكل أساسي على الطاقة. ومع ارتفاع معدلات التلوث العالمية وخاصة بالمدن الحضرية الكبرى باعتبارها الأكثر استخدامًا للطاقة، ومع اعتبار قطاع الطاقة أكبر مشارك في التغييرات المناخية، ومع بدء نضوب المصادر التقليدية للطاقة خلال السنوات القليلة القادمة تتجلى أهمية الطاقة النووية، والطاقة المتجددة. كما تتجلى هذه الأهمية بارتباط توفير الطاقة (أمن الطاقة) تاريخياً بالأمن القومي للدول، وتحاول الدراسة تحليل وضع قطاع الطاقة للوقوف على التحديات وكيفية التغلب عليها من خلال الاسترشاد بالتجارب الدولية الناجحة في قطاع الطاقة النووية.

النتائج

من خلال العرض السابق للدراسة نستخلص النتائج التالية والتي يؤكد عليها البحث وهي:

١. تتميز مصر بتوفر اليورانيوم ومصادر الطاقة المتجددة كالشمس والرياح.
٢. بدء مشروع الضبعة وتنمية مصادر الطاقة المتجددة سيجعل مصر دولة رائدة في مجال الطاقة، ويساعدها في تحقيق عوائد مالية ضخمة من تصدير الكهرباء لأوروبا وأفريقيا.

٣. الطاقة النووية تنتج طاقة هائلة فاحتراق طن واحد من الوقود النووي يعادل احتراق ٢٠ مليون طن من الفحم، كما أن استهلاك المحطة من الوقود النووي واليورانيوم لن يكون كثيراً ومن ثم فإنه يسهل نقله وحفظه كمخزون استراتيجي وبكميات تكفي لتشغيل المحطات للعديد من السنوات. كما أن عمر المحطات النووية يصل ٦٠ عامًا بينما لا يزيد العمر الافتراضي للمحطة التقليدية عن ٣٠ عامًا، كما ان تكاليف انشاء المحطات تسترد من الإنتاج. وسوف تساعد الطاقة النووية في تجنب التعرض لارتفاعات أسعار البترول المستمرة.

٤. التكنولوجيا والتقدم في المجال النووي يتم بسرعة، فتم اكتشاف المفاعلات الصغيرة وهي نموذج هجين من تكنولوجيا الاندماج، والانشطار معاً، ومتوقع أن تكون أكثر كفاءة من مفاعلات الانشطار النووي الحالية، ومع تقدم العلم تقل تكلفة المحطة.

٥. توقعت وكالة فيتش " في تقرير فيتش عن وضع الطاقة في مصر٢٠٢١" استمرار فائض الإنتاج يفوق الاستهلاك حتى عام ٢٠٢٤. وتوقعت وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة في مصر ارتفاع استهلاك الكهرباء بمتوسط معدل سنوي يبلغ ٤,١ ٪، وستبلغ ذروة الطلب ٣,٤ ٪ للفترة من عام ٢٠٢٠ إلى٢٠٤٠.وتوقعت منظمة أوبك في تقرير آفاق النفط ٢٠٢١ نمو حصة الطاقة النووية في مزيج الطاقة العالمي إلى ٦,٢% بحلول عام ٢٠٤٥، مقابل ٥,٢% عام ٢٠٢٠.

التوصيات

يوصي البحث بالتالي:

١. تعزيز التعاون مع المنظمات الدولية المتخصصة في تطبيق أعلى معايير الجودة والسلامة في جميع المنشآت النووية مثل الوكالة الدولية للطاقة الذرية، والرابطة العالمية للمشغلين النوويين، ومعهد مشغلي الطاقة النووية. وتعزيز التعاون مع بنوك التنمية العالمية بشكل أكبر للحصول على تمويل لمشاريع الطاقة المستدامة مثل بنك التنمية الأسيوي والبنك الدولي.

٢. إعطاء هيئة الطاقة الذرية المزيد من الحيوية والصلاحية في التعامل مع الجهات الحكومية والدولية.

