

جمهورية مصر العربية
معهد التخطيط القومي



المؤتمر الدولي لمعهد التخطيط القومي 2020

الطاقة والتنمية المستدامة

القاهرة: ٢١-٢٢ نوفمبر ٢٠٢٠



المؤتمر الدولي لمعهد التخطيط القومي 2020

الطاقة والتنمية المستدامة

القاهرة: 21-22 نوفمبر 2020

المحتويات

3	تقديم.....
5	جدول أعمال المؤتمر.....
9	الجلسة الافتتاحية.....
10	كلمة أ.د. نيفين كمال - أستاذ الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي ومقرر المؤتمر
12	كلمة أ.د. علاء زهران - رئيس معهد التخطيط القومي ورئيس المؤتمر
14	كلمة أ.د. هالة السعيد - وزيرة التخطيط والتنمية الاقتصادية ورئيس مجلس إدارة المعهد.....
16	كلمة د. محمد شاكر - وزير الكهرباء والطاقة المتجددة.....
222	الجلسة الأولى: استدامة الطاقة والتنمية (خبرات دولية وإقليمية).....
23	Sustainable Development Implications of Climate Mitigation Policies
35	Humanising Energy
42	اتفاقية باريس وتأثيرها على الصناعة البترولية في الدول العربية الأعضاء.....
49	الجلسة الثانية: الطاقة في إطار المتغيرات العالمية والإقليمية.....
50	استشراف مستقبل قطاع الطاقة المصري في ظل التحول في نظام الطاقة العالمي
71	سياسات تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة في مصر في ضوء التجارب الدولية.....
109	الحل المنظومي كمنهج وأداة لمواجهة تحديات تعقيد منظومات الطاقة وتحقيق أمنها واستدامتها
135	الجلسة الثالثة: حلقة نقاشية: تخطيط الطاقة في مصر
136	Electricity Market in Egypt
150	Egyptian Energy Sector Transition, Opportunities and Barriers
166	مقومات وتحديات سوق الغاز في مصر
187	تطبيقات تكنولوجيا بلوك تشين (سلاسل الكتل الرقمية) في قطاع الطاقة: تمكين ديمقراطية الطاقة
200	الجلسة الرابعة: مستقبل الطاقة المتجددة عالمياً وإقليمياً.....
201	IRENA Innovation Landscape for the Power Sector Transformation
	The Water-Energy Nexus: an Integrated Approach for Sustainable Development
218	Planning in the Arab Region
232	UNDP Sustainable Energy and Climate Change Mitigation Initiatives
239	الجلسة الخامسة: نظم الطاقة المستدامة.....
240	The Long Strides for Energy-efficient Egypt
255	التوسع في إنتاج الوقود الحيوي بين جدلية تأمين الطاقة وتهديد الأمن الغذائي العالمي
275	بدائل الطاقة لسيناريوهات إغذاب مياه البحار والمياه الزراعية.....

299.....	تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بمصر حتى عام 2030: دراسة تطبيقية.
336	الجلسة السادسة: حلقة نقاشية: الطاقة وتغير المناخ في مصر.
337.....	Renewable Energy in Egypt
350.....	الطاقة وتغير المناخ في مصر
365.....	Small Scale Solar Systems Projects Towards Sustainability of Egypt
374.....	Energy in Sustainable Development in the Field of Hyper Urban Planning
395	حصاد المؤتمر
403	المساهمون في إعداد وتنظيم المؤتمر

تقديم

المؤتمر الدولي "الطاقة والتنمية المستدامة" هو المؤتمر الدولي الرابع الذي ينظمه معهد التخطيط القومي سنوياً منذ عام 2017، وذلك في إطار مهام وأنشطة المعهد من أجل النهوض بالبحوث والدراسات العلمية التي تهدف إلى دعم العملية التخطيطية على كافة المستويات، وتزويد متخذي القرار وصانعي السياسات بالرؤى والبدائل الاستراتيجية المختلفة. حيث حمل مؤتمر عام 2017 عنوان "تحو تعليم داعم للتنمية المستدامة"، وناقش مؤتمر عام 2018 قضايا "التصنيع والتنمية المستدامة"، وفي عام 2019 تناول المؤتمر قضايا "تعزيز الزراعة المستدامة".

يتمثل الهدف الرئيسي لهذا المؤتمر في مناقشة القضايا الخاصة بالمستجدات في مجال الطاقة، ودورها في تحقيق التنمية المستدامة، بغية تحديد الفرص والإمكانيات المتاحة من مصادر الطاقة المختلفة، والتحديات التي تعوق التوسع في استخدام الطاقة الجديدة والمتجددة، حتى يتسنى وضع السياسات والآليات المناسبة لتحقيق استدامة الطاقة، وذلك في ضوء الأهداف الأممية للتنمية المستدامة حتى عام 2030، واتفاق باريس لتغير المناخ، واستراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030، والاستراتيجيات الوطنية ذات الصلة.

عُقد المؤتمر الدولي لمعهد التخطيط القومي المعنون "الطاقة والتنمية المستدامة" خلال الفترة 21-22 نوفمبر 2020 بمقر المعهد بمدينة القاهرة. وقد شهد المؤتمر حضور مجموعة من الوزراء المعنيين بقضايا الطاقة والتنمية المستدامة وهم وزيرة التخطيط والتنمية الاقتصادية (حضر ممثلاً عنها نائب الوزير لشئون التخطيط)، ووزير الكهرباء والطاقة المتجددة، وقد تفضل كل منهم بإلقاء كلمة في الجلسة الافتتاحية للمؤتمر.

شارك في المؤتمر العديد من المؤسسات والمنظمات الدولية والإقليمية، بالإضافة إلى الجهات المحلية المعنية بقضايا الطاقة. فقد شارك كل من المجلس العالمي للطاقة (WEC)، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)، ولجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا (ESCWA)، ومنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (OAPEC)، والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، والمعهد الدولي لتحليل النظم التطبيقية (IIASA). ومن الجهات المحلية هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، وجهاز شئون البيئة، وجهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز، والشركة القابضة لكهرباء مصر، والشركة المصرية لنقل الكهرباء. كما شارك أحد ممثلي القطاع الخاص في رئاسة إحدى جلسات المؤتمر. كذلك شارك عدد من الباحثين والخبراء من خلال تقديم أوراق بحثية، والمشاركة في حلقات نقاشية متميزة.

يتضمن هذا الكتاب توثيقاً لكافة الأوراق التي تم عرضها ومناقشتها في المؤتمر، لكي يكون بمثابة مرجعاً علمياً لكافة الباحثين والمهتمين بقضايا الطاقة والتنمية المستدامة. وفي الختام، أتوجه بالشكر لكل المشاركين في المؤتمر، وكذلك لكل من ساهم في إعداد وتنظيم المؤتمر ليخرج بصورة مشرفة تليق بمكانة المعهد ودوره في دعم التخطيط والتنمية في مصر.

بالإضافة إلى ذلك، فقد عُقد على هامش المؤتمر معرضاً لبعض المنتجات والتطبيقات المتعلقة بالطاقة لمنتجات رواد أعمال في مجالات: الطاقة الشمسية وتحلية المياه، وغيرها، حيث قام السادة الوزراء المشاركون في المؤتمر بمشاهدة المعرض والتعرف على طبيعة التطبيقات المعروضة من جانب المبادرين، والإشادة بها مع عرض إمكانية التعاون في إنتاج بعضها.

أ.د. علاء زهران

رئيس معهد التخطيط القومي

ورئيس المؤتمر

جدول أعمال المؤتمر

اليوم الأول: السبت 2020/11/21	
الفعاليات	التوقيت
التسجيل	9.00-8:30
الجلسة الافتتاحية	10.00-9.00
مقرر المؤتمر: أ.د. نيفين كمال	
أستاذ الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي	
رئيس المؤتمر: أ.د. علاء زهران	
رئيس معهد التخطيط القومي	
أ.د. هالة السعيد	11:30 - 10.00
وزيرة التخطيط والتنمية الاقتصادية ورئيس مجلس إدارة المعهد	
د. محمد شاكر	
وزير الكهرباء والطاقة المتجددة	12:00-11:30
الجلسة الأولى	
استدامة الطاقة والتنمية	
(خبرات دولية وإقليمية)	
رئيس الجلسة: د. م. أنهار حجازي	
نائب الأمين التنفيذي للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا سابقاً- مصر	2:00-12:00
الموضوع	
Sustainable Development Implications of Climate Mitigation Policies	
Humanising Energy	
اتفاقية باريس وتأثيرها على الصناعة البترولية في الدول العربية الأعضاء	
المتحدثون	2:30-2:00
Dr. Behnam Zakeri	
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)	
Mr. Martin Young	
World Energy Council (WEC)	
السيد/ عبد الكريم عايد	استراحة شاي
منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)	
استراحة شاي	
الجلسة الثانية	
الطاقة في إطار المتغيرات العالمية والإقليمية	استراحة شاي
رئيس الجلسة: أ.د. إبراهيم العيسوي	
أستاذ الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي- مصر	
الموضوع	
استشراف مستقبل قطاع الطاقة المصري في ظل التحول في نظام الطاقة العالمي	
الباحثون	استراحة شاي
د.م. أنهار حجازي	
خبير الطاقة والتنمية المستدامة- نائب الأمين التنفيذي للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا "الإسكوا" سابقاً- مصر	
د. سحر عبود	
مدرس الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي- مصر	
أ.د. محسن توفيق	استراحة شاي
أستاذ متفرغ بمعهد الدراسات والبحوث البيئية بجامعة عين شمس- مصر	
الحل المنظومي كمنهج وأداة لمواجهة تحديات تعقيد منظومات الطاقة وتحقيق أمنها واستدامتها	
استراحة شاي	
استراحة شاي	

اليوم الأول: السبت 2020/11/21		
الجلسة الثالثة		4:00-2:30
حلقة نقاشية: تخطيط الطاقة في مصر		
رئيس الجلسة: أ. هشام الخازندار		
المدير التنفيذي لشركة القلعة للاستشارات المالية- مصر		
الموضوع	المتحدثون	
سوق الطاقة الكهربائية في مصر	د. دلال حلمي رئيس قطاع الشؤون الفنية لسوق الكهرباء والربط الدولي بالشركة القابضة لكهرباء مصر	
تحول قطاع الطاقة المصري: الفرص والعقبات	م. محمد حمدي مهندس ثان بقطاع التصميمات والمواصفات بالشركة القابضة لكهرباء مصر	
	م. سلوى السمنودي مهندس ثان بقطاع مشروعات محطات القطاع الخاص بالشركة المصرية لنقل الكهرباء	
مقومات وتحديات سوق الغاز الطبيعي في مصر	أ. حاتم محمود مدير عام التعريف ورسوم التراخيص بجهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز- مصر	
تطبيقات تكنولوجيا بلوك تشين (سلاسل الكتل الرقمية) في قطاع الطاقة: تمكين ديمقراطية الطاقة	د. ماجد كرم الدين المدير الفني والقائم بأعمال المدير التنفيذي للمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة- مصر	
	م. علي حبيب خبير الطاقة - مصر	

اليوم الثاني: الأحد 2020/11/22		
الفعاليات		التوقيت
التسجيل		9.00-8:30
الجلسة الرابعة		10:30-9.00
مستقبل الطاقة المتجددة عالمياً وإقليمياً		
رئيس الجلسة: د. محمد الخياط		
رئيس هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة - مصر		
الموضوع	المتحدثون	
IRENA Innovation Landscape for the Power Sector Transformation	Mr. Zoheir Hamed International Renewable Energy Agency (IRENA)	
The Water-Energy Nexus: an Integrated Approach for Sustainable Development Planning in the Arab Region	Mr. Mongi Bida United Nations Economic and Social Commission for Western Asia	
مبادرات البرامج الإنمائي للأمم المتحدة حول الطاقة المستدامة والتخفيف من آثار التغيرات المناخية	د. محمد بيومي United Nation Development Program	
استراحة شاي		11.00-10:30

اليوم الثاني: الأحد 2020/11/22

الجلسة الخامسة نظم الطاقة المستدامة		
رئيس الجلسة: أ.د. أشرف العربي وزير التخطيط والمتابعة والإصلاح الإداري السابق- مصر		
الموضوع	الباحثون	
The Long Strides for Energy-efficient Egypt	د. إبراهيم عبد الجليل مستشار الطاقة والبيئة- مصر	1:00-11:00
التوسع في إنتاج الوقود الحيوي بين جدلية تأمين الطاقة وتهديد الأمن الغذائي العالمي	د. الطيف عبد الكريم أستاذ محاضر بكلية العلوم الاقتصادية التجارية وعلوم التسيير بجامعة أحمد بوقرة بومرداس- الجزائر	
بدائل الطاقة لسيناريوهات إعذاب مياه البحر والمياه الزراعية	أ.د. شادية راغب أستاذ باحث متفرغ بالمركز القومي للبحوث- مصر د. هبة هاني أستاذ باحث مساعد بالمركز القومي للبحوث - مصر	
تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي في مصر حتى عام 2030: دراسة تطبيقية	د. أحمد سليمان مدرس الإحصاء بمعهد التخطيط القومي- مصر د. أسماء مليجي مدرس الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي- مصر	
استراحة شاي		1:30-1:00
الجلسة السادسة حلقة نقاشية: الطاقة وتغير المناخ في مصر		
رئيس الجلسة: د. إيناس أبو طالب رئيس جهاز شؤون البيئة - مصر		
الموضوع	المتحدثون	
Renewable Energy in Egypt	م. إيهاب إسماعيل نائب الرئيس التنفيذي للشؤون الفنية بهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة- مصر	3:30-1:30
الطاقة وتغير المناخ فى مصر	م. رانيا بسيونى باحث بالإدارة المركزية للتغيرات المناخية بوزارة البيئة	
Small Scale Solar Systems Projects Towards Sustainability of Egypt	أ.د. هند فروح أستاذ التصميم المستدام- المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء- ومدير مشروع "نظم الخلايا الشمسية الصغيرة المتصلة بالشبكة Egypt – PV" - مصر	
Energy and Sustainable Development in the Field of Hyper Urban Planning	د. محمد عبد السلام أستاذ مساعد بكلية الهندسة بجامعة الأزهر - مصر	
الجلسة الختامية		
رئيس المؤتمر: أ.د. علاء زهران		4:00-3:30
مقرر المؤتمر: أ.د. نيفين كمال		

الجلسة الافتتاحية

كلمة أ.د. نيفين كمال

أستاذ الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي ومقرر المؤتمر

يهتم المؤتمر الدولي لمعهد التخطيط القومي هذا العام بقضية الطاقة والتنمية المستدامة، حيث تُعد الطاقة أحد المقومات الأساسية لتسيير النشاط الاقتصادي وغيره من الأنشطة البشرية. كما أنها تُمثل بُعداً استراتيجياً في تحقيق الأمن الاقتصادي والسياسي والاجتماعي. لذا ظهر مفهوم أمن الطاقة واستدامتها، الذي يعني بتوفير إمدادات الطاقة بصورها المختلفة، وبتكلفة ميسورة لكافة المناطق والفئات الاجتماعية والأنشطة الاقتصادية، وبكميات تتناسب مع الطلب المحلي عليها، وأن تكون إمداداتها للجميع آمنة.

يُواجه تحقيق أمن الطاقة واستدامتها عدداً من التحديات، في مقدمتها محدودية المصادر التقليدية للطاقة من الزيت الخام والغاز الطبيعي والفحم، وعدم استدامتها، وما يرتبط بذلك من قضايا تتعلق بحقوق الأجيال القادمة في هذه المصادر، وكذلك عدم توفرها بجميع دول العالم وتركزها في بعض الدول. فضلاً عن آثارها الضارة على البيئة والإنسان وكافة الكائنات الحية نتيجة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن حرق هذه المصادر، وما ترتب على ذلك من إحداث التغيرات المناخية التي بدأ يعاني منها الكثير من المناطق في العالم.

لذلك، تضمنت الأهداف الأممية السبعة عشر للتنمية المستدامة 2030 (SDGs) هدفاً صريحاً بشأن الطاقة المستدامة "الهدف السابع"، الذي أكد على أهمية "ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة"، وذلك من خلال تحقيق ثلاث غايات بحلول عام 2030، هي: ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة، وتحقيق زيادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة في توليفة الطاقة العالمية، ومضاعفة المعدل العالمي للتحسن في كفاءة استخدام الطاقة، وكذلك تعزيز التعاون الدولي في مجال استثمارات وبحوث وتكنولوجيا الطاقة النظيفة.

في هذا السياق، جاء اهتمام معهد التخطيط القومي بعقد مؤتمره الدولي حول الطاقة والتنمية المستدامة، والذي يهدف إلى مناقشة القضايا الخاصة بالمستجدات في مجال الطاقة، ودورها في تحقيق التنمية المستدامة، بغية تحديد الفرص والإمكانيات المتاحة من مصادر الطاقة المختلفة، والتحديات التي تعوق التوسع في استخدام الطاقة الجديدة والمتجددة، حتى يتسنى وضع السياسات والآليات المناسبة لتحقيق أمن واستدامة الطاقة. وذلك في ضوء الأهداف الأممية للتنمية المستدامة حتى عام 2030، واتفاق باريس لتغير المناخ، واستراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030، والاستراتيجيات الوطنية ذات الصلة.

ولتحقيق أهداف المؤتمر، يتضمن المؤتمر على مدار يومين ست جلسات، تتنوع بين جلسات تعرض فيها منظمات دولية وإقليمية تجاربها في مجال الطاقة والتنمية المستدامة، وجلسات بحثية تعرض بحوث متخصصة محكمة، وكتابات لبعض الخبراء المتخصصين في مجال الطاقة، وحلقات نقاشية تعرض خبرات محلية في مجال الطاقة والتنمية المستدامة. ويشارك في المؤتمر عدداً من المنظمات الدولية والإقليمية الهامة، والمعاهد العلمية العالمية المرموقة ذات الصلة بقضايا الطاقة والتنمية المستدامة.

وفي نهاية كلمتي، كلي أمل في أن يُمثل المؤتمر محفلاً علمياً وعملياً، ومنتدى لتبادل الأفكار والمعارف والخبرات حول الطاقة والتنمية المستدامة في العالم وفي مصر.

كلمة أ.د. علاء زهران

رئيس معهد التخطيط القومي ورئيس المؤتمر

يأتي انعقاد المؤتمر الدولي للمعهد هذا العام حول "الطاقة والتنمية المستدامة" في إطار قيام المعهد بأنشطته العلمية المتعددة، والتي تتضمن عقد المؤتمرات والندوات واللقاءات العلمية، وذلك من أجل تحقيق أغراضه الرئيسية والتي يتمثل أهمها في النهوض بالبحوث والدراسات المتعلقة بإعداد الخطط التنموية الشاملة للدولة ووسائل تنفيذها، بهدف تزويد القائمين بالعملية التخطيطية ومتخذي القرار وصانعي السياسات على كافة المستويات بالرؤى والبدائل الاستراتيجية، ونشر الوعي والمعرفة بقضايا التخطيط والتنمية وأسسها العلمية والتطبيقية.

لقد درج المعهد على عقد مؤتمر دولي سنوي يتناول أحد القضايا الرئيسية الهامة المعنية بقضايا التنمية المستدامة، حيث سبق أن عقد المعهد في السنوات الأخيرة مؤتمرات دولية تناولت قضايا التعليم، والتصنيع، والزراعة، وعلاقتها بالتنمية المستدامة. ومن الواضح أيضاً علاقة تلك القضايا بقضايا أخرى مثل (الاقتصاد الرقمي- البحث العلمي والابتكار- التطورات التكنولوجية المتسارعة- التغيرات المناخية وتأثيراتها على استخدام التكنولوجيا النظيفة والسياسة الصناعية الخضراء والتمويل الأخضر المستدام- الحوكمة - منظومة القيم المجتمعية ..).

هذه النظرة المتكاملة المترابطة هي التي نركز عليها الآن في معهد التخطيط القومي، وهو دورنا الأساسي، لتحقيق التماسق والترابط بين عناصر تلك المنظومة من خلال السياسات المختلفة ذات الصلة. لقد تقدمت الدول المتقدمة بالتخطيط، والتوظيف الأمثل لمواردها البشرية والطبيعية، والدول المتقدمة هي التي تحتل المراكز الأولى في التعليم والبحث العلمي والابتكار والتنافسية والحوكمة، وجميعها أيضاً دولاً متقدمة صناعياً وتكنولوجياً.

يُمثل المؤتمر الدولي للمعهد هذا العام أهمية خاصة، لما تقوم به الطاقة من دور هام في تحقيق استدامة التنمية في كافة دول العالم، حيث هناك العديد من التحديات التي تعوق استدامة الطاقة، ومن ثم استدامة التنمية، ذلك على الرغم من التطور الكبير الذي شهدته السنوات الخمس الأخيرة لمشاركة مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في التوليفة العالمية لإنتاج الطاقة، إلا أنها لم تصل بعد إلى النسب المأمولة لتحقيق الأهداف الأممية للتنمية المستدامة المعروفة اختصاراً بالـ SDGs.

وفي مصر، مازال قطاع الطاقة يعتمد بصفة أساسية على الوقود الأحفوري (البترول والغاز الطبيعي)، مع إسهام بحوالي 10% لمصادر الطاقة المتجددة. وإدراكاً لذلك، وحرصاً على تحقيق استدامة الطاقة، حددت استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030 - والتي دشنها السيد

رئيس الجمهورية/ الرئيس عبد الفتاح السيسي في فبراير 2016، الأهداف الاستراتيجية لقطاع الطاقة في: ضمان أمن الطاقة، وزيادة مساهمة قطاع الطاقة في الناتج المحلي الإجمالي، وتعزيز الاستفادة من الموارد المحلية للطاقة (تقليدية ومتجددة)، وتعزيز الإدارة الرشيدة والمستدامة للقطاع، وخفض كثافة استهلاك الطاقة، والحد من الأثر البيئي للانبعاثات بالقطاع.

في سبيل تحقيق هذه الأهداف، ركزت "استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام 2035"، التي اعتمدها المجلس الأعلى للطاقة في عام 2016، على تنويع مصادر الطاقة، وتطبيق السياسات اللازمة لتحقيق استدامة الطاقة، ومساهمة قطاع الطاقة بفعالية في تحقيق التنمية المستدامة.

ومن ثم، لضمان استدامة الطاقة وأمنها من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة، ومواجهة التغيرات المناخية، فإن ثمة حاجة لدراسة فرص وإمكانيات وتحديات وسياسات وآليات خلق نظام قوي ومتنوع للطاقة، يعتمد بدرجة كبيرة على الطاقة الجديدة والمتجددة، وتحسين كفاءة الطاقة، وذلك لدعم متطلبات التنمية المستدامة في العالم بصفة عامة، وفي مصر بصفة خاصة.

ومن الجدير بالذكر، أن المعهد عند إعدادة لتقرير حالة التنمية في مصر لعام 2018 رصد تحقيق قطاع الطاقة لمستهدفاته في 2030 بفضل اكتشافات الغاز والبترو، وما تحقق من إنجازات في مجال الكهرباء، وأيضاً في مجال الطاقة الجديدة والمتجددة مما لا يتسع معه المجال لذكره الآن.

ختاماً، أود أن أكرر شكري وتقديري لكافة الحضور، والشكر موصول إلى الجهات المشاركة في المؤتمر وجميع الباحثين، وأخص بالشكر المجلس العالمي للطاقة (WEC)، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)، ولجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا (ESCWA)، ومنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (OAPEC)، والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، والمعهد الدولي لتحليل النظم التطبيقية (IIASA).

وأخيراً، أتمنى أن يسهم هذا المؤتمر في الوصول لمجموعة من الرسائل والتوصيات التي تسهم في دعم وتعزيز الطاقة المستدامة، وبما يحقق أهداف كل من الاستراتيجية الوطنية للتنمية المستدامة: رؤية مصر 2030، وأجندة الأهداف الأممية للتنمية المستدامة.

كلمة أ.د. هالة السعيد

وزيرة التخطيط والتنمية الاقتصادية ورئيس مجلس إدارة المعهد

يتناول المؤتمر في دورته الحالية قضية من أهم قضايا التنمية في مصر وهى قضية الطاقة. ويأتي انعقاد المؤتمر الدولي للمعهد هذا العام في ظل ظروف استثنائية اقتصادية واجتماعية وصحية صعبة تمر بها مصر والعالم أجمع، بها درجة عالية من عدم اليقين، مما يجعل من الصعوبة بمكان وضع توقعات لمسار الاقتصادات في العالم لهذا العام والأعوام التالية. بدون شك، لقد أثرت أزمة جائحة "كوفيد-19" على كافة المؤشرات الاقتصادية والاجتماعية في مصر في عامي 2019/2020، 2020/2021، كما هو الحال في جميع دول العالم. ولكن من الأمور الإيجابية الواضحة أن تأثير هذه الأزمة على الاقتصاد المصري أقل وطأة من مثيلتها في الدول الأخرى، نتيجة تحسن العديد من المؤشرات الاقتصادية الكلية من قبل هذه الأزمة، كنتاج لتطبيق برنامج الإصلاح الاقتصادي (2016-2019). وترتب على ذلك إمكانية تحقيق الاقتصاد المصري بمعدل نمو موجب في نهاية العام المالي الحالي، بخلاف كثير من دول العالم الذي من المتوقع أن تحقق معدلات نمو سالبة باستثناء بعض الدول الآسيوية، وعلى رأسها الصين.

يلعب قطاع الطاقة دوراً هاماً في تحقيق استدامة التنمية في كافة دول العالم، وفي مصر، ولكن يواجه قطاع الطاقة في مصر العديد من التحديات التي تستوجب تخفيض الاعتماد على الوقود الأحفوري في إنتاج الطاقة، وتعديل مزيج الطاقة من خلال زيادة مشاركة مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في توليفة إنتاج واستهلاك الطاقة، مما يساهم في تحقيق الأهداف الأممية للتنمية المستدامة SDGs، وكذلك أهداف استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030، وأهداف استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى 2035.

بالقطع يتطلب تحقيق الأهداف السابقة، وضع وتنفيذ العديد من السياسات المترابطة من بينها الاقتصادية المالية والنقدية والاستثمارية، بالإضافة إلى التعاون الدولي سواء في مجال الاستثمار في البحث والاستكشاف بالنسبة لمصادر الطاقة التقليدية، أو الاستثمار في تكنولوجيات الطاقة الجديدة والمتجددة. ولكن يواجه زيادة الاستثمارات في مصادر الطاقة المختلفة العديد من التحديات التي بزغت بوضوح نتيجة تداعيات أزمة "كوفيد-19"، وما نجم عنها من ركود وانكماش اقتصادي، ترتب عليه انخفاض الطلب العالمي على البترول، مما أدى إلى انخفاض الأسعار العالمية للبترول، ومن ثم تأثر ميزانيات واستثمارات كبرى الشركات البترولية في دول العالم المختلفة، مما انعكس بالسلب على الاستثمار في مصادر الطاقة التقليدية من ناحية، وإضعاف القدرة التنافسية

لمصادر الطاقة المتجددة من ناحية أخرى. ومن ثم، من المتوقع أن تنعكس هذه التغيرات في السوق العالمي للطاقة على التوجه نحو استخدام الطاقة المتجددة، خاصة في الأجل القصير، لحين انتهاء هذه الأزمة الوبائية الطاحنة.

ولكن على الرغم من هذه الظروف غير المواتية لإنجاز أهداف رؤية مصر 2030، وأهداف استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة 2035، يسير قطاع الطاقة في طريقه قدماً نحو تعديل مزيج الطاقة وتعزيز نصيب الطاقة المتجددة في هذا المزيج، التي تحقق استدامة الطاقة وأمنها، والتنمية المستدامة في مصر.

وفي ختام كلمتي، أرجو أن تكون فعاليات المؤتمر مثمرة وبناءة، وأن يثمر المؤتمر عن تقديم خبرات ورؤى يستفيد منها واضعو الخطط والسياسات ومتخذو القرار بما يتعلق بكافة قطاعات الطاقة في مصر، على الأخص القضية التنشافية الايجابية مع كافة قطاعات الاقتصاد الوطني.

كلمة د. محمد شاكر

وزير الكهرباء والطاقة المتجددة

يهدف المؤتمر الدولي لمعهد التخطيط القومي إلى مناقشة القضايا الخاصة بالمستجدات في مجال الطاقة ودورها في التنمية المستدامة، وذلك لتحديد الفرص والإمكانيات المتاحة من مصادر الطاقة المختلفة، والتحديات التي تعوق التوسع في استخدام الطاقة الجديدة والمتجددة، حتي يتسنى وضع سياسات وآليات مناسبة لتحقيق استدامة الطاقة، وذلك في ضوء الأهداف العالمية للتنمية المستدامة حتي عام 2030، واستراتيجية التنمية المستدامة في مصر (رؤية مصر 2030). وتسعى الحكومة المصرية إلى تحقيق التنمية المستدامة وتحسين مستوى المعيشة للمواطنين، فضلاً عن تهيئة مناخ الاستثمار، والعمل على مشاركة القطاع الخاص في مشروعات البنية الأساسية، والدفع بعجلة التنمية الاقتصادية والسياحية والتعدينية والعمرانية في توقيت واحد بمعدلات وسرعة تنفيذ غير مسبوقة.

تُعد الطاقة الركيزة الأساسية لإحداث التنمية الشاملة في كافة المجتمعات، وشريان التنمية في شتى مجالات الحياة الاقتصادية والاجتماعية، كما تعتبر مسألة حاسمة لاستعادة الاستقرار الكلي وتعزيز احتياطات النقد الأجنبي. وتتطلب تنفيذ رؤية مصر 2030 في مجال الطاقة، أن يكون قطاع الطاقة قادراً علي تلبية كافة متطلبات التنمية الوطنية المستدامة، وتعظيم الاستفادة الكفوة من مصادرها المتنوعة (التقليدية والمتجددة)، مما يؤدي إلى المساهمة الفعالة في دفع الاقتصاد والتنافسية الوطنية والعدالة الاجتماعية والحفاظ على البيئة، مع تحقيق ريادة في مجالات الطاقة المتجددة والإدارة الرشيدة والمستدامة للموارد.

ونظراً لكون مصادر الطاقة الأولية نادرة بطبيعتها، كان لابد من بذل المزيد من الجهد في كافة المجالات، وذلك للحفاظ على حق الأجيال القادمة من هذه المصادر، وخلق حياة أفضل لهم تقوم على أساس التنمية المستدامة التي تتماشى مع التوجهات العالمية الحديثة. وتحتاج مصر إلى العمل على تنويع مصادر الطاقة، وتوفير القدرات الكهربائية لتلبية متطلبات التنمية، وتحسين حوكمة منظومة الطاقة في مصر، بالإضافة إلى تحقيق الاستدامة المالية.

بالرغم من التحديات الكبيرة التي واجهتها مصر في توفير الطاقة للسوق المحلي خلال مرحلة سابقة، فقد استطعنا على خلفية الاستقرار السياسي اتخاذ عدد من الإجراءات والسياسات الإصلاحية بقطاع الطاقة في إطار استراتيجية جديدة، تتضمن تأمين الإمدادات، والاستدامة، والإدارة الرشيدة.

وكان من أهم ثمار هذه السياسات في قطاع الكهرباء والطاقة المتجددة:

- القضاء نهائياً على أزمة الانقطاع المتكرر للتيار الكهربائي، حيث تم إضافة قدرات تبلغ أكثر من 28 ألف ميغاوات، وذلك في نهاية عام 2019، في حين أنه في عام 2014 لم تتعد 24 ألف ميغاوات. وهذا يعني أنه خلال 5 سنوات أضيف للشبكة أكثر من ضعف المتاح خلال عام 2014. وبذلك أصبحت قدرات التوليد الكهربائية المتاحة كافية لوفاء متطلبات المستثمرين في سائر أنحاء الجمهورية من الطاقة الكهربائية لتتواكب مع معدل تنمية الناتج المحلي في مصر.

- استكمالاً للجهد المبذول، وفي إطار تنويع مصادر إنتاج الطاقة الكهربائية والاستفادة من ثروات مصر الطبيعية وخاصة مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، تم بالتعاون مع أحد بيوت الخبرة العالمية وضع استراتيجية للمزيج الأمثل فنياً واقتصادياً للطاقة حتى عام 2035، والتي تتضمن عدة سيناريوهات لتعظيم مشاركة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة لتصل نسبتها إلى ما يزيد عن 42% بحلول عام 2035، وحالياً يتم تحديث الدراسات إلى أن تصل إلى 47% من الطاقات المتجددة.

كذلك قام قطاع الكهرباء بإجراء العديد من الخطوات التنفيذية لتحقيق التحول الكامل إلى مرحلة أكثر استدامة لقطاع الكهرباء والطاقة المتجددة نحو تأمين التغذية الكهربائية، حيث تتمتع مصر بثراء واضح في مصادر الطاقة المتجددة، وتشتمل بشكل أساسي على طاقة الرياح والطاقة الشمسية، بالإضافة إلى الطاقة الكهرومائية المتمثلة في السد العالي. حيث تم تخصيص أكثر من 7600 كم مربع من الأراضي غير المستغلة لمشروعات الطاقة الجديدة والمتجددة، لتصل القدرات الكهربائية التي يمكن إنتاجها من هذه المصادر إلى 90 ألف ميغاوات، ويمكن تصدير الفائض إلى أوروبا عن طريق الارتباط الكهربائي مع قبرص واليونان.

كما اتخذت مصر العديد من الإجراءات لتعزيز الاستفادة من الإمكانيات الهائلة من الطاقات المتجددة التي تمتلكها مصر، وذلك من خلال تشجيع القطاع الخاص على الاستثمار في مجال إنشاء وتملك وتشغيل محطات إنتاج وبيع الكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. لقد أصبح للقطاع الخاص ثقة كبيرة في قطاع الكهرباء والطاقة المتجددة لمصر، حيث تقدم عدد كبير من المستثمرين من القطاع الخاص الأجنبي والمحلي للدخول في مشروعات القطاع، وعلى رأسها مشروعات الطاقة الجديدة والمتجددة، حيث يتيح القطاع العديد من الآليات لمشاركة القطاع الخاص منها PCI Finance، Options، PEO.

واستطاعت الطاقة المتجددة في مصر مع نهاية عام 2019 بنجاح توثيق مشاركة القطاع الخاص في تنفيذ مشروعاتها، واكتمل إنشاء وتشغيل مجمع بنبان للطاقة الشمسية، ويعتبر أكبر مشروع تم تمويله على مستوى العالم في إنشاء محطة للطاقة الشمسية في مكان واحد، حيث فاز هذا المشروع بجائزتين هما Global award في عام 2017، وجائزة البنك الدولي في عام 2019. كما بلغ الاستثمار الأجنبي المباشر لهذا المشروع حوالي 2 مليار دولار أمريكي، وقد تم الانتهاء من تنفيذ المشروع بالكامل، وربط كامل القدرات المولدة منه بالشبكة الكهربائية.

يُضاف إلى ذلك، تم تشغيل أول مشروع طاقة رياح (قطاع خاص) في أكتوبر 2019 بنظام البناء والتملك والتشغيل بقدرة 250 ميغاوات بمنطقة خليج السويس ذات سرعات الرياح العالية، بالإضافة إلى مشروع آخر بذات المنطقة بالقرب من مجمع جبل الزيت لطاقة الرياح البالغ قدرته الإجمالية 580 ميغاوات. وقد بلغ إجمالي القدرات المركبة من محطات الطاقة المتجددة حتى الآن 5878 ميغاوات، حيث تبلغ الطاقة الكهرومائية حوالي 2832 ميغاوات، بالإضافة إلى محطات تعمل بطاقة الرياح تبلغ قدرتها 500 ميغاوات تحت الإنشاء، حيث من المخطط أن تدخل في الخدمة قبل نهاية 2021/2020.

كما يتم حالياً التفاوض على مجموعة من المشروعات (طاقة رياح - طاقة شمسية) تبلغ قدرتها حوالي 2400 ميغاوات، ويتوقع الانتهاء من تنفيذها في عام 2022، بحيث يبلغ إجمالي القدرات المركبة من الطاقة المتجددة 6328، وهو يمثل 20% من الحمل الأقصى في نهاية عام 2020. وقد ساهم هذا في تقليل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بحوالي 11.5 مليون طن سنوياً، وكذلك تحقيق وفرة قدرها حوالي 4.5 مليون طن وقود مكافئ سنوياً من الوقود.

وجدير بالذكر أن لجان التعاقد حالياً مع عدد من المستثمرين في مشروعات الطاقة الشمسية قد توصلت إلى سعر خرافي بالنسبة لتعريف ك.وات.ساعة (2 سنت/ك. وات.ساعة) أخذاً في الاعتبار 2% استغلال أراضي، و 22.5% ضرائب مضافة، وهذا يعتبر أرخص مشروع على مستوى العالم في الوقت الحالي، وبالنسبة لطاقة الرياح تم التوصل إلى سعر 3 سنت/ك.وات.ساعة.

وهناك العديد من المشروعات في مجال إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح والطاقة الشمسية، وهذا يؤكد قدرة الطاقة الجديدة والمتجددة على جذب الاستثمارات الأجنبية المباشرة، وكذلك يؤكد دور المؤسسات الوطنية في خلق مناخ استثماري يتمتع بمخاطر منخفضة وتفاعل إيجابي مع مؤسسات التمويل وشركاء التنمية.

كما يتم حالياً إجراء العديد من الدراسات لإنشاء أول خط على مستوى الشرق الأوسط لتوليد الكهرباء من المحطات الكهرومائية باستخدام تكنولوجيا الضخ والتخزين، والتي تبلغ قدرتها 2400

ميجاوات. وفي مراحل الدراسات الخاصة فيها يتم التعامل مع كبرى الشركات الصينية علي سبيل المثال (Cynhydro ذات السمعة العالية على مستوى العالم في هذا المجال)، بحيث تبلغ تكلفة المحطة 2.7 مليار دولار، وكذلك لزيادة إمكانية تكامل الطاقات المتجددة مع الطاقات المائية لتعظيم الاستفادة من مشروعات الطاقات المتجددة. وأيضاً يتم إجراء دراسات حالياً لموقعين (الأقصر والأرمنت) لعمل محطات الضخ والتخزين.

ويلعب قرار إنشاء مشروع محطة نووية بالضبعة دوراً جوهرياً في تنويع مزيج الطاقة في مصر وتعزيز مكانتها الإقليمية والدولية. وتتكون المحطة من أربع وحدات بحيث تبلغ القدرة الإجمالية لها حوالي 4800 ميجاوات، والتي نتعاون فيها مع الجانب الروسي، ومن المتوقع دخولها في مجال التشغيل في 2027/2028. ووفقاً للتقرير الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة IEA، تعتبر المحطات النووية من أكثر المصادر كفاءة مقارنة بمصادر أخرى، حيث تؤمن الوكالة الدولية للطاقة بأن المحطات النووية سوف تكون واحدة من أهم المحركات الدافعة في مجال الطاقة النظيفة، بحيث يمكن على سبيل المثال إنتاج الهيدروجين عن طريق التحليل الكهربائي للمياه بواسطتها.

كما يولي قطاع الكهرباء والطاقة المتجددة اهتماماً كبيراً بملفات تحسين كفاءة الطاقة، والحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، والخفض من الانبعاثات والتغيرات المناخية. وبالتالي بدأ التوجه إلى استخدام الطاقات المتجددة بدلاً من استخدام الفحم. كذلك المساهمة في رفع كفاءة وحدات توليد الكهرباء القائمة، واستخدام وحدات توليد ذات السعات الكبيرة ووحدات توليد بنظام تكنولوجيا الضغوط الحرجة (super critical)، والتي تتميز بكفاءة عالية جداً، وبالتالي سوف ينخفض استهلاك الوقود، إذا تم تشغيل هذه المحطات بكامل قدرتها. كذلك فإن تشغيل محطات سيمنس بكامل قدرتها تجعل الشبكة توفر وقود سنوي يكافيء من 1.2 إلى 1.3 مليار دولار سنوياً، بحيث يكون مقدار الوفر في استهلاك الوقود يغطي ثمن المحطات الموجودة.

لقد تم ربط جميع محطات توليد الكهرباء بكافة أنحاء الجمهورية بمنظومة الرصد الكافي المستمر للانبعاثات الصادرة بالتعاون مع وزارة البيئة، للتوافق مع الاشتراطات البيئية والعالمية في مجال خفض الانبعاثات الصناعية. هذا بالإضافة إلى قيام القطاع بالعديد من الإجراءات في مجال كفاءة الطاقة خلال السنوات الماضية، وبالتالي أدى إلى تحسين معدل الانبعاث في القطاع الذي بلغ في عام 2014 حوالي 62. كجم/ك.وات.ساعة، وحالياً يبلغ 54. كجم/ك.وات.ساعة من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

ويعمل قطاع الكهرباء على تدعيم وتطوير شبكات نقل الكهرباء لاستيعاب القدرات الكبيرة، وبدأ الاهتمام أيضاً بعملية نقل الكهرباء، وليس فقط بعملية إنتاجها، حيث تم تنفيذ العديد من

المشروعات في مجال الخطوط الهوائية ومحطات المحولات على الجهود الفائقة والعالية على مستوى الجمهورية في الفترة من عام 2014 حتى الآن. كذلك فقد تم النجاح في تقليل معامل استهلاك الوقود في عام 2016/2017 إلى نحو 210 جرام/ك.وات.ساعة، وتم الوصول في عام 2019/2020 إلى حوالي 185 جرام/ك.وات.ساعة، ونأمل في عام 2020/2021 الوصول إلى 179 جرام/ك.وات.ساعة.

وتمثل الشبكات الذكية نقلة نوعية في مستقبل نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية في الوقت الحالي، وبالتالي تعتمد بشكل كبير على استخدام موارد الطاقة المتجددة، وتحقيق الاستغلال الأمثل للكهرباء، وتقليل تكلفة إنتاجها، كما تعمل على جعل المستهلك أحد الشركاء في إدارة المنظومة، وبالتالي تتيح له خيارات عديدة لشراء الكهرباء من أكثر من مصدر.

الشبكات الذكية في مجال التوزيع:

- تم وضع خطة لإنشاء 47 مركز تحكم تقوم على خمس مراحل، والتحكم يكون في شبكات التوزيع، وبالتالي يساعد على رفع كفاءة تشغيل الشبكة، وتقليل انقطاعات التيار الكهربائي.
- تركيب عدادات ذكية في مشروع تجريبي يشمل حوالي 250 ألف عداد ذكي في 6 شركات توزيع، وتم الانتهاء من 196 ألف عداد ذكي.

لتحقيق الاستدامة المالية:

تم تحويل العدادات العادية الميكانيكية إلى عدادات شبة ذكية، ويوجد حوالي 35 مليون عداد داخل الشبكة، وتم تشغيل وتركيب 10 مليون عداد ذكي منها خلال الفترة الماضية، وهذا يعني وجود فرصة كبيرة للاستثمار في مجال تصنيع العدادات، وتغطية الإنتاج المحلي من العدادات الذكية. ونحن حالياً في حاجة إلى تصنيع نحو 3 مليون عداد (ذكي - شبه ذكي) في مصر سنوياً، وبهذا يمكننا الاعتماد كلياً على العدادات الذكية التي تصنع في مصر.

ويوجد فوائد كبيرة لعمليات الربط الكهربائي بين الدول منها الفنية والاقتصادية والبيئية والاجتماعية والسياسية والقانونية، ولا يجب أن تُخفي أهمية الربط الكهربائي في تدعيم الأمن بين الدول والاستقرار السياسي، بسبب خلق أجواء التعاون والحوار، ووجود مصالح اقتصادية مشتركة، وخلق فرص عمل جديدة أثناء فترة التشغيل، حيث تعمل مصر بقوة على تعزيز مشروعات الربط الكهربائي، والذي يلعب دوراً هاماً في تعزيز أمن الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة. على سبيل المثال، هناك ربط بين مصر والأردن، ومصر وليبيا، ومصر والسودان، وحالياً يتم البحث بجدية للربط بين مصر وقبرص ومنها إلى كريت.

تتمتع القارة الأفريقية بالقدرات الهائلة من الطاقات المتجددة وفقاً لتقرير منظمة التعاون والتنمية الدولية لربط الطاقة، بحيث تمثل الطاقة الشمسية في أفريقيا حوالي 40% من الإنتاج العالمي، وهذا يعني حوالي 665 ألف (تي.وا.وات/ساعة) سنوياً، وتمثل أيضاً 32% من الإجمالي العالمي لطاقة الرياح، مما يعني حوالي 67 ألف (تي.وا.وات/ساعة) سنوياً، بالإضافة إلى 12% من الإجمالي العالمي للطاقة الكهرومائية.

من الجدير بالذكر أن الربط الكهربائي بين قارتي أفريقيا وأوروبا سوف يعمل على استيعاب الطاقات الكهربائية الضخمة، والتي سيتم إنتاجها من مصادر الطاقة المتجددة في أفريقيا. هناك أيضاً العديد من المبادرات للترويج لمشروعات الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة، منها المبادرة الأفريقية للطاقة المتجددة (AREI) التي أعلنها السيد رئيس الجمهورية في اجتماع مؤتمر أطراف 21 في باريس عام 2015، بهدف إنشاء محطات لقدرات تصل إلى 10 جيجا.وات بحلول عام 2022، وتصل إلى 300 جيجا.وات بحلول عام 2030، كما أصبحت مصر عضواً في مجلس إدارة المبادرة عن إقليم شمال أفريقيا.

وفي الختام، أشكر معهد التخطيط القومي على تنظيم هذا المؤتمر الهام، وأتمنى التوفيق للجميع.

الجلسة الأولى

استدامة الطاقة والتنمية (خبرات دولية وإقليمية)

Sustainable Development Implications of Climate Mitigation Policies

Behnam Zakeri, Volker Krey, Keywan Riahi
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)

zakeri@iiasa.ac.at

- Dr. Behnam Zakeri has a master's degree in Energy Technology (Modeling of Energy Systems) from Lappeenranta University of Technology, and a PhD in Energy Technology (Energy Systems Analysis) from Aalto University, Finland. Prior to joining IIASA, he was a postdoctoral researcher with the Power Plant Engineering and Energy Economics research group at Aalto University, Finland. He is also a Visiting Associate Professor with the Sustainable Energy Planning Research Group, Aalborg University, Denmark.
- Dr. Zakeri's research revolves around the modeling and analysis of energy systems and markets. He investigates market mechanisms, systems integration possibilities, emerging energy technologies, and policies that enable a low-carbon energy system. In this respect, he is interested in the study of integration of renewable energy, the role of flexibility solutions such as energy storage, and market couplings in multi-region energy systems.
- Together with his coauthors, Dr. Zakeri's research on the economic value of emerging energy solutions (focusing on energy storage) has led to two best paper awards; one from the IEEE 11th International Conference on European Energy Markets (2014) and another from the 9th International Conference on Sustainable Development of Energy, Water, and Environment Systems (SDEWES 2014). His work on the economics of energy storage systems has been among the most cited articles in Renewable & Sustainable Energy Reviews (as of Sep 2019).
- At IIASA, Dr. Zakeri is involved in the modeling and study of energy pathways in different regions of the world, including the role of renewable energy.

انعكاسات التنمية المستدامة على سياسات الحد من تغير المناخ

مستخلص

اتفقت الدول في اتفاقية باريس على السعي للحد من زيادة متوسط درجة الحرارة في العالم إلى أقل من 2 أو حتى 1.5 درجة مئوية مقارنةً بمستويات ما قبل الثورة الصناعية، بحيث تُمثل المساهمات المحددة وطنياً (NDCs) خطوة أولى في هذا الاتجاه من خلال تحديد التحديات على مستوى الدولة حتى عام 2030. وفي الوقت ذاته، تحدد الأهداف الأممية للتنمية المستدامة (SDGs) تحديات المجتمع العالمي لتحقيق التنمية المستدامة الأوسع نطاقاً، والتي من بينها الحد من تغير المناخ الذي يعتبر هدفاً واحداً ضمن سبعة عشرة هدف. تقوم الدراسة بتحليل عدد من السيناريوهات، بحيث تأخذ سياسات المناخ والتنمية الوطنية الحالية والمساهمات المحددة وطنياً كنقطة انطلاق للتحويل إلى 2، 1.5 درجة مئوية على المدى الطويل. يتم من خلال هذه

السيناريوهات، تتبع تطور أهداف الاستدامة غير المناخية كنتيجة لسياسة المناخ من أجل تحديد الظروف التي قد تتحقق في ظلها المقايضات بين تخفيض آثار تغير المناخ والأهداف الأخرى. عند القيام بذلك، تكتشف الدراسة أيضاً تبعية التفاعل بين سياسات المناخ وأهداف التنمية المستدامة لافتراضات التنمية الاقتصادية والاجتماعية الأساسية، بالاعتماد على إطار المسار الاقتصادي- الاجتماعي المشترك (SSP).

أثناء التحليل يتم تضمين أبعاد الاستدامة التالية:

- تغير المناخ (الهدف الثالث عشر من أهداف التنمية المستدامة).
- آثار التنمية الاقتصادية والعمالة (الهدف الثامن من أهداف التنمية المستدامة)
- تلوث الهواء والصحة (الهدف الثالث من أهداف التنمية المستدامة)
- المياه (الهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة)
- فقر الطاقة (الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة).
- الأمن الغذائي (الهدف الثاني من أهداف التنمية المستدامة).
- التنوع البيولوجي (الهدف الخامس عشر من أهداف التنمية المستدامة).
- استخدام المواد (الهدف الثاني عشر من أهداف التنمية المستدامة).

تم استخدام ثمانية نماذج تقييم عالمية متكاملة "IAMS" لتطوير سيناريوهات تحويل الطاقة والأراضي. بينما تم تصميم نماذج تقييم "IAMS" لتصوير عمليات التحول، ولكنها لن تتمكن في جميع الحالات من إنتاج مؤشرات تُعبر بشكل مباشر عن أهداف التنمية المستدامة. لذلك تم استخدام العديد من النماذج وفقاً لنقاط قوتها لإنتاج المؤشرات ذات الصلة (على سبيل المثال: نماذج التوازن العام "CGE" لتأثيرات التوظيف، ونماذج التقييم العالمية "IAMS" بما في ذلك الزراعة للأمن الغذائي). ومن ناحية أخرى تم ربطها بنماذج نظامية محددة تسمح بتقييم المؤشرات ذات الصلة بأهداف التنمية المستدامة.

وتخلص الدراسة إلى وجود كل من التآزر والمقايضات بين الأهداف المناخية المحددة في اتفاقية باريس وأهداف التنمية المستدامة. كنظرة رئيسية للدراسة، أتضح أن السياسات المتكاملة ضرورية لضمان تحقيق أهداف التنمية المستدامة المتعددة في وقت واحد. يعتبر التعامل مع النتائج التوزيعية غير المرغوب فيها لسياسات المناخ أمراً أساسياً لتجنب الآثار السلبية على الفقراء، على سبيل المثال في مجال الأمن الغذائي أو الوصول إلى خدمات الطاقة الحديثة. في حين أن اتجاه تأثيرات سياسة المناخ على أهداف التنمية المستدامة لا يتغير في معظم الحالات عن طريق تغيير "SSP"، حيث يعتمد حجم هذا التأثير بشكل كبير على المسار الأساسي للتنمية الاقتصادية والاجتماعية. ولكن من ناحية أخرى، يُعتبر التحدي المتمثل في تجنب الآثار الجانبية الضارة على وجه الخصوص لشرائح السكان الفقيرة المعرضة لزيادة أسعار الغذاء أو الطاقة بسبب سياسة المناخ والتي تكون أكثر عدداً في SSP3 مقارنة بـ SSP1. من ناحية أخرى، وُجد أن الفوائد المشتركة لسياسة المناخ، على سبيل المثال بالنسبة لجودة الهواء، أنها أكبر في عالم SSP3 المجزأ منها في مسار التنمية المستدامة SSP1.

Abstract

In the Paris Agreement nations have agreed on the ambition to limit global average temperature increase to well below 2 or even 1.5°C compared to preindustrial levels. The Nationally Determined Contributions (NDCs) represent a first step in that direction by defining country-level ambitions until 2030. At the same time, the United Nation's Sustainable Development Goals (SDGs) define the ambitions of the global community to work towards broader sustainable development objectives among which limiting climate change is merely one goal of in total seventeen.

Study Design and Methods

Here we analyze a scenario set that takes current national climate and development policies and the NDCs as a starting point for a transition to 2 and 1.5°C in the long run. Within this scenario set, we track the development of non-climate sustainability objectives as a consequence of climate policy in order to identify conditions under which synergies or trade-offs between climate change mitigation and other objectives may materialize. In doing so, we also explore the dependency of the interaction between climate policies and SDGs on the underlying socio-economic development assumptions, relying on the Shared Socio-economic Pathway (SSP) framework. In our analysis, we include the following sustainability dimensions:

- Climate change (SDG13)
- Economic development and employment effects (SDG8)
- Air pollution and health (SDG3)
- Water (SDG6)
- Energy poverty (SDG7)
- Food security (SDG2)
- Biodiversity (SDG15)
- Material use (SDG12)

We employ eight global integrated assessment models (IAMs) to develop energy and land transformation scenarios. While IAMs are designed to depict these transformation processes, they cannot in all cases produce indicators that directly speak to the SDGs. We therefore utilize various IAMs according to their strengths to produce relevant indicators (e.g., CGE models for employment effects, IAMs including agriculture for food security), and on the other hand we link them to specific disciplinary models that allow assessing indicators relevant to the SDGs.

Results

We find both synergies and trade-offs between the climate targets specified by the Paris Agreement and the SDGs. As a key insight of our analysis we find that integrated policies are needed to ensure achieving multiple SDGs simultaneously. In particular, dealing with undesirable distributional consequences of climate policies is key in order to avoid negative impacts on the poor, for example in the area of food security or access to modern energy services. While in most cases the direction of the climate policy impacts on SDGs is not changed by varying the SSP, the magnitude significantly of this impact depends on the underlying socio-economic development pathway. On the one hand, the challenge of avoiding detrimental side effects in particular for poor population segments that are vulnerable to increasing food or energy prices due to climate policy and which are more numerous in SSP3 compared to SSP1. On the other hand, also co-benefits of climate policy, e.g. for air quality, are found to be larger in the fragmented SSP3 world than under the SSP1 sustainable development trajectory.

Paris Agreement & SDGs



Figure (1): Paris Agreement & SDGs.

GHG Emissions

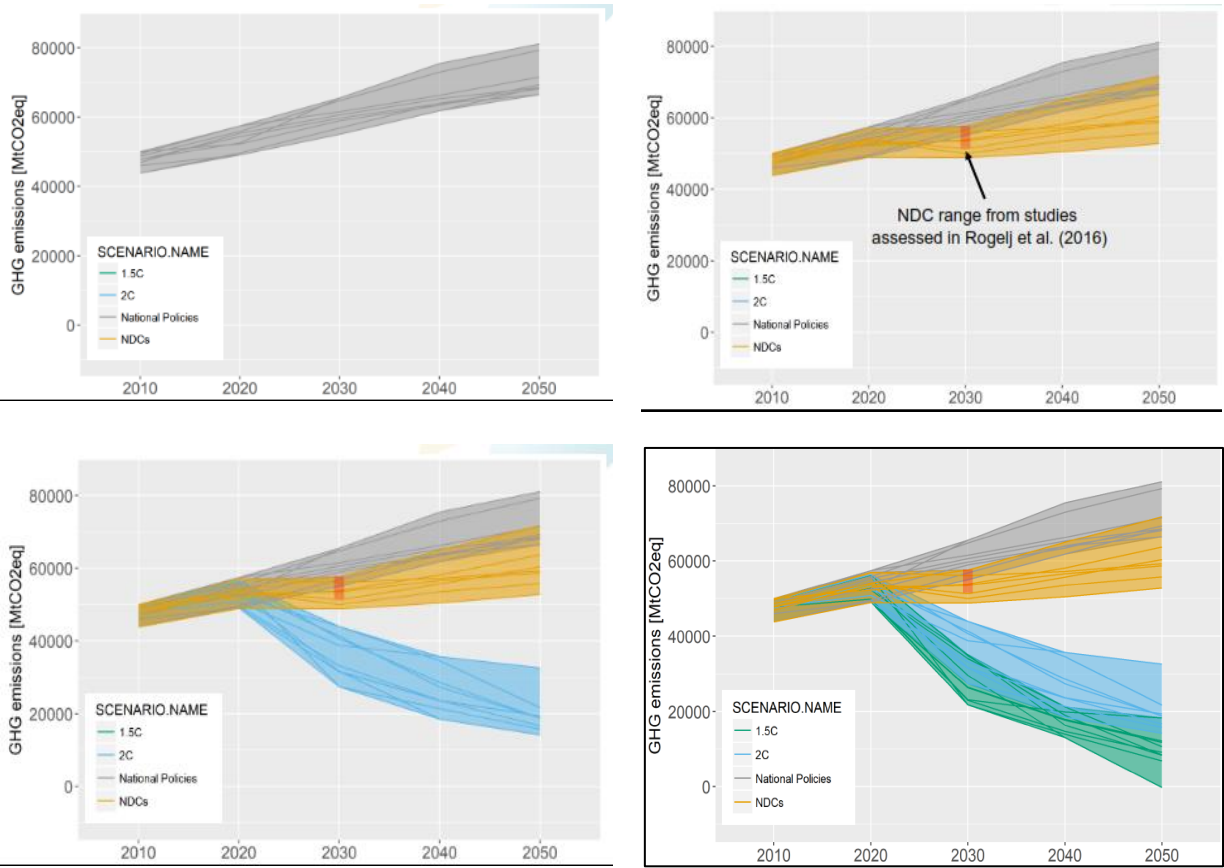


Figure (2).

Sustainable Development Goals



Figure (3): Sustainable Development Goals

Multi-Sectoral Impact Exposure in 2050

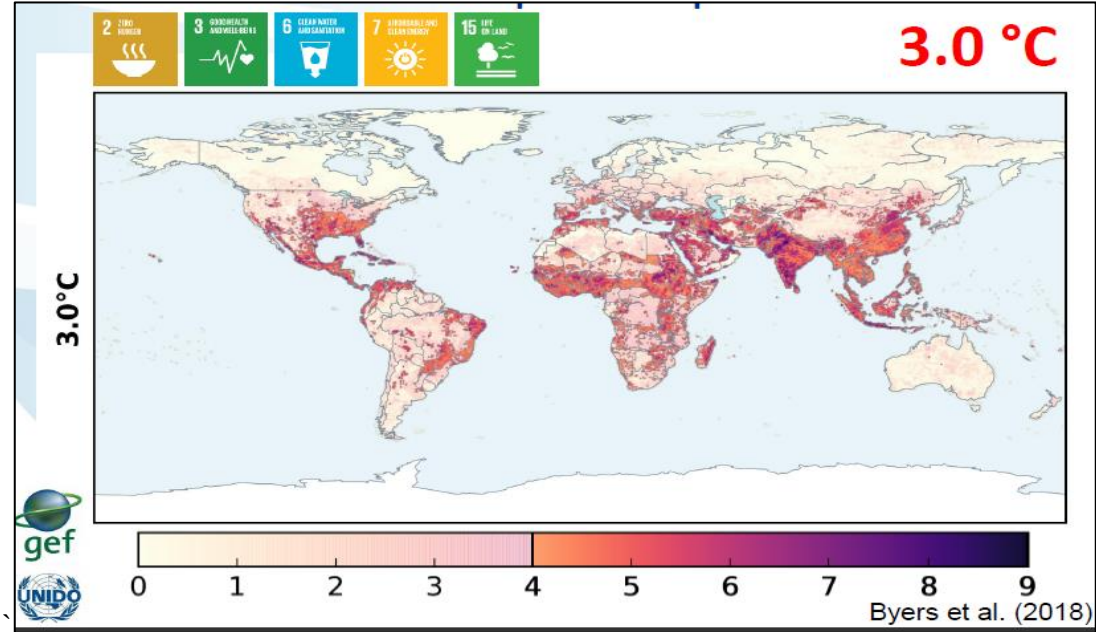


Figure (4): Multi-Sectoral Impact Exposure in 2050.

Climate Policy Impact on SDGs: 1.5°C 2050

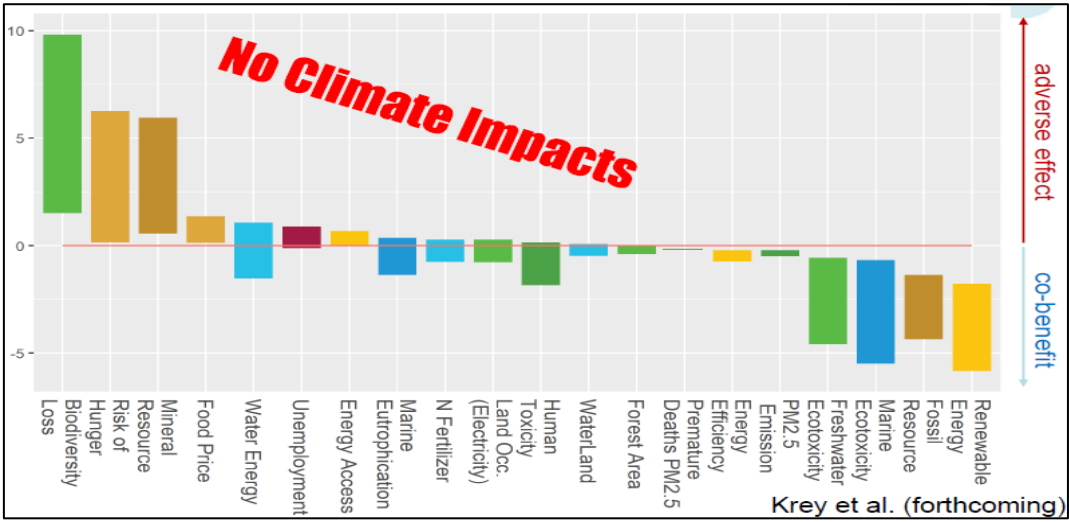


Figure (5).

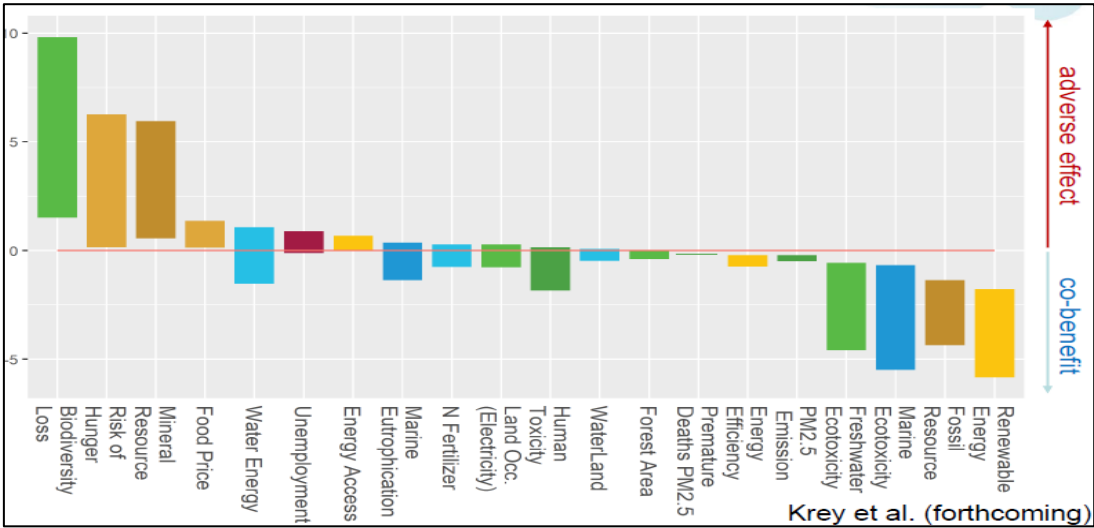


Figure (6).

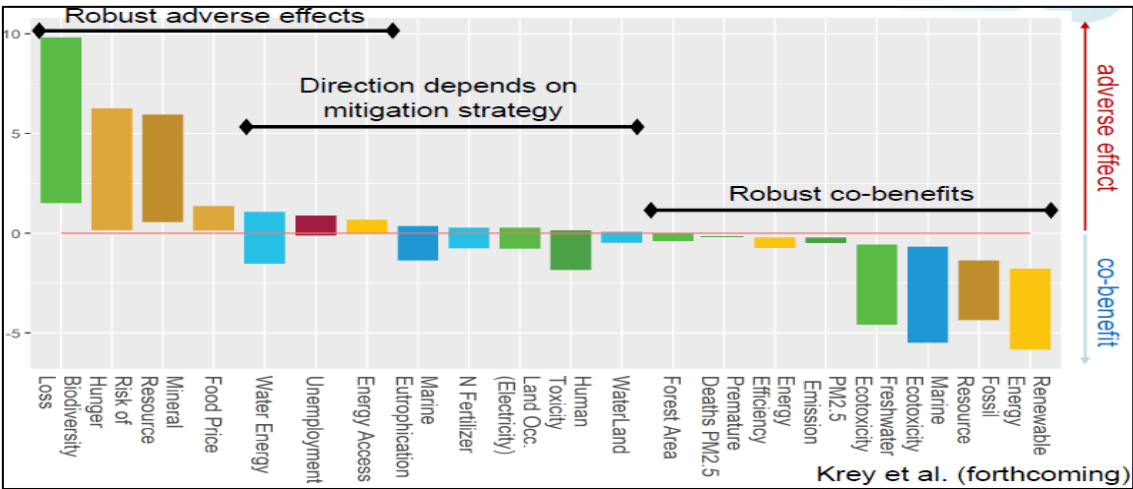


Figure (7).

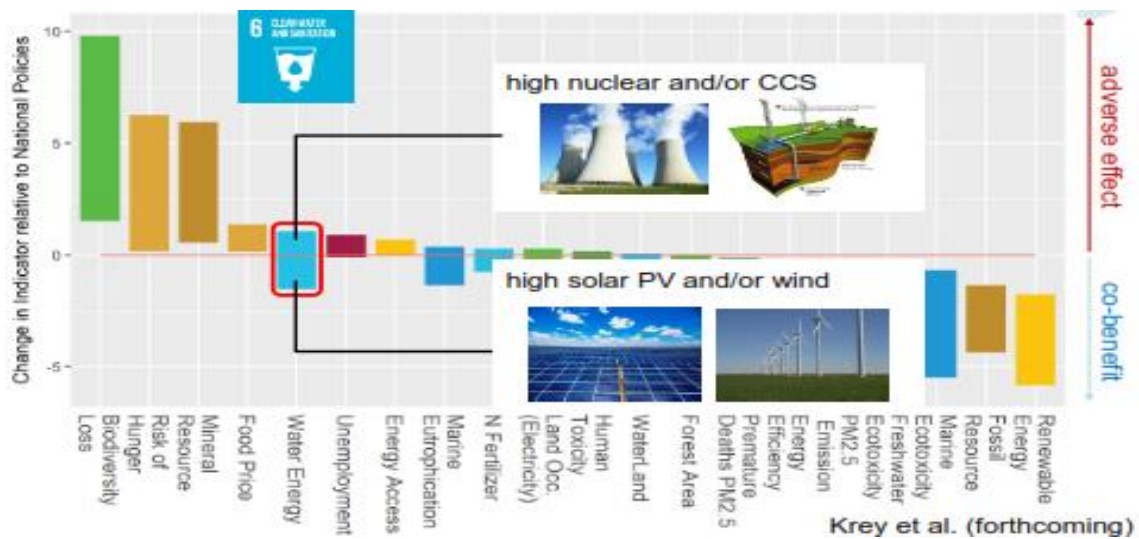


Figure (8).

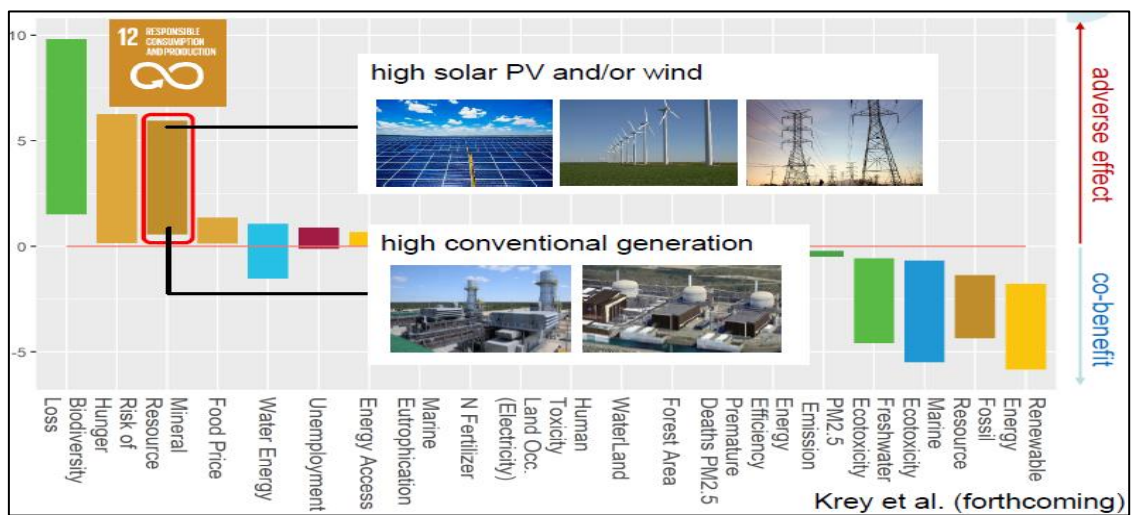


Figure (9).

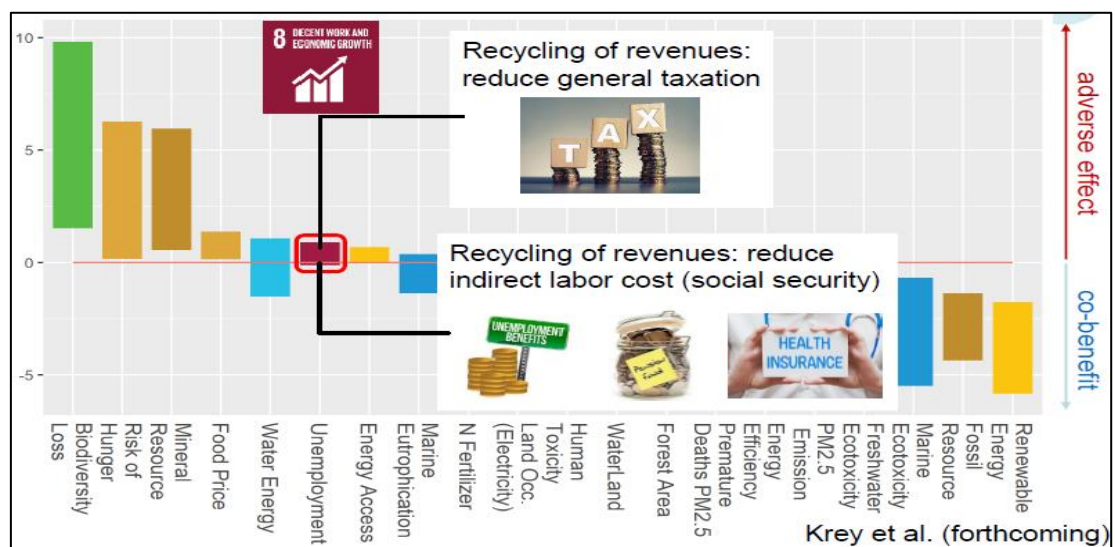


Figure (10).

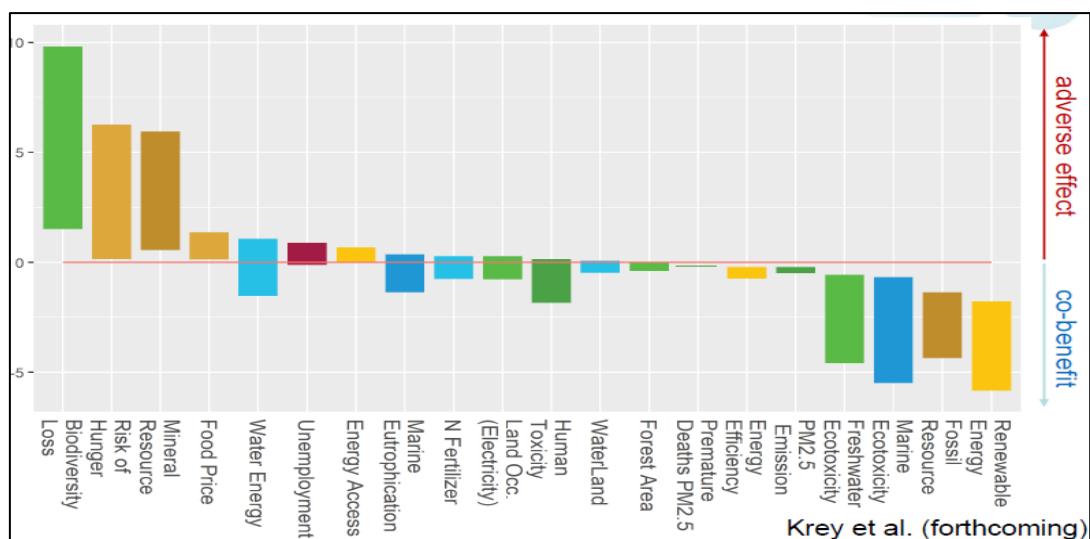


Figure (11).

Climate Policy Impact on SDGs: 2°C 2050

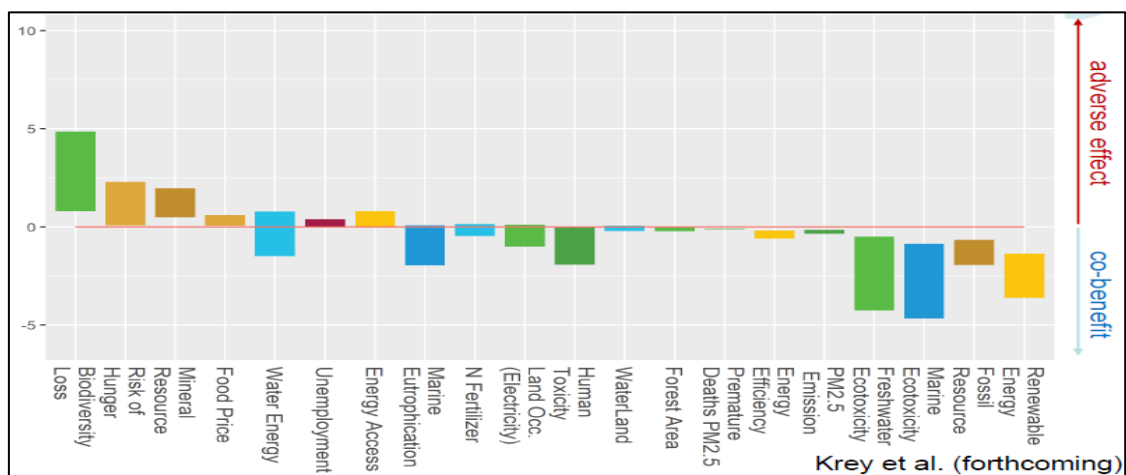


Figure (12).

Access to Clean Cooking Fuels



Figure (13).

Energy Access- 2050

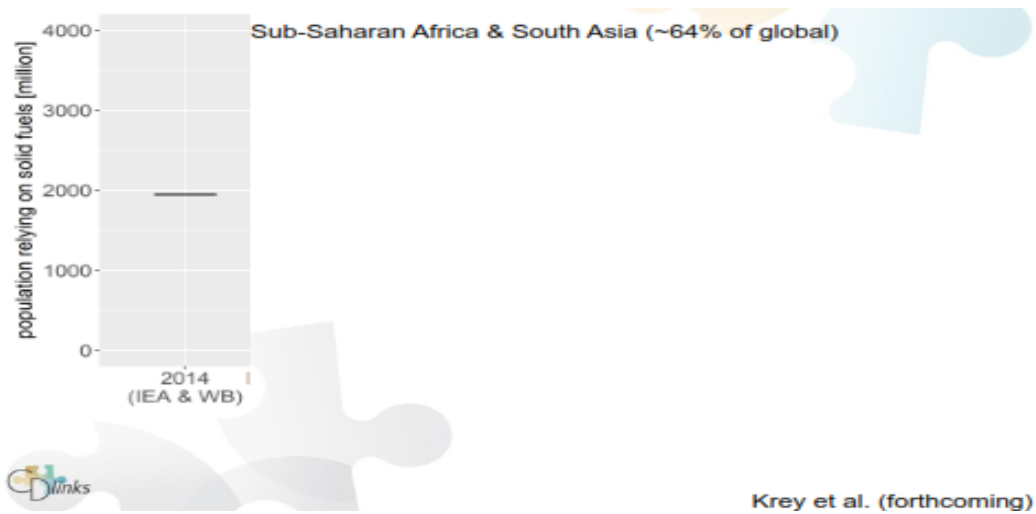


Figure (14).

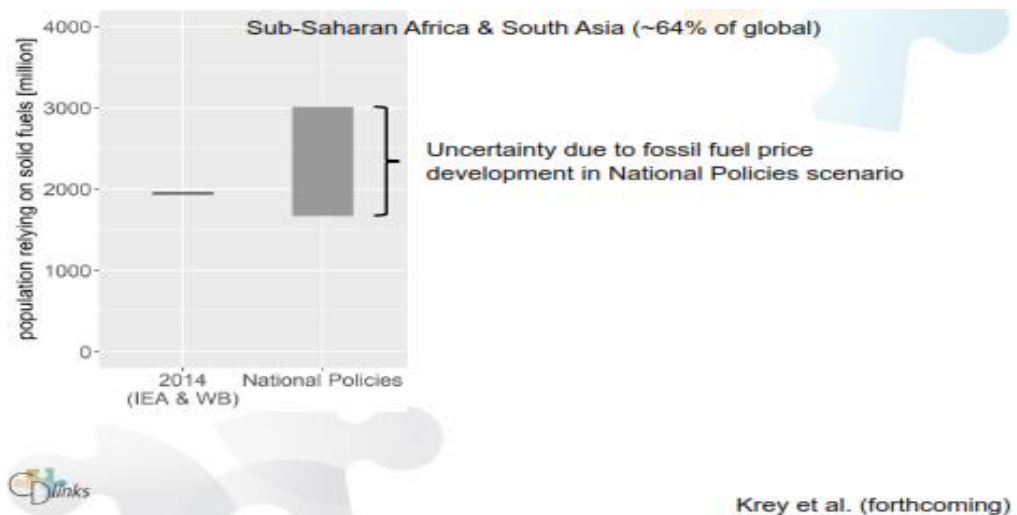


Figure (15).

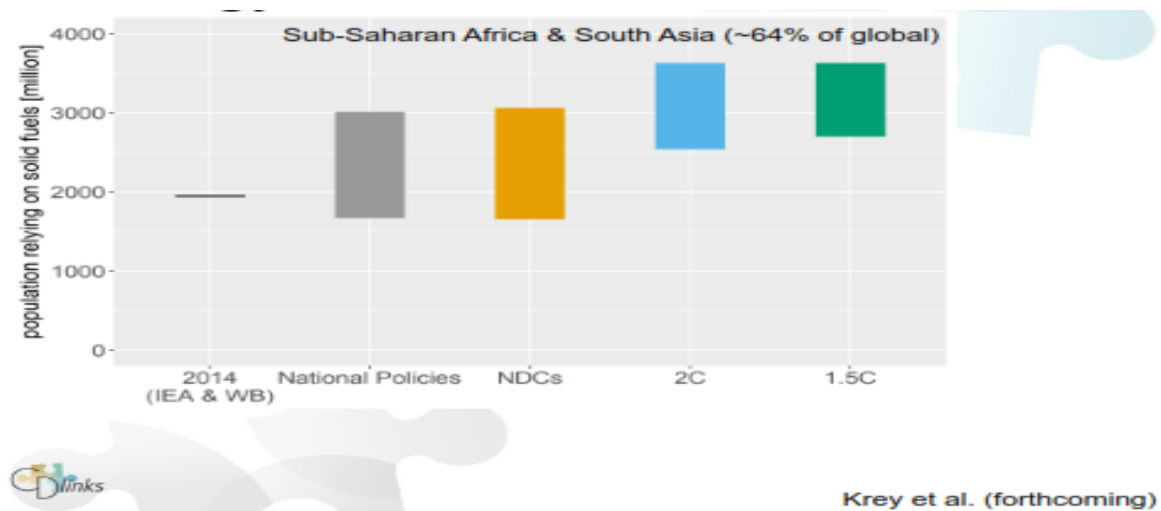


Figure (16).

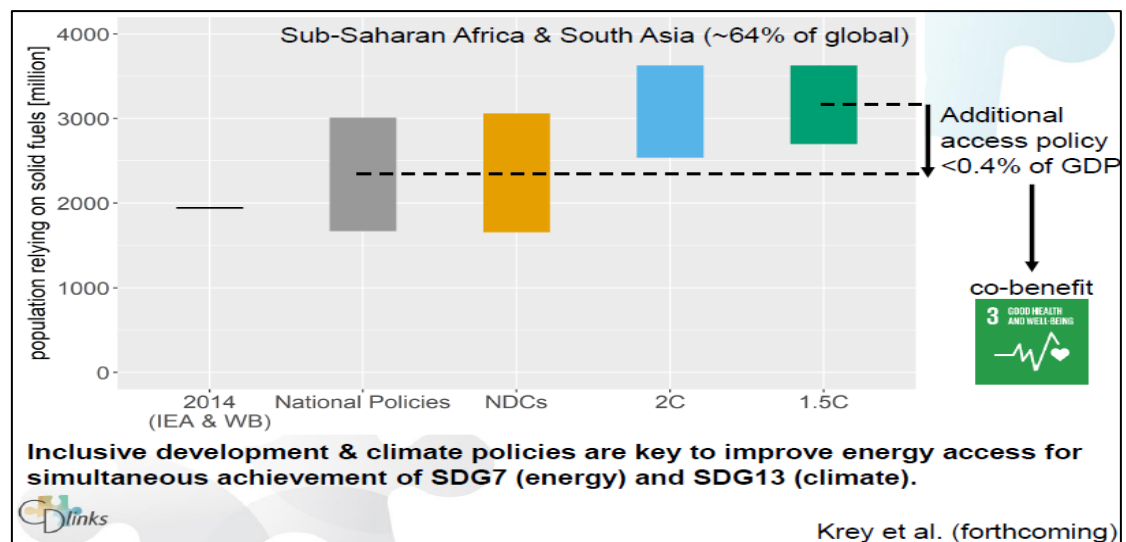


Figure (17).

Food Security



Figure (18): Food Security



Figure (19).

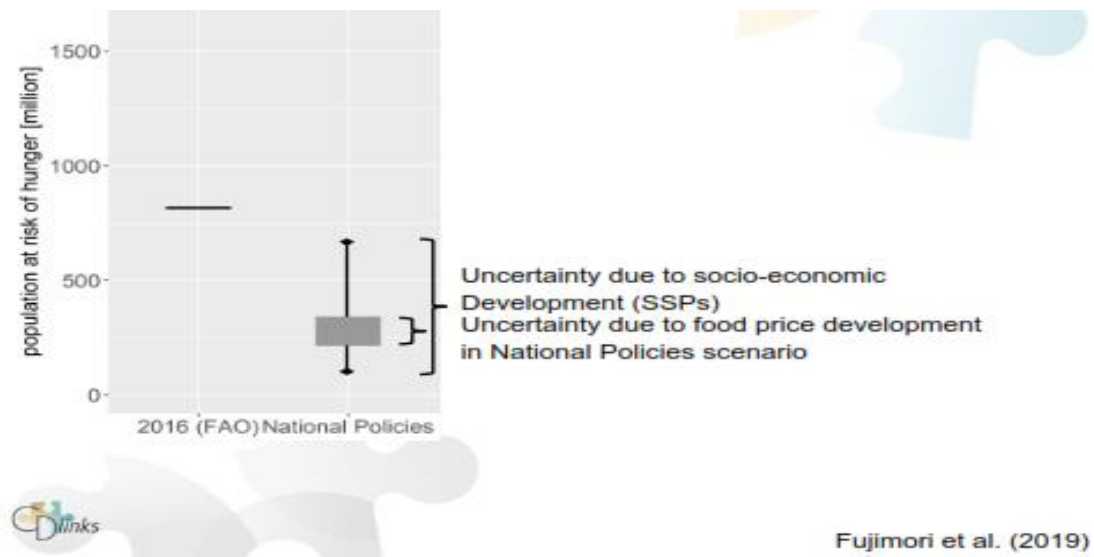


Figure (20).

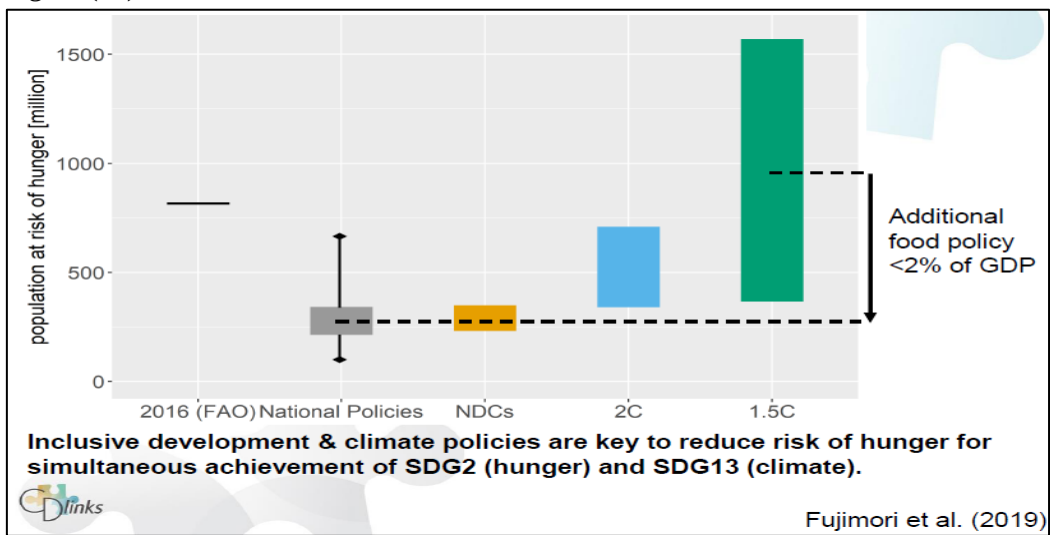


Figure (21).

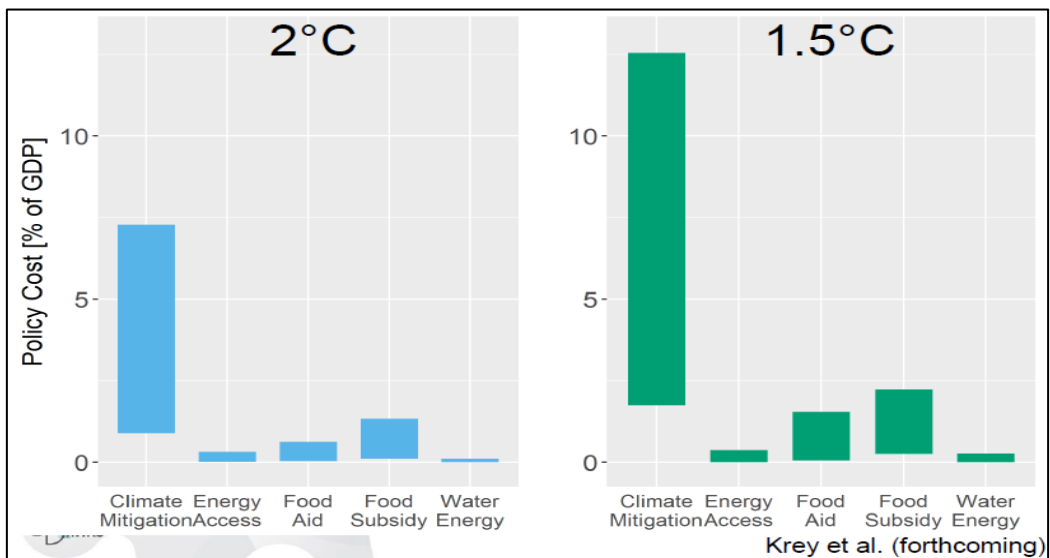


Figure (22).

Insights from Policy Case Studies

- **Complementarity:** utilize more than one policy instrument to achieve Multiple Goals.
- **Transparency:** track policy impacts comprehensively to facilitate learning.
- **Adaptability** : integrate revisions into policy making cycle.

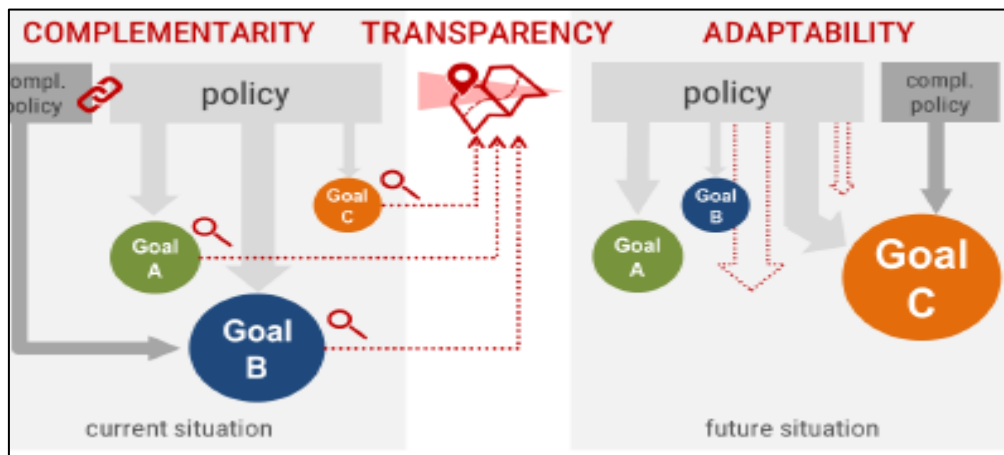


Figure (23).

Conclusions

- Significant potential co-benefits and adverse side effects of climate policies.
- Highest risks of adverse effects related to:
 - Land-based mitigation.
 - Basic needs of low-income households.
- Complementary policies that address multiple objectives can avoid adverse side effects.
- Policy type and institutional capacity will determine costs for holistic climate policies.

Humanising Energy

Martin Young

Senior Director, Insights, World Energy Council

young@worldenergy.org

- Prior to the appointment as Senior Director, Business Insights and Scenarios, Martin Young served as Director of Policy and Risk, leading the work with the Council's community on the Energy Trilemma and Dynamic Risk.
- He is leading the evolution of the Trilemma methodology from a global metric to a broader regional, national and sub-national framework to help identify and share best practice, and enable a richer policy dialogue.
- Martin joined the Council in August 2017 after spending 5 years at the International Energy Agency where he led the Emergency Policy Division working on the IEA's core energy security mandate and reviewing emergency response policies in various countries.
- He previously worked for the UK government in various departments, focusing on energy after becoming responsible for the UK's oil and gas statistics in 2002.

Our Enduring Mission – 100 Years of Securing Better Energy for All

- Established in 1924 – the world's first energy industry community.
- 3,000 member organisations in nearly 90 countries from across public, private and academic sectors.
- We are open-to-all, impartial, neutral, vehemently independent.
- Vision 2025 – Humanising energy.
- Our role is to inspire, inform and impact better energy outcomes by engaging actors and actions on a global, regional and national basis.



Figure (1).

No Crisis happens in a vacuum

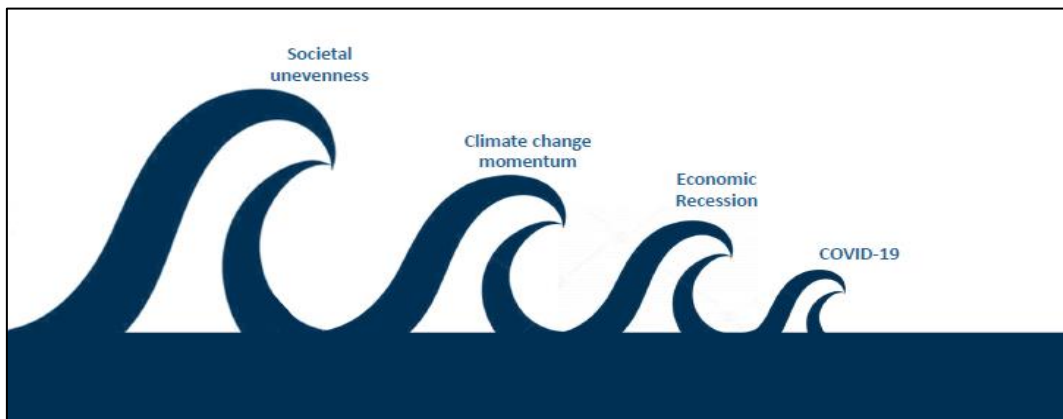


Figure (2).

Recovery in an Era of Global Energy Transition



Figure (3).

World Energy Transition Toolkit

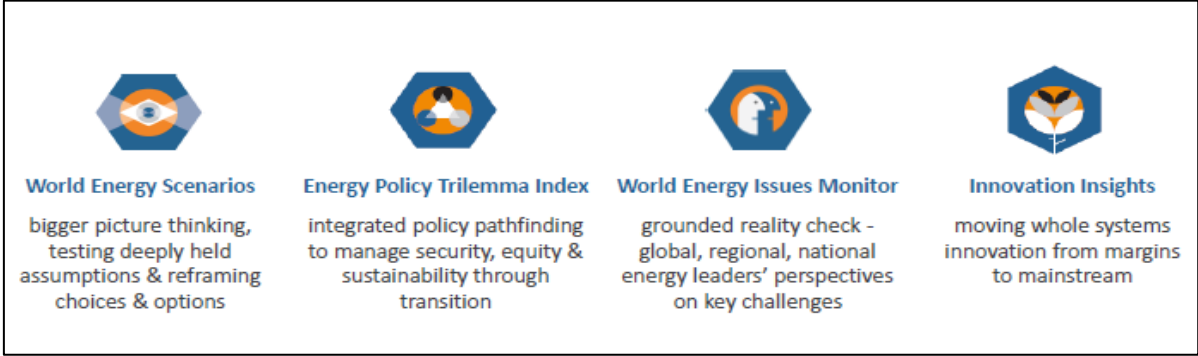


Figure (4).

Supporting Societies in Addressing in Connecting Energy Challenges

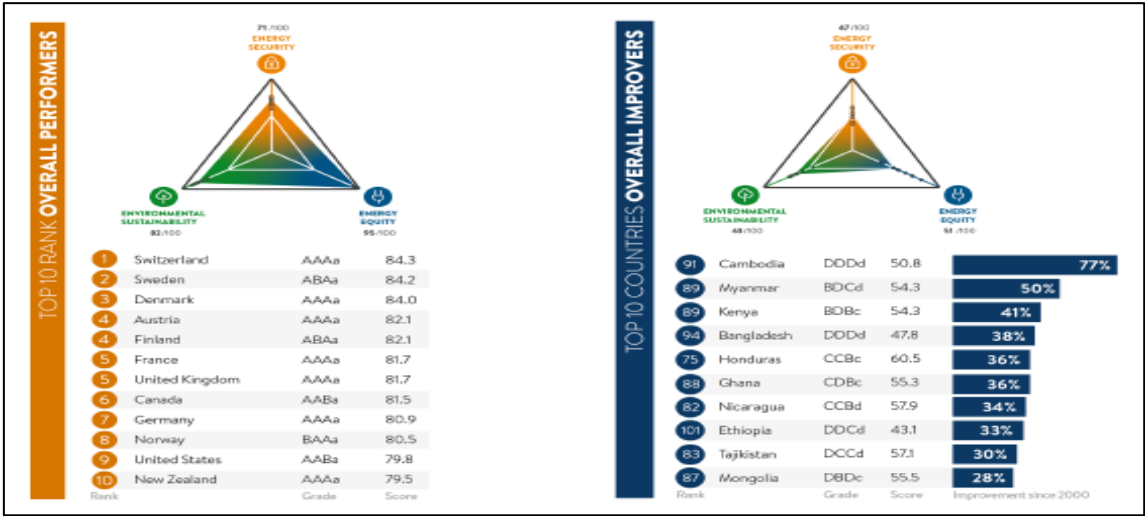


Figure (5).

Trimmela Balance of Egypt

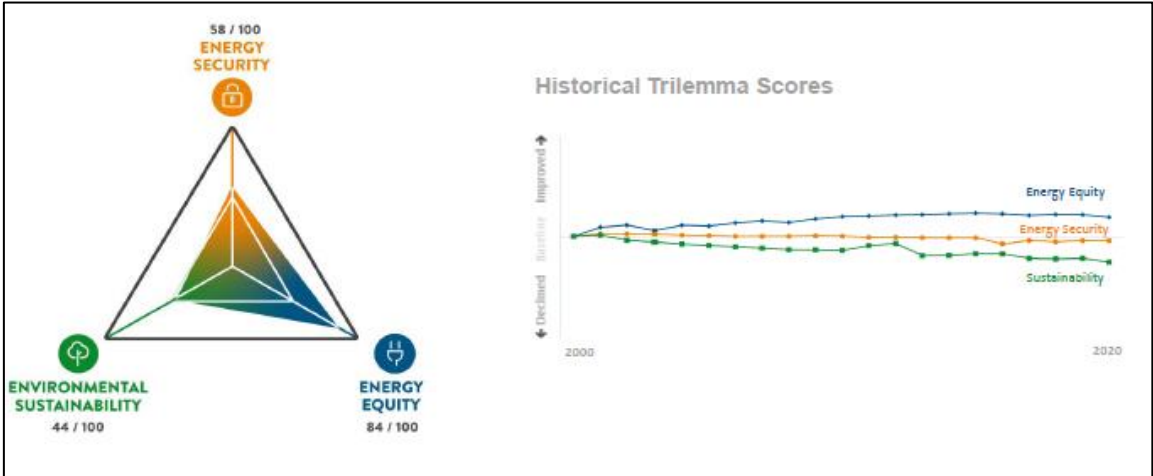


Figure (6).

Mediterranean regional Trimmela

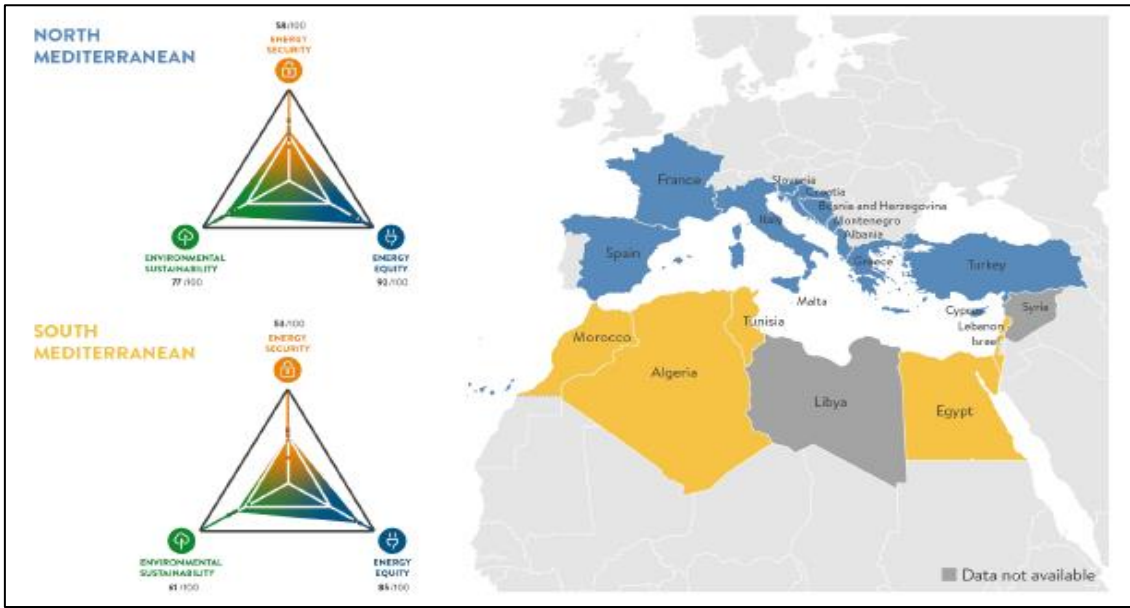


Figure (7).

How to Recover From Crisis and Progress Global Energy Transition?



Figure (8): Extending our forward looking energy transition leadership toolkit.

Crisis Scenarios Up to 2024- Stress Testing And Designing Post Pandemic Strategies

Stress testing and designing post pandemic strategies.

Critical uncertainties (medium term).

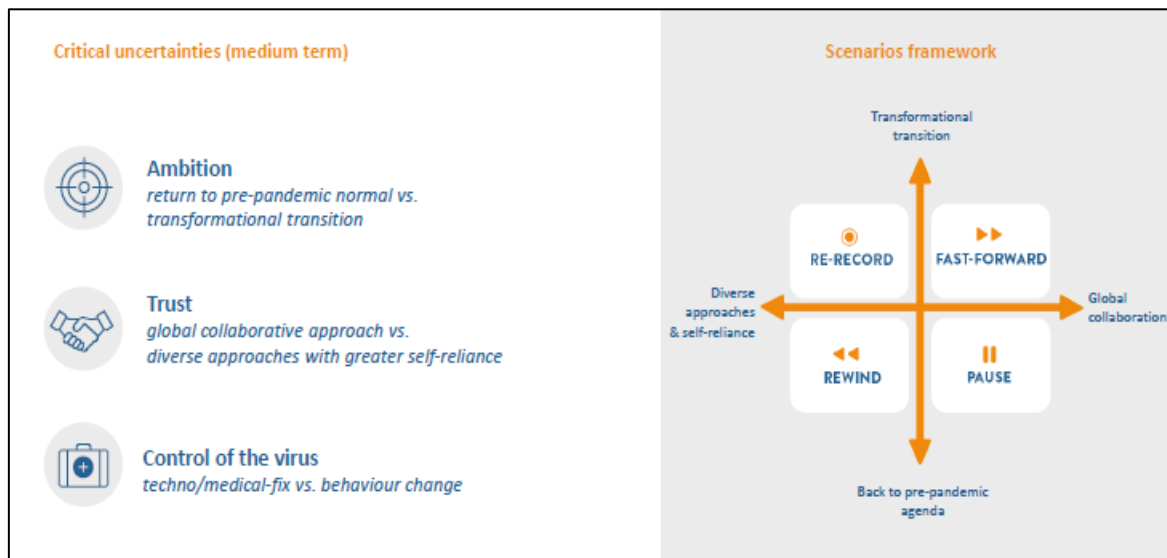


Figure (9).

World Energy Transition Radar

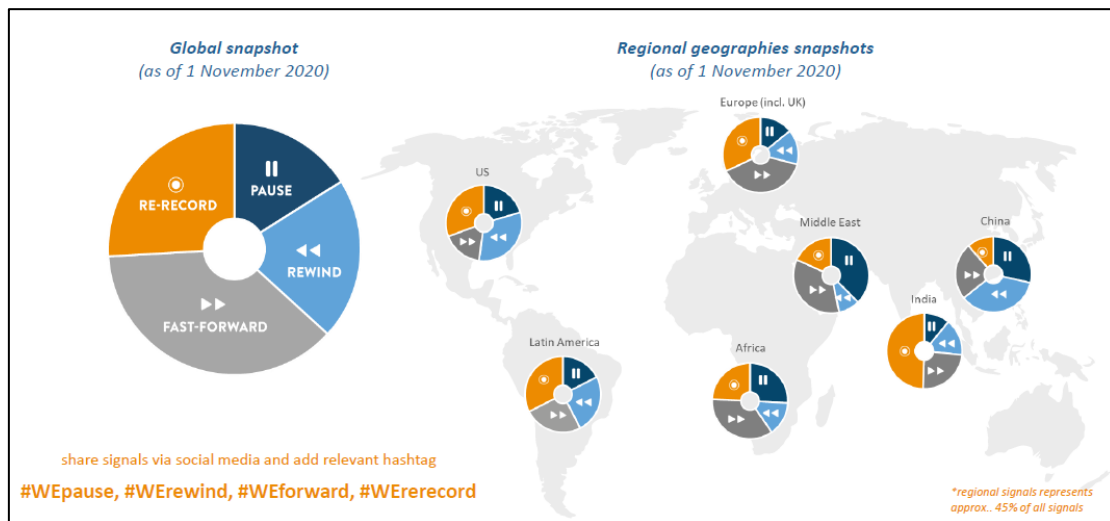


Figure (10).

Scenario Summits –Stress Testing Recovery Plans Using Scenarios

Implications of ALL decisions on pace and direction of global energy transition?

Snapshot of Summit (8 October 2020)

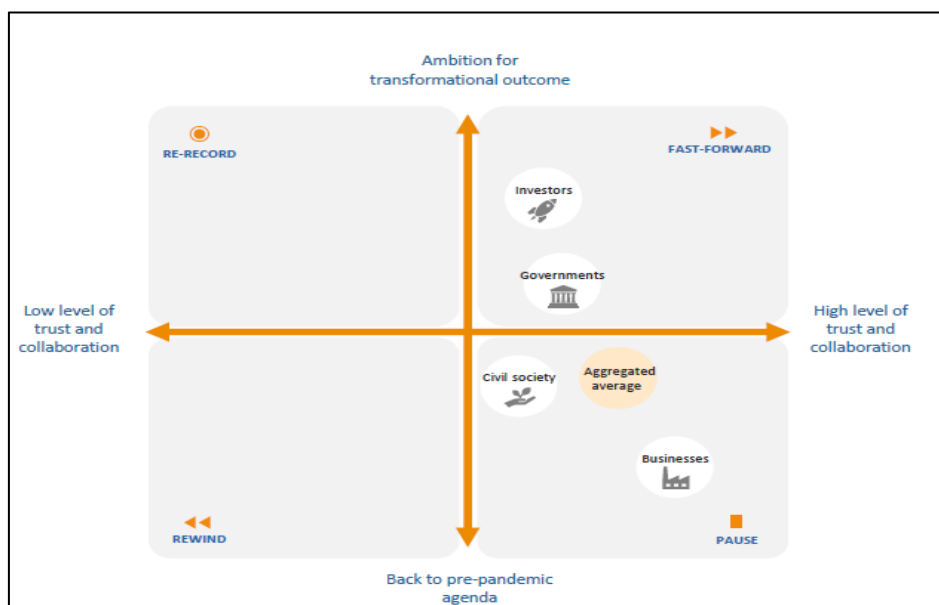


Figure (11).

Humanise Energy



Energy is more than carbon, it's the ultimate connector and fundamental driver of human development and progress;



Even the entire energy industry cannot achieve global energy transition by working alone;



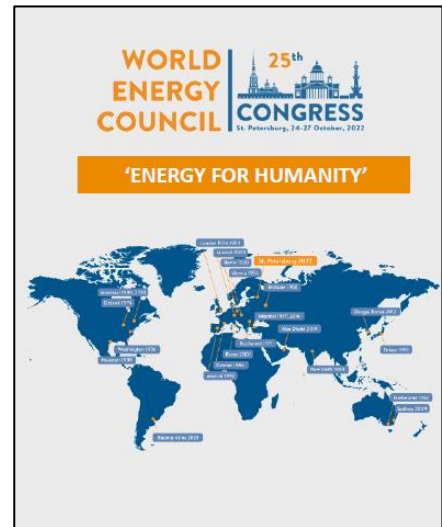
Engage diversity (regional-, social-, technological-) as a strength to enable learning with and from each other through recovery;



Open more honest conversation about managing the full costs to society of a faster paced transition



Support the shift from supply side thinking to demand-driven solutions.



اتفاقية باريس وتأثيرها على الصناعة البترولية في الدول العربية الأعضاء

السيد/ عبد الكريم عايد

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

oapecmedia@oapecorg.org

- يشغل السيد عبد الكريم مدير إدارة الإعلام والمكتبة بمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول منذ عام 2014.
- حاصل على بكالوريوس في الاقتصاد - جامعة الكويت (1984)، ودبلوم في الحسابات القومية - وزارة التخطيط - الكويت (1986-1989)، ودبلوم عام في التخلف والتنمية - المعهد العربي للتخطيط - الكويت (1986).
- الخبرات السابقة:

- 1- باحث اقتصادي بوزارة التخطيط بالكويت (1984 - 1989).
- 2- مراقب المنظمات الدولية بوزارة النفط بالكويت (1990 - 2010).
- 3- خبير اقتصادي بمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول "أوابك" (2010 - 2013).
- 4- عضو العديد من اللجان وفرق العمل: فريق الطاقة لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربي GCC، اللجنة الاستراتيجية البترولية لمجلس التعاون، لجنة مشروع شبكة الغاز بين دول مجلس التعاون، لجنة الأنابيب النفطي لدول مجلس التعاون، لجنة مركز الدراسات الاستراتيجية لدول مجلس التعاون، لجنة دراسة تأثير قرار الاتحاد الأوروبي، لجنة التنمية المستدامة، لجنة الاستراتيجية طويلة الأمد لمنظمة الأوبك (OPEC - LTC)، اللجنة الكويتية/ اليمنية - اللجنة الكويتية/المغربية، ومقرر اللجنة الكويتية - السعودية دولة الكويت، اللجنة الوطنية لمتابعة تنفيذ اتفاقيات منظمة التجارة العالمية WTO، اللجنة الوطنية لتغير المناخ - الهيئة العامة للبيئة- (الكويت)، وضابط اتصال اللجنة الدائمة لمتابعة مفاوضات اتفاقية التجارة الحرة FTA, S ووزارة المالية، الكويت، الفريق التفاوضي الكويتي في منظمة التجارة العالمية واتفاقيات التجارة الحرة - وزارة المالية بدولة الكويت، لجنة القطاع النفطي لمتابعة موضوع خدمات الطاقة في منظمة التجارة العالمية WTO ومتابعة اتفاقيات التجارة الحرة. (مؤسسة البترول الكويتية)، فريق مجلس التعاون لشؤون الطاقة في منظمة التجارة العالمية واتفاقية التجارة الحرة (مجلس التعاون لدول الخليج العربية)، فريق العمل لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ (مجلس التعاون لدول الخليج العربية)، الفريق التفاوضي العربي في مفاوضات الأمم المتحدة بشأن تغير المناخ واتفاق باريس UNFCCC.

مستخلص

تستعرض الورقة ثلاثة جوانب رئيسية:

أولاً: الجانب التفاوضي، حيث تعرض الورقة العناصر الأساسية في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ UNFCCC، والتي تم اعتمادها بمؤتمر الأطراف COP-21 في باريس عام 2015، والتي سُميت فيما بعد باتفاق باريس. ثانياً: الجانب الفني، وسوف تُناقش الورقة تأثيرات اتفاق باريس على الصناعة البترولية في الدول العربية.

ثالثاً: الجانب الاستراتيجي، حيث تتناول الورقة مناقشة التحديات التي تواجه الدول المنتجة للنفط والفرص المتاحة، وكيفية وضع استراتيجية للتعامل مع الاتفاقية.

Paris Agreement (COP-21) and its Impact on the Petroleum Industry in the Arab Member Countries

Abstract

The paper tackles 3 key aspects:

Negotiations:

The paper covers the basic elements of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) endorsed at COP-21 in Paris in 2015, known as the Paris Agreement.

Technical Aspect:

The paper discusses the impacts of the Paris Agreement on the petroleum industry in the Arab countries.

Strategic Aspect:

The paper discusses challenges facing oil producing countries, available opportunities, how to draw up a strategy to handle the Agreement.

تستعرض الورقة ثلاثة جوانب رئيسية:

- أولاً: الجانب التفاوضي، حيث تعرض الورقة العناصر الأساسية في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ UNFCCC، والتي تم اعتمادها بمؤتمر الأطراف COP-21 في باريس عام 2015، والتي سميت فيما بعد باتفاق باريس.
- ثانياً: الجانب الفني، وسوف تُناقش الورقة تأثيرات اتفاق باريس على الصناعة البترولية في الدول العربية.
- ثالثاً: الجانب الاستراتيجي، حيث تتناول الورقة مناقشة التحديات التي تواجه الدول المنتجة للنفط والفرص المتاحة، وكيفية وضع استراتيجية للتعامل مع الاتفاقية.

أولاً: الجانب التفاوضي

العناصر الأساسية في إتفاق باريس (2015) COP 21

- أعلنت الاتفاقية أنها تهدف إلى الحد من ارتفاع درجة الحرارة عند اثنين درجة مئوية عن عصر ما قبل التصنيع، مع تشجيع الأعضاء على استهداف ارتفاع 1.5 درجة مئوية فقط. وسيعكس تطبيق الاتفاقية مبدأ العدالة ومبدأ المسؤولية المشتركة لجميع الدول في مواجهة تغير المناخ مع مراعاة التباين بين الدول المرتبطة باختلاف الإمكانيات والمسؤولية.

- الوصول بانبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية إلى أعلى مستوياتها بأقصى سرعة ممكنة، وأن يعقب ذلك تخفيض سريع في الانبعاثات للوصول إلى حالة "التعادل الكربوني"، وهو التوازن بين معدلات انبعاث الغازات ومعدلات تصريفها في الغابات وغير ذلك، في النصف الثاني من القرن الحالي.
- لا تلزم الاتفاقية أي دولة بكميات محددة من الانبعاثات، لكنها تلزم كل الدول بتقديم "مساهمات قومية" لتخفيض الانبعاثات تحددها طوعية، تعكس قدرات كل دولة ومسؤوليتها. وتلتزم الدول بتجديد مساهماتها كل خمس سنوات، على أن تكون المساهمات أكثر طموحاً كل دورة وأن تكون على أعلى ما يمكن تحقيقه، ويتم تسجيل هذه المساهمات في سجل عام لدى سكرتارية اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية.
- يجب على الدول عند تقديم المساهمات، وتقديم المعلومات اللازمة "للوضوح والشفافية والفهم"، كما يجب على الأطراف عند حساب انبعاثاتها المرتبطة بالمساهمات الوطنية مراعاة النزاهة والدقة وأن تكون الحسابات مكتملة وقابلة للمقارنة ومتناسقة، وذلك طبقاً لمتطلبات الاتفاقية والقرارات والأدلة الإرشادية التي سيتم الاتفاق عليها.
- يتم إجراء "جرد مخزني" لكميات الكربون في العالم كل خمس سنوات، والجرد الأول سيكون عام 2023، وعلى الأعضاء مراعاة لمستويات الكربون التي سيسفر عنها الجرد عند تقديم مساهماتهم الوطنية التالية. يمكن للدول في سبيل تحقيق مساهماتها، أن تتبادل الكربون في سوق الكربون، على أن تتجنب الأطراف تكرار احتساب كميات الكربون المتبادلة.
- كافة الدول ملزمة بتقديم تقرير كل سنتين على الأقل يتضمن "جرد مخزني" للانبعاثات فيها، كما عليها أن تقدم المعلومات الضرورية لتتبع التقدم الذي تحرزه في تطبيق وتحقيق المساهمات الوطنية بخفض الانبعاثات. الدول المتقدمة يجب أن تقدم تقريراً حول الدعم الذي تقدمه للدول الأقل تقدماً، الدول النامية مدعوة إلى تقديم تقرير عن المساعدات التي تلقتها، والجميع مدعوون إلى تقديم تقرير عن جهود التأقلم طبقاً للقرارات والأدلة الإرشادية. المعلومات أو التقارير التي ستقدمها الدول ستخضع لمراجعة فنية من خبراء وأيضاً لنوع من مراجعة الأقران المتبادلة.
- لتشجيع الالتزام والوفاء بالالتزامات ستتشكل لجنة من الخبراء لتسيير أو تسهيل العمل، تعمل بشكل تعاوني وليس رقابياً، وتقدم تقريراً سنوياً عن نتائج عملها.
- يجب على الدول المتقدمة تقديم تمويل للدول النامية لمساعدتها في مجالات تخفيض الانبعاثات والتأقلم مع آثار التغيرات المناخية، ويستمر الالتزام الدولي بتقديم 100 مليار دولار سنوياً حتى عام 2025. وبعد ذلك يتم الاتفاق على مقدار التمويل على ألا يقل عن هذا الرقم. تحت الاتفاقية

الأطراف الأخرى، أيضاً على تقديم مساعدات، وسيتم أيضاً ضم عنصر التمويل عند إجراء الجرد المخزني.

- أكدت الاتفاقية على هدف تعزيز القدرة على التأقلم وزيادة المرونة في مواجهة آثار التغير المناخي، والتأكيد على اتساق جهود التأقلم مع أهداف التنمية المستدامة وحقوق الإنسان وحماية المجموعات الضعيفة.
- أتاحت الاتفاقية لكل طرف أن يقدم تقارير عن جهود التكيف تتضمن الأولويات والتطبيق والخطط والاحتياجات. وسيتم حفظ تقارير التأقلم في سجل عام لدى سكرتارية الاتفاقية بالأمم المتحدة، سيتم ضمن الجرد المخزني الدوري تضمين جهود التكيف للدول النامية، ومراجعة فاعلية الجهود وكفاءة الدعم ومراجعة التقدم في تحقيق دعم التأقلم.
- تعويض الخسائر والأضرار لمساعدة الدول الأكثر عرضة للعواقب، وتتضمن مجالات التعاون أنظمة الإنذار المبكر والاستعداد للطوارئ والتغيرات المزمنة وغير ذلك، دون مبالغ محددة ومع التأكيد على أن هذا النص لا يشكل أي أساس لمطالب بالتعويض من الدول المتقدمة.
- تؤكد الاتفاقية على أهمية دعم التقدم التكنولوجي ونقل المعرفة للدول النامية ومساعدتها في بناء القدرات والأنظمة ودعم التعليم البيئي والمشاركة الشعبية.

مخرجات مؤتمر الأطراف Cop 25 مدريد - أسبانيا

- **المادة السادسة** من اتفاق باريس «النهج التعاونية وغير السوقية وأسواق الكربون» كان من المفترض أن يكون التركيز هو الاتفاق على قواعد لأسواق الكربون المادة السادسة وغيرها من أشكال التعاون الدولي حيث سيناقش مرة أخرى في الاجتماعات القادمة.
- **الخسائر والأضرار:** هذه المسألة كانت محل نقاش مستفيض خلال مؤتمرات الأطراف على مدى السنوات الأخيرة، وخلال مؤتمر مدريد تحركت الدول الأطراف نحو اتفاق بشأن إنشاء لجنة خبراء للنظر في دعم الخاسر والأضرار وشبكه سانتياغو لتسهيل الدعم الفني، ومع ذلك لم تسفر النقاشات عن أي نتيجة وتأجيلها للمؤتمر القادم.
- **الأطر الزمنية المشتركة للتعهدات المناخية:** ناقشت الدول قائمة موسعة من الخيارات للأطر الزمنية المشتركة (10 سنوات أو 5 سنوات) أو أحدهما أو قد تقوم بعض الدول بإصلاح المساهمات المحددة وطنياً لمدة 10 سنوات وبنقطة تفتيش في منتصف الطريق أو تقدم تعهد متجدد لمدة 5 + 5 سنوات بأهداف ثابتة وإرشادية وفي النهاية لم يتم التوصل إلى اتفاق وستناقش لاحقاً أثناء الدورات.

- **التمويل طويل الأجل:** وهو مسار عمل يفحص التقدم المحرز في تمويل المناخ البالغ 100 مليار (المتفق عليه في كوبنهاجن 2020) سيكون محل صعوبة في التفاوض بشأن هدف التمويل المناخ الجديد عند بداية Cop26 القادم.
- **الاستعراض الدوري للهدف طويل الأجل لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ،** وهو الإطار القانوني الشامل للعمل الدولي لمعالجة الاحترار العالمي المادة 2 من الاتفاقية.
- **تدابير الاستجابة للانتقال** إلى مجتمعات منخفضة الانبعاثات، حيث تم إنشاء مجموعة أُطلق عليها لجنة "كانقويتش" للخبراء بشأن آثار تدابير الاستجابة لتطوير خطة عمل مدتها 6 سنوات لمساعدة الدول على التحول إلى اقتصادات أنظف، وتم الاتفاق في مدريد على خطة عمل.
- مخرجات تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC.
- قضايا التجارة العالمية فيما يخص التجارة والبيئة.

ثانياً: الجانب الفني

اتفاقية باريس وقطاع البترول والغاز

- 1- المساهمات المقررة المحددة على الصعيد الوطني.
- 2- هناك جزء أساسي من الاتفاقية هو تفعيل آلية لحفز الدول للوعد بتخفيض أكبر في المستقبل، للوصول إلى التزام سقف (2) درجة بحلول عام 2100.

تبعات سياسات التغير المناخي واتفاقية باريس على القطاع النفطي العربي

مكانة الدول العربية على خارطة البترول العالمية:

- النفط الخام عام 2019

جدول (1): إنتاج واحتياطيات النفط والغاز في دول أوابك 2019

النسبة إلى العالم (%)	الإجمالي	الوحدة	
56.1	710.6	مليار برميل	احتياطي النفط الخام
26.7	55	تريليون متر مكعب	احتياطي الغاز الطبيعي
27.3	23.9	مليون برميل/يوم	إنتاج النفط الخام
14.0	574.1	مليار متر مكعب/سنة	إنتاج الغاز المسوق

حيث يسعى اتفاق باريس لخفض الانبعاثات وتقليل اعتماد الاقتصاد العالمي على الوقود الأحفوري في النصف الثاني من القرن الحالي للحد من ارتفاع متوسط درجة الحرارة إلى أقل من درجتين.

أولاً: الاستهلاك المستقبلي للطاقة والنفط

- تغير الأهمية النسبية لأنواع الوقود في استهلاك الطاقة.
- حصة النفط في استهلاك الطاقة.

ثانياً: تسعير انبعاثات الكربون.

ثالثاً: رفع أو تقليل الدعم الحكومي لأسعار الوقود الأحفوري.

الدعم الحكومي له أثرين:

- الأثر الأول: أن دعم الطاقة يزيد عبء الموازنات العامة.
- الأثر الثاني: أن دعم الطاقة يحدث تشوهات في الاقتصاد مؤثر على الكفاءة الاستخراجية للشركات المحلية كونها لا تتحمل كامل تكلفة الاستخراج.

رابعاً: تقليل انبعاثات الكربون في أعمال المنبع ومشروعات المصب

استخدام تقليل حرق الغاز وفصل الكربون وتخزينه (CCS).

خامساً: التنوع الاقتصادي Economic Diversification

سادساً: تأثير تدابير الاستجابة The Impact of Response Measure

ثالثاً: الجانب الاستراتيجي

- على الرغم من التحديات الكثيرة التي تواجه الدول المنتجة للنفط في (دول الأوبك والأوبك) مفاوضات تغير المناخ، إلا أن هناك فرص واضحة مطروحة:
 - الميزة النسبية للنفط مقابل بدائل الطاقة الأخرى.
 - عدم اليقين.
 - تجارة الكربون.
 - المسؤولية المشتركة ولكن المتباينة بناءً على القدرات الخاصة والظروف الوطنية.
 - تخزين الكربون.
- كيف تصنع الأوبك (الدول العربية الأعضاء) استراتيجية للتعامل مع مفاوضات تغير المناخ، ويأتي ذلك من خلال:
 - النظام الحالي للمفاوضات.
 - دور منظمة أوبك حول اتفاق باريس 2015 واتفاقية الأمم المتحدة بشأن تغير المناخ.

أولاً: على الصعيد المحلي

ثانياً: على الصعيد العربي

ثالثاً: على الصعيد الدولي

- توفير بيانات عن الدول الأعضاء وغيرها من الدول المنتجة للنفط من مصادر موثوقة وإتاحتها للدول الأعضاء.
- الدور المحوري بين الدول الأعضاء والمنظمات الدولية المعنية.

الجلسة الثانية

الطاقة في إطار المتغيرات العالمية والإقليمية

استشراف مستقبل قطاع الطاقة المصري في ظل التحول في نظام الطاقة العالمي

د.م. أنهار حجازي

خبير الطاقة والتنمية المستدامة- نائب الأمين التنفيذي للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا، الإسكوا

"سابقاً"

anharhegazi@gmail.com

- خبير ومهندس استشاري حر .
- حاصلة على دكتوراه الفلسفة، وهندسة القوى الميكانيكية تخصص الطاقة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 1978.
- نائب الأمين التنفيذي للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا "الإسكوا" سابقاً.
- لديها خبرة امتدت على مدى 48 عاماً على المستويات الوطنية والإقليمية والدولية، وذلك في مجالات الطاقة، والبيئة، وإدارة الموارد الطبيعية والتنمية المستدامة وعلى الأخص في: (1) تخطيط وسياسات الطاقة، المياه والبيئة، (2) ترشيد وكفاءة الطاقة، (3) تقنيات ونظم وتطبيقات الطاقة المتجددة، (4) التطوير والبناء المؤسسي في مجال الطاقة والتنمية المستدامة، (5) متابعة تنفيذ الاتفاقات والبرامج الدولية في مجال التنمية المستدامة وتغير المناخ، (6) قيادة فرق العمل متعددة التخصصات والجنسيات، (6) وضع وتنفيذ مشروعات وأنشطة التعاون الفني في المجالات ذات الصلة.
- أسهمت د. حجازي بشكل فاعل في أنشطة وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، وهيئة الطاقة المتجددة خلال الفترة (1979- 1997)، وفي إعداد استراتيجية الطاقة المستدامة والمتكاملة (2035)، والخطة القومية لنظم الطاقة الكهربائية المستدامة (2016-2018). كما أسهمت في إعداد محور الطاقة باستراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030.
- وعلى المستوى الإقليمي أسهمت د. حجازي خلال الفترة (2004- 2011) في التنسيق بين "الإسكوا" وجامعة الدول العربية في متابعة برامج الطاقة والتنمية المستدامة في المنطقة العربية، ومع منظمات الأمم المتحدة في متابعة اجتماعات وأنشطة التنمية المستدامة.
- كما تشغل عضوية عدد من المجالس والمنظمات، ولجان تسبير المشروعات مثل مجلس إدارة جهاز شؤون البيئة، وعضو الفريق الاستشاري لمشروع نظم الخلايا الشمسية الصغيرة المرتبطة بالشبكات الكهربائية، ومركز بحوث الصناعة المصري، والبرنامج الإنمائي للأمم المتحدة، ومشروع "إعداد البلاغ الوطني الرابع للاتبعاتات" بوزارة البيئة المصرية والبرنامج الإنمائي للأمم المتحدة. كما تشغل رئيس فريق الطاقة، بالمنتدى المصري للتنمية المستدامة منذ عام 2012. بالإضافة إلى عضويتها السابقة في مجلس إدارة جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك.

مستخلص

شهدت مصر منذ عام 2007 ظهور فجوة بين موارد الطاقة المتاحة، والتزايد المضطرد في الاستهلاك، والتي تصاعدت لتصل إلى حد الأزمة في عامي 2012/2013، 2013/2014، ومثلت عبئاً كبيراً على الاقتصاد القومي. لذلك فقد وجهت الحكومة المصرية منذ عام 2014 جهوداً مكثفة نحو مراجعة استراتيجيات وسياسات الطاقة بما يكفل التغلب علي الأزمة المشار إليها، وتمكين القطاع من أداء دوره في تحقيق التنمية الوطنية المستدامة، هذا وقد أثمرت تلك الجهود نتائج متعددة أدت إلى التغلب على الأزمة وإحداث طفرة ملموسة في أداء القطاع.

وفي عام 2015، اعتمد زعماء العالم "اتفاق باريس حول تغير المناخ" 1*، والذي تمثل هدفه في عدم زيادة درجة حرارة الأرض بأكثر من درجتين فوق مستوى التحول الصناعي، مما يتطلب خفض معدلات الانبعاثات والمخلفات إلى أقصى حد ممكن. وفي إطار التوجه لتنفيذ متطلبات الاتفاق، فقد توافقت رؤى الجهات الدولية المعنية علي أهمية إحداث تحول شامل ومؤثر لنظام الطاقة العالمي يعتمد علي التقنيات منخفضة الكربون، ويسهم في تحقيق نمواً اقتصادياً واجتماعياً يفوق في قيمته ما يمكن أن يُنفق على إحداثه، ويتضمن ثلاثة عناصر متكاملة هي: الطاقة المتجددة، وكفاءة الطاقة، مع زيادة استخدام الكهرباء في قطاعات الاستخدام النهائي.

في ضوء ماتقدم، تقييم التقدم المحرز في تنفيذ أنشطة القطاع حتي يوليو 2020، بالمقارنة مع تلك المخططة ضمن الاستراتيجيات الوطنية المعتمدة في المجال "مقارنة المخطط والواقعي"، وإدراكاً لأهمية مواكبة قطاع الطاقة المصري للتحول العالمي في المجال، فإن هذه الورقة تتناول:

(١)- الملامح الأساسية للأزمة التي واجهت القطاع، والاستراتيجيات والسياسات، والخطط الوطنية التي تم اعتمادها، وتنفيذها وأثمرت تحقيق الطفرة في أنشطة القطاع، ومؤشرات أدائه.

(٢)- الأطر التي تنطلق منها عملية التحول في القطاع خلال العقد القادم، وأهم الدوافع "الأهداف المرجوة" التي تشجع علي مواكبة التحول في نظام الطاقة العالمي، وبما يناسب الظروف الوطنية ذات الصلة.

(٣)- تحديد التوجهات الأساسية لتحقيق التحول في القطاع حتي العام (2030)، والتي تتكامل مع الاهداف والسياسات المعتمدة له، وذلك كمدخل لاستشراف مستقبل القطاع حتي العام (2030) متضمناً تطور خليط الطاقة الأولية، والنهائية، وتطور القدرات الكهربائية المركبة، والكهرباء المنتجة والتوزيع القطاعي لكل منها.

(٤)- تحديد حزمة مختارة من التقنيات البازغة التي حققت تطوراً فنياً وتطبيقياً علي مستوى العالم، ولم تدخل بعد حيز التطبيق في مصر، وإتمام تقييم مبدئي لامكانات تطبيقها وتوطين صناعاتها، والعوائد الاقتصادية، والاجتماعية والبيئية، التي يُمكن أن تتحقق نتيجة لذلك.

(٥)- اقتراح مجموعة من التوصيات، ذات الصلة بالتوجهات الأساسية والسياسات والأطر التشريعية اللازمة لتمكين التحول المنشود في قطاع الطاقة.

Foreseeing the Future of the Egyptian Energy Sector in Light of the Global Energy System Transformation

Abstract

Since 2007, Egypt has experienced an unprecedented imbalance between energy supply and demand which was turned into a crucial crisis by 2013 & 2014 causing increased pressure on national economy. In response, the Government has directed dedicated efforts since 2014 for the development of policies and strategies to overcome the crisis and ensure the security for reliable energy supplies to satisfy the national sustainable energy needs. Fruitful results have been achieved and the sectors performance was moved from crisis to breakthrough.

In 2015, the world's leaders have endorsed the "Paris Agreement", requiring that average global temperatures at the end of the century are no more than 2°C above pre-industrial levels and consequently reducing the worlds GHG emissions to the maximum possible. Several concerned international agencies have agreed that there is an urgent need to embark upon a

comprehensive energy transformation system that encompasses three interrelated elements: renewable energy, steady improvements to energy efficiency and increased electrification of end-use sectors.

In view of the above and taking into account the status of progress achieved by the sector as of July 2020 compared to the planned projections in the adopted strategies. As well as realizing the importance of keeping pace with the transformation of the global energy system, this paper identifies and presents:

- 1) The essential features of the crisis that faced the sector and the strategies adopted and implemented creating the achieved breakthrough in the sector development status and relevant indicators.
- 2) The frameworks for the sector transformation during next decade, and the motives that encourage keeping pace with the transformation in the global energy system as suits the national circumstances.
- 3) The basic directives for sector transformation, which enable foreseeing the future of the sector to 2030, including the primary and final energy resources mix, the installed electric capacity and produced electricity as well as the sectoral distribution of all energy resources and percentage renewable in each.
- 4) A selected set of emerging technologies that have gained technical and application development globally, but not yet in Egypt. As well a preliminary evaluation for adopting such technologies in Egypt and the expected economic, social and environmental impacts.
- 5) Recommended policies, regulatory frameworks for enabling an appropriate sector transformation.

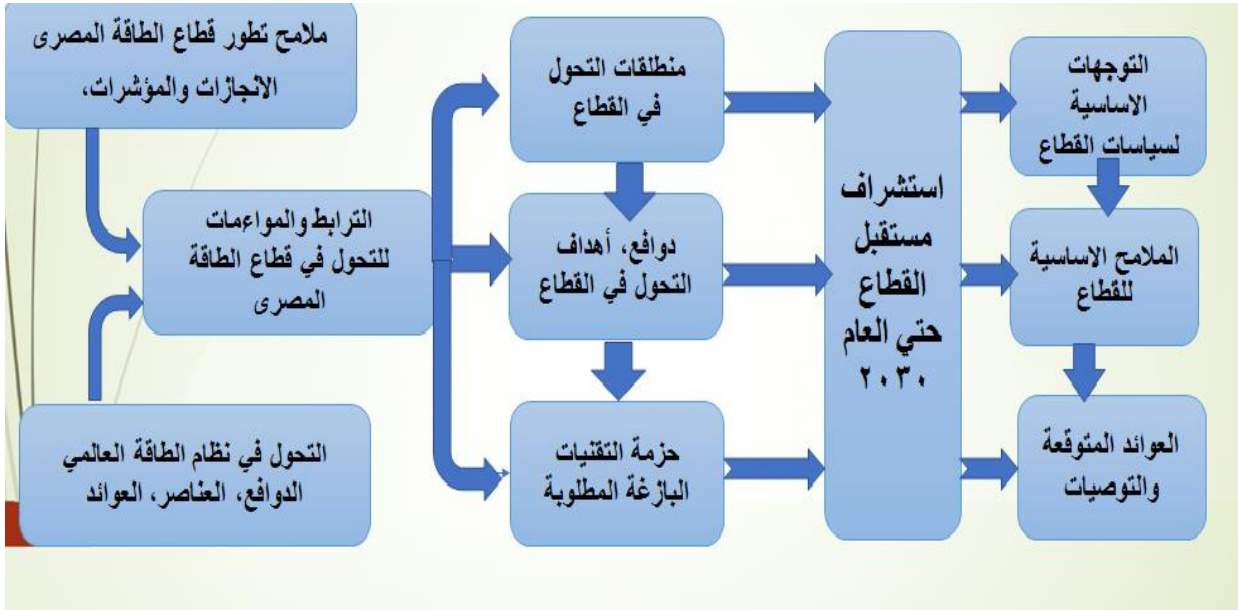
الخلفية

إدراكاً للدور المحوري لقطاع الطاقة في تحقيق التنمية الوطنية المستدامة، التقدم الذي أحرزته الوزارات المختصة في تنفيذ أهداف الاستراتيجيات الوطنية المعتمدة في المجال، وأخذاً في الاعتبار أهمية مواكبة قطاع الطاقة المصري للتحول العالمي في المجال، فقد رأت "وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية"، أهمية إجراء دراسة بحثية حديثة تحت عنوان: "استشراف مستقبل قطاع الطاقة المصري، وأثر التقنيات البازغة على تحقيق استدامته".

تعكس الدراسة الموقف الحالي لتطور القطاع، وتستشرف التوجهات التقنية المستقبلية التي من شأنها التأثير على مستقبله، ذلك على أن تؤدي إلى صدور ورقة سياسات حول التوجهات الأساسية لتحول نظام الطاقة العالمي، وتأثيراتها على مستقبل قطاع الطاقة المصري حتى عام 2030، أخذاً في الاعتبار إمكانات تطبيق وتوطين التقنيات البازغة موضع الاعتبار، وآثار ذلك على تحقيق الأهداف الوطنية للتنمية المستدامة.

يساهم في إتمام الدراسة، فريق بحثي من "مركز الابتكار والتنافسية وريادة الأعمال" بجامعة النيل، وترأس الفريق د.أنهار حجازي، خبير الطاقة والتنمية المستدامة، وتتناول الورقة المعروضة على المؤتمر الملامح الأساسية لمخرجات الدراسة.

أ) المنهجية



شكل رقم (1).

ب) منطلقات التحول في القطاع حتي العام 2030

إن التوجه إلى استشراف مستقبل قطاع الطاقة في مصر حتى عام 2030، يرتبط بتحديد الأطر التي تستند عليها وتتطلق منها عملية التحول في القطاع، وذلك لما لها من تأثير مباشر علي توجهات وإمكانات التحرك خلال العقد القادم وصولاً إلى عام 2030، وفي مقدمتها:

1- الموقف الحالي لتطور القطاع، والمؤشرات ذات الصلة.

2- عناصر تطور القطاع بين المخطط والواقعي لعام 2020/2019.

3- عناصر وتأثيرات التحول في نظام الطاقة العالمي.

4- الآثار المحتملة لأزمة "كوفيد-19" على تطور القطاع.

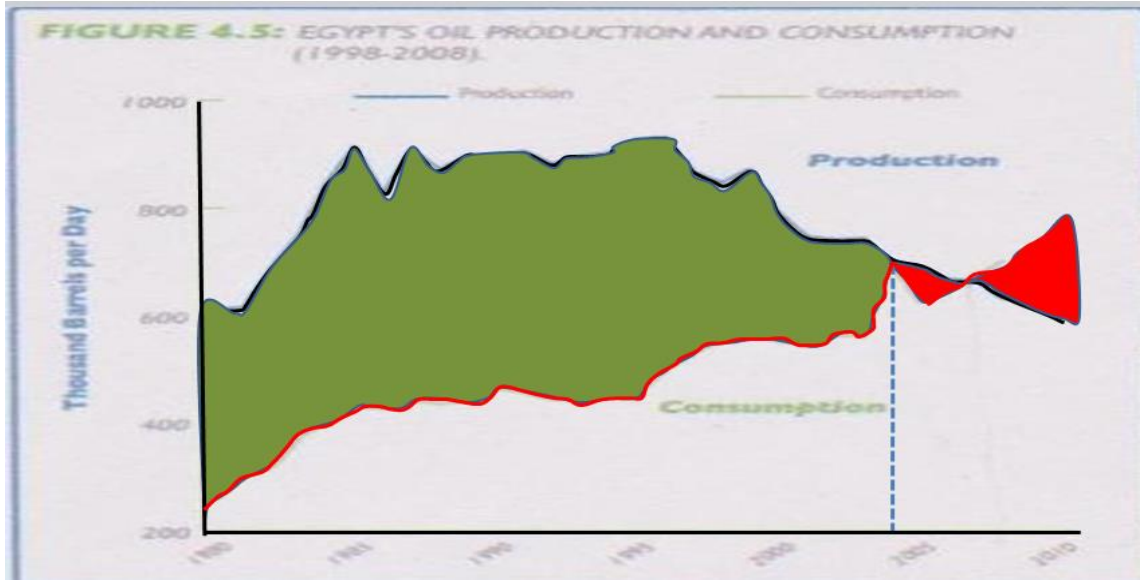
1- موقف تطور القطاع "2020/2019"، والمؤشرات ذات الصلة

❖ "حتي لا ننسي" الأزمة"

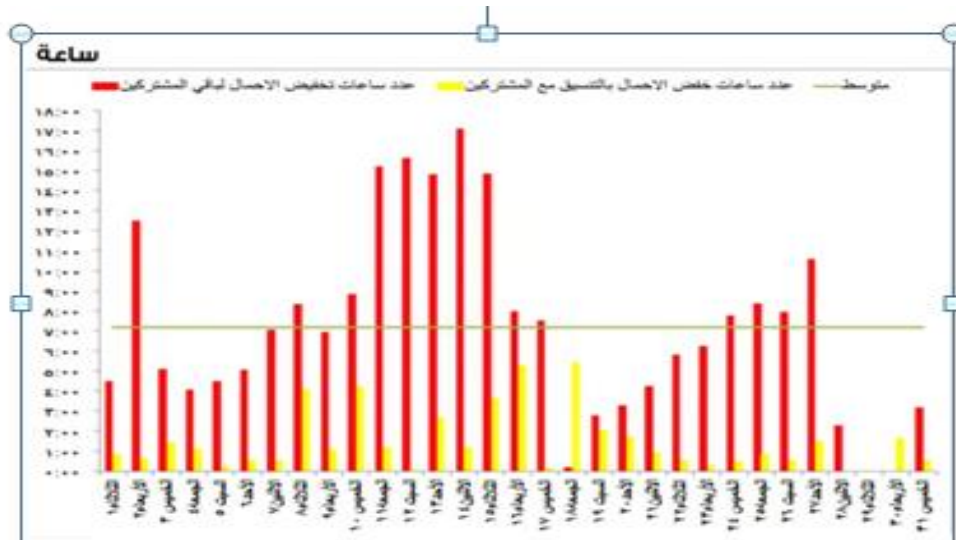
شهدت مصر منذ عام 2007 فجوة متزايدة بين موارد الطاقة المتاحة وحجم الطلبات، وتصاعدت حتي أصبحت ضاغطة على القطاع وعلى الاقتصاد المصري وبلغت الذروة في عام 2014، واتسمت بالآتي:

- مزيج الطاقة: غير آمن وغير اقتصادي ولا يستغل الموارد المتجددة المتاحة.

- تسعير الطاقة: يدعو للإسراف ولا يشجع استخدام البدائل المتجددة.
- تمويل مالي: قصور في الموارد اللازمة لتكثيف الاستكشاف أو لإستيراد الوقود أو لإعداد ما يلزم من موانئ ومنشآت.
- كفاءة الإنتاج والاستهلاك: منخفضه وتستهلك وقود أكثر من الاحتياج الفعلي.



شكل رقم (2).



شكل رقم (3): انقطاع متكرر للكهرباء.



شكل رقم (4): مستحقات شركات البترول الأجنبية من المديونية إلى السداد (القيمة بالمليار دولار).

❖ المواجهة: استراتيجيات وسياسات الطاقة حتى 2035

- ضمان تأمين إمدادات الطاقة: بتنويع المصادر، و بالتوسع في استخدام المصادر المتجددة وادخال الطاقة النووية والفحم في إنتاج الكهرباء، وتقوية البنية الأساسية للقطاع، ورفع كفاءة الطاقة.
- ضمان الاستدامة المالية والفنية: بالتحرك نحو الإدارة الاقتصادية للقطاع، وإعادة هيكلة دعم الطاقة تدريجياً بدءاً من يوليو 2014، مع تحقيق الاستدامة الفنية بتطوير برامج الطاقة المتجددة، وترشيد الطاقة وتكثيف برامج الصيانة.
- الحوكمة المؤسسية وحوكمة الشركات: بتطوير الأطر القانونية اللازمة، وإنشاء جهاز تنظيم مرفق الغاز مع مراجعة الهياكل والأطر التنظيمية ذات الصلة في كل من مرافق البترول والكهرباء، وإيجاد آلية للتخطيط المركزي المتكامل لقطاع الطاقة.
- التوسع في الأسواق التنافسية وتنظيمها: وذلك بتقوية وتمكين كل من جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، وجهاز تنظيم مرفق الغاز في العمل على تحرير أسواق الطاقة محلياً، والإسهام في خلق أسواق إقليمية لها.

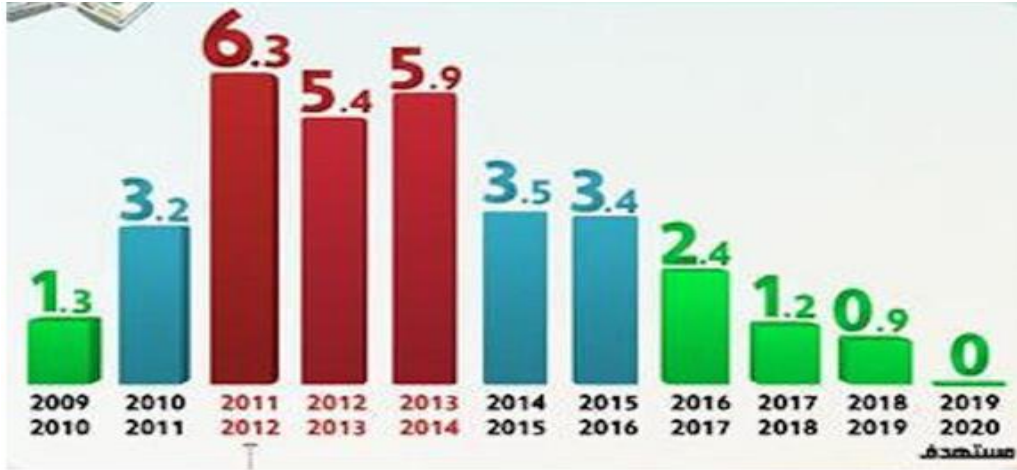


شكل رقم (5).

❖ النتائج: "الطاقة في مصر من الأزمة إلى الطفرة"

(1) تأمين وتعزيز موارد الطاقة الأولية، حيث:

- تم جدولة ديون مصر إلى الشركات العالمية، وتوقيع 86 إتفاقية جديدة، بالتزام إنفاق بلغ 15 مليار دولار خلال السنوات الست الماضية. وتم سداد كامل الديون في العام (2020/2019).
- تم توفير احتياطات كبيرة، تحقيق الاكتفاء الذاتي من الغاز في سبتمبر 2018 والعودة إلى التصدير، مع تحقيق أعلى معدل إنتاج للثروة البترولية في تاريخ مصر في أغسطس 2019 بإجمالي يصل إلى 19 مليون برميل زيت معادل يومياً.
- تأمين كامل احتياجات السوق المحلي من الموارد الأولية، مع رفع كفاءة البنية التحتية من شبكات وخطوط، وتسهيلات لتخزين وتداول المنتجات البترولية.



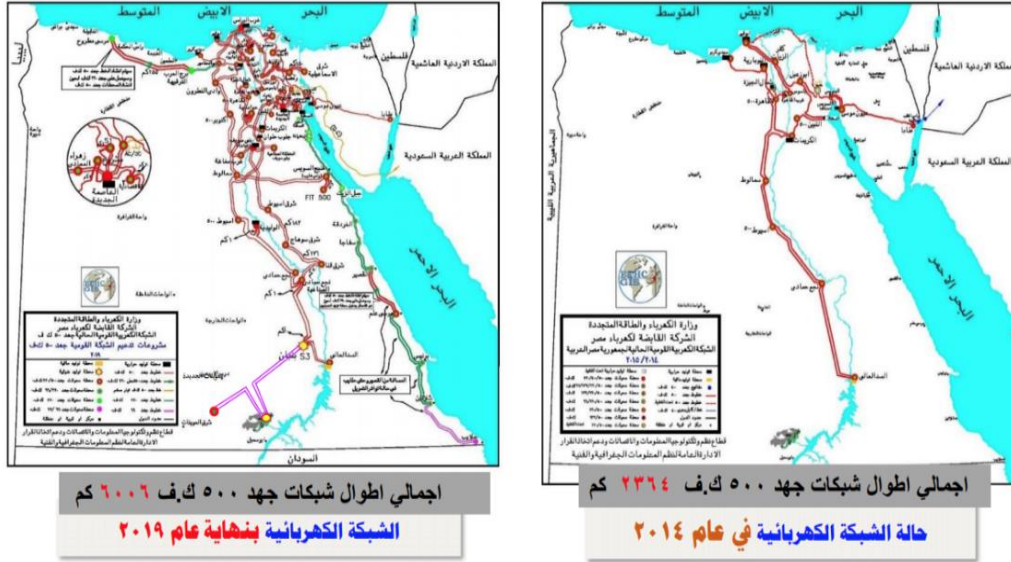
شكل رقم (6): مستحقات شركات البترول الأجنبية من المديونية إلى السداد (بالمليار دولار)

(2) تأمين التغذية الكهربائية لكافة القطاعات، حيث:

- زيادة القدرات المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء، لتبلغ بنهاية عام 2019/2018 إجمالي (58353) م.و، كما وصلت الكهرباء المنتجة إلى (199843) ج.و.س في ذات العام، وبمعدل نمو بلغ 1.6%.
- ارتفاع كفاءة إنتاج الكهرباء، حيث بلغت (45.9%) في (2019/2018)، وانخفض الاستهلاك القياسي للوقود إلى (191.1) جم/ك.و.س، مقارنةً بنحو (214.1 جم/ك.و.س) في عام 2015/2014.
- تحديث وتطوير الشبكات الكهربائية، حيث تم تحديث وتقوية شبكات النقل، وتدعيم وتطوير شبكات التوزيع.

- زيادة الاعتماد على المصادر المتجددة، حيث بلغت القدرات المركبة منها والمتصلة بالشبكة بنهاية 2018/2019، إجمالي (5709) م.و، بالإضافة إلى (30) م.و من النظم الشمسية الموزعة، وبذلك فقد شاركت المصادر المتجددة في إنتاج الكهرباء بنسبة (8.84%).

الشبكة الكهربائية جهد ٥٠٠ ك.ف



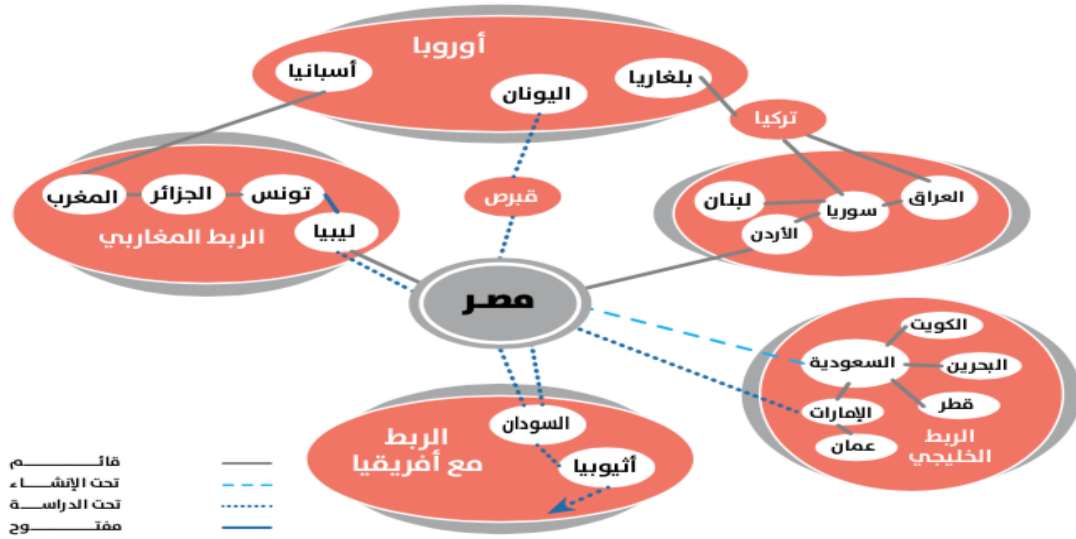
يجري حاليا دراسة انشاء خط بنبان / العوينات بطول ٤٦٠ كم
وذلك لرفع كفاءة التغذية لمنطقة العوينات بالإضافة الى زيادة رفع قدرة خط الربط مع السودان

شكل رقم (7).

(3) تحرير أسواق الطاقة، تحويل مصر إلى مركز إقليمي لأنشطتها:

- إعداد إصلاحات مهمة في سوق الغاز لحفز مشاركة القطاع الخاص، ودعم تحول مصر إلى مركز إقليمي للغاز، وتأسيس "منتدى غاز شرق المتوسط"، لتعزيز الاستفادة من البنية الأساسية والتسهيلات الموجودة في مصر.
- الإعداد لخلق سوق تنافسية للكهرباء، ووضع القواعد المنظمة له، مع تعزيز الأسواق الإقليمية للكهرباء، وإحراز تقدم في إجراءات مشروعات الربط الكهربائي الإقليمي.
- تنشيط الاستثمار في الطاقة المتجددة، من خلال اعتماد حزم من الإجراءات والقواعد التنظيمية، التعاقدية وحفز مشاركة القطاع الخاص في مشروعات إنتاج الكهرباء، وتوصيلها بالشبكات الكهربائية.

- تحقيق مشاركة فاعلة للقطاع الخاص في توفير الاستثمارات اللازمة للقطاع، حيث وصلت نسبة مساهمته الإجمالية في الاستثمارات في عام 2019/2018 إلى 67.9%.



شكل رقم (8).

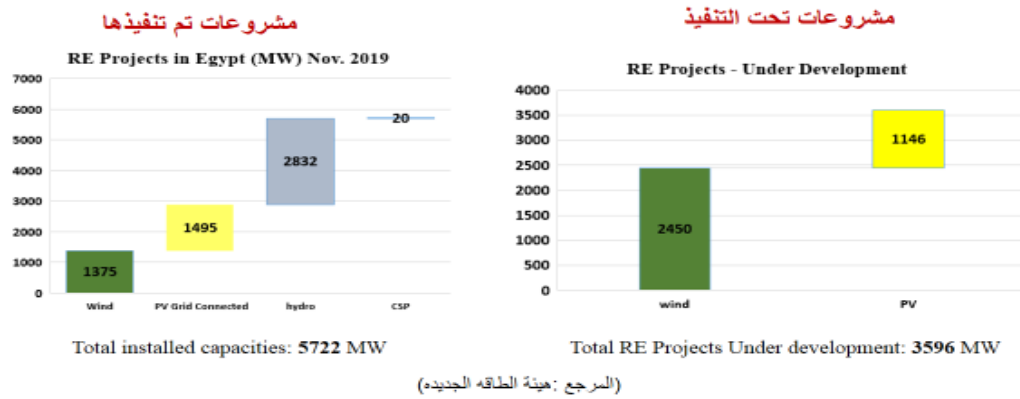
(4) تحسين كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة

- اعتماد سياسات، وأطر تشريعية وتنظيمية متعددة، لتحسين كفاءة استخدام الطاقة على جانبي الإنتاج والاستهلاك.
- إنشاء إدارات مختصة "لترشيد الطاقة وتغير المناخ" بكل وزارة، وتبنت الوزارتان تنفيذ مشروعات لكفاءة الطاقة والطاقة الشمسية في منشآت كل قطاع.
- تطبيق آلية للرقابة على منظومة توزيع المنتجات البترولية، وتشجيع الشركات العاملة بقطاع البترول على استخدام الطاقة الشمسية بالمحطات التابعة لها.
- تحسين كفاءة الشبكات الكهربائية، والتوسع في استخدام العدادات الذكية، وتطوير مراكز التحكم بها، والتوسع في تشجيع وتعميم نظم الإنارة الموفرة.
- اعتمد مجلس الوزراء خطة الطاقة الكهربائية المستدامة حتى عام 2022/2021 متضمنة جزأين: خطة النهوض بقطاع الطاقة الشمسية في مصر، وخطة تحسين كفاءة الطاقة الكهربائية.
- مشروع "كفاءة الطاقة في الصناعة"، والذي أتمته كل من وزارتي البيئة، والتجارة والصناعة، وحقق نتائج ملموسة في تحديد فرص إدارة وترشيد الطاقة في القطاع.

(5) تعظيم الاستفادة من الموارد المحلية للطاقة

- تطوير صناعات التكرير والبتروكيماويات لزيادة القيمة المضافة لموارد البترول والغاز، والخفض التدريجي لاستيراد المنتجات البترولية.
- التوسع في استخدام الغاز الطبيعي في القطاعات المختلفة، بتوصيل الغاز إلى (10.6) مليون وحدة سكنية، والعديد من المنشآت، وتحويل السيارات للعمل بالغاز الطبيعي.
- زيادة الاعتماد علي المصادر المتجددة، حيث شاركت المصادر المتجددة في إنتاج الكهرباء بنسبة (8.84%).

جميع :الموقف التنفيذي لبرامج الطاقة المتجددة 2019

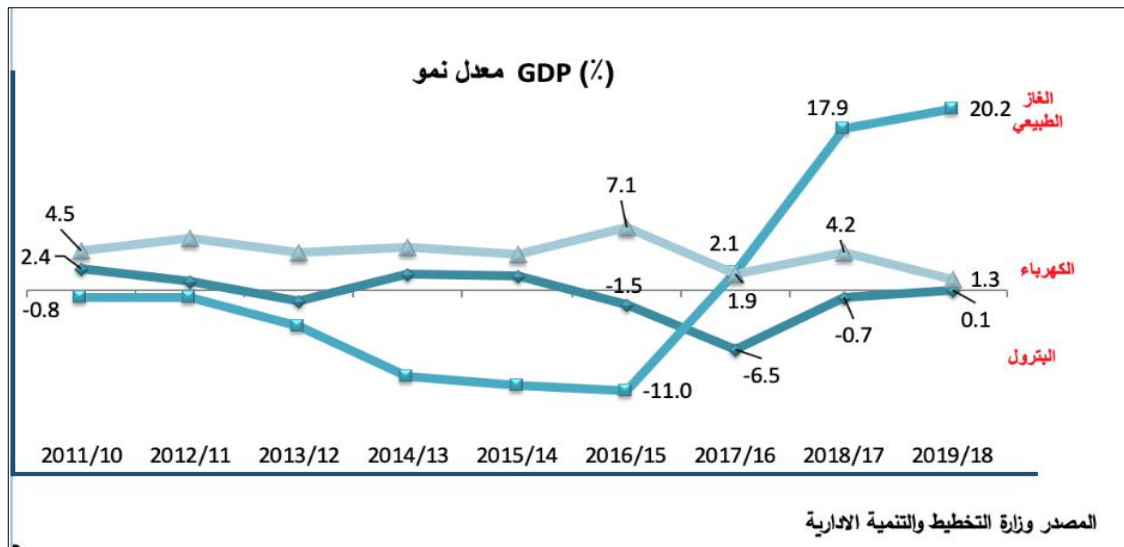


شكل رقم (9).

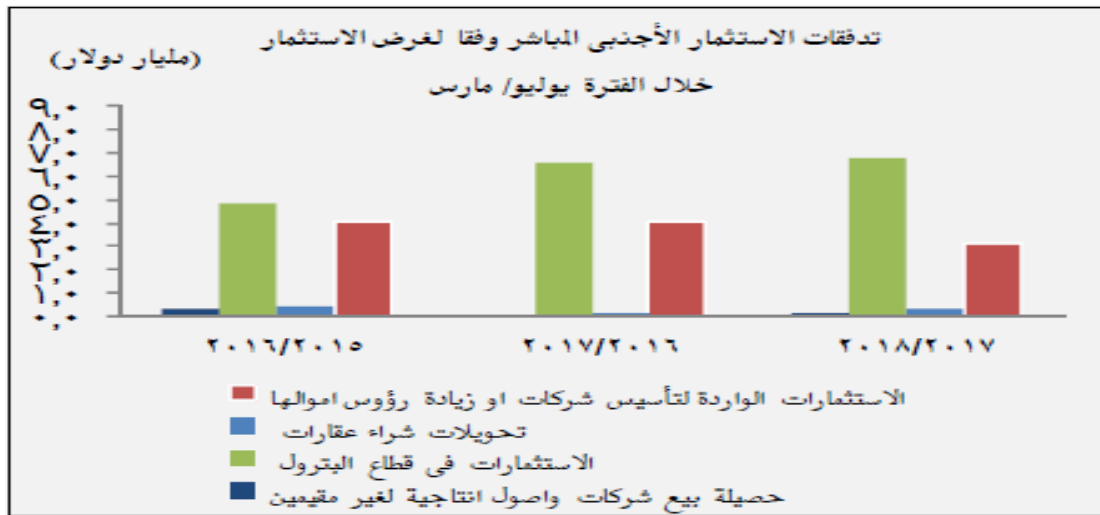
❖ مؤشرات أداء القطاع

مساهمة القطاع في الناتج المحلي الإجمالي: والذي ارتفع تدريجياً ليصل إلى 10.6% في عام 2019/2018، ووصلت مساهمة قطاع البترول والثروة المعدنية إلى 9%، وقطاع الكهرباء والطاقة المتجددة 1.6%، وقد ساهم في تحقيق ذلك:

- إصلاح منظومة دعم الطاقة (الوقود والكهرباء) قد أثمر نتائج إيجابية انعكست على زيادة موارد القطاع، والحد من اعتماده على موارد الدولة.
- مساهمة القطاع في إجمالي الصادرات المصرية، وصلت إلى 40.6% في عام 2019/2018، وانخفضت مساهمته في الواردات إلى 17.4% في ذات العام.
- بلغ الاستثمار في قطاع البترول حوالي 66% من إجمالي الاستثمار الأجنبي المباشر طبقاً لإحصائيات البنك المركزي عن الفترة من (يوليو 2017 إلى مارس 2018).



شكل رقم (10).



شكل رقم (11).

عناصر تطور القطاع بين المخطط والواقعي لعام (2020/2019)

بمراجعة مدى التوافق بين التوقعات الاستراتيجية، وواقع تطور القطاع بنهاية العام 2020/2019، أمكن استخلاص عدة مؤشرات تسهم في تحديد ملامح التحول المطلوب للقطاع حتى العام 2030، ويتضمن ذلك:

أ. استهلاك الطاقة الأولية

- بلغ الإجمالي الواقعي لإمدادات الطاقة الأولية (91.7) م.طن.م بنسبة (84.1%) من الاستهلاك المخطط، (116%) فقط من استهلاك العام المرجعي (2010/2009)، بمتوسط نسبة نمو لم تتعد 1.6% سنوياً.

- بلغ الإجمالي الواقعي المكافئ لاستخدام الفحم، (8.8) م.ط.ب.م ونسبة 270% من الاستهلاك المخطط له (3.34) م.ط.ب.م، لترتفع مشاركته في خليط الطاقة الأولية إلى 9.6% مقارنة بحوالي (2.3) في الاستهلاك المخطط.
- بلغ إجمالي الاستهلاك الأولي المكافئ للمصادر المتجددة (4.00) م.ط.ن.م/السنة، فقط بنسبة 82.2%، من الاستهلاك المخطط.

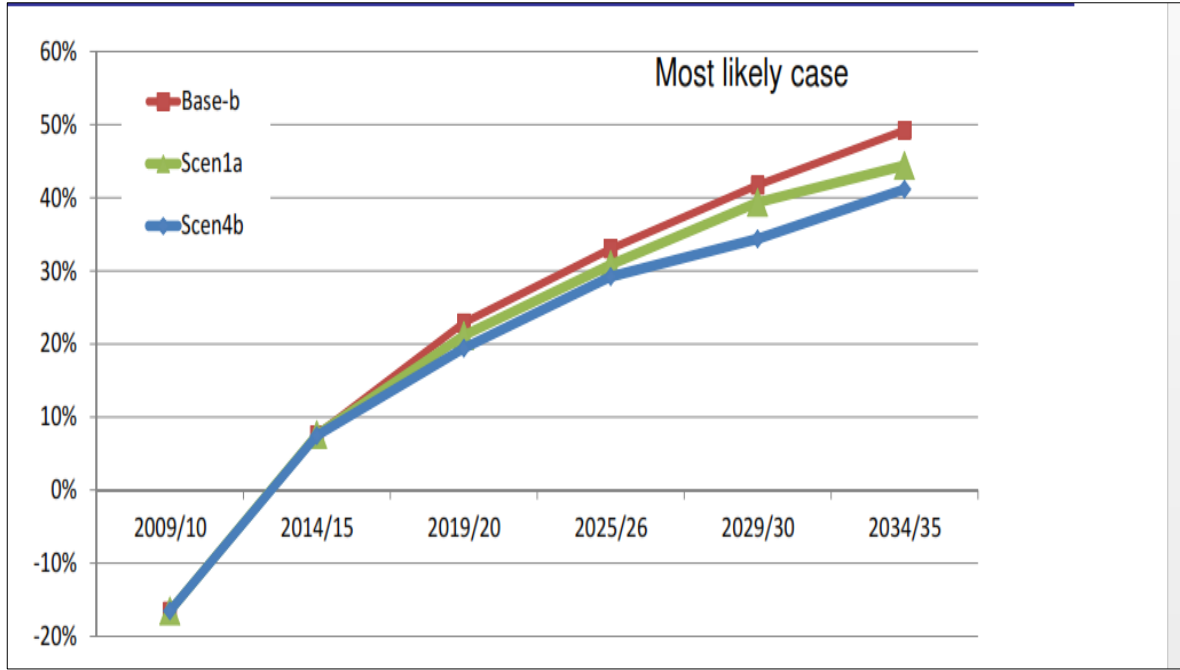
ب. القدرات الكهربائية المركبة

بلغت القدرات الإجمالية المركبة (60.64) ج.و في عام 2020/2019 وبما يقترب من مطابقة الإجمالي المخطط (61.9) ج.و. إلا أن الحمل الأقصى في عام 2020/2019 لم يجاوز (32) ج.و، بالمقارنة بنحو (38) ج.و طبقاً للسيناريو المحدث.