٣. التوسع في إنشاء أقسام للهندسة النووية في الجامعات الوطنية المرموقة.

٤. العمل لنجاح واستدامة مشروع الضبعة من خلال تخصيب اليورانيوم حيث لا يغني وجود اليورانيوم عن عملية تخصيب اليورانيوم خاصة أن امتلاك دورة الوقود النووي بما فيها تخصيب اليورانيوم حق لجميع الدول شريطة الالتزام بمعاهدة حظر الانتشار النووي، وعدم وجود أنشطة سرية لإنتاج السلاح النووي.

٥. تشجيع القطاع الخاص على بناء المفاعلات الصغيرة (SMRs) وهي تصميمات جديدة من المفاعلات الصغيرة الاقتصادية يتم تطوير هذه التقنيات بصورة أسهل وأرخص في البناء، وتفرض عليها ضرائب أقل.

٦. تعزيز وعي المستهلكين بكفاءة الطاقة وأهمية استهلاك الطاقة المستدامة من خلال المناهج الدراسية والحملات الإعلامية.

٧. تنشيط التبادل العلمي في مجال الطاقة الجديدة والمتجددة إقليميا وعالميًا من خلال حوافز وجوائز، والمشاركة في المؤتمرات الدولية في مجال الطاقة النووية والطاقة المتجددة لتبادل الخبرات، واستضافة مؤتمرات ومعارض دولية في مصر لتشجيع هذه الصناعة ورفع الوعي بأهميتها.

٨. تحديث الاستراتيجية الخاصة بالطاقة بصفة دورة لكي تعكس المستجدات والتطورات بالقطاع في ضوء التغيرات الاقتصادية والتكنولوجية المتسارعة ويقترح أن يتم كل ٣-٥ سنوات.

٩. تعزيز وتشجيع التصنيع المحلي في البطاريات والمحولات لتخزين الطاقة في ضوء الميزة التنافسية التكنولوجية، وتطوير قطاع الخدمات المرتبط بها، والعمل لتحسين مرونة وكفاءة شبكة الكهرباء.

١٠. ضرورة شمول التشريعات النووية المصرية على نصوص بشأن نظام مسئولية المرخص له عن نشاطه النووي، حيث تم الاكتفاء بكون مصر طرفاً في اتفاقية فيينا بشأن المسئولية المدنية عن الأضرار النووية ١٩٦٣ والتي تعتبر جزء من القانون الداخلي طبقاً للمادة ١٥١ من الدستور.

المراجع العربية

١. إبراهيم، عثمان، الدروس المستفادة من برنامج الطاقة النووية الناجح لجمهورية كوريا الجنوبية، مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية "علم الذرة"، العدد (١٣٤)، هيئة الطاقة الذرية السورية،٢٠١١، ص٥٠-٦٠.

٢. أحمد، عادل، السيناريوهات المستقبلية المحتملة لتطور سياسات انتشار الطاقة النووية: رؤية استراتيجية في منطقة الشرق الأوسط، مركز البحرين للدراسات الاستراتيجية والدولية والطاقة،٢٠١٨، ص٨٨.

٣. أسماء، مليجي، متطلبات تحقيق أمن الطاقة في مصر: دراسة تطبيقية، رسالة دكتوراه، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة، مصر،٢٠١٧، ص٤٩.

٤. المنتدى الاقتصادي العالمي، تقرير المنتدى الاقتصادي العالمي في مجال الطاقة ٢٠٢١، جنيف، ٢٠٢١، ص٨٥.

٥. الموقع الإلكتروني للرابطة النووية العالمية (٢٠٢٠)، الطاقة النووية والتنمية المستدامة، تمت مراجعتها في ١٥ إبريل ٢٠٢١ من https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/nuclear-energy-and-sustainable-development.aspx#.

٦. الموقع الإلكتروني للشركة العالمية PB، بيانات الطاقة، تمت مراجعتها في ١ نوفمبر ٢٠٢٠ من ، BP review of world energy 2020. https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy conomics/statistical-review-2020/bp-statistical-review-of-world-energy-2020-full-report.pdf, p 16,17.