ج. الاستهلاك النهائي للطاقة

- إن إجمالي الاستهلاك النهائي لموارد الطاقة بلغ في عام 2020/2019، (71.1) م.ط.ب.م فقط ونسبة (88.6%) من المخطط لذات العام (80.24) م.ط.ب.م.
- بلغ إجمالي القدرات المركبة من النظم المتجددة لإنتاج الكهرباء "مركزية، موزعة" (5121) م.و بنسبة حوالي 65.0% من القدرات المخططة (7900) م.
- إن الاستهلاك الواقعي لقطاعات الصناعة، النقل، وباقي القطاعات قد جاء منخفضاً عن الاستهلاك المخطط لكل منها، بلغ (88.7%)، (91.6%)، و(82.65%) على التوالي من الاستهلاك المقدر لها.
- مدى القدرة علي تأمين الإمدادات للوفاء بالطلب الداخلي عليها، توقع السيناريو المعتمد للاستراتيجية أن القطاع سيكون دائماً في حاجة إلى الاستيراد، وينسب تربو على 20% في عام 2020/2019، إلا أن القطاع قد تمكن من تأمين كامل الإمدادات المطلوبة، والعودة إلى تصدير الغاز مع تناقص استيراد المشتقات تدريجياً، وتوقع انتهاء الاستيراد نهائياً بحلول عام 2022/2023.

وتجدر الإشارة إلى أن الفجوة بين الاستهلاك المخطط والواقعي للموارد الأولية للطاقة والكهرباء المنتجة قد نشأت نتيجة الاتجاه لترشيد الاستهلاك لمواجهة زيادة الأسعار عقب تنفيذ برنامج إعادة هيكلة دعم الطاقة، وتراجع معدلات التنمية في الفترة (2010-2015) عن المتوسط المخطط ضمن الاستراتيجية والبالغ 5.58%.



شكل رقم (12).

3-عناصر وتأثيرات التحول في نظام الطاقة العالمي

استناداً إلى ماتضمنه تقرير اللجنة الدولية لتغير المناخ لعام 2018، من أن الانبعاثات الصادرة عن قطاع الطاقة، تمثل حوالي (3/2) من الانبعاثات العالمية، كما أنها قد تزايدت خلال السنوات الخمس السابقة بمتوسط 1.3%، وهو ما يهدد باستنزاف قدرة العالم على تحمل الانبعاثات بحلول 2030. فقد توافقت آراء الجهات الدولية المعنية إلى أن نظام الطاقة العالمي مازال في حاجة إلى إحداث تكثيف نحو التقنيات منخفضة الكربون، يحقق أهداف اتفاق باريس، ويسهم في تحقيق نمواً اقتصادياً واجتماعياً يفوق في قيمته مايمكن أن يُنفق على إحداث هذا التحول.

وفي ضوء ماتقدم، فإن التحول في نظام الطاقة العالمي، يتضمن ثلاثة عناصر متكاملة هي: الطاقة المتجددة، وكفاءة الطاقة، مدعومين بزيادة استخدام الكهرباء في قطاعات الاستخدام النهائي، وهي مجتمعة يمكن أن توفر 90% من خفض الانبعاثات المستهدف من قطاع الطاقة العالمي، وتتضمن:



شكل رقم (13).

أ- عناصر التحول

(1) زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة

- تحقيق زيادة كبيرة في إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة، المتوفرة بكافة أنواعها (شمس، رياح، كتلة حية، مائي، حرارة أرضية،...).
- زيادة التطبيقات المباشرة للطاقة المتجددة، في التسخين الشمسي الحراري في الصناعة والمباني، وإنتاج الوقود الحيوي في النقل، والنظم الحديثة للكتلة الحية.
- تطوير وتقوية الشبكات الكهربائية، وضمان مرونتها، باستخدام العدادات الذكية، وبطاريات التخزين، ومحطات الضخ والتخزين، ورقمنة نظم التحكم، وتكثيف برامج إدارة الطلب.



شكل رقم (14).

(2) - تحسين كفاءة الطاقة في قطاعات الاستهلاك النهائي

- تحسين أساليب إدارة الطاقة في المنشآت المختلفة، واعتماد الأكواد ذات الصلة.
- تطوير تقنيات ونظم كفاءة للتطبيقات المختلفة في المباني القائمة والجديدة، وفي النقل والصناعة.

(3) زيادة استخدام الكهرباء في قطاعات الاستخدام النهائي

- تطوير البنية التحتية ونظم الإدارة والتحكم لشواحن السيارات الكهربائية.
- زيادة استخدام المضخات الحرارية في المباني والصناعة.
- تطوير إنتاج الهيدروجين الأخضر، باستخدام نظم الديزل المعتمدة على الكهرباء المنتجة من مصادر متجددة.



شكل رقم (15).

ب - تأثيرات التحول

(1) التأثير على استثمارات الطاقة تحت نظام التحول

- إن إجمالي الاستثمارات سوف تزيد عن المخطط بحوالي 16% وتبتعد عن المصادر الأحفورية، وعلى الأخص أنشطة الاستكشاف والإنتاج. والتي يتم تحويل معظمها إلى التقنيات منخفضة الكربون.
- إن متوسط الاستثمارات السنوية للقطاع حتى عام 2030 يقدر بحوالي 4.3 تريليون دولار/ السنة، وهو أكثر من ضعف المتوسط التاريخي لذلك.
- إن الطاقة المتجددة والبنية التحتية ذات الصلة ستمثل 50% من فارق الاستثمارات، بينما كفاءة الطاقة، وكهربية النقل، والنظم الحرارية في الصناعة والمباني سوف تستهلك النصف الآخر.
- إن الاستثمارات الإجمالية لنظم إنتاج الكهرباء تصل إلى أكثر من ضعف الاستثمارات الحالية المخصصة لذلك، ويتباين توزيعها بين تقنيات الطاقة المتجددة المختلفة، وتستحوذ الرياح، للخلايا الشمسية على 75% منها.

- خفض في التكلفة الإجمالية لنظم الطاقة، حيث من المقدر أن كل دولار يُنفق في التوجه نحو تحويل نظام الطاقة العالمي، سوف يحقق عوائد تقدر بحوالى (3-7 دولار)، وذلك نتيجة للوفر في تكاليف الصحة والعلاج وتلوث الهواء، وتأثيرات تغير المناخ.

(2) التأثيرات علي الدخل القومي الإجمالي

من المتوقع أن يرتفع الدخل القومي الإجمالي لأغلب الدول بالمقارنة للحالة المرجعية، بنسب تتراوح بين 9.4% لدول جنوب أوروبا، 7.0% في أفريقيا جنوب الصحراء، بينما يحتمل أن الدول المصدرة للنفط والغاز خاصة دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ستواجه نقصاً في الدخل.

(3) الآثار الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتحويل

- التشغيل وفرص العمل: تنمو فرص العمل في كامل قطاع الطاقة بمعدل أسرع على الرغم من تلك التي يتوقع أن تُفقد في مجالات الطاقة التقليدية. وتستحوذ الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة على 57% من الفرص الإجمالية، وتطوير الشبكات، وكامل المصادر الأحفورية على 43%.
- فرص توظيف التقنيات: توفر الخطة فرصاً كبيرة لتوظيف تقنيات الطاقة المتجددة، والتقنيات البازغة، مما يحقق عوائد اقتصادية، ويخلق فرص عمل إضافية (47%) منها في الإنشاءات والتركيب، بينما أن (29%) منها تكون للتصنيع. وبالنسبة لطبيعة الوظائف فإن (77%) تكون لفئة الفنيين والعمال.
- خفض الانبعاثات من قطاع الطاقة العالمي من (34) ج.ط. عام 2018 إلى حوالى (26) ج.طن عام 2030، موزعاً بنسبة (39%) من الطاقة المتجددة، (36%) نتيجة لكهربة النقل والاستخدامات الحرارية في الصناعة، 25% من كفاءة الطاقة.

(4) الآثار المحتملة لأزمة كورونا على تطور القطاع

- عززت الإصلاحات الاقتصادية القوية التي اتخذتها الحكومة منذ العام 2016، قدرة الاقتصاد المصرى علي الاستجابة السريعة والشاملة للجائحة.
- توقع صندوق النقد الدولي، معدل نمو إيجابي لمصر بنسبة 2%، ولمدة عامين على الرغم من الجائحة، بينما توقعات 2019/2020 كانت 5.6% خلال النصف الأول من السنة.
- هذا، وفي ضوء الارتباطات القائمة بين قطاع الطاقة المصرى وأنشطة وأسواق الطاقة العالمية، فمن المتوقع أن تتعكس تداعيات أزمة كورونا على القطاع في مجالات مختلفة من أهمها:
 - تناقص/تباطئ للاستثمارات المحتملة في مجال استكشاف وإنتاج الموارد التقليدية، وفي الصناعات ذات الصلة، نتيجة لما صاحب الأزمة من تقلص أسواق النفط والغاز وتذبذب

أسعارها، وتقلص الاستثمار العالمي في المجال بنسبة 20% في عام 2020، والمتوقع استمرار تأثيره لسنوات قادمة.

- انخفاض فرص تصدير الموارد التقليدية نتيجة لتقلص أسواقها العالمية سواء نتيجة للجائحة أو التوجهات الخاصة بالتحول في نظام الطاقة العالمي.
- انخفاض العوائد المحلية لأنشطة القطاع، نتيجة توقف بعض الأنشطة الاقتصادية وانخفاض استهلاكها، أو تعذر تحصيل مقابل الاستهلاك في حالات كثيرة.
- تأثيرات الجائحة على أسواق ومشروعات الطاقة المتجددة

- تأخير توافر المعدات وقطع الغيار، وتباطئ معدلات تنفيذ المشروعات، وزيادة كلفتها وتأخير صيانة القائم منها نتيجة للقيود على النقل الدولي، والاجراءات الاحترازية لخفض العمالة.
- إمكانية طلب الموردين والمطورين إدخال شروطاً جديدة على العقود، ذات صلة بالصحة والسلامة، والتأمين ضد الجوائح علي العقود المخططة، والتشدد في شروط القوى القاهرة باتفاقات شراء الطاقة (PPA) للمشروعات المنفذة بنظام تعريف التغذية أو البناء والتملك.
- التغيرات المحتمل أن تنشأ على استراتيجيات الموردين والمطورين سواء على المدى القصير أو الطويل نتيجة تأثير الجائحة على شروط المؤسسات المالية للإقراض، وعلى الصناعات ذات الصلة، والتباطئ المتوقع لحجم الطلب خلال 2020.

جيم - الدوافع الأساسية لتحقيق التحول

1- تعظيم الاستفادة من الثروة البترولية المحققة

في ضوء ما تحقق لمصر من تنمية احتياطيات وإنتاج الثروة البترولية، والتوقعات بأن التحول العالمي في نظام الطاقة، سوف يؤدي إلى تناقص حجم الأسواق العالمية للنفط والغاز، ويحتمل أن تواجه الدول المصدرة للنفط والغاز نقصاً في الدخل القومي، وفرص العمل خاصة مع تباطئ الاقتصادات العالمية بعد جائحة كورونا، فإن:



هناك حاجة إلى تعظيم الاستفادة من الثروة البترولية المتاحة، لزيادة إسهام القطاع في الدخل القومي الإجمالي، مع مساهمته في تنويع وزيادة الصادرات المصرية، وتنويع مجالات العمالة في القطاع.

2- تعزيز وتقوية النظم والشبكات الكهربائية، وضمان مرونتها

مع ما تحقق من زيادة القدرات الكهربائية المركبة، وتحديث وتقوية شبكات نقل وتوزيع الكهرباء، ومراكز التحكم، إلا أن مواكبة التحول في نظام الطاقة العالمي من حيث زيادة إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة ذات الطبيعة المتغيرة، وتنويع الاستفادة منها في قطاعات الاستهلاك النهائي يمكن أن يؤثر على استقرار الشبكات ويحد من مرونتها. لذا فأن:



هناك حاجة لمزيد من تطوير، وتقوية النظم والشبكات الكهربائية، وربطها بتقنيات تخزين تساعد على تنظيم إمدادها بالكهرباء المنتجة من المصادر المتجددة، ورقمنة نظم التحكم ذات الصلة وذلك لضمان تحقيق مرونتها.

3- زيادة فرص مشاركة القطاع في خفض الانبعاثات والحفاظ على البيئة

طبقاً لتقارير البلاغات الوطنية إلى سكرتارية الاتفاقية الإطارية لتغير المناخ في الأعوام (1999، 2010، 2016) فأن قطاع الطاقة يمثل أكبر مصادر الانبعاثات في مصر بنسب (71%، 61%، 59%). كما قدرت في عام 2019 بنحو 64.5%، بزيادة 9% عن عام 2016، رغم زيادة التوجه إلى رفع كفاءة الإنتاج وترشيد الاستهلاك، مما يعد مؤشراً على ارتباط ذلك بالزيادة المضطردة لمساهمة الفحم في خليط الطاقة الأولية، لذا فأن:



هناك ضرورة للعمل على زيادة فرص خفض الانبعاثات من أنشطة إنتاج واستخدام الطاقة في مصر، للحد من الآثار البيئية والصحية للقطاع، والوفاء بالتزامات مصر الدولية، وبما يناسب الظروف الوطنية. ذلك مع مراعاة التركيز علي القطاعات والتقنيات ذات التأثير الأعلى في تحقيق هدف خفض الانبعاثات، خاصة خفض استخدامات الفحم.

4-زيادة العوائد الاقتصادية والاجتماعية للتحول في نظام الطاقة

بينما يستهدف "التحول في نظام الطاقة العالمي" إحداث تحول مكثف نحو التقنيات منخفضة الكربون، فإنه أيضاً يسهم في تحقيق نمواً اقتصادياً واجتماعياً يفوق في قيمته ما يمكن أن ينفق على إحداثه. ولا يرتبط تقييم عوائد التحول في نظام الطاقة فقط بالتكلفة، ولكن أيضاً بالعوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لعناصره "زيادة أمن الطاقة"، وتمكين الصناعة المحلية، وتفادي الآثار البيئية والصحية.



فأن هناك دافعاً قوياً لمصر للتوجه إلى توطين صناعة التقنيات ذات الصلة، والعمل على توسيع أسواقها، لخلق فرص عمل إضافية ومتنوعة ضماناً لزيادة العوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لتحقيق التحول في نظام الطاقة المصري، مع إمكانية خفض في التكلفة الإجمالية لنظم الطاقة.

دال - حزمة التقنيات البازغة المقترحة لتحقيق التحول في القطاع

أ- المجموعة الأولى، وتتضمن عدداً من التقنيات الناضجة للطاقة المتجددة، والتي يتوافر لها إمكانيات تطبيقية واسعة في مصر، إلا إنها لم تحظ بالاهتمام السياسي والتشريعي المناسب لنشر استخداماتها على نطاق واسع، ومنها:

(1)- نظم الخلايا الشمسية الموزعة لإنتاج الكهرباء، المرتبطة بالشبكة والمستقلة.

(2) -تقنيات النظم الشمسية الحرارية، وتطبيقاتها في المباني والصناعة.

(3)- تقنيات ونظم الطاقة الحيوية لإنتاج الكهرباء، والاستخدامات الحرارية.

ب-المجموعة الثانية، هي مجموعة من التقنيات البازغة التي حققت تطوراً فنياً وتطبيقياً بمستويات متفاوتة على مستوى العالم، ولم تدخل بعد حيز التطبيق في مصر، ويمكن أن تمكن القطاع حال تطبيقها من زيادة الاعتماد على نظم إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة والحفاظ على مرونة الشبكات، وتتيح التوسع في استخدام الكهرباء المنتجة في تطبيقات جديدة على مستوى الاستهلاك النهائي.

(1)- تقنيات تخزين الطاقة الكهربائية "البطاريات أمام وخلف العداد".

(2)-السيارات الكهربائية، نظم الشواحن الذكية.

(3)- تقنيات إنتاج الهيدروجين الأخضر، وتطبيقاتها.

(4) -النظم الذكية لإدارة مرافق القطاع.

(5)-إدارة مخلفات نهاية العمر لمجمعات الخلايا الشمسية .

تقنيات تخزين الطاقة الكهربائية "البطاريات أمام العداد"

- هي بطاريات ثابتة صغيرة السعة لتخزين الكهرباء المنتجة من نظم الخلايا الشمسية والرياح، يتم ربطها بالشبكات الكهربائية، لتوفير المرونة للنظم الكهربائية من خلال:
- تنظيم توصيل الكهرباء المنتجة إلى الشبكات بما يتناسب مع الأحمال ويساعد في مواجهة أحمال الذروة.
- خفض التزامم على الشبكات، دون حاجة إلى وحدات توليد احتياطية، مما يؤدي إلى خفض في الاستثمارات.
- تطورت تقنيات "البطاريات أمام العداد"، تعددت أنواعها بقدرات تصل إلى المئات من (م. و. س)، أكثرها انتشاراً ونمواً هي بطاريات Lithium- ion، لانخفاض أسعارها مع تنامي استخدامها في السيارات الكهربائية. وقد حققت انتشاراً كبيراً على المستويين الصناعي والتطبيقي، حيث:

- تقوم بإنتاجها مجموعة من أكبر مصنعي العالم، ومنهم شركات "هيتاشي"، وتوشيبا، وباناسونك، وال.جي، وسامسونج، وسوني، وغيرهم.

- تم تنفيذ مشروعات لها بقدرات مختلفة، في دول متعددة منها ألمانيا، واليابان، والولايات المتحدة. وفي عام 2018، نفذت شركة PG&E بكاليفورنيا أكبر مشروع في العالم بقدرة (300 م.و/ 2270 م.و.س).

- توقعات تطور الطلب العالمي على البطاريات بين عامي 2017، 2030، وتوزيعه بين النظم (المركزية، والموزعة).
- تباينت التكلفة المتوازنة للأنواع المختلفة من البطاريات في التطبيقات المتنوعة، طبقاً لأسعار 2018، كان أقلها بطاريات " الليثيوم- أيون" والتي تراوحت تكاليفها بين (108- 140) دولار/م.و.س" لتلك المرتبطة بنظم الخلايا الشمسية الكبيرة. من المقدر حتى عام 2030، أن تنخفض تكاليف الأنواع المختلفة لتصل إلى 30-46% من أسعار عام 2018.

- هناك عدداً من التحديات التي تعيق انتشار "البطاريات أمام العداد" من أهمها، أن تكلفتها المبدئية مازالت عالية، وعدم وضوح رؤية أصحاب المصلحة حول فوائدها وتطورها، وغياب الإجراءات التنظيمية المشجعة لتنفيذ نظمها وربطها بالشبكات القائمة.

ويتم توصيل "البطاريات خلف العداد" بعدادات المنشآت التجارية، والصناعية والمنزلية، وتتراوح قدراتها ما بين (3) ك.و / (13.5) ك.و.س في القطاع السكني، وحوالي (2) م.و / (4) م.و.س في القطاع التجاري. وتوفر خدماتها لكل من:

- **المستهلكين**، زيادة الاستخدام الذاتي من الكهرباء المنتجة، وتوفير قدرة احتياطية للحالات الطارئة، وتحقيق وفر مالي في فواتير الاستهلاك، وإتاحة فرصة تبادل الكهرباء مع مشغلي الشبكات.

- **مشغلي الشبكات**: يمكن أن يسمح لمشغل الشبكة بالسحب من بطاريات العميل حال الحاجة، مما يساعد في الاستجابة لتغير الأحمال، وتنظيم ترددات الشبكات وتحقيق مرونتها.

- **خدمات إلى الشبكات الصغيرة**، إتاحة مصدر بديل لمولدات الديزل، وتوفير قدرة احتياطية للامدادات اللازمة للخدمات الاجتماعية، مما يحقق وفراً في الاستثمارات، ويخفض الانبعاثات الضارة.

- حققت البطاريات خلف العداد انتشاراً كبيراً يتزايد على مستوى العالم، وتتوعد تطبيقاتها، حيث سيصل عددها مع نظم الخلايا الشمسية الموزعة في ألمانيا إلى مائتي ألف نظام بنهاية 2020، وتستهدف أستراليا الوصول إلى مليون وحدة في عام 2025. وفي الولايات المتحدة تم تنفيذ العديد من الشبكات الصغيرة التي تعتمد عليها مع نظام تحكم ذكي، لتوزيع الكهرباء على منشآت تجارية وصناعية في مواقع متعددة.

- تباينت التكلفة المتوازنة للأنواع المختلفة من البطاريات خلف العداد في التطبيقات المتنوعة، حيث تراوحت تكاليف "الليثيوم - أيون" بين (315 - 366) دولار/م.و.س في القطاع الصناعي/التجاري، ووصلت إلى (476 - 735) دولار/م.و.س لتلك المستخدمة في القطاع المنزلي قدرات محدودة.

- التحديات التي تواجه انتشار البطاريات خلف العداد: التكلفة المبدئية المرتفعة، وغياب الإجراءات التنظيمية المشجعة، وخاصة اعتماد نظام تعريف وقت الاستخدام، وتسهيل إجراءات الربط بالشبكات.

سياسات تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة في مصر في ضوء التجارب الدولية

د. سحر عبود

مدرس الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي - مصر

Saharaboud2013@gmail.com

- دكتورة سحر عبود هي مدرس الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي
- كذلك تعمل مستشار اقتصادي بالمركز المصري للدراسات الاقتصادية.
- حاصلة على دكتوراه الفلسفة في الاقتصاد، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة.
- دكتوراه الفلسفة في الاقتصاد، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة.
- قامت بالمشاركة في العديد من البحوث والاستشارات والبرامج التدريبية المرتبطة بالتخطيط للتنمية المستدامة داخل معهد التخطيط القومي وخارجه، وتحديداً لدى وزارة التجارة والصناعة، والمركز المصري للدراسات الاقتصادية.
- بعض الأوراق المنشورة:
 - نوفمبر 2019، "مراجعة لأهم نتائج تقرير التنافسية العالمية بالتركيز علي مصر"، معهد التخطيط القومي.
 - أبريل 2018، "منظومة إدارة اراضي الدولة في مصر: الوضع الحالي ومقترحات التطوير"، المركز المصري للدراسات الاقتصادية.
 - مارس 2018، "الهجرة المختلطة: الوضع الدولي والإقليمي والمحلي بالتركيز علي الأطفال المصريين"، معهد التخطيط القومي.
 - يناير 2018، "سياسات تنمية الصادرات المصرية في ضوء المستجدات الدولية والإقليمية" معهد التخطيط القومي.

مستخلص

تعتبر الطاقة النظيفة أحد المحاور الرئيسية لتحقيق الأهداف الأممية للتنمية المستدامة 2030، وكذلك ضرورة لمواجهة التغيرات المناخية باعتبارها أكبر تحديات القرن الحادي والعشرين. الأمر الذي أكدته الأدبيات والعديد من الدراسات التطبيقية ذات الصلة. ويعتبر تحفيز إنتاج واستخدام الطاقة المتجددة توجه عالمي تبنته دول عديدة من مختلف المستويات التنموية. تتجاوز الدوافع وراء هذا التوجه الاعتبارات البيئية لتشمل العديد من الاعتبارات الاقتصادية والاجتماعية الأخرى. لذا انتشرت السياسات المساندة للطاقة المتجددة على مستوى العالم، فنحو 80% من الدول مرتفعة ومتوسطة الدخل تبنت هذه السياسات.

ومصر ليست بمعزل عن العالم في هذا الصدد، بل تعتبر الطاقة أحد المحاور الرئيسية لاستراتيجيتها الوطنية للتنمية المستدامة 2030، واستراتيجيتها الوطنية المستدامة والمتكاملة للطاقة 2035. خاصة وأن اعتمادها على المصادر التقليدية لتوليد الطاقة يتجاوز 90%، وهو ما يمثل تحدياً تنموياً وبيئياً، ويحد من القدرة على تحقيق التنمية المستدامة. لذا وضعت أهدافاً طموحة لزيادة مساهمة الطاقة المتجددة من إجمالي مزيج الطاقة لنحو

32.5% عام 2030، و42% عام 2035. ويتطلب تحقيق هذه الأهداف مضاعفة حجم الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة بكافة أنواعها.

على الرغم من وفرة الأدبيات الخاصة بالطاقة المتجددة من حيث أهميتها وسياسات نشرها، إلا أن الدراسات التي تتناول الاستثمار في الطاقة المتجددة محدودة، خاصةً على مستوى الدول النامية ومنها مصر. أثبتت أغلب الدراسات أهمية السياسات في دعم الاستثمار في الطاقة المتجددة خلال العقد الماضي، ومن المتوقع أن يستمر هذا الدور المحوري للسياسات لتحقيق أهداف استراتيجيات التنمية المستدامة الأممية والوطنية في المستقبل.

لذا تحاول الدراسة المساهمة في سد الفجوة المعرفية في هذا المجال من خلال إلقاء الضوء على سياسات تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة على مستوى العالم، واستعراض نتائج الدراسات التطبيقية ذات الصلة، ثم تناول تجربتين رائدتين في هذا الصدد، وهما التجربة الألمانية والتجربة الصينية. وأخيراً تناول الاستثمار في الطاقة المتجددة في مصر من خلال الوضع الحالي، وأهم الجهود المبذولة لتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة وبعض التحديات التي تعوقه. وتنتهي الدراسة باقتراح مجموعة من الإجراءات لزيادة فاعلية الجهود المبذولة حالياً في جذب الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة في مصر.

الكلمات الدالة: التنمية المستدامة، الاستثمار في الطاقة المتجددة، السياسات المالية والنقدية، دعم الوقود، مؤشر ممارسة الأعمال.

Stimulus Policies for Renewable Energy Investment in Egypt in Light of International Experiences

Abstract

Clean energy is considered one of the main pillars to achieve Global Sustainable Development Goals 2030, it also essential for treating climate change that is the biggest challenge in 21 century. This was confirmed by the literature and many relevant applied studies. Promoting production and use of renewable energy is a notable trend adopted by many countries from different development levels. . The drivers behind this trend go beyond environmental considerations to include many other economic and social considerations. Therefore, policies supporting renewable energy have spread around the world. About 80% of high and middle income countries have adopted these policies.

Egypt is not in isolation from the world in this regard. Rather, energy is considered one of the main axes of its national sustainable development strategy 2030, and its sustainable and integrated national energy strategy 2035. Especially since its dependence on traditional sources of energy generation exceeds 90%, which represents a developmental and environmental challenge and limits the ability to achieve development Sustainable. So it settled ambitious goals to increase the contribution of renewable energy from the total energy mix to about 32.5% in 2030 and 42% in 2035. Achieving these goals requires doubling the volume of investments in renewable energy of all kinds.

Despite the abundance of literature on renewable energy in terms of its importance and its stimulus policies, studies dealing with renewable energy investment are limited, especially at the level of developing countries, including Egypt. Most studies have demonstrated the importance of policies in supporting renewable energy investment during the past decade and it is expected that this pivotal role of policies will continue to

achieve the goals of international and national sustainable development strategies in the future.

Therefore, the study attempts to contribute to bridging the knowledge gap in this field by shedding light on the policies or incentives used to stimulate renewable energy investment all over the world. Review the results of relevant applied studies; examine two pioneering experiences in this regard, namely the German experience and the Chinese experience. Finally, it discusses renewable energy investment in Egypt through the current situation and the most important efforts made to stimulate it and some of the challenges that hinder it. The study ends with proposing a set of measures to increase the effectiveness of the efforts being made in attracting renewable energy investments in Egypt.

Keywords: Sustainable Development, Renewable energy investment, Fiscal & monetary policies, Fuel subsidies, Doing Business Index.

1. الاستثمار في الطاقة المتجددة على مستوى العالم خلال العقد الماضي:

من المؤكد أن الطاقة النظيفة هي حجر الزاوية في مستقبل أفضل للبشرية، خاصة وأن توليد الطاقة من المصادر التقليدية المتمثلة في الوقود الأحفوري يعد هو المساهم الأكبر على مستوى العالم في زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة التي أدت إلى ظاهرة التغيرات المناخية التي تعد أكبر تحديات التنمية المستدامة في القرن الحادي والعشرين (IPCC, 2014).

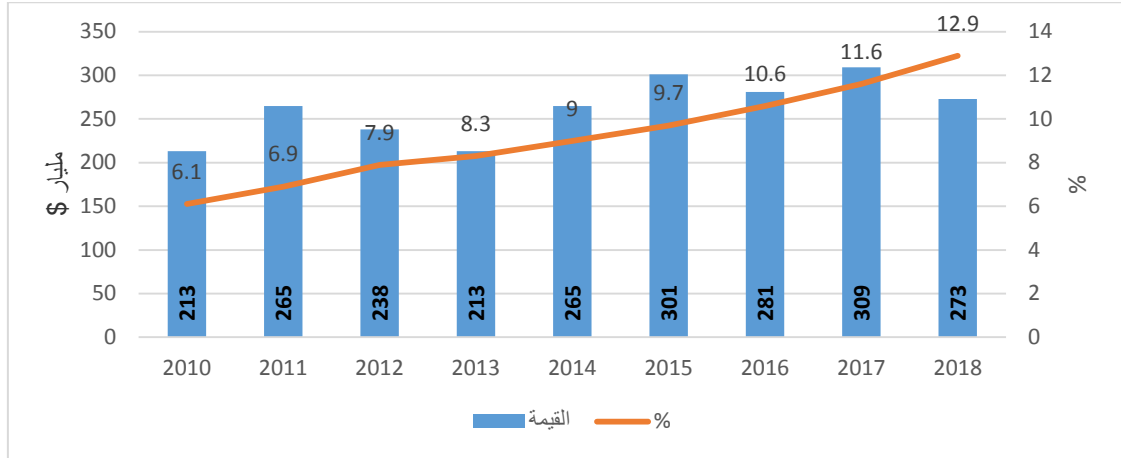
لذا أصبح هناك اتجاه عالمي تبنته الدول المتقدمة والنامية لزيادة مساهمة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة العالمي، ليس فقط بهدف تحقيق أهداف اتفاقية باريس للتغيرات المناخية¹، وإنما لتحقيق الأهداف الأممية للتنمية المستدامة 2030².

تساهم الطاقة المتجددة في مواجهة التغيرات المناخية وتحسين جودة الهواء والصحة وتوفير آفاقاً جديدة للمجتمعات خاصة فقيرة الطاقة، كما أن الاستثمار في الطاقة المتجددة يتيح فرصاً لمصادر جديدة للنمو، وتنويع الهيكل الاقتصادي، وخلق فرص العمل، ولزيادة تنافسية الصادرات خاصة في ظل ما تشهده السياسات التجارية من التوسع في تطبيق المعايير الفنية الخاصة بحجم الانبعاثات والمحتوي الكربوني، وتحديدًا من قبل الدول المتقدمة، وكذلك الاندماج في سلاسل القيمة العالمية والإقليمية، بالإضافة إلى تأمين مصادر متنوعة للطاقة لمواجهة تقلبات أسعار النفط (عبود، سحر، 2017).

¹ تستهدف اتفاقية باريس للتغيرات المناخية الإبقاء على ارتفاع متوسط درجة الحرارة في العالم في حدود أقل من درجتين فوق مستوى ما قبل الحقبة الصناعية، وتوفير التمويل للتكنولوجيات منخفضة انبعاثات الغازات الدفيئة (Article 2; UNFCCC, 2015).

² ضمت الأهداف الأممية للتنمية المستدامة 17 هدفاً رئيسياً، منها الهدف السابع الذي يركز على ضمان حصول الجميع على طاقة موثوقة ومستدامة بتكلفة ميسورة. (الأمم المتحدة، 2016).

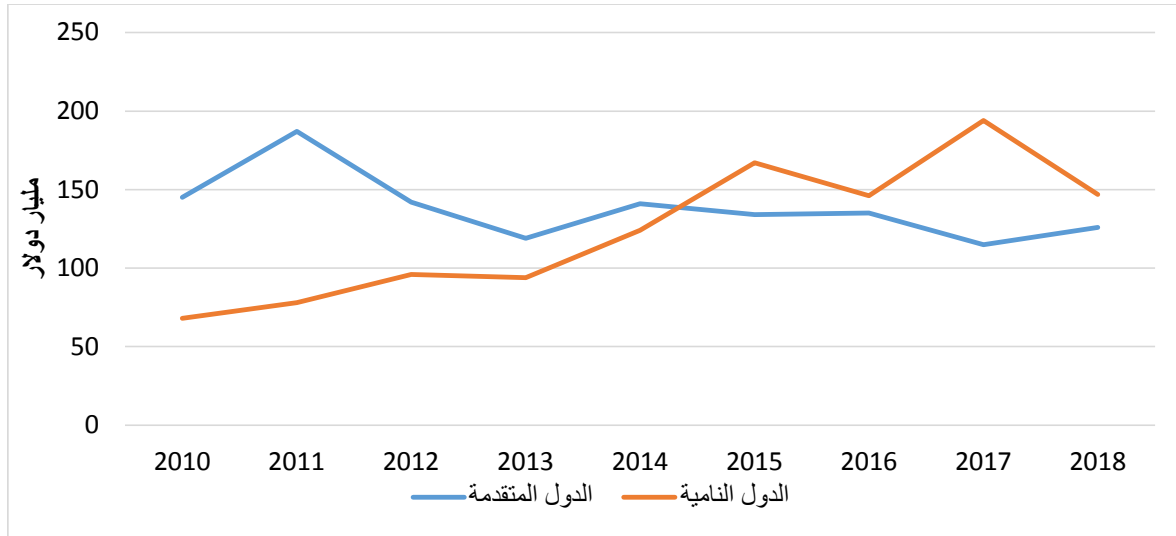
وفقاً لتقرير لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP، تطور الاستثمار العالمي في الطاقة المتجددة من نحو 213 مليار دولار عام 2010 حتى وصل إلى 273 مليار دولار عام 2018، وكانت أكبر زيادة محققة عام 2017 والتي وصل فيها إلى 309 مليار. أدى ذلك إلى زيادة نصيب الطاقة المتجددة من إجمالي الطاقة المولدة عالمياً من 6.1% عام 2010 إلى 12.9% عام 2018. كما هو موضح من الشكل رقم (1):



شكل (1) تطور الاستثمارات في الطاقة المتجددة ونصيب الطاقة المتجددة من إجمالي الطاقة المولدة على مستوى العالم خلال الفترة (2008 - 2010).

المصدر: إعداد الباحث بناء على بيانات (UNEP, 2019).

بلغ إجمالي قيمة الاستثمارات في الطاقة المتجددة نحو 2.6 تريليون دولار خلال الفترة 2010 - 2019، وهو ما يمثل تقريباً ثلاثة أضعاف قيمة ما تم استثماره في العقد السابق. وعلى الرغم من أن الدول المتقدمة تعتبر صاحبة النصيب الأكبر من هذه الاستثمارات، إلا أن الدول النامية بقيادة الصين والهند والبرازيل زادت استثماراتها بشكل ملحوظ حتى تجاوزت استثمارات الدول المتقدمة كما هو موضح من الشكل رقم (2).



شكل (2) تطور الاستثمارات العالمية خلال الفترة 2007 - 2018.

المصدر: إعداد الباحث بناء على بيانات (UNEP, 2019).

وعن توزيع الاستثمارات على تكنولوجيات الطاقة المتجددة يتضح أن الطاقة الشمسية استأثرت بنحو نصف هذه الاستثمارات (1.3 تريليون دولار)، يليها طاقة الرياح تريليون دولار، والوقود الحيوي وطاقة المخلفات نحو 115 مليار دولار (UNEP, 2019).

وعلى مستوى الدول، جاءت الصين في مقدمة الدول من حيث نصيب الاستثمارات في الطاقة المتجددة حيث بلغت استثماراتها نحو 758 مليار دولار أمريكي بين عامي 2010 والنصف الأول من عام 2019، في حين احتلت الولايات المتحدة المرتبة الثانية بمبلغ 356 مليار دولار أمريكي، واحتلت اليابان المرتبة الثالثة بمبلغ 202 مليار دولار أمريكي. أما أوروبا استثمرت نحو 698 مليار دولار خلال العقد الماضي، واستأثرت ألمانيا بالنصيب الأكبر من هذه الاستثمارات بنحو 179 مليار دولار منها، يليها الولايات المتحدة الأمريكية. كذلك تعتبر الهند مستثمر ذو أهمية متزايدة في الطاقة المتجددة؛ حيث أعلنت التزامها بنحو 90 مليار دولار استثمارات في الطاقة المتجددة لعام 2019. ويأتي إقليم الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في مؤخرة الدول من حيث قيمة الاستثمارات في الطاقة المتجددة، إلا أنه ينمو بمعدلات متزايدة (UNEP, 2019).

أسفرت الاستثمارات السابقة عن زيادة تنافسية إنتاج الطاقة المتجددة نتيجة لانخفاض تكلفة تكنولوجيات الطاقة الشمسية بنحو 80%، و47% في حالة طاقة الرياح مقارنةً بتكلفتها عام 2009، ومتوقع أن تستمر في الانخفاض.

قدرت الوكالة الدولية للبيئة الاحتياجات الاستثمارية التراكمية المطلوبة لتحقيق أهداف اتفاقية باريس للتغيرات المناخية بنحو 6 تريليون دولار بحلول 2040. لذا يعتبر تعبئة الاستثمارات في الطاقة المتجددة مطلباً أساسياً لتحقيق أهداف الاتفاقية (IEA, 2014).

2. سياسات تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة: إطار نظري وتطبيقي

2-1 سياسات تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة

يعتبر تحفيز إنتاج واستخدام الطاقة المتجددة توجهاً عالمياً تبنته دول عديدة من مختلف المستويات التنموية. تتجاوز الدوافع وراء هذا الاتجاه الاعتبارات البيئية لتشمل العديد من الاعتبارات الاقتصادية والاجتماعية. لذا انتشرت السياسات المساندة للطاقة المتجددة على مستوى العالم، فنحو 80% من الدول مرتفعة ومتوسطة الدخل تبنت هذه السياسات (Polzin, F et al. 2019).

يتطلب تهيئة البيئة الملائمة لتحفيز الاستثمار الخاص في الطاقة المتجددة أن يتم تصميم سياسات قوية ومتسقة للتغيرات المناخية بشكل عام. وتتعدد الأدوات الاقتصادية وغير الاقتصادية التي يمكن استخدامها لتحقيق أهداف هذه السياسات: فقد تقوم الدولة بوضع تشريعات بيئية تتضمن حدوداً للانبعاثات المسموح بها، أو مواصفات محددة للمنتجات أو طرق الإنتاج، بحيث تضمن عدم تجاوز الانبعاثات لحد معين. يضاف إلى ذلك اتجاه دول عديدة لتسعير الانبعاثات سواء من خلال تسعير الكربون والانبعاثات أو تصاريح التلوث³. وهى أدوات استخدمتها دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ومنها الاتحاد الأوروبي كنوع من التنظيمات المستخدمة للحد من الانبعاثات الكربونية. ويكمن جوهر استخدام الأدوات الاقتصادية بمختلف أنواعها في تطبيق مبدأ "الملوث يدفع" Polluter Pays Principle⁴.

يضاف إلى ذلك الحوافز التي تستخدم لتحفيز إنتاج واستخدام الطاقة المتجددة، وزيادة كفاءة استخدام الطاقة، وتشجيع الاستثمار والابتكار في التكنولوجيات الخاصة بهما من خلال رفع الدعم عن الوقود الأحفوري، وكذلك دعم البحث والتطوير في التكنولوجيات منخفضة الانبعاثات والطاقة المتجددة (OECD, 2016).

قدر صندوق النقد الدولي أن دعم الوقود الأحفوري يتراوح ما بين 500 مليار دولار إلى 2 تريليون دولار سنوياً. يعتبر هذا الإنفاق مزاحمة على الأولويات الأخرى للإنفاق العام، وكذلك مزاحمة للإنفاق على أنشطة أخرى ضرورية لدعم الاستثمارات الخاصة في مجالات الطاقة المتجددة ومنها البنية التحتية والبحث والتطوير. يضاف إلى ذلك ما يسببه هذا الدعم من تشوهات سعرية تجعل

³ أحد الآليات التي يمكن من خلالها التحكم في كمية التلوث؛ تحدد السلطات المحلية في كل دولة كمية التلوث المسموح بها في كل منطقة، ثم تصدر تصاريحاً أو أدوناً قابلة للتداول بناءً على سعر يتحدد وفقاً للخسارة الاجتماعية يقوم الملوث بشرائها وتسمح له بكمية من التلوث تعادل قيمة التصاريح التي يملكها. وبعد برنامج الاتحاد الأوروبي لتجارة الانبعاثات EU Emission Trading Scheme EU ETS من أشهر تطبيقات تصاريح التلوث على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (WTO and UNEP, 2009).

⁴ إذا صممت الأدوات الاقتصادية بشكل سليم فإنها تكون أكثر كفاءة وديناميكية عن الأدوات غير الاقتصادية؛ حيث توفر الأولي للشركات مزيد من المرونة في اختيار التقنية الملائمة لها للحد من التلوث وفقاً لظروف كل منشأة. كما أنها تحقق الكفاءة الديناميكية من خلال أنها تمثل حافزاً مستمراً لابتكار الآت وتقنيات جديدة للحد من التلوث (Albrizio, S. et al, (2014).

أسعار الطاقة التقليدية تنافسية أمام مصادر الطاقة المتجددة، مما يدفع المستهلكين للإفراط في الاستهلاك، ويدفع المنتجين لتخفيض استثماراتهم في الطاقة المتجددة، مما يسبب نزوب للموارد الطبيعية، وبالتالي يعتبر الصندوق أن إصلاح الدعم أساسي لحفز الاستثمار في الطاقة المتجددة (IMF, 2013).

بجانب التنظيمات الخاصة بالتغيرات المناخية والتي تخلق طلباً على الطاقة المتجددة والتكنولوجيات منخفضة الانبعاثات، تتنوع الأدوات والحوافز التي تستخدمها الدول على مستوى جانب العرض لتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة، فمنها الأدوات المالية والنقدية، وسياسات التعليم في مجالات مرتبطة بتكنولوجيات الطاقة المتجددة، وتحسين الأطر التنظيمية، وسياسات محددة يتم تصميمها لدعم البحث والتطوير في تكنولوجيات الطاقة المتجددة. وتعتبر الحوافز المالية والنقدية من أشهر الأدوات المطبقة بما فيها تعريفه التغذية، والمنح، والقروض الميسرة، والحوافز الضريبية (Azhgaliyeva, Det al., 2018).

تتعدد التصنيفات التي تخص هذه الأدوات والحوافز، إلا أنه وفقاً للوكالة الدولية للطاقة (IEA) والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) يمكن تقسيم السياسات الداعمة إلى أربعة أنواع تستخدم لتحفيز الاستثمارات في الطاقة المتجددة:

1. الأدوات المالية والنقدية:

- الاستثمار العام المباشر: أي تقوم الهيئات الحكومية بالاستثمار بشكل مباشر في توليد الطاقة المتجددة، خاصة في المراحل الأولى لهذه التكنولوجيات والتي لا يقبل عليها القطاع الخاص نظراً لارتفاع المخاطرة (2018 Geddes A, Schmidt TS, Steffen B.).
- تعريفه التغذية (Feed In Tariff (FIT): تعني اتفاقية طويلة الأجل تضمن بيع الكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة وفقاً لسعر ثابت غالباً أعلى من مستوى السوق (Lipp, 2007).
- عطاءات تنافسية لاتفاقيات شراء الطاقة (Auction for Power Purchasing agreement): وتعني تنظيم مناقصات لحصة معينة من مستلزمات إنتاج الطاقة المتجددة أو تعويض الفائزين في المزادات بأسعار تفوق الأسعار القياسية في الأسواق.
- استرداد ضريبة الإنتاج: وتعني منح المستثمر أو مالك الأصل المؤهل إعفاءات من ضرائب الإنتاج أو أرصدة بقيمة ضرائب الإنتاج سنوياً بناءً على كمية الطاقة المولدة خلال العام.
- المنح: وتعني دعم رأس المال أو منح للمستهلكين لمرة واحدة لتغطية نسبة من النفقات الرأسمالية المرتبطة بالطاقة المتجددة.

- تمويل مدعم للمستثمرين بأسعار وشروط ومدد ميسرة.
- تخفيضات من ضرائب الدخل مقابل جزء أو كامل ما تم إنفاقه على الاستثمار في الطاقة المتجددة.

- منح ضمانات للمستثمرين من القطاع الخاص لضمان شراء الكهرباء المولدة.

2. الأدوات السوقية: ومنها ضرائب الكربون، أي ضرائب تفرض على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أو إنتاج الوقود الأحفوري، وشهادات الكربون أو شهادات تبادل الانبعاثات، والشهادات الخضراء والتي تسمح بتداول شهادات الطاقة المتجددة ما بين المنتجين والمستهلكين (Goulder LH, Parry IWH., 2008).

3. التنظيمات: وتضم وضع مواصفات ومعايير لمزيج الطاقة محدد بها نسبة الطاقة المتجددة أو وضع حصص للطاقة المتجددة، أي أدوات كمية لإجبار الشركات على الالتزام بنسب معينة من الطاقة المتجددة. وكذلك تبادل مزدوج لتدفقات الكهرباء ما بين موزعي الشبكة والمستهلكين. (Jacobsson S, Lauber V, 2006).

وأخيراً، قد تكون السياسات في صورة تخطيط لأهداف استراتيجية طويلة الأجل للطاقة المتجددة، دعم البحث والتطوير أو منح إعفاءات أو استرداد للضرائب على نشر الطاقة المتجددة. أثبتت أغلب الدراسات أهمية السياسات في دعم الاستثمار في الطاقة المتجددة خلال العقد الماضي، ومن المتوقع أن يستمر هذا الدور المحوري للسياسات لتحقيق أهداف 2030 كما سبق وأشرنا. خلال عام 2018، طبقت نحو 111 دولة تعريفية التغذية، بينما 48 دولة على الأقل طبقت مزادات الطاقة المتجددة، ونحو 66 دولة طبقت سياسات صافي الاستهلاك (REN21, 2019).

يخضع مزيج السياسات الذي تستخدمه كل دولة لعدد من المتغيرات ومنها طبيعة السوق وتطور تكنولوجيات الطاقة المتجددة وأولويات السياسات. فعلى الرغم من انتشار تطبيق تعريفية التغذية إلا أنها أصبحت محل انتقاد نتيجة لارتفاع أسعار التجزئة للكهرباء المولدة وفقاً لتعريفية التغذية إذا كانت تمولها الحكومة، وفي ذات الوقت ارتفاع العبء على موازنة الدولة إذا مولتها الحكومة. ومع انخفاض تكنولوجيات الطاقة المتجددة بدأت الحكومات تخفض تعريفية التغذية لديها وتتجه إلى الأدوات التحفيزية الأخرى، ومنها المزادات والمناقصات التنافسية، وعقود شراء الطاقة طويلة الأجل، وهذا أمر ملحوظ سواء في الاقتصادات الناشئة مثل الصين والبرازيل والهند وجنوب أفريقيا، وكذلك في دول متقدمة مثل دول الاتحاد الأوروبي (REN21, 2019).

2-2 دور السياسات كمحدد للاستثمار في الطاقة المتجددة: الدراسات التطبيقية

يتطلب تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة إلقاء الضوء أولاً على المحددات الرئيسية له. وعلى الرغم من تنامي الأدبيات الخاصة بالطاقة المتجددة من حيث أهميتها وسياسات تحفيز الطلب عليها، إلا أن الدراسات التي تتناول الاستثمار في الطاقة المتجددة محدودة، خاصة على مستوى الدول النامية ومنها مصر.

استهدفت دراسة (Geraldine, Ang, et al, 2017) تقييم أثر سياسات التغيرات المناخية وجودة بيئة الاستثمار بشكل عام على الاستثمار والابتكار في الطاقة المتجددة لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ومجموعة العشرين باستخدام تحليل قياسي. حاولت الدراسة أيضاً تقييم كيف تتفاعل بيئة الاستثمار في الدول مع السياسات الخاصة بالتغيرات المناخية وتأثير ذلك على أنشطة الاستثمار والابتكار في الطاقة المتجددة. وحاولت تفسير الاستثمار والابتكار في الطاقة المتجددة من خلال 70 متغير مفسر تم تجميعهم في مجموعات على النحو الآتي: مجموعة المتغيرات التي تعكس سياسات التغيرات المناخية، متغيرات الاستثمار البيئي، متغيرات الابتكار البيئي، مجموعة من المتغيرات الأخرى بخلاف السياسات.

تم إجراء نموذجين قياسيين (two Poisson-family regression models) الأول لمحددات تدفقات الاستثمار في الطاقة المتجددة خلال الفترة 2000 وحتى 2014، والثاني لمحددات الابتكار في الطاقة المتجددة من 2000 وحتى 2012. توصلت الدراسة إلى أنه يوجد تأثير إيجابي لسياسات التغيرات المناخية على الاستثمار والابتكار في الطاقة المتجددة. كما أوضحت أن الاستثمار في الطاقة المتجددة في الدول محل الدراسة كان مدفوعاً بالأساس بحوافز لتشجيع الاستثمار وتحديد تعريفة التغذية، تسعير الكربون، البحث والتطوير وشهادات الطاقة المتجددة وغيرها وعلى الرغم من كون هذه الحوافز استخدمت من قبل دول متقدمة وأخرى ناشئة إلا أن التأثيرات كانت مختلفة فالأثر الإيجابي المرتبط بتعريفة التغذية وشهادات الطاقة المتجددة تحقق بالنسبة للدول المتقدمة أما المزايدات العامة كانت لها تأثير إيجابي في الاقتصادات الناشئة. أما بالنسبة لباقي السياسات الخاصة بالتغيرات المناخية فكانت نتائجها مختلفة وفقاً للأقاليم، تسعير الكربون كان محدداً للاستثمار في الاتحاد الأوروبي والاقتصادات الناشئة وكذلك حفزت الاستثمار في الطاقة الشمسية عبر دول المنظمة ومجموعة العشرين. بينا معدلات ضرائب الطاقة دفعت نمو الاستثمارات في الطاقة الشمسية عبر دول المنظمة ومجموعة العشرين. كما أكدت النتائج أن تقوية البيئة العامة للاستثمار بالتوازي مع سياسات مناسبة للتغيرات المناخية دفعت الاستثمار والابتكار في الطاقة المتجددة في دول المنظمة ومجموعة العشرين. وضمت الدراسة مجموعة من المتغيرات التي تعكس البيئة العامة للاستثمار، ومنها مؤشر ممارسة أنشطة الأعمال (DB) السياسة

الاستثمارية (تسجيل الملكية، الفساد، الأطر التنظيمية للطاقة الشمسية وكذلك التيسيرات التي تقدم للمستثمرين من التراخيص الخاصة بأنظمة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، بالإضافة إلى سياسة دعم المنافسة ومنها مدي هيمنة الحكومة المباشرة على الشركات، والسياسة التجارية ومدى سهولة التجارة عبر الحدود للمعدات والآلات، وكذلك السياسات المالية ومنها الائتمان الممنوح للقطاع الخاص.

وعن تأثير السياسات الاستثمارية الكلية الداعمة على قرارات الاستثمار في الطاقة المتجددة، توصلت دراسة لمنظمة التعاون والتنمية الاقتصادية إلى أن السياسات الداعمة للاستثمار تشمل عدم التمييز ضد المستثمر الأجنبي ولصالح المحلي، ودعم سياسة المنافسة، حماية المستثمر وتشمل حماية حقوق الملكية الفكرية والتي تضمن للمستثمر حقه في جني ثمار ما قام به من ابتكارات. يضاف إلى ذلك إنفاذ العقود، الشفافية، كلها اعتبارات اذا توافرت تزيد من ثقة المستثمر وتدفعه للاستثمار كثيف رأس المال والتكنولوجيا مثل الاستثمار في الطاقة المتجددة (OECD,2015).

في دراسة أخرى استهدفت التعرف على محددات الاستثمار في الطاقة المتجددة على مستوى دول الاتحاد الأوروبي (27 دولة) باستخدام بيانات Panel للفترة من 1995 وحتى 2011. وبالاعتماد على نموذج الآثار العشوائية (Random effect) توصلت الدراسة إلى أن التنظيمات المتشددة وانخفاض ساعات الشمس أدت إلى ارتفاع الاستثمار في طاقة الرياح عن الطاقة الشمسية.

قامت دراسة (Eyraud,L. et al, 2013) بتحليل اتجاهات ومحددات الاستثمار في الطاقة المتجددة باستخدام نموذج بيانات Panel (تجمع بين بيانات سلاسل زمنية ومقطعية) لنحو 35 دولة متقدمة وناشئة خلال الفترة من 2004 وحتى 2010. توصلت الدراسة إلى أن الاستثمارات الخضراء كانت محدداً رئيسياً لنمو قطاع الطاقة بمعدلات متسارعة وبقيادة الصين. توصلت الدراسة إلى أن النمو الاقتصادي يعتبر محدداً رئيسياً للاستثمارات الخضراء بالإضافة إلى نظام مالي ميسر بأسعار فائدة مخفضة، إلى جانب ارتفاع أسعار البترول. وخلصت الدراسة إلى أن هناك تأثيراً إيجابياً للسياسات والتدخلات الحكومية ومنها تسعير الكربون وتعريفية التغذية والتي تدفع بالضرورة لاستخدام الطاقة المتجددة على الاستثمار الأخضر. وعلى عكس ما هو متوقع لم تؤكد الدراسة الأثر السلبي لدعم الوقود الأحفوري على زيادة الاستثمارات في الطاقة المتجددة.

بعض الدراسات سعت لدراسة تأثير سياسات محددة على الاستثمار في الطاقة المتجددة ومنها دراسة (Dina et al,2018) أجريت على 13 دولة خلال الفترة من 2004 وحتى 2016 لتحديد أثر أربعة سياسات مالية ونقدية وهي تعريفية التغذية، الضرائب، المنح والمعونات والقروض على الاستثمار الخاص في الطاقة المتجددة، هذا بالإضافة إلى مجموعة أخرى من المتغيرات المفسرة

ومنها الإنفاق الحكومي على البحث والتطوير، أسعار البترول، أسعار الطاقة المتجددة. بتطبيق نموذج (random-intercept and random-coefficient model multilevel) أكدت النتائج فاعلية اثنين من الأدوات المالية والنقدية في تحفيز الاستثمار الخاص في الطاقة المتجددة، وهما تعريف التغذية والقروض، بينما لم تبرهن على أهمية أدوات أخرى وتحديد الضرائب والمنح والدعم. كذلك برهنت النتائج على وجود أثر إيجابي لأسعار البترول على حفز الاستثمار الخاص نتيجة الأثر التحويلي الناتج عن ارتفاع أسعار البترول، والذي يؤدي إلى انخفاض الطلب على الطاقة التقليدية لصالح الطلب على الطاقة من مصادر متجددة.

توصلت دراسات أخرى عديدة إلى أنه ليس فقط القروض وتعريف التغذية كمؤشرات للدعم المالي والنقدي هي التي لها تأثير إيجابي على الاستثمار في الطاقة المتجددة، فهناك أثر إيجابي لأدوات أخرى عديدة منها الاستثمار المباشر، المنح، الإنفاق على البحث والتطوير، الأدوات السوقية ومنها تسعير الكربون وشهادات تبادل الانبعاثات. (Marques et al, 2010; Aguirre and Ibikunle, 2014).

بدأت دراسات حديثة إدخال متغيرات أخرى مثل الحوكمة والسياسات التجارية بجانب السياسات والحوافز الحكومية كمحددات تؤثر على الاستثمار في الطاقة المتجددة. ومنها دراسة (Bellakhal, R, et al, 2017) التي حاولت قياس العلاقة بين الحوكمة والانفتاح والاستثمار في الطاقة المتجددة باستخدام بيانات Panel لنحو 15 دولة من إقليم الشرق الأوسط وشمال أفريقيا خلال الفترة من 1996 وحتى 2003. واستخدمت الدراسة ست متغيرات لتعكس الحوكمة وهي الفساد، البيروقراطية، الاستقرار الحكومي، الصراعات الداخلية، بيئة الاستثمار، إنفاذ القانون. توصلت الدراسة إلى أن الحوكمة محدد هام في قرار الاستثمار في الطاقة المتجددة في دول الدراسة. يضاف إلى ذلك أن الانفتاح التجاري كذلك محدد هام في هذا القرار. ويعتبر ضعف الأبعاد المعبرة عن الحوكمة وتشوهات السياسات التجارية أحد الأسباب الرئيسية لتواضع حجم الاستثمارات في الطاقة المتجددة على مستوى الإقليم. توصلت الدراسة إلى الأثر الإيجابي للفساد على استثمارات الطاقة المتجددة بررت ذلك إلى أن الفساد أحياناً قد ييسر من الإجراءات الإدارية الصعبة في ظل بيئة مؤسسية غير داعمة للاستثمار. بالإضافة لذلك، أكدت الدراسة على أهمية العوامل الأخرى في دفع الاستثمارات في الطاقة المتجددة، ومنها نمو الدخل والسكان، زيادة نصيب الطاقة التقليدية في مزيج الطاقة، وحجم الواردات من الطاقة.

حاولت دراسات أخرى تقييم كفاءة السياسات والحوافز المختلفة في دفع الاستثمار في الطاقة المتجددة. ومن هذه الدراسات: دراسة (Burer. J. M and Wustenhagen, 2009) والتي فيها قام الباحثون بإجراء استبيان لنحو 60 متخصص في الاستثمار من الاتحاد الأوروبي وشمال

أمريكا لمعرفة تقييمهم لسياسات تحفيز الطاقة المتجددة وإلى أي مدى حفزتهم على القيام بالاستثمار في التكنولوجيات المرتبطة بالطاقة المتجددة. خلصت الدراسة إلى أن تعريف التغذية وخفض دعم الوقود الأحفوري هما أكثر السياسات تأثيراً، خاصة وأن تعريف التغذية تعتبر آلية فعالة لتخفيض مخاطر الاستثمار. أجمع المستثمرون محل الدراسة إلى أن هناك حاجة لتبني مزيج متسق ومتكامل من السياسات لتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة على أن يضم هذا المزيج سياسات تحفز الطلب والاستخدام وأخرى تحفز الاستثمار والإنتاج. ويعتبر المستثمرون أنه بالرغم من أهمية السياسات الداعمة في تشجيعهم على الاستثمار في الطاقة المتجددة وتكنولوجياتها، إلا أنها وحدها غير كافية دون توافر بيئة استثمار عامة داعمة تضمن لهم في النهاية فرصة استثمارية مجزية. وأنه على صانعي السياسات أن يتواصلوا بشكل سليم مع المستثمرين، خاصة من منهم حذر بشأن التدخلات الحكومية، وذلك لشرح سياسات الدولة لدعم الاستثمار وضمانها لمخاطره.

انطلاقاً من أن بعدي المخاطر والعائد هما البعدين الأهم في قرار الاستثمار ومدى الجدوى من أي فرص استثمارية في أي مجال ومنها الطاقة المتجددة. لذا فإن تقييم تأثير السياسات على جذب المستثمرين يكون من خلال أثر السياسات على تخفيض المخاطر، أو زيادة العوائد، أو كليهما معاً (Wustenhagen R, Menichetti E., 2012).

يوجد ثلاثة أنواع من المخاطر ينبغي تداركها لتأثيرها على قرار الاستثمار في الطاقة المتجددة، وهي المخاطر التنظيمية أي التي ترتبط بتعقد الإجراءات والبيروقراطية والفساد، مخاطر سياسية وتشمل عدم الاستقرار السياسي، والمخاطر الأخرى التي تضم المخاطر الفنية والإنشاءات والتشغيل والمخاطر المالية والبيئية هي الأقل أهمية. لذا فإن مواجهة هذه المخاطر من خلال توفير أطر سياسية مستقرة وقابلة للتنبؤ شرط أساسي لجذب الاستثمارات في الطاقة المتجددة، خاصة المشروعات ذات النطاقات الكبيرة. (Komendantova, N., et al, 2012).

حاولت دراسة (Polzin. F et al, 2019) تقييم أثر السياسات على الاستثمار في الطاقة المتجددة من خلال مراجعة لنحو 96 دراسة تطبيقية حول أثر سياسات تحفيزية محددة للطاقة المتجددة، وتقييم نتائج هذه الدراسات تعرضوا لأثر السياسات على بعدي العائد والمخاطر من وجهة نظر المستثمر. خلصت الدراسة إلى أن تصميم السياسات إذا راعى بعدي العائد والمخاطر في قرار المستثمر يكون أكثر فعالية على جذب المستثمر للاستثمار في مجالات الطاقة المتجددة مقارنة بتركيز السياسات على بعد واحد فقط. يؤثر توافر المصداقية والقدرة على التنبؤ (credibility and predictability) بشكل إيجابي على تخفيض مخاطر الاستثمار، لذا فإن تصميم السياسات ينبغي أن يضمن تحقق ذلك. قدمت الدراسة الدليل على ذلك من مراجعة مدى نجاح سياسات معينة، وتحديداً تعريف التغذية والمزادات ومعايير الطاقة المتجددة في جذب المستثمرين في العديد

من الدول المتقدمة والناشئة، إذا ما صممت بطريقة تعمل على تحقيق العوائد وتدنية المخاطر معاً وتضمن المصداقية والقدرة على التنبؤ.

من العرض السابق للدراسات يتضح أهمية السياسات المحفزة للاستثمار في الطاقة المتجددة، إلا أن تأثيرها يظل رهناً بالسياسة العامة للتغيرات المناخية، ودعم الطاقة التقليدية، والبيئة الكلية للاستثمار، واعتبارات الحوكمة، هذا إلى جانب القدرة على تصميم السياسات بشكل متسق، ويراعي بعدي العائد والمخاطر، ويحقق المصداقية والقدرة على التنبؤ.

3. تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة في ألمانيا والصين:

وفقاً لما رصده تقرير لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP تصدرت الصين وألمانيا قائمة الدول الأكثر استثماراً في الطاقة المتجددة على مدي العقد الماضي. ومن المؤكد أن هذا الاستثمار يعكس أولويات وأهداف معينة تخص كل دولة، وبالتالي لا يمكن تعميم تجربة أي منهما؛ حيث تعكس كل تجربة الخصائص المنفردة لكل دولة سياسياً واقتصادياً واجتماعياً.

لذا يهدف هذا الجزء إلى إلقاء الضوء على أهم السياسات التي اتبعتها كل منهما لتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة، بهدف الخروج ببعض الدروس المستفادة لأخذها في الاعتبار في الحالة المصرية.

3-1 ألمانيا

ترجع جهود ألمانيا في مجال الطاقة المتجددة إلى منتصف السبعينيات، عقب أزمة البترول العالمية مباشرة. إلا أن هذه الجهود قد ركزت بشكل حصري على البحث والتطوير خلال تلك الفترة، ولم تتطور إلى سياسة شاملة إلا بعد حدوث كارثة تشيرنوبل النووية عام 1986. منذ ذلك الوقت كانت الحكومة قادرة على وضع مجموعة السياسات العامة الفعالة في مجال كفاءة واستدامة الطاقة، وكذلك مجموعة من الحوافز الفعالة لتشجيع القطاع الخاص على توسيع استثماراته في الطاقة المتجددة خاصة الرياح، وهو ما جعل ألمانيا تتبوأ مكانة متقدمة في توليد الطاقة المتجددة، إذ إنها تحتل المرتبة الأولى من حيث القدرة الإنتاجية المثبتة في طاقة الرياح، والمرتبة الثانية في الطاقة الشمسية.

ولعل أهم هذه السياسات التي وصلت بألمانيا إلى هذه المكانة المتقدمة هو قانون مصادر الطاقة المتجددة الصادر عام 2000، والذي ثبتت فاعليته الشديدة في تحفيز إنتاج الطاقة المتجددة، وكذلك برنامج المناخ والطاقة المتكامل 2007، بالإضافة إلى وثيقة الطاقة 2010 والتي وضعت المبادئ العامة الحاكمة لإنتاج مزيج متكامل من الطاقة بحلول 2050، وقد ركزت الوثيقة على الطاقة المتجددة كأحد الأركان الأساسية في عرض الطاقة المستقبلي (IEA,2013).

استهدفت جميع هذه السياسات جعل ألمانيا واحدة من أكثر الاقتصادات كفاءة في الطاقة وصدقة للبيئة في العالم، مع ضمان أن تكون أسعار الطاقة في المتناول من ناحية، وتحقيق مستويات عالية من الرفاهة الاقتصادية في الوقت ذاته من ناحية أخرى. وقد كانت وثيقة "طاقة الرياح - Energiewende" هي الموجة الرابعة من السياسات، والتي تضمنت سبعة إجراءات تشريعية لدعم الطاقة المتجددة، وتوسيع الشبكة، وتعزيز كفاءة الطاقة.

بشكل محدد، فقد استند النهج الألماني في تعزيز الاستثمار في الطاقة المتجددة على أربع أدوات رئيسية من بين أدوات أخرى، وهي: دعم استثماري مباشر، وقروض مدعمة وتخفيضات وإعفاءات ضريبية، ودعم التكاليف التشغيلية من خلال تعريف التغذية (Bechberger. M and Danyel. (R., 2004).

يضاف إلى ذلك خصصت ألمانيا نحو 3% سنوياً للإنفاق على البحث والتطوير في تكنولوجيات الطاقة المتجددة. كما أن مؤسساتها التعليمية والتدريبية شملت على العديد من التخصصات في مجالات الطاقة المتجددة، وصلت إلى 144 تخصصاً (كافي، فريدة، 2016).

في واقع الأمر، لقد عبرت الحكومة مراراً عن دعمها وعزمها التوجه نحو أسواق طاقة أكثر تنافسية كوسيلة لتخفيض أسعار الطاقة. ولكن في الوقت ذاته، عملت أيضاً على بناء شركات طاقة قومية ضخمة، يمكنها توظيف قوة السوق المحلية لدعم قدرتهم التفاوضية في أي عقود مع شركات الطاقة الأجنبية، كشركة "غاز بروم" على سبيل المثال (Westphal. K and Duffield. S. J., 2011).

إن أهم ما يميز الحكومة الألمانية هي توظيفها الأدوات سائلة الذكر لتحقيق عدد من الإجراءات التي ساهمت في وضع ألمانيا في الصدارة عالمياً، وهي:

1. خلق سوق للطاقة المتجددة

استخدام الحوافز الإنتاجية بكثافة على كل من المستوى الفيدرالي والقومي والمحلي. وقد قامت شركات الطاقة المحلية، المدن، والمقاطعات والمجتمعات الريفية بتمويل الكثير من البرامج بقيم ونظم دفع وفترات سداد مختلفة (Ruchser. 2002).

بحلول أواخر الثمانينيات، ركزت الحكومة بشكل مكثف على خلق سوق للطاقة المتجددة من خلال مجموعة من البرامج، منها على وجه التحديد: (Lauber, Volkmar and Mez 2004).

1.1. برنامج لتوليد طاقة الرياح بسعة 100 ميغاوات

أطلق برنامج الـ 100 ميغاوات في 1989، وقد ضمن البرنامج حوافز استثمارية حتى 25% من قيمة المشروع حتى نهاية 1996، كما استفادت محطات التوليد والشركات العاملة في إطار

البرنامج من تعريفات للتغذية Feed-in-tariffs، وكذلك قروض ميسرة (Bechberger. M and D Reiche, 2004).

1.2. برنامج لتزويد ألف سطح بشرائح توليد الطاقة الشمسية.

ضمن البرنامج للمشاركين به الحصول على حزمة تمويلية تقدر بـ 50% من التكلفة الاستثمارية، بالإضافة إلى 20% من قيمة أي أرض حكومية، وقد تم تعديل هذه النسب بعد ذلك لتصبح 10% و 60% على التوالي.

1.3. برنامج لتشجيع الاستثمار في طاقة الرياح

أما بالنسبة لطاقة الرياح، فقد تم البدء في برنامج لدعم "توربينات" الرياح التي تصل قدرتها إلى 100 ميغاوات، وقد تم التوسع في البرنامج فيما بعد من خلال السماح بدعم "التوربينات" التي تصل قدرتها إلى 250 ميغاوات، كان الهدف الأساسي من البرنامج هو إكساب الشركات المحلية الخبرة لتوليد نوعيات مختلفة من الطاقة المتجددة تحت مختلف الظروف، وعندما تم الجمع بين هذا البرنامج وقانون التغذية Feed-In-Law عام 1991، فقد ارتفعت طاقة الرياح المثبتة حديثاً بشكل كبير جداً.

1.4. برنامج المائة ألف سطح

بالإضافة إلى ما سبق، فقد كان الإجراء الأهم على الإطلاق الذي تبنته الحكومة هو برنامج الـ 100 ألف سطح (100,000 Roofs Program) في يناير 1999، والذي قدم قروضاً ميسرة لدعم تركيب وتوسيع أنظمة الخلايا الكهروضوئية. تصل فترة السداد إلى 10 سنوات، مع وجود سنتين سماح كحد أقصى. بعد السنة التاسعة من السداد يمكن إعفاء المستفيد من سداد السنة المتبقية إذا كانت الخلايا الكهروضوئية مازالت تعمل.

1. خطط تعويضية Compensation Schemes

كتعويض لعدم إعفاء الكهرباء المتجددة من الضريبة على الكهرباء التي تم فرضها في 1999، قامت الحكومة الفيدرالية بتخصيص جزء من عائدات هذه الضريبة لتمويل إجراءات تحفيزية بهدف دعم الشركات ومحطات التوليد الصغيرة بجزء من التكلفة الاستثمارية من ناحية، وتقديم قروض ميسرة من ناحية أخرى، وهو ما فصله في الأجزاء التالية.

1.1. دعم مالي وقروض ميسرة

قدمت الحكومة قروضاً ميسرة حتى 100 بالمائة من تكلفة المشروع بحد أقصى 5 مليون يورو، في 2001 كانت معدلات الفائدة دون الـ 5 بالمائة ثابتة لمدة 10 سنوات (Agnolucci. P, 2006).

في واقع الأمر أتاحت المؤسسات البنكية التابعة للحكومة الفيدرالية أكثر من 3 مليار يورو بفائدة مخفضة لمشاريع الطاقة المتجددة خلال الفترة 1990 – 1998. وقد منحت الحكومة مشروعات الرياح ميزات إضافية تختلف عن غيرها الطاقة المتجددة بشرط توافقها مع كود البناء في المنطقة، ويعني ذلك إقامتها في أماكن محددة تحصرها المحليات بحيث تناسب مشروعات الرياح (Lauber, Volkmar and Mez, 2004).

في 1998، أطلقت الحكومة الفيدرالية برنامجاً تمويلياً لأفراد القطاع الخاص، الاتحادات، الجمعيات، أصحاب العمل الحر، وكذلك الشركات الصغيرة والمتوسطة، يقدم قروضاً ميسرة طويلة الأجل بحد أقصى 500 ألف يورو، وبمعدلات فائدة منخفضة (1.91 بالمائة سنوياً) وثابتة لمدة 20 عاماً. جدير بالذكر هنا، أنه كان بإمكان المشروع الواحد الاستفادة بأكثر من برنامج تحفيزي في الوقت ذاته (Bechberger, M., Reiche, D, 2004).

قامت بعض الولايات بإصدار قوانينها التحفيزية الخاصة، بهدف دعم أنظمة الطاقة الشمسية الموجهة إلى أغراض بعينها، كالمدارس على سبيل المثال. قدمت الحكومة برنامجاً لتحفيز الطاقة المتجددة، وفرت من خلاله تمويلاً يقدر بـ 445 مليون يورو خلال الفترة 1999 – 2002، كما تضمن البرنامج تخفيضات ضريبية على الوقود الحيوي استجابة لقواعد وإرشادات الاتحاد الأوروبي في هذا الصدد.

في يناير 1999 قدمت الحكومة برنامجاً آخر لدعم التمويل البنكي لتركيب الخلايا الكهروضوئية بهدف تثبيت 300 ميغاوات إضافية. وفي سبتمبر 1999، بدأت الحكومة برنامجاً يقدم حوافز تشجيعية للعاملين بالسوق. قدم البرنامج دعماً مالياً للأنظمة الشمسية الحرارية Solar Thermal Systems وأنظمة الوقود الحيوي، وكذلك تركيب الخلايا الكهروضوئية بالمدارس على وجه التحديد. أما في مارس 2002، فقد تم زيادة الدعم الموجه إلى الأنظمة الشمسية الحرارية إلى 92 يورو/م²، بحد أقصى 25 ألف يورو للمشروع الواحد. وفي فبراير 2003، تم زيادة هذا الدعم مرة أخرى إلى 125 يورو/م². علاوة على ذلك، حصلت بعض مشروعات الطاقة المتجددة على إعفاء من الديون المستحقة عليها.

كما وسعت الحكومة قاعدة المستفيدين من برنامجها التمويلي الذي أطلقتته عام 1998 ليشمل شركاء من القطاع الخاص Public Private Partnership، وقدمت للمستفيدين دعماً مالياً في شكل قروض ميسرة تغطي حتى 50% من التكلفة الاستثمارية. قدم البرنامج قروضاً بقيمة بلغت 10 مليار يورو خلال الفترة 1990 – 2002، حصلت مشروعات الرياح على 95% منها.

2. تعريف التغذية Feed-in-Tariffs

خرج قانون تغذية الشبكة بالكهرباء للنور لأول مرة عام 1990، لدمج مصادر الطاقة المتجددة في الشبكة العامة للكهرباء. يقتضي القانون تعويض المنتجين، وتميرير التكاليف التي يتضمنها ذلك للمستهلك بإضافتها على سعر الكهرباء النهائي، وقد كان ذلك يقتصر بشكل أساسي على مشروعات الطاقة المائية صغيرة الحجم على المستوى المحلي (Egerer. J et al. 2018).

في السنة التالية مباشرة 1991، سُن قانون تعريف الكهرباء Electricity Feed Law. ألزم القانون شركات الطاقة بشراء ليس فقط طاقة المياه، ولكن الرياح والوقود الحيوي والطاقة الشمسية أيضاً عند سعر محدد (تعريف تغذية) (Westphal. K and Duffield. S. J., 2011).

وفقاً للقانون يتم حساب قيمة التعريف بناءً على التكاليف الفعلية التي يتحملها المنتجون، وهو ما يضمن تغطية أي تكاليف إضافية في المستقبل لأي سبب من الأسباب. ومع ذلك، اشترط القانون تخفيض التعريف سنوياً بمعدل محدد مسبقاً (Green European Foundation, 2010).

2.1. قانون الطاقة المتجددة 2000

في سنة 2000، صدر قانون الطاقة المتجددة Renewable Energy Act الذي وفقاً له تم ضم مصادر طاقة أخرى إلى نظام التعريف الثابتة كطاقة الأرض الحرارية Geothermal على سبيل المثال لا الحصر. كما تم مراجعة المعادلة التي يتم حساب التعريف بناءً عليها، لتأخذ في اعتبارها اختلاف التكلفة التكنولوجية من مصدر لآخر، وضمان الحصول على التعريف لمدة 20 سنة لخلق حالة من اليقين طويل المدى لدى المنتجين.

جدير بالذكر هنا أيضاً أن قانون الطاقة المتجددة لا يغطي المشاريع التي تمتلك فيها الدولة ما يزيد عن 25% (Agnolucci. P., 2006).

استهدف القانون مضاعفة إنتاج الطاقة المتجددة بحلول 2010. ومن ضمن مزايا القانون أنه لم يوفر عنصر الأمان فقط من خلال ضمان أسعار متفق عليها مسبقاً W لمدة طويلة، ولكن أيضاً دعم السياسة الصناعية من خلال تطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة محلياً (L.Mez, 2003).

أكد القانون أيضاً على أن تعريف التغذية تدفع من قبل السوق والمستهلك وليس الحكومة، حيث تباع الطاقة المتجددة مباشرة في السوق وبسعر السوق سواء لأفراد المستهلكين أو للصناعة صغيرة الحجم، ومع ذلك فقد تقرر تقديم إعفاءات للصناعات الكبيرة كثيفة استهلاك الطاقة بمعدلات تحدد لكل صناعة على حدة، كما تم إعفاء شركات توليد الكهرباء صغيرة الحجم من التعريف حال استخدامها الكهرباء لأغراض داخلية.

رفع القانون معدل التعويض من 5% إلى 15%، بهدف جذب رأس المال الخاص للقطاع وتشجيع الاستفادة من اقتصاديات الحجم. بينما كانت التعريفية متغيرة وفقاً لقانون الـ Feed-in-Law، حيث أنها تحسب كنسبة من التعريفية النهائية التي يدفعها المستهلك، فقد ثبت قانون الطاقة المتجددة التعريفية لمدة عشرين سنة. وهو ما مثل حافزاً أكبر للمنتجين، فقد حدث في السابق أن تراجعت الأسعار النهائية للمستهلك وانخفضت التعريفية تبعاً لذلك. أما الآن فقد أصبحت ثابتة وفقاً للقانون.

بالنسبة لطاقة الرياح، فقد جعل القانون قيمة التعريفية معتمدة بشكل أساسي على جودة الموقع، جميع الشركات ستتلقى معدلات جيدة لمدة خمس سنوات على الأقل، أما بعد ذلك فسوف ينخفض المعدل لأولئك الذين أقاموا مشروعاتهم في أماكن ذات جودة منخفضة.

2.2. تعديل القانون باستمرار استجابة للمتغيرات

في عام 2004 تم مراجعة القانون، لتقديم شروط مواتية بشكل أكبر للطاقة الحيوية. وفي 2009 تم تعديل القانون مرة أخرى ليقر لأول مرة إمكانية قيام المنتجين ببيع الطاقة للمستهلك مباشرة، وذلك على خلاف جميع القوانين السابقة التي ضمنت تعريفية ثابتة فقط، وفي عام 2012 تم تقديم حوافز أكبر لحداثق الرياح البحرية والطاقة الحرارية، وكانت مصادر هامشية حتى ذلك اليوم.

بداية من عام 2014، تم تعديل قانون الطاقة المتجددة لبدء مرحلة تجريبية للتعاقد على مشروعات الخلايا الكهروضوئية التي يتجاوز حجمها 400 ميغاوات من خلال آلية المزايدات، هذا بالإضافة إلى السماح للمنتجين بالبيع المباشر للمستهلكين بالسوق (The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy., 2014).

استهدف ذلك التعديل تعزيز دمج الطاقة المتجددة بسوق الطاقة الألماني، بهدف زيادة التنافسية وضمان أمن الطاقة بشكل مستدام من خلال:

- زيادة عدد الشركات كثيفة استهلاك الطاقة المعفية من دفع التكلفة كاملة إلى 2098 شركة في 2014 مقابل 297 شركة في 2005، هذه الشركات ليست معفية من الرسوم الإضافية ولكنها تدفع 15 % فقط منها.
- تعديل تعريفية التغذية بشكل تلقائي بناءً على تحقيق وإنجاز أهداف تكنولوجية محددة.
- منح المنتجين علاوة على سعر السوق الإجمالي، هي علاوة تغطي الفارق بين التعريفية الثابتة المنصوص عليها في قانون الطاقة المتجددة، السعر الحاضر بالسوق، وهو ما يعني أن المستهلكين الآن عليهم دفع جزء أقل من التعريفية الثابتة المقررة مسبقاً وفقاً لذات القانون قبل تعديله.
- تقديم نظام المزايدات كما سبق وأن أشرنا أعلاه.

أما بالنسبة لتعديل 2017، فقد نص على إحلال نظام المزايدات محل تعريفه التغذية بالنسبة لكل من مشروعات الرياح، وكذلك الخلايا الكهروضوئية كبيرة الحجم (أكبر من 750 كيلو-وات). وفقاً للحكومة الألمانية، من شأن نظام المزايدات ضمان أن التوسع في الطاقة المتجددة يسري بمعدل ثابت ومحكوم، وفي ذات الوقت بتكاليف أقل (Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2017).

3. تعظيم الاستفادة من الميزة النسبية لألمانيا

أدت السياسات الألمانية إلى زيادة الطاقة الإنتاجية من حوالي 4000 ميغاوات في 1990 إلى 20 ألف ميغاوات في 2003، وتركزت في طاقة الرياح. وذلك لأن قانون تعريفه التغذية كان محابياً للرياح بشكل قوي، حيث تم تقديم مشروع القانون من قبل أعضاء البرلمان عن مقاطعات الشمال الألماني، وقد لبي ذلك رغبة لدى الفلاحين بهذه المناطق نظراً لبحثهم عن فرص لتعزيز دخلهم. وقد كانت مشاريع طاقة الرياح مناسبة جداً لهم على عكس مشاريع الطاقة الحيوية، نظراً لإمكانية توليد طاقة الرياح، وفي الوقت ذاته زراعة الأرض بمحاصيل تجارية ومن ثم تعظيم العائد، وهو غير ممكن في حالة الطاقة الحيوية، حيث يجبرون على زراعة محاصيل معينة لتوليد الطاقة دون الاستفادة منها تجارياً، وعليهم في هذه الحالة الاختيار بين زراعة محاصيل لتوليد الطاقة أو زراعة محاصيل تجارية دون إمكانية الجمع بين الخيارين في ذات الوقت (Lauber. V. , 2004).

4. إطار مؤسسي قوي

كان وجود إطار مؤسسي قوي حاسماً في النجاح الذي حققته ألمانيا في توليد الطاقة المتجددة. تمتلك ألمانيا شبكة واسعة من شركات وهيئات ووكالات تعمل في مجال الطاقة: حوالي 500 شركة خدمية، و 800 شركة بيع بالتجزئة، و 72 وكالة طاقة، و 3200 مكتب استشاري في مجال الطاقة، وحوالي مليون شركة تقدم خدمات التركيب والتثبيت. تنفذ جميع هذه الجهات سياسات وزارة الدولة للاقتصاد والتكنولوجيا، وهي المسئول الأول عن وضع أي سياسات متعلقة بالطاقة المتجددة. كما أن هناك جهاز تنظيمي مستقل عن الجهاز الحكومي يتولى الرقابة والمتابعة والتقييم وضمان تنفيذ السياسات بفاعلية وشفافية (Egerer. J et al., 2018).

إن قانون الطاقة المتجددة وتعديلاته، بالإضافة إلى برامج الـ 100 و 250 وميغاوات، وغيرها من برامج الدعم الحكومي وقانون التعريفه، قد مثلوا دعماً مالياً ومؤسسياً جوهرياً للمستثمرين، وقد أدى ذلك إلى نمو إنتاج الطاقة المتجددة بمعدل 12 بالمائة على أساس سنوي خلال الفترة من 2000 حتى 2006. ومن ثم استطاعت ألمانيا أن تحقق هدفها الأولي بخصوص توليد 12.5 بالمائة من الكهرباء، و 4.2 بالمائة من إجمالي استهلاك الطاقة من مصادر متجددة بحلول 2010 قبل الموعد المحدد بفترة كبيرة (IEA, 2007).

3-2 الصين

إن الاستثمارات الصينية في الطاقة المتجددة هي الأكبر في العالم منذ 2012، وقد حافظت على صدارتها السنة الماضية أيضاً باستثمارها 88.5 مليار دولار لإضافة طاقات جديدة، وهو ما يعادل ضعف ما تنفقه الولايات المتحدة الأمريكية الذي سجل 42.8 مليار دولار خلال ذات العام (UNEP, 2019).

وفي مجال الطاقة الشمسية، نجحت الصين في أن تصبح المُصنع الأول للخلايا الفولتاتيك المستخدمة في توليد الطاقة الشمسية Solar PV؛ حيث تستحوذ على نصف الإنتاج العالمي منها تقريباً، وكذلك تعد الصين أكبر سوق لسخانات المياه الشمسية؛ حيث تمتلك ثلثي القدرة الإنتاجية العالمية في هذا المجال. ولا يمكن إرجاع ذلك إلى قدرة الصين على جذب الاستثمارات الأجنبية إليها فقط، وإنما قامت بتنمية قاعدتها الإنتاجية المحلية من خلال زيادة الاستثمارات المحلية التي تستهدف تقوية القاعدة التكنولوجية. وقدمت وزارة العلوم والتكنولوجيا في الصين دعماً متنوعاً للإنفاق على البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة، بدأ بإنشاء صندوق الطاقة المتجددة Renewable Energy Fund عام 1996 (Foresti, G, et al., 2011).

لقد وضعت الحكومة الصينية العديد من السياسات بهدف تشجيع إنتاج واستخدام الطاقة المتجددة وتبنت برامج للدعم تستهدف جعل أسعار الكهرباء النظيفة في المتناول. وفيما يلي نلقي الضوء على أهم السياسات:

1. قانون الطاقة المتجددة

لم تطرح قضية الطاقة المتجددة على أجندة السياسات الصينية سوى في 2005، عندما أصدر مجلس الشعب الوطني قانون الطاقة المتجددة لأول مرة. يؤسس القانون لمنظومة دعم مستقرة وطويلة الأمد للطاقة المتجددة، ويلزم الحكومة بتخصيص الموارد اللازمة لذلك من العائدات الضريبية للدولة (Xinyu. G et al., 2011).

حدد القانون ثلاث أولويات رئيسية وهي: دعم توليد الطاقة المتجددة خاصة الرياح والشمس والمياه، تشجيع البحث والتطوير في مجال مصادر الطاقة المتجددة القادرة على إحلال البدائل التقليدية كالبنزين، دعم وتحفيز استخدام الطاقة المتجددة في أنظمة التبريد والتدفئة في المباني.

بالإضافة إلى ذلك، أدركت الحكومة مبكراً، أن الطاقة المتجددة لا يمكنها بحال منافسة الكهرباء المولدة من المصادر التقليدية عند الأسعار السائدة في السوق، نظراً لارتفاع التكاليف الاستثمارية والتشغيلية لإنتاج الطاقة المتجددة بشكل كبير. لذلك ألزمت الحكومة الشركات القائمة على تشغيل شبكة الكهرباء المحلية بشراء الطاقة الكهربائية من منتجيها المعتمدين بأسعار تحددها الحكومة،

وهي بلا شك أعلى من سعر السوق، وكذلك أعلى من سعر الكهرباء المنتجة من أي مصدر أحفوري آخر.

2. دعم مالي لتطوير الطاقة المتجددة

قدمت الحكومة الصينية قروضاً بفائدة مدعمة لمشروعات الطاقة المتجددة حتى قبل إصدار القانون في 2005، بل إن بعض المقاطعات المحلية كانت قد بدأت في استخدام جزء من عائدات ضريبة الدخل لدعم مشروعات الطاقة المتجددة في المقاطعة (National Renewable Energy Laboratory., 2009).

وضع قانون الطاقة المتجددة ثلاث أدوات أساسية لدعم الطاقة المتجددة مالياً: وضع تعريف ثابتة لكل نوع من أنواع الطاقة المتجددة على حدة، مشاركة تكاليف إنتاج الطاقة المتجددة من ناحية، وتكاليف التوصيل بالشبكة القومية من ناحية أخرى، بعدالة بين المرافق ومستخدمي الكهرباء النهائيين، تقديم تمويل ودعم ومنح لمستخدمي الطاقة المتجددة من أصحاب الصناعة ومراكز الأبحاث التي تطور أساليب تكنولوجية جديدة تزيد من الاعتماد على الطاقة المتجددة.

علاوة على ذلك، فقد نص القانون على تقديم قروض ميسرة وتخفيضات ضريبية لمشروعات الطاقة المتجددة. وهو ما التزمت به البنوك الحكومية بالفعل. على سبيل المثال، بلغ إجمالي حجم الاستثمارات في مشروعات الخلايا الكهروضوئية في العالم 41.8 مليار دولار في 2010. 33.7 مليار دولار منهم قُدموا بواسطة البنك الصيني للتنمية منفرداً، قام البنك بمنحها عند أسعار فائدة مدعمة لأكثر من 5 منتجين في الصين (Speed P. and S. Zhang, 2015).

3. برامج دعم متنوعة

تاريخياً، قيد ارتفاع تكاليف إنتاج الطاقة الشمسية نمو السوق الصيني. ولذلك، بين 2009 و 2011 أطلقت الحكومة برنامجين لدعم إنتاج الطاقة الشمسية من صناديق خاصة، وهما:

3.1. برنامج دعم الأسطح Rooftop Subsidy Program

○ قدم البرنامج دعم بقيمة 50% لمكونات المشروع الأساسية، التي لا يقل حجمها عن 50 ميغاوات.

3.2. برنامج الشمس الذهبية Golden Sun Program

○ يمنح البرنامج 50% من إجمالي التكلفة الاستثمارية كدعم مقدماً للمشروعات التي لا يزيد حجمها عن 20 ميغاوات.

4. حوافز ضريبية

- أصدرت وزارة المالية قرار رقم 198 لسنة 2001، بتخفيض معدل ضريبة القيمة المضافة على مشروعات الرياح من 17% إلى 8.5% فقط (MOF, 2001).
- منح إعفاء جمركي لمكونات إنتاج الطاقة المتجددة.
- بداية من 2008، بدأت الحكومة رد ضريبة القيمة المضافة والجمارك على المكونات الأساسية لمشروعات الطاقة المتجددة، ترد الحكومة 12% من الضريبة على مشروعات المياه، 50% من مشروعات الطاقة الشمسية، 100% من مشروعات الوقود الحيوي (National Renewable Energy Laboratory., 2009).

5. تسهيلات للحصول على الأراضي من خلال تقديم الأراضي بأسعار مدعمة وتسهيل إجراءات الحصول عليها.

- اتباع نهج في الدعم يتسم بالفاعلية والمرونة.
- بدأت الدولة التحول من نهج دعم ثابت، إلى نهج أكثر مرونة، يتغير بتغير طبيعة المرحلة والتكوين النسبي للطاقة في الدولة، والتحول إلى أساليب دعم تعتمد على آليات السوق بشكل أكبر، وأهمها المزايدات كما في ألمانيا.
- وضع المستهدفات الخاصة بإنتاج الطاقة المتجددة لكل مقاطعة على حدة بناءً على مستويات وخصائص استخدامها وإنتاجها الفعلي من ناحية، وإمكانات كل مقاطعة الإنتاجية من ناحية أخرى. تراجع هذه المستهدفات على أساس سنوي لتأخذ في اعتبارها أي مستجدات تطرأ أثناء التنفيذ. هذه المستهدفات ملزمة ونافذة، وعلى المعنيين السعي بجد لتنفيذها. يقوم مجلس الدولة الصيني بمتابعة تنفيذ هذه الأهداف وتقييمها بشكل سنوي.
- لا يوجد نظام دعم وحيد معمم على جميع أنواع الطاقة المتجددة، بينما يتم دعم الوقود الحيوي وطاقة المياه بنظام التعريفة الثابتة، تعامل طاقة الرياح والخلايا الكهروضوئية بنظام المزايدات، مع منح علاوة على السعر النهائي للمزاد.
- تحاول الصين التحول تدريجياً إلى مزيد من المنافسة، وتحديد الأسعار على أساس سوقي، بحيث يتم رفع الدعم بالتدرج.
- وضع نظام للتقييم المستند على الشهادات، حيث يتم منح شهادة للولايات الملزمة بتحقيق المستهدفات، وكذلك الشركات الملزمة بتطوير التكنولوجيا النظيفة، كألية لتسهيل حصول هذه الشركات على مزايا حكومية أخرى.

6. إطار مؤسسي فعال: (Isoah, K. et al., 2016)

- يتم وضع المستهدفات من قبل مجلس الدولة ذاته، وهو السلطة التنفيذية العليا في الدولة، ومواري لمجلس الوزراء. كل وزارة معنية بتحويل هذه المستهدفات إلى سياسات وخطط تنفيذية.
- إنشاء كيان تنسيقي تابع لمجلس الدولة يتولى التنسيق بين جميع الجهات المعنية بالتنفيذ، وهو ما ساهم في سرعة اتخاذ القرارات، وسهولة تدفق المعلومات بين جميع الجهات المعنية. وهو كيان له سلطة عليا تفوق سلطة جميع الوزارات، ما يعطيه الصلاحية اللازمة لأداء مهامه بفاعلية.
- بداية من 2010، تم إنشاء مفوضية وطنية للطاقة، وهي مستوى إداري أعلى من الوزارات أيضاً.

يتضح من استعراض التجريبتين الألمانية والصينية، أن من أهم عوامل نجاح الدولتين في تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة، هو استدامة السياسات والتخطيط الاستراتيجي طويل الأجل، إلى جانب تصميم آليات متنوعة لدعم وتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة على المستوى القومي والمحلي، إلى جانب إيجاد إطار مؤسسي وتشريعي وتمويلي داعم.

4. الاستثمار في مجال الطاقة المتجددة في مصر:

4-1 الوضع الحالي وأهم الفرص والتحديات:

يحظى قطاع الطاقة خاصة المتجددة باهتمام شديد لدى كافة الحكومات المصرية المتتابة باعتباره أحد أبعاد الأمن القومي لمصر. لذا يعد ضمان توفير احتياجات الطاقة وتنوعها واستدامتها محورياً رئيسياً لتحقيق التنمية المستدامة، وضرورة لتلبية الاحتياجات المتزايدة من الطلب على الطاقة، خاصة في ظل ما عانتته مصر من ارتفاع عجز الطاقة منذ 2007 حتي بلغ ذروته عام 2014، والذي فرض على الحكومة ضغوطاً كبيرة (حجازي، أنهار، 2017).

تتمتع مصر بوفرة في موارد الطاقة المتجددة -الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والكتلة الحيوية والطاقة المائية؛ حيث يبلغ متوسط الساعات المُشمسة حوالي 9 إلى 11 ساعة يومياً، وتبلغ شدة الإشعاع الشمسي المباشر قرابة 2 000 - 3 200 كيلووات/ ساعة لكل متر مربع سنوياً، مما يمكن استخدامه سواء لتوليد الطاقة أو للتطبيقات الحرارية. وبالإضافة إلى ذلك، تتمتع مصر بموارد واسعة من الرياح، حيث يبلغ متوسط السرعات السنوية 8-10 متر لكل ثانية على ساحل البحر الأحمر، و 6-8 متر/ث على امتداد ضفاف النيل الجنوبية-الغربية وفي جنوب الصحراء الغربية، وهو ما يمكن استخدامه لتوليد الكهرباء. ويتم إنتاج أكثر من 30 مليون طن من نفايات الكتلة

الحيوية سنوياً من كل من المصادر الزراعية والمنزلية. وعلى الرغم من وفرة الكتلة الحيوية والطاقة المائية والمصادر الشمسية المتجددة، إلا أن الإمكانيات الكبيرة للحصول على الطاقة من هذه المصادر لا تزال غير مستغلة بالقدر الكبير (IRENA, 2018). بالإضافة إلى ذلك يتوقع أن يتيح نمو قطاع الطاقة المتجددة أثراً إيجابية اقتصادية واجتماعية عديدة باعتباره قطاعاً واعداً للنمو وخلق فرص العمل، وكذلك زيادة الفرص التصديرية، Al-Riffai, (Stiftung, 2016; P., 2014).

يُظهر تحليل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، أنه بالنسبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية أن 56% من إجمالي الوظائف يكون في قطاع التشغيل والصيانة، و22% من الوظائف في التصنيع، 17% في التركيبات والتوصيل بالشبكة. وبالنسبة لطاقة الرياح، يستحوذ التشغيل والصيانة على 43% من الوظائف، يليها التركيبات والربط بالشبكة بنحو 30%، والتصنيع 17% (IRENA, 2017).

وفقاً لتقرير هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة لعام 2019، وفر مجمع "بنبان" للطاقة الشمسية بأسوان نحو 10 آلاف فرصة عمل مباشرة وغير مباشرة خلال المراحل المختلفة للمشروع.

لذا تضمن دستور مصر الصادر عام 2014 المادة رقم 32 التي تنص على التزام الدولة بالعمل على الاستغلال الأمثل لمصادر الطاقة المتجددة، وتحفيز الاستثمار فيها، وتشجيع البحث العلمي المتعلق بها.

كذلك يعتبر قطاع الطاقة أحد القطاعات الرئيسية والمحورية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030. تستهدف الاستراتيجية زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في إجمالي مصادر توليد الكهرباء إلى 32.5% بحلول 2030 (وزارة التخطيط، 2016).

وفي عام 2016، أعلن المجلس الأعلى للطاقة عن الاستراتيجية المستدامة المتكاملة للطاقة. وتهدف الاستراتيجية أن تصبح مصر مقراً رئيسياً للطاقة بين أوروبا وآسيا وأفريقيا. وضعت الاستراتيجية أهدافاً أكثر طموحاً؛ حيث تستهدف زيادة مساهمة الطاقة المتجددة إلى 20%، و 42% من إجمالي مزيج الطاقة في مصر بحلول عامي 2022 و 2035 على التوالي مقابل 9% عام 2014 (هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2014).

أوضحت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة في تقريرها الصادر عام 2018 أن مصر يمكنها توليد 53% من الكهرباء من مصادر طاقة متجددة بحلول 2030، إذا تبنت السياسات الصحيحة. وقدرت حجم الاحتياجات الاستثمارية المطلوبة إلى 6.5 مليار دولار سنوياً لتصل بمساهمة الطاقة المتجددة لنحو 32% كما هو مستهدف وفقاً لرؤية مصر 2030 (IRENA, 2018).

على الرغم من وفرة الدراسات التي تتناول فرص وإمكانات مصر لإنتاج الطاقة المتجددة بمختلف مصادرها، نجد أن الدراسات التي تناولت الاستثمار في الطاقة المتجددة محدودة. ومن أهم هذه الدراسات دراسة "كمال، نيفين وآخرون (2015)" التي تهدف إلى دراسة المصادر المختلفة للطاقة الجديدة في مصر ووسائل تنميتها. قامت الدراسة بعرض الوضع الحالي لإنتاج واستهلاك الطاقة في مصر والتحديات التي تواجه قطاع الطاقة، وكذلك الإمكانيات المتاحة لإنتاج واستخدام الطاقة المتجددة في مصر، والتعرض للسياسات المحفزة على إنتاج واستخدام مصادر الطاقة المتجددة في مصر وفي دول أخرى. وأخيراً، عرضت الدراسة نماذج الطاقة المستخدمة في تخطيط الطاقة من أجل تحقيق التوازن بين العرض والطلب. وقد انتهت الدراسة إلى مجموعة من السياسات والإجراءات لتعزيز الاستفادة من مصادر الطاقة المتاحة في مصر منها سياسات خاصة بإدارة برامج تمويل الطاقة المتجددة، وسياسات لتشجيع الاستثمار المحلي في مشروعات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية، وتعزيز الاستفادة من المخلفات.

دراسة (Al-Riffai, P., 2014) التي ترى أهمية تبني استراتيجية وطنية لتعزيز الطاقة المتجددة في مصر باعتبارها أحد آليات دفع الاقتصاد المصري. أجرت الدراسة نموذجاً للتوازن العام المحسوب للطاقة المتجددة، وخلصت الدراسة إلى أن مصر عليها أن تركز على طاقة الرياح وإتاحة جزء من الطاقة المنتجة للسوق المحلي لتخفيف قيود العرض. يُضاف إلى ذلك لتعزيز الاستفادة من الاستراتيجية الوطنية للطاقة، ينبغي أن يصاحبها رفع الدعم عن الطاقة من المصادر التقليدية، بالإضافة إلى أن المؤسسات والتنظيمات ودعم التكنولوجيا والتنسيق ما بين الوزارات كلها اعتبارات هامة وضرورية لتنفيذ الاستراتيجية.

4-2 أهم الجهود المصرية لتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة:

بذلت الحكومات المصرية المتعاقبة جهوداً متعددة لدفع الاستثمار في الطاقة المتجددة، مما أسفر عن وجود العديد من آليات ودعم الاستثمار في الطاقة المتجددة. وفيما يلي استعراض موجز لهم الآليات المتبعة:

- إصدار قانون تحفيز إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بقرار من رئيس الجمهورية في ديسمبر 2014، بغرض تحفيز إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة من خلال⁵:
- المناقصات التنافسية: قيام هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة بطرح مناقصات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، ليتم تشغيلها بمعرفتها، ويتم بيع الطاقة الكهربائية المنتجة من تلك المحطات إلى الشركة المصرية لنقل الكهرباء بسعر يقترحه جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، ويعتمده مجلس الوزراء.

⁵ قرار رئيس الجمهورية بالقانون رقم 203 لسنة 2014، الجريدة الرسمية، العدد 51 مكرر، 21 ديسمبر 2014.

- عقود البناء والتشغيل مع اتفاقيات لشراء الطاقة: تقوم الشركة المصرية لنقل الكهرباء بطرح مناقصات على المستثمرين لإنشاء وتملك وتشغيل محطات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، والتعاقد على شراء الكهرباء المنتجة من المحطة بالشروط والأسعار المتعاقد عليها فيما بينها وبين المستثمر.
- يكون للمستثمرين الحق في إنشاء وتملك وتشغيل محطات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، ويتم بيع الطاقة المنتجة لشركة نقل الكهرباء أو شركات توزيع الكهرباء المرخص لها بموجب عقد شراء الطاقة، وفقاً لقيمة تعريفية التغذية⁶ ولفترة أقصاها خمسة وعشرين عاماً وفقاً لطبيعة المشروع. وتلتزم الدولة بقيمة تعريفية التغذية لمدة لا تقل عن عامين أو حتى تاريخ تحقق القدرة المطلوبة، وفي جميع الأحوال تكون تعريفية التغذية ثابتة طول مدة التعاقد وفقاً لما يقرره مجلس الوزراء.
- يكون للمستثمرين الحق في إنشاء محطات لإنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة مع بيع الكهرباء المنتجة للمستهلكين مباشرة.
- كما ألزم القانون شركة نقل الكهرباء أو شركات التوزيع المرخص لها بربط محطات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بشبكاتها، على أن يتحمل المنتج النفقات اللازمة لذلك. وفي كل الأحوال تلتزم هذه الشركات بشراء أو سداد قيمة الطاقة المتاحة من محطات الإنتاج من مصادر الطاقة المتجددة في حالة عجزها عن نقل الطاقة الكهربائية على شبكتها طبقاً للقواعد التي يضعها جهاز تنظيم مرافق الكهرباء وحماية المستهلك.
- وأعطى القانون لمجلس الوزراء الحق في إلزام الأنشطة الاقتصادية باستهلاك نسب محددة من الطاقة المتجددة ضمن استهلاكها الكلي من الطاقة الكهربائية، كما استحدث القانون نظام شهادات مصدر الطاقة، والتي تستخدم للتثبت من ما إذا كانت الكهرباء منتجة من مصادر تقليدية أم متجددة.

● **تعريفية التغذية:** أقر مجلس الوزراء نظام تعريفية التغذية الكهربائية في سبتمبر 2014،⁷ لتشجيع الاستثمار في إنتاج الكهرباء من مصادر متجددة كالشمس والرياح على وجه التحديد، ويقتضى القرار أن تلتزم شركات نقل وتوزيع الكهرباء بشراء الطاقة المتجددة من منتجيها بأسعار محددة وثابتة طوال مدة حياة المشروع الافتراضية (25 سنة لمشروعات الطاقة الشمسية، و20 سنة

⁶ تعريفية التغذية: آلية تلتزم فيه شركة النقل أو التوزيع حسب الحالة بشراء كامل الطاقة المنتجة من المصادر المتجددة بناء على السعر والشروط الصادرة وفقاً لقرار رئيس مجلس الوزراء المنظم لذلك.

⁷ قرار رئيس مجلس الوزراء رقم 1947 لسنة 2014، الجريدة الرسمية العدد 43 مكرر (ج)، 17 أكتوبر 2014.

لمشروعات طاقة الرياح). وقد أصدر مجلس الوزراء قراراً بتعديل هذه الأسعار في سبتمبر 2016⁸.

يكون تخصيص الأراضي اللازمة لإقامة مشروعات إنتاج الكهرباء من مصادر متجددة بنظام حق الانتفاع، ويكون منح حق الانتفاع للمشروعات المتعاقد عليها بنظام تعريفية التغذية مقابل نسبة قدرها 2% من إجمالي قيمة الطاقة المباعة من للمشروع .

أتاحت تعريفية التغذية فرصاً عديدة لتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة، منها منح أراضي بحق انتفاع ميسر، بالإضافة إلى ضمانات سيادية للمشاريع التي تزيد عن 20 ميجاوات، والتي تُمنح بموجب اتفاقيات شراء الطاقة بين وزارة المالية والشركة المصرية لنقل الكهرباء والمستثمرين، والتي استطاعت جذب العديد من المستثمرين ومؤسسات التمويل الدولية، ويعد مشروع بنبان بمحافظة أسوان ثمرة واضحة لهذه السياسة (RES4MED, 2015).

مزايا أخرى متعددة ومنها: توفير قروض ميسرة بفائدة 4% للمشاريع المنزلية حتي 200 كيلووات، و 8% للمشاريع التي تتراوح بين 200 وحتى 500 كيلو وات. تم تخصيص الأراضي لمشروعات الطاقة المتجددة بنظام الانتفاع، وقد خصصت الحكومة نحو 7 600 كم² في خليج السويس، وفي شرق النيل وغربه، في منطقتي بنبان وكوم امبو، منها نحو 5700 كم² لمشاريع الرياح، وحوالي 1900 كم² لمشاريع الطاقة الشمسية. يُضاف إلى ذلك، تم خفض التعريفية الجمركية المطبقة على مكونات المشاريع وقطع غيارها إلى 2%، وتخضع لمعدل ضريبة قيمة مضافة 5% مقابل 14% للمشروعات الأخرى.

تعديل الإطار التنظيمي لسوق الكهرباء ليصبح سوقاً تنافسياً من خلال قانون الكهرباء 2015. ويهدف قانون الكهرباء الجديد إلى الفصل بين أنشطة الإنتاج والنقل والتوزيع وإنشاء سوق طاقة تنافسي، وضع القانون القواعد التي من شأنها ضمان المنافسة الحرة والمشروعة في مجال إنتاج الطاقة الكهربائية من ناحية، وكذلك ضمان كفاءة الأداء ومستوى الخدمة المقدمة من المنتجين والموزعين على السواء من ناحية أخرى⁹.

كذلك تتمتع مشروعات الطاقة المتجددة بالحوافز العامة التي نص عليها قانون الاستثمار رقم 72 لسنة 2017. من هذه الحوافز العامة إعفاءات ضريبية وجمركية عديدة بالإضافة إلى تمتع

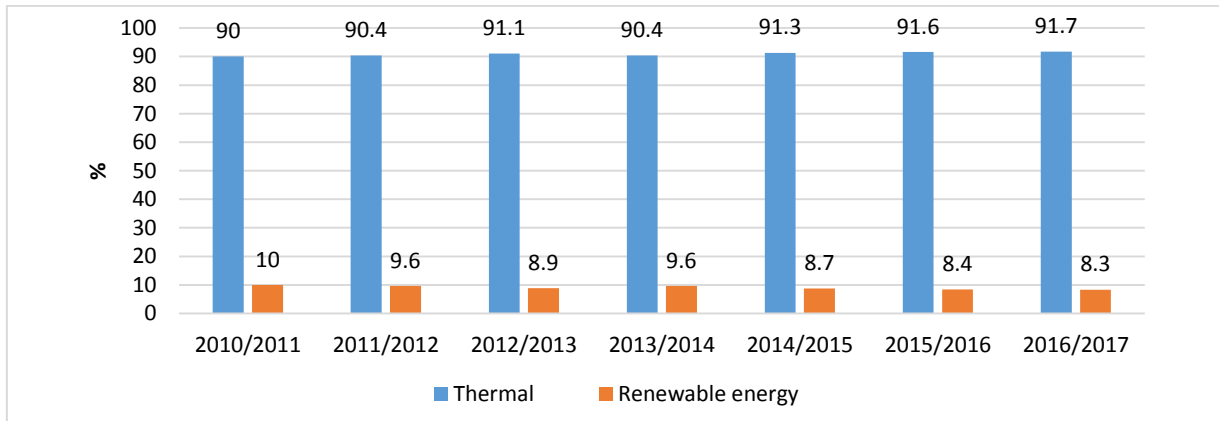
⁸ قرار رئيس مجلس الوزراء رقم 2532 لسنة 2016، الجريدة الرسمية، العدد 39، 29 سبتمبر 2016.

⁹ قرار رئيس الجمهورية بالقانون رقم 87 لسنة 2015، الجريدة الرسمية، العدد 27 مكرر (ج)، 8 يولية 2015.

هذه المشروعات بالحوافز الخاصة، والمتمثلة في نسبة 30% خصماً من التكاليف الاستثمارية للاستثمارات الخاصة للمشروعات التي تعتمد على الطاقة المتجددة أو تنتجها¹⁰.

- بدأت الحكومة منذ 2014 برنامجاً يهدف إلى الرفع التدريجي لدعم الكهرباء على مدى خمس سنوات لتكون الأسعار معبرة عن التكلفة الاقتصادية للكهرباء، وهو ما سيعمل على تشجيع التحول نحو الطاقة المتجددة وتكنولوجيات كفاءة الطاقة. ومؤخراً، وفقاً لبرنامج الإصلاح الاقتصادي الذي تبنته مصر منذ 2016 بالتعاون مع صندوق النقد الدولي بدأت مصر في تخفيض دعم الطاقة تدريجياً. ويعد دعم الطاقة عبئاً على الموازنة العامة للدولة طوال السنوات الماضية، بالإضافة لكونه يسبب تشوهاً في سوق الطاقة لصالح الطاقة التقليدية.

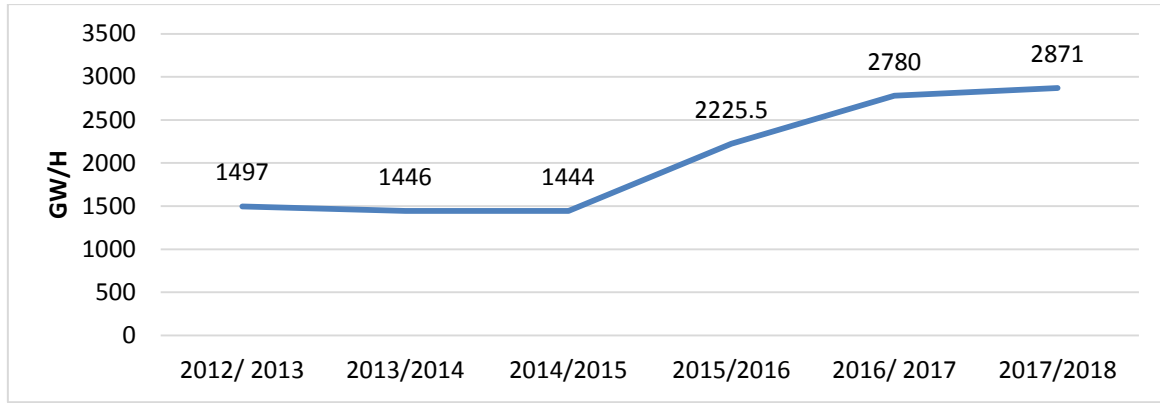
على الرغم من تنوع السياسات التي تبنتها مصر لتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة، إلا أنه وكما هو موضح بالشكل (1) أن المصادر الحرارية ما زالت تستحوذ على النصيب الأكبر في الطاقة الكهربائية المولدة، وما زالت مساهمة الطاقة المتجددة لا تتعدى 10% من إجمالي مصادر توليد الكهرباء وبالتالي ما تم تحقيقه لا زال بعيداً عن الأهداف الطموحة الخاصة سواء الخاصة بـ 2030 أو 2035.



شكل (3) تطور كمية الطاقة الكهربائية المولدة طبقاً لمصدر التوليد خلال الفترة (2017/2016 - 2011/2010). المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (2019)، النشرة السنوية لإحصاءات البيئة، الجزء الثاني الجودة البيئية والطاقة عام 2017.

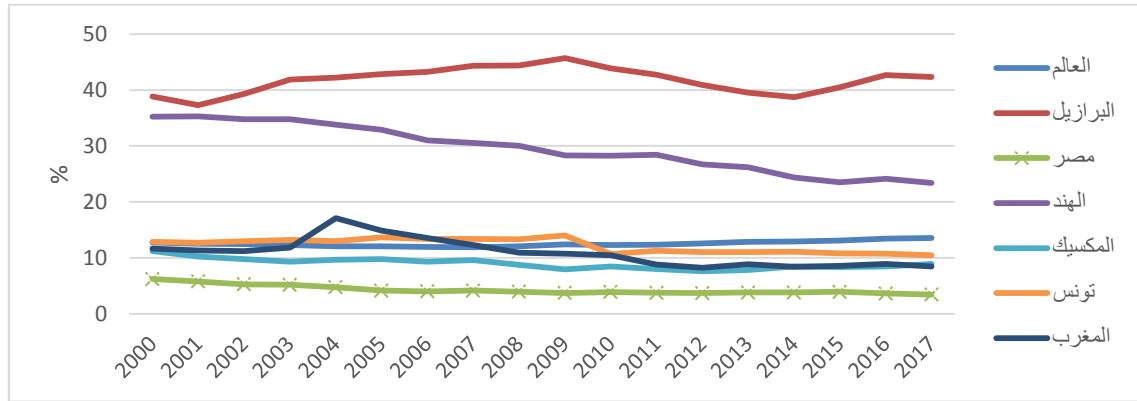
ويلاحظ أيضاً أن هذه السياسات أدت إلى نمو طفيف في الطاقة المولدة من الرياح والمحطات الشمسية كما يتضح من شكل (4)، إلا أنها لم تحقق طفرات تتناسب مع تنوع السياسات المحفزة.

¹⁰ قرار رئيس الجمهورية بالقانون رقم 72 لسنة 2017، الجريدة الرسمية، العدد مكرر (ج).



شكل (4) تطور كمية الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة المتجددة (رياح وشمسي) خلال الفترة (2013/2012 - 2018/2017). المصدر: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (2019)، النشرة السنوية لإحصاءات البيئة، الجزء الثاني الجودة البيئية والطاقة عام 2017، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2019)، التقرير السنوي.

لازال متوسط نصيب الطاقة المتجددة من إجمالي عرض الطاقة متواضعاً في مصر، خاصة إذا ما تم مقارنته بالمتوسط العالمي أو بمثيله في مجموعة من الدول النامية كما هو موضح بالشكل (5).



شكل (5) تطور متوسط نصيب الطاقة المتجددة من إجمالي مصادر الطاقة الأساسية لمصر والعالم وبعض الدول النامية خلال الفترة (2000-2017).

المصدر: إعداد الباحث بناءً على قاعدة بيانات الوكالة الدولية للطاقة (Accessed on 20 December 2019).

3-4 الاستثمار في الطاقة المتجددة في مصر: الفرص والتحديات

أشادت جهات دولية عديدة بالجهود التي قامت بها مصر على مدار العقد الماضي في مجال الطاقة المتجددة. واعتبر البنك الدولي أن مصر من أكثر الدول التي شهدت تحسناً في سياسات الطاقة المتجددة على مستوى العالم خلال آخر عشر سنوات (ESMAP, 2018).

وحدد البنك العديد من نقاط القوة في السياسات المصرية ومنها:

- توفير إطار قانوني للطاقة المتجددة سمح للقطاع الخاص بامتلاك مشروعات توليد الطاقة المتجددة.

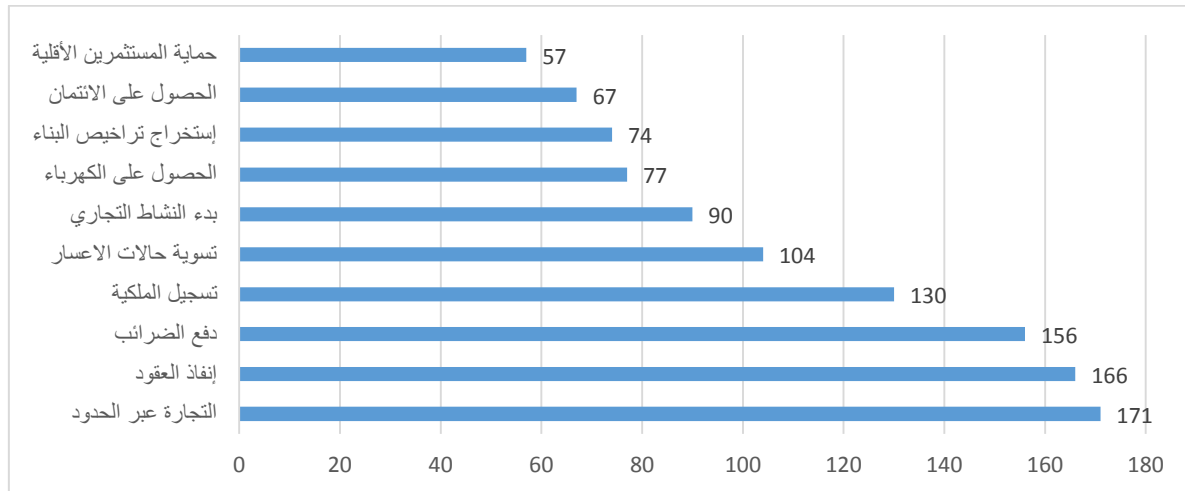
- التخطيط لتوسعات الطاقة المتجددة، وذلك من خلال وضع أهداف كمية تستهدف تحقيقها في المستقبل، خاصة في مجال توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة.
 - وجود المؤسسات المعنية بتنمية الطاقة المتجددة ومتابعة تطوراتها.
 - تقديم مجموعة متنوعة من الحوافز لتشجيع إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة وكذلك تشجيع استخدام الطاقة المتجددة.
- كما أشار البنك الدولي إلى وجود بعض نقاط الضعف، وبالتالي فهناك حاجة لمزيد من الجهود لمواجهتها ومنها:

- عدم وجود أهداف كمية محددة لاستخدام الطاقة المتجددة في مجالات التسخين والتبريد في المباني والمصانع، وكذلك النقل والمواصلات، وبالتالي عدم توفير التنظيمات والحوافز التي تدعم الاستخدامات المتنوعة للطاقة المتجددة في مجالات أخرى بخلاف توليد الكهرباء.
 - عدم قدرة المشروعات التي يتم الموافقة عليها في إطار اتفاقيات شراء الطاقة على تتبع موقفها أولاً بأول إلكترونياً.
 - المخاطر الائتمانية والأعباء المالية للحكومة، والتي قد تخفض من قدرتها على الوفاء بالتزاماتها تجاه المستثمرين.
 - الافتقار إلى الشفافية في الإعلان على أسعار التجزئة للكهرباء، وعدم نشرها بشكل دوري.
 - تواضع الجهود في مجال متابعة ورصد وتقييم الانبعاثات من الغازات الدفيئة.
- رصدت الوكالة الدولية للطاقة (IRENA, 2018) عدداً من التحديات التي مازالت تعوق الاستثمار في الطاقة المتجددة في مصر ومنها:

- تعدد الجهات التي يتعامل معها المستثمر بدءاً من هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، الشركة المصرية لنقل الكهرباء، شركات التوزيع، بالإضافة إلى جهات أخرى داعمة ومنها وزارة الاستثمار، المالية، المركز الوطني لاستخدامات الأراضي، وأحياناً المحافظات إذا كانت لها الولاية على الأرض.
- ازدواج وتداخل الأدوار، حيث أن الدور الرئيسي لهيئة الطاقة المتجددة كميسر وليس كمطور منافس للمستثمرين غير الحكوميين، خاصة وأنه مخصص لها العديد من الأراضي لأغراض مشاريع الطاقة المتجددة، وفي ذات الوقت تلقت أيضاً معظم القروض الميسرة المخصصة لتلك المشاريع.
- تعقد الإجراءات الخاصة بتسجيل الأراضي المخصصة للمطورين، وصعوبة إجراءات التخصيص، إذا كانت ولاية الأرض ليست لهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة¹¹.

¹¹ لمزيد من المقترحات لتطوير منظومة أراضي الدولة يمكن الرجوع إلى:

- تعقد الإجراءات الإدارية وعدم إتاحة الوثائق التعاقدية للمشاريع عند وقت الإعلان عن التعريفات التفضيلية.
 - ضعف نسب التصنيع المحلي لمعدات الطاقة الجديدة والمتجددة.
 - عدم استكمال الإطار التشريعي لكافة مصادر الطاقة المتجددة بما يلائم كل مصدر، وخاصة طاقة الكتلة الحيوية وطاقة المخلفات.
 - ارتفاع التكاليف المرتبطة على سبيل المثال اللوجيستيات والنقل نتيجة لضعف البنية التحتية الداعمة.
 - صعوبة وارتفاع تكلفة التمويل للمشروعات الصغيرة والمتوسطة في مجال الطاقة المتجددة، وقد تصل أسعار الفائدة إلى 18%.
- يلاحظ أن العديد من المعوقات المذكورة ترتبط ببعض جوانب الضعف في البيئة الكلية للاستثمار في مصر، وليس الأمر قاصراً على الاستثمار في الطاقة المتجددة. فنجد أن مصر احتلت المرتبة 114 من 191 دولة في مؤشر سهولة ممارسة الأعمال الصادر عن البنك الدولي لعام 2020. وبالتالي ما زال أمامها العديد من الفرص لتحسين بيئة الأعمال، خاصة في محاور تسجيل الملكية وإنفاذ العقود (World Bank, 2020).



شكل (6) أداء مصر في المحاور المختلفة لمؤشر ممارسة الأعمال لعام 2020
 *الرقم يشير إلى الترتيب من بين 190 دولة واقتصاداً، وكلما ارتفعت الرتبة دل على تدهور الأداء.
 المصدر: إعداد الباحث بناءً على بيانات (World Bank, 2020).

أشارت هيئة تنمية الطاقة الجديدة والمتجددة في تقرير لها عام 2017 إن إنتاج وانتشار الطاقة المتجددة يواجه ثلاثة تحديات هي: إدارة أربعة أنظمة لتحفيز الإنتاج في ذات الوقت، مخاطر تقلبات العملة، مركزية المشروعات الخاصة بالطاقة المتجددة.

يوجد بعض المعوقات التي واجهت المستفيدين من تعريفه التغذية، ومنها المستثمرين في مشروع بنبان للطاقة الشمسية بأسوان: تقدر التكلفة الإجمالية للمشروع 4 مليار دولار بطاقة إنتاجية تصل إلى 1.8 جيجاوات، وفي حال اكتمال المشروع سيكون أكبر مشروع لإنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية في العالم. وقد واجه المشروع عدة عقبات مثل اعتراض الشركات المحلية والأجنبية على تسوية النزاعات محلياً ومطالبتهم بالتحكيم الدولي، مما يعكس عدم الثقة في التحكيم المحلي وقدرته على حل النزاعات بسرعة وبطريقة عادلة. كذلك كان هناك مخاوف من قبل المستثمرين الأجانب من عدم قدرة الحكومة المصرية على الوفاء بالتعريف المتفق عليها في ظل تراجع قيمة الجنيه أمام الدولار. وأخيراً، يشكو بعض المستثمرين من ارتفاع التكاليف التي تتقاسمها مع وزارة الكهرباء وتتعلق بالبنية التحتية والطرق (KPMG, 2017).

4-4 مقترحات تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة في مصر

يتضح من العرض السابق للدراسات أهمية السياسات المحفزة للاستثمار في الطاقة المتجددة، إلا أن تأثيرها يظل رهناً بالسياسة العامة للتغيرات المناخية، ودعم الطاقة التقليدية، والبيئة الكلية للاستثمار، واعتبارات الحوكمة. هذا إلى جانب القدرة على تصميم السياسات بشكل متسق، وبراغي بعدي العائد والمخاطر، ويحقق المصادقية والقدرة على التنبؤ.

يتضح من استعراض التجريبتين الألمانية والصينية أن من أهم عوامل نجاح الدولتين في تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة هو استدامة السياسات، والتخطيط الاستراتيجي طويل الأجل، إلى جانب تصميم آليات متنوعة لدعم وتحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة على المستوى القومي والمحلي، إلى جانب إيجاد إطار مؤسسي وتشريعي وتمويلي داعم.

في ضوء ما طرحته الورقة من أهمية لدور السياسات المناسبة في حفز الاستثمار في الطاقة المتجددة، والذي أكدته العديد من الدراسات التطبيقية، وكذلك ما خلصنا إليه من دروس مستفادة من تجربتي دولتين رائدتين في هذا المجال. يمكن طرح بعض المقترحات التي قد تساهم في دفع حجم الاستثمار المحلي والأجنبي في الطاقة المتجددة بمختلف مجالاتها.

- استكمال تعديل الإطار التنظيمي الذي بدأ في ضوء قانون الكهرباء من خلال توضيح أدوار كل جهة وضمان عدم تعارض المصالح، وقيام هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة بدور الميسر لتسهيل العقبات أمام المستثمرين، ويُقترح في هذا الشأن قيام الهيئة بالتنسيق مع كافة الجهات والمؤسسات الحكومية الأخرى سواء الخاصة بدراسة المشاريع أو التراخيص أو الأراضي أو التمويل، بحيث يتم طرح الفرص الاستثمارية جاهزة بكافة الإجراءات الحكومية والموافقات والتراخيص، وبتكاليف نهائية محددة، وفرص التمويل المختلفة، مما سيكون له أكبر الأثر على جذب المستثمرين.

- إتاحة البيانات الخاصة بالفرص الاستثمارية والإجراءات والشروط والأراضي المخصصة بالوقت والتكلفة، وأي اشتراطات لجهات أخرى، ومصادر التمويل المتاحة بشكل دوري محدث على موقع وزارة الاستثمار والهيئة العامة للطاقة المتجددة، وكذلك البيانات المرتبطة بالطاقة ومنها الكهرباء، وخاصة أسعار التجزئة.
- تحديث الاستراتيجية المستدامة والمتكاملة للطاقة، خاصة في ظل انخفاض تكاليف تكنولوجيات الطاقة المتجددة وتحديدًا الرياح والطاقة الشمسية، وكذلك لتعكس المستجدات المحلية، ومنها رفع الدعم نهائياً عن الطاقة، مع وضع خطط إقليمية تخص مستهدفات كل محافظة في مجال الطاقة المتجددة، بما يراعي إمكانياتها الطبيعية والاعتبارات الاقتصادية والاجتماعية بها.
- وضع مستهدفات كمية لزيادة استخدامات الطاقة المتجددة في مجالات النقل والمواصلات والتسخين والتبريد مع تبني التنظيمات، ووضع الحوافز التي تحقق هذه المستهدفات.
- استكمال إطار تشريعي يغطي كافة مجالات الطاقة المتجددة، بما فيها طاقة المخلفات والكتلة الحيوية.
- زيادة الشفافية من خلال وضوح الإجراءات، ووحدة النماذج، وتوفير البيانات، وتمكين المشروعات من متابعة موقفها بشكل دوري إلكترونيًا.
- توفير التمويل بأسعار ميسرة (4% حالياً)، ولمدد مناسبة تتجاوز ما هو متعارف عليه حالياً (أقل من عمر المشروع بـ 5 سنوات)، وكذلك مزيد من الإعفاءات الضريبية لها دور هام في تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة، خاصة وأنه من المعلوم ارتفاع تكاليف البنية التحتية واللوجيستيات المرتبطة بها.
- دعم البحث والتطوير في المجالات المرتبطة بالطاقة المتجددة من منظومة كفاء للبحث والتطوير في مجالات الطاقة المتجددة، ومزيد من الربط الفعال بين الجهات البحثية والقطاع الخاص والمستفيدين لتحويل الأبحاث إلى تطبيقات.
- تصميم الحوافز التي تدعم دخول المشروعات الصغيرة والمتوسطة في مجال الطاقة المتجددة، وكذلك الحوافز التي تحفز القطاع العائلي باعتباره المستهلك الأكبر للطاقة الكهربائية (42.7% عام 2018/2017)¹² لاستخدام تقنيات الطاقة المتجددة، مع ضرورة حملات التوعية بهذه المصادر وأهميتها.

¹² وزارة التخطيط والمتابعة والإصلاح الإداري، (2018)، "تقرير متابعة الأداء الاقتصادي والاجتماعي خلال الربع الرابع والعام المالي 2018/2017"، أكتوبر.

- حوافز لزيادة نسب المكون المحلي اللازم لإنتاج الطاقة المتجددة بالتعاون مع القطاع الخاص ممثلاً في اتحاد الصناعات المصرية، وتحديد الصعوبات التي تحول دون زيادة نسب التصنيع المحلي للمعدات، خاصة وأن بعض الدراسات يرى إمكانية أن تحقق مصر نسباً مرتفعة للتصنيع المحلي بالاستفادة من صناعات الصلب والكابلات والزجاج لإنتاج مكونات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح (EIB& IRENA, 2015).
- دعم القدرات البشرية بالمهارات اللازمة للعمل في الأنشطة المرتبطة بتوليد الطاقة المتجددة من خلال منظومة تعليم فني وتدريب بها تخصصات في مجالات الطاقة المتجددة، خاصة في الصيانة والتشغيل والتركيبات.
- منظور كلي يتعامل مع قطاع الطاقة المتجددة من منظور اقتصادي واجتماعي وبيئي، باعتباره قطاع واعد للنمو وفرص العمل والتصدير، مما يتطلب تكامل ما بين السياسات المختلفة لدعمه، وتنسيق وتعاون ما بين مختلف الوزارات سواء المختصة بالكهرباء والطاقة أو الاستثمار أو الصناعة والتجارة الخارجية والتعليم الفني، مع ضرورة إشراك القطاع الخاص من اتحادات (اتحاد الصناعات المصرية)، وممثلين لمصنعين ومصدرين في مجالات الطاقة المتجددة) في تصميم هذا المنظور.
- تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة باعتباره جزء من تحفيز الاستثمار في مصر، لذا فهناك حاجة لاستمرار جهود تحسين بيئة الاستثمار في مصر من خلال آلية كفاء لتخصيص الأراضي، تيسير الإجراءات الحكومية وتقليل البيروقراطية.

المراجع

المراجع باللغة العربية:

1. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (2019)، النشرة السنوية لإحصاءات البيئة، الجزء الثاني الجودة البيئية والطاقة عام 2017.
2. حجازي، أنهار (2017)، "الطاقة الجديدة والمتجددة بين الواقع والمأمول"، سينمار الثلاثاء لموسم 2017/2018، معهد التخطيط القومي، القاهرة.
3. عبود، سحر، (2017)، "آثار تحرير التجارة الدولية في السلع البيئية: دراسة تطبيقية للحالة المصرية"، رسالة دكتورا غير منشورة، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، جامعة القاهرة.
4. كافي، فريدة، (2016)، "الطاقات المتجددة بين تحديات الواقع ومأمول المستقبل: التجربة الألمانية نموذجاً"، مجلة بحوث اقتصادية عربية، عدد 74-75، 139-157.

5. كمال، نيفين، وآخرون (2015)، "رؤية مستقبلية لاستخدام مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر"، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية (261)، معهد التخطيط القومي.
6. هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (2019)، التقرير السنوي.
7. وزارة التخطيط والمتابعة والإصلاح الإداري، (2016)، استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030، القاهرة، مصر.
8. وزارة التخطيط والمتابعة والإصلاح الإداري، (2018)، "تقرير متابعة الأداء الاقتصادي والاجتماعي خلال الربع الرابع والعام المالي 2018/2017"، أكتوبر.

المراجع باللغة الأجنبية:

9. Agnolucci. P. (2006), "Use of economic instruments in the German renewable electricity policy", Energy Policy 34 (2006) 3538–3548. doi: 10.1016/j.enpol.2005.08.010.
10. Albrizio, S. et al, (2014), "Do Environmental Policies Matter for Productivity Growth?: Insights from New Cross-Country Measures of Environmental policies", OECD Working Paper No. 1176, OECD Publishing, Paris.
11. Al-Riffai, P., et al, (2014), "HARNESSING THE SUN AND WIND FOR ECONOMIC DEVELOPMENT? AN ECONOMY-WIDE ASSESSMENT FOR EGYPT", ERF Working Paper 851, ERF.
12. Azhgaliyeva, Det al. (2018), "Renewable Energy Policy Instruments: An Empirical Evaluation of Effectiveness". International Journal of Technology Intelligence and Planning, 12(1), 24-48.
13. Bechberger, M., Reiche, D., (2004), "Renewable energy policy in Germany: pioneering and exemplary regulations", Energy for Sustainable Development 7 (1), 47–57.
14. Bellakhal, R, et al, (2017), "Governance and Renewable Energy Investment in MENA countries: How Does Trade Matter?", ERF working paper 1153, The Economic Research Forum.
15. Burer. J. M and Wustenhagen. 2009. Which renewable energy policy is a venture capitalist's best friend? Empirical evidence from a survey of international cleantech investors. Energy Policy 37 (2009) 4997–5006. doi: 10.1016/j.enpol.2009.06.071.
16. China National Renewable Energy Centre.(2018), "China Renewable Energy Outlook 2018".
17. Dina et. Al. (2018), "Implications of fiscal and financial policies for unlocking green finance and green investment", ADBI Working Paper Series, No. 861-August, Asian Development Bank Institute.
18. Egerer. J et al. (2018). "Renewable Energy Sources as the Cornerstone of the German Energiewende". In Hirschhausen. V. C. et al. 2018. Energiewende "Made in Germany" Low Carbon Electricity Sector Reform in the European Context. Springer <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95126-3>.
19. ESMAP, (2018), "Regulatory Indicators for Sustainable Energy", ESMAP Report, Washington, World Bank.
20. European Investment Bank (EIB) and IRENA (2015), "Evaluating Renewable Manufacturing Potential in the Mediterranean Partner Countries," IRENA, Abu Dhabi .
21. Eyraud, L. et al, (2013), "Green Investment: Trends and Determinants", Energy Policy 60: 852-865.

22. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2017), "The next phase of the energy transition: The 2017 Renewable Energy Sources Act". Available : <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Artikel/Energy/eeg-2017.html>.
23. Foresti, G, et al., (2011)," Environmental Policy, Technology and Trade in Environmental Goods: What about China?" Intesa Sanpaolo, Servizio Studie Ricerche, Milano, Italy, March.
24. Friedrich-Ebert-Stiftung, (2016),"A Guide to Renewable Energy in Egypt and Jordan: Current Situation and Future Potentials". Friedrich-Ebert-Stiftung Jordan & Iraq.
25. Geddes A, Schmidt TS, Steffen B. (2018)," The multiple roles of state investment banks in low-carbon energy finance: an analysis of Australia, the UK and Germany. Energy Policy", 115: 158–70. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.009>.
26. Geraldine, Ang, et al, (2017), "The Empirics of Enabling Investment and Innovation in Renewable Energy", OECD Environment Working Papers No. 123, OECD.
27. Goulder LH, Parry IWH., (2008)," Instrument choice in environmental policy". Review of Environmental Economic Policy; 2:152–74. <https://doi.org/10.1093/reep/ren005>.
28. Green European Foundation. (2010), "27 National Action Plans = 1 European Energy Policy?", GEF.
29. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, (2014),"Climate Change2014: Mitigation of Climate Change", Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the IPCC, Cambridge, United Kingdom and New York.
30. International Energy Agency (IEA) (2016), World Energy Investment Outlook 2016, OECD/IEA.
31. International Energy Agency (2013), "Energy Policies of IEA Countries 2013 Review – Germany", IEA.
32. International Energy Agency (IEA). (2007). "Energy Policies of IEA Countries: Germany 2002 Review". Paris: International Energy Agency.
33. International Monetary Fund (IMF). 2013. Energy Subsidy Reform: Lessons and Implications. Washington: IMF.
34. IRENA,(2018," Renewable Energy Outlook: Egypt", International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
35. IRENA (2017), Renewable Energy Benefits: Leveraging Local Capacity for Solar PV", IRENA, Abu Dhabi.
36. Isoah, K. et al. (2016). "Governing clean energy transitions in China and India: A comparative political economy analysis". WIDER Working Paper 2016/28, the United Nations University World Institute for Development Economics Research.
37. Jacobsson S, Lauber V, (2006)," The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology", Energy Policy; 34:256–76. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.08.029>.
38. Komendantova, N., et al, (2012),"Perception of risks in renewable energy projects: The case of concentrated solar power in North Africa", Energy Policy 40, 103-109.
39. KPMG, (2017)," Renewable energy in Egypt, the green opportunity", KPMG, Feb.
40. Lauber, Volkmar and Mez. (2004),"Three Decades of Renewable Electricity Policies in Germany", Energy & Environment, vol. 15, issue 4, 599-623.
41. Lauber. V. (2004) ,"REFIT and RPS: options for a harmonized Community framework". Energy Policy 32, 1405–1414.

42. Lipp J (2007), "Lessons for effective renewable electricity policy from Denmark, Germany and the United Kingdom", *Energy Policy*. 35:5481–95. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.05.015>.
43. Mez. L. (2003), "New corporate strategies in the German electricity supply industry", in: Glachant, Jean-Michel, Finon, Dominique (eds.), *Competition in European Electricity Markets. A Cross-country Comparison*, Cheltenham, UK: Edward Elgar, pp. 193-216.
44. Ministry of Finance, State Administration of Taxation. (2001). "Adjustment of Value-Added Tax for Some Resource Comprehensive Utilization Products."
45. National Renewable Energy Laboratory. (2009). "Renewable energy policy in China: financial incentives, National Renewable Energy Laboratory". Retrieved May 17, at: <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36045.pdf>.
46. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). 2016. "Fragmentation in Clean Energy Investment and Financing." In *OECD Business and Finance Outlook 2016*, 141–175. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264257573-en>.
47. Organization for Economic Co-operation and Development OECD (2015), "Overcoming Barriers to International Investment in Clean Energy", OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264227064-en>.
48. Polzin. F et al. 2019. How do policies mobilize private finance for renewable energy? —A systematic review with an investor perspective. *Applied Energy* 236 (2019) 1249–1268; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.11.098>.
49. REN21 (2019), *Renewables 2019: Global Status Report*, REN21, www.ren21.net/wpcontent/uploads/2019/10/REN21_GSR2019_FullReport_en_11.pdf.
50. Renewable Energy Solution for the Mediterranean, (2015), "DELIVERING RENEWABLE ENERGY INVESTMENTS IN EGYPT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES", RES4MED annual conference, 20th April, Rome.
51. Ruchser.(2002). "Financial report of Germany. Ener-IURE Project Phase III, Analysis of The Legislation Regarding Renewable Energy Sources in The EU Member States", available at www.jrc.es/cfapp/eneriure/Reports/GER%20fin.pdf.
52. Sisodia, G.S. & I. Soares (2015) Panel data analysis for renewable energy investment determinants in Europe, *Applied Economics Letters*, 22:5, 397-401, DOI: 10.1080/13504851.2014.946176.
53. Speed P. and S. Zhang.(2015). "Renewable Energy Finance in China" ,*Renewable Energy Finance*, pp. 173-194.
54. The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2014), "Act on the Development of Renewable Energy Sources" (Renewable Energy Sources Act - RES Act 2014). Available: <http://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Downloads/renewable-energy-sources-act-eeg-2014.html>.
55. UNEP, 2019, "Global Trends in Renewable energy Investment 2019", Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF.
56. Westphal. K and Duffield. S. J. (2011), "Germany and EU Energy Policy: Conflicted Champion of Integration?" In Birchfield. L. V and Duffield. S. J (eds). 2011. *Toward a Common European Union Energy Policy Problems, Progress, and Prospects*. PALGRAVE MACMILLAN.
57. World Bank. 2020. *Doing Business 2020*. Washington, DC: World Bank. DOI: 10.1596/978-1-4648-1440-2.

58. Wustenhagen R, Menichetti E., (2012), "Strategic choices for renewable energy investment: conceptual framework and opportunities for further research", Energy Policy; 40:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.050>.
59. Xinyu. G et al., (2011), "Study on Renewable Energy Development and Policy in China", Energy Procedia 5, 1284–1290.

مواقع الإنترنت:

60. الوكالة الدولية للطاقة: <https://www.iea.org>
61. هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، متاح على: <http://www.nrea.gov.eg/About/Strategy>
62. الأمم المتحدة، الأهداف الألفية للتنمية المستدامة،
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

الحل المنظومي كمنهج وأداة لمواجهة تحديات تعقيد منظومات الطاقة وتحقيق أمنها واستدامتها

أ.د. محسن توفيق

أستاذ متفرغ بمعهد الدراسات والبحوث البيئية بجامعة عين شمس - مصر

mohsentawfik@hotmail.com

- أستاذ متفرغ بمعهد الدراسات والبحوث البيئية جامعة عين شمس.
- دكتوراه الفلسفة في التحكم في الحالات العابرة في منظومات القوى الكهربية.
- تخرج بمرتبة الشرف في قسم القوى الكهربية بكلية الهندسة جامعة عين شمس، وعُين معيداً بها. حصل على الماجستير من مصر ثم على الدكتوراه من كلية المنظومات الكهربية بمعهد هندسة الطاقة بموسكو.
- حصل على درجة أستاذ هندسة التحكم في المنظومات، وانتقل بعد ذلك من كليته إلى معهد الدراسات والبحوث البيئية بالجامعة، حيث قام بتأسيس المعهد خلال فترة عمادته له.
- عمل كذلك مستشاراً ثقافياً لمصر في موسكو، وسفيراً لمصر لدى اليونسكو في باريس، ومديراً إقليمياً لليونسكو في منطقة آسيا والباسفيك ومقره نيودلهي.
- مثل مصر في العديد من المحافل الدولية.
- انتخب رئيساً للعديد من البرامج الدولية والمراكز الفكرية في أوروبا وآسيا. ساهم في تطوير علوم المنظومات وله إسهامات فكرية وعلمية دولية، نشرت بالعربية والانجليزية والروسية والفرنسية.
- مجالات الاهتمام: هندسة التحكم في المنظومات الديناميكية المتكيفة المعقدة وتطبيقاتها في مجالات التنمية المستدامة، والطاقة، والمنظومات الإيكولوجية والبيئية والهندسية، والتعليم والاقتصاد.

مستخلص

تعتبر إدارة منظومات الطاقة، نظراً لتعقيدها، من أكبر التحديات في عصرنا. ويدفع الازدياد المضطرد للطلب على الطاقة والرغبة في التخلص من مشاكل التلوث اللجوء إلى مصادر الطاقات المتجددة، والتي يواجه استخدامها تحديات تقنية واقتصادية. إن مصادر الإنتاج والبنية التحتية الحالية للإنتاج والنقل والتوزيع والتحكم ستصبح غير مناسبة للتعامل مع هذه التغييرات، وسيحتاج صانعو القرار إلى أدوات فعالة لتحسين القرارات التشغيلية والاستراتيجية لضمان أمن الطاقة واستدامتها.

توضح هذه الورقة أن التفكير المنظومي واستخدام الأدوات المستحدثة في علوم المنظومات، هو المنهج الوحيد المتاح للتمكن من التعامل مع عمليات الطاقة سواء في التحليل أو التصميم أو التشغيل أو استشراف سلوكياتها المستقبلية، وذلك باعتبارها منظومة تقنية - اقتصادية - اجتماعية - بيئية. ويعني هذا إن منظومة الطاقة منظومة معقدة وتكيفية وهو ما أثبتته الورقة. ويتيح هذا استخدام الحلول المتوفرة لهذا النوع من المنظومات في التعامل مع منظومات الطاقة، والعمل على تطوير حلول مثلى لأدائها.

تتبع الورقة المنهج المنظومي حيث تبدأ بتطوير نموذج تخطيطي عام لمنظومة الطاقة يتيح فهماً أفضل لتكوينها وتفاعلاتها وعملياتها. ثم تستعرض المناهج المختلفة للنمذجة الرياضية لمنظومة الطاقة وتطبيقاتها ودقة تمثيلها

لها، متضمنة النماذج التقنية-الاقتصادية المعيارية والنماذج الهجينة، وتلك التي تعبر عن واقع تعقد المنظومة، إضافة إلى أساليب التحكم المتقدم في أدائها.

وتتطرق الورقة إلى الاتجاه الحديث نحو تطوير منظومات الطاقة المتكاملة، والتي تتيح تنسيق استخدام جميع مصادر الطاقة المتاحة في المنظومة الواحدة، وتحليلها، واستعراض طرق نمذجتها، والتوصل إلى الحلول المثلى لأدائها. وتشير إلى أحد أساليب اتخاذ القرار الاستراتيجي في المنظومات التكيفية المعقدة عن طريق إنشاء نموذج علمي مفاهيمي، يمكن تطبيقه على منظومة الطاقة. وتقدم الورقة نظرة مستقبلية عن تطورات منظومة الطاقة، والبحوث والتطبيقات المطلوبة في هذا المجال.

وبهذا تصل الورقة إلى بيان أن منهج التفكير المنظومي مصحوباً بأدوات الحل المنظومي باستخدام التقنيات العلمية الحديثة، هو الطريقة الوحيدة الممكنة لمواجهة تعقيد منظومة الطاقة وتحقيق أمنها واستدامتها.

الكلمات الدالة

منظومات الطاقة؛ التفكير المنظومي؛ المنظومات التكيفية المعقدة؛ التحكم في منظومات الطاقة؛ التنمية المستدامة.

Systems Approach as a Methodology and Tool to Meet the Challenges of Complexity of Energy Systems and to Achieve their Security and Sustainability

Abstract

Due to their growing complexity, management of energy systems could be considered as one of the greatest challenges in our time. The steady increases of demand for energy and the wish to cut pollution problems are enhancing the use of renewable energy sources, which face technical and economic challenges. The infrastructure and techniques of production, transport, distribution and control will become inappropriate to deal with these changes, and the decision makers will need to have effective tools to improve working and strategic decisions to meet energy security and sustainability.

This paper shows that Systems Thinking and the newly developed tools of Systems Sciences are the only way to enable energy analysis, design and operations needed to strengthen their future performance, as techno - economic - social systems. This stems from the fact explained in the paper, that energy systems are complex adaptive systems. This allows developing optimal performance solutions available for this type of systems.

This paper follows systems approach. It starts with analyzing and mapping an electrical power energy system to allow better understanding of its configuration, interactions and operations. Then displays various modeling approaches for energy system (with reference to their applications and accuracy), including technical-based models, economic - technical models, hybrid models, and those models that consider energy system complexity, as well as advanced control methods of their performance.

The new trend towards developing integrated energy systems IES was dealt with. IES techniques allow coordinating all sources of energy available in a system, analyzing, reviewing its modeling approaches, and developing optimal solutions to its performance.

A strategic decision-making method in complex adaptive systems is displayed, where a conceptual scientific model was created, that could be applied to energy systems.

The paper provides a future outlook for developments of the energy systems, research and applications required in this area.

A conclusion is reached that Systems Thinking approach supported by solutions using systems modern scientific techniques are the only possible way to deal with the complexity of energy systems to realize both their security and sustainability.

مقدمة

حيث أن الطاقة هي صنو الحياة، فإن التوصل إلى التنمية المستدامة كمنهج معتمد للحياة، تتدمج وتتكامل فيه المجالات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، قد أدى بالضرورة إلى حتمية التوصل إلى مفهوم الطاقة المستدامة، المطلوبة لعملية التنمية المستدامة. ويعبر هذا عن قفزة في مجال دراسات الطاقة تخرج بها من المجال الهندسي - التقني - الاقتصادي إلى مجال أرحب يضم أيضاً المجتمع والبيئة، وهو ما يشكل تحدياً كبيراً بضرورة الخروج من نطاق الأساليب والأدوات المستخدمة إلى تفكير جديد، يمكنه مواجهة تحدي الطلب على طاقة آمنة ومستدامة في ظل ظروف مستحدثة ومتغيرة.

ويعتبر أمن الطاقة واستدامتها، أي التوصل إلى طاقة مستدامة، هو الهدف المعلن والمنشود عالمياً، وعلى جميع المستويات، لتحقيق التنمية المستدامة في مجالاتها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية في آن واحد. ويعني هذا (كأمثلة رئيسية) بالنسبة للمجال الاقتصادي والتقني ضمان استمرار الإمداد بالطاقة بالجودة المطلوبة، إلى جانب تحقيق كل متطلبات معايير اقتصاديات الطاقة. ويعني في المجال الاجتماعي توفير الطاقة بأسعار مقبولة اجتماعياً مع ضمان عدالة توفرها لجميع فئات المجتمع، وكذلك حاجاته لخلق فرص جديدة للعمل. أما من الناحية البيئية فيتطلب هذا التوقف عن استنزاف الطاقات الناضبة، وتقليل انبعاثات التلوث بالغازات، الضارة بالبيئة والحياة، وغازات الدفيئة الناتجة عن تحويلات الطاقة، للتخفيف من آثارها على التغير المناخي وما يصاحبه من تداعيات سلبية على كل المجالات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

في ظل التنامي المستمر للطلب على الطاقة لأسباب عديدة، فإن هناك طلباً للبحث عن مصادر جديدة للوفاء بالطلب المتزايد عليها يتمثل في الاستخدام المتزايد للطاقات المتجددة، ويعزز هذا الاتجاه الضغوط العالمية والمحلية لتقليل التلوث الناتج عن استخدام الوقود الحفري في توليد الكهرباء، وتقادي الأخطار الناتجة عن توليدها عن طريق المحطات الذرية (في بعض الدول مثل ألمانيا). إلا أن الاستخدام المكثف للطاقات المتجددة، نظراً لطبيعتها المتقطعة، صار يهدد استقرار شبكات القوي الكهربائية، ونوعية الطاقة الكهربائية المستخدمة.

إذاً، فالتحول إلى الطاقات المتجددة لابد أن يصحبه تطورات جديدة ملائمة مثل الشبكات الذكية ومنظومات الطاقة المتكاملة. وهذا بالنسبة للجزء التقني من منظومة الطاقة الكهربائية. أما بالنسبة للمنظومة الكلية للطاقة فإن صانعو القرار سيحتاجون كذلك إلى أدوات جديدة لتحسين قراراتهم بدءاً من قرارات التشغيل ووصولاً إلى استراتيجيات الطاقة، وهو ما يتمثل في حتمية استخدام فكر ومنهج جديد يمثل التفكير المنظومي القادر على التصدي لتعقيد منظومة الطاقة.

يشهد العصر الحالي لثورة المعلومات والمعرفة يشهد نشوء نماذج جديدة غير مسبقة، مثل النماذج القائمة على نظريات التعقيد. وتعتبر هذه النماذج تطبيقاً للتفكير المنظومي، والذي يمكن اعتباره فلسفة ووسيلة لإنتاج المعرفة وتفسيرها واستخدامها. إنها طريقة لحل المشكلات وتنظيم مجموعات معقدة من المفاهيم والآراء المجزأة التي لا يمكن من خلال تحليل أي منها بشكل منفرد التوصل إلى الصورة الكاملة. فالتفكير المنظومي يتيح فهماً أعمق لسلوك المنظومات المعقدة من خلال دمج المفاهيم والنظريات المعنية، ويوفر منهجاً للتوصل إلى حلول للظواهر المعقدة وفهماً لهذه الحلول.

وهناك الكثير من البحوث وتطبيقاتها في هذا المجال، تبين كيف أدى تبني التفكير المنظومي واستخدام منهجه ووسائله إلى تغيير النماذج المستخدمة في عمليات صنع القرار (Wollmann, 2014 & 2015).

ويمثل التفكير المنظومي النتيجة الكبرى لنشوء نظرية المنظومات العامة (Bertalanffy, L. V. 1968) وما تلاها من نشوء وتطور متزامن في علوم المنظومات في مختلف المجالات العلمية والحياتية، والتي تعضد بعضها البعض سواء في مجال فهم أكبر لسلوك هذه المنظومات، أو للاستفادة من تقنيات الحلول المُطَوَّرَة المستخدمة في أي مجال يتماثل النموذج الممثل له (في أي منظومة أخرى في مجال مختلف) مع نموذج المسألة المدروسة. ويعتبر هذا فتحاً علمياً هاماً بدأ منذ سبعينيات القرن الماضي، ويشكل المجال الأكبر لبحوث القرن الحالي في تطوير بحوث المنظومات وخاصة المعقدة في جميع المجالات، والاستفادة من تطبيقاتها.

ويتطلب هذا اللجوء إلى التعامل مع علوم المنظومات بما فيها نظرية المنظومات الديناميكية وعلوم التعقيد، بما فيها نظرية الفوضى Theory of Chaos. ولقد تم استخدام الحل المنظومي في وقت مبكر جداً في حل مسألة معقدة، وهي التحكم الأمثل في الحالات العابرة في منظومات القوى الكهربائية (Venikov V. A, 1981).

كذلك، فإن التعامل مع مشاكل التعقيد المنظم Organized Complexity يتطلب استخدام رياضيات جديدة، حيث أن الأساليب الإحصائية والتي تصلح للتعامل مع التعقيد العشوائي

Stochastic Complexity في منظومات الديناميكا الحرارية لا تصلح للتعامل مع منظومات الطاقة ذات التعقيد المنظم (Foxon, 2013). والأمر ليس بجديد، فمفهوم التفكير المنظومي وتقنيات الحلول المنظومية تطبق في مجالات عديدة مثل الاقتصاد (Tawfik, M., 2015, 199, Farmer, 2009, Artur, 2006, Foxon, 2014 & Beinhocke, 2006)، والرعاية الصحية (Plsek, 2001)، والتكنولوجيا والابتكار (Frenken, 2006)، والإدارة (Plsek, 2001)، والتعليم (Sterling S. R., 2005 & Betts F., 1992)، والتنمية (محسن، 2013).

والجدير بالذكر أن المقاربات المستخدمة في هذه المجالات المذكورة في هذه المراجع، يمكن أن تكون مفيدة أيضاً في التعامل مع تعقيد منظومة الطاقة.

تتبع هذه الورقة منهجاً منطقياً للتوصل إلى الكيفية التي يمكن بها التعامل مع مسألة الطاقة. فهي ستثبت أولاً أنها منظومة، ثم تتوصل إلى نوعها، حيث يتم التأكد من كونها منظومة معقدة تكيفية Complex Adaptive System تتصف بكل خصائص هذه المنظومات في ديناميكيتها ولاخطيتها وقدرتها على التعلم والتنظيم الذاتي والمرونة، وعلى التطور المشترك لمكوناتها، وعلى التحول إلى تكوين جديد أكثر تعقيداً (ظاهرة النشوء Emergence) في حالة تعرضها لظروف مستجدة، بما يضمن لها الاستقرار والاستدامة. ويعتبر تحديد نوع المنظومة خطوة أساسية وضرورية لتحديد طرق التعامل معها، من خلال نماذج تخطيطية ورياضياتية لمنظومة الطاقة الخاضعة للدراسة. وتستعرض الورقة وسائل تحليل هذا النوع من المنظومات وأنسب المناهج لإدارتها والتحكم فيها. ويتضمن ذلك وسائل دعم اتخاذ القرار لتحقيق الهدف المطلوب.

الجدير بالذكر أن منظومة الطاقة تتفق بكل تعقيداتها وخصائصها مع كونها منظومة حية (Miller, J. G. 1978) بدءاً بمنظومة الخلية، إلى الكائن الحي، إلى المنظومات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، ووصولاً إلى منظومة الحياة على كوكب الأرض. ويُمكن هذا من استخدام تقنيات الحلول المستخدمة في هذه المنظومات، وهو ما يعتبر ثروة معرفية جديدة تمكّن من الاستفادة منها وتطبيقها في مجال الطاقة للتوصل للحلول المطلوبة لها.

تبدأ أولى خطوات التعامل مع منظومة الطاقة بتحليل مكوناتها والتوصل إلى شكل تخطيطي لها. ونظراً للعدد الكبير لمكوناتها وصعوبة التعامل معها بعلاقاتها وتشابكاتها بشكل تفصيلي، فإنه يتم عادة تجميع هذه المكونات الجزئية في تجمعات Clusters أكبر تمكّن من دراستها، طبقاً لمنهج مختار يتم على أساسه تكوين هذه التجمعات.

وفي هذه الورقة، فلقد تم اختيار تشابه الوظائف ليكون منهجاً للتوصل إلى تجمعات أكبر تضم جميع المكونات الجزئية لمنظومة الطاقة، حيث تم التوصل إلى ثلاثة تجمعات تشكل المنظومات

الجزئية الأساسية للمنظومة الكلية للطاقة الكهربائية كمثال. وهي تجمع الوكلاء Agents أي متخذو القرار والمؤثرون / الفاعلون Actors، وتجمع البنى التحتية والشبكات المادية، وتجمع قوى التشغيل الناعمة، كما هو موضح لاحقاً وتفصيلاً بالورقة.

ويوفر هذا النموذج التخطيطي فهماً أكبر للعلاقات بين مكونات المنظومة والتفاعلات والعمليات التي تجري داخلها، إلا إنها لا توفر أية حلول كمية مطلوبة لها. لذلك، ولدراسة المنظومات بشكل كمي فإنه يتم استنباط نماذج رياضية Mathematical Models يتم استخدامها في جميع أغراض النمذجة، كما هو موضح لاحقاً بالورقة، وحلها رقمياً للتوصل إلى طرق لإدارة المنظومة، والتحكم في أدائها بهدف تحقيق أهدافها المحددة سلفاً.

وباعتبار منظومة الطاقة الكهربائية كمثال، فإن التحكم في منظومة الطاقة قد بدأ بالتحكم الفيزيقي المادي في الجزء التقني فيها (معدات وأجهزة وشبكات التوليد والنقل والتوزيع) لضمان استمرار الإمداد بالطاقة بالنوعية المطلوبة. ونظراً لأهمية العامل الاقتصادي فلقد تم تطوير نماذج رياضية معيارية تقنية - اقتصادية يتم حلها باستخدام الكمبيوتر.

ولكن اتضح من التطبيق العملي أن هذا النوع من النماذج لا يعكس التعقيد الواقعي لمنظومة الطاقة، ولا يمكن من خلاله التوصل إلى نتائج حقيقية تصف سلوكها، أو تمكن من إدارتها بشكل يحقق الأداء المطلوب منها. ويعني هذا حتمية تغيير منهج التعامل مع منظومة الطاقة الممثل في استخدام النماذج المعيارية، أي التقنية - الاقتصادية، إلى تطوير نماذج تحاكي وتمثل التعقيد الواقعي لمنظومة الطاقة، والمتمثل في الديناميكيات الاقتصادية والاجتماعية والتكنولوجية والبيئية (مثل تغير المناخ) المعقدة المندمجة في تكوينها الداخلي وبيئتها الخارجية وتؤثر في أدائها، بما يجعله يتوافق مع أداء المنظومات المعقدة بكل سلوكياتها، والموضحة لاحقاً في الورقة بشكل تفصيلي.

وتتطرق الورقة بعد ذلك إلى التطور البازغ في مجال منظومات الطاقة متعددة المصادر باعتبارها منظومات متكاملة للطاقة، يتم فيها التنسيق بين مصادر الطاقة المتاحة في المنظومة (طاقات أولية مثل الغاز الطبيعي، مصادر حرارية من التسخين الشمسي، طاقة رياح.... الخ) لتعمل جميعها معاً لتلبية حاجات الاستهلاك المتنوعة (كهرباء، تسخين، تبريد..... الخ).

وذلك خلافاً لمنظومات الطاقة الحالية، مثل منظومة الطاقة الكهربائية، والتي لها مُخرج وحيد هو الطاقة الكهربائية المولدة، والتي تستخدم لتلبية تنوعات الاستهلاك المختلفة مثل المحركات الكهربائية والتدفئة والتسخين والتبريد. وتساهم منظومات الطاقة المتكاملة في رفع الكفاءة الكلية لمنظومة

الطاقة، واستيعاب التوسع في استخدام الطاقات المتجددة، مع اعتبار جدوى تقنيات التخزين. وتبين الورقة نجاح البحوث في التوصل إلى حلول مثلى لأداء هذه المنظومات.

وتنتهي الورقة ببيان إمكانية الاستفادة من المنهج المنظومي الذي يتيح تطبيق الحلول التي يتم التوصل إليها في أي مجال، وذلك في أي مجال آخر لمنظومة من ذات النوع. وحيث أنه قد تم إثبات أن منظومة الطاقة هي منظومة تكيفية معقدة، فإنه يمكن الاستفادة من أية حلول يمكن التوصل إليها لمعالجة هذا النوع من المنظومات في أي مجال آخر، وهو ما يمثل إنجازاً علمياً للمنهج المنظومي يتيح تشارك الحلول بين جميع المجالات من ذات النوع من المنظومات. ولقد تحولت هذه إلى ممارسة فعلية منذ ما يزيد على ثلاثة عقود مضت.

وتظهر الورقة مثلاً على هذا الاتجاه في بيان بحث رائد في مجال الإدارة عن صنع القرار الاستراتيجي في منظومة تكيفية معقدة عن طريق إنشاء نموذج علمي مفاهيمي، وهو ما يمكن تطبيقه في مجال منظومة الطاقة التي تنسم بأنها تكيفية ومعقدة، وتتشابه عملياتها مع عمليات الإدارة في شركة تهدف إلى تحقيق غايات مشابهة لغايات منظومة الطاقة، كما هو مبين بالورقة.

1. هل يمكن اعتبار كيان الطاقة منظومة (منظومة الطاقة الكهربائية نموذجاً)

تتطلب دراسة مسألة الطاقة الكهربائية في أي بلد التعامل مع مكونات جزئية عديدة مترابطة Interconnected ومتفاعلة Interactive ومتواكدة Interdependent، ويشير هذا بشكل مبدئي إلى إمكانية اعتبارها منظومة System، حيث يتحقق أول شرط للمنظومة وهو أن تتكون من أجزاء مترابطة. ولكن لكي يمكن اعتبار كيان الطاقة منظومة، فإنه يجب أن يحقق شروطاً أربعة أخرى غير كونها تتكون من مكونات جزئية متشابكة ومتفاعلة (محسن، 1990). وهذه الشروط هي أن يكون هناك هدف من وجودها، وأن يكون لها حدود تغلف نطاق مكوناتها، وأن تكون لها مدخلات تقوم بتشغيل مكوناتها الداخلية في عمليات ينتج عنها الشرط الأخير لكونها منظومة، وهي أن تكون لها مخرجات تحقق الهدف من وجودها.

وبالنظر لكيان الطاقة الكهربائية دعونا نستعرض مدى تحقيقه للشروط الخمسة لكونه منظومة.

١. له هدف وهو توليد الطاقة الكهربائية بما يحقق متطلبات معينة.
٢. يتكون من أجزاء أصغر هي منظوماته الجزئية وهي متشابكة ومتفاعلة ومتواكدة.
٣. له حدود هي حدود المنطقة المطلوب دراستها.
٤. له مدخلات مثل الطاقات الأولية، والاستثمارات، والسياسات، الخ. وتحدد المدخلات طبقاً للدراسة المطلوبة، وتقوم هذه المدخلات عن طريق عمليات محددة بتشغيل منظوماته الجزئية.
٥. له مخرج هو الطاقة الكهربائية المتولدة بمواصفات معينة.

يتضح من هذا أن كيان الطاقة الكهربائية هو منظومة بامتياز. ويعني هذا أن دراسة الطاقة تتطلب استخدام المنهج المنظومي. والخطوة الأولى في هذا المنهج هي التوصل إلى نموذج يمثل المنظومة. وحيث أن منظومة الطاقة الكهربائية هي جزء من الكيان الكلي للطاقة، والذي يضم مصادر أخرى للطاقة، فإن هذا الكيان بالطبع يشكل منظومة كلية للطاقة.

2. تطوير نموذج تخطيطي عام لمنظومة الطاقة

تعتبر النماذج الرياضية Mathematical Models والتي يمكن حلها بشكل رقمي Digital باستخدام الكمبيوتر هي الأكثر شيوعاً في دراسة منظومات الطاقة الكهربائية. وهناك أيضاً النماذج التناظرية Analogue Models، وكذلك المنظومات الهجين Hybrid. ولكن عادة ينبغي البدء بنموذج تخطيطي لمنظومة الطاقة.