٧. الموقع الإلكتروني لمعهد الطاقة النووية. (٢٠٢٠)، الطاقة النووية، تمت مراجعتها في ١٥ أبريل ٢٠٢١ من https://www.nei.org/resources/statistics .

٨. الموقع الإلكتروني لوزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (٢٠٢٠)، إحصائيات الطاقة، تمت مراجعتها في ٢ نوفمبر ٢٠٢٠ من http://www.nrea.gov.eg/Technology/SolarThermal .

٩. الموقع الإلكتروني لوزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، بداية عصر الكهرباء، تمت مراجعتها في 14 أكتوبر 2021 من http://www.moee.gov.eg/test_new/history1.aspx.

١٠. الموقع الإلكتروني لوزارة الكهرباء والطاقة المتجددة. (2020)، الإحصائيات الفنية، تمت مراجعتها في 15 أكتوبر 2020 من http://www.moee.gov.eg/test_new/ST_main.aspx.

11. الطاقة النووية في الولايات المتحدة الأمريكية، تمت الموقع الإلكتروني للوكالة الدولية للطاقة الذرية، مراجعتها في ٢٢ ديسمبر ٢٠٢٠ من https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/UnitedStatesofAmerica/UnitedStatesofAmerica.htm..

١٢. الموقع الإلكتروني لمؤسسة الإمارات للطاقة النووية (٢٠٢٠)، استخدامات أخرى للطاقة النووية، تمت مراجعتها في ١٥ يناير ٢٠٢١ من https://www.enec.gov.ae/ar/discover/fueling-the-barakah-plant/other-uses-of-nuclear-technology/.

١٣. الموقع الإلكتروني لمؤسسة الإمارات للطاقة النووية، الطاقة النووية في دولة الإمارات العربية المتحدة، تمت مراجعتها في ١٥ مارس ٢٠٢٢ من، https://www.enec.gov.ae/ar/discover/nuclear-energy-in-the-uae/.

١٤. الموقع الإلكتروني لوكالة الطاقة النووية ،التنمية المستدامة والطاقة النووية، تمت مراجعتها في ٢٥ ديسمبر ٢٠٢١ من Nuclear Energy Agency (NEA) – Sustainable development and nuclear energy (oecd-nea.org).

١٥. الموقع الإلكتروني لهيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء. (2020)، مشروع محطة الضبعة النووية، تمت مراجعتها في 14 ديسمبر 2021 من https://nppa.gov.eg/%D8%A5%D8%B9%D9%84%D8%A7%D9%86-%D9%86%D8%AA%D8%A7%D8%A6%D8%AC-%D9%85%D9%86%D8%A7%D9%82%D8%B5%D8%A9-%D8%A5%D9%86%D8%B4%D8%A7%D8%A1%D8%A7%D8%AA-%D9%85%D8%B4%D8%B1%D9%88%D8%B9-%D9%85%D8%AD%D8%B7%D8%A9./

١٦. الموقع الإلكتروني لهيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء (2020)، نظرة عامة، تمت مراجعتها في 24 يناير2022من https://nppa.gov.eg/el-dabaa-npp-project-ar/.

١٧. الموقع الإلكتروني لهيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء (٢٠١٧)، الكهرباء من الطاقة النووية ، تمت مراجعتها في ٢ ديسمبر ٢٠٢٠ من https://nppa.gov.eg/nuclear-energy/#About-Nuclear-Energy.

١٨. الموقع الإلكتروني للهيئة العامة للاستعلامات (٢٠١٨)، مشروع الضبعة النووي .. الحلم المصري يتحقق، تمت مراجعتها في ١ نوفمبر ٢٠٢٠ من https://www.sis.gov.eg/Story/161707?lang=a.

١٩. الهيئة العربية للطاقة الذرية، الذرة والتنمية، المؤتمر العربي الثالث عشر للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، نشرة علمية، مجلد الثامن والعشرين، العدد الرابع، تونس،٢٠١٦، ص١٦.