تبدأ الخطوة الأولى بمحاولة رسم خريطة تخطيطية Mapping للمنظومة يمكن من خلالها تفهم التفاعلات الداخلية، وبيان سريان العمليات بين منظوماتها الجزئية. ويتطلب هذا وصفاً تحليلياً للمكونات العديدة لمنظومة الطاقة (منظوماتها الجزئية)، والتوصل إلى شكل تخطيطي يعبر عنها كمنظومة لها حدود تقع داخلها كل مكوناتها الجزئية المترابطة، وبيان مدخلاتها من بيئتها الخارجية والتي تقفل العمليات المختلفة داخلها للحصول على المخرجات المطلوبة. ويتيح هذا فهم طريقة عمل المنظومة بشكل عام، وبيان إمكانية إدارتها والتحكم فيها (محسن، 1990).

في الواقع فإن منظومة الطاقة تشمل عدداً كبيراً من مكونات كثيرة (منظومات جزئية) غير متجانسة، مادية أو غير مادية، مثل مصادر الطاقة المختلفة، وأجهزة ومعدات توليدها (عن طريق تحويلها من صورة لأخرى) ووسائل نقلها ووسائل استخدامها والتكنولوجيا المستخدمة في التوليد والنقل والتوزيع، والمؤسسات القائمة على إدارتها، والتشريعات المنظمة لعملها. والاستثمارات الموجهة لها، وسلوك احتياجات المستهلكين لها، والاستراتيجيات والسياسات والبرامج والمشروعات المخصصة لها، والأفراد والمجموعات والمؤسسات القائمة على إعدادها وتطبيقها وتطويرها، والشبكات الاجتماعية التي تربط بينهم من خلال تفاعلات مستمرة، وغيرها مما يتعلق بالطاقة توليداً ونقلًا وتوزيعاً واستهلاكاً (Tawfik, 2017).

لذلك، فبالنسبة لمنظومة الطاقة فإن رسم شكل تخطيطي لها يبدو أمراً صعباً نظراً لتعدد مكوناتها، وانتشارها الجغرافي، وعدم تجانسها، وكذلك تداخلاتها المتشابكة المعقدة. وسأخذ هذا الرسم حتماً شكل شبكة معقدة كثيفة خطوط الربط، يصعب استيعابها أو دراستها بسهولة، أو تتبع عملياتها أو استنتاج نموذج رياضي لها.

وإذا اتخذنا منظومة الطاقة الكهربائية نموذجاً، فإن هناك العديد من النماذج التخطيطية التي تستخدم في التعامل معها. ويعتمد النموذج المقترح في كل مرة على نوع الدراسة المطلوبة. ولكن هناك حاجة ماسة إلى تطوير مخطط عام مفاهيمي لمنظومة الطاقة الكهربائية. ونظراً للعدد الكبير لمنظوماتها الجزئية وتشابكاتها، فإن هذا الأمر يبدو صعباً إن لم يكن مستحيلاً، على الأقل من ناحية الوضوح وإمكانية الرصد والتتبع، حيث يستحيل دراسة التفاعلات البينية بين هذا العدد الكبير من المكونات غير المتجانسة في آن واحد، كما تم إيضاحه أعلاه.

وعادة ما نلجأ إلى اختيار طريقة لتجميع مكونات المنظومة Clustering بما يمكن من التعامل معها ككيانات أكبر، ولكنها أقل عدداً من المكونات التفصيلية للمنظومة الكلية (محسن، 1990). وبالنسبة لمنظومة الطاقة الكهربائية فإن هناك طرقاً عديدة لاختيار مكونات هذه التجمعات، وقد تكون على أساس جغرافي أو تجانسي أو بناءً على تجميع تكتلات ذات تأثير نوعي مشترك. وفي هذا البحث وبعد الدراسة، فلقد تم اختيار منهج تجميع المنظومات الجزئية لمنظومة الطاقة الكلية في تجمعات أساسية على أساس وظيفي. ويتيح هذا المنهج فهماً أوضح لتكوين المنظومة وطريقة عملها بما في ذلك التفاعلات الرئيسية داخلها.

وبناءً على هذا المنهج، فإنه يمكن تكوين ثلاثة تجمعات رئيسية Clusters لمكونات المنظومة الكلية للطاقة، تشكل منظوماتها الجزئية Subsystems على الوجه التالي:

أولاً : تجمع الجهات الفاعلة

يمكن تقسيم الجهات الفاعلة أو "الفاعلون" إلى فئتين:

الأولى: تتكون من القادرين على اتخاذ قرارات بشأن عمل المنظومة ويمثلهم في منظومة الطاقة: أ. المنتجون للطاقة (عن طريق تحويلها)، والناقلون لها، وموردها، وموزعوها. وجميعهم يمثلون مؤسسات أو شركات حكومية وغير حكومية، وكذلك المستثمرون، والمنظمون Regulators.

ب. المستهلكون، وهم الأفراد والأسر وكل فئات المستهلكين الآخرين في المجتمع، ويعتبرون من الفاعلين، حيث أن سلوكهم يؤثر على سير العمل بالمنظومة.

وهؤلاء الفاعلون بفئتيهم غير متجانسين، ولكنهم يتأثرون ويتفاعلون مع بعضهم البعض من خلال الشبكات الرسمية والاجتماعية، ولكن تفاعلاتهم وقراراتهم تكون مقيدة بقيود البنية التحتية لمنظومة الطاقة، والتكنولوجيا المستخدمة، وكذلك التشريعات القائمة. وعادة ما تؤدي متطلباتهم المستقبلية إلى تغيرات في هذه القيود الثلاثة. وهذا التجمع الأخير ذو تأثير كبير على اتجاه عمل منظومة الطاقة وقدرتها على التكيف وقوتها ومرونتها (Bale, 2014).

ثانياً: تجمع البنية التحتية والشبكات المادية

هو تجمع لمكونات البنية التحتية في منظومة الطاقة الكهربائية ممثلة في محطات ومعدات وأدوات وأجهزة التوليد والنقل (الشبكة القومية لخطوط النقل) والتوزيع، والتحكم فيها. وتعتمد مكونات هذا التجمع على المزيج المستخدم لتوليد الكهرباء والتكنولوجيات المختارة في كل مجال. ويعتبر هذا التجمع هو الجزء التقني الآلي في منظومه الطاقة.

ثالثاً: تجمع قوى التشغيل الناعمة

وهو تجمع مقترح للاستراتيجيات والسياسات والبرامج القائمة (الاقتصادية والاجتماعية والبيئية) لتشغيل المنظومة، وتلك التي تتحكم في تدفق الاستثمارات وضبط النفقات والاختيارات التكنولوجية، وكذلك التشريعات القائمة، وآليات المراجعة والتحكم في بعض المنظومات الجزئية للمنظومة الكلية، وآليات اتخاذ القرار، ونماذج الأعمال Business Models، وطرق حساب اقتصاديات الطاقة..... الخ. وهذا التجمع له تأثير مباشر على إدارة المنظومة وكفاءة أدائها وخصائصها.

يتيح هذا المنهج فهماً أفضل لتكوين المنظومة، وفهم طريقة عملها، والتفاعلات الداخلية بين منظوماتها الجزئية، وكذلك تفاعلاتها مع بيئتها الخارجية من خلال المدخلات، والتي هي في هذه الحالة الطاقات الأولية، والسياسات والاستثمارات والتكنولوجيات المستجدة، والتي تقوم بتشغيل المنظومة للحصول على المخرج الرئيسي، وهو الطاقة الكهربائية بكميات ونوعيات تخضع لمعايير محددة. أما حدود المنظومة فهي الحدود الجغرافية للمنطقة المدروسة سواء على المستوى الوطني أو المحلي. ويعتبر هذا النموذج دمجاً للمفهوم الكلاسيكي لفهم عمل المنظومة باعتبار أن هيكلها يتكون من أجزاء لها وظائف متجانسة ومحددة، وبين المفهوم الحديث للمنظومة والذي يعطي للتفاعلات بين الأجزاء أهمية كبرى باعتبارها المولد للسلوك الكلي للمنظومة، وليس سلوك أجزائها منفرداً طبقاً للمفهوم الكلاسيكي (Tawfik, 2019).

3. تحليل منظومة الطاقة

3.1 هل منظومة الطاقة منظومة آلية

يمثل المنهج المنظومي، في الواقع، مقترناً فكرياً للتعامل مع جميع أنواع المنظومات. إلا أن خصائص وسلوك نوع المنظومة المدروسة هو الذي يحدد التقنيات والآليات التطبيقية التي يمكن استخدامها للتعامل معها. فهناك المنظومات الآلية Mechnistic Systems، والمنظومات

الديناميكية المعقدة Complex Dynamic Systems، وهناك المنظومات المعقدة التكيفية Complex Adaptive Systems، ولها خصائص المنظومات الحية Living Systems. ويختلف كل نوع من هذه المنظومات عن الأنواع الأخرى باختلاف نمطه التنظيمي أو/ و خصائصه أو/ وسلوكه. ويتطلب التعرف على طرق التعامل مع منظومة الطاقة القيام بتحديد نوعها أولاً طبقاً لنمطها التنظيمي وخصائصها وسلوكها للتوصل إلى الحل المنظومي المناسب (Tawfik, 2015). وللتحقق من نوع منظومة الطاقة فسنختبر أولاً تطابق خصائصها مع أبسط نوع من المنظومات وهي المنظومات الآلية.

3. 1. 1 خصائص وسلوك المنظومات الآلية:

1. تتكون المنظومات الجزئية للمنظومات الآلية من أجزاء مادية حقيقية أو/ ومجردة أو/ وبرامج تعمل طبقاً لقواعد محددة وتعطي نتائج محددة. ومن الواضح أن هذه الخاصية لا تنطبق على منظومة الطاقة، والتي تضم في مكوناتها أفراداً ومؤسسات يديرها أفراد أو مجموعات لا تؤدي نتائج قراراتهم اللابينية إلى أداء محدد ومعروف للمنظومة.
2. يمكن استنتاج سلوك المنظومة الكلي عن طريق معرفة سلوك أجزائها بشكل منفصل لكل جزء.
3. لكل منظومة جزئية منها وظيفة محددة لا تتغير، كذلك فإن نمط العلاقات بين هذه المنظومات الجزئية يكون محدداً وثابتاً.
4. يتم إدارة المنظومة بشكل مركزي يحدده الهيكل التنظيمي لنمطها، وهو ثابت ولا يتغير.
5. يمكن توقع سلوكها الكلي من مجموع سلوك منظوماتها الجزئية (المنظومة هي مجموع أجزائها).
6. تتناسب مخرجاتها مع مدخلاتها.

وينطبق هذا النوع من المنظومات على معظم المنظومات الميكانيكية مثل الآلات والسيارات والطائرات والمصانع دون اعتبار العامل البشري في مكوناتها أو إدارتها. ووجود دوائر مغلقة للتحكم الذاتي فيها لا يغير من طبيعتها كمنظومات آلية. إلا أن إدخال عنصر الذكاء الاصطناعي في إدارتها (بمعنى إدخال ما هو شبيه بالذكاء البشري) يجعلها تخرج من نطاق كونها منظومة آلية، يتم التحكم في أدائها من خلال برامج يكون اتخاذ القرار فيها محدداً من قبل البرنامج وطبقاً لشروط الظروف القائمة (Tawfik, 2019).

بمقارنة خصائص منظومة الطاقة بتلك المذكورة أعلاه لخصائص المنظومات الآلية، فإننا نجد أنها لا تتفق مع أي منها. ويرجع ذلك أساساً (إلى جانب عوامل أخرى) إلى كون منظومات الطاقة

بما تحويه من مكونات بشرية عديدة متشابكة ومتراصة، يجعلها قابلة للتعلم، وبالتالي قادرة على التكيف، ويجعل سلوكها لا يتفق مع سلوك المنظومات الآلية المنضبطة، بل ينحى إلى عدم اليقين في سلوكها، بما يجعله مشابهاً لسلوك المنظومات المعقدة. ويدعونا هذا لطرح السؤال التالي الصريح:

3. 2 هل منظومات الطاقة منظومات معقدة

للتحقق من هذه الفرضية فإن علينا مراجعة خصائص وسلوك هذا النوع من المنظومات. وللتحقق من كون منظومات الطاقة منظومات معقدة، فإننا سنعدد أهم خصائص وسلوك هذه المنظومات، ثم نختبر ما إذا كانت خصائص وسلوك منظومات الطاقة تتفق معها، وذلك على الوجه التالي المعروف لخصائص المنظومات المعقدة (Tawfik, 2015, 2017& 2018):

1. تتكون من منظومات جزئية مادية وغير مادية غير متجانسة. وينطبق هذا تماماً على منظومات الطاقة، كما يتضح مما ذكر أعلاه في مجال تطوير نموذج عام لها.
2. ديناميكية، أي دائمة التغير مع الزمن، ولا تتصف منظوماتها الجزئية بثبات وظائفها وسلوكها، كذلك فإن التشابكات والتفاعلات بينها متواصلة. وينطبق هذا على منظومة الطاقة، حيث تتغير بشكل مستمر نتيجة للتغيرات السكانية، وتطورات الطلب على الطاقة، وتغير التقنيات والتكنولوجيات، وكذلك سياسات الطاقة واقتصاداتها.
3. لا يمكن تحديد سلوكها الكلي بناءً على معرفة سلوك أجزائها بشكل منفصل لكل جزء (المنظومة أكثر من مجموع أجزائها). ولا يمكن توقع سلوك المنظومة بشكل دقيق، حيث تنسم تغيراتها بعدم اليقين وهو ذات سلوك منظومة الطاقة.
4. الشبكة Web/Network هي نمطها التنظيمي Organizational Pattern، وهو ذات النمط التنظيمي للمنظومة الكلية للطاقة، والتي تحتوي أيضاً على شبكات مادية واجتماعية كما سبق توضيحه.
5. لا تتضمن ولا يمكنها امتلاك نظام تحكم مركزي يمكنه السيطرة على سلوكها الكلي من خلال التحكم في منظوماتها الجزئية بشكل آني. وهذا صحيح بالنسبة لمنظومة الطاقة التي لا يمكن بالفعل السيطرة فيها على سلوك جميع منظوماتها الجزئية مثل سلوك الفاعلين من صانعي القرار والمستهلكين.
6. بها تحكم جزئي يتمثل في حلقات تغذية راجعة Feedback Loops في كل أو معظم أجزائها. وبذلك فهي ذاتية الضبط، وهو ما يجعلها أيضاً ذاتية التنظيم Self-organizing

دون تحكم مركزي قادر على ضبط سلوك جميع مكوناتها الجزئية في آن واحد، وهو ما تتصف به أيضاً منظومة الطاقة.

7. لحظية، وسلوكها الكلي لا يُعبّر عن مجموع سلوك أجزائها، كذلك فإن التغيرات في مخرجاتها لا تتناسب بالضرورة مع التغيرات في مدخلاتها بالضرورة. وينطبق هذا على منظومة الطاقة التي يمكن أن تؤدي إلى تغير بسيط في أحد مدخلاتها، مثل تأجيل موعد استثمار موجه لسد نقص في الطاقة إلى مشاكل كبيرة في أداء المنظومة، نظراً لعدم قدراتها على الوفاء بمتطلبات الأحمال الكهربائية.

8. قابلة للتعلم وقادرة على التكيف (تكيفية) ومرنة. ويتضح هذا في منظومة الطاقة التي يتعلم الفاعلون فيها من تجاربهم السابقة، ويستفيدون من التغيرات التكنولوجية، ولهم القدرة على إكساب مرونة للمنظومة عند تعرضها لظروف تغيرات خارجية.

9. قدرة على الاحتفاظ بهيكلها الداخلي ونمطها التنظيمي، ونطاق متغيرات حالتها State Variables التي تصفها، وذلك في حدود متغيرات غير جسيمة في بيئتها، أي في مدخلاتها، وهو ما يجعلها تتسم بالاستتباب Homeostasis. ويتضح هذا في قدرة منظومة الطاقة على الاحتفاظ بهيكلها الداخلي، وقدرتها على الإمداد بطاقة ذات جودة تقع في نطاق المواصفات الفنية المطلوبة (الجهد والتردد ونسب الهرمونيّات Harmonics) تحت ظروف متغيرة في النطاق الممكن.

10. تتصف بالقدرة على تغيير تركيبها الهيكلي إلى تركيب أعقد يمكنها من الاستدامة، إذا تعرضت لتغيرات جسيمة ضاغطة من بيئتها الخارجية. أي أنها لها قدرة على التطور وتعرف هذه بظاهرة النشوء Emergence. ويظهر هذا في منظومة الطاقة، على سبيل المثال، عندما يكون هناك نقص في الطاقة وتأتي الضغوط لاستخدام مصادر جديدة للطاقة، وهو ما يؤدي إلى تغيرات في البنية التحتية لجزئها التقني تمتد آثارها إلى أجزائها الأخرى، لتصبح أكثر تعقيداً، ولكن أكثر مواءمة للظروف الجديدة.

11. قدرة على بناء أجزائها وصيانتها وتجديدها من خلال مدخلاتها.

12. تعقيدها من النوع المنظم Organized Complexity وليس التعقيد العشوائي. ولذلك فإنه لا يمكن تحديد سلوكها (فيما عدا جزئها التقني) باستخدام وسائل الميكانيكا الإحصائية، والتي تتعامل مع التعقيد العشوائي (كما في حالة الديناميكا الحرارية)، وهو ما ينطبق على منظومة الطاقة.

13. أهداف مكوناتها الجزئية وسلوك بعض أجزائها قد يكون متناقضاً أو متضارباً، وهذا صحيح في منظومة الطاقة التي تتضارب فيها، على سبيل، مصالح المنتجين والمستهلكين.

14. تشارك في تغيير بيئتها عن طريق مخرجاتها. وهذا واضح جداً بالنسبة لمنظومة الطاقة، حيث يؤثر توافر إنتاج الطاقة الكهربائية على النمو الاقتصادي والتنمية الاجتماعية، وكذلك تؤثر مخرجاتها من الملوثات على البيئة المحيطة.

15. لها القدرة على التطور التشاركي Co-evolution لأجزائها. ويظهر هذا واضحاً في منظومة الطاقة عند دخول تقنيات أو تكنولوجيا جديدة تؤثر على منظوماتها الجزئية بما فيهم الفاعلين أنفسهم، حيث يغيرون سياساتهم، وعلى المستهلكين حيث يغيرون أنماط استهلاكهم، ولابد إنه ستظهر نماذج أعمال جديدة. إن أي تطوير في أي جزء من منظومة الطاقة سيصاحبه تطوير مشترك في بقية أجزائها لضمان استمرار أدائها بكفاءة.

من هذا يمكن أن نستنتج أن منظومة الطاقة هي بامتياز منظومة معقدة تكيفية، تتسم بكل صفات هذه المنظومات من حيث ديناميكيتها ولاخطيتها وكل صفات سلوكها المبين أعلاه. ويتيح هذا تحديد نوع نماذجها الرياضية، واستخدام تقنيات الحل المتاحة لنوع هذه النماذج أو استنباط أخرى جديدة أكثر كفاءة.

4. عرض وتحليل نماذج منظومات الطاقة

4. 1 لماذا النمذجة

حيث إنه لا يمكن إجراء تجارب على المنظومة ذاتها لمحاولة حل مشكلة بها أو لتحسين أدائها، أو توقع سلوكها في المستقبل بناءً على مدخلات جديدة، فإنه عادة ما يتم إنشاء نموذج يحل محل المنظومة ذاتها في إجراء التجارب عليها. وهذا النموذج يمكن أن يكون نموذجاً تخطيطياً، أو فيزيقياً، أو تناظرياً، أو رياضياتياً. ويستخدم النموذج في التالي (محسن 1990 & Tawfik 2017):

- تتبع وفهم الترابطات والتفاعلات بين المنظومات الجزئية وسير العمليات داخل المنظومة، بما يمكن من إدارتها والتحكم في أدائها.
- حل مشكله حالية في منظومة الطاقة عن طريق تجربة سيناريوهات لحلول مختلفة، واختيار أفضل النتائج.

- الإجابة عن أسئلة محددة تختص بإيجاد الطريقة التي يمكن أن تعمل بها المنظومة مع متطلبات خاصة، مثل الطريقة التي يمكن بها تقليل الانبعاثات الكربونية، أو توفير إمداد الطاقة بأسعار ميسرة، أو جعلها أكثر مرونة تجاه التغيرات.
- استكشاف المسارات المستقبلية المحتملة للمنظومة. أي التعرف على سلوكها وأدائها في حالة حدوث تغيرات مستقبلية في هيكلها أو مكوناتها، أو نتيجة لأية تغيرات جديدة مقترحة أو محتملة في مدخلاتها أو مكوناتها.
- التعرف على الكيفية التي يمكن بها الحصول على أفضل أو أمثل أداء للمنظومة تحت ظروف مختلفة.
- المساعدة في عملية صنع القرار على مستويات مختلفة محلياً أو وطنياً، وعلى مستويات زمنية مختلفة، لمواجهة الطوارئ أثناء التشغيل أو لإقرار استراتيجية بعيدة المدى للمنظومة (Ma, 2009 & North 2007).

4. 2 نماذج منظومة الطاقة

أولاً: النماذج التقنية

هي تعبر عن الجزء التقني من المنظومة شاملاً بنيتها الأساسية ومعدات التوليد وشبكات النقل والتوزيع وأجهزة التحكم.... الخ. وهذه النماذج تستخدم للتحكم في هذا الجزء من المنظومة، ويمكن أن تكون فيزيقية تناظرية Analogue، أو رياضياتية يتم تشغيلها رقمياً، أو هجين بين النوعين. وهذه النماذج هي أول ما ظهر لمنظومة الطاقة، ويتم تطويرها باستمرار، ومشاكلها ووسائل تطويرها تقع في النطاق الهندسي التقني، وهو ليس موضوع هذه الورقة.

ثانياً: النماذج المعيارية التقنية-الاقتصادية

نظراً للأهمية الكبيرة للعامل الاقتصادي في إنشاء وتشغيل منظومات الطاقة، فلقد تم تطوير نماذج تمثل الجوانب التقنية والاقتصادية في تلك المنظومات. ويتمثل الجزء التقني غالباً في الاختيارات التكنولوجية، وقد يكون الجزء الاقتصادي معنياً بالاقتصاد الكلي للدولة، أو مقتصر على اقتصاد جزء من سلسلة الطاقة، أو اقتصاد بعض قطاعات الاستهلاك الرئيسية مثل القطاعات السكنية أو الصناعية.

وعلى سبيل المثال فإن نموذج MARKAL يستخدم لفهم التطورات في منظومات الطاقة، والتي يمكن أن تحدث على مدى فترة تصل إلى 40 أو 50 عاماً، وهو يعمل لمستويات جغرافية مختلفة

في الدولة سواء على المستوى الوطني الكلي أو لمحافظة محددة. وهذا النموذج اختزالي ومن النوع التصاعدي، أي الذي يتبع منهج من القاعدة إلى القمة Bottom Up Approach، ويستخدم لتقييم الجزء التقني-الاقتصادي للمنظومة عند اختيارات تكنولوجيا مختلفة (Bale, 2015).

وهناك بالطبع حدود لاستخدام هذا النوع من النماذج لفهم التغيرات في منظومة الطاقة، حيث أن نماذج "من القاعدة إلى القمة" هي الأكثر ملاءمة لدراسة مختلف التقنيات الممكنة وأثرها على إنتاج الطاقة وتكلفتها والانبعثات الناتجة عنها. وعلى الرغم من أن هذه النماذج مستمرة في التحسن إلا أنها لا تأخذ في الاعتبار واقع مشاكل منظومات الطاقة الممثلة، وعلى سبيل المثال، في اللابيين المرتبط بمدخلات المنظومة وسلوك صانعي القرار بها، إلى جانب عدم تجانسهم، إضافة إلى عيوب السوق.

هل يمكن اتخاذ القرار بناءً على جانب التكلفة وحدها

هناك تخطيط ومشروعات على المدى الطويل لتكييف الطاقة في العالم لتصل إلى منظومات طاقة منزوعة الكربون. وقد يكون من المغري اعتبار التكلفة هي العامل الحاسم في تحديد أنواع تكنولوجيا الكربون المنخفض التي يجب تطويرها لتحقيق هذه الرغبة. ولكن الصورة العامة في الواقع أكثر تعقيداً.

فالتكلفة وحدها قد لا توفر جميع المطامح عندما يتعلق الأمر باتخاذ قرارات جيدة بشأن الطاقة، حيث تفشل في مراعاة العديد من عناصر جديدة للسعر الحقيقي للتكنولوجيا منها الفوائد المشتركة، وتجاوزات العجز في العرض على المدى القصير، والعوامل الخارجية غير المسعرة. كذلك فإن العديد من تقنيات الحسابات في المراحل المبكرة غير ناضجة بدرجة يمكنها تقدير التكاليف بدقة في البداية، وعلى نفس المنوال، غالباً ما تخفي الإعانات الحكومية التكلفة الحقيقية للتكنولوجيا.

ولقد شجع هذا على التفكير بشكل مختلف في تحديات وحلول الطاقة، من خلال تبني نهج أوسع يأخذ في الاعتبار كل من التدفقات الواضحة من حيث التكلفة المرتبطة بالطاقة، وتلك التي غالباً ما تكون مخفية، ويعرف هذا النهج باسم "تحليل منظومات الطاقة"، والذي يحمل اسماً عاماً متداولاً هو "تحليل النظم"، والذي يمتلك العديد من المعاني المختلفة، من نمذجة الاقتصاد الكلي على مستوى الاقتصاد لمنظومة الطاقة، إلى نماذج منظومات التكنولوجيا التي تركز على نوع واحد من التكنولوجيا ومكوناتها المتشابكة (Bale, 2015).

ثالثاً: النماذج الهجينة

هي تلك التي، إلى جانب الجزء التقني - الاقتصادي، تأخذ في الاعتبار سلوك صانعي القرار، ولكن بمنهج، مبسط ومحدد، وهذا النوع من النماذج مستمر في التطور والتحسين (Usher, 2012, Ekins, 2011). وهو وإن كان يمكن من التوصل إلى رؤى مفيدة لصانعي السياسات، إلا أنه يكون محدوداً في نطاق ما يتعلق بتمثيل الدوافع والعوائق أثناء التغيرات طويلة المدى في عملية تطوير منظومة الطاقة (Strachan, 2008&2009). ويتمثل أحد هذه المحددات في أن صناع القرار في منظومة الطاقة الحقيقية لا تكون قراراتهم الاقتصادية دائماً في أفضل أحوالها، وذلك لعدم امتلاكهم المطلق كبشر للبصيرة المطلوبة للتوصل إلى أفضل قرار. لذلك فإنه يتحتم تطوير نماذج أكثر تعقيداً لتمثل الواقع الحقيقي لمنظومة الطاقة.

رابعاً: نماذج تأخذ في الاعتبار تعقيد منظومة الطاقة

النماذج المعيارية أو الهجينة المذكورة أعلاه لا تأخذ في الاعتبار تعقيد منظومة الطاقة أو ديناميكيتها الممثلة في لاختطيتها نتيجة وجود دوائر التغذية الراجعة، والقصور الذاتي للمنظومة، واحتمالات غلقها، والسلوك الواقع لصناع القرار (والذي يتم تمثيله بقواعد مبسطة في المنظومات الهجينة بما لا يتفق مع الواقع). كذلك فإن منظومة الطاقة، كمنظومة معقدة بامتياز، لا يمكن التنبؤ بدقة بسلوكها وتطوراتها المستقبلية، خاصة على المدى الطويل (Bale, 2015).

إذاً، فالمطلوب هو إدماج خصائص المنظومات المعقدة في نماذج منظومة الطاقة على نطاق واسع، بما يوفر رؤى مفيدة لصانعي القرار، وذلك بالنسبة لاختناقات التنفيذ المرتبطة بعدم اليقين، وعدم تجانس صناع القرار، وعيوب السوق، والتي لا يتم اعتبارها في النماذج الحالية الشائعة.

ويتضح من هذا، أن النماذج الممثلة لمسألة الطاقة، وخاصة في حالة اعتبار خصائصها المعقدة وسلوكها اللايقيني تعتمد تماماً على كونها منظومة تكيفية معقدة، أي إن الحل المنظومي هو، من بين مناهج أخرى، الممكن للتعامل مع منظومة الطاقة في جميع أحوالها ومجالات دراستها.

4. 3 صياغة المفهوم الرياضي لمسألة الطاقة

المطلوب هو ضمان أمن الطاقة واستدامتها، وللوصول إلى هذا، فإنه يتعين تحقيق أهداف متعددة تقع في مجالات مختلفة. وقد تتضارب هذه الأهداف. إذاً، فمسألة الطاقة لا تقع في نطاق حسابات تحديد تحقيق هدف منفرد مثل أرخص طاقة، أو أنظف بيئة، أو أقصى ربح، لأن تحقيق أي هدف منها بشكل كامل قد يضر بتحقيق الأهداف الأخرى المتضاربة معه، وهو ما يحول مسألة منظومة الطاقة المعقدة إلى مسألة التوصل إلى الحل الأمثل لمسألة متضاربة الأهداف.

وكأمثلة على التضارب في تحقيق الأهداف الجزئية، التضارب بين هدفي الحفاظ على البيئة واستخدام مواردها للتنمية، والتضارب بين المصالح المالية للمنتجين والمستهلكين، والتضارب بين هدفي استقرار الشبكات في منظومة الطاقة الكهربائية، والاستخدام الواسع للطاقات المتجددة.

عادةً، ما يتمثل الحل الرياضي البسيط للحصول على أفضل أداء في إيجاد أعلى أو أدنى قيمة لدالة هدف Objective Function يتم صياغتها بحيث تشمل هدفاً واحداً أو أكثر من هدف بشرط عدم تضاربها.

وفي ظل التضارب الممكن في أهداف تشغيل منظومة الطاقة، والذي سبق إيضاحه، فإن مسألة الحصول على حل أفضل لأداء المنظومة لا يمكن صياغتها أو حلها بهذه الطريقة لأنها، بالتعريف، قد آلت إلى مسألة رياضية أكثر تعقيداً، وهي مسألة التوصل إلى الحل الأمثل لكل حالة محددة، والذي يمثل توازناً محسوباً يتم فيه التوصل إلى تحقيق نسبة من كل هدف، بناءً على الوزن النوعي الذي نختاره له في دالة الهدف، والتي تضم جميع الأهداف الجزئية المطلوب تحقيقها. المسألة إذاً هي بامتياز مسألة رياضية في مجال الحصول على الحل الأمثل باستخدام تقنيات الحلول المثلى (Tawfik, 2015& 2017) Optimization Techniques.

وقد يتيسر استخدام هذه التقنيات في المسائل البسيطة التي تنتج حلاً رقمياً واحداً أو أكثر (في عمليات استاتيكية). ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة لمنظومة الطاقة، والتي هي منظومة معقدة تتصف ليس فقط بأنها ديناميكية لاختطية تكيفية، وإنما أيضاً باللايقين في مدخلاتها (نتيجة لاستخدام الطاقات المتجددة)، أو في استمرار ثبات نمط عملياتها (نتيجة لتغير أنماط الطلب عليها وسياسة إدارتها). والحل يكون على شكل مسار زمني لعمليات التحكم يتفق مع ديناميكيات المنظومة (كحل للمعادلات التفاضلية التي تصف المنظومة) (Tawfik, 2018).

5. منظومات الطاقة المتكاملة

يشهد مفهوم منظومة الطاقة المتكاملة (Integrated Energy Systems) تطوراً سريعاً في البحوث والتطبيقات، فهو يساهم بشكل ثوري في تطوير منظومات الطاقة (Wei, 2019)، حيث يجعلها تعمل بكفاءة أكبر، مستوعبة الطاقات المتجددة، ومؤدية إلى الهدف الرئيسي من منظومات الطاقة بتحقيق أمن الطاقة واستدامتها. وبشكل هذا تطوراً كبيراً في تطبيق التفكير المنظومي والحلول المنظومية في مجال الطاقة.

كان الحديث في كل منظومات الطاقة السابق عرضها هو عن منظومات أحادية المخرج للاستخدام، مثل الطاقة الكهربائية للوفاء بالاستهلاك المطلوب بنوعياته المختلفة (استخدامات الطاقة الكهربائية والتسخين والتبريد). ولكن الاتجاه الحديث هو التوسع في دراسة وإنشاء منظومات الطاقة

متعددة المصادر ككل متكامل للوفاء بالحاجات الاستهلاكية المتنوعة، وذلك باستخدام كل مصادر الطاقة المختلفة المتاحة في المنظومة، والتنسيق بينها، لتلبية احتياجات الاستهلاك المتنوعة، مع الحصول على أعلى كفاءة ممكنة.

ومنظومات الطاقة المتكاملة ليست مفهوماً جديداً. ففي مجال تكامل الطاقة هناك عمليات تعاونية مثالية طويلة الأمد بين مصادر الطاقة المختلفة (Tawfik, 2017)، مثل منظومات وتقنيات CHP و CCHP و P2G. ففي منظومة (CHP, Combined heat and power) ويعرف بالتوليد المشترك للطاقة، يتم الجمع بين الحرارة والطاقة في محطة توليد الكهرباء باستخدام محرك حراري لتوليد الكهرباء والحرارة المفيدة في وقت واحد. ويمثل التوليد المشترك للطاقة استخداماً أكثر كفاءة للوقود، لأنه يتم استخدام الحرارة المهدرة الناتجة عن توليد الكهرباء استخداماً إنتاجياً، حيث تستعيد محطات الحرارة والطاقة المدمجة (CHP) الطاقة الحرارية المهدورة (تقنية الدورة المركبة على سبيل المثال). وتعتبر محطات CHP الصغيرة مثلاً للطاقة اللامركزية. ويمكن أيضاً استخدام حرارة المنتج الثانوي في درجات حرارة معتدلة (100-180 درجة مئوية) في ثلاجات الامتصاص للتبريد.

وفي منظومة (CCHP, Combined cooling, heat and power) وتعرف بالنظام الثلاثي أو التبريد المشترك والحرارة والطاقة، وتشير إلى التوليد المتزامن للكهرباء مع التدفئة والتبريد من احتراق الوقود، أو أداة تجميع الحرارة الشمسية. ويمكن أيضاً تطبيق المصطلحين "التوليد المشترك للطاقة"، و"النظام الثلاثي" على أنظمة الطاقة التي تولّد في وقت واحد الكهرباء والحرارة والمواد الكيميائية الصناعية. وبالنسبة لتقنية (P2G, Power to Gas) والتي تستخدم طاقة الرياح والشمس لتوليد الهيدروجين بالتحليل الكهربائي للماء، أو لإنتاج غاز الميثان باستخدام الماء وثنائي أكسيد الكربون الموجود في الهواء ثم توريده للاستعمال. وتتكامل كل هذه العمليات في منظومة الطاقة الكلية، ومن أهم نتائجها استيعاب الطاقات المتجددة والاستفادة منها لأقصى درجة (Correa, 2014 & Stephen 2015).

5. 1 تكوين وخصائص منظومات الطاقة المتكاملة

تتكون مدخلات منظومات الطاقة المتكاملة من مصادر متنوعة للطاقة، بينما تتكون مخرجاتها من الكهرباء، والحرارة المطلوبة للتسخين والتدفئة، والطاقة المطلوبة للتبريد، لتلبية الطلب على الطاقة من مختلف المستهلكين.

وبتواجد منظومات توزيع الغاز والكهرباء والحرارة، وخطوط أنابيب التدفئة والإمداد بالمياه، وغيرها من شبكات إمدادات الطاقة ذات الصلة، فإنه يتم تكوين منظومة اقترانيه Coupling System.

ويؤدي الاقتران بين منظومات توزيع الغاز والكهرباء ومصادر الطاقة المختلفة إلى مجمع للطاقة يتميز بالتعقيد والتنوع في إمكانية استخدامه. ووفقاً لاتساع المنطقة الجغرافية وخصائص الطاقة، فإنه يمكن تقسيم منظومات الطاقة المتكاملة إلى ثلاثة أنواع : مستوى المبنى Building، ومستوى المدينة أو الإقليم Region، ومستوى عبر الإقليم Regional Cross (Wei, 2019).

تأخذ منظومة الطاقة المتكاملة لمستوى المبنى في الاعتبار التنسيق والتكامل بين أنواع الطاقات المستخدمة والمتعددة الأشكال والخصائص. وتعتبر الاستجابة للطلب على الطاقة، والتنبؤ بالأحمال متضمنة السيارات الكهربائية، والحوسبة السحابية، والتكنولوجيات الأساسية، من خلال علاقات اقتران عميقة بين شبكات الطاقة (Jin, 2019). ويغطي مستوى المبنى منظومات الطاقة بأشكال وخصائص مختلفة (Zhang, 2015) بما في ذلك المعدات الأساسية، ووحدات منظومات الطاقة مع الاقتران المتعدد لأنواعها، والذي يتميز بخصائص الاستخدام التكميلي للطاقة والتكامل العميق بين المعلومات المادية، والتفاعل المنسق بين المصادر والشبكة والتخزين.

وتلعب شبكات الطاقة الإقليمية المتكاملة دوراً رئيسياً في نقل الطاقة وتوزيعها، وتحويلها، وتوازنها. وتتبنى نظام تخزين الطاقة الهجين، وتحويل الطاقة، ووجود شبكة توزيع متفاعلة كتكنولوجيات أساسية، مع وجود اقتران قوي بين منظومات الطاقة (Chen, 2019).

وتتبنى منظومات الطاقة المتكاملة عبر الإقليمية تقنيات إلكترونيات الطاقة، ومنظومات فيزياء المعلومات، وتقنيات النقل وتوجيه الطاقة كتقنيات أساسية (Vilma, 2018). وهي تأخذ في الاعتبار بشكل رئيسي عوامل مثل الإدارة، والتشغيل، وجدولة الوقت بين منظومات الطاقة عبر الإقليمية.

وتستند منظومات الطاقة المتكاملة في مستوى المبنى إلى تقنيات إدارة الطاقة للتحكم في العديد من الموارد القابلة للتحكم مثل البرودة والحرارة، والكهرباء، والغاز، والمياه، وذلك لتحقيق التكامل بين الطاقات المتعددة.

وبناءً على التفاعل بين صناع القرار المتعددين، تقوم منظمات الطاقة المتكاملة الإقليمية بدراسة الكفاءة التشغيلية والتكلفة الاقتصادية لصناع القرار الموزعين والمركزيين. وفي الوقت ذاته ينبغي عند النظر في مشكلة تدفق الطاقة المثلي في عملية نقل التدفق متعدد الطاقة، ضمان النقل الآمن والمستقر للطاقة. وتتكون منظومة الطاقة المتكاملة من منظومة الطاقة الكهربائية، ومنظومة الغاز الطبيعي، والمنظومة الحرارية من مختلف أصحاب المصلحة. ومن الضروري تحليل التوزيع الاقتصادي بينهم مع التركيز على استخدام نظرية اللعب Game theory، والنظريات الأخرى ذات الصلة، لتعزيز علاقات الاقتران بين تدفقات الطاقات المتعددة (Wollmann, 2017).

5. 2 نمذجة منظومات الطاقة المتكاملة والتحكم الأمثل في تشغيلها

يعتبر هذا المجال من أكثر المجالات المطروقة حديثاً في أبحاث الطاقة. ولقد صدر في الأسبوع الأخير من شهر ديسمبر 2019 ورقة مراجعة (Wei, 2019), Review Paper تضم 86 مرجعاً في موضوعات الهيكل الأساسي والخصائص الرسمية لنظام الطاقة المتكامل، والتقنيات ذات الصلة. وتلخص بشكل منهجي نظرية الاقتران متعدد الطاقات، والتحليل الاقتصادي، وتحسين التشغيل وعملية التحكم الأمثل، وتهتم بالمشاكل التي تهم الأوساط الأكاديمية والصناعية في الوقت الحالي. ويتم وصف طرق نمذجة المعدات الفيزيائية، ونمذجة مركز الطاقة، وحساب التدفق متعدد الطاقة، والتحليل الاقتصادي وعلاقة الاقتران، والحل الأمثل لتدفق الطاقة المتعددة وتحليلها لثلاثة مستويات من مستوى المستخدم (المنزل-المبنى)، والمستوى الإقليمي، والمستوى عبر الإقليمي على التوالي. وتعتبر هذه الورقة مفيدة جداً من حيث موافاتها الشاملة بالمراجع المعنية، إضافة إلى استكشافها لمجالات البحث المستقبلية المطلوبة في مجال منظومة الطاقات المتكاملة، والذي يمثل أهمية عالية جداً في تحقيق متطلبات منظومات الطاقة على جميع المستويات.

6. صنع القرار الاستراتيجي في منظومة تكيفية معقدة عن طريق إنشاء نموذج علمي مفاهيمي

تعتبر عملية تحسين صنع القرار في بيئة تكيفية معقدة من أكثر مجالات البحث المطلوبة حالياً (Gorzen-Mitka, 2014). وحيث أن هذا الموضوع حيوي جداً لمنظومة الطاقة التكيفية المعقدة، فإنه يمكن الاستفادة بنتائج البحوث القيمة في هذا الموضوع، حتى لو كانت في مجالات تطبيقية أخرى، مثل مجال الأعمال، حيث إن منظوماته هي أيضاً تكيفية معقدة.

إن أي شركة (كنموذج لمنظومة معقدة) تعمل في بيئة تنافسية وترغب في أن تكون علامة مرجعية Benchmark في عالم الأعمال، تحتاج إلى نموذج إداري يمكن من تطوير التفكير المنظومي لمديرها التنفيذي (الوكلاء متخذي القرار).

وبالإضافة إلى التفكير المنظومي، فإنه من الضروري أيضاً أن يكون المسؤولين التنفيذيين على دراية بضرورة التشارك في عمليات صنع القرار، وربطها بالعقلانية، مع ممارسة النفوذ السياسي وفقاً لأفضلياتهم في هذا المجال. وهذه العملية مهمة بشكل خاص عندما يتعلق الأمر بتحديد الاستراتيجيات لتحقيق الأهداف طويلة الأجل (Ahmed, 2014). وفي بيئات عدم اليقين، فإنه من الصعب بشكل متزايد اتخاذ قرارات استراتيجية للأسباب التالية: قد لا توجد سوابق يمكن متابعتها؛ في معظم الوقت لا يتم تنظيم القرارات؛ لأنها تعرض موارد كبيرة للخطر؛ تتطلب درجة عالية من الالتزام؛ وأنها تؤثر على الجوانب التشغيلية (Nooraie, 2012 & Hunger 2013).

وحيث أن الجهات الفاعلة ليست فقط أدوات لإنتاج السلع والخدمات، ولكنها أيضاً منظومات سياسية تسعى إلى زيادة سلطتها، فإنه يمكن أن تكون هذه المنظومات السياسية أكثر أو أقل ديمقراطية، حسب ملف الوكلاء المشاركين في اتخاذ القرارات (Mintzberg, 1991, Engle, 2013 & Diga 2014). وفي المنظومات الديمقراطية، يعتمد صنع القرار على دافع دائم للتمثيل في المناقشات. حيث يتم اتخاذ القرارات من خلال دمج مستويات الإجماع فيما يتعلق بالأفضليات الاجتماعية (Diga, 2014, Nooraie, 2012 & Barros, 2010).

لقد توصلت الورقة (Wollmann, 2017) إلى تطوير ووصف نموذج علمي مفاهيمي لاتخاذ القرارات الاستراتيجية من القواعد الناشئة عن المنظومات التكيفية المعقدة والتقنيات الرياضية التالية: عملية الشبكة التحليلية Analytic Network Process، والبرمجة الخطية Linear Programming.

وتعد هذه الدراسة التطبيقية الكمية مقترناً نظرياً تم تطويره عن طريق المراجعة التكاملية للمفاهيم والتقنيات المذكورة أعلاه، مما أدى إلى اقتراح نموذج رياضي علمي ومفاهيمي يمكن تطبيقه على مجموعة واسعة من بيئات العمل. توضح النتائج التي تم الحصول عليها من مثال افتراضي (قرار إدارة العمليات الاستراتيجية) أن النموذج قادر على ترتيب مجموعة من القرارات الاستراتيجية في بيئة معظم الشركات (كنموذج للمنظومات التكيفية المعقدة يمكن تطبيقه في مجالات أخرى)، وتوليد معلومات تستخدم لتقليل الآثار السلبية للقرارات، والنموذج الذي تم التوصل إليه يمكن استخدامه في عملية صنع القرار في منظومة الطاقة بصفتها منظومة تكيفية معقدة.

7. الخاتمة والاستنتاج

تواجه مسألة الطاقة على جميع المستويات تحديات مستقبلية متزايدة، تتمثل في زيادة تعقيدها نتيجة للتغيرات المستمرة في هيكلها وتكوينها وطريقة تشغيلها المتمثلة في، على سبيل المثال، التوسع في استخدام مصادر جديدة للطاقة مثل الطاقات المتجددة، واستخدام تقنيات جديدة مثل الشبكات الذكية، وأنماط جديدة مثل شبكات الطاقة المتكاملة، وأحمال جديدة مثل السيارات الكهربائية. وهنا تبرز صعوبة تناول مسألة الطاقة من حيث تعدد مكوناتها وتشابكها العضوي، بما لا يمكن من استخدام الطرق التقليدية لمعالجتها من حيث أنها منظومة معقدة. وهنا تبرز صعوبة تناول مسألة الطاقة في تعدد مكوناتها وتشابكها العضوي، بما لا يمكن من استخدام الطرق التقليدية لمعالجتها.

لقد أثبتت الورقة، أن كيان الطاقة هو منظومة تكيفية معقدة بكل خصائصها المميزة. وهنا يبرز دور التفكير المنظومي وحلوله وتقنياته المكرسة لدراسة المنظومات في قدرتها على معالجة منظومة الطاقة، أيا كان مكانها أو حجمها أو مشكلتها. ولقد تمثل هذا واضحاً في بحوث الطاقة وتطبيقاتها

والتي اتخذت منذ النصف الثاني من سبعينيات القرن الماضي منحى جديداً يتوافق مع بزوغ علوم المنظومات، بالتعامل مع كيان الطاقة كمنظومة، كما ورد بالورقة.

لقد بدأ الأمر باعتبار الجزء التقني من منظومة الطاقة كمنظومة آلية يمكن التحكم فيها من خلال التقنيات الهندسية. وتطورت الدراسات لتشمل الجانب الاقتصادي، حيث تم تناولها كمنظومة تقنية-اقتصادية. لكن الحلول الناتجة لم تكن تعبر عن تعقيد المنظومة بما أثبت إنه لا مناص من اعتبارها منظومة تقنية - اقتصادية - اجتماعية - بيئية.

يعني هذا مزيداً من التعقيد في تناول منظومة الطاقة، وهو ما يقابله المزيد من الحلول المنظومية التي تستمر تقنياتها في التطور لمواجهة التعقيد المتزايد في المنظومات المدروسة.

تبين الورقة، من خلال البحوث المذكورة، كيف أتاحت التقنيات المنظومية التوصل إلى حلول مثلى للمشاكل الواقعية لمنظومة الطاقة للتوصل إلى طرق متقدمة في التحكم فيها، تتيح استيعاب الطاقات المتجددة مثل الرياح والطاقة الشمسية التي أصبح التوسع في استخدامها أمراً حتمياً لمواجهة الزيادة على طلب الطاقة والتقليل من التلوث، مع مواجهة مشكلة اللايقين في ثبات إمداداتها، وتأثيره السلبي على استقرار تشغيل الشبكة ومرونتها، ونوعية الطاقة الكهربائية المستخدمة.

لقد أتاح التطوير المستمر لحلول المنظومات متعددة الطاقات تكامل ودمج وتنسيق مصادر الطاقة المختلفة، بما في ذلك تخزين طاقة الرياح والطاقة الشمسية والحرارة.

إذاً، فالنظرة المنظومية، أي تلك التي توفر "نظرة طائر" على المنظومة الكلية للطاقة ستكون أداة قيمة خلال انتقال منظومة الطاقة العالمية من وضعها الحالي إلى مكانها المستقبلي. وسيوفر المنهج المنظومي المستخدم في ذلك، وهو تحليل منظومات الطاقة، آفاقاً جديدة للتوصل إلى أفضل الحلول لضمان أمن الطاقة واستدامتها.

نظرة مستقبلية

من الواضح أن التطور الرئيسي في منظومات الطاقة يتجه لاستخدام المنظومات متعددة المصادر، أي منظومات الطاقة المتكاملة. ويتمثل التحدي الرئيسي، أمام هذه المنظومات في تعقيدها بمقاييس تتعلق بمشاكل التعدد المكاني والتعدد الزمني، التي تواجهها نظم التحكم المطلوبة. ولقد وفر اتباع المنهج المنظومي، كما هو موضح بالورقة، حلاً في مجالات التشغيل والتحكم الاستراتيجي، ويوفر كذلك تقنيات لاتخاذ القرار لإدارتها بأعلى كفاءة تقنية اقتصادية اجتماعية بيئية ممكنة.

لذلك، فلقد صار من الضروري تكثيف البحوث في مجال التحكم المتقدم في منظومات الطاقة المعقدة، بهدف تحسين أدائها للأتمثل، في المجالات المنهجية والنظرية والعملية، مثل تطوير نماذج المحاكاة، والخوارزميات، والتجارب والتطبيقات المتعلقة بتقنيات التحكم والتحسين المتقدمة لمنظومات الطاقة المعقدة.

ويتطلب هذا اللجوء إلى التعامل مع علوم المنظومات بما فيها نظرية المنظومات الديناميكية، وعلوم التعقيد، بما فيها نظرية الفوضى، والتعامل مع مشاكل التعقيد المنظم باستخدام رياضيات جديدة. ولاشك أن التطوير الثوري في تشغيل منظومات الطاقة سيتحقق باستخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي، مدعومة بتقنية "إنترنت الطاقة" كأحد تطبيقات "إنترنت الأشياء"، وهو المجال الواعد لبحوث ودراسات وتطبيقات منظومات الطاقة بدءاً من مستوى التشغيل إلى التخطيط الاستراتيجي.

المراجع:

1. محسن توفيق (1990). المنظومات البيئية. المؤتمر القومي الثاني للدراسات والبحوث البيئية. المجلد الأول.
2. محسن توفيق (2013). التنمية نسق معقد استخدام المنهج المنظومي لتجاوز مأزق التنمية. المجلة المصرية للتنمية والتخطيط. المجلد الحادى والعشرون العدد الأول: عدد خاص: الملتقى الفكرى الأول مأزق التنمية فى الواقع المجتمعى المصرى المعاصر (أنساق القيم نموذجاً) الجزء الأول.
3. Ahmed A. H., Bwisa H., Otieno R. & Karsnja K. (2014), Strategic decision making: process, models, and theories, Business Management and Strategy, vol. 5, no. 1, pp. 78–104.
4. Arthur, W. B. (1999), Complexity and the economy, Science, 284, pp. 107-109.
5. Bale C. S. E. & Foxon T. J. (2015), Energy and complexity: New ways forward. Applied Energy, Volume 138, Pages 150-159.
6. Betts F. (1992), How Systems Thinking Applies to Education. Educational Leadership, v50 n3 p38-41.
7. Chen S., WEI Z., SUN G., CHEMUNG K. W., D. WANG D., & H. ZANG H., (2019) , Adaptive robust day-ahead dispatch for urban energy systems, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 66, no. 2, pp. 1379–1390.
8. Correa C. P. M & Pedro S. M. (2014) , Security-constrained optimal power and natural-gas flow, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 29, no. 4, pp. 1780–1787.
9. Diga M. N., (2014), Morgan's images of organizations ANALYSIS, International Journal of Innovative Research & Development, vol. 3, no. 13, pp. 201–205.
10. Ekins P., Anandarajah G., Strachan N. (2011), Towards a low-carbon economy: scenarios and policies for the UK, Climate Policy, 11, pp. 865-882.
11. Engle M. T. (2013), The strategic decision-making process of the board and its impact on decision outcomes [Ph.D. thesis], Weatherhead School of Management Case Western Reserve University.

12. Farmer, J. D, Foley D. (2009), The economy needs agent-based modeling, *Nature*, 460), pp. 685-686.
13. Foxon T. J. (2013), Responding to the financial crisis: need for a new economics. *Environ Innovat Soc Trans*, 6, pp. 126-128.
14. Foxon, T. J, Köhler, J. Michie, C. (2013), Oughton. Towards a new complexity economics for sustainability, *Cambridge J Econom*, 37, pp. 187-20.
15. Frenken, K. (2006), Technological innovation and complexity theory, *Econom Innovat New Technol*, 15, pp. 137-155.
16. Gorzen-Mitka I. & Okreglicka (2014), Improving decision making in complexity environment, *Proceedings of the 21st International Economic Conference (IECS '14)*.
17. JIN X., Jiang T, Mu Y et al., 92019S0, scheduling distributed energy resources and smart buildings of a microgrid via multi-time scale and model predictive control method, *IET Renewable Power Generation*, vol. 13, no. 6, pp. 816–833.
18. Ma, T and Nakamori, Y. (2009), Modeling technological change in energy systems – from optimization to agent-based modeling. *Energy*, 34 pp. 873-879.
19. Nooraie M., (2012) , Factors influencing strategic decision-making processes, *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, vol. 2, no. 7, pp. 405–429.
20. Plsek P. E, Wilson T., (2001), Complexity, leadership, and management in healthcare organisations, *BMJ*, 323, pp. 746-749.
Plsek P. E. & Greenhalgh, T. (2001), the challenge of complexity in health care *BMJ*, 323, pp. 625-628.
21. Stephen C. & Pierluigi M. (2015), Integrated modeling and assessment of the operational impact of power-to-gas (P2G) on electrical and gas transmission networks, *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 6, no. 4, pp. 1234–1244.
22. Strachan N., Kannan R., (2008), Hybrid modelling of long-term carbon reduction scenarios for the UK, *Energy Econom*, 30, pp. 2947-2963.
Strachan N., Pye S., Kannan R. (2009), The iterative contribution and relevance of modelling to UK energy policy, *Energy Policy*, 37, pp. 850-86.
23. Tawfik, M. (2015), Green Economy as a System Approach to Realize Sustainable Development. *Green Economy: A Road Map for Sustainable Development and Poverty Reduction in the Arab Region Conference*, Bibliotheca Alexandrina.
24. Usher W. & Strachan, N., (2012), Critical mid-term uncertainties in long-term decarbonisation pathways. *Energy Policy*, 41, pp. 433-444.
25. Venikov V.A., Stroeve V. A., Tawfik M., (1981) , Optimal Control of Electrical Power Systems Containing Controlled Reactors Part 1: Effect of Controlled Reactors on the Transient Stability Limit. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*.
26. Venikov V.A., Stroeve V. A., Tawfik Mohsen, (1981). Optimal Control of Transients in Electrical Power Systems Containing Controlled Reactors Part 2: Optimal Control Problem Solution. 1981 *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*.

27. Vilma V., S. S. Afzal, B. Zakeri, and A., (2018) Salo, Market power with combined heat and power production in the nordic energy system, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 33, no. 5, pp. 5263–5275.
28. Wei C., Xu X., Zhang Y. & Li, X. (2019), A Survey on Optimal Control and Operation of Integrated Energy Systems. Complexity, Wiley.
29. Wollmann D. & Steiner, M. T. A., (2014) “Complex adaptive systems integrating the decision making process in industrial companies: a scientific conceptual model,” Applied Mechanics and Materials, vol. 670-671, pp. 1601–1607.
30. Wollmann, D, M. T. A., Steiner, P. J. Steiner, N., & Gouvea Da Costa S. E., Socrates (2015) The CEO-Robot, Proceedings of the 23rd International Conference on Production Research, Manilla, Filipinas.
31. Wollmann D. & Steiner M. T. A. (2017) , The Strategic Decision-Making as A Complex Adaptive System: A Conceptual Scientific Model, Complexity, WILEY.
32. Zhang X. P., Shahidehpour M., Alabdulwahab A. & Abusorrah A., (2015) , Optimal expansion planning of energy hub with multiple energy infrastructures, Transactions on Smart Grid, vol. 6, no. 5, pp. 2302–2311.

BOOKS

33. Beinhocker, E. (2006) . The origin of wealth: evolution, complexity and the radical remaking of economics. Random House, London.
34. Bertalanffy L. V., (1968), General System Theory :Foundations, Development and Applications. GEORGE Braziller. New York.
35. Hunger J. D. & Whelen T. L., (2013) , Essentials of Strategic Management, Pearson, New York, NY, USA.
36. Miller J. G., (1978), Living Systems. McGraw-Hill.
37. North, M.J., Macal C.M, (2007)., Managing business complexity: discovering strategic solutions with agent-based modeling and simulation, Oxford University Press, Oxford.
38. Mintzberg H. & Quinn J. B., (1991) , The Strategy Process, Prentice Hall, Boston, Mass, USA.
39. Sterling S.R., (2005), Whole systems thinking as a basis for paradigm change in education: Explorations in the context of sustainability. Publisher: CREE, University of Bath, Bath BA2 7AY, United Kingdom.
40. Tawfik, M., (2015) Environmental Systems Engineering, Lectures' Notes, Institute of Environmental studies and Research, Ain Shams University.
41. Tawfik, M., (2017), Energy Systems Efficiency, Lectures' Notes , Institute of Environmental studies and Research, Ain Shams University.
42. Tawfik, M., (2018) New and Renewable Energy, Lectures' Notes , Institute of Environmental studies and Research, Ain Shams University.
43. Tawfik, M., (2019) Control of Environmental Systems, Lectures' Notes, Institute of Environmental studies and Research, Ain Shams University.

INTERNET

44. Strachan N. UKERC Energy Research Landscape: Energy Systems Modelling. UKERC; 2011. <https://ukerc.rl.ac.uk/Landscapes/Modelling.pdf>, Accessed 12 Nov. 2019.

الجلسة الثالثة

حلقة نقاشية: تخطيط الطاقة في مصر

Electricity Market in Egypt

Dr. Dalal Helmi

Sector Head of Electricity Market and Cross Boarder Interconnection

dalal.helmi@eehc.gov.eg

Acc. Hamada HAGGAG

Senior Financial and Economic Analyst

Eng. Mohamed IBRAHIM

Senior Engineer

Eng. Yasser ELGAMMAL

Senior Engineer

Electricity Market and Cross-Border Interconnection' Sector-Egyptian Electricity
Holding Company (EEHC), Egypt

د. دلال حلمي

- تشغل د. دلال حلمي حالياً وظيفة رئيس قطاع الشئون الفنية لسوق الكهرباء والربط الدولي بالشركة القابضة لكهرباء مصر منذ سبتمبر 2016. بالإضافة إلى ذلك، فهي رئيس اللجنة التوجيهية لدراسة الربط الكهربائي العربي الشامل، ومديراً مصرياً للجنة المصرية الألمانية للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة JCEE (أكتوبر 2014- نوفمبر 2018).
- تخرجت د. دلال من كلية الهندسة- جامعة عين شمس عام 1993 قسم كهرباء/ هندسة القوى الكهربائية، حصلت على شهادتي الماجستير والدكتوراه في هندسة القوى الكهربائية من جامعة عين شمس عامي 1997، 2002 في استخدام الذكاء الاصطناعي لوقاية نظم القوى الكهربائية.
- خلال عملها السابق بالشركة المصرية لنقل الكهرباء، تدرجت في العديد من الدرجات الوظيفية انتهاءً بمدير عام ترشيد الطاقة، وقد شاركت مع فرق العمل لحل مشكلات غير نمطية بالشبكة ولديها خبرات في عديد من المجالات، نذكر منها على سبيل المثال: نظم المراقبة واسعة المدى، وأجهزة مسجلات الأعطال وتحليل أداء الشبكات الكهربائية، والشبكات الذكية، ومنظومة قياس الأطوار المتزامنة، والصيانة التنبؤية، ومشروعات القطاع الخاص للطاقات المتجددة، وكود شبكات نقل الكهرباء، والمتطلبات الفنية لربط مزارع الرياح والمحطات الشمسية بالشبكة، وأخيراً وليس آخراً الدراسات البيئية والاجتماعية لمشروعات النقل.
- قامت بالإعداد العلمي لعديد من البرامج التدريبية والمحاضرات لتأهيل وتدريب مهندسي الكهرباء المصريين وغير المصريين عملياً وعلمياً، كذلك حصلت على عديد من الدورات التدريبية داخل وخارج مصر، بالإضافة إلى العديد من الجوائز وشهادات التقدير الدولية والمحلية من خلال الأبحاث العلمية والتطبيقية المنشورة في المحافل المختلفة والتي تزيد عن 75 بحثاً.
- كذلك فإنها عضواً ومقرراً باللجان العلمية المختلفة داخل قطاع الكهرباء المصري (مجلس الطاقة العالمي، السيجريه، السبريد، المواصفات الكهروتقنية IEC)، وكذا عضواً بمجموعات عمل دولية ترتبط ارتباطاً وثيقاً باللجان العلمية المصرية، ونظراً لحرصها الشديد على نقل المعرفة للآخرين فهي تشرف على العديد من رسائل الماجستير و الدكتوراه في المجالات العلمية التطبيقية.

Abstract

Following the success of liberalization of various sectors of the economy, electricity markets underwent a similar transition. Vertically integrated utilities, which managed generation, transport and supply of electricity, were unbundled, and competition in generation and supply was introduced. Given the differences in electricity market structures and regulatory policies around the world, there is no single standard market model.

The electricity sector in Egypt is led by the Ministry of Electricity and Renewable Energy (MoERE) which was established in the early 1960s, with main mandate of securing the electricity supply on the national level. Under the Ministry there are five electricity authorities beside the Egyptian Electricity Holding Company (EEHC). EEHC is a joint stock company established by law 164 of year 2000 and have sixteen subsidiaries; six Production/generation companies, nine distribution companies and the Egyptian Electricity Transmission Company (EETC), all of which are affiliated and controlled by EEHC.

The new Electricity Law No. 87/2015 seeks to reform in depth the structure of the sector. The aim is to progressively liberalize the market so as to address the rapidly growing demand and facilitate the addition of generation capacity either by the State or by the private sector as well as to create competition and raise efficiency while making investment attractive in the areas of production and sale of electricity. This liberalization is expected to be achieved, in a first phase, by distinguishing two segments of the market: (a) a regulated segment for customers of the medium and low voltage network where the Transmission System Operator (TSO) will be transformed into a wholesale public trader; and (b) a competitive electricity market.

This paper illustrates the current status and challenges of power sector in Egypt, power market reform in Egypt and introduce Egypt as a hub for interconnected electricity markets in the region.

سوق الطاقة الكهربائية في مصر

مستخلص

في إطار نجاح عمليات تحرير مختلف قطاعات الاقتصاد، شهدت أسواق الكهرباء في مصر تحولاً مماثلاً، فالمرافق المتكاملة رأسياً، التي كانت تدير توليد ونقل وتوريد الكهرباء، كانت مفككة، وكانت هناك منافسة في عمليات التوليد والإمداد. ونظراً لوجود اختلافات كثيرة في هياكل أسواق الكهرباء والسياسات التنظيمية لها حول العالم، فإنه لا يوجد نموذج سوق قياسي واحد للكهرباء.

ومن المعروف أن قطاع الكهرباء في مصر تتولى مسؤوليته وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة (MoERE)، والتي تأسست في أوائل الستينيات من القرن الماضي، وتتمثل المهمة الرئيسية لوزارة الكهرباء والطاقة المتجددة في تأمين إمدادات الكهرباء على المستوى الوطني. كما يوجد خمس هيئات للكهرباء تحت إشراف الوزارة بجانب الشركة القابضة لكهرباء مصر (EEHC). وتعتبر الشركة القابضة لكهرباء مصر هي شركة مساهمة تأسست بموجب

القانون رقم 164 لسنة 2000 ولديها ستة عشر شركة تابعة؛ وستة شركات إنتاج/ توليد، وتسع شركات توزيع، بالإضافة إلى الشركة المصرية لنقل الكهرباء (EETC)، وكلها تابعة للشركة القابضة لكهرباء مصر.

ويسعى قانون الكهرباء الجديد رقم 2015/87 إلى إصلاح جذري لهيكل القطاع، بهدف تحرير سوق الكهرباء تدريجياً من أجل تلبية الطلب المتزايد في أقل وقت وتسهيل إضافة طاقة التوليد إما من قبل الدولة أو من قبل القطاع الخاص، وكذلك خلق المنافسة ورفع الكفاءة مع جعل الاستثمار جذاباً في مجالات الإنتاج وبيع الكهرباء. ومن المتوقع أن يتحقق هذا التحرير، في المرحلة الأولى، من خلال التمييز بين قسمين من السوق: (أ) قطاع منظم لعملاء شبكة الجهد المتوسط والمنخفض، حيث سيتم تحويل مشغل نظام النقل (TSO) إلى تاجر الجملة العامة، و(ب) السوق التنافسي للكهرباء.

وتوضح هذه الورقة الوضع والتحديات الحالية لقطاع الطاقة في مصر، وإصلاح سوق الطاقة في مصر، وتقديم مصر كمركز لأسواق الكهرباء المترابطة في المنطقة.

1. Introduction

Since the establishment of the electricity system in the century before, it was believed that the electricity sector is managed by governments; this situation has persisted for several decades. Over time, this principle has changed as a result of policy intervention in that direction. In 1950s and 1960s, the global trend has become that the electricity system must be managed by the private sector, which managed more efficiently. With implementation some negative aspects emerged, that governments and the private sector appearing to disagree on some issues. Where governments want to deliver electricity to the citizen at the lowest cost and the private sector wants to make high gains, the state wants to deliver electricity to all regions, while the private sector wants to deliver electricity to the higher-paying areas. Therefore, it had been seen that there was no way better than competition in the electricity industry which ensure that the situation to be more transparent and costs were more credible.

The lack of electric power supply and the need for more generated and distributed power in the electric system to satisfy the demand at acceptable prices have become a tremendous problem worldwide. Electricity deregulation provided a solution to overcoming this problem by removing the governmental regulations on the electricity industry in order for the free market to take over. The success of liberalization of various sectors of the economy, electricity markets underwent a similar transition. Vertically integrated utilities which managed generation, transport and supply of electricity were unbundled, and a competition in generation and supply was introduced. Electricity deregulation is aiming to break up the traditional

vertically integrated electric power system into separate identities [1]. However, the main system infrastructure and equipment remain the same; each identity has become dedicated to performing one of the following roles; generation, transmission, or distribution.

To facilitate the deregulation, various challenges have to be overcome. These challenges can be categorized into globally-common or country-specific issues. International experiences showed that the need for workable plans and a timeline to achieve a reliable electric deregulated system are essential. Given the differences in electricity market structures and regulatory policies around the world, there is no single standard market model. However, from the several market models implemented in different parts of the world, it is possible to distinguish two main types of market organization, (i) Power Pools or centralized markets and (ii) Bilateral Contracts Model or decentralized markets. Most electricity markets can be classified as of being of type (i), (ii) or its variants.

Moreover, the transition from the vertically integrated system to the fully competitive electricity market should be smooth. It starts with a preparation period, which is followed by various phases of market development and implementation.

2. Egyptian Electricity Present Structure

The electricity sector in Egypt is led by the Ministry of Electricity and Renewable Energy (MoERE) which was established in the early 1960s, with main mandate of securing the electricity supply on the national level. Before that, during 1893-1961, Generation and distribution were practiced by Private companies.

Under the Ministry there are five electricity authorities beside the Egyptian Electricity Holding Company (EEHC). EEHC is a joint stock company established by law 164 of year 2000 and have sixteen subsidiaries which are affiliated and controlled by EEHC until today; six Production/generation companies, nine distribution companies and the Egyptian Electricity Transmission Company (EETC) which is the only company licensed for purchasing and transmitting electrical energy generated from all generators connected to the Extra High Voltage (EHV) and High Voltage (HV) networks as in figure 1. In turn, it sells electricity

to all Distribution Companies (DCs) as well as directly contracting (about 108 consumers) connected to the EHV and HV networks.

This Single Buyer Model is operating on a cost-based power pool which is designed to link the electricity companies to operate through formal agreement among them, including a billing and payment system, under the supervision of EEHC, EETC is responsible for power exchanges with neighboring countries over the present interconnections. Egypt has a largely monopolistic electricity market structure, with the Egyptian Electricity Holding Company (EEHC) owning most of the generation capacity, the transmission system and almost all of its distribution network. Since EEHC establishment, it sets its vision to be "Global Leadership and Excellence for Sustainable Electric Power" and its mission to "provide sustainable electricity from all sources to all customers, in accordance with international standards and competitive prices, through institutional work that adopts quality policies, the environment based on human and technological capabilities of high efficiency, and the completion of business in a manner that is morally responsible, to the benefit of its` customers , employees and community". Electricity sector is overseen by the Egyptian Electricity Utility and Consumer Protection Regulatory Agency (EgyptERA), which was established by Presidential Decree 329 in the year 2000 as independent from the Ministry of Electricity & Renewable Energy and the service providers. The Agency is responsible for granting licenses for generating and distributing electricity, prepare necessary studies for end users tariff adjustments to be presented to the cabinet for approval, provide customer dispute resolution and for overseeing the sector's compliance to its rules and regulations.

In general, the aim of the Ministry of Electricity and Renewable Energy (MoERE) and the Egyptian Electricity Regulatory Agency (EgyptERA) is to gradually create a liberalized electricity market in Egypt.

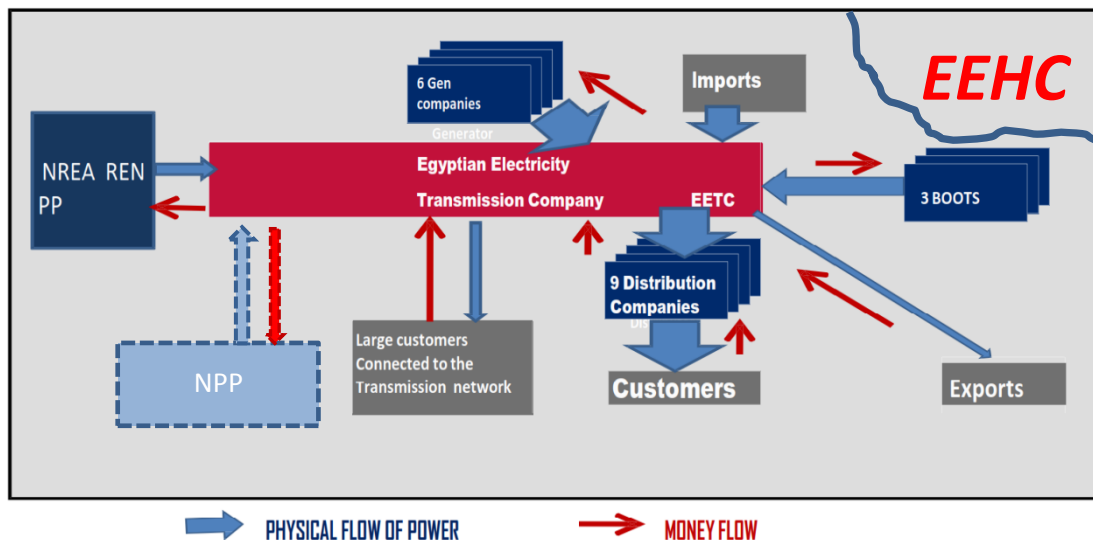


Figure (1): Present Egyptian Electricity utilities structure

3. The Challenges of Power Sector in Egypt and Actions Taken

It is important to mention that the electricity sector faced big challenges during the period from year 2011- 2014 due to ;(i) political and economic instability resulted from the two revolutions ,(ii) declining of natural gas (NG) productions led to shortage in the NG supply to generators , (iii) delay in the construction of the new power plants , (iv) unexpected high growth in demand ,(v) low collection rate and increase of commercial losses , (vi) load shedding which reached more than 4000MW, (vii) low electricity tariffs (less than 40% of the cost) ,and (viii) high liabilities and weak financial ratios.

Since Electricity is a matter of National Security, the Ministry of Electricity and Renewable Energy (MoERE) supported by the Government of Egypt (GOE) set a quick recovery plan to overcome these challenges and achieve sector security, sustainability and governance as follows:

- Set a five-year price trajectory plan which has been approved by Cabinet and publicly announced with the July 2014 energy subsidy reforms. The price trajectory incorporated differentiated peak and off-peak prices that will help to stimulate energy efficiency. By 2019, the electricity sector was expected to be self-sustaining although financially neutral cross-subsidies will remain across customer groups. (This targeted date was extended till 2022 due to the devaluation of the Egyptian Pound).

- Adopting a fast track plan to meet the demand by using simple cycle gas turbine, of 3636 MW which were installed in eight and half months only and planned to be converted into combined cycle.
- Executed a first-class Contract based on EPC+ finance for 14.4 GW Combined cycle high efficient three Power Plants each 4800 MW jointly with Siemens and big local Egyptian companies in two and half years only and already connected to the network on 500kV level.
- Supreme Energy Council approved the participation of RE of 20% of electricity generation by 2022, to be executed by both public (NREA) and private sector through merchant projects, BOO and FIT already 250MW BOO wind project and 1465MW FIT tariff PV projects secured financing in Benban and all connected to the grid.
- EEHC prepared a long-term plan which includes diversified generation technology Gas, coal, nuclear, renewable and energy efficiency.
- EEHC started to implement corporate governance measures in EEHC and the affiliated companies, internal audit charter approved by EEHC board and internal audit board committee, internal audit & Compliance departments formed in EEHC and all affiliated companies and the draft electricity sector governance code exists.
- Several legislations issued, renewable energy law No 203 for the year 2014, Investment law, FIT regulations and Law 87, 2015 for restructuring electricity sector.

4. The Proposed Reform of the Egyptian Electricity Market

Egypt aims in the first stage (*Phase-I*) of gradually opening its liberalized electricity market to create a two-tiered electricity market (figure 2). The first tier of the market will be competitive and will comprise high and extra high voltage customers, who will be free to choose among electricity suppliers on a *bilateral contract* basis and freely negotiate electricity prices with generators and managed by market operator (MO), those called *Eligible Customers* (ECs). The remaining second tier of the market will pay a regulated tariff and will purchase electricity from the distribution companies who will be supplied by a single Wholesale Public Trader (WPT), those called *Non-Eligible or Captive Customers*.

On July 2015 The Electricity Law No 87 had been issued, contains a number of important measures that will allow the modernization of the regulatory framework for electricity sector, these include the creation of a wholesale market, the establishment of an independent Transmission System Operator (TSO), and the strengthening of the electricity regulator. The Egyptian Electricity Transmission Company (EETC), which is currently performing as a subsidiary of EEHC, will be converted into a fully independent Transmission System Operator (TSO). The Transmission System Operation will provide balancing service to the competitive electricity market, while financial settlement will be undertaken by the Market Operator (MO) at regulated tariffs. The Transmission System Operator will provide third party access to its own networks without any preferential treatment so as to provide electricity distributors and consumers with their electricity requirements in accordance with approved transmission rules, suppliers will be the third parties responsible for purchasing electricity from the generators on behalf of the Eligible Customers (ECs).

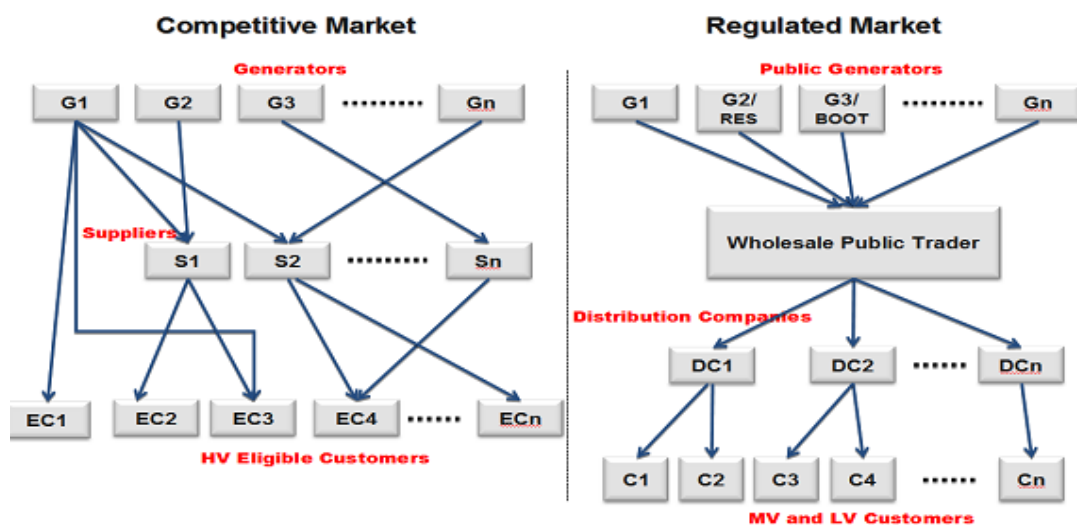


Figure (2): Proposed Structure of Egyptian Electricity Market (Phase-I).

To smoothly transfer into a workable market, competition will be introduced through developing part of the market against the regulated tariff as an important driver of market opening to private investors and gradual transfer of consumption from the regulated price regime as specified in Phase-I. This transformation requires a detailed market design and market rules that should reflect the requirements of each phase of the

proposed market. Focusing on Phase-I, many basic principles are followed such as:

- Endorsement of straight forward rules and structures to gradually develop the required new capacities building (staff training and experience, international experience transfer..., etc).
- Splitting the commercial part of the competitive segment from the regulated tariff segment to ensure market competitiveness and fairness among market participants.

By the end of Phase-I, the previous mentioned goals should be achieved with satisfactory operation with more active contribution from private sectors under market surveillance through the EgyptERA.

4.1 Phase-II: Introduction of more ECs to the Competitive Market and Liberalizing more Market Services: In this phase, the balancing and ancillary services should be liberalized. In the meanwhile, a development of a Distribution System Operator (DSO) and suppliers (a third party who purchase electricity from the Traders or DSO on behalf of the ECs connected to distribution levels) should be in action. However, from the regulatory point of view, a workable Distribution Code should be approved; in addition, a contractual relationship between market participants should be developed. Based on satisfactory operation of the developed DSO and suppliers and fair market surveillance through EgyptERA, an upgrading of the metering and IT infrastructure to accommodate the new ECs is essential to start Phase-III.

4.2 Phase-III: Expanding the Electricity Market and Developing the Retail Market: During this phase, all customers other than the residential customers (due to their huge number in the system) will become part of the liberalized market. After assuring satisfactory operation, adequate metering systems for the residential customers should be considered for phase-IV.

4.3 Phase-IV: Fully Functioning Competitive Electricity Market: Finally, all customers become part of the liberalized market and a continuous operation of the market should be in action.

5. The Current Situation in Egyptian Electricity Market

The Egyptian electricity sector had taken active steps to fulfill reform requirements, that Electricity law No. 87 of 2015 was issued and the bylaw

for the Electricity Law has been issued on March 2016 aiming to operate the electricity system in accordance with economic and environmental standards that guarantee equal opportunities in a manner that preserves the interests of electricity producers and consumers.

The main features of the Electricity Law are:

- Establishment of competitive electricity market which is based on bilateral contracts and adoption of the concept of eligible customers.
- Third Party Access (TPA).
- Establishment of Transmission System Operator (TSO) and provide assurances for its independence and full unbundling from other sector participants.
- Tariffs to be ratified by the regulatory agency
- Supporting renewable energies, cogeneration and power generated from secondary resources
- Supporting integrated resources planning including: energy efficiency and demand side management.

Given the diversity of national electricity market structures and the pace of progress in reform processes in each country, extensive studies are going seeking for market adaptation on different market models.

Egypt's generating capacity mix remains decidedly fossil-fuel-focused. This is principally because the government has sought to build out capacity quickly after the electricity shortages a few years ago. As part of this strategy, Siemens completed in late 2018 its 'Egypt megaproject' to build three combined-cycle gas turbine plants totaling 14.4GW. As a result, gas-fired generating capacity expanded by 200% over 2010-17 and is expected to continue as the government seeks to exploit its recently discovered domestic reserves. With regard to structure, at present, the state dominates the power market, with the EEHC and its subsidiaries owning more than 90% of each segment.

Also, in-house work on restructuring EETC and EEHC, in preparation for the stage of gradual opening of the Egyptian electricity market to be a competitive market for eligible customers and regulated one for non-eligible customers, is ongoing; In the initial phase of market opening ("Phase 1") in Egypt, it is intended that approximately 108 HV customers

would be eligible to seek supply from alternative sources. The remaining customers (approx. 85% of the market by energy) would remain in the regulated market. “Phase 0” is the period between the date of separation of EETC and the commencement of Market Phase -I as in figure 3.

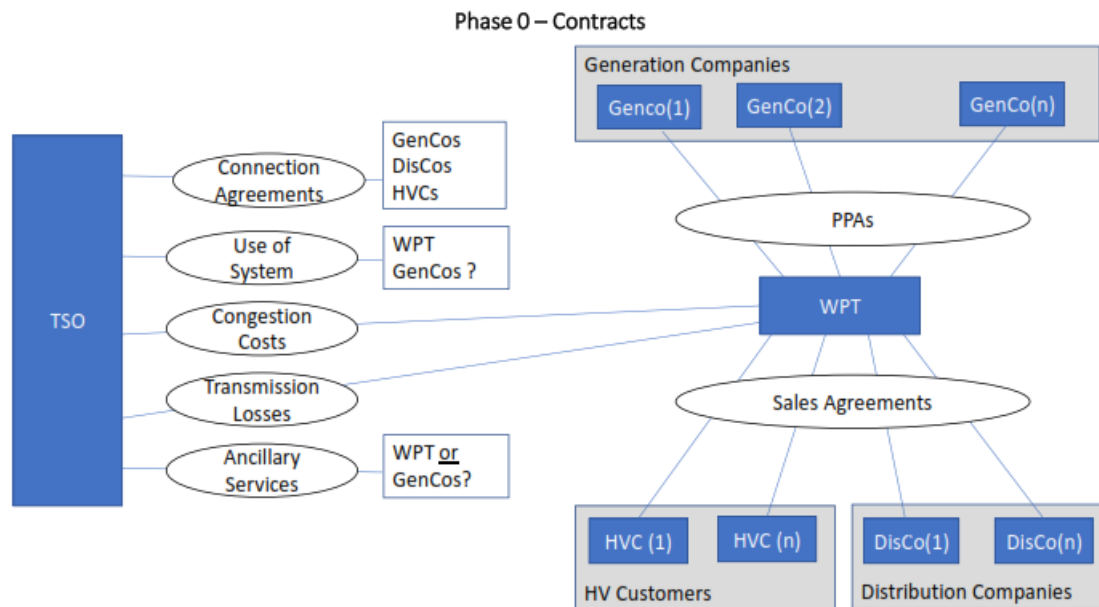


Figure (3): phase 0 contracts.

6. Egypt as a Regional Hub for Interconnected Electricity Markets

Located in the north-eastern part of Africa, Egypt is bordered by the Mediterranean Sea to the north and the Red Sea to the east, and therefore, Egypt is at the gateway between Africa, Asia and Europe.

Egypt has also developed a strategy to strengthen the electrical interconnection projects to accommodate the huge energies that will be generated from clean energy and also strengthening power security over the medium and long-term,

Egypt is actively participating in all regional electrical interconnection projects (figure 4). Ministry of Electricity & Renewable Energy (MoERE) aims to position the country as a Regional Hub for electricity trading. Due to the country doubling its production capacity and the large expansion in transmission and distribution networks, it will be in a position to export electricity/renewable surplus to interconnected countries, including Jordan, Libya, Sudan, Saudi Arabia, Cyprus, ...etc as well as wheeling electricity through its Grid.

Egypt is participating very actively in all regional Electrical interconnection projects, such as the existing link with the Arab Mashreq through Jordan, and the Maghreb countries through Libya, and the linkage underway with Saudi Arabia, through which Egypt will be linked to the Gulf countries and Asia.

The study for Arab Interconnection led by LAS has been finalized. 16 Arab countries signed the MOU for Arab Interconnection. And now the Steering committee headed by Egypt works with the Arab Fund and WB to finalize the rest of the Governance documents; General Agreement (GA), Pan-Arab Electricity Market agreement (PAEM) and the interconnection Grid Code (GC)

Egypt- Sudan 220kV link is currently completing and the necessary tests for synchronization are ongoing. Also Egyptian Electricity Holding Company is active member in East African Power Pool (EAPP) and participates in all committees and studies. There is also ongoing effort linking the Eastern Africa power pool (EAPP) and the Southern Africa power pool (SAPP) to create an energy hub that runs from Cape Town south to Cairo to the north, thus connecting the electricity markets to both East and South Africa.

A preliminary feasibility study for the electrical connection between Egypt, Cyprus and Greece has also been completed. In addition, Egypt signed a memorandum of understanding with the International Organization for Electrical Connectivity (GEDICO) with the aim of promoting the concept of global electricity interconnection until 2050.

As a result of all these measures, and by completing the interconnection projects mentioned above, Egypt will become the HUB for the electrical interconnection between Europe, Asia and African countries, which will contribute to the integration with the rest of North Africa to exploit the natural potential of the region in the field of renewable energy, especially solar energy.

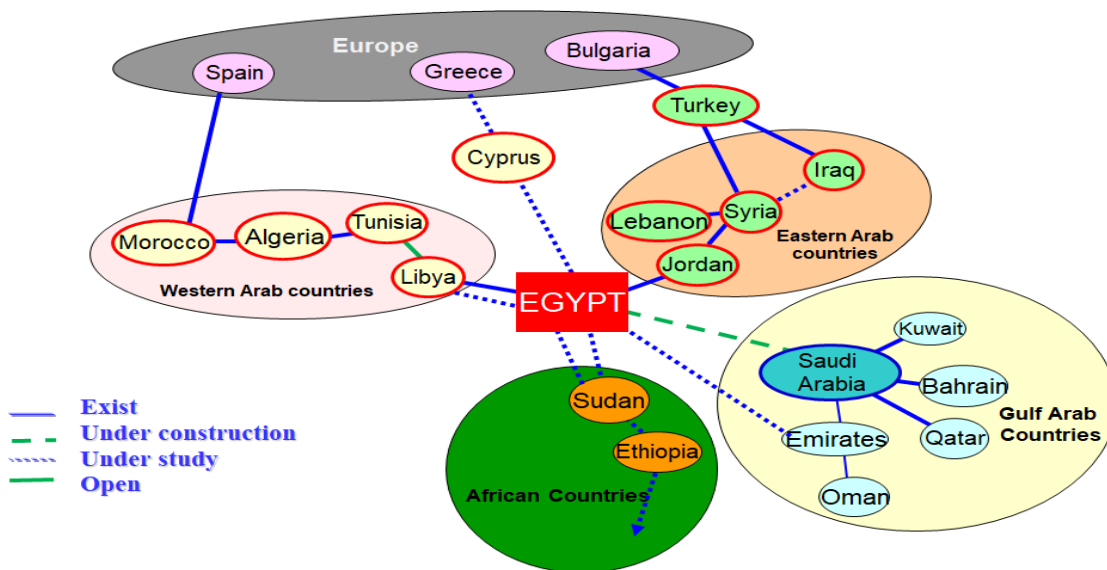


Figure (4): Electrical Interconnection Projects.

7. CONCLUSION

Present electricity market restructuring requires a lot of perquisite work to be initiated smoothly in market structure transformation. It also has various requirements such as tariff reform, restructuring of EETC and EEHC on the national level, as well as legal and regulatory frame work adaptation/establishment to achieve a fully competitive electricity market. The transition into the competitive market can take a long time, that all the

case studies took much longer than originally expected. Successful gradual implementation of market phases is the cornerstone in the development of the market, so several actions in phases-0 and I have to be taken smoothly. Structural changes in generation is necessary to adapt the new electricity market. Capacity building/development, powerful IT system and a dynamic plan reconsidering the whole process have to be applicable to face the foreseen challenges in the future. Egypt is actively participating in all regional electrical interconnection projects. Ministry of Electricity & Renewable Energy (MoERE) aims to position the country as a Regional Hub for electricity trading as per our National Strategy.

Egyptian Energy Sector Transition, Opportunities and Barriers

Mohamed Hamdy Z. Abdel Maksod

Egyptian Electricity Holding Company

eng.hamdy_eehc@yahoo.com

Salwa M. El-Samanoudy

Egyptian Electricity Transmission Company

salwa_elsamanoudy@yahoo.com

م. محمد حمدي

- مهندس ثان بقطاع التصميمات والمواصفات - الشركة القابضة لكهرباء مصر.
- ماجستير العلوم الهندسية - قسم هندسة القوى والآلات الكهربائية - كلية الهندسة بشبرا - جامعة بنها.
- بكالوريوس هندسة القوى والآلات الكهربائية - قسم هندسة القوى والآلات الكهربائية - كلية الهندسة بشبرا - جامعة بنها.
- الخبرات السابقة:
 - مهندس ثان تقييم الأداء والمتابعة الفنية - قطاع شئون مكتب رئيس مجلس الإدارة - الشركة القابضة لكهرباء مصر.
 - مهندس ثالث جودة التغذية الكهربائية - الإدارة العامة لجودة التغذية الكهربائية - شركة شمال القاهرة لتوزيع الكهرباء.
 - مجالات الاهتمام: دراسات مجلس الطاقة العالمي - مشروعات محطات توليد الكهرباء - إدارة المشروعات - أسواق الطاقة والربط الكهربائي الدولي.

م. سلوى السمنودي

- مهندس ثان بقطاع مشروعات محطات القطاع الخاص - الشركة المصرية لنقل الكهرباء.
- ماجستير العلوم الهندسية - قسم هندسة القوى والآلات الكهربائية - كلية الهندسة - جامعة عين شمس.
- بكالوريوس هندسة القوى والآلات الكهربائية - قسم هندسة القوى والآلات الكهربائية - كلية الهندسة - جامعة عين شمس.
- الخبرات السابقة: مهندس ثان تقييم الأداء والمتابعة الفنية - قطاع شئون مكتب رئيس مجلس الإدارة - الشركة القابضة لكهرباء مصر.
- مجالات الاهتمام: موضوعات الطاقة محلياً وعالمياً خاصة عملية تحول الطاقة - مشروعات الطاقة الجديدة والمتجددة - دراسات شبكات القوى الكهربائية - الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته في مجالات القوى الكهربائية

Abstract

Sufficient and secure energy is the main enabler for welfare and economic development of a society. As energy-related activities have significant environmental impacts, it is indispensable to provide an energy system which covers the needs of the economy and preserves the environment.

The energy sector worldwide is undergoing a dramatic transition So, there is a need to plan for the potential impact, climate change and enabling access for billions of new energy users. The drive to greenhouse gas emissions has certainly been a stimulus to the development of new technologies such as solar and wind, which are becoming increasingly competitive reduce with traditional energy systems based on fossil fuels.

The global energy sector is being transformed by three trends that are impacting demand and supply: decarbonization, digitization and decentralization where these trends are reinforcing each other. There will be new opportunities and challenges for policymakers to navigate the energy transition. This will require managing a greater diversity of market actors and technologies.

The Egyptian electricity sector has taken important steps during the past five years in order to provide the various state sectors with their needs of electrical energy while adhering to Egypt Vision 2030, which adopts sustainable development as a major strategic goal while providing the opportunity for the private sector to participate in providing services. In order to achieve this, Egypt has enacted many laws such as law No. 203 to encourage the electricity production from renewable energy sources and Electricity Law No. 87 to encourage constructing a completely competitive electricity market. Furthermore, the Egyptian electricity sector has adopted an ambitious strategy for the electricity sector 2035 with the aim of improving the energy mix and energy efficiency to save natural resources and reduce greenhouse gas emissions.

Keywords

Energy Transition – Renewable Strategies - Energy Efficiency - Tariff Reform.

تحول قطاع الطاقة المصري: الفرص والعقبات

مستخلص

إن الطاقة الكافية والأمنة هي العامل الرئيسي لتحقيق الرفاهية والتنمية الاقتصادية للمجتمع. وبما أن للأنشطة المتعلقة بالطاقة آثاراً بيئية كبيرة، فلا غنى عن توفير نظام طاقة يلبي احتياجات الاقتصاد ويحافظ على البيئة. لاشك أن قطاع الطاقة في مختلف أنحاء العالم يمر بتحول دراماتيكي فيه تقوم كل من الحكومات، والمدن، والشركات، والمنازل والأفراد المستهلكون بأدوارهم. وثمة حاجة إلى التخطيط للأثر المحتمل، وتغير المناخ وتمكين المليارات من المستهلكين الجدد من الحصول على الطاقة. ومما لا شك فيه أن الاندفاع نحو انبعاثات غازات الاحتباس الحراري كان بمثابة الحافز لتطوير تكنولوجيات جديدة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، واللذان أصبحا تنافسان على نحو متزايد نظم الطاقة التقليدية القائمة على الوقود الأحفوري والطاقة النووية.

يشهد قطاع الطاقة العالمي تحولاً يقوده ثلاث توجهات تؤثر على الطلب والعرض: خفض انبعاثات الكربون، ودعم التكنولوجيا الرقمية (الرقمنة) واللامركزية. وتعزز هذه التوجهات بعضها البعض وتساعد على تيسير اتجاه جديد للمستهلكين المؤهلين. وسوف تكون هناك فرص وتحديات جديدة أمام صانعي السياسات لقيادة عملية التحول في الطاقة. وسيطلب ذلك إدارة مجموعة أكثر تنوعاً من الجهات الفاعلة في السوق والتقنيات. وإذا دعمت الحكومات

والجهات التنظيمية هذا التحول وخططت له، فلاك في تسارع وتيرته من خلال سرعة رقمنة الأنظمة المتعلقة بكل من إمدادات وشبكات الطاقة والطلب على الطاقة.

إن الهدف من إصلاح السوق في مصر هو إنشاء سوق كهرباء تنافسية بشكل كامل، يتم فيها فصل أنشطة توليد ونقل وتوزيع الكهرباء عن بعضها البعض بشكل كامل. وستعتمد السوق المقترحة عقوداً ثنائية مع آلية للموازنة والتسوية. ويعتقد قطاع الكهرباء المصري أن هناك حاجة إلى زيادة الكفاءة وتحسين الخدمات بحكم إدخال المنافسة وحرية اختيار مورد الكهرباء وإتاحة التوصيل بالشبكة لطرف ثالث.

1. Egyptian Electricity Sector Structure

The Egyptian electricity sector is represented by the Egyptian Ministry of Electricity and Renewable Energy (MOERE) at the head of the sector which affiliated by the authorities and companies shown in figure (1). All these authorities and companies are state-owned.

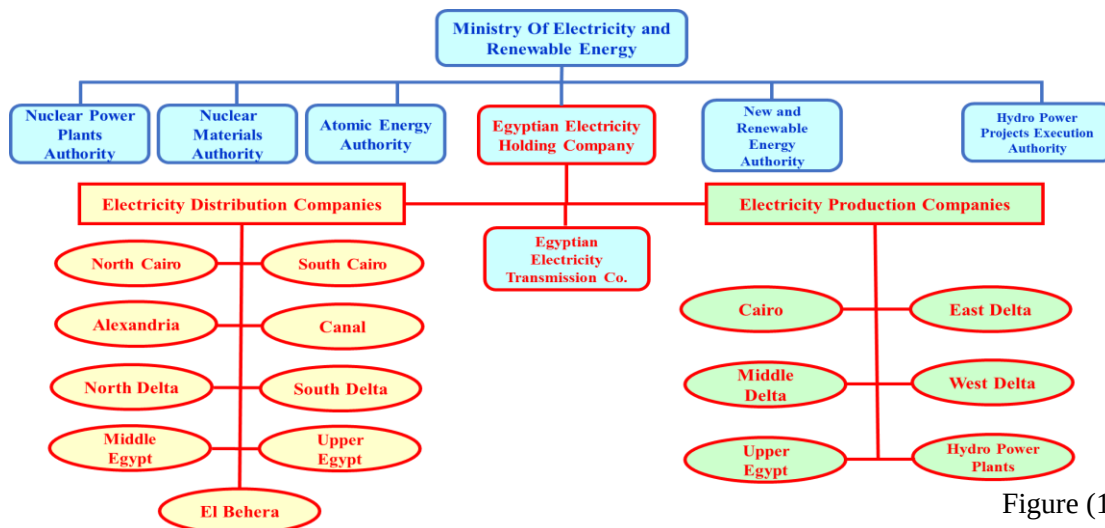


Figure (1)

Egyptian electricity sector structure.

For the Electricity production and distribution activities, there are six electricity production companies and nine electricity distribution companies, they are all state-owned and affiliated to the Egyptian Electricity Holding Company (EEHC).

Regarding the electricity transmission system, there is only one electricity transmission company. According to the Egyptian electricity law 87/2015, the Egyptian Electricity Transmission Company (EETC) has become completely independent from all other utility participants. As an initial measure, the prime minister's Decree no. 1959/2017 was issued regarding the formation of its General Assembly, the activity of the company has

been incorporated among the activities of EEHC with the inclusion of EETC’s Capital within the investments of EEHC until completion of the separation process. It enjoys statutory monopoly over power transmission and operation of the electrical grid. In addition, EETC must play its role as a Transmission System Operator (TSO) with full transparency, equal opportunity and non-discrimination between customers (EgyptERA, 2015).

2. Egyptian Electricity Current Situation

Egypt depends mainly on highly efficient combined cycle power plants with a share of 55.7 % of the total installed capacity, and 28.7 % of steam power plants where hydro power plants and renewable energy plants represent only 8.6 % of the total installed capacity of the Egyptian electrical system as shown in figure (2) (EEHC, 2019).

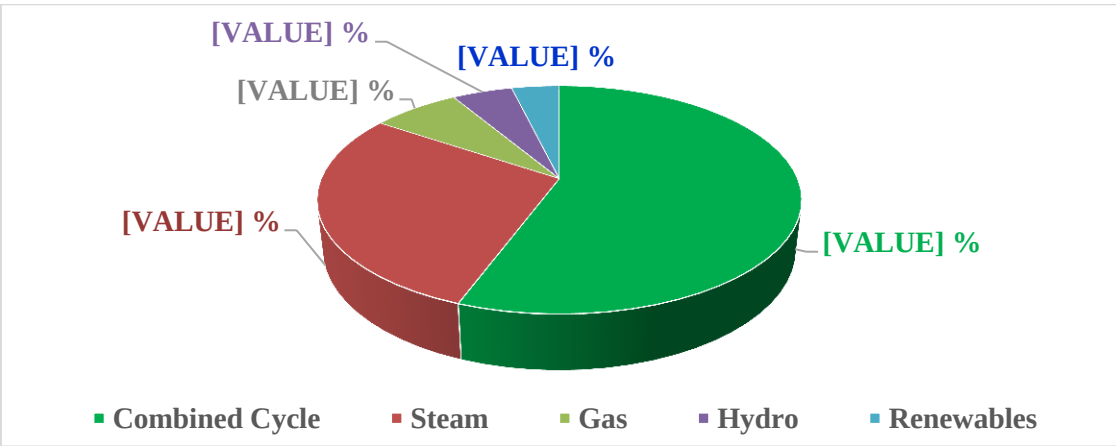


Figure (2): Installed capacity by type (%) as in 2018/2019.

The Private sector participation is manifested in three long term Build, Own, Operate and Transfer (BOOT) contracts for 20 years with EETC. The three steam power plants are operated by EDRA power company with a total installed capacity of 2047.5 MW.

Egypt mainly depends on fossil fuels to meet its energy needs. They contribute about 91% of total primary energy production as shown in figure (3) (EEHC, 2019). Where the natural gas consumption for electricity production purpose reached 62.3 % of the overall local natural gas consumption in 2018/2019 (EGAS, 2019).

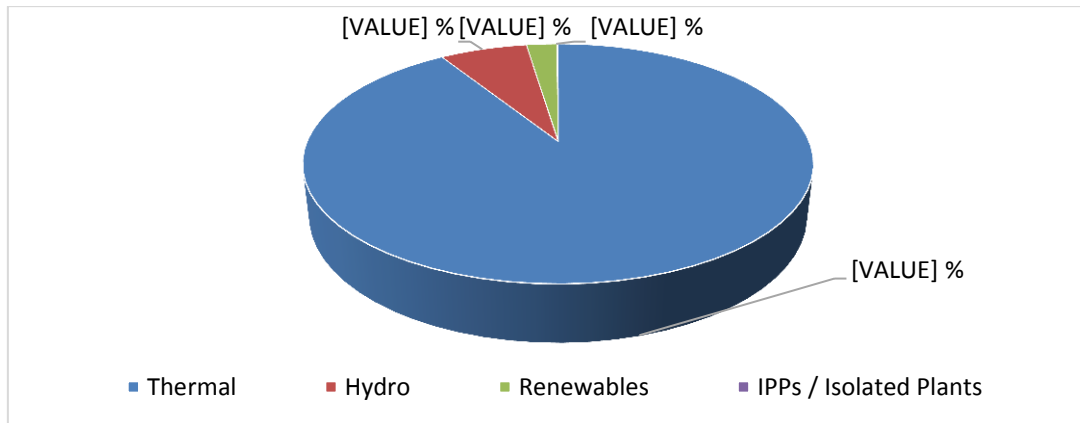


Figure (3): Percentage of generated energy by type of generation as 2018/2019.

The Peak Load reached 31400 MW in 2018/2019 compared to 28015 MW in 2014/2015, with average growth rate about 2.9% per year during the period 2014/2015 - 2018/2019. The total Installed capacity reached 58353 MW in 2018/2019 compared to 35323 MW in 2014/2015, with average growth rate about 13.5% per year during the period 2014/2015 - 2018/2019 (EEHC, 2019), which means that the Egyptian electrical system has a safe strategic reserve of the installed capacities as shown in figure (4). It is worth mentioning that the access of electricity reached more than 99%.

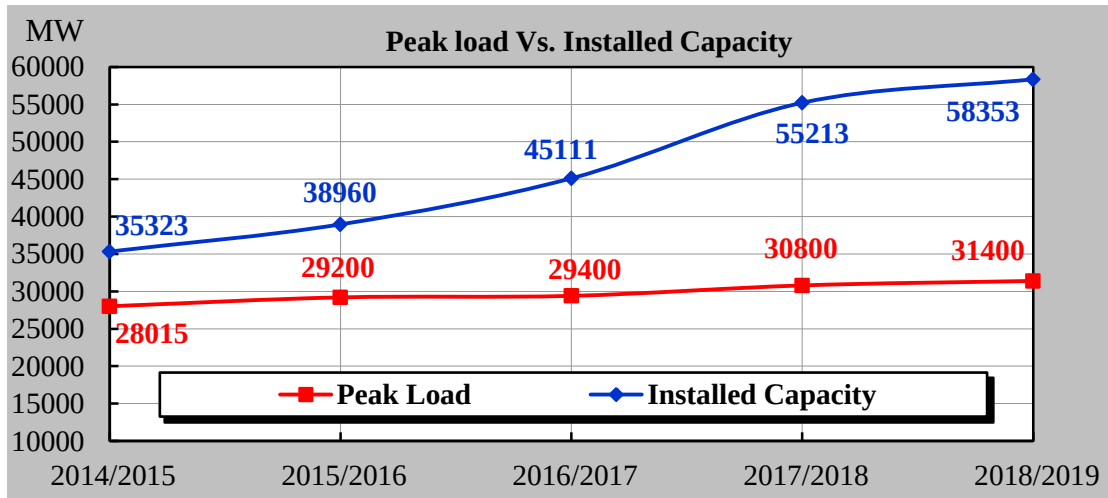


Figure (4) Installed capacity and peak load development from 2014/2015 till 2018/2019.

3. New and Renewable Energy strategies

Egypt is endowed with abundant wind energy sources especially in the Suez Gulf area which is considered one of the best sites in the world due to its high and stable wind speeds. The west of Suez Gulf area is considered one of the most promising sites for construction of large wind farm projects due to the high wind speeds ranging between 8-10 m/s and also due to the

availability of large uninhabited desert areas which are perfectly qualified to assimilate the future wind projects. In addition, there are other promising sites with average wind speeds ranging between 7-8 m/s in east and west of the Nile river near Beni Suef and Menya Governorates (EEHC, 2017).

Moreover, Egypt is one of the countries lying in the solar belt region the most convenient for the solar energy applications. Solar Atlas reveals that the average of vertical solar radiation is between 2000-3200 KWh/m²/year and the rate of solar rise ranges between 9-11 hours/day offering investment opportunities in the various solar energy fields (EEHC, 2017).

3.1 Egyptian Electricity Sector Plan 2022

The Egyptian electricity sector has adopted an ambitious energy plan, which aims to increase the participation of renewable energy in national energy mix to 20% of the total generated energy in Egypt by 2022, out of which 6% from hydro power and 14 % from wind and solar energy (photovoltaic cell systems) (NREA, 2019).

3.2 Egyptian Electricity Sector Strategy 2035

The energy sector in Egypt (Electricity, Renewable Energy and Petroleum) prepared a study of the optimum mix of technical and economic energy production until 2035 in cooperation with the European Union (EU) through the technical support program for the restructuring of the Egyptian energy sector (TARES) (NREA, 2019).

In this strategy, all energy scenarios for Egypt has been studied based on diversifying energy sources, expanding the use of renewable energies, rationalizing the use of conventional energy sources, encouraging local and international investors to invest in the development of renewable energy projects.

In October 2016, the Egyptian Supreme Council of energy adopted the Egyptian energy strategy until 2035, and selected scenario (4b) to be the reference for energy planning in Egypt during the coming period as shown in figure (5) (NREA, 2019).

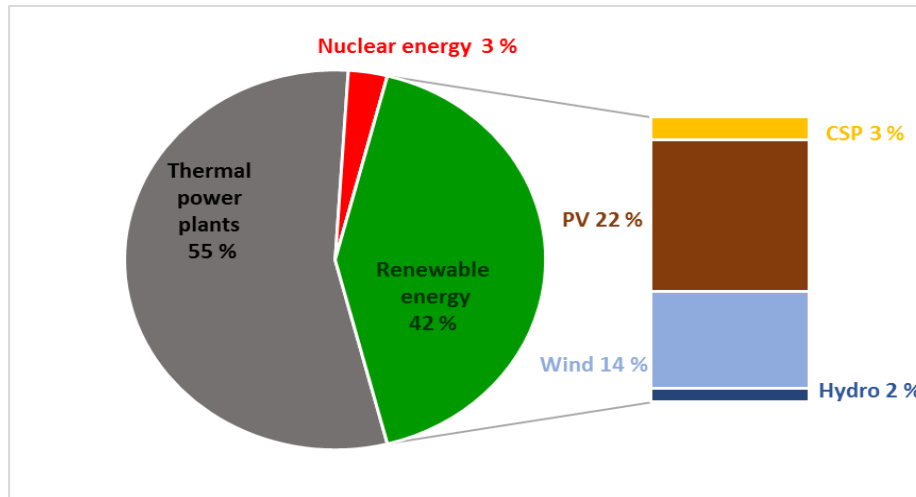


Figure (5) Electricity production in Egypt 2035 as per TARES, scenario 2b.

4. Renewable Energy Legislations

4.1 Renewable Energy Law 203/2014

In December 2014, Egypt has issued the new renewable energy Law no. 203 with the aim of encouraging the private sector to produce electricity from renewable energy sources. the Law adopted several mechanisms for the private sector development of renewable energy projects, including competitive bids, feed-in tariff, and independent power production through third party access (Salah, Elkady, 2016).

4.1.1 Competitive EPC Tender Bids

Under this mechanism, the New and Renewable Energy Authority (NREA) shall issue tenders to private sector companies to install renewable energy power plants via engineering, procurement and construction (EPC) contracts. Such power plants shall be operated by NREA. (Salah, Elkady, 2016).

4.1.2 BOO Projects

In this mechanism, EETC is allowed to issue tenders to private sector companies to build, own, and operate (BOO) renewable energy power plants. EETC invites private investors to submit their offers for specific capacities and the award will be made to the lowest kWh price. The generated electricity will be sold to EETC at the terms and prices agreed between the EETC and the investor (NREA, 2019).

4.1.3 Feed in Tariff (FIT)

In September 2014, the Egyptian Cabinet approved the first round of the distinctive feed-in tariff (FIT), being a mechanism to encourage the production of electricity from renewable sources, under which the electricity companies (the transmission company or the distribution companies) buy the energy produced at a pre-announced price that generates an attractive return on investments through long-term Power Purchase Agreements (PPA) up to the end of lifespan of the project (20 years for wind projects and 25 years for solar projects) (NREA, 2019).

After 2 years, In September 2016, the Egyptian Cabinet approved the second round of the FIT with a modification of the terms and prices of purchasing power from wind and solar energy projects.

Under this mechanism, the largest solar park all over the world was constructed in Benban region with total installed capacity of 1465 MW on two phases (NREA, 2019).

4.1.4 Net Metering

In August 2017, the approval of the periodical decree no. 3/2017 about net metering scheme for PV projects up to 20 MW. The net metering mechanism is essentially used to encourage residential or small-scale business to install RE technologies (particularly solar PV up to 20 MW), for self-consumption primarily (NREA, 2019).

Net metering mechanism uses only one energy meter which runs forward and backward: forward when electricity is consumed from the grid and backward when PV electricity is injected into the grid. The PV generation supplies any on-site loads first, thus allowing the plant owner to save what would normally be paid to the grid operator for that electricity. All excess PV generation is then exported to the grid.

In Egypt, EgyptERA has approved a set of regulatory rules to encourage the exchange and usage of electrical power produced from solar energy. The rules include possibility of net metering on a monthly basis and payment will be based on consumption of net bought energy. The electricity metering systems will be supplied by the relevant electricity distribution company; however, the subscriber should bear its cost.

4.1.5 Independent Power Producer (IPP)

Under this mechanism, renewable energy independent power producers (IPP) are allowed to build renewable energy power plants either to feed their own loads or to sell the produced electricity to eligible consumers via bilateral purchase agreements. EETC and distribution companies are mandated to allow investors to sell electricity directly to eligible consumers using their grids subject to grid access fee (wheeling charge) via network connection contracts (Salah, Elkady, 2016).

Costs of interconnection with the grids will be borne by the power producer. EETC and the distribution companies are committed to buy the electricity generated from renewable energy or pay for it (take or pay) in case it is unable to transmit the produced energy (Salah, Elkady, 2016).

4.1.6 Auctions

Presidential Decree enacting Renewable Energy Law in 2014 established competitive bidding mechanism for BOO contracts. Within the mechanism the EETC will hold five rounds of tenders for BOO contracts. The EETC announces call for applications and is responsible for running the auction. the award will be made according to the lowest price. NREA is responsible for land provision to selected projects for period when projects will be constructed and operating. After the decommissioning of the project, the land goes back to NREA (NREA, 2019).

4.2 Sovereign Guarantee of Off-taker Payments

The Egyptian government represented by the Ministry of Finance (MoF) is authorized by virtue of Law 14/2013 to guarantee all financial obligations of EEHC and its affiliated companies under all projects they implement in partnership with the private sector. This means that the MoF will guarantee the obligations of EETC as the government off-taker under the power purchase agreements (PPA) concluded with electricity producers (Salah, Elkady, 2016).

4.3 Green Bonds

The Egyptian ministry of finance succeeded in issuing the first public sovereign Green bond offering in the Middle East and North Africa (MENA) region, at a value of \$ 750 million for five years, at a yield of 5.250%, putting Egypt on the map of sustainable financing (MOF, 2020).

The proceeds of the "Green bond" will be used to finance expenditures related to environmentally friendly green projects, and to achieve a sustainable development plan in the areas of clean transportation, renewable energy, reducing pollution, adapting to climate change, raising energy efficiency, and sustainable management of water and sanitation, in light of "Egypt's vision 2030", which gives priority to green investment projects (MOF, 2020).

5. Hydrogen Strategies and Initiatives.

Hydrogen is rapidly becoming a focal point of the energy transition discussion in many areas of the world, and the MENA region is no exception as governments seek to diversify their energy sectors and economies.

Hydrogen can be used as a feedstock, a fuel or an energy carrier and storage, and has many possible applications across industry, transport, power and buildings sectors. Most importantly, it does not emit CO₂ and almost no air pollution when used. It thus offers a solution to decarbonize industrial processes and economic sectors where reducing carbon emissions is both urgent and hard to achieve.

In 10th June 2020, the German federal government approved the "National Hydrogen Strategy". According to the strategy, "only hydrogen produced on the basis of renewable energies ('green' hydrogen) is sustainable in the long term.". Therefore, it is the goal of the German government to use green hydrogen, to support a rapid market ramp-up, and to establish corresponding value chains.

In Parallel with the German Strategy, in 8th July 2020, the European commission approved the EU hydrogen strategy entitled "a hydrogen strategy for a climate-neutral Europe"

In Europe, in particular in Germany, there is quite a lot of money made available to support building up a hydrogen economy and In North Africa, a major boost was given by both the two ambitious Hydrogen Strategies, which foresees an important role for hydrogen imports, specifically mentioning North Africa.

6. E-Mobility initiatives and Legislations

There are a variety of clean vehicle technologies and fuels under development and in use, but electric vehicles represent one of the most promising technologies which holds significant potential for increasing energy security, decreasing petroleum dependency, mitigating greenhouse gas (GHG) emissions and improving local air quality. In the context of increasing world-wide vehicle demand, transport is a major energy consumer and among the largest sources of GHG emissions. It is also one of the principal sources of urban air pollution, which impacts the local environment and human health.

In September 2018, Presidential Decree no. 419/2018 issued regarding exempting electric cars from customs, and reducing customs on cars with hybrid engines (electricity / gasoline) in order to encourage optimal use of natural resources and reduce carbon emissions. In addition, in March 2018, minister of trade and industry issued Decree no. 255/2018 regarding Allowing the import of used electric cars up to 3 years after manufacture date (NREA, 2019).

The Egyptian government, as a front runner in the region has announced a number of recent initiatives such as recent relationship with China's BYD for the sale of electric buses in Alexandria as well as private company Revolta Egypt which recently announced its plan to install more than 300 charging stations across seven Egyptian governorates in 2020.

The ministry of military production announced a developed E-Vehicles industry strategy by the year 2040 in cooperation with china in order to establish a local manufacturing market with the aim of making Egypt a leading exporter of E-vehicles by the end of 2040. The strategy will be implemented in three phases, (2019-2024), (2025-2030), (2031-2040) (NREA, 2019).

7. Energy Efficiency Improvement

According to the International Energy Agency's (IEA) Outlook 2015, world energy demand will increase by one third from 2013 and 2040, driven by economic development and growth in population. The demand for more energy and the need to reduce GHG emissions as well as the continuous depletion of traditional energy sources such as coal, oil and gas

have provided the impetus for a movement toward using renewable energy and becoming energy efficient. Whereas renewable energy provides a substitute for fossil energy sources and meets new energy demand, energy efficiency curbs energy consumption while at the same time reducing GHG emissions (IEA, 2015).

Saving energy is the most cost-efficient approach, as no new generation facilities, transmission lines or distribution channels have to be paid for. The IEA refers to energy efficiency as ‘First Fuel’ and describes it as the only fuel all countries avail of.

The use of energy efficient technologies in all sectors could reduce energy demand. The saving potential due to measures using technology already available on the market is enormous.

The strategy adopted by the Egyptian electricity sector includes, among others, energy efficiency improvement on supply as well as demand side to ensure a sustainable and reliable supply of electricity, reduce GHG emission and mitigate the effects of climate change.

The electricity sector has undertaken several initiatives and measures towards energy efficiency and conservation in the various sectors of consumption such as:

1. Use of highly efficient lighting systems in the various sectors (Street lighting – Residential lighting - Governmental and administrative buildings lighting).
2. Increase the society awareness of energy efficiency and conservation importance through seminars, campaigns and fliers.
3. Improving the energy efficiency in supply side by reducing the fuel consumption.
4. Improvement of energy efficiency within distribution networks using Smart grid solutions.
5. Increasing efficiency of household electric appliances through revising the specification standards and energy efficiency card.
6. Training and capacity building programs for the eligible persons.

In addition to the restructure of electricity tariff which expected to cause an increase in the energy saving (NREA, 2019).

8. Egyptian Electricity Tariff Restructure Plan

The Egyptian electricity sector is implementing an Electricity Tariff Restructuring Plan (ETRP) which aims to gradually phasing out government subsidy taking into consideration the protection of low-income families and the full adherence to the state policies and orientation in adopting the principle of energy conservation and directing the government subsidy to those who deserve it (EEHC, 2019).

One of the essential responsibilities of EgyptERA is to set the proper economic rules and principles to calculate the electricity selling tariff to consumers and having those rules and principles approved by the Cabinet. Also, EgyptERA is responsible for setting electricity exchange rates in the regulated market and the required fees for the use of the transmission and distribution networks in the framework of equality, justice and transparency and the tariff must be approved by the Cabinet and announced by EgyptERA (EgyptERA, 2015).

Globally, Energy subsidies have negative impacts on the energy sector transition and sustainable development (IMF, 2015) due to:

1. Subsidies put a burden on the public budget: globally, energy subsidies including the failure to internalize the cost of carbon emissions.
2. Fossil fuel subsidies prevent low-carbon technologies and efficiency from entering the market in addition to discouraging investment in energy infrastructure.

According to the IEA (IEA, 2015) the common elements for a successful energy subsidy reform are:

1. Prices should reflect the full economic costs with reference to international market prices, or in the case of electricity to cover fuel inputs, transmission and distribution as well as return on the utilities' capital investments.
2. Subsidy reforms should typically be introduced in small steps. In order to de-politicize the process, an independent body should be set-up to oversee energy pricing. MOERE has to consult and

communicate at all stages to convince citizens of the need for reform and the justice of its implementation.

3. In parallel to the reform, vulnerable groups, such as the poorest households, might receive protection, e.g. conditional cash transfers; but the effectiveness of such measures must be regularly monitored and evaluated. A combination with energy efficiency can help limit negative impacts.

9. Conclusions

The Egyptian electric grid is one of the largest grids in the MENA region in terms of installed capacity, generation technologies, transmission system and distribution network. All these qualifications in addition to the unique location between three continents made Egypt a promising regional energy hub in the MENA region.

The Egyptian electricity sector has adopted ambitious energy strategies, which aim to increase the share of energy generated from renewable sources to 42% of the total generated energy in Egypt by 2035 in line with Egypt Vision 2030 and complying with sustainable development goals.

After conducting a study to identify the generation capacities required to be added in the 8th five-year plan (2017/2022), EEHC announced that no additional thermal capacities are needed under the (2017- 2022) which will help to achieve the electricity sector strategy of renewable energy.

The Egyptian government has introduced several incentives to renewable energy private developers and commercial producers. Incentives include, among others, announcing the feed-in tariff, guaranteeing access to the grids, allowing long term power purchase agreements, providing for priority of dispatch, allocating land needed for the projects at discounted price as well as guaranteeing the financial obligations of the government off-taker and recently, issuing the sovereign Green bonds.

It is understandable that feed-in tariff system succeeds in an unsubsidized energy environment. The Egyptian government accordingly announced a gradual liberalization of the electricity prices taking into consideration the protection of low-income families and the full adherence to the state policies and orientation in adopting the principle of energy conservation and directing the government subsidy to those who deserve it , but electricity tariffs are still below the actual costs due to social reasons. So, it

is crucial for the government to deal with subsidies and cross-subsidies without hampering social cohesion and increase the consumer awareness regarding the importance of the tariff reform.

Green hydrogen has a massive potential in Egypt which has the excellent renewable energy resource, abundant availability of land, stable economic climate, and physical and intellectual infrastructure dealing with large scale oil, gas and power projects. So, the Egyptian energy system has a great opportunity to participate in hydrogen partnerships and alliances which will allow Egypt to be at the forefront of green hydrogen exporters by the end of 2050.

Countries worldwide have set targets for an absolute number or overall share of electric vehicles by a certain year which has to be considered in the Egyptian strategy. There is no doubt that increasing the share of electric vehicles in major metropolitan cities such as Cairo, Alexandria and major highways depends on the expansion in installing a large number of charging stations and introducing payment facilities. Also, there is an urgent need for collaboration between the private and the public sectors and international cooperating agencies to consult about market regulations and innovative funding solutions.

The energy transition involves continuous improvements in energy efficiency and development of the electrical energy market. Also, the increase in renewable energy penetration, improvement in energy management, enhancing citizens' education and raising awareness are very crucial in energy transition process.

Finally, the energy transition will be enabled by information technology, smart technology, policy frameworks and market instruments so it is very important for governments, policymakers, companies, technology providers, and even households to do their best in a win-win cooperation to accelerate the energy transition.

References

1. EEHC (2017). Egyptian Electricity Holding Company annual report 2016/2017. Cairo: EGYPTIAN ELECTRICITY HOLDING COMPANY. available online: http://www.moee.gov.eg/english_new/EEHC_Rep/2016-2017en.pdf ; accessed on 07 October, 2020

2. EEHC (2019). Egyptian Electricity Holding Company annual report 2018/2019. Cairo: EGYPTIAN ELECTRICITY HOLDING COMPANY. available online: http://www.moee.gov.eg/english_new/EEHC_Rep/2018-2019en.pdf ; accessed on 07 October, 2020
3. EGAS (2019). Egyptian Natural Gas Holding Company annual report 2018/2019, available online: <https://www.egas.com.eg/annual-reports/2019>; accessed on 07 October, 2020
4. EgyptERA (2015). The new electricity law no.87, available online: <http://egyptera.org/ar/SidePages/img/works/pdf/SitePDF/law2015.pdf>; accessed on 7 October, 2020
5. El-Sharkawy, Hazzaa. (2015). The New Electricity Law Explained. Cairo: Sharkawy & Sarhan Law Firm. , available online: <https://www.lw.com/thoughtLeadership/egypt-new-electricity-law-explained>; accessed on 7 October, 2020
6. IEA (2015). International Energy Agency, World Energy Outlook. Special Report, available online: <http://webstore.iea.org/weo-2015-special-report-energy-and-climate-change> ; accessed on 7 October, 2020
7. IMF (2015). International Monetary Fund, How Large Are Global Energy Subsidies? (No. WP/15/105), IMF, May 2015, available online: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2015/wp15105.pdf> ; accessed on 7 October, 2020
8. IRENA (2018). Renewable energy outlook Egypt, available online:
9. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA_Outlook_Egypt_2018_En.pdf ; accessed on 7 October, 2020
10. MOF (2020). Egyptian ministry of finance news 30.9.2020, available online: <http://www.mof.gov.eg/Arabic/MOFNews/Press/Pages/news30-9-2020.aspx> ; accessed on 07 October, 2020
11. NREA. (2019). NREA Annual Report 2019. Cairo: NREA. available online: <http://nrea.gov.eg/Content/reports/English%20AnnualReport%202019.pdf> ; accessed on 7 October, 2020
12. Salah, Elkady. (2016). Electricity and Renewable Energy Regulations in Egypt. Cairo: Riad & Riad Law Firm. available online: <http://www.riad-riad.com/storage/app/media/Electricity%20and%20Renewable%20Energy%20Regulations%20in%20Egypt-Website.pdf> ; accessed on 7 October, 2020.

مقومات وتحديات سوق الغاز في مصر

أ. حاتم محمود

مدير عام التعريف ورسوم التراخيص بجهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز - مصر

hmahmoud@gasreg.org.eg

- يشغل أ. حاتم منصب مدير عام التعريف ورسوم التراخيص - جهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز .
- حاصل على بكالوريوس اقتصاد وعلوم سياسية.
- خبرات العمل:

من يونيو 2005 إلى 2013 (جاسكو):

- تطوير النماذج الاقتصادية وإجراء دراسات الجدوى المالية والاقتصادية المتعلقة بأكثر من 46 مشروعاً في أنشطة نقل وتوزيع ومعالجة الغاز الطبيعي.

- صياغة الجوانب المالية لاتفاقيات مثل التشغيل والصيانة، مبيعات/شراء الغاز، إلخ.

من 2013 حتى الآن (GasReg):

- المشاركة في إعداد السياسات واللوائح والقوانين والإجراءات والقواعد المتعلقة بسوق الغاز .
- تحديد منهجية حساب تعريف استخدام تسهيلات وشبكات الغاز .
- إجراء جميع الدراسات المالية والاقتصادية والمالية على المستويين الكلي والجزئي المتعلقة بسوق الغاز وأنشطته، بما في ذلك دراسات الأسعار واتجاهات السوق والعرض والطلب والتكاليف والإيرادات.
- معالجة الشكاوى والنزاعات التجارية بين أطراف السوق.
- الدراسات السابقة:
- دبلومة دراسات الجدوى الاقتصادية وتقييم المشروعات (جيد جداً).
- دبلومة تحليل سوق الأوراق المالية.
- دبلومة إدارة المنظمات غير الحكومية.
- دراسة تجارب تنظيم أسواق الغاز عبر الزيارات الرسمية/الدورات الدراسية في المملكة المتحدة وأسبانيا والبرتغال وإيطاليا.

مستخلص

يُعد الغاز الطبيعي أحد الركائز الأساسية لتحقيق التنمية المستدامة بأبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية في مصر، ولقد استطاعت الدولة المصرية تحقيق طفرة كبيرة خلال الفترة الماضية، وتسجيل معدلات نمو متميزة في مختلف أنشطة الغاز سواء البحث والاستكشاف أو الإنتاج أو المعالجة والنقل والتوزيع والإسالة، وهو ما ساهم في جذب مزيداً من الاستثمارات، وبالتالي العائدات التي تساهم في دعم الاقتصاد القومي. ويتناول البحث تحليلاً وصفيًا للموقف الحالي والمتوقع في سوق الغاز المصري، والذي من المتوقع أن يكون سوقاً جذاباً على المستوى المحلي والإقليمي للغاز الطبيعي، وبخاصةً بعد التطورات الأخيرة سواء بإصدار قانون الغاز رقم 196 لسنة

2017، أو إنشاء جهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز، والذي يعتبر جهة محايدة تعمل على تنظيم شؤون الغاز وتنظيم العلاقات بين الكيانات العاملة به.

وتتمثل أهم المقومات التي رصدها البحث في توافر الغاز الطبيعي بعد التحول الكبير على مستوى الإنتاج والبحث والاستكشاف، والذي تمكن من سد الاحتياجات المحلية من الغاز والتوجه نحو التصدير والذي واجهته عقبات انخفاض الأسعار العالمية والركود. ويتميز أيضاً السوق المصري ببنية تحتية قوية من خلال شبكة تغطي كافة أنحاء البلاد بإجمالي أطوال وصلت إلى 7343 كم بطاقة نقل 240 مليون م³/يوم. وبالإضافة إلى ذلك، يوجد على سواحل مصر مجمعين لإسالة وتصدير الغاز الطبيعي، الأول في دمياط، والثاني مصنع إسالة الغاز الطبيعي بإدكو، كما تحتفظ مصر بوحدة مؤجرة لتغيز الغاز الطبيعي كمنصة لضمان تأمين إمدادات الغاز. وبالتوازي مع العنصرين السابقين واللذان يعتبران أساس أي سوق، فقد بدأت مصر بتبني بيئة تشريعية محفزة تتمثل في مجموعة من اللوائح والقوانين والضوابط لإدارة وتنظيم عمليات التداول لتجارة الغاز من وإلى السوق المصرية، وتحقيق التواصل الدائم مع أطراف السوق لكي تصبح على قدم وساق مع الممارسات التي تمارسها الأسواق العالمية في أوروبا وأمريكا بصفة عامة، وأي ممارسات ناجحة في دول أخرى، والذي يعكس الدعم والإرادة السياسية التي تقدمها الدولة المصرية لتطوير قطاع الغاز المصري وتحويل السوق من سوق محلي إلى سوق إقليمي مؤثر في الصناعة على المستوى العالمي، وهو ما تجلّى في استراتيجية تحويل مصر إلى مركز إقليمي لتداول الطاقة. وأخيراً يتميز السوق المصري بمعدلات طلب متزايدة، حيث تُعد مصر أكبر سوق للغاز الطبيعي في أفريقيا، وهو ما يعتبر عاملاً محفزاً لكافة الكيانات للدخول إلى السوق.

وتتمثل أهم التحديات في توفير وجذب الاستثمارات في أنشطة السوق المختلفة، والذي يعتبر من أهم التحديات التي تواجه الصناعة بأكملها عالمياً، خاصة في ظل حالة الركود العالمي مؤخراً. وبالتوازي يعتبر تنوع مصادر الغاز لضمان اتساع قاعدة المتعاملين في السوق، ووجود عدد كبير من شاحني وموردي الغاز. ويأتي التحدي الأهم وهو تحقيق التنافسية اللازمة في السوق الذي اعتاد على وجود كيان تابع للدولة مسئول عن تلبية احتياجات المستهلكين، ويتزامن مع التنافسية إدخال مبادئ الشفافية والحيادية وعدم التمييز. ومع إنشاء السوق يجب التأكد من التأهيل الفني لشبكات وتسهيلات الغاز الطبيعي، وقدرة منظومات النقل والتوزيع الحالية على التعامل مع الكميات المتوقعة تداولها، وضمان تأهيل مشغل المنظومة للتعامل مع سوق يتواجد به عدد كبير من الشاحنين، وما يلزمه ذلك من توافر أنظمة القياس والتحكم والمراقبة SCADA، وأنظمة وأدوات حجز السعات وتخصيصها، وأدوات التوازن في التعامل مع الشبكات الفعلية من خلال الاتزان المادي والتجاري، والقدرة على المحافظة على الاتزان المادي والتجاري للمنظومة وغيرها من الالتزامات.

Constituents and Challenges of the Gas Market in Egypt

Abstract

Natural gas is one of the main pillars to achieve sustainable development in Egypt, and the Egyptian state was able to achieve a great leap during the last period through remarkable growth rates in various gas activities, whether research, exploration, production, processing, transmission, distribution and liquefaction, which contributed towards attracting more investments and thus revenues that contribute towards supporting the national economy.

The research deals with a descriptive analysis of the current and expected situation in the Egyptian gas market, which is expected to attract the local & regional market players, especially after the recent developments, whether by issuing the Gas Law No. 196 of 2017 or the establishment of the Gas Market Activities Regulatory Authority, which is considered a neutral party working to regulate Gas activities and organizing relations between the market players.

One of the most important topics discussed by the research are the availability of natural gas after the major transformation in production, research and exploration, which was able to satisfy the domestic needs of gas and export orientation, which faced the obstacles of decreased international prices and recession, the Egyptian market is also distinguished by a strong infrastructure through a network that covers all parts of the country, with a total length of 7,343 km, with a transportation capacity of 240 million m³/ day, and in addition, there are two units for liquefaction and exportation of natural gas by the coast of Egypt, the first in Damietta and the second plant in Idku, Egypt also has a leased regasification unit to ensure the security of the gas supplies , In parallel with the two previous topics, which are considered the basis of any market, Egypt launched a new legislative environment represented in a set of regulations, laws to manage and organize the trading of gas from/into the Egyptian market and to achieve constant communication with market parties in order to be aligned with the international practices in the global markets as Europe and America in general and any successful practices in other countries, which reflects the political support provided by the Egyptian government to develop the Egyptian gas sector and transform the market from local to regional, which was reflected in the strategy of transforming Egypt into a regional gas hub, and finally the Egyptian market is characterized by the increased demand rates, as Egypt is the largest gas market in Africa, which is considered a catalyst for all entities to enter the market.

The most important challenges represented are to attract investments in various market activities, which is considered one of the most important challenges that the industry faces globally, especially in light of the recent global recession, and in parallel the diversification of gas sources is important to ensure the expansion of the market players and the presence of a large number of gas shippers and suppliers. The most important challenge comes in achieving the necessitated competition in the market, which is accustomed to the existence of a governmental entity responsible for satisfying the needs of consumers, and coincides with competitiveness, the introduction of principles of transparency, neutrality and non-discrimination. With the establishment of the market, the technical qualification of networks and facilities of natural gas, and the ability of the current transmission and distribution systems to deal with the quantities expected to be circulated must be ensured, and to guarantee that the system operator is qualified to deal with a market in which there is a large number of shippers which obliges the availability of measurement, control and monitoring systems SCADA, balancing tools to maintain the physical and commercial balance and secure the financial and commercial balance of the network.

مشكلة البحث

يعد الغاز الطبيعي أحد الركائز الأساسية لتحقيق التنمية المستدامة بأبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية في مصر. وقد استطاعت الدولة المصرية تحقيق طفرة كبيرة خلال الفترة الماضية لتسجل معدلات نمو تستحق الإشادة في مختلف المجالات والأصعدة، سواء البحث والاستكشاف أو الإنتاج والمعالجة، بالإضافة إلى النقل والتوزيع والإسالة. الأمر الذي ساهم في جذب المزيد من الاستثمارات، وبالتالي زيادة العوائد التي ساهمت في دعم أنشطة التنمية في الاقتصاد القومي.

كما يلعب الغاز أيضاً دوراً حيوياً في تعظيم القيمة المضافة لمنتجات قطاع الصناعات التحويلية مثل البتروكيماويات والصناعات الكثيفة عالية الاستهلاك للطاقة مثل صناعات الأسمنت والحديد والصلب. بالإضافة إلى التوسع في استخدام الغاز كوقود مضغوط في السيارات ووقود للقطاع المنزلي بديلاً للبوتاجاز.

وتأتى هذه الورقة البحثية لإلقاء الضوء على سوق الغاز المصري، حيث تتناول تحليل وتفصيل المقومات الأساسية التي تضمن نجاح السوق، بالإضافة إلى التحديات التي تواجهه.

منهجية البحث

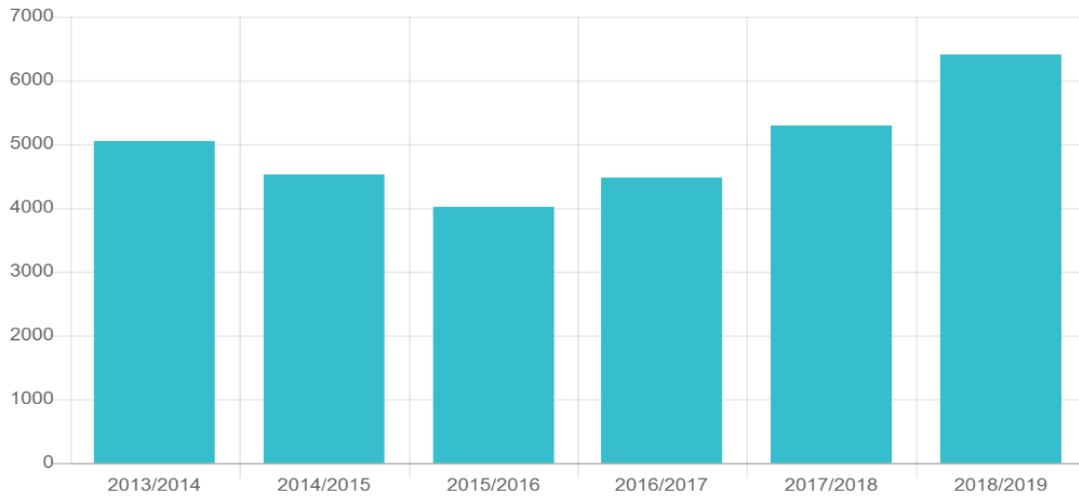
اعتمدت الورقة البحثية على تطبيق المنهج الوصفي لوصف الموقف الحالي والمتوقع في ظل البيانات والمعلومات المتوفرة، وذلك بعد جمع كافة المعلومات والحقائق المرتبطة بموضوع الورقة البحثية بغرض التوصيف الدقيق.

أولاً: مقومات سوق الغاز الطبيعي في مصر

1-1 الإنتاج واحتياطات الغاز الطبيعي

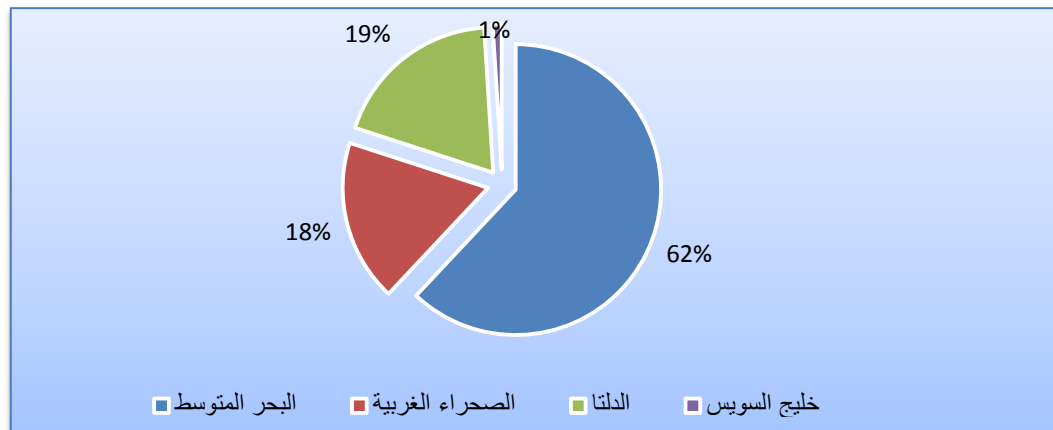
يعتمد إنتاج الغاز واكتشافاته على عمليات النشاط الاستكشافي والذي يعتبر حيز الزاوية في صناعة الغاز، حيث يعمل في مصر حالياً أكثر من 60 شركة عالمية في مجال البحث عن البترول والغاز واستغلاله في 164 منطقة التزم في البحر المتوسط ودلتا النيل والصحراء الغربية والصحراء الشرقية وسيناء وصعيد مصر.

وقد نجح قطاع البترول في الخمس سنوات الماضية في تحقيق زيادة غير مسبقة في الإنتاج، حيث ارتفع المتوسط اليومي للإنتاج من حوالي 4 مليار قدم مكعب يومياً خلال عام 2015 حتى وصل إلى حوالي 7.1 مليار قدم مكعب يومياً، وتم تحقيق الاكتفاء الذاتي في سبتمبر 2018.

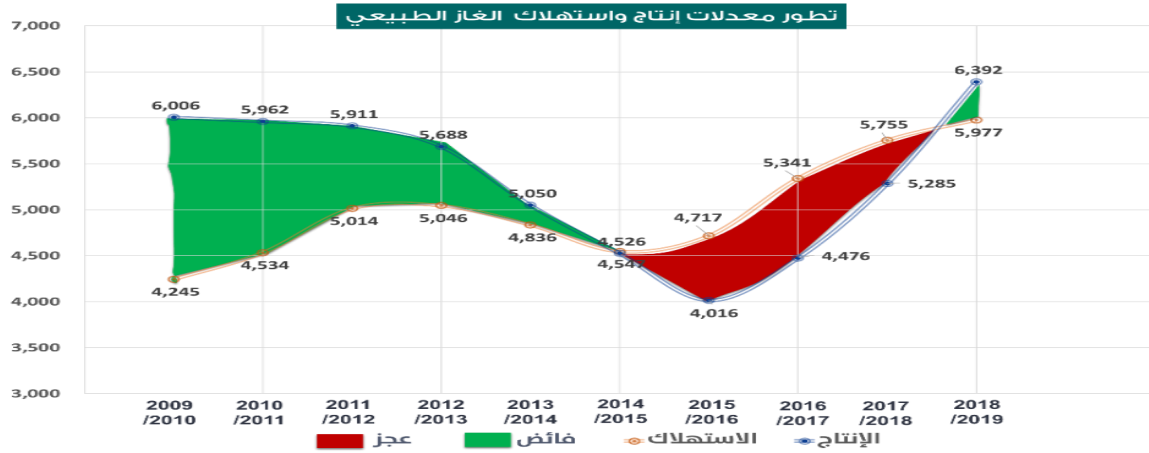


شكل (1): تطور معدلات إنتاج الغاز المباع.

هذا وتمثل منطقة البحر المتوسط النصيب الأكبر من إنتاج الغاز الطبيعي بمصر بنسبة 62%، تليها دلتا النيل بنسبة 19%، ثم الصحراء الغربية بنسبة 18%، وذلك من خلال عدد (20) شركة ومن أهمها (شركة بترول، شركة خالدة، شركة الفرعونية، شركة بدر الدين، وشركة البرلس)، ومن أهم الشركات الأجنبية العاملة بأنشطة الإنتاج في مصر (إيني الإيطالية، أباتشي الأمريكية، بي بي الإنجليزية وشل الهولندية).



شكل (2): توزيع إنتاج الزيت الخام على المناطق الجغرافية .



شكل (3): تطور معدلات إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي.

وهو ما ساهم في تحقيق قدرة الدولة على التزامها بتوفير الغاز الطبيعي لكافة القطاعات الاستهلاكية باختلاف أنواعها، بل واستعاده قدرتها على تصدير الفائض إذا دعت الحاجة. وفي ضوء الحرص على توسيع رقعة الاستكشاف في مصر، فقد تم إعداد وتنفيذ عدد من المشروعات التي بدورها ستؤدي إلى حدوث طفرة في مجال البحث عن البترول والغاز واستغلالهما في مصر. ومن هذه المشروعات ما يلي:

■ اتفاقيات البحث والاستكشاف

بلغ إجمالي عدد الاتفاقيات السارية حتى سبتمبر 2019 عدد 33 اتفاقية. وجرى استكمال إجراءات توقيع 7 اتفاقيات جديدة للبحث عن الغاز مع شركات عالمية، تمهيداً للتوقيع النهائي بإجمالي استثمارات حدها الأدنى 712 مليون دولار لحفر 23 بئراً استكشافية. كما تم اسناد 5 مناطق جديدة للبحث عن الغاز الطبيعي بالبحر المتوسط ودلتا النيل إلى عدد من الشركات العالمية ضمن المزايدة التي تم إعلان نتائجها في فبراير الماضي، والتي شهدت دخول شركة إكسون موبيل الأمريكية التي تعد من كبرى الشركات عالمياً للعمل لأول مرة في مصر في البحث والاستكشاف.

كما تم طرح مزايدة عالمية في سبتمبر 2019 تضم 10 قطاعات بالبحر الأحمر للبحث عن الغاز الطبيعي والزيوت الخام واستغلالهما، ويتم حالياً الإعداد لطرح مزايدات عالمية لعدة مناطق جديدة للبحث عن الغاز في البحر المتوسط، وتم ترسيم 4 مناطق بشرق المتوسط مؤخراً، كما تم الانتهاء من الإجراءات الخاصة بطرح 11 منطقة في غرب المتوسط من إجمالي 15 منطقة، وذلك ضمن خطة متكاملة لزيادة إنتاج الغاز في مصر.

كما تم النجاح خلال العام الماضي في تحقيق 15 كشفاً جديداً للغاز بواقع 5 اكتشافات بالبحر المتوسط، و10 اكتشافات بالصحراء الغربية، بالإضافة إلى الانتهاء من 7 مشروعات لتنمية وإنتاج الغاز الطبيعي ووضعها على خريطة الإنتاج. وهو ما ساهم في تحقيق 21% زيادة في إنتاج مصر من الغاز الطبيعي خلال العام المالي 2018-2019 مقارنة بالعام المالي السابق، وذلك مع استمرار الزيادة التصاعدية في إنتاج الغاز خلال الفترة الحالية.

■ الحرص على توازن العلاقات المالية مع الشريك الأجنبي

حيث يتم ذلك من خلال العمل على أكثر من محور نذكر منها:

- يوجد اهتمام شديد بسداد مستحقات الشريك الأجنبي والخاصة بأعمال البحث والإنتاج، حيث تم النجاح في خفض حجم المديونية لتتراجع إلى 850 مليون دولار في نهاية يونيو 2020 رغم تداعيات أزمة فيروس كورونا، والتي كانت قد تراكمت لتصل إلى 6.3 مليار دولار في السنة المالية 2011-2012، حيث تم الاتفاق بين الوزارة والشركات الأجنبية على جدولة المديونية عن طريق تسديد دفعات جديدة مع الالتزام بدفع الفواتير الشهرية.
- دراسة إعادة صياغة الاتفاقيات البترولية وإضافة بنود تحفيزية للمستثمرين الأجانب بقطاع البترول، حيث تشمل البنود التي تم النظر فيها حصة الشريك الأجنبي، وفترة استرجاع النفقات المالية، بغرض تحفيز الشركات على الاستمرار في الإنتاج والتوسع.

■ مشروع تجميع البيانات الجيوفيزيائية بالمناطق المفتوحة (البحر الأحمر وجنوب مصر) بنظام Multi-Client Project: والذي يعتبر فرصة جديدة للبدء في عمليات البحث في هذه المنطقة البكر، التي لم تشهد نشاطاً بترولياً من قبل باستثناء خليج السويس، حيث أنه سيتيح الفرصة للحصول على بيانات أكثر وضوحاً للتركيب الجيولوجية العميقة والأحواض الترسيبية والمكامن البترولية المحتملة بتلك المناطق.

■ مشروع تجميع البيانات الجيوفيزيائية بمنطقة غرب البحر المتوسط (West Med. 'SPES' Multi-Client Project): بهدف توفير جميع البيانات السيزمية في المنطقة وتحديد التراكيب الجيولوجية المحتملة، والذي يأتي في إطار الخطة الموضوعية لزيادة الإنتاج المحلي من الغاز الطبيعي من خلال تكثيف أعمال البحث والاستكشاف وطرح المزايدات العالمية، خاصة في المناطق التي لم يتم بها أي أعمال بحث واستكشاف في المنطقة الغربية من المياه الإقليمية المصرية، والتي تمثل حوالى ٥٠% من مساحه المياه الإقليمية المصرية

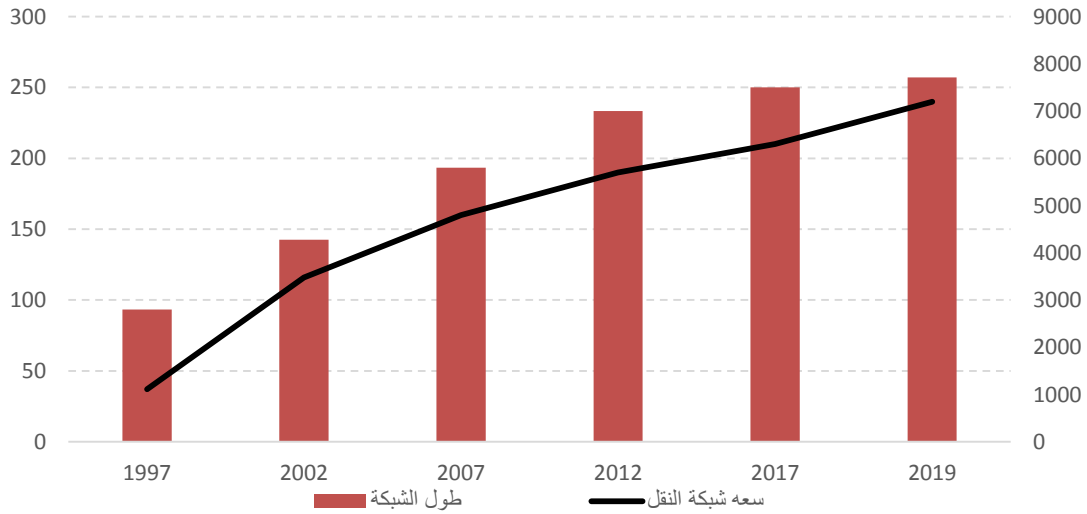
في البحر المتوسط.

■ مشروع المسح السيزمي الإقليمي بخليج السويس Gulf of Suez Mega-Merge Project

وفي إطار العمل على توسيع الرقعة الاستكشافية وتأمين احتياجات البلاد من خلال إعادة اكتشاف منطقة خليج السويس، والتي تعتبر من أهم التراكيب الجيولوجية الغنية بالموارد البترولية في مصر، والتي على الرغم من اعتبارها في مرحلة النضج، إلا أنها لا تزال تمتلك احتياطات هائلة لم تكتشف بعد.

1-2 البنية التحتية

تمتع مصر ببنية تحتية قوية تمكنها من نقل الغاز وتوزيعه من خلال الشبكة القومية لكافة أنحاء البلاد، حيث تمتد من ساحل البحر المتوسط شمالاً حتى مدينة أسوان جنوباً، ومن ساحل البحر الأحمر شرقاً حتى حقول الصحراء الغربية غرباً، وكذلك شمال وجنوب شبه جزيرة سيناء، ليصل الغاز إلى كافة مدن ومحافظات مصر، حيث بلغ عدد المحافظات التي تم توصيل الغاز لها 27 محافظة، ولم يتبق سوى محافظة الوادي الجديد نظراً لطبيعتها الجغرافية.



شكل (4): سعة وطول شبكات نقل الغاز الطبيعي.

وصل إجمالي أطوال الخطوط الرئيسية للشبكة القومية للغازات الطبيعية ذات الضغط العالي (أقطار تتراوح من 16 بوصة حتى 42 بوصة) إلى 7,850 كم بطاقة نقل 250 مليون م³/يوم. ومن المتوقع أن تزيد الأطوال الرئيسية عقب الانتهاء من المشروعات الحالية والجاري تنفيذها لاستيعاب الزيادة المتوقعة من الاكتشافات الغازية الواعدة بالبحر المتوسط، وتعتبر الشبكة الأكبر في المنطقة حيث تحوي أيضاً على ما يزيد عن 500 غرفة، وبلغ عدد محطات التخفيض والقياس

150، وجرى تطوير جميع نقاط دخول/خروج الشبكة وفقاً للمعايير والمتطلبات المفروضة من الجهاز لتطوير الشبكة ورفع قدراتها.

بالإضافة إلى استمرار تطوير الشبكة القومية للغازات وملحقاتها، لتتمكن من القيام بالمهام المنوطة بها على أكمل وجه، باستخدام أحدث التقنيات العالمية في التشغيل والمراقبة والتحكم الكامل في الشبكة القومية وملحقاتها عبر نظام الاسكادا من خلال مركز التحكم القومي (NATA)، باستخدام أحدث التقنيات لمداومة التشغيل الآمن والفعال. كذلك هناك ما يزيد عن 51,500 كم كيلومتر من الخطوط (أقطار أقل من 16 بوصة) بضغط متوسط ومنخفضة، تخدم أنشطة توزيع الغاز عبر محافظات مصر المختلفة.

علاوة على ما سبق، يوجد مجمع لإسالة وتصدير الغاز الطبيعي في دمياط بطاقة إنتاجية 7.5 ملايين طن سنوياً - يعد أكبر مصنع للإسالة بالعالم وقت بناءه في عام 2001 - هذا وتسمح مساحة المصنع بإضافة خطين إنتاجيين إضافيين، لتصل بطاقته كلية إلى 15م.ط سنوياً، ويتميز المصنع بوجود ميناء شحن للغاز المسال داخل بوغاز ميناء دمياط، مما يعطيه حماية ضد التقلبات الجوية.

هذا بجانب مصنع لإسالة الغاز الطبيعي في إدكو، والذي يعتبر الأضخم في مصر، حيث يضم وحدتين لإسالة الغاز الطبيعي بطاقة استيعابية تصل لـ 5.1 مليون طن سنوياً من الغاز بكل وحدة ويشمل أيضاً المصنع على ميناء لتصدير الغاز المسال مخصص لاستقبال ناقلات بسعة 165 ألف متر مكعب، كما يضم المصنع 2 مستودع لتخزين الغاز المسال بطاقة تخزينية تصل إلى 140 ألف متر مكعب لكل مستودع.

وبذلك تمتلك مصر القدرة على استقبال الغاز المصري و/أو الغازات الإقليمية بالمنطقة للبدء في عمليات تسيله، ومن ثم البدء في تصديره إلى الأسواق الأوروبية، وهو ما يفتح آفاقاً جديدة لتعظيم دور السوق المصري في تجارة الغاز الطبيعي على المستوى الدولي، كما تحتفظ مصر بوحدة مؤجرة لتغيز الغاز الطبيعي كمنصة لضمان تأمين إمدادات الغاز.

3-1 البيئة التشريعية المناسبة (اللوائح والقوانين والضوابط)

خلال السنوات الخمس الأخيرة، قامت الدولة المصرية بإجراءات إصلاحية هيكلية خاصة في مجال التشريع، حيث يعد من متطلبات السوق الفعال وجود إطار تنظيمي وقانوني وتشريعي يواكب المتطلبات المحلية والتطورات العالمية، وعليه قام قطاع البترول المصري بإصدار قانون تنظيم أنشطة سوق الغاز المصري رقم 196 لسنة 2017 ولائحته التنفيذية الصادرة بقرار رئيس مجلس الوزراء رقم 239 لسنة 2018، حيث أنشئ بمقتضى القانون جهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز ليكون

الجهة المنوطة بتنظيم عمليات تجارة وتداول الغاز الطبيعي في السوق المصرية، وتنسيق ودعم التواصل الدائم مع أطرافه، ومراقب لأنشطته من خلال تطبيق آليات المراقبة المتطورة بمرونة وفاعلية، وتهيئة المناخ لجذب الاستثمارات العالمية والإقليمية، بحيث يكون الجهاز نافذة للاطلاع على فرص الاستثمار والتجارة والتعاون في أنشطة سوق الغاز، وتوجيه الممارسات القائمة لكي تتسق مع الممارسات التي تمارسها الأسواق العالمية في أوروبا وأمريكا بصفة عامة، وأي ممارسات ناجحة في دول أخرى.

وفور صدور اللائحة التنفيذية تم تأسيس الجهاز وتشكيل مجلس إدارته برئاسة وزير البترول، وبدأ الجهاز عمله بشكل رسمي في فبراير 2018، وذلك بالبدء في تنظيم العلاقات بين المشاركين في السوق وفقاً لأحكام القوانين والقرارات واللوائح، ومن أجل تقنين وتنظيم الأوضاع والعلاقات بين الأطراف، قام الجهاز بعدد من الخطوات الهامة والأولية لتحويل أنشطة السوق إلى أنشطة اقتصادية يتم ممارستها بكفاءة وفقاً لمعايير ومبادئ واضحة ومعلنة، بالإضافة إلى وضع الإطار التنظيمي والإجرائي لإدارة الفترة الانتقالية لسوق الغاز الطبيعي المصري، كالتالي:

- إقرار ضوابط الحصول على التراخيص لممارسة الأنشطة خلال المرحلة الأولى لتقنين الأوضاع للسوق سواء من الناحية الاقتصادية أو المالية أو الفنية.
- وضع الشكل النهائي لتراخيص مزاولة أنشطة سوق الغاز وكافة بنودها التي تغطي التزامات وحقوق الكيان الحاصل على الترخيص.
- إصدار تراخيص مزاولة أنشطة السوق كخطوة تنفيذية أساسية لعدد 35 ترخيص يغطي أربع أنشطة أساسية كمرحلة أولى.
- إقرار المنهجية المؤقتة لحساب تعريف استخدام منظومة النقل (الشبكة القومية) ومنظومات التوزيع.
- البدء في وضع معايير ومقاييس مراقبة الأداء الاقتصادية والمالية والفنية، والتي سيتم على أساسها مستقبلاً تقييم أداء الكيانات المرخص لها قبل تجديد تراخيصها.
- اعتماد كود تشغيل منظومة النقل الأول، ويعتبر الكود هو مجموعة القواعد والإجراءات والممارسات والمعايير العامة والموحدة التي تُشكل وتحكم كافة الجوانب الفنية والتجارية والتعاقدية والقانونية الخاصة باستخدام الشبكة القومية.

1-4 الدعم الحكومي والإرادة السياسية

تتبنى الدولة المصرية رؤية طموحة لتطوير قطاع الغاز، تهدف إلى انتقال السوق من المحلية إلى العالمية. وهو ما تجلّى في الإعلان عن عدد من الاستراتيجيات وبرامج التطوير والتحديث. تلي ذلك اتخاذ عدة خطوات جادة لوضع مصر على الخريطة العالمية للغاز الطبيعي، حيث تمثل ذلك الدعم وتلك الإرادة في:

■ **دعم القيادة السياسية،** والذي يظهر في المتابعة المستمرة والدقيقة لكافة التطورات والأحداث وتيسير الإجراءات، وحشد الجهود وإجراء الاتصالات أثناء عمليات التفاوض، وتوقيع الاتفاقيات مع كافة الأطراف سواء كانت شركات عالمية أو الدول وحكوماتها أو المنظمات الدولية، وخير دليل على ذلك الإنجاز التاريخي في حقل "ظهر" ودخوله مرحلة الإنتاج خلال فترة قياسية، حيث تم إنجازه في 22 شهراً، أخذاً في الاعتبار أن إنجاز هذا النوع من المشروعات يستغرق نحو 6 سنوات على مستوى العالم.

■ **استراتيجية تحويل مصر إلى مركز إقليمي لتداول الطاقة،** حيث تبنت الحكومة المصرية بمختلف وزاراتها رؤية وزارة البترول الطموحة لتطوير قطاع الغاز المصري، وتحويل السوق من سوق محلي إلى سوق إقليمي مؤثر في الصناعة على المستوى العالمي، وما يتم في هذا الجانب من اتصالات ومفاوضات واتفاقيات بين الدول والحكومات والمنظمات الدولية لضمان تحويل غازات المنطقة إلى مصر والسوق المصري، كما يظهر هذا الدعم في التزام وزارة المالية بتوفير ما يلزم من ضمانات وتمويلات لتنفيذ مشروعات التطوير والتوسع المطلوب على مستوى البنية التحتية.

■ **استغلال العلاقات الدولية المصرية مع دول الجوار في دعم الأهداف الاستراتيجية،** ويتمثل ذلك في تأسيس منتدى غاز شرق المتوسط في مطلع عام 2019، والذي تم تحويله إلى منظمة إقليمية مقرها القاهرة تضم 7 دول تطل على البحر المتوسط، وتهدف المنظمة إلى تعزيز التعاون الإقليمي وتأمين احتياجات الدول الأعضاء من الطاقة لصالح رفاهية الشعوب واستقرار الموارد. وتقدر احتياطيّات الغاز الطبيعي في منطقة البحر المتوسط بنحو 10 تريليون متر مكعب، مما تعد فرصة جيدة لمصر للتجارة والتوزيع عند استخدام محطات الإسالة المصرية كمنافذ لتصدير الغاز المسال إلى الدول الأوروبية.

■ **تقديم الدعم اللازم في التأكيد على استراتيجية الدولة المصرية وجذب الاستثمارات،** وذلك من خلال تبني المؤتمرات والتجمعات الدولية والإقليمية مثل مؤتمر ومعرض مصر الدولي للبترول "إيجبس"، والذي يعقد سنوياً بعد افتتاح فاعلياته من قبل السيد رئيس الجمهورية،

والذي يعتبر وسيلة هامة في جذب المستثمرين ورؤساء الشركات العالمية والمحلية، ويرسل رسالة دعم للسياسات المعلنة.

1-5 الطلب المتزايد على الغاز الطبيعي

تعد مصر أكبر سوق للغاز الطبيعي في أفريقيا، حيث تم استهلاك حوالي 60 مليار متر مكعب في عام 2018- أو حوالي 40٪ من إجمالي الطلب على الغاز الطبيعي في المنطقة، وازداد استهلاك الغاز الطبيعي بشكل مطرد منذ عام 2016 مع تطور الإنتاج البحري المحلي من البحر المتوسط، ويمثل توليد الكهرباء المحرك الرئيسي لهذا النمو، حيث تضاعف الطلب على الطاقة ثلاثة أضعاف منذ عام 2000- وهي زيادة تُعزى أساساً إلى تطوير القطاع الصناعي، وتزايد استخدام المعدات الإلكترونية في القطاع السكني. ومن المتوقع تحقيق نمواً مستمراً في استهلاك الغاز الطبيعي المصري، بمعدل سنوي يبلغ حوالي 4٪ خلال السنوات الخمس المقبلة وفقاً لتوقعات المؤسسات الدولية، وفيما يلي استعراض لأهم القطاعات المؤثرة في ذلك النمو:

الكهرباء، تهيمن محطات توليد الكهرباء التي تعمل بالغاز على قدرة توليد الكهرباء، وارتفعت في عام 2018 من 42 جيجاوات إلى 58 جيجاوات تقريباً، ويُعزى ذلك بشكل أساسي إلى استخدام الغاز الطبيعي كوقود (مشاريع جديدة بشكل أساسي، بالإضافة إلى بعض التغييرات الفنية في طرق التشغيل)، وشمل ذلك ثلاث مجموعات من محطات توليد الكهرباء والتي تعمل باستخدام توربينات الدورة الغازية المركبة ذات الكفاءة العالية، والتي تبلغ 4.8 جيجاوات في بني سويف، والبرلس والعاصمة الإدارية الجديدة، والتي تم افتتاحها في منتصف عام 2018.

من المتوقع أن يظل نمو الطلب المحلي على الكهرباء مستمراً، وتشمل سياسة الحكومة ليس فقط زيادة الإنتاج، بل أيضاً تنظيمه فتعمل على التخلص التدريجي من الدعم، وفتح الباب أمام القطاع الخاص للدخول والاستثمار في أنشطة الكهرباء، حيث يوجد أيضاً خطط لتحرير تجارة الكهرباء وفقاً للأخبار المعلنة، وتشمل السياسة أيضاً تصدير فائض الكهرباء وفقاً لبرنامج تصدير إقليمي محدد، يستهدف الدول المجاورة في أفريقيا وأوروبا والشرق الأوسط. هذا وتقوم مصر بالفعل بتصدير الكهرباء إلى الأردن وليبيا، مع توقيع العديد من الاتفاقيات ومذكرات التفاهم مع قبرص واليونان والمملكة العربية السعودية.

الصناعة، وهي أحد أهم القطاعات التي تشهد نمواً في استهلاك الغاز الطبيعي، مدفوعاً بشكل رئيسي بقطاعات الصناعات المرتبطة بالبناء والبتروكيماويات، حيث تُعد هي والأسمدة أهم مجالات التنمية في القطاع الصناعي في مصر، ذلك كله مدعوم بعودة البلاد إلى الاكتفاء الذاتي من

إمدادات الغاز الطبيعي في عام 2018، بالإضافة إلى خطط إنشاء مجمع التحرير للبتروكيماويات أكبر مصنع في المنطقة، والذي تم الإعلان عنه في منتصف عام 2018، والتي تتواكب مع مشروعات زيادة الطاقة التصديرية لمجمع دمياط للميثانول والأسمدة مع تطوير بنية تحتية إضافية، وكذلك الخطط المعلنة لتطوير مصنع الأسمدة من خلال شركة Evergrow الخاصة `gjktd` لتنفيذ المرحلة الثالثة، وذلك بالإضافة إلى دراستها لإنشاء مشروع جديد في مدينة السادات لإنتاج مجموعة من الأسمدة، منها كالسيوم نترات محبب، ونايتريك أسيد، وأمونيوم، بالإضافة إلى مشروع آخر بأسوان، علماً بأن كل الإنتاج سيتم ضخه إلى الأسواق المحلية والتصدير، بالإضافة إلى مصنع جديد للأسمدة في العين السخنة على ساحل البحر الأحمر، والذي تقوم بتنفيذه شركة النصر لصناعة الأسمدة وفقاً للعقد المُبرم في أواخر مارس 2019، والذي سينتهي إنشاؤه في عام 2022، بطاقة إنتاجية تبلغ 400,000 طن من الأمونيا، 320,000 طن من اليوريا، و 275,000 طن من نترات كالسيوم الأمونيوم سنوياً.

القطاع المنزلي، نجح قطاع البترول في وضع وتنفيذ خطة طموحة لتوصيل الغاز الطبيعي إلى المنازل، حيث تم توصيل 724 ألف وحدة سكنية على مستوى الجمهورية خلال الفترة من يوليه 2019 إلى يناير 2020، ليصل إجمالي الوحدات السكنية التي تم توصيلها إلى 10 مليون و 750 ألف وحدة سكنية منذ بدء النشاط وحتى نهاية يناير 2020، بالإضافة إلى الانتهاء خلال النصف الأول من العام المالي 2021/2020 من توصيل الغاز الطبيعي إلى 45 منطقة وقرية يدخلها الغاز لأول مرة بمختلف محافظات الجمهورية، وهو ما يعني مزيداً من الطلب على الغاز نظراً لإحلاله محل البوتاجاز. كما يوجد أيضاً خطة لتحويل السيارات للعمل بالغاز الطبيعي كوقود، والتي أسفرت عن الانتهاء من تحويل أكثر من 25 ألف سيارة خلال النصف الأول من العام المالي 2021/2020، ليصل بذلك إجمالي السيارات المحولة إلى نحو 320 ألف سيارة تخدمها 206 محطة.