٢٠. إنجي، عماد، خبراء: مشروع محطة الضبعة النووية: ماهي آثاره على الاقتصاد المصري؟،٢٠١٨، روساتوم،٢٠١٨، ص٨.

٢١. إيمان، على، الآفاق المستقبلية لدور الطاقة الجديدة والمتجددة في تلبية الاحتياجات من الطاقة (بالتطبيق على قطاع الكهرباء بجمهورية مصر العربية)، رسالة دكتوراه، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة،٢٠٠٥، ص٦٦.

٢٢. أيوب، إبراهيم، هل الطاقة النووية مستدامة ونظيفة؟، الأردن، ٢٠١١، ص٤.

٢٣. بركات، فرج، تقييم استدامة الطاقة في مصر في ظل توليد الكهرباء نوويًا، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس، رسالة دكتوراة،٢٠١٥، ص٢٢.

٢٤. تشاتزيس، إيرينا، القوى النووية من أجل مستقبل قائم على الطاقة النظيفة (تجربة الصين، فلندا، الإمارات)، مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية،٢٠١٧، ص٣-٥.

٢٥. توماس، ستيف، اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات، مؤسسة هينرش بل الألمانية، مكتب الشرق الأوسط العربي، فلسطين،٢٠١١، ص٢٦.

٢٦. حسان، عمر، الدروس الأربعة عشر المستفادة من برنامج الطاقة النووية الناجح لجمهورية كوريا الجنوبية، مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية،٢٠٠٩.

٢٧. حمزة، رملي، اقتصاد الطاقة النووية وإمكانية التطبيق لتحقيق مستقبل طاقوي مستدام دراسة حالة الدول العربية التابعة لمنظمة الاسكوا، مجلة الاقتصاد الصناعي، العدد ١٣، ٢٠١٧، ص٩٣.

٢٨. سوكولوف، يوري، وبيتي، روندي، الطاقة النووية المستدامة، مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، عدد٥١، سبتمبر،٢٠٠٩، ص١٥.

٢٩. ضياء، النارو‌ز، أهم قضايا الموارد الاقتصادية والتنويع الاقتصادي، جامعة الأزهر، مصر،٢٠١٥، ص٥٤.
٣٠. عبد العاطي، سلمان. ومحمد، ومصطفى، أهمية الطاقة النووية للتنمية المستدامة والحفاظ على البيئة، مجلة البترول والعلوم البيئية،٢٠١٨، ص٢.
٣١. عبير، محمد. يوسف، عبد الرزاق، أزمات الكهرباء في مصر ودور الطاقة النووية في استدامة قطاع الكهرباء، العدد (٧)، المجلة الدولية للدراسات الاقتصادية، مصر،٢٠١٩، ص٩٨.
٣٢. عفت، كمال، الطاقة النووية والمفاعلات النووية لتوليد الطاقة، معهد الإنماء العربي، ليبيا،١٩٨٠، ص١٤.
٣٣. عمر، عبد العزيز، أحمد محمد، الموازنة بين حق الدولة في الاستخدام السلمي للطاقة النووية والحق في بيئة سليمة" مفاعل الضبعة النووية نموذجا ومثالاً"، المؤتمر العلمي الخامس كلية الحقوق، جامعة طنطا،٢٠١٨، ص٢٢.
٣٤. ليلى، هناوي، الاستخدام السلمي للطاقة النووية في ظل القانون الدولي، رسالة ماجستير، كلية العلوم القانونية والإدارية، جامعة حسيبة بن بوعلي، تونس،٢٠٠٨، ص٦٠.
٣٥. محمد، موسى، استراتيجية مقترحة لإمكانية استخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء في مصر، رسالة دكتوراه، معهد الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس، مصر،٢٠٠٩، ص(44-55).
٣٦. مصطفى، محمد، آفاق الطاقة النووية، مصر، هيئة الطاقة الذرية،٢٠٠٨، ص٣٥-٣٦.
٣٧. مركز معلومات ودعم اتخاذ القرار بمجلس الوزراء المصري، آفاق مستقبلية، العدد الأول، مركز معلومات ودعم اتخاذ القرار، مجلس الوزراء المصري،٢٠٢١.
٣٨. نهاد، بارودي، المصادر الجديدة والمتجددة للطاقة في العالم العربي البرامج والتطلعات، جامعة الدول العربية، ٢٠٠٠، ص٥٥.
٣٩. وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، بيانات الحسابات القومية، مصر، ٢٠١٩/٢٠١٨.
٤٠. هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي عام ٢٠١٨، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، مصر ،٢٠١٨، ص٥٥.
٤١. هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء، الطاقة النووية، وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، العدد الأول يناير٢٠٢١، ص٢٣.