ثانياً: تحديات سوق الغاز الطبيعي في مصر

2-1 جذب وتشجيع الاستثمارات في صناعة الغاز وأنشطة السوق المختلفة

يعد أهم التحديات التي تواجه مستقبل صناعة الغاز بأكملها دولياً في ظل تنذب أسعار الغاز العالمية، وتخمة العرض نتيجة لوجود خطط ضخمة للتوسعات لدى الدول المنتجة، وهو ما يعني زيادة العرض عن الطلب. بالإضافة إلى التوجه العالمي الحديث لإحلال الطاقة المتجددة محل الطاقة التقليدية حفاظاً على البيئة والمناخ، والتي تتجه إليها الاستثمارات مؤخراً. نتج عن ذلك انخفاض معدلات العائد على الاستثمارات، وبالتالي عزوف بعض جهات التمويل عن منح

القروض للاستثمار في أنشطة الغاز الطبيعي، وإلى حين الوصول إلى وضع التوازن في سوق الغاز، ستظل الصناعة تواجه تحدي توفير التمويل اللازم للمشروعات.

ولا ينفصل السوق المصري عن السوق العالمي نظراً للترابط الوثيق بينهما، وتحرص الدولة على بذل جهود متواصلة على مختلف الأصعدة والوزارات، لتوفير مناخ صحي ملائم لتحفيز وتعزيز فرص الاستثمارات الأجنبية المباشرة، ودعم مشروعات البنية التحتية، وعمليات البحث والإنتاج، حيث قامت بعدد من الخطوات الهامة نذكر منها:

■ تطوير نظم طرح المزايدات، بالإضافة إلى دراسة بعض التعديلات على البنود التعاقدية مع الشريك الأجنبي للوصول إلى نموذج مريح لجميع الأطراف، وعلى سبيل المثال حقوق الشريك الأجنبي في بيع حصته مباشرة في السوق المحلي بعد استيفاء المتطلبات المنظمة.

■ تم تبني مشروع إنشاء بوابة مصر للاستكشاف والإنتاج Egypt upstream Gateway Project، والذي يهدف إلى إصدار خريطة استثمارية لتكثيف أنشطة البحث والاستكشاف، وما يترتب عليها من تنمية الحقول المكتشفة، وإتاحة كافة البيانات الجيولوجية والجيوفيزيائية وبيانات المشروعات، والتسهيلات المتاحة في مناطق البحث والاستكشاف والتنمية ومناطق المزايدات. وذلك من خلال بنك معلومات وطني محدث وشامل للمساهمة في تشجيع وجذب استثمارات جديدة وترويج مناطق البحث والاستكشاف.

■ تشجيع القطاع الخاص للعمل في أنشطة توزيع وتوريد الغاز الطبيعي للسوق المحلي، حيث يعمل حالياً من إجمالي 16 شركة حوالي تسع شركات تعمل في عدد كبير من محافظات الجمهورية، وتقوم بأعمال التوسع والتطوير للشبكات، وتنفيذ مشروعات توصيل الغاز لمختلف أنواع المستهلكين وفقاً لنموذج اقتصادي متكافئ.

■ إطلاق استراتيجية الدولة لتحويل مصر إلى مركز إقليمي لتداول الطاقة، وما يترتب على ذلك من فتح المجال أمام الدول والحكومات والشركات الأجنبية للعمل واستغلال التسهيلات المصرية، والدخول في شراكات واتفاقيات للتوسع في الأنشطة.

وعلى الرغم من الخطوات السابقة، تحتاج أنشطة نقل وتوزيع وتسييل وتغيز وتخزين الغاز إلى ضخ مزيداً من الاستثمارات للوصول إلى مستويات الأداء المطلوب، وتطبيق أفضل الممارسات العالمية في التشغيل والإدارة، أخذاً في الاعتبار حالة الركود العالمي، والذي ارتفع تأثيراً بجائحة كورونا، وهو ما دفع الدولة إلى القيام مؤخراً بعدد من الخطوات لمساعدة القطاع الصناعي على مواجهة أعبائه، والتي كان منها خفض أسعار الغاز الطبيعي المحلي ليصل من 7-8 دولار إلى 4.5 دولار في ظل مطالبات بمزيد من خفض من قبل الصناعة، وهو ما يضع قيوداً على

عمليات التوسع المطلوبة، فأى مشاريع ضخمة ستتطلب زيادة في أسعار الغاز المباع، وهو أمر يشوبه الكثير من الصعوبات حالياً، فعلى سبيل المثال الشركات العاملة بأنشطة نقل وتوزيع الغاز تواجه عقبات في تنفيذ عدة مشروعات لتدعيم الشبكات، خاصة خلال الفترة الماضية نظراً للتكاليف المرتفعة وصعوبة التمويل، وبخاصة في ظل تمسك الدولة بتوفير الغاز لكل المستهلكين وفقاً لأسعار مقبولة تساعد على دفع عجلة الإنتاج، وتراعي كافة فئات المجتمع. وعليه تحاول الاستفادة من بعض التسهيلات الائتمانية الممنوحة من البنك الدولي أو المؤسسات الائتمانية العالمية - والتي تقدم تمويلاً بشروط ميسرة للسداد وبمعدلات فائدة منخفضة نسبياً - في توفير جزء من التكلفة الاستثمارية، على أن يتم تمويل باقي التكلفة بمساندة البنوك المحلية عن طريق الاتجاه للاقتراض أو الحصول على تسهيلات ائتمانية، بالإضافة إلى تحمل الشركة القابضة للغازات الطبيعية سداد إجمالي التكلفة باعتبارها مالك شبكات النقل والتوزيع.

يأتي ذلك بالتزامن مع انشاء جهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز بهدف تطوير نماذج الأعمال بأنشطة شحن ونقل وتوزيع وتوريد الغاز الطبيعي، وتبني نموذج اقتصادي يضمن تحقيق التوازن المالي، واستمرار ضخ التدفقات النقدية اللازمة لتحسين جودة الخدمات المقدمة وخفض التكلفة.

2-2 تنويع مصادر الغاز

يتطلب نجاح السوق وازدهار أنشطته توافر عناصر أساسية، مثل القدرة على توفير إمدادات الغاز من مصادر متنوعة ودائمة وموثوق بها بشكل تنافسي بأسعار مناسبة، حتى يتمكن شاحني وموردي الغاز المؤهلين من ممارسة الأنشطة في مجالات الشحن والاستيراد والبيع بأسعار تنافسية، وعوائد مجزية للمستهلكين في السوق والذين يرغبون في شراء غاز من مصدر آمن وموثوق به، وبأسعار تنافسية منخفضة وعادلة.

وأخذاً في الاعتبار سعى دول العالم إلى الحفاظ على معدلات نمو اقتصادي مستقرة، وذلك من خلال استقرار وتأمين مصادر الطاقة، خاصة بعد ما تشهده المنطقة من نزاعات وعدم استقرار سياسي وفوضى في بعض الدول. وبالرجوع إلى السوق المصري وما تواجه الدولة من تحدي عدم الاستقرار في المنطقة العربية سياسياً واقتصادياً، بالإضافة إلى ظهور جائحة كورونا عالمياً، الأمر الذي يهدد استقرار عمليات البحث وخطط الإنتاج والتطوير في المنطقة بشكل عام، وأيضاً ما مرت به مصر سابقاً من توقف لخطط الإنتاج وتطوير الحقول، وما ترتب عليه من اختلال الاتزان التجاري للسوق، وعدم توافر كميات الغاز اللازمة للاستهلاك، وما ترتب عليه من انقطاعات الكهرباء، وتوقف تدفيع الغاز إلى القطاع الصناعي في أوقات كثيرة، بالإضافة إلى عدم استطاعة

مصر الوفاء بالتزاماتها الدولية تجاه دول الجوار والشركات العالمية، والذي أدى إلى تضخم فاتورة الدين لهذه الشركات، ودخول مصر في منازعات وتحكميات قضائية.

وعليه فقد اعتمدت استراتيجية الدولة على عدد من الأهداف مثل تحقيق الاكتفاء الذاتي من الاستهلاك والذي تم النجاح فيه، وكذلك الالتزام بسداد مستحقات الشريك الأجنبي، وبالفعل تم أيضاً خفض فاتورة الدين إلى أقصى مستوى لها، كما تم تقديم حزمة من الحوافز للشركات العالمية والتي أسهمت بعودتها للعمل مرة أخرى، بالإضافة إلى دخول شركات جديدة. وتعتبر المرحلة الثانية من الأهداف هو تعزيز قدرة السوق على الصمود أمام مثل هذه الأزمات، من خلال تنويع طرق الإمداد عبر فتح قنوات اتصال مع دول الجوار، والتي أدت الاكتشافات الأخيرة في البحر المتوسط إلى توافر كميات هائلة من الغازات لديها، وهنا كانت التحركات المصرية والتي استطاعت بشكل كبير جذب غازات دول الجوار إلى السوق المصري، فقامت بـ:

1- الاتفاق مع الحكومة القبرصية لتشديد خط الأنابيب الذي ينقل الغاز القبرصي لمصر بتكلفة تقديرية مليار دولار وطول 200 كم، لتبدأ عملية التصدير بعد إتمام الخط وبدء الإنتاج من الحقول، وهو ما سيمثل نقلة نوعية نظراً لحجم الغاز المنتج المتوقع، وصغر الاستهلاك القبرصي، وهو ما يعني مصدر دائم وموثوق منه وقريب للغاية.

2- زيادة التعاون مع إسرائيل في مجالات الغاز، من خلال توقيع اتفاقيات بين أطراف إسرائيلية ومصرية، والتي تعتبر بداية تحمل في طياتها فرصة لتحرك كمية أكبر من الغازات تجاه التسهيلات المصرية، وهو ما يعني إتاحة الفرصة لمصر من استغلال الاكتشافات الغازية في تلك المنطقة، وسهولة نقلها للمعالجة أو التسييل وإعادة التصدير، أو الاستهلاك المحلي أن دعت الحاجة.

3- تأجير وحدة لإعادة تغيز الغاز الطبيعي بغرض توفير بديل الغاز الطبيعي المُسال كأحد مصادر الغاز المتنوعة، وهو ما تم استخدامه بالفعل مسبقاً لسد العجز بين الإنتاج والاستهلاك، ويتميز هذا البديل بالمرونة والتنوع والاستمرارية، حيث يمكن شراء الغاز في ظل وجود عرض من الغاز الطبيعي المُسال مؤخراً.

ولكن وللمتابع جيداً، فإن للدول المحيطة خططاً أخرى، قد لا تتماشى مع الخطط المصرية مثل تركيا والتي تحاول اجتذاب تلك الغازات إليها، حيث لديها خطط أيضاً لتكون مركزاً لتداول الغاز للقارة الأوروبية، وأيضاً بهدف تغطية الطلب المتزايد على الغاز لديها، حيث تستورد تركيا حوالي 99% من احتياجاتها من الغاز الطبيعي، وهو ما يعادل تقريباً 54 مليار متر³/عام، بقيمة قد تصل إلى 45 مليار دولار تقريباً، بالإضافة إلى رغبتها في التأكيد على دورها الجيوسياسي والحفاظ على

مكانتها الحالية، باعتبارها مركزاً لنقل الغاز الطبيعي من أماكن إنتاجه في روسيا وكازاخستان إلى أوروبا، وتوسيع نفوذها بين دول المنطقة أملاً في زيادة الضغط على أوروبا عبر تحكمها بخطوط الغاز على أرضها، وأملاً أيضاً في إعادة إنتاج الإمبراطورية العثمانية القديمة إلى الحياة بين دول المنطقة، وهو ما يمكن فهمه من تحركاتها سواء بالتضييق على قبرص في استكشاف واستخراج ثرواتها من الغاز، أو التفاهات بينها وبين أطراف ليبية لترسيم حدود وهمية بينهم أملاً في فرض نفسها على أطراف البحر المتوسط الفاعلة.

وأيضاً خطط القارة الأوروبية التي تهدف إلى الحفاظ على المعدلات الحالية للنمو الاقتصادي، وتنفيذ استراتيجيتها البيئية المعلنة مؤخراً، والتي تحدد خريطة طريق الطاقة للمفوضية الأوروبية 2050 الغاز الطبيعي كبديل رئيسي على المدى المتوسط للفحم، مع انتقال القارة ببطء نحو مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، ونظراً إلى النزاعات الغازية مع روسيا والتي بلغت ذروتها في عام 2014 عندما قطعت شركة غازبروم الصادرات إلى أوكرانيا، وأدى ذلك إلى أزمات حادة في الطاقة في العديد من دول أوروبا الشرقية والتي يعتمد بعضها بالكامل على الإمدادات الروسية، وكنتيجة لذلك وفي ذات العام تبني الاتحاد الأوروبي عدداً من السياسات والإجراءات الهادفة إلى تنويع مصادر الإمداد، وضمان الوصول إلى بدائل الوقود المرنة مثل الغاز الطبيعي المُسال، بالإضافة إلى إصلاح الأسواق الأوروبية الداخلية للسماح بمزيد من الدعم المتبادل، وتُمثل غازات شرق المتوسط ونظراً لقربها هدفاً جديداً يساعد في حال توجيهه إليها في تحقيق أهدافها. وعلى الرغم من أن الغاز الطبيعي المُسال هو خيار مرن ومتاح دائماً، إلا أنه لا يتمتع دائماً بسعر مناسب، فالمتابع الجيد لأسواق الغاز الطبيعي يجد تفاوت عبر السنوات الماضية في أسعاره، فهو يخضع بشكل كامل لظروف العرض والطلب، حيث وصل السعر في فترات سابقة لما يزيد عن العشر دولارات للمليون وحدة حرارية بريطانية، في حين انخفض مؤخراً قبل أن يرتفع مجدداً ليبلغ في المتوسط الأربعة ونصف دولار للمليون وحدة حرارية. وفيما يخص الغاز من دول الجوار فيعتمد في تسعيره في الأغلب ووفقاً للتوقعات على التكلفة الفعلية للإنتاج، أخذاً في الاعتبار أن أغلب حقول الإنتاج تقع في البحر المتوسط وفي المياه العميقة، والتي تحتاج لاستثمارات كبيرة لاستخراجها، وهو ما قد يجعل أسعارها تميل للارتفاع.

2-3 تهيئة سوق الغاز للمنافسة

لضمان الوصول إلى سوق تنافسي للغاز، يجب أن يكون السوق والكيانات العاملة به، وبخاصة مقدمي الخدمات على دراية بقواعد وآليات السوق التنافسي السليم، والذي يُطبق فيه ممارسات تتسق مع مبادئ المساواة والحيادية وعدم التمييز والشفافية مع الحفاظ على سرية البيانات الخاصة بالعملاء والتعاقدات، وذلك ضمن إطار واضح ومحدد للمنافسة ومنع الاحتكار، وهي مبادئ

ضامنة وأساسية لأي سوق تنافسي، وتشمل على سبيل المثال وليس الحصر التوعية بأهمية حماية حرية المنافسة وفوائدها للسوق، والتي تساعد على تحقيق رفاهية المستهلك وحرية الاختيار، بالإضافة إلى منع ومكافحة الممارسات الاحتكارية المجرمة بكافة أشكالها سواء الاتفاقات الأفقية أو الرأسية، وكذلك إساءة استخدام الوضع المسيطر ومراقبة الاندماجات والاستحوادات، وهو ما يتطلب وضع قواعد وخطط توعية، تضمن عكس كافة تلك المبادئ في المعاملات بين الأطراف.

ويشمل هذا التحدي عدداً مرتبطاً من التحديات والعلاقات، ففانون تنظيم أنشطة سوق الغاز يهدف إلى تحويل أنشطة السوق إلى أنشطة تنافسية وفقاً للممارسات العالمية، بالإضافة إلى دوره في وضع إطار تنظيمي كامل وواضح ومحدد للسوق مع آليات مراقبته من قبل الجهاز ومتابعة تنفيذه، وهو ما يعتبر تحدياً كبيراً، حيث يحتاج إلى تحليل لطبيعة التعاقدات الحالية وأدوار الأطراف، وإجراء تغييرات قد تكون هيكلية في بعض الجوانب، وعليه وبجانب أدواره الأخرى، فإن الجهاز يضع ضمن أولوياته وضع خطة تدريجية لتحرير السوق بالتنسيق مع الحكومة والأطراف المعنية، يرى الباحث ضرورة أن تهدف إلى:

- (1) **تحويل مصر إلى مركز إقليمي لتجارة وتداول الغاز**، والتي تعتبر أحد أهم استراتيجيات الدولة الحالية والتي تعمل على تنفيذها، أخذاً في الاعتبار المزايا الاقتصادية والسياسية الكبيرة منها.
 - (2) **تأمين الاستهلاك المحلي بأسعار مناسبة وتنافسية**، من خلال تنويع مصادر الإمدادات وإدخال المنافسة بالسوق بين الموردين، وهو ما يساهم في تخفيض النفقات.
 - (3) **إنشاء سوق تنافسي حر ومحفز للمستثمرين**، وهو ما يساهم في جذب استثمارات جديدة لصناعه الغاز، مما يعظم من القيمة المضافة للاقتصاد المصري.
 - (4) **تحسين جودة الخدمات المقدمة للمستهلكين**، من خلال رفع كفاءة الكيانات العاملة بالأنشطة الخدمية، بالإضافة إلى أن المنافسة في الأنشطة المستفيدة، حيث تعمل على زيادة الابتكار، ورفع جودة وتنوع المنتجات والخدمات والشروط المقدمة للمستهلكين.
 - (5) **تحقيق الاستغلال الأمثل للبنية التحتية**، وذلك لاستيعاب الكميات الممكنة من الغاز الذي يخدم الطلب المتنامي للسوق، ويعزز إتاحة الاستخدام بحرية ودون تمييز وفقاً للضوابط الفنية والتجارية والاقتصادية من خلال استخدام أكواد الشبكات.
- ويرتبط بمثل تلك الأهداف تناول عدداً من التحديات المتنوعة والهامة والمتشعبة مثل:

■ السماح لأطراف جدد باستخدام شبكات وتسهيلات الغاز دون تمييز، وهو ما يعنى وجود أطراف جديدة بالسوق بخلاف الشركة الوطنية، وما يرتبط بذلك من اشتراطات فنية وتعاقدية

وماليه وتجارية جديده يجب تطبيقها على استخدام الشبكات والتسهيلات، والتي في حال نجاحها ستمثل حافزاً للمستثمرين الخارجيين والداخليين لحثهم على الدخول في أنشطة السوق المختلفة.

■ ضمان حرية المستهلك المؤهل في اختيار موردي أو شاحني الغاز بأسعار تفاوضية، حيث يجب أن يكون المستهلك مسئولاً عن قراراته في الحصول على الغاز الطبيعي بالكمية والسعر والشروط التعاقدية المناسبة له في إطار تنافسي، يضمن حصوله على أعلى جودة للخدمة بسعر عادل قدر الإمكان، وهو ما قد يمثل عائقاً أمام المستهلكين الذين لا يتوافر لديهم الخبرة أو الرغبة في الاختيار، ويرغبون في استمرار تحمل الشركات الوطنية مسئوليتهم.

■ العقود طويلة الأجل بين الأطراف وما يترتب عليها من التزامات قانونية ومالية، والتي تعتبر أحد أهم التحديات، حيث أنها تؤسس لوضع معين اعتمدت عليه الأطراف في أداء أعمالها، وتغييرها قد يضر بمصالحهم أو يعرضهم لخسائر معينة، وعليه يجب الوصول إلى عدد من الآليات التي تساعد على الانتقال السلس من تلك العقود إلى نوعية أخرى تسمح بالتنافس بين الأطراف.

■ تسهيل عمليات بيع وتداول وتجارة الغاز في السوق التنافسي وفقاً لأسعار تنافسية عادلة لكل الأطراف، وهو ما يعني إتاحة القدرة لكل موردي وشاحني الغاز الراغبين في بيع الغاز الطبيعي بالتنافس وفقاً لأطر محددة للسوق، وعبر آليات عادلة تضمن تقديم ما يكفي من الحوافز والمصادقية.

■ تطبيق وتشجيع مبادئ المنافسة الحرة في إطار من الشفافية وعدم التمييز، وما يرتبط بها من ضمان للمساواة في التعامل بين أطراف السوق مع مراعاة مصالح كافة المشاركين في سوق الغاز، حيث أننا أمام ممارسات يغلب عليها الطابع الأحادي، حيث تتولى الدولة ممثلة في الشركات الوطنية مسئولية توفير الغاز لكل المستهلكين بأسعار حكومية، ومعها تتحمل أي مخاطر أو تحديات، وهو ما يتعارض مع مفهوم السوق الحديث.

■ ملائمة الخطة لطبيعة الحالة المصرية، ويتمثل التحدي الرئيسي هنا في الوصول إلى خطة تراعي الوضع المصري، وطبيعة العلاقات بين الكيانات الحالية أخذاً في الاعتبار قدم السوق، والذي يصل إلى ما يزيد عن 30 عاماً، بالشكل الذي يحقق النتائج المرجوة مع عدم التأثير على استقرار السوق والكيانات العاملة به، ومصالح المستهلكين سواء في القطاع الكهربائي أو الصناعي أو المنزلي.

■ إدارة التغيير سواء على مستوى العلاقات بين أطراف السوق، أو على مستوى كل طرف بذاته، أو على مستوى الأفراد. فلضمان تحقيق التنافسية يجب التعامل مع طبيعة العلاقات القائمة بين مقدمي الخدمات ومستخدميها أو متلقيها، وكذلك بين الأنشطة داخل كل كيان، ويتم ذلك عن طريق ما يُسمى بالفصل المحاسبي/الإداري/القانوني وفقاً لطبيعة كل علاقة. فمن الضروري فك الارتباط بين الأنشطة الممارسة من قبل ذات الكيان، لضمان تحقيق الحيادية والمساواة بين الكيانات الموجودة والجديدة بالشكل الذي يضمن توفر ذات الخدمة لجميع المستخدمين بذات السعر، وإيقاف أي دعم أو تسريب للمعلومات السرية.

وحتى بعد وضع الخطة والحصول على الموافقات اللازمة من مجلس الوزراء، ستظل الخطوات التفصيلية التنفيذية وتطبيقها تحدياً كبيراً في ظل سوق غاز وطاقة عالمي متغير باستمرار.

2-4 التاهيل الفني لشبكات وتسهيلات الغاز الطبيعي ومشغليهم

وفقاً للقانون الجديد وطبيعة الممارسات العالمية للأسواق، أصبح لزاماً على مشغلي شبكات وتسهيلات الغاز المصرية إعادة النظر في أدوارهم الجديدة وآليات العمل المتوقع تطبيقها، للتأكد من قدرة منظومات النقل والتوزيع الحالية على التعامل مع الكميات المتوقع تداولها في ظل تعدد شاحني الغاز الطبيعي بالسوق المصري، حيث سيتولى القيام بمهام متعددة ومتنوعة مثل:

- أنظمة وأدوات حجز الساعات.
- إجراءات إدارة الازدحام التعاقدية والمادي.
- تخصيص الكميات عند نقاط الدخول/الخروج.
- إجراءات وضوابط تسوية الكميات.
- إجراءات اتزان الشبكة المادي والتجاري.
- إدارة تداول الغاز ما بين نقاط الدخول والخروج.
- إجراءات وأساليب القياس العياري للغاز في نقاط الدخول والخروج.
- تداول المعلومات وشفافية عرضها.
- الاتفاقيات والتعاقدات مع مشغلي الشبكات والإفصاح.
- إدارة حالات الطوارئ.
- الأخرى (التوزيع).

وهو ما يتطلب أيضاً وجود كود فعال لمنظومات التشغيل للشبكات والتسهيلات بالشكل الذي يضمن توافر فصل حقيقي وكامل بينه، وبين شاحني الغاز الآخرين، وأن يؤدي المشغل مهامه وفقاً لمعايير تضمن الشفافية والحيادية، وعدم التمييز، والحفاظ على سرية المعلومات.

وعليه فإن التحدي الأساسي هنا، هو النجاح في تهيئة البنية التحتية وتوفير التمويل اللازم لرفع كفاءة المكونات الأساسية، واستكمال أي تجهيزها بأي أجهزة أو أنظمة أو برامج أو تطبيقات أو

عمليات أو أدوات مطلوبة ومكونات، بالإضافة إلى ما يلزم من توسعات وتطوير للشبكات والتسهيلات لاستيعاب التطلعات المستقبلية للسوق، فمع تطور السوق وزيادة أعداد الكيانات به، سيتم التوسع وبشدة وصولاً إلى كل أنواع المستهلكين، حتى القطاع المنزلي والذي يعني التحول الكامل لسوق تنافسي حر.

وبالتوازي مع توفير البني التحتية باختلاف مكوناتها، يجب العمل على تأهيل ورفع قدرات الموارد البشرية التي ستعمل على تنفيذ وإدارة وتشغيل كافة العمليات المرتبطة بالنشاط بشكل مباشر، وهو الأمر الذي يتطلب بعض البرامج والخبرات التدريبية، التي قد تكون جديدة أو مختلفة عن المتعارف عليه في السوق المصري.

ولتحقيق الأهداف المرجوة، يجب دراسة وتحليل الوضع الحالي والوضع المرغوب الوصول إليه، للوقوف على المجالات والنقاط التي يمكن تحسينها أو تغييرها أو إلغاؤها أو إضافتها وصولاً إلى وضع خطط تنفيذية قصيرة ومتوسطة وطويلة المدى، تشمل الخطوات التفصيلية الدقيقة لكل ما تم رصده في الدراسات والعقبات المتوقعة، وآليات التغلب عليها، والتي يجب أن تتم على مستوى منظومات النقل والتوزيع للغاز الطبيعي، بالإضافة إلى تسهيلات الغاز باختلاف أنواعها، وهو ما يتطلب درجة عالية من التنسيق والمهنية في العمل.

تطبيقات تكنولوجيا بلوك تشين (سلاسل الكتل الرقمية) في قطاع الطاقة: تمكين ديمقراطية الطاقة

م. علي حبيب

Ali.Habib@emba2016.esmt.org

د. ماجد كرم الدين محمود

maged.mahmoud@rcreee.org

المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة

د. ماجد كرم الدين

- المدير الفني والقائم بأعمال المدير التنفيذي للمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREEE).
- دكتوراه هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهندسة - جامعة عين شمس.
- انضم الدكتور ماجد إلى المركز الإقليمي في عام 2011، وخلال فترة عمله أسهم بشكل فعال في مساعدة 17 دولة عربية والعديد من المنظمات الدولية والإقليمية لصياغة استراتيجيات الطاقة المتجددة، وتقديم السياسات وآليات التنفيذ المرتكزة على الشراكات بين القطاعين العام والخاص.
- أسهم مع نخبة من الخبراء العرب في تشكيل مبادرات إقليمية هامة أطلقتها جامعة الدول العربية مثل "الإطار العربي للطاقة المتجددة: مبادرة خطط عمل الطاقة المتجددة العربية" و"الاستراتيجية العربية للطاقة المستدامة" وغيرها. ويساعد حالياً العديد من الدول العربية في إعداد وتنفيذ خطط العمل الوطنية للطاقة المتجددة. وعلاوة على ذلك، قاد الدكتور ماجد "برنامج ترويج الاستثمار الخاص" الإقليمي، حيث تم استكشاف العديد من نماذج الأعمال وتقديمها لدعم مطوري ومستثمري المشروعات الكبرى والشركات الصغيرة والمتوسطة.
- عمل لمدة حوالي 20 عاماً بهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، أسهم من خلالها في العديد من الإنجازات أبرزها إعداد الاستراتيجية الوطنية للطاقة المتجددة، والعديد من مشروعات طاقة الرياح الكبرى بخليج السويس، وكذلك تطوير البنية البحثية لاختبارات جودة أنظمة الطاقة الشمسية وكفاءة الطاقة، وغيرها.
- حاصل على جائزة تنمية الابتكار والاختراع في الطاقة المتجددة من أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا المصرية منذ عام 2001. وقد أدار وساهم في أكثر من 40 مشروعاً بحثياً ودراسات في مجالات الطاقة المستدامة بالتعاون مع المنظمات الدولية مثل البنك الدولي، والوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ولجنة الأمم المتحدة لغربي آسيا، وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة وغيرها، كما أنه أيضاً مدرب معتمد ومؤلف/ مؤلف مشارك لأكثر من 50 من المنشورات المتخصصة والمقالات البحثية.

م. علي حبيب

- خبير طاقة.
- حاصل على درجة الماجستير في هندسة الطاقة المتجددة.
- يتمتع بأكثر من 15 عاماً من الخبرة العملية في مجال الطاقة الموزعة والتوليد المشترك واستخدام الحرارة المهدرة والطاقة المتجددة.
- يحمل أيضاً درجة الماجستير في إدارة الأعمال MBA من ESMT Berlin في مجال دراسة مستقبل الطاقة المستدامة.

- طوال حياته المهنية شغل العديد من المناصب، بدءاً من مهندس الصيانة والتقني وانتهاءً بمدير المشروع في واحدة من أكبر الشركات الحرارية في مصر. بعد حصوله على ماجستير إدارة الأعمال بدأ علي العمل خبير واستشاري في مجال الطاقة. كان آخر عقد استشاري لمدة عام واحد مع المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.
- في المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREEE) شارك علي في العديد من المشاريع مثل تخطيط الطاقة على المدى الطويل لعدة بلدان، وتطوير خطط عمل وطنية للطاقة المتجددة (NREAPs)، وخطط عمل وطنية لكفاءة الطاقة (NEEAPs)، وتطوير خرائط الملائمة، بالإضافة إلى مشروع لتطوير أفضل ممارسات كفاءة الطاقة في دول البحر الأبيض المتوسط.
- له إصدارات عديدة باللغتين العربية والإنجليزية، تعكس منشوراته أحدث التقنيات في مجالات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. علاوة على ذلك فإن أحدث السياسات واللوائح موجودة أيضاً في أعمال النشر الخاصة به.

مستخلص

بدأ بعض مقدمي خدمات الطاقة الكهربائية من شركات الكهرباء الكبرى والصغيرة والناشئة بإطلاق مشروعات وتطبيقات تعتمد على تكنولوجيا سلاسل الكتل الرقمية Blockchain، واستخدام العقود الذكية والعملات المشفرة كمنصات للتعامل المباشر مع المستهلكين وإدارة التعاملات المالية والفنية ذات القيمة، وذلك كجزء من استراتيجية تلك الشركات لتحديث صناعة الطاقة بتبسيط الإجراءات والمعاملات والتكاليف المرتبطة بهما اعتماداً على التطور السريع لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والتوجه المتزايد نحو ما تقدمه من حلول يتعامل معها ملايين البشر حالياً بشكل طبيعي كجزء من حياتهم عبر هواتفهم وحواسيبهم، وتتجه الأنظار نحو التكنولوجيا القابعة خلف هذه الخدمات في محاولة لفهم أبعادها واستشراف آفاقها. يحاول هذا المقال تقديم تكنولوجيا البلوك تشين بشكل مبسّر من خلال إيضاح أسلوب عملها مع التركيز على الاستخدامات الممكنة لها في قطاع الطاقة، فضلاً عن أهم الانتقادات والتحديات، وأيضاً البدائل والمقاربات المطروحة لتلك التكنولوجيا، والتي تعد بمستقبل مختلف لقطاع الطاقة.

Blockchain Applications in the Energy Sector: Enabling Energy Democracy

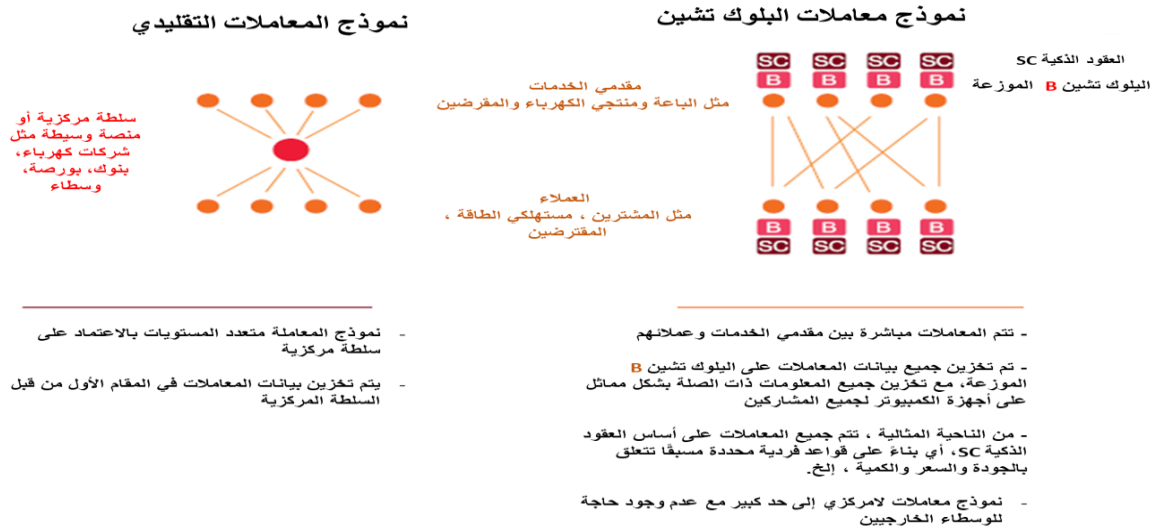
Abstract

Many of the power utilities and electricity service providers, have started to adopt projects and solutions that rely on Blockchain technology and use the concepts of smart contracts and cryptocurrencies as platforms for direct interaction with consumers and for managing financial and technical transactions of value. This is considered as part of these companies' strategy to modernize the energy industry by simplifying the procedures, the transactions and the costs associated with them. Such move seizes the opportunity of the rapid development of information and communication technology, and the increasing trend towards the solutions it offers where millions of people currently deal with as part of their normal lives through their phones and computers. Well-deserved attention is paid to the technology behind these Blockchain services, in an attempt to understand its dimensions and explore its horizons. This paper presents Blockchain technology through clarifying how it works with a focus on its possible uses in the energy sector. The paper also introduces the most important criticisms and

challenges, as well as alternative solutions and approaches proposed for this technology, which promise a very different future for the energy sector.

ما هو البلوك تشين؟

في عام 2008 أعلن مخترع مجهول تحت أسم مستعار هو ساتوشي ناكاموتو (قيل لاحقاً أنه الأسترالي كريج رايت) مفهوم سلاسل الكتل (Blockchain) - أو ما سنسميه مباشرة على امتداد المقال "بلوك تشين" كما هو متداول عالمياً بشتى اللغات - ثم كتب نفس المخترع في السنة اللاحقة جزءاً أساسياً من الشفرة المصدرية للعملة الرقمية بيتكوين (Bitcoin)، والتي تقوم بدور دفتر حسابات عمومي لكافة المعاملات النقدية. البلوك تشين قاعدة بيانات موزعة تسمح بتقديم الخدمات مباشرة بين مقدم الخدمة والمستفيد منها، حيث ينظر لها كتكنولوجيا تسجيل عمليات موزعة (Technology Distributed Ledger) تحتوي على قائمة متزايدة باستمرار من سجلات البيانات، تسمى الكتل (blocks). هذه الكتل لها ختم زمني ومشاركة بين الأفراد وغير قابلة للتغيير ومتصلة بالكتل السابقة على هيئة سلاسل، حيث تحتوي الكتل على البيانات والبرامج ودفعات المعاملات الفردية، والتنفيذية. ويتم التحقق من المعاملات بواسطة أجهزة الكمبيوتر التي يديرها مستخدمو الشبكة - ويطلق عليهم مصطلح العقد (nodes) - في فواصل زمنية قصيرة، يتم توزيعها مشفرة ومتاحة للجميع (شكل رقم 1).



شكل (1): كيف ستغير البلوك تشين الطريقة التي نتعامل بها (عصر ما بعد السلطات الوسيطة والمنصات المركزية).

تُدار قاعدة بيانات سلسلة الكتلة بطريقة مستقلة بسبب اعتمادها على شبكة النظير إلى النظير (peer to peer) وخوادم طوابع زمنية موزعة حول العالم. إن استخدام البلوك تشين في تصميم نظام عملة البيتكوين جعلها أول عملة نقدية رقمية تتفادى مشكلة الإنفاق المزدوج (إنفاق المبلغ النقدي ذاته في إجراء معاملتين مختلفتين). أي أن البلوك تشين يعد بروتوكول الإنترنت اللامركزي

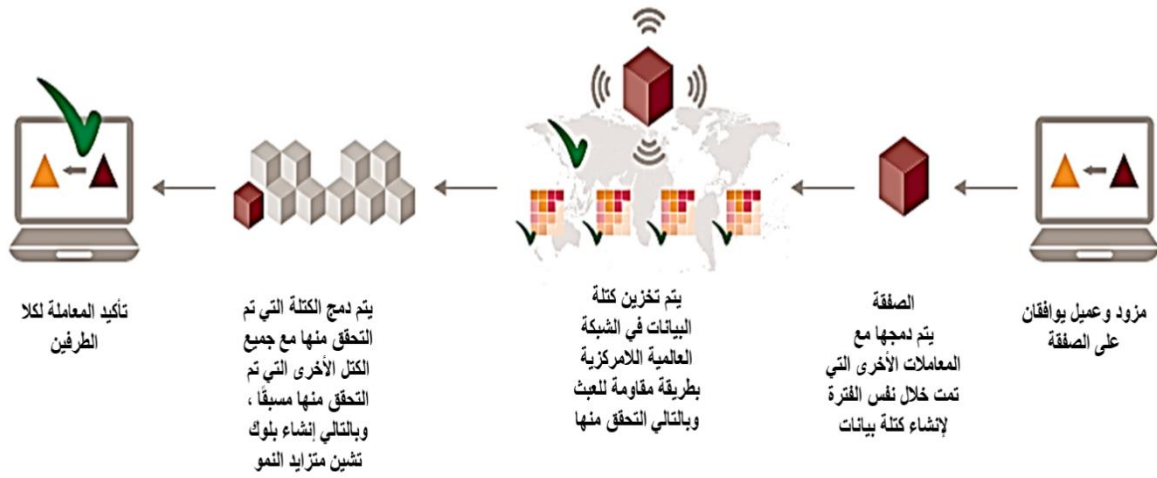
الذي يسهل المعاملات بين الأقران دون الحاجة إلى مؤسسة وسيطة كالبنوك، وكما تعمل العملات المشفرة مثل بيتكوين على أساس بلوك تشين، فيمكن أن تكون تطبيقات بلوك تشين أيضاً غير نقدية. على سبيل المثال ما يسمى بالعقود الذكية (smart contract) التي يتم تنفيذها تلقائياً بمجرد استيفاء شروط محددة. فالعقد الذكي والمعروف أيضاً باسم (crypto-contract) هو برنامج كمبيوتر يتحكم بشكل مباشر في تحويل العملات الرقمية وغير الرقمية أو الأصول بين الأطراف في ظل ظروف معينة، ويتم تخزين هذه العقود على تكنولوجيا بلوك تشين. إذا أراد أحد المتطفلين تعديل عقد ما، فيجب إعادة تشكيل البلوك تشين بالكامل في كل عقدة، وهي مهمة صعبة حسابياً وتنظيماً. من الممكن أن يتم إنشاء منصة للمعاملات تعتمد على بلوك تشين كشبكة خاصة ذات وصول مرخص به، على سبيل المثال كاستراتيجية داخلية لشركة أو لبنك ما لخفض تكاليف المعاملات، أو كشبكة عامة ذات وصول مفتوح لأي فرد. ولم تصل بعد تكنولوجيا البلوك تشين في قطاع الطاقة إلى المستوى التجاري الكبير الذي يؤهلها لتغيير نظام الطاقة، ولكنها تعد بمرحلة أشبه ببدايات الإنترنت وواعدة جداً لتحفيز حلول الطاقة اللامركزية المعتمدة على الأفراد والمجتمعات والشركات الصغيرة والمتوسطة، أو ما قد يسميه البعض "ديمقراطية الطاقة".

كيف يعمل البلوك تشين؟

يعتبر البلوك تشين عقداً رقمياً يسمح لطرف منفرد بإجراء معاملات (مثل بيع الكهرباء) وفواتيرها من نظير إلى نظير مباشرة. يعني مفهوم نظير إلى نظير أن جميع المعاملات يتم تخزينها على شبكة من أجهزة الكمبيوتر التي تتكون من أجهزة الكمبيوتر الخاصة بموفر الخدمة والعميل المشاركين في المعاملة، وكذلك أجهزة الكمبيوتر الخاصة بالعديد من المشاركين الآخرين في الشبكة بدون وجود الوسطاء التقليديين. على سبيل المثال لم يعد البنك مطلوباً بموجب هذا النموذج، حيث يتصرف المشاركون الآخرون في الشبكة كشهود على كل معاملة تتم بين مزود و عميل، وعلى هذا النحو، يمكن بعد ذلك أيضاً تقديم تأكيد لتفاصيل الصفقة، لأنه يتم توزيع المعلومات ذات الصلة على الشبكة وتخزينها محلياً على جميع أجهزة الكمبيوتر لجميع المشاركين. تتألف الصفقة النموذجية على بلوك تشين من خمس خطوات (شكل رقم 2):

1. يتم إرسال رسالة إلى الشبكة، والتي تحتوي على معلومات حول قيمة المعاملة والتوقيع الرقمي الذي يؤكد صحة المرسل وعنوان المعاملة وعنوان المتلقي.
2. تستقبل عقد (nodes) الشبكة الرسالة وتصادق على صحة الرسالة من خلال فك تشفير التوقيع الرقمي. يتم وضع المعاملة المصادق عليها في مجموعة من المعاملات المتعلقة.

3. تقوم إحدى العقد الموجودة في الشبكة بتجميع المعاملات المعلقة في كتلة (block) تحتوي على بيانات رقمية متوافقة ومتكررة ومشاركة ومتزامنة. في فترة زمنية محددة تثبت العقدة الكتلة إلى الشبكة للتحقق من صحتها.
4. تتلقى وحدات التحقق من الصحة في الشبكة الكتلة المقترحة والتحقق من صحتها من خلال عملية تكرارية، والتي تتطلب إجماع من غالبية الشبكة.
5. إذا تم التحقق من صحة جميع المعاملات، يتم دمج الكتلة الجديدة في بلوك تشين الحالية، ويتم إبلاغ الحالة الحالية الجديدة لسجلات البيانات (Ledger) إلى الشبكة.



شكل (2): خطوات عملية البلوك تشين

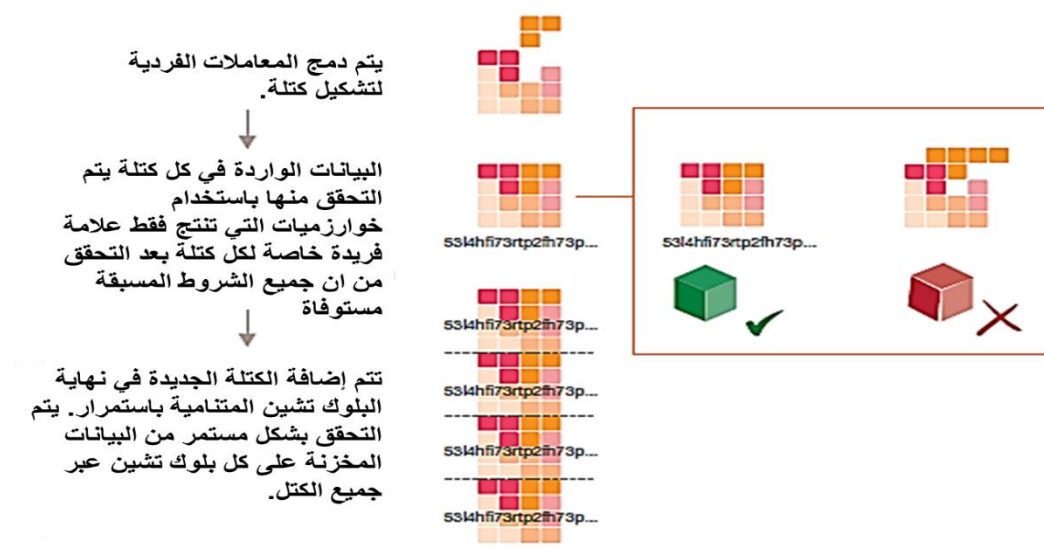
عملية التحقق Verification Process

عندما يوافق مقدم خدمة و عميل على الدخول في معاملة، يحددان متغيرات هذه المعاملة عن طريق تحديد المستلم والمرسل وحجم المعاملة من بين أشياء أخرى. ثم يتم دمج جميع المعلومات المتعلقة بالمعاملة الفردية مع تفاصيل المعاملات الأخرى التي تتم خلال نفس الفترة لإنشاء كتلة جديدة من البيانات. هذا مشابه لإرسال رسائل البريد الإلكتروني، والتي تنقسم أيضاً إلى كتل بيانات منفصلة. تختلف البلوك تشين في أن هذه العملية تتعلق بمعاملة موحدة واحدة. يتم تشفير كل معاملة وتوزيعها على العديد من أجهزة الكمبيوتر الفردية (نظير إلى نظير)، ويقوم كل منها بتخزين البيانات محلياً. يقوم أعضاء الشبكة تلقائياً بتأكيد (التحقق) من المعاملات المخزنة على أجهزة الكمبيوتر الفردية.

يتم التحقق من البيانات المخزنة في كتلة باستخدام خوارزميات، والتي تعين علامة فريدة (hash) من نوعها لكل كتلة. كل علامة فريدة من هذا القبيل هي سلسلة من الأرقام والحروف، التي تم إنشاؤها على أساس المعلومات المخزنة في كتلة البيانات ذات الصلة. إذا تم تغيير أي جزء من

المعلومات المتعلقة بأي معاملة في وقت لاحق نتيجة للعبث أو بسبب أخطاء النقل - على سبيل المثال المقدار الدقيق للمعاملة - لن تنتج الخوارزمية التي تم تشغيلها على الكتلة التي تم تغييرها العلامة الفريدة الصحيحة، وبالتالي ستبلغ عن خطأ. يتم فحص جميع مجموعات الأرقام/الحروف باستمرار للتأكد من صحتها، ويتم دمج كتل البيانات الفردية لتشكيل سلسلة من كتل البيانات الفردية.

نظرًا للربط بين مجموعات الأرقام/الحروف هذه لا يمكن التلاعب بالمعلومات المخزنة على بلوك تشين (على الأقل هذا يتطلب قدرًا كبيرًا من الجهد). يتم تنفيذ عملية التحقق المستمرة هذه (التي يطلق عليها "التعدين" أو "mining") من قبل أعضاء بلوك تشين الذين يكافئون على هذه الخدمة وفقًا لقوة الحوسبة التي يساهمون بها. تضمن عملية التحقق أن جميع الأعضاء يمكنهم الإضافة إلى بلوك تشين، ولكن لا توجد مراجعات لاحقة ممكنة. وهذا يتيح المعاملات المباشرة بين الأشخاص أو المنظمات التي اعتادت طلب خدمات الوسيط من أجل تسجيل معاملاتهم بصورة مشروعة. على سبيل المثال في حين أن هناك حاجة إلى البنك حاليًا كوسيط لتنفيذ معاملة مالية بين طرفين، يمكن تنفيذ ذات المعاملة وتوثيقها مباشرة بين الطرفين، إذا تم استخدام بلوك تشين. ويلخص شكل 3 عملية التحقق في منظومة البلوك تشين.



شكل (3): عملية التحقق

ومن أهم منصات البلوك تشين مفتوحة المصدر منصة الإثيريوم (Ethereum)، وهي تقوم بوظيفة العقد الذكي، بما يسهل إبرام العقود والمعاملات على الإنترنت، ويحاكي العقود التقليدية مع توفير عنصر الأمن والثقة. وتستبدل الخوادم والحوسبة السحابية بالآلاف من العقد (nodes) والنظراء

استخدامات البلوك تشين في حلول الطاقة

التطبيقات مع التركيز على سجلات المعاملات الموزعة	التطبيقات مع التركيز على الملكية	التطبيقات التي تركز على المعاملات والعقود الذكية (التنفيذ التلقائي للمعاملات)



حقاً .. لقد بدأ المستقبل

بوجه عام توجد ثلاث مراحل لتطور البلوك تشين، وهى بلوك تشين 1.0، وتتميز تلك المرحلة بنشر العملات المشفرة كبديل عن أنظمة الدفع الرقمية الأخرى، وبلوك تشين 2.0 حيث توسع تلك المرحلة حالة استخدام البلوك تشين لتشمل العقود الذكية والأدوات المالية الأكثر تطوراً وأي نوع من المعاملات بين طرفين يمكن تمثيلهما من خلال مكافئ رقمي، وفي المرحلة الأخيرة بلوك تشين 3.0 والتي سنصل إليها عندما يتم ادماج البلوك تشين في منظومة البيانات الضخمة big data، والتي تنشأ عن طريق كل شيء من حولنا، وفي كل الأوقات من كل عملية رقمية، وكل تبادل في وسائل التواصل الاجتماعي وتنتقلها الأنظمة، وأجهزة الاستشعار، والأجهزة النقلة. البيانات الضخمة لها مصادر متعددة في السرعة والحجم والتنوع، ولكي نستخرج منفعة معنوية من البيانات الضخمة نحتاج إلى معالجة مثالية، وقدرات تحليلية، ومهارات. بسبب الوقت والجهد والتكلفة الكبيرة التي تحتاجها البيانات الضخمة لتحليلها ومعالجتها، اضطر التقنيون على الاعتماد على أنظمة الذكاء الاصطناعي (Intelligence Artificial) التي لديها القدرة على التعلم والاستنتاج ورد الفعل على أوضاع لم تبرمج في الآلة باستخدام خوارزميات معقدة للعمل عليها، بالإضافة إلى استخدام تقنيات الحوسبة السحابية لإتمام عملها، وتقاس بالبيتا بايت petabyte (ألف تيرا بايت) أو الايكسا بايت exabyte (مليون تيرا بايت)؛ ووفقاً لـ IBM فمن العام 2012 ننشأ يومياً ما يقارب 2.5 كوينتيليون بايت من البيانات الضخمة (كوينتيليون هو الرقم واحد متبوعاً بثمانية عشرة (18) صفر).

وفي قطاع الطاقة يبدأ المسار بالعملات المشفرة كوسيلة لدفع فواتير الكهرباء (المرحلة 1.0)، ويمتد بالفعل ليشمل العقود الذكية القائمة على المعاملات المادية (المرحلة 2.0). ولكن لم نصل بعد للمرحلة الثالثة. إن استعراض بعض المشاريع القائمة بالفعل يوضح أن التغير يحدث بالفعل وليس نظرة مستقبلية، وربما يكون استخدام العملات المشفرة للمعاملات النقدية هو حالة الاستخدام الأكثر وضوحاً في قطاع الكهرباء، حيث يتم إطلاق هذه الحركة في الغالب عن طريق الشركات الناشئة، ولكن مقدمو الخدمات مثل شركات الكهرباء يعملون على متابعة تطبيقات البلوك تشين، وتطلق مشاريع تتيح إزالة أي ضرورة لوسيط بين طرفين، وتسمح بإجراء التحول إلى نظام الطاقة اللامركزي ويمكن تفسير فصل المعاملات المالية ذات الصلة من وحدة التحكم المركزية على أنها الخطوة التالية نحو اللامركزية الكاملة. تشمل حالات الاستخدام الأخرى تقييمات لقدرات التوليد وتوافرها، والتسعير، وشهادات منشأ الطاقة النظيفة، والتنبؤ وتداول الطاقة، ومحطات الطاقة الافتراضية، وإدارة الشبكات الصغيرة. قد تصبح كل أسرة كياناً تجارياً واحداً تتفاوض على طاقة نظيفة أو رخيصة لسيارتها الكهربائية أو للاستهلاك السكني. قد يكون من الممكن إجراء المزيد من حالات الاستخدام الكلي المنحى مثل آليات موازنة الشبكات وتداول شهادات خفض الانبعاثات.

كمثال أكثر توضيحاً، فلنفترض أن القارئ يمتلك سيارة كهربائية بحاجة إلى الشحن، ويمتلك أيضاً ميزانية محدودة من النقود لشحن السيارة. في هذه الحالة وباستخدام تكنولوجيا العقود الذكية والبلوك تشين يتم توصيل السيارة بالقابس الكهربائي وتحديد سعر الكهرباء المستهدف لشحن السيارة. ومن خلال متابعة أسعار توزيع الكهرباء في الأوقات المختلفة وربما من أكثر من شركة توزيع أو منتج طاقة مستقل، فإنه عندما يصبح سعر الكهرباء أقل من أو يساوي السعر المستهدف يتم بدء شحن السيارة أو توماتيكياً وتحويل النقود إلى مقدم الخدمة (شركة الكهرباء أو حتى أحد المنازل التي تمتلك فائض من الطاقة).

مشروع بلوكتشارج (Blockcharge) هو مشروع تم إطلاقه بواسطة شركة الكهرباء الألمانية RWE (Innogy) باستخدام منصة الإثريوم لتسهيل شحن السيارات الكهربائية بمساعدة من شركة ناشئة تدعى Slock.it متخصصة في تقديم خبرة بلوك تشين للشركات الكبرى. وهو مشروع يتعهد بشحن سلس وبأسعار معقولة لخدمة السيارات الكهربائية. على عكس العديد من الأفكار الأخرى التي تدور حول سلسلة بلوك تشين، فإن المشروع لديه تكنولوجيا مميزة والشاحن الذكي (Smart Plug)، والتي يمكن استخدامها كقابس عادي ولكن لديها رمز تعريف مرتبط به. يقوم المستخدمون بتنصيب تطبيق على هواتفهم الذكية للسماح بعملية الشحن. هذا التطبيق يتصل ببلوك تشين الذي يدير ويسجل جميع بيانات الشحن. يهدف البلوكتشارج إلى نظام مصادقة وشحن وفواتير في جميع أنحاء العالم، يمكن لمالكي السيارات الكهربائية استخدام أي قابس كهربائي لشحن سياراتهم. ويتفاوض التطبيق تلقائياً على أفضل سعر، ويدير عملية الدفع تلقائياً حتى تتم عملية الشحن بالكامل. يعتمد نموذج عمل (business model) المشروع على الشراء لمرة واحدة للمكونات الذكية، ودفع رسوم المعاملات الصغيرة لعملية الشحن لاستعادة الاستثمارات وتحقيق الربح. يستفيد المشروع من موقع RWE (Innogy) الرائد كمزود لمحطات الشحن في أوروبا. دخلت هذه الخدمة سوق شحن السيارات الكهربائية مع حلول أخرى مقدمة من فريق البحث والتطوير الخاص بالشركة كأول مزود في السوق، وقد نجحت في تصدير تكنولوجيتها إلى مدن خارج ألمانيا بما في ذلك أمستردام بالتعاون مع شركات مثل ديملر ورينو/نيسان. اعتباراً من أغسطس 2016 تم تركيب أكثر من 1400 محطة شحن (Innogy) لشحن المركبات الكهربائية في جميع أنحاء أوروبا والولايات المتحدة.

وتوجد حالات استخدام مختلفة لـ بلوك تشين 1.0 في مراحل التنفيذ الأولى، يتكون أحد التطبيقات من عدادات ذكية مسبقة الدفع، لا تُصدر الطاقة إلا للعملاء السكنيين بمجرد قيامهم بتزويد حساباتهم وتحويل الأموال إلى مزود الكهرباء - وهو نوع من العقود الذكية المصغرة. يحقق هذا النظام فوائد للمورد من خلال زيادة انضباط مدفوعات عملائه، ولكن قد يكون له أيضاً مزايا

للمستهلكين المقيمين. فمثلاً في البلدان ذات معدلات التضخم المرتفعة، تؤدي المدفوعات إلى انخفاض النفقات بالنسبة لهم إذا كانوا قد دفعوا مقدماً، مما يحول دون أي تراكم الديون. إحدى الشركات الناشئة في جنوب أفريقيا تسمى بنكيمون (Bankymoon) والتي تستخدم أيضاً بيتكوين كعملة مشفرة لإجراء معاملات الدفع عن بُعد، وذلك باستخدام العدادات الذكية المتوافقة مع بيتكوين. على سبيل المثال في المدارس العامة المحرومة من النقد يمكن للجهات المانحة من البلدان الصناعية التي ترغب في دعم المدارس، إرسال الأموال المشفرة مباشرة إلى جهاز عداد قياس ذكي (Smart Meter) في مدرسة من اختيارهم، مما يتيح للمدارس تزويدها بالكهرباء تلقائياً. خلال منتدى كامبريدج لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في أوائل عام 2016 تم نقل بيتكوين واحد إلى مدرسة إيمانوي الابتدائية في سويتو جنوب أفريقيا، وهو ما يكفي لنحو ثلاثة أسابيع من إمدادات الكهرباء للمدرسة.

من الممكن أن تعمل بلوك تشين كمنصة لخدمات وتفاعلات أكثر تعقيداً. على سبيل المثال تمكن TransActive Grid - التي تتخذ من الولايات المتحدة مقراً لها - أعضائها من تبادل الطاقة باستخدام العقود الذكية عبر بلوك تشين. وتم إطلاق أول صفقة منذ ثلاثة أعوام، حيث تم ربط خمسة منازل تنتج الطاقة من خلال الطاقة الشمسية في أحد جانبي أحد الشوارع في بروكلين مع خمسة مستهلكين على الجانب الآخر من الشارع ممن يرغبون في شراء الطاقة الزائدة من جيرانهم. كذلك شركة إلكترون البريطانية الناشئة تهدف حالياً إلى خلق سوق طاقة مرنة رقمي (digitized) للأنظمة الصغيرة الموزعة يعتمد على تقنيات البلوك تشين لتحقيق التشغيل الأمثل للشبكة.

وتتعاون شركة سيمنز مع شركة LO3 على مشروع بشبكة بروكلين لتطبيق نظام لمراقبة وتحليل البيانات، والتنبؤ بصفقات البيع عبر الشبكات الصغيرة جداً (microgrids)، للتنبؤ بشكل أفضل للطلب والاستجابة والتسعير لعدد من الساعات المقبلة مع تحقيق موثوقية أعلى، وتحفيز الطلب على مشروعات الطاقة المتجددة الصغيرة أخذاً في الاعتبار سعة الشبكة ووضع السوق.

ومثال آخر هو مجموعة SP وشركة EWF واللذان طورتا منصة بلوك تشين لتجارة شهادات الطاقة المتجددة تشجع تبادل الخصائص الخضراء لإنتاج الطاقة عبر الدول والحدود وتنفيذ عملية التحقق دون الحاجة لجهة إدارية مركزية مكلفة، وبشكل يحقق تناغم القواعد والإجراءات المطبقة لتجارة الشهادات، ويعزز التواصل بين البائعين والمشتريين لتلك الشهادات. ونموذج آخر هو شركة غاز وكهرباء الباسيفيك PG&E الأمريكية والتي تطور حالياً تطبيق بلوك تشين لخدمة شحن السيارات الكهربائية من خلال مصادر الطاقة المتجددة، وتجارة خفض الانبعاثات نتيجة الشحن عبر أسواق الكربون القائمة. وتتوقع الشركة أن يكون التطبيق تجارياً بالكامل في غضون خمس سنوات، كما تطور ذات الشركة تطبيق بلوك تشين لإدارة أصولها.

ويعد التمويل التشاركي أحد المجالات الواعدة لتطبيقات البلوك تشين، فعلى سبيل المثال فإن شركة WePower طورت منصة لمطوري المشروعات لتدبير التمويل من خلال بيع جزء من الإنتاج المستقبلي للمشروع للمستهلكين أو المستثمرين مقدماً من خلال عقود ذكية تعرف كميات الطاقة على أنها حصص من رأس المال بين المستثمرين. وتقدم شركة باور لدر (Power Ledger) الأسترالية نموذجاً مشابهاً، يسمح ببيع فوائض الطاقة المتجددة المنتجة محلياً في أسواق موزعة بشكل تراكمي ومجمع إلى المستهلكين مباشرة على نحو مشابه لما تفعله مثلاً شركة أوبر في مجال النقل التشاركي.

الانتقادات والتحديات

بالرغم من المستقبل الواعد لتكنولوجيا البلوك تشين، إلا أنه توجد العديد من الانتقادات لهذه التكنولوجيا نلخص بعضاً منها. تطبيق بلوك تشين مع عملة بيتكوين يحظى بشعبية كبيرة، ومع ذلك لا يمكنها معالجة سوى حوالي سبعة معاملات في الثانية، بينما يمكن للخوادم الخاصة بشركة فيزا التعامل مع حوالي 24000 معاملة في الثانية. يصبح من الصعب تخيل الاستخدام العملي لبلوك تشين مع مسألة قابلية التوسع في العرض. تحتاج كل عقدة مشاركة إلى التحقق من الصفقة والموافقة عليها، وبالتالي يمكن أن يستغرق تبادل بيتكوين واحد ما يصل إلى عدة ساعات. من الصعوبات الأخرى، أنه من غير الممكن تعديل أو استرجاع تحويل تم التحقق منه وبناء الكتلة الخاصة به في حالة وجود خطأ بشري أثناء إجراء المعاملة.

تمثل الأنظمة التنظيمية والقانونية في المجال المالي تحدياً لتطبيق بلوك تشين، منها مدى إلزامية العقود الإلكترونية الذكية، وكذلك حمايات حيث سيتعين على تطبيقات بلوك تشين تيسير عملية تحديد الجاني في حالة حدوث عملية احتيال. لذلك يجب وضع الجوانب التنظيمية والقانونية لتكنولوجيا بلوك تشين أولاً لتسهيل اعتمادها على نطاق واسع.

حيث أنه يتم تخزين قواعد بيانات بلوك تشين إلى أجل غير مسمى على جميع عقد الشبكة، فإن مسألة تخزين الكتل مع ازدياد عدد المعاملات تمثل تحدياً، لأن حجم قاعدة البيانات سوف يتوسع فقط، كما أن التكنولوجيا ما زالت كثيفة الاستهلاك للطاقة بشكل كبير، ولكن هناك تكنولوجيات بديلة لا تعتمد على فكرة التحقق المستمر (التعدين mining) التي تستهلك طاقة كبيرة مثل الإثريوم والهايبيرلدر وغيرها.

بدائل البلوك تشين

بالرغم من الزخم المصاحب لتكنولوجيا البلوك تشين، إلا أنه توجد تكنولوجيات أخرى بديلة واعدة للتحديات الحالية والمستقبلية لمشاكل الشبكات وتكاملها مع الطاقة المتجددة، ومن التكنولوجيات الواعدة تكنولوجيا شبكة فارداي (Faraday Grid) وهي بنية نظامية تضم سلاسل داخلية خاصة كبديل للبلوك تشين، ويمكنها توفير الطاقة من أي مكان لأي شخص عبر الشبكة. إنها منصة مشتركة يمكنها تمكين مجموعة واسعة من التقنيات والحلول للاتصال والمعاملات. تتكون شبكة فاردادي من أجهزة توصيل وتشغيل مباشر (plug and play) تدعى مبادلات فاردادي تعمل بشكل ديناميكي على تحقيق التوازن بين الطاقة وسلسلة التدفق عبر نظام الطاقة، توفر تحكماً محلياً لا مركزياً في عوامل الطاقة والفولتية في وقت واحد في فترات زمنية قصيرة جداً، بالإضافة إلى القدرة على تشكيل أساس نظام تحكم واتصالات لامركزي، ولديها القدرة على التواصل مع المولدات والمستهلكين كجزء لا يتجزأ من خدمات الشبكة الكهربائية ومتكامل معها، ليس فقط من خلال برامج حاسب، ولكن من خلال أجهزة ومعدات فعلية إلى جانب البرامج تشكل منصة داخلية. وتهدف إلى معالجة بعض التحديات للشبكات الحديثة، مع التركيز بشكل خاص على حل مشكلات التغير الخاصة بالطاقة الجديدة بطريقة فعالة اقتصادياً، وكذلك تمكين التقنيات الأخرى التي يمكن أن تساعد في التعامل مع التغيرات والاختلالات المحلية وغيرها من المشكلات.

ختاماً.. إن تطبيقات تكنولوجيا البلوك تشين وبدائلها تعد بمستقبل يكون فيه المستهلك أكثر تفاعلاً، وتشجع على تحوله من مستهلك ومستقبل للخدمة إلى منتج وبائع للطاقة في ذات الوقت، أو ما يسمى عالمياً $Producer + Consumer = Prosumer$ ذو مسؤولية أكبر نحو التوسع في الطاقات الخضراء وخفض الانبعاثات، لا نعرف على وجه اليقين التكنولوجيات التي ستسيطر على السوق، ولكن علينا أن نعمل جاهدين على متابعة وتقييم التقنيات الجديدة وتحديد المناسب منها، بل - وكما نأمل - أن نشارك في تطويرها، ووضع قواعد أسواقها المستقبلية التي بدأت تتشكل حقيقة!.

صندوق معلوماتي

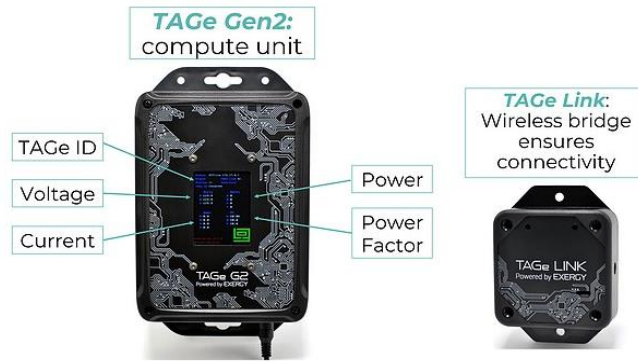
شبكة بروكلين المصغرة

هي عبارة عن شبكة من سكان بلدة بروكلين الأمريكية وأصحاب الأعمال الذين يدعمون الطاقة الشمسية المحلية، والذين يريدون أن يكونوا رواد في تغيير كيفية شراء الطاقة وبيعها. تربط الشبكة الأشخاص في بروكلين الذين يمتلكون خلايا شمسية (المنتجون/المستهلكين) بأشخاص يرغبون في شراء الطاقة الشمسية المحلية (المستهلكين). ويمكن للمشاركين الوصول إلى سوق الطاقة المحلي

من خلال تطبيق الجوال (Brooklyn Microgrid)، ويمكن للأشخاص اختيار شراء الطاقة الشمسية المحلية والطاقة المتجددة في الولاية و/أو طاقة الشبكة. يبيع المستهلكون - المنتجون الطاقة الشمسية الزائدة في السوق للمستهلكين للمزايدة عليها. ويستطيع المنتجون بيع طاقتهم الزائدة في السوق بمجرد تثبيت نظام العدادات الذكية في شبكة بروكلين المصغرة الذي يجمع بيانات الطاقة ويسجلها لاستخدامها في أسواق الطاقة (أنظر شكل 5). يستخدم المستهلكون تطبيق الهاتف المحمول لتحديد مصادر الطاقة الخاصة بهم، وتحديد ميزانيتهم اليومية لشراء الطاقة المحلية، وتحديد سعر المزايدة لشراء الطاقة المحلية في السوق. يمكن للمستهلكين اختيار ما إذا كانوا يرغبون في بيع طاقتهم الشمسية الزائدة إلى السوق، أو الاستمرار في نظام القياس الصافي مع شركة الكهرباء.

يمكن مشاهدة عرض مرئي لاستخدام التطبيق الخاص بشبكة بروكلين المصغرة خلال هذا الرابط

<https://www.brooklyn.energy/support>



شكل (5) نظام العدادات الذكية في شبكة بروكلين المصغرة.

والرابط التالي خاص بالتطبيق

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lo3.bmg&hl=en>

الجلسة الرابعة

مستقبل الطاقة المتجددة عالمياً وإقليمياً

IRENA Innovation Landscape for the Power Sector Transformation

Zoheir Hamedi

International Renewable Energy Agency (IRENA)

zhamedi@irena.org

- Zoheir Hamedi is the MENA Programme Officer at THE International Renewable Energy Agency (IRENA).
- Previous professional experiences included: Assistant-Professor at Qatar University, teaching energy policy courses in the Public Policy programme of the university; Researcher at the Arab Center for Research and Policy Studies, Doha Institute, Qatar; Senior Executive at the Algerian National Oil Company, SONATRACH, in the Planning, Strategy and Economics Department (SPE); and Climate Security and Energy Affairs Officer at the British Embassy in Algiers.
- He graduated with a BA in Political Science and Economics from the American University in Cairo, with a focus on Middle East politics and international relations; and an MA in International Relations from Nantes University in France, with a focus on NATO security strategy in the Mediterranean basin from 1949 to 2000; and a PhD from Durham University in the UK: a future study focusing on the political economy of energy transitions in the GCC countries.

Abstract

This presentation is a summarized overview of the main technological innovations that will play a major role in the ongoing energy transition in the power generation sector. It maps the relevant innovations, identifies the synergies and formulates solutions for integrating high shares of variable renewable energy (VRE) into power systems. In this regard, it illustrates the need for synergies among different innovations to create actual solutions. Solutions to drive the uptake of solar and wind power span four broad dimensions of innovation: enabling technologies, business models, market design and system operation.

منظور ابتكاري للهيئة الدولية للطاقة المتجددة حول التحول في قطاع الطاقة

يقدم هذا العرض لمحة موجزة عن الابتكارات التكنولوجية الرئيسية التي ستلعب دوراً رئيسياً في التحول المستمر للطاقة في قطاع توليد الطاقة الكهربائية، حيث يشير إلى الابتكارات ذات الصلة، ويحدد أوجه الاتفاق والانسجام بينها، ويضع الحلول الملائمة لدمج نصيب أكبر من الطاقة المتجددة المتغيرة (VRE) في أنظمة الطاقة. وفي هذا الصدد، يوضح الحاجة إلى التكامل بين الابتكارات المختلفة لإيجاد حلول فعلية، تهدف إلى زيادة الاعتماد على الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح من خلال أربعة أبعاد رئيسية للابتكار: التكنولوجيات التمكينية، ونماذج الأعمال، وتصميم السوق، وتشغيل النظام.

IRENA at a Glance

Mandate

To promote the widespread adoption and sustainable use of **all forms of renewable energy** worldwide

- Intergovernmental Organization (IGO)
- Established in 2011.
- Headquarters in Masdar City, Abu Dhabi, UAE
- Country Support & Partnerships (CSP)
- Permanent Observer to the United Nations – New York, USA
- Director-General – Francesco la Camera

Membership

160 members + 23 in accession

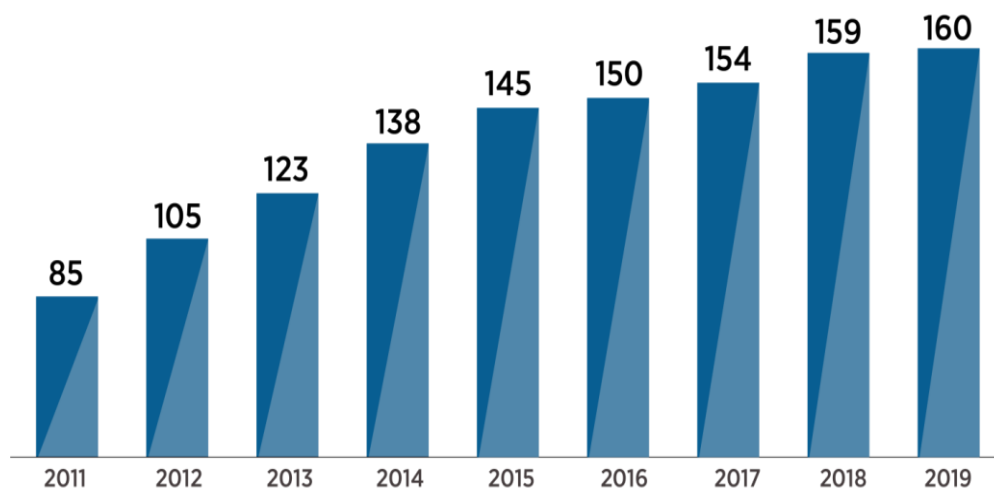


Figure (1).

IRENA's Report: "Innovation landscape for a renewable-powered future"

Ongoing Energy Transformation - drivers

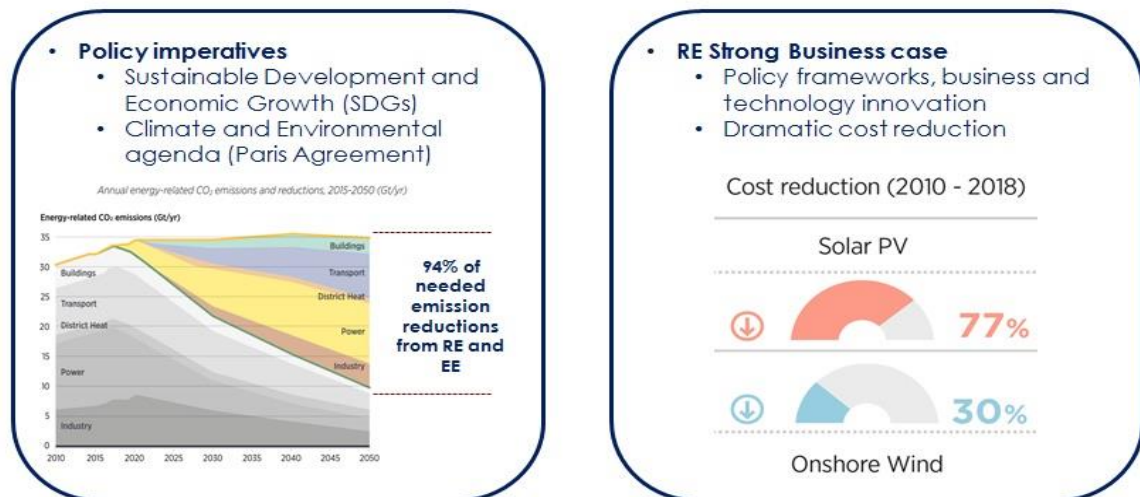


Figure (2).

Source: IRENA (2019), Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables.

Wind and PV at the core of the energy transition

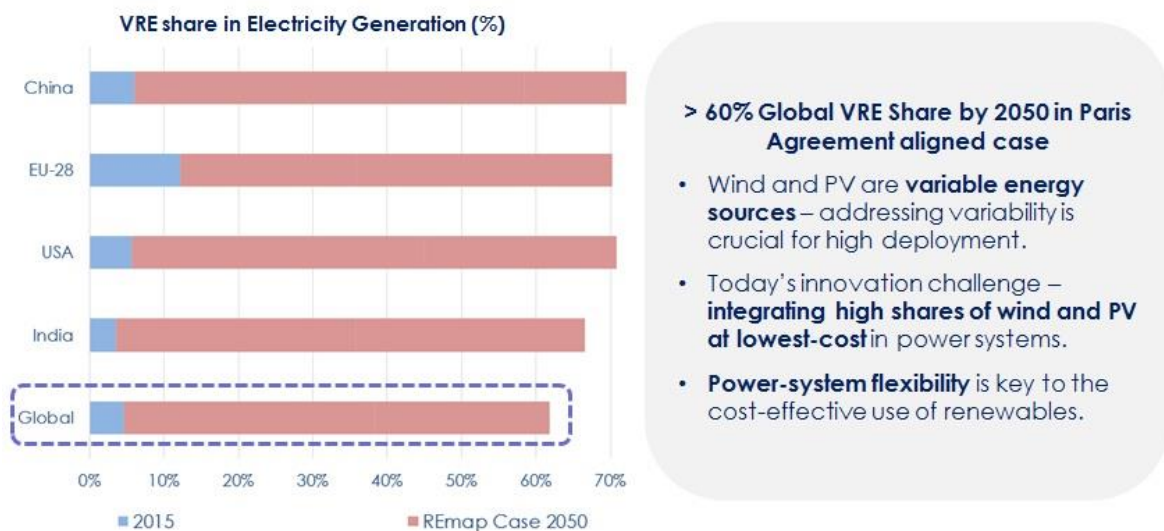


Figure (3).

Source: IRENA (2019), Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewable.

Innovative solutions to increase power systems flexibility propelled by three trends

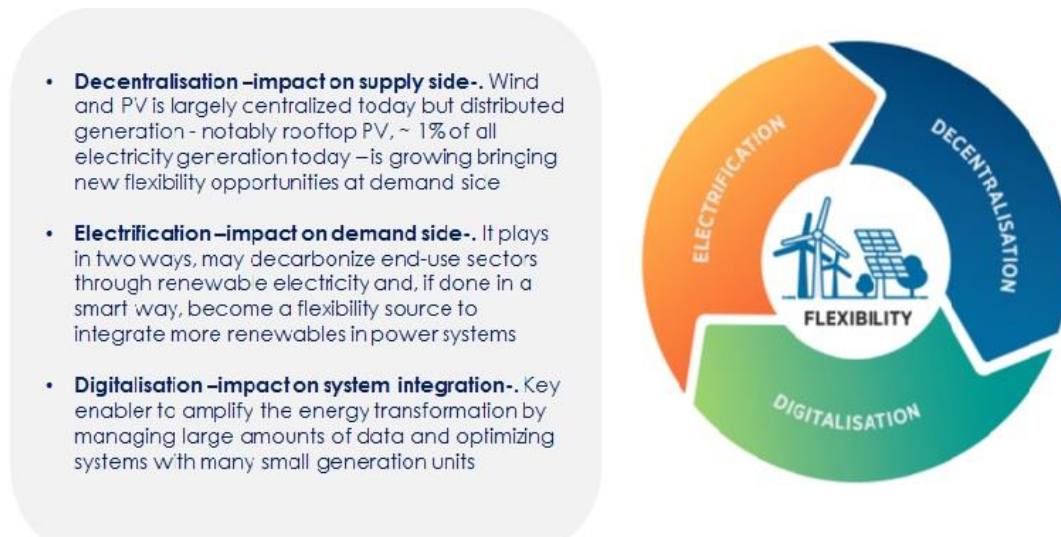


Figure (4).

Source: IRENA (2019), Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables.

Innovation unlocks flexibility across whole power system

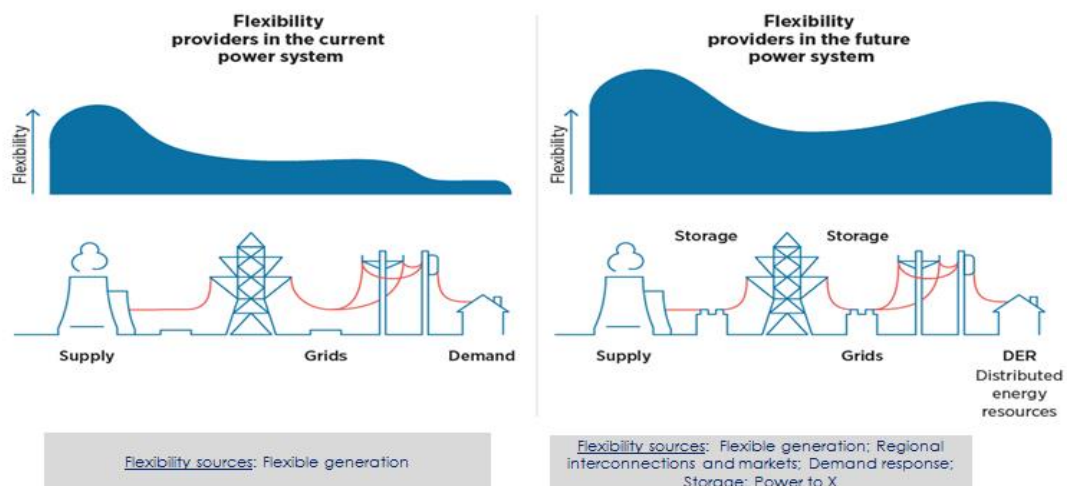


Figure (5).

Source: IRENA (2019), Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables.