المراجع باللغة الأجنبية

1. **Amged ,Elwakel, (2019), Current Status Of Nuclear Power Project In Egypt Human chairman of the Nuclear Power Plants Authority, Nuclear Power Plants Authority ,Sochi ,Russia .International Energy Agency (2019) Key world energy statistics, IEA, Brazil, Pp(42-44).**
2. **Aoife Foley.(2022), Renewable and Sustainable Energy Reviews,170, Elsevier.**
3. **Cauich, Lopez (2019), Egypt and nuclear energy: aspects, reasons and future, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 337, Congress Center of Peter the Great, St. Petersburg Polytechnic University, p35.**
4. **Heba ,Taha, (2020), Nuclear Energy and Techno-Nationalism in Egypt, Policy Briefing (208), South African institute of international affairs, South Africa.p71.**

5. **International Atomic Energy Agency. (2016), Nuclear Power and Sustainable Development, Department of Nuclear Energy, IAEA, Austria, P19.**
6. **International Renewable Energy Agency. (2020), Renew able power generation renewable power generation costs in 2020, p25.**
7. **International energy agency (2020), Energy efficiency2020, IEA,p30.**
8. **International Renewable Energy Agency. (2020), World energy transitions outlook, p45.**
9. **Lee, Moan., 2004. Korea Nuclear Power Behind Story: Retrospective of Nuclear Power Program in Early Period, 2nd ed. KyungRim Publication, Seoulm ,p14.**
10. **Organization for economic co-operation and development. (2007), Risks and Benefits of Nuclear Energy, OECD, p76**
11. **Ramadan, Ghada.(2016),Current status of nuclear power project in Egypt, Nuclear Power Plants Authority,p16.**
12. **Tarek, Selim, (2009), On the economic feasibility of nuclear power generation in Egypt, the Egyptian center for economic studies, p26,p53.**
13. **The Egyptian Center for Economic & Social Rights (2016), Egypt's future electricity pathway, ECESR, Egypt, p33.**
14. **Toshihiro Yamamoto, Hiroki Sakamoto.(2022), Progress in Nuclear Energy,145, Elsevier.**
15. **Website of World economic forum.(2022), Small reactors could make nuclear energy big again. How do they work, and are they safe?, Revised Oct 5, 2022, Available at: https://www.weforum.org/agenda/2022/10/nuclear-power-power-plant-smrs-clean-energy/**
16. **Website of International Atomic Energy Agency.(2022), Climate Change and Nuclear Power 2022?, Revised Oct 5, 2022, Available at:https://www.iaea.org/topics/nuclear-power-and-climate-change/climate-change-and-nuclear-power-2022**
17. **Website of International Energy Agency.(2022),Nuclear Power and Secure Energy Transitions From today's challenges to tomorrow's clean energy systems ,Revised Oct 10, 2022, Available at:https://iea.blob.core.windows.net/assets/016228e1-42bd-4ca7-bad9-a227c4a40b04/NuclearPowerandSecureEnergyTransitions.pdf**
18. **Website of Elsevier .(2018),Benefits of nuclear flexibility in power system operations with renewable energy, Revised Oct 10, 2022, Available at:https://www.journals.elsevier.com/applied-energy/article-digests/benefits-of-nuclear-flexibility-in-power-system-operations-w**
19. **Yue, Qian. He ,Jingke.(2017), Nuclear Power in China: An Analysis of the Current and Near-Future Uranium Flows, Wiley online library, Weinheim, p18.**