Landscape of Innovation for Power Sector – 30 innovations in Four Dimensions

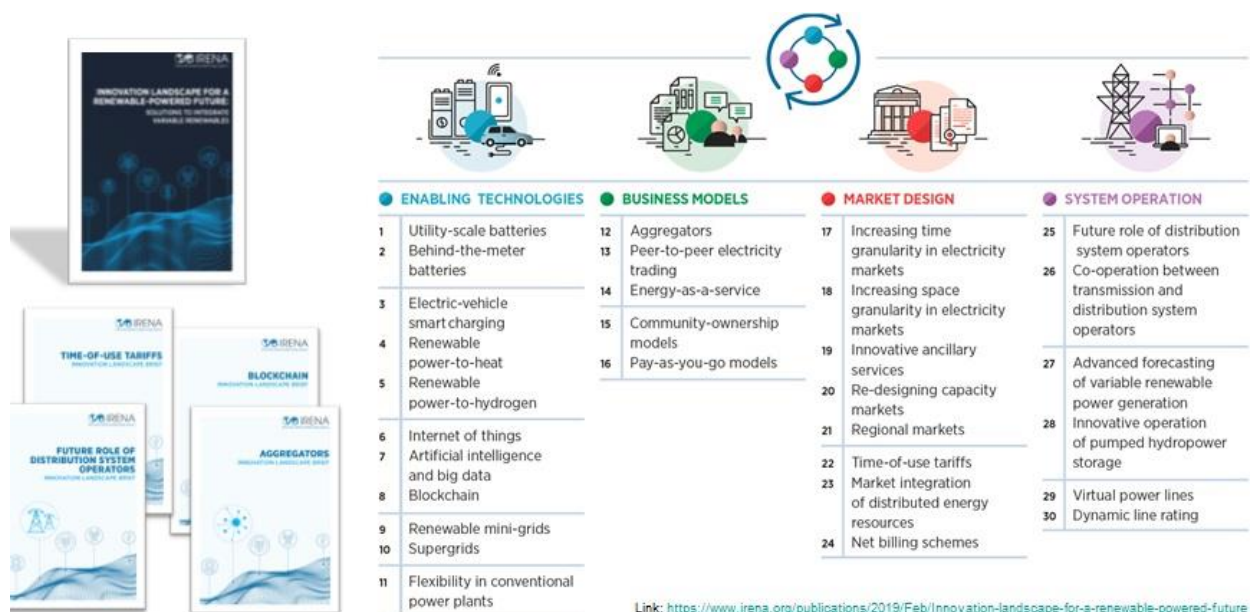
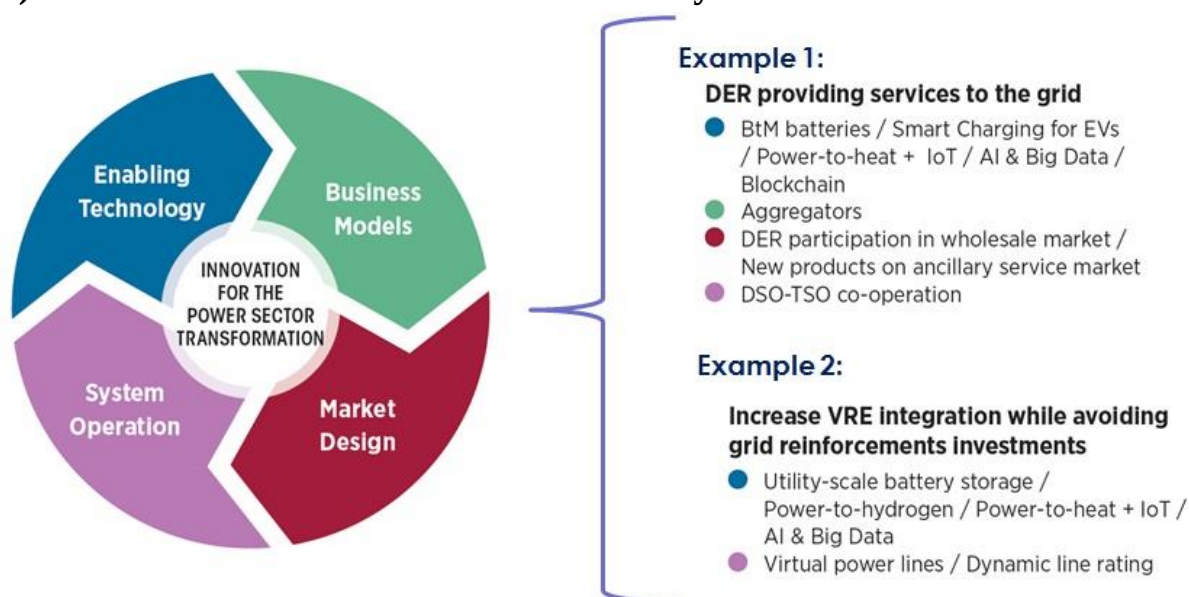


Figure (6).

1) Combine Innovations to Create Flexibility Solutions



Combining innovations into solutions – 11 solutions

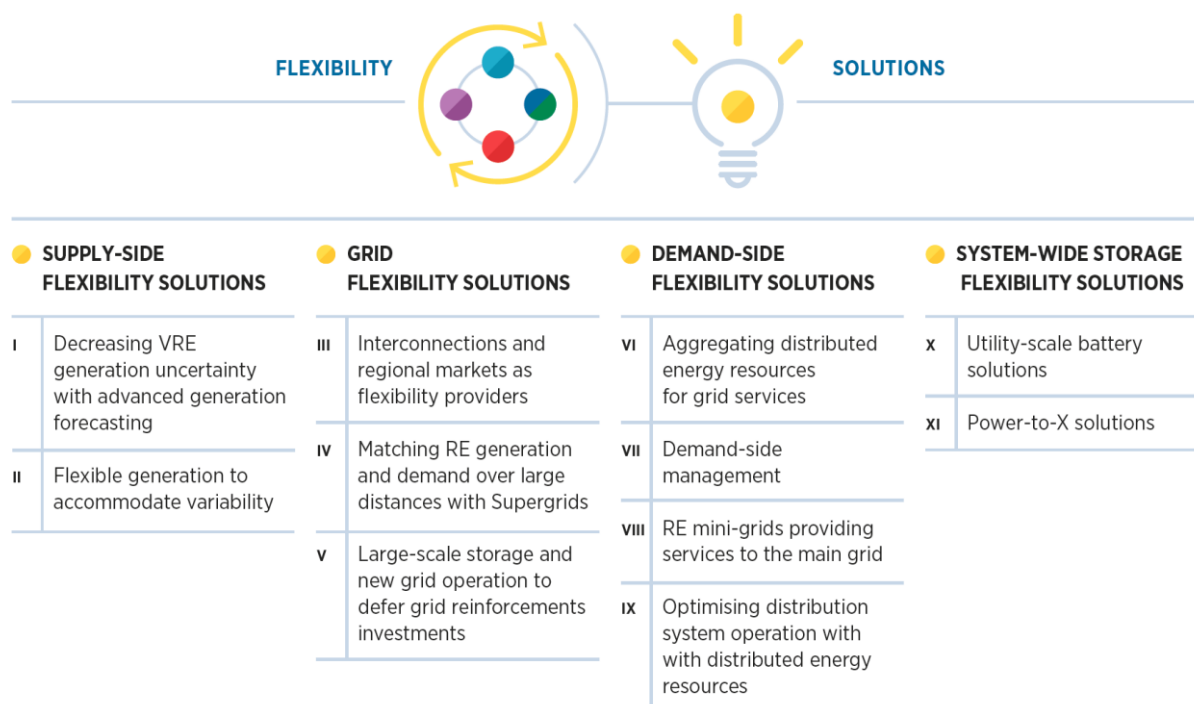


Figure (7).

Source: IRENA (2019), Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables.

2) Priority solutions based on country/system context

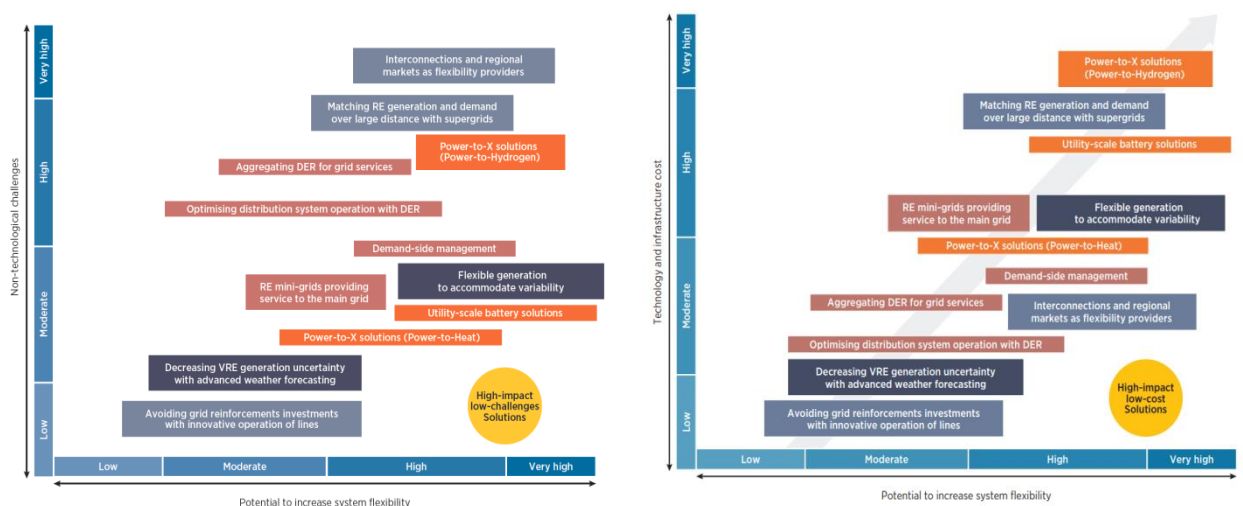


Figure (8).

Source: IRENA (2019), Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables.

Smart Charging for Electric Vehicles

Electrification of the transport sector

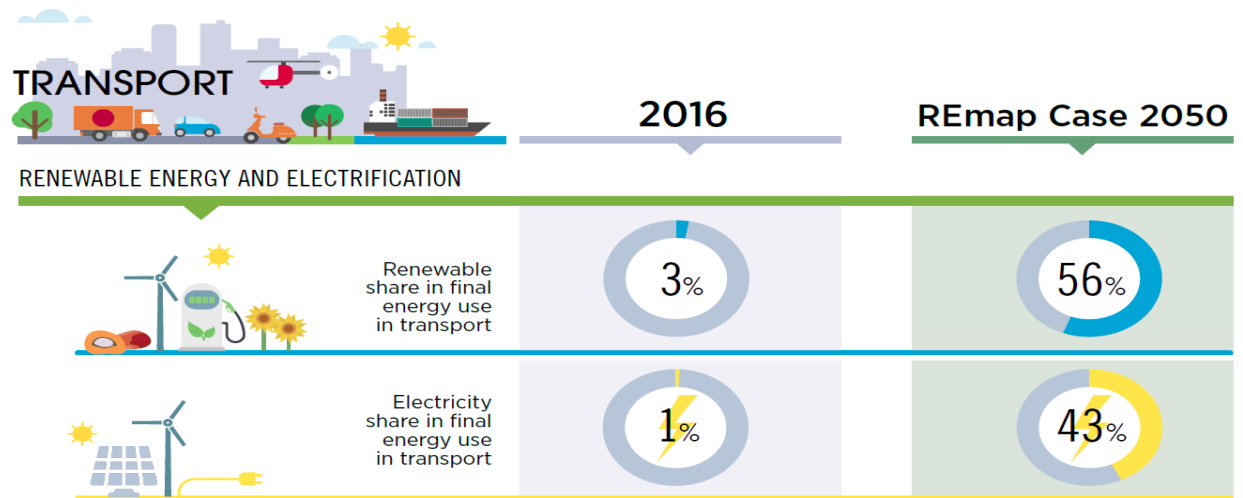


Figure (9).

Source: IRENA Global Energy Transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition)

Uptake of EVs - the battery bank of the future

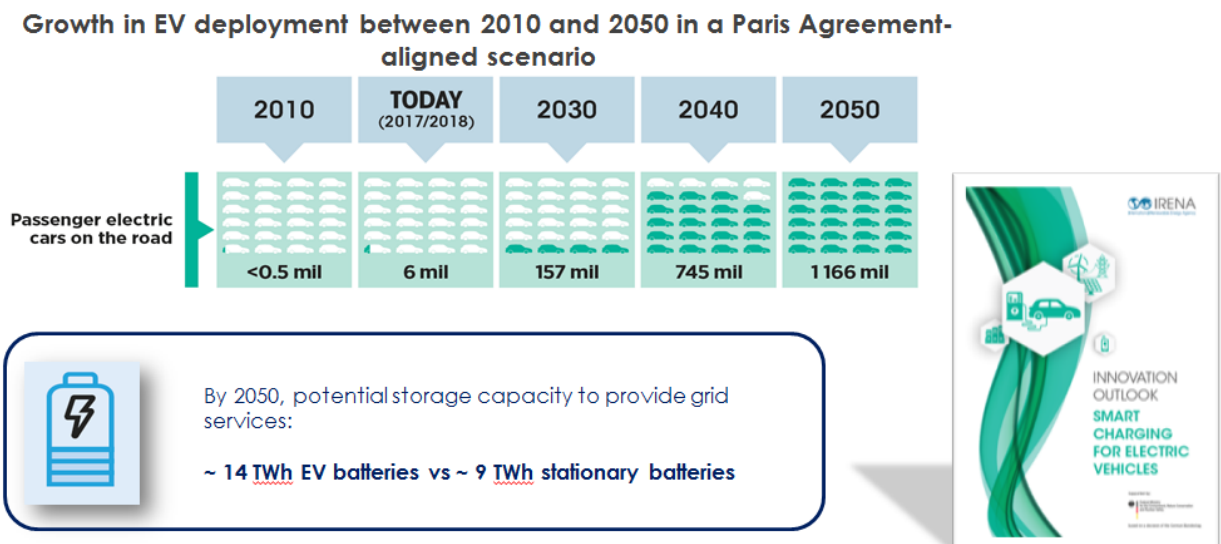


Figure (10).

Source: IRENA (2019) Innovation Outlook: Smart charging for Electric Vehicles.

Innovations to integrate solar PV and Wind – EVs smart charging is one of those

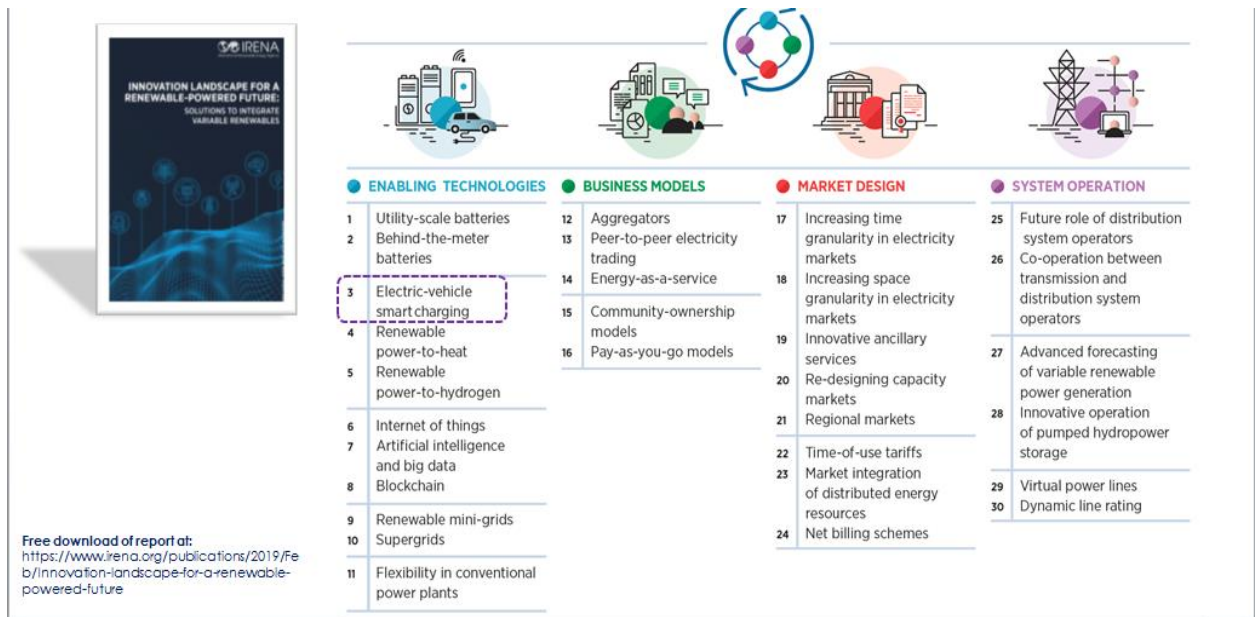


Figure (11).

EV smart charging

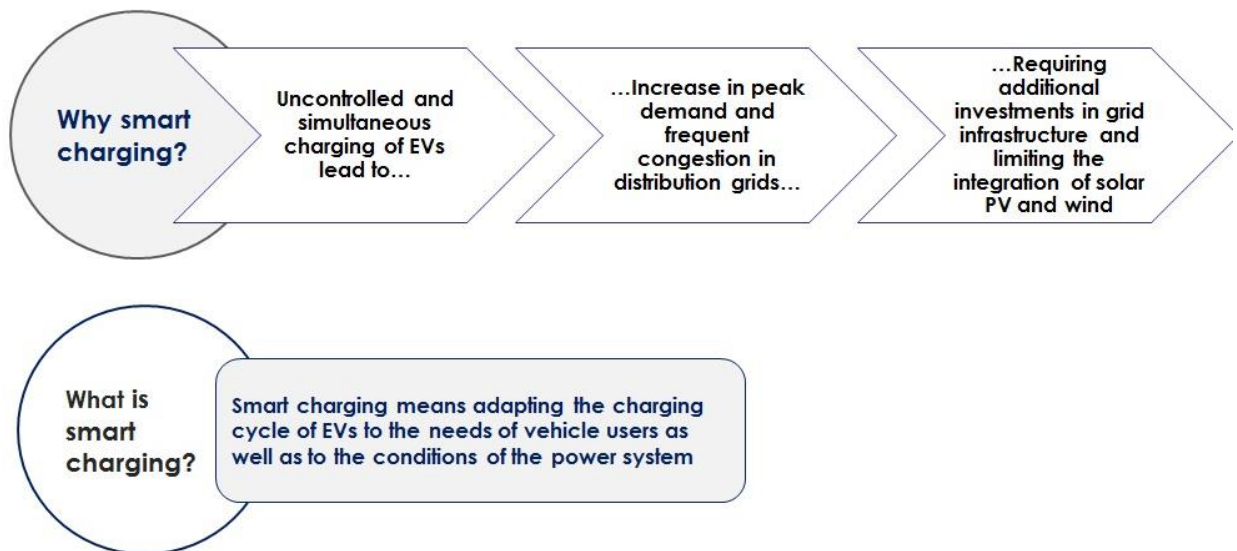


Figure (12).

Source: IRENA (2019) Innovation Outlook: Smart charging for Electric Vehicles.

Smart charging makes EVs a source of flexibility for power systems- facilitating integration of VRE

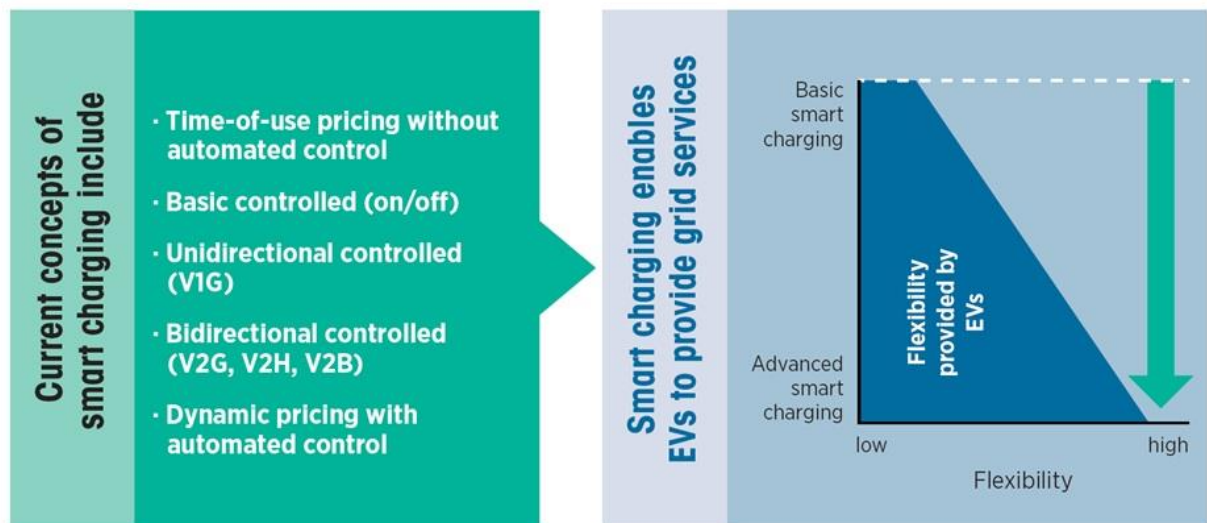


Figure (13).

Source: IRENA (2019) Innovation Outlook: Smart charging for Electric Vehicles.

Impact of smart charging on grid infrastructure

Case study: EVs impact on Hamburg's distribution grid

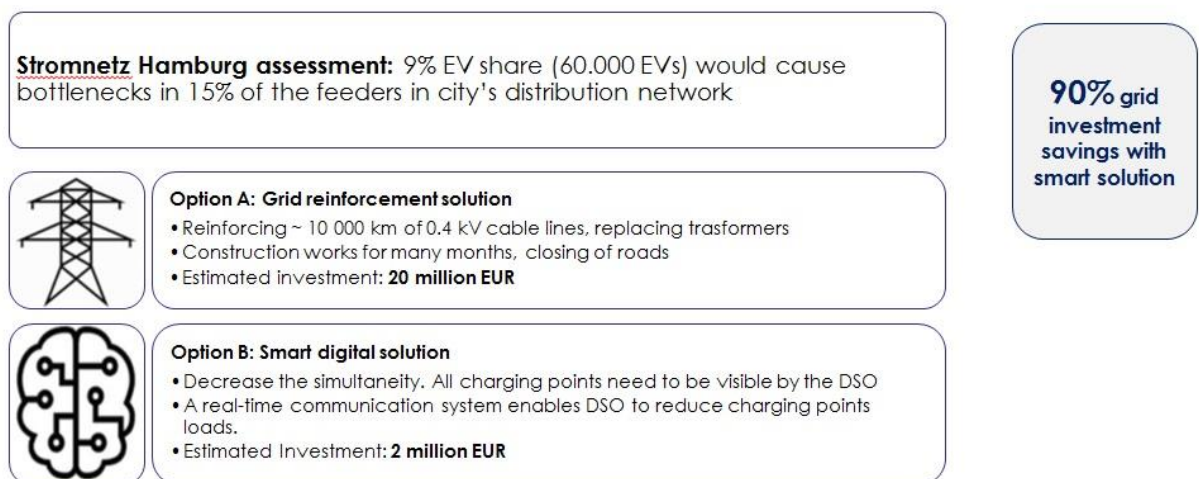


Figure (14).

Source: IRENA (2019) Innovation Outlook: Smart charging for Electric Vehicles.

Flexibility services to be provided by EVs – innovation in business models and regulation

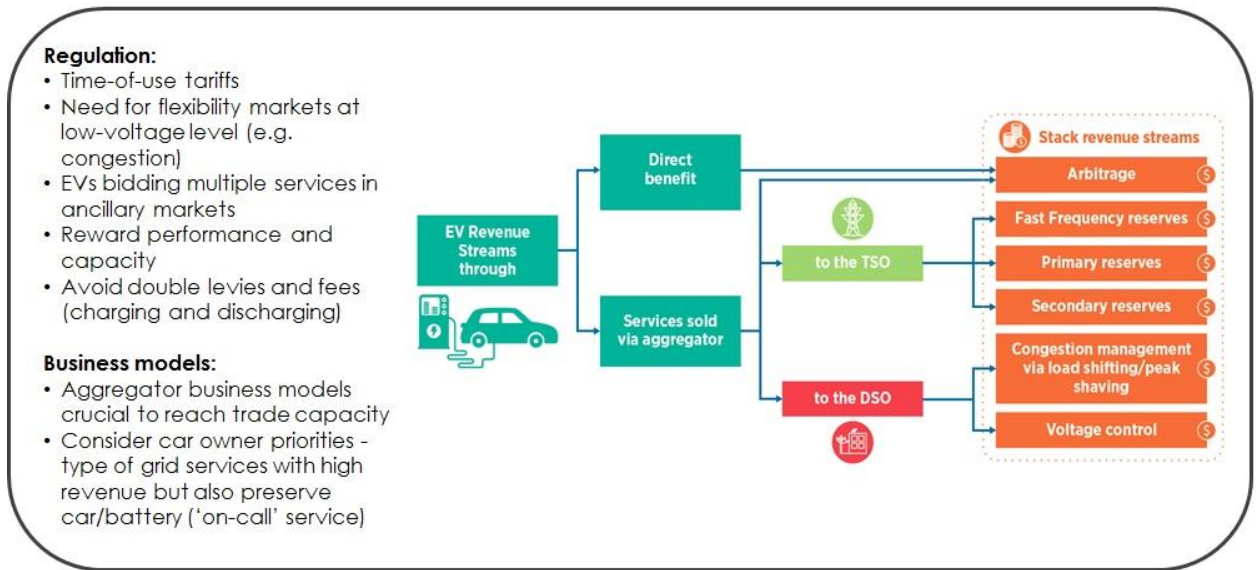


Figure (15).

Source: IRENA (2019) Innovation Outlook: Smart charging for Electric Vehicles.

IRENA's Innovation Brief

“Blockchain”

Role of digitalisation in integrating a high-share of variable renewable electricity

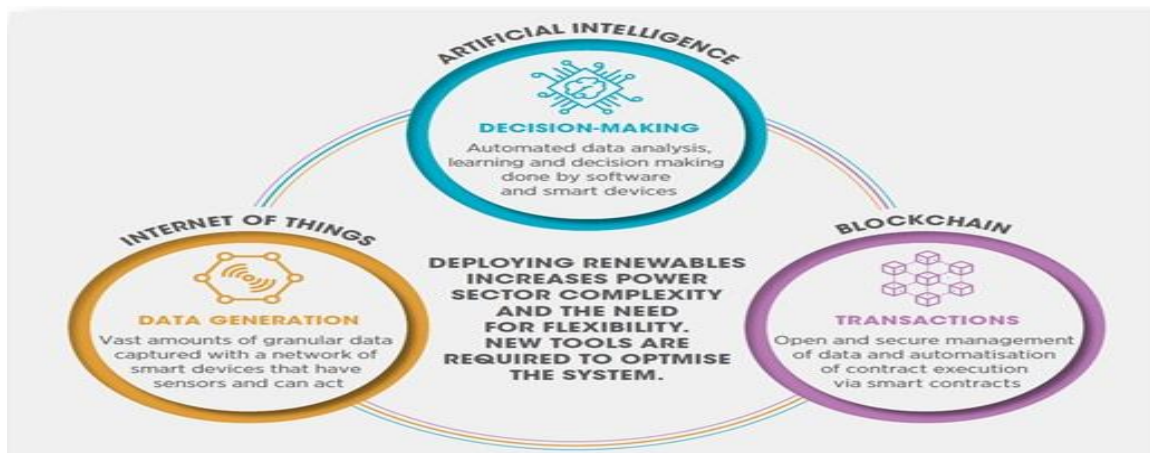
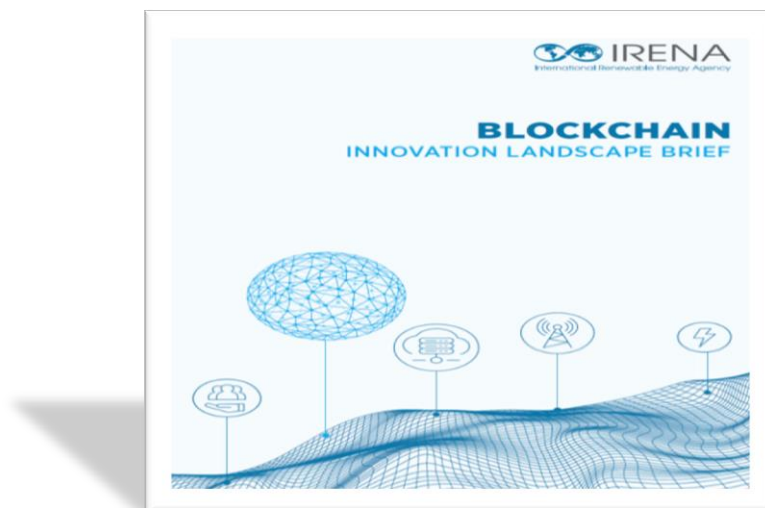


Figure (16).

Source: IIRENA (2019), Innovation landscape brief: Artificial intelligence and big data, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Blockchain – Innovation Brief and Innovation Week 2018

- Blockchain is a tool that can be used to accelerate the energy transition and is not a goal in itself. Increasing complexity requires newer, smarter tools.
- Blockchain has a strong business case in decentralised systems, not suitable for all applications. When does it make sense to use blockchain (?)
- Blockchain has the potential to create new markets/value based on ‘Data Economy’ [value from data-based services instead of kWh].
- Challenges remain in asset registration and integration, interoperability and scalability.



<https://innovationweek.irena.org/>

Blockchain Investment (EU vs ROW)

- **1bn invested** in Energy (71 companies), Logistics (34), IoT (24), Mobility (19), and Agriculture & Food (10) between 2017 and mid-2018
- **723m in funding is centered in Europe**
- Blockchain investment in energy sector expected to cross **\$5.8 billion by 2025**

As of mid-2018

Source: Cleantech Group



Figure (17).

Current uses of blockchain in the power sector

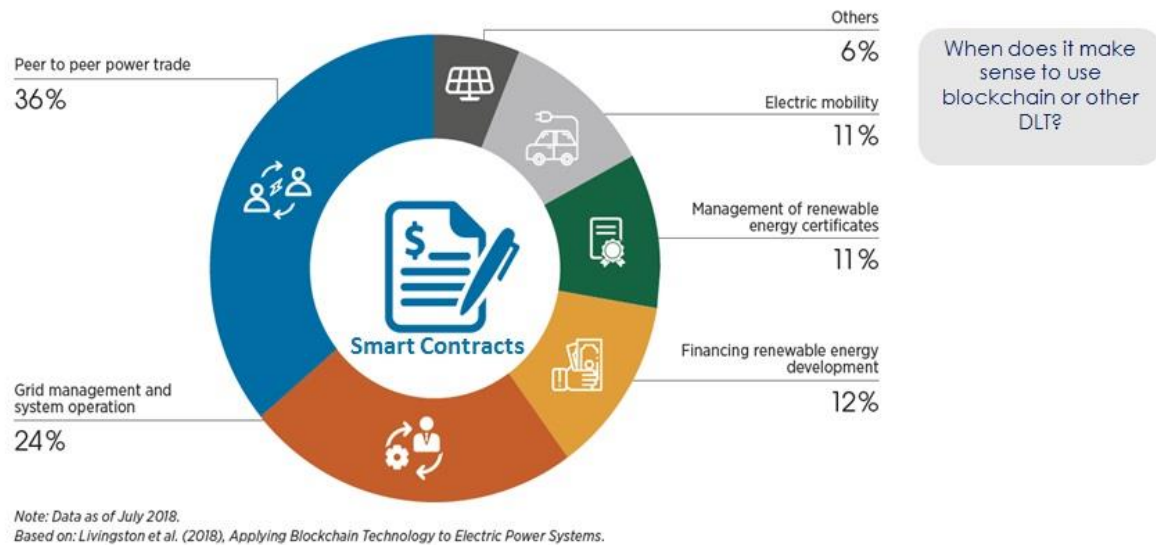


Figure (18).

Source: IRENA (2019) Blockchain: Innovation Landscape Brief.

Smart contracts vs traditional contracts

- Smart contracts are powerful tools which may prove useful in codifying agreements and automating simple, executable contracts between parties in a decentralised, trustless system. However...
- Current contracts in the energy sector are not capable of specifying a response for every future contingency. DLT does not solve this problem.
 - This difficulty in developing complete contracts account for a large portion of transaction costs.
 - An efficient way of dealing with these costs is centralisation, as opposed to decentralisation.
- Question: can DLT change the nature of transactions, thereby reducing costs?
 - Automating and encoding contractual responses as “smart contracts” will not make the associated contingencies easier to foresee, they simply make foreseen transactions easier to automate. Coding errors can also have dire consequences.

- While smart contracts continue to develop and become increasingly complex, they may not fundamentally change the elementary purpose of a contract: to deal with conflict.
- A powerful governance structure may be needed for dispute resolution.

Regulations in the EU

Regulation is essential in enabling and steering large-scale blockchain applications

- As set out in its “Digital Single Market” policy strategy, the European Commission aims to develop a common approach to the development of blockchain for the EU.
- EU Blockchain Observatory and Forum launched Feb 2018.
 - EU Observatory seeks to highlight key blockchain related developments, promote European blockchain-related activity, and improve European engagement with stakeholders that are involved in blockchain-related activities.
- April 10, 2018, 22 European countries signed a “Declaration on the establishment of a European Blockchain Partnership.
 - Intended to encourage member states to exchange technical and regulatory experience with blockchain technologies and to prepare for the launch of EU-wide blockchain applications.
- In total, the European Commission has provided €83 million in funding for blockchain-related projects and could commit up to an additional €340 million from 2018 to 2020.

Regulations and government buy-in (Singapore, ROK)

• Singapore

- Singapore Power Group launched a blockchain-powered marketplace for RECs in October 2018. Claimed as world's first blockchain-powered marketplace in REC.

- Onboarding consumers from Nov. 2018, the Open Electricity Market (started by the Energy Market Authority) allows consumers to buy electricity from any provider. Electrify is building a decentralized marketplace for energy using blockchain.
- In Dec 2018, Enterprise Singapore (a government agency set up to develop the startup ecosystem) announced they are supporting a new blockchain accelerator program called Tribe Accelerator.

• Republic of Korea

- South Korea's government will spend \$3.5 million) to set up a blockchain-enabled virtual power plant (VPP) in the city of Busan (Korea's second-largest city 3.5M).
- In Nov. 2018, KEPCO, Korea's largest power provider announced it will use blockchain and other innovative energy solutions to develop its next-generation micro grid (MG), also for H2 production.
- In June 2018, a South Korean governmental agency — the Industry-SW ICT Convergence Association (WICA) — also revealed plans to establish a blockchain center in Busan modeled on Switzerland's Crypto Valley.

Key Factors to Enable Deployment

Demonstration projects and Regulatory sandboxes to better understand:

Improving performance and scalability	Unveil benefits for regulators and other actors	Power consumption	Needed infrastructure and standards	Cybersecurity and data privacy
• Increase number of TPS. From 10 - 30 to 65 000 TPS. Sidechains (Interoperability) • From proof of work to proof of stake or authority	• Regulator with access to real-time data of all participants strengthen data analytics • Simplify interaction between regulator and regulated entities (e.g. DSO)	• Bitcoin 300 kWh per transaction, 2018 3.4 GW (proof of work) • Proof of authority or proof of stake (Ethereum is shifting)	• Advanced metering infrastructure • Interoperability based on harmonized standards and protocols	• Blockchain increases data security, buy any vulnerable point (?) • Data management, analytics and PRIVACY

Figure (19).

Source: IRENA (2019) Blockchain: Innovation Landscape Brief.

What to expect in 2019

- More industry players than ever will enter the market.
- Blockchain attracts a new wave of energy sector investment.
- Major, large-scale pilots bring blockchain closer to true commercial deployment.
 - Belgian TSO Elia using blockchain for demand response, EWF Affiliate and Netherlands grid operator Stedin's unique layered energy system model for community-based energy trading, and the aforementioned Iberdrola-FlexiDAO collaboration on renewable energy solutions).
- Using blockchain technology to facilitate EV charging events will receive major focus and attention.
- M&A heats up as the nascent market starts to mature.
 - Pretenders will disappear while utilities and grid operators adopt viable, mature solutions.

European Union – open questions on blockchain for a low-carbon electricity sector

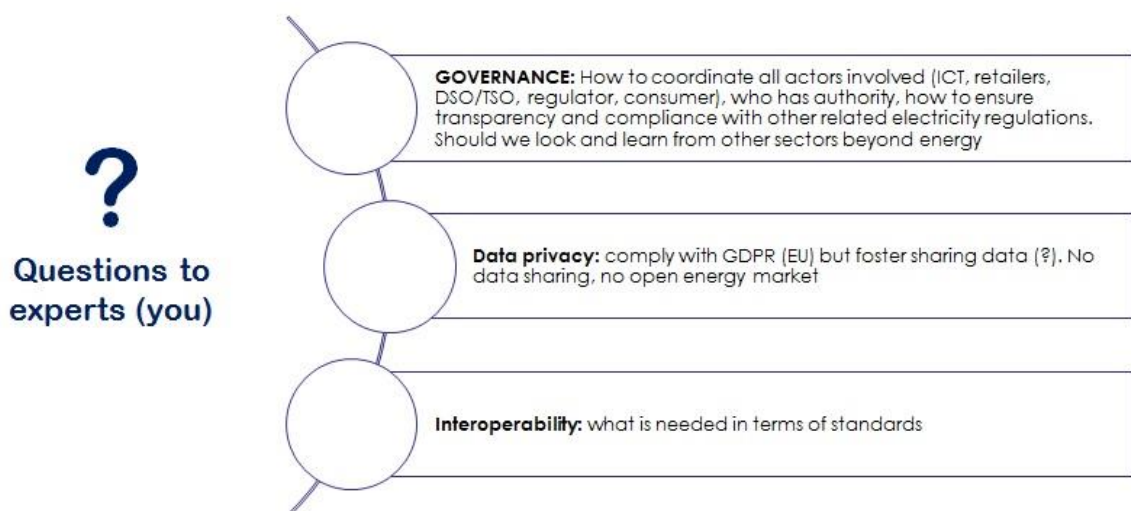


Figure (20).

Distributed Energy Resources

Types of distributed energy resources

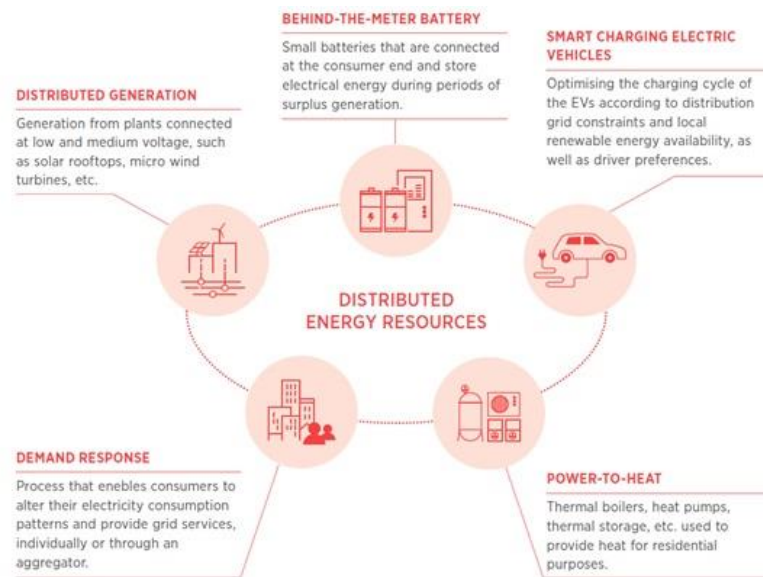


Figure (21).

Source: IRENA (2019), Innovation landscape brief: Market integration of distributed energy resources, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Benefits of market integration of distributed energy resources

Key Factors To Enable Deployment

- Expanding the role of distribution system operators.
- Enhanced co-ordination between distribution system operators and transmission system operators.
- Aggregators, a key enabler of distributed energy resource participation in the market.
- Deployment of advanced metering infrastructure and communication protocols.

- Better generation forecasting.

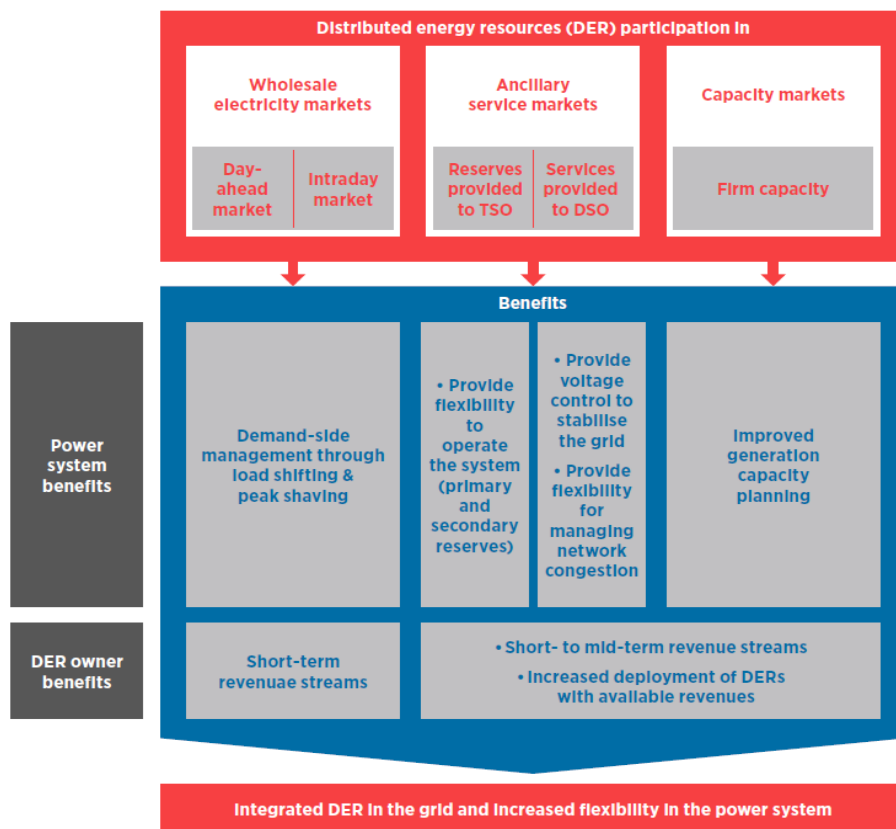


Figure (22).

Source: IRENA (2019), Innovation landscape brief: Market integration of distributed energy resources, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

The Water-Energy Nexus: an Integrated Approach for Sustainable Development Planning in the Arab Region

Mongi Bida

Energy Section - Climate Change and Natural Resources Sustainability Cluster
United Nations Economic and Social Commission for Western Asia

bida@un.org

- Mr. Mongi is a first economic Affairs Officer, UN-ESCWA.
- He joined the UN Economic and Social Commission for Western Asia (UN-ESCWA) since 2011 (Energy Section / Sustainable Development Policies Division-SDPD). He works on sustainable energy issues and policies, particularly energy efficiency, renewable energy, energy access and energy security.
- He joined UN-ESCWA after over twenty years of experience, as a Senior Expert and Professional Engineer, in the fields of sustainable energy and mechanical engineering design.
- He was involved in the development of many EE & RE policies and programs for Tunisia and conducted the design and commissioning of building HVAC & mechanical systems for several dozens of building construction and retrofit projects.
- During his previous assignments, he held the following positions: Head of CEESEN consulting firm (1996-2011), Chief of Mechanical Systems Engineering Section in a large Consultancy firm (1992-95), Project Director / adviser for the VITA-USAID Djibouti Energy Initiatives Project (1989-91), Senior Energy Analyst with W.S. FLEMING & ASSOCIATES - Albany, NY- USA (1988-89).

Abstract

For Energy and water are strongly linked. Energy is used to extract groundwater, to power desalination plants, to treat, pump and distribute water and at the end of cycle to collect wastewater and operate its treatment plants. Water is essential for fossil fuel extraction, production and processing, for energy production in hydropower plants and in thermal power plants and renewable energy production.

Arab countries face immense challenges in both the water and energy sectors with growing populations and mounting environmental pressures such as droughts, desertification, pollution and climate change. These challenges call for a sustainable development path that requires a systematic, comprehensive and integrated Water-Energy Nexus approach.

The understanding of the dynamics of the water and energy sectors in the Arab region is essential for developing effective strategies for the sustainable use of these resources to support sustainable development patterns in the region.

The United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA), as part of efforts to help member countries achieve an integrated approach to the

Sustainable Development Goals (SDGs), has developed various instruments and tools to build the capacity of Member countries to examine and address the water and energy nexus in an integrated approach for sustainable development planning. Some of these tools will be introduced in this presentation.

الترايط بين الطاقة والمياه، نهج متكامل لتخطيط التنمية المستدامة في المنطقة العربية

تعد العلاقة بين الطاقة والمياه علاقة وثيقة، حيث تستخدم الطاقة لاستخراج المياه الجوفية، وتشغيل محطات تحلية المياه، ومعالجة وضخ وتوزيع المياه، وفي نهاية الدورة لجمع مياه الصرف الصحي وتشغيل محطات المعالجة الخاصة بها. وتعتبر المياه ضرورية لاستخراج وإنتاج ومعالجة الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة في محطات الطاقة الكهرومائية وفي محطات الطاقة الحرارية وإنتاج الطاقة المتجددة.

وتواجه الدول العربية تحديات هائلة في كل من قطاعي المياه والطاقة مع تزايد عدد السكان وتزايد الضغوط البيئية مثل الجفاف والتصحر والتلوث وتغير المناخ، مما يستدعي الحاجة إلى تبني مسار التنمية المستدامة الذي يتطلب نهجاً منظماً وشاملاً ومتكاملاً للطاقة المائية. لذا، فإن فهم ديناميات قطاعي المياه والطاقة في المنطقة العربية أمر أساسي لتطوير استراتيجيات فعالة للاستخدام المستدام لهذه الموارد لدعم أنماط التنمية المستدامة في المنطقة.

وفي هذا الإطار، قامت لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، كجزء من الجهود المبذولة لمساعدة البلدان الأعضاء على تحقيق نهج متكامل لأهداف التنمية المستدامة (SDGs)، بوضع أدوات وآليات مختلفة لبناء قدرات البلدان الأعضاء على دراسة ومعالجة العلاقة بين المياه والطاقة في نهج متكامل لتخطيط التنمية المستدامة. وهذا هو ما تتناوله الورقة المقدمة في هذا المؤتمر.

Sustainable Development Goals (SDGs)



Figure (1): Sustainable Development Goals (Agenda 2030)

Sustainable Development Goals (Agenda 2030):The Vision



Figure (2).

The 2030 Agenda for Sustainable Development clearly states that the SDGs are integrated and indivisible. (in the preamble and in paras. 5, 18, 55 and 71 of the Declaration).

Sustainable Development Goals (SDGs): The Nexus Vision of the Agenda 2030

“Inter linkages and integrated nature of the Sustainable Development Goals is of crucial importance in ensuring that the purpose of the new agenda is realized”.

United Nations, Transforming Our World: The 2030 Agenda For Sustainable Development Outcome Document of the United Nations Summit for the Adoption of the Post-2015 Development Agenda September 2015.

Nexus Approach to Sustainable Development Goals

- **Nexus approach:** is a systems-based approach that aims to reduce trade-offs and build synergies across sectors by considering interactions and dependencies between sectors at all stages.
- **Nexus approach to SDGs** would identify potential tradeoffs and synergies among Goals and Targets →Consider systemic not only sectoral progress.

(In contrast with Sectoral approach: Independent management of sectors with minimal considerations for interactions and interdependencies → Independent approach to each sector).

Preliminary Core Linkages of S DG7 (Affordable and Clean Energy) with other SDGs

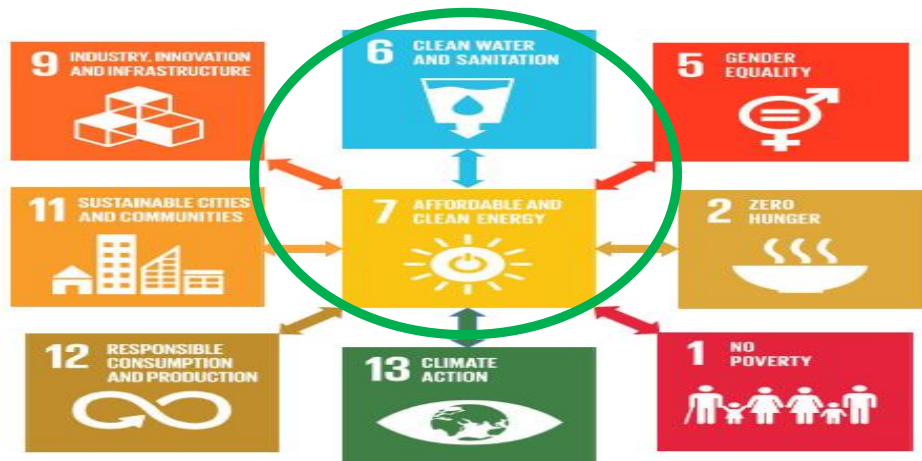


Figure (3).

Preliminary Core Linkages of SDG6 (Clean Water and Sanitation) with other SDGs



Figure (4).

Aspects of the Water-Energy Nexus in the Arab Region

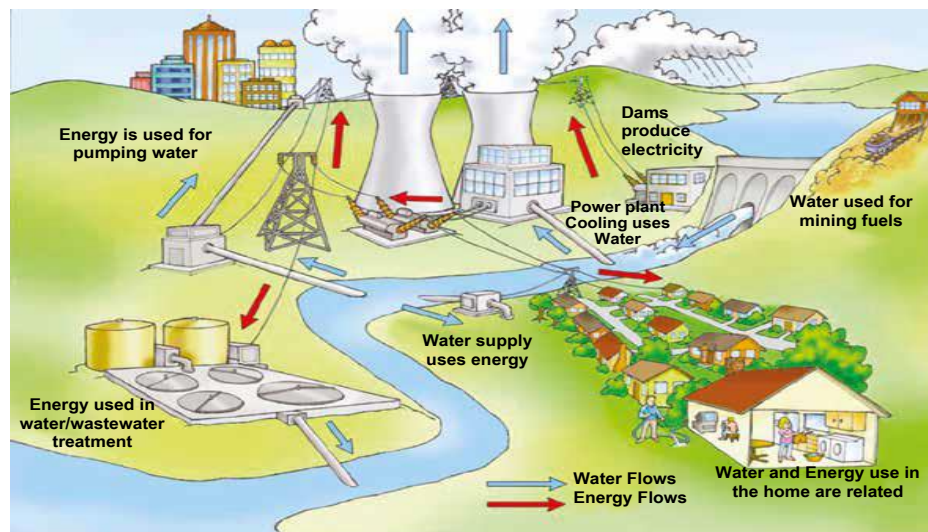


Figure (5): Examples of water and energy interlink ages Source: United States Department of Energy, 2006.

Energy for Water

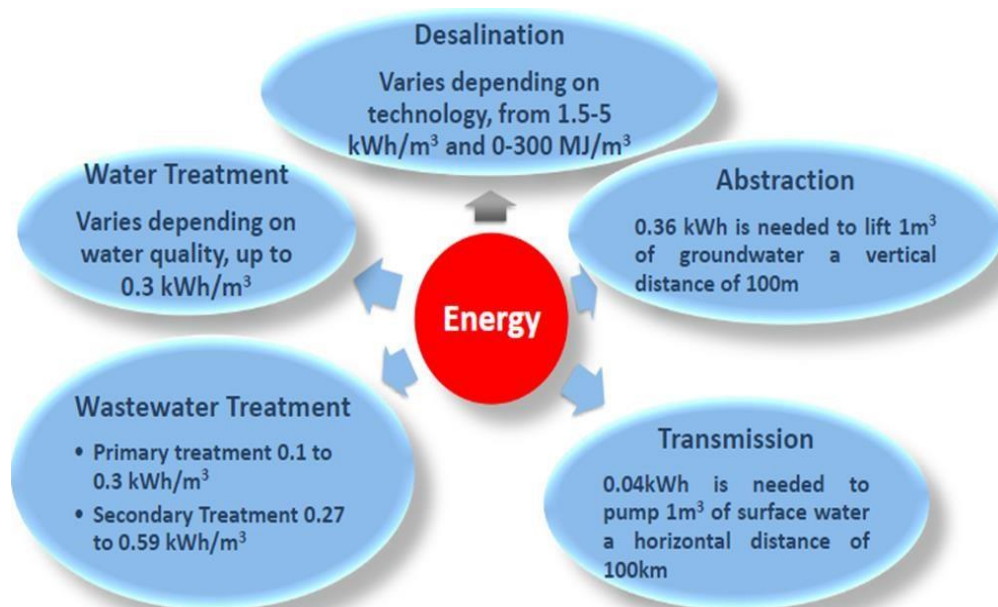


Figure (6).

Energy Demand for Water in the Arab Region

- Bahrain: 30% of total energy use is for desalination
- Jordan: Water sector accounts for ~15% of total annual electricity generated
- Libya: Groundwater pumping accounts for 14% of total fuel consumption
- Saudi Arabia: Groundwater pumping accounts for 10% of total fuel consumption

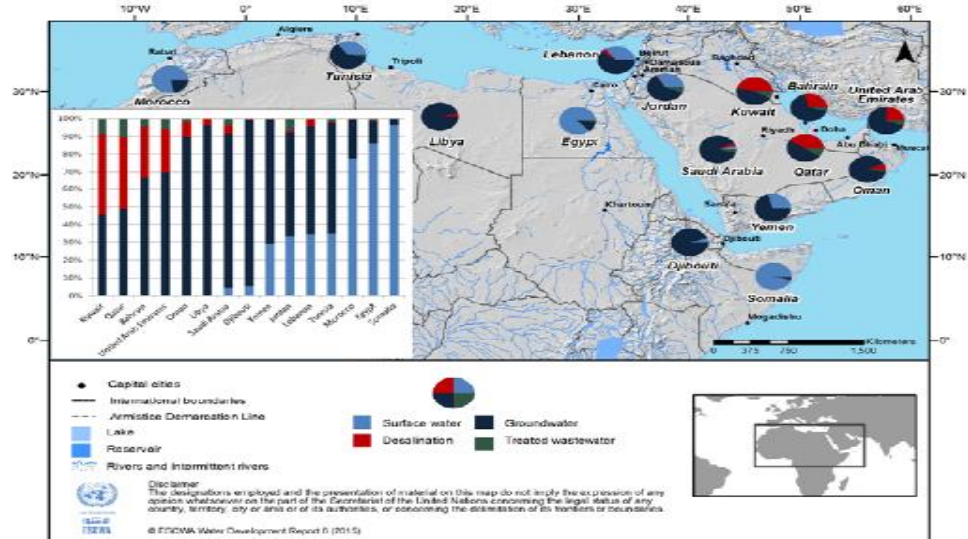


Figure (7).

Water resources by source and uses in the Arab region

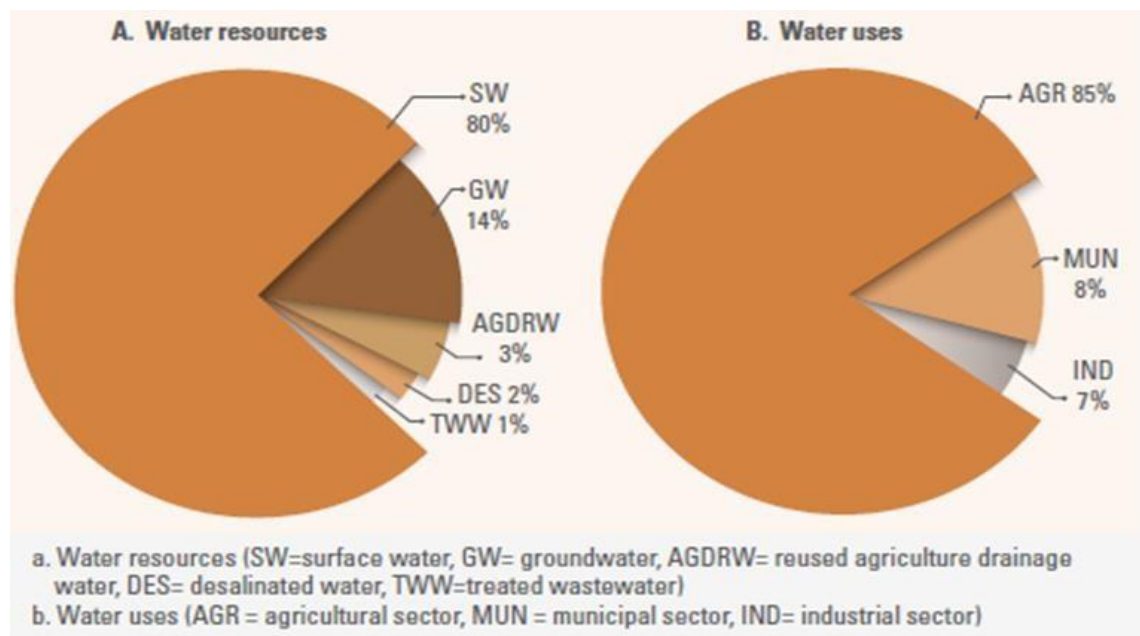


Figure (8).

Source: AFED, 2015.

Water for Energy: Extraction / Production of different fuel types

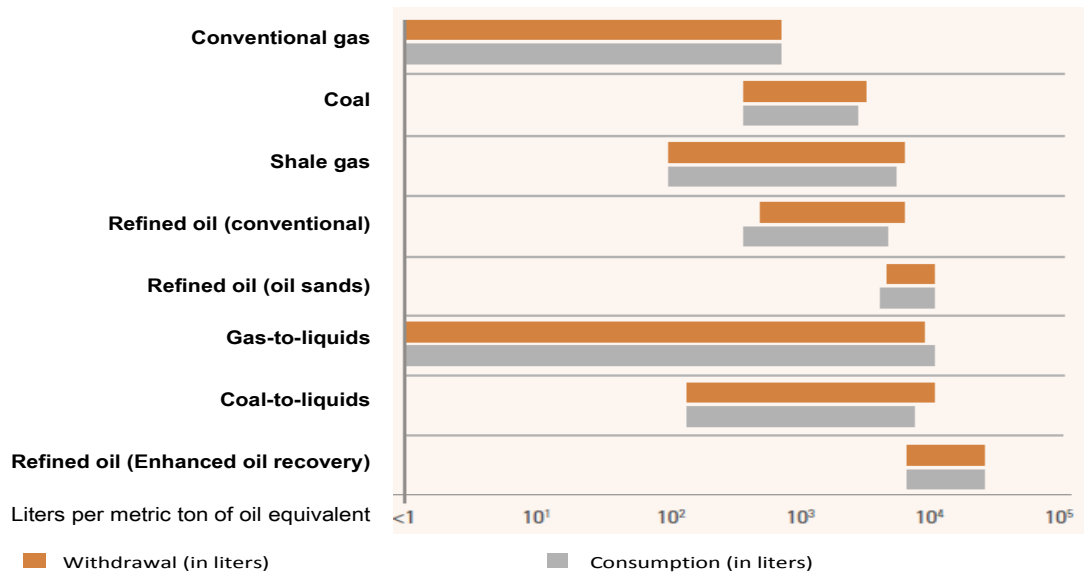


Figure (9).

Source: World Bank, 2016.

Water for Energy: Water use for different power generation technologies

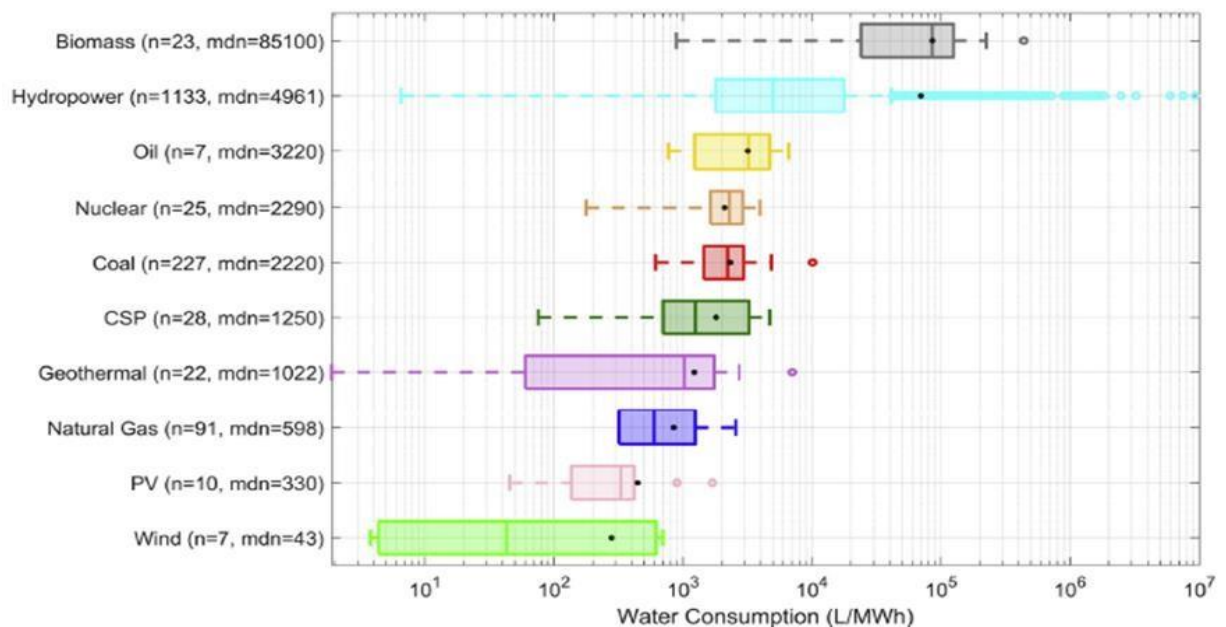


Figure (10): Water for Energy: Water use for different power generation technologies

Source: Yi Jina & al., Renewable and Sustainable Energy Reviews 115 (2019).

Challenges associated with Water and Energy in the Arab region: Risk of unmet water demand

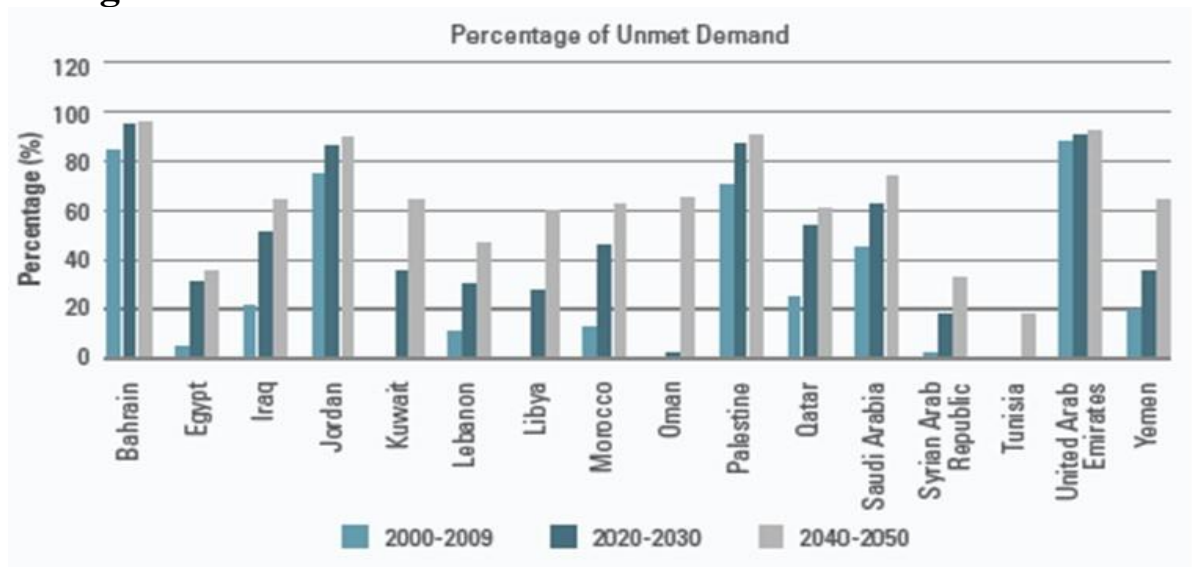


Figure (11):

Source: ESCWA Water-Energy Nexus Operational Toolkit-Resource Efficiency Module (Created based on data from Immerzeel et al., 2011).

Challenges associated with Water and Energy in the Arab region: Increased need for desalination

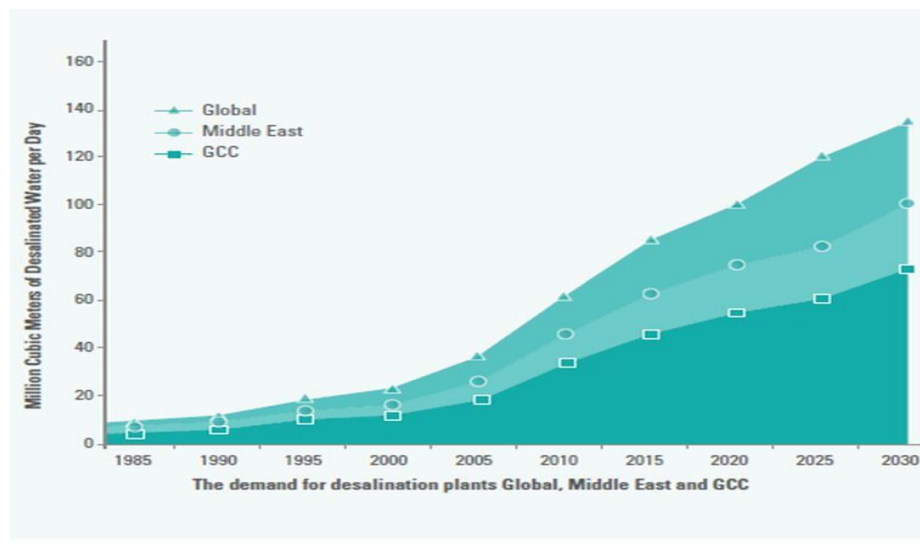


Figure (12): Demand for desalination plants in the world and the Middle East

Source: Darwish and Mohtar, 2012.

Challenges associated with Water and Energy in the Arab region: Lack of energy productivity

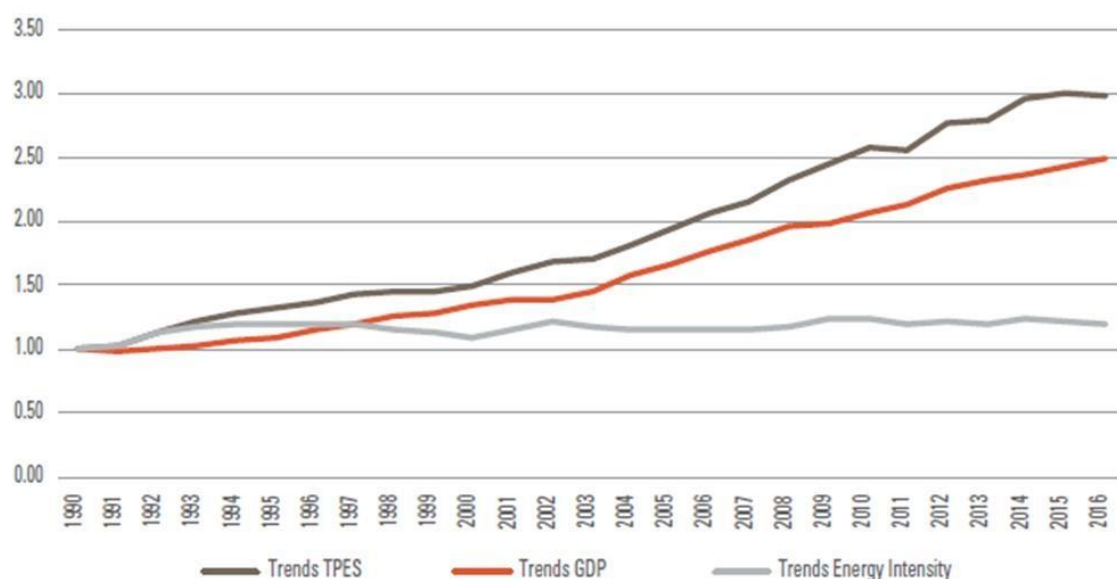


Figure (13): Trends in TPES, GDP and energy intensity – Arab countries.

Source: Tracking SDG 7: Energy Progress Report 2019 - Arab Region, ESCWA 2019.

Challenges associated with Natural resource management in the Arab region

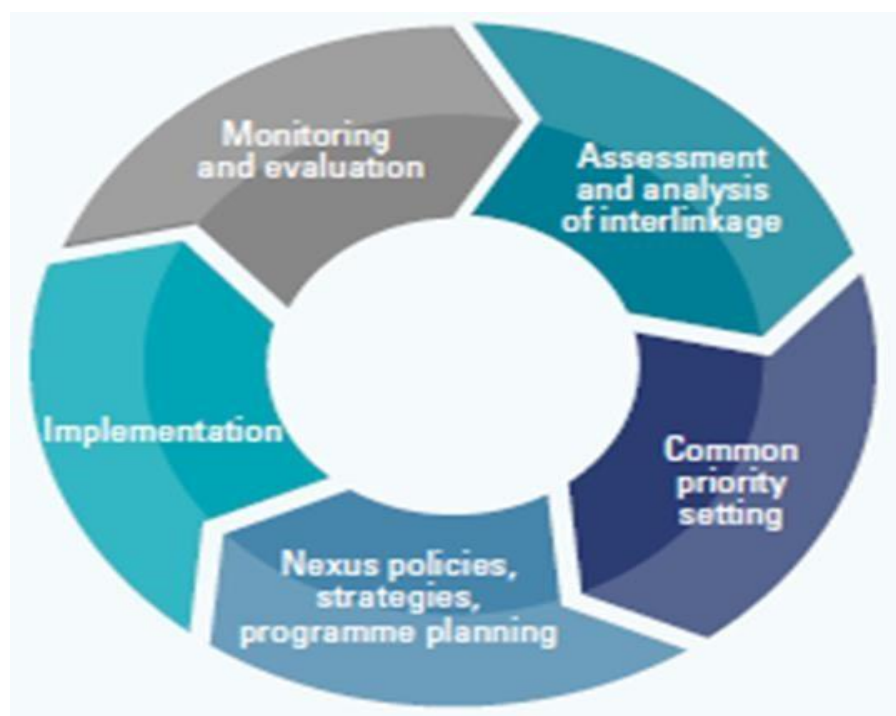
- Natural resources, including fossil fuels, are unequally distributed in the Arab region, as are income levels and associated levels of socioeconomic development
- Energy consumption is rising fast in Arab economies, a trend that challenges the region's traditional energy policy.
- The Arab region's growing energy needs are affecting other factors essential for long-term socioeconomic development, in particular water and food security.
- The Arab region is one of the regions of the world most vulnerable to climate change.
- The Arab region's growing rates of urbanization are feeding into the growing importance of integrated policies that manage natural resources more sustainably.

The Water-Energy Nexus Approach



Figure (14): Elaborating a Water-Energy nexus within the context of sustainable development.

Nexus framework must be integrated in all stages of the sectoral programming process



Figure

Analysis of available information → common priority setting for the sectors involved → policies, strategies and programme planning and design → implementation → monitoring and evaluation → more data that may restart the process.

(15):

Nexus approach when selecting a particular technology for the water and energy sectors

The suitability and sustainability of a technology for the water and energy sectors should be assessed holistically, taking into account:

- Primary resource requirements of water, energy and land;
- Economic and financial aspects;
- Environmental impacts to land, water and atmosphere;
- Human resources needed to develop and maintain technologies;
- Technical suitability to local conditions and robustness;
- Social and cultural suitability to local practices.

The nexus approach implies water and energy efficiency across sectors

In a nexus approach, water and energy efficiency should be pursued across sectors during production, use and beyond, allowing to:

- Conserve resources;
- Reduce production and operating costs;
- Sustain energy supply;
- Improve product quality;
- Protect the environment;
- Improve safety and productivity.

Success conditions for the nexus approach

For a nexus approach to succeed, it has to: a. Adopt a participatory approach;

- Build understanding of the links between the sectors;
- Bridge the planning and operational divide between sectors;
- Facilitate a unified and coherent agenda at least at the level of sustainable development;
- Exhibit strong commitment to the nexus paradigm at practice level.

Extending the Water – Energy nexus to include Food security within the context of sustainable development



Figure (16).

Some ESCWA Activities related to the Nexus

Defining regional priority areas for the Nexus

In order to initiate intersectoral and intergovernmental dialogue on the nexus in the region, ESCWA organized an intergovernmental consultative meeting in June 2012.

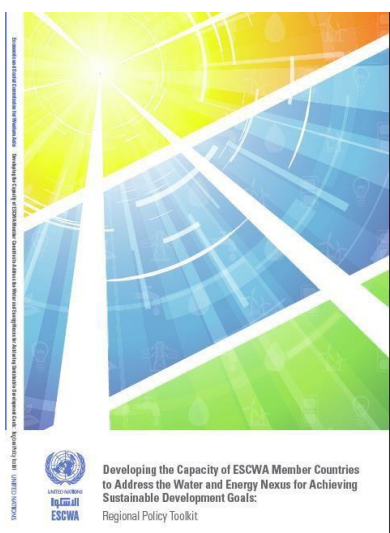
- Participants included members of the ESCWA Energy Committee and the ESCWA Committee on Water Resources
- The meeting resulted in the identification of seven priority areas:
 - Knowledge and awareness raising on the nexus
 - Policy coherence
 - Examining the water-energy security nexus
 - Improving efficiency
 - Informing technology choices
 - Promoting renewable energy
 - Addressing climate change and natural disasters

Developing the capacity of ESCWA Member Countries to address the Water-Energy Nexus for achieving SDGs

ESCWA implemented an UN-funded project on developing the capacity of ESCWA member countries to address the water energy nexus for achieving sustainable development goals. The project aimed to:

- Build the capacity of ministries and public service providers who are responsible for water and energy in the region, so that they adopt the nexus approach and address water and energy issues in an integrated manner
- Assist ESCWA member States in bringing the nexus approach to the sustainable development goals in the 2030 Agenda development framework
- The capacity building activities of the project pursued two complimentary target groups: *High level officials in Ministries and Public service providers.*
- The activities included the organization of workshops, the preparation of toolkits and the development of 3 pilot projects

Regional Policy toolkit



Module 1		Knowledge and awareness raising on the nexus
Module 2		Policy coherence
Module 3		Examining the water-energy security nexus
Module 4		Improving efficiency
Module 5		Informing technology choices
Module 6		Promoting renewable energy
Module 7		Addressing climate change and natural disasters

Developing the Capacity of ESCWA Member Countries to Address the Water and Energy Nexus for Achieving Sustainable Development Goals: Regional Policy Toolkit

Figure (17): The Regional Policy toolkit is composed of 7 modules corresponding to the priorities identified by ESCWA committee members.

<https://www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/publications/files/water-energy-nexus-regional-policy-toolkit-english.pdf>.

Operational manuals



Resource Efficiency Module
<https://www.unescwa.org/publications/water-energy-nexus-sustainable-development-goals>

Renewable Energy Module
<https://www.unescwa.org/publications/water-energy-nexus-renewable-energy>

Technology transfer Module
<https://www.unescwa.org/publications/water-energy-nexus-technology-transfer-module>

Figure (18).

UNDP Sustainable Energy and Climate Change Mitigation Initiatives

Dr. Mohamed Bayoumi

Environment Team Leader-UNDP Egypt

mohamed.bayoumi@undp.org

Dr. Mohamed Bayoumi has graduated as an Engineer from the Cairo University in Egypt and obtained his Masters and PhD in Environmental Engineering from University of Southampton in UK. He has more than 25 years of work experience in the area of development and environment focused on linkages between poverty alleviation with natural resources management and global environmental issues. He is currently working as the Assistant Resident Representative and Environment Team Leader in UNDP Egypt, overseeing a portfolio of diversified projects jointly implemented with the Government of Egypt in the areas of climate change mitigation and adaptation, water resources management, sustainable transport, energy efficiency, renewable energy, hazardous waste management, and conservation of biodiversity.

Business as Usual

‘Business as usual’ projections predict that the billions of women, men and children denied the opportunity to improve their lives will be the same in 20 years’ time.

By 2030:

- **900 million people** will not have access to electricity.
- **3 billion people** will still cook with traditional fuels.
- More than **30 million people** will have died due to smoke-related diseases.
- Many hundreds of millions will be **confined to poverty** due to lack of energy access.



Figure (1): Sustainable Development Goals SDFGs 2030.

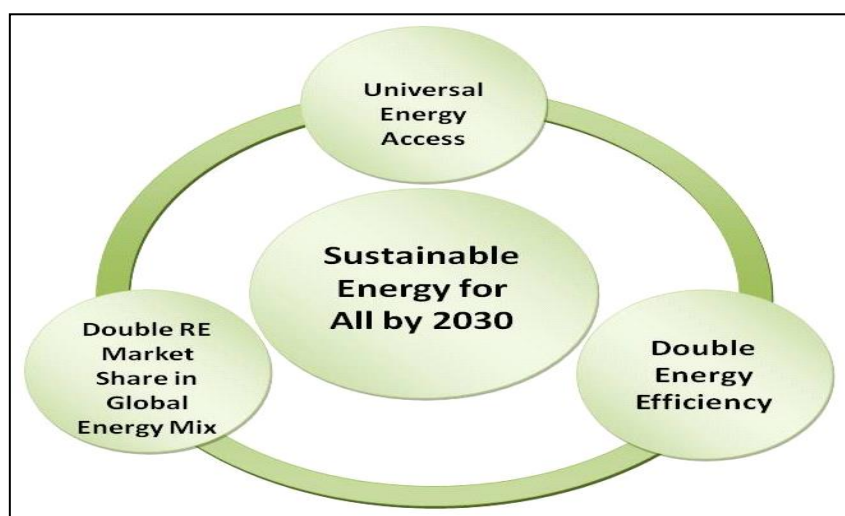


Figure (2).

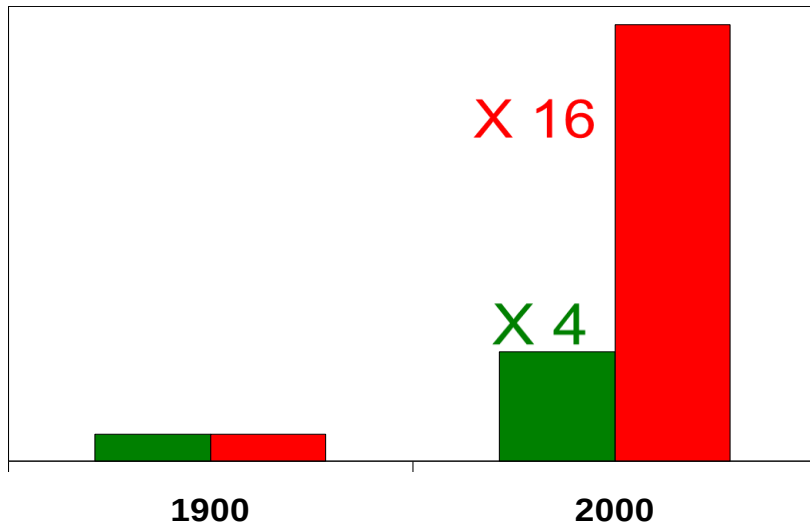


Figure (3): Energy Demand.

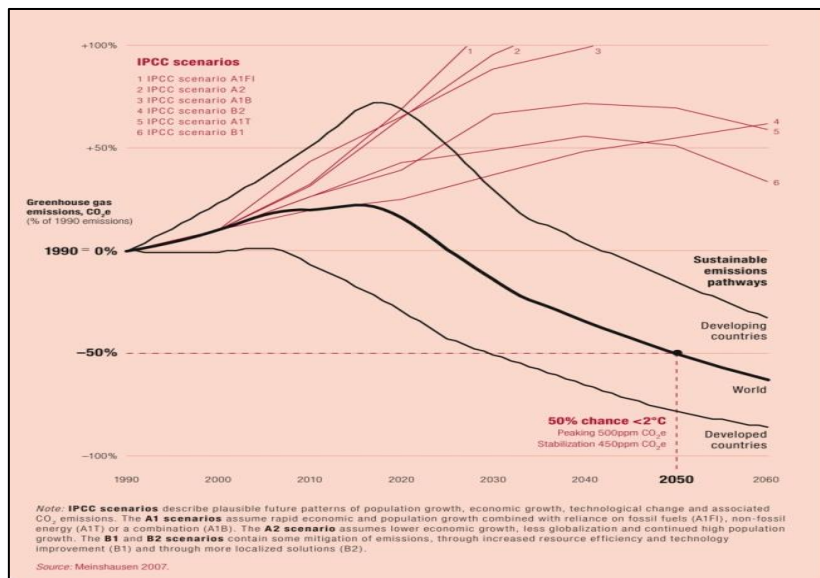


Figure (4): Two Degrees Challenge.

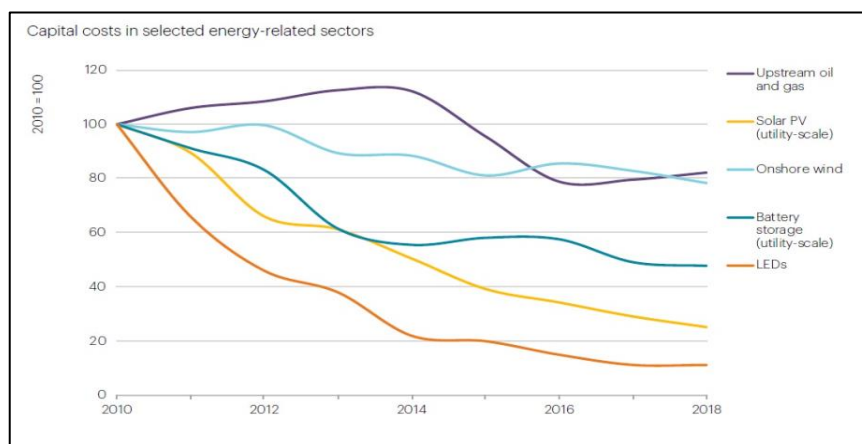


Figure (5): RE/EE Costs (IEA, 2018).

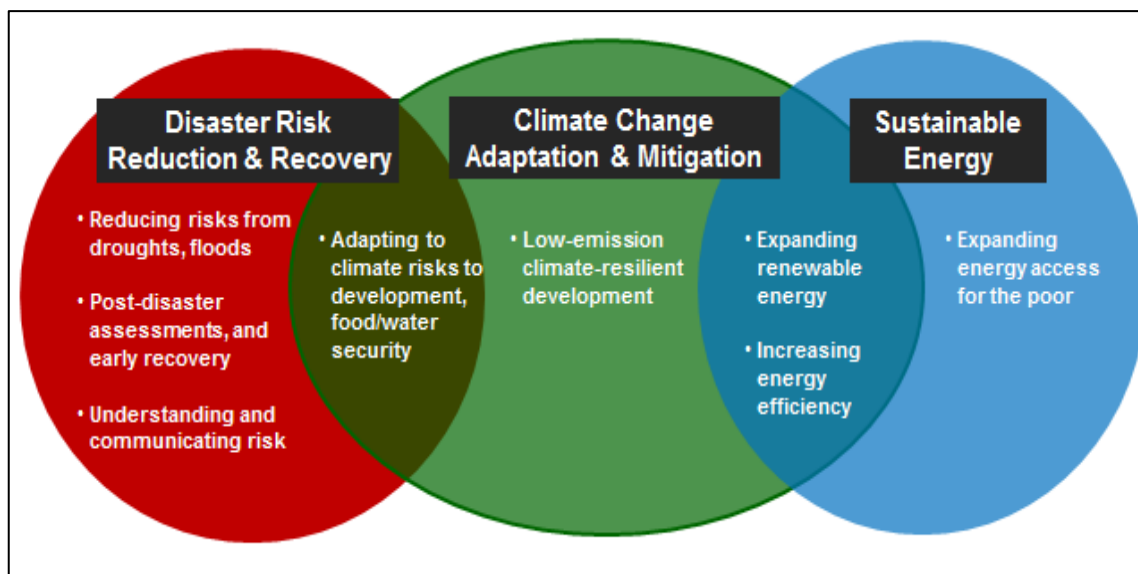


Figure (6): Managing Risks for Resilience.

Over \$2.8 billion of climate Finance in 140 countries since 2008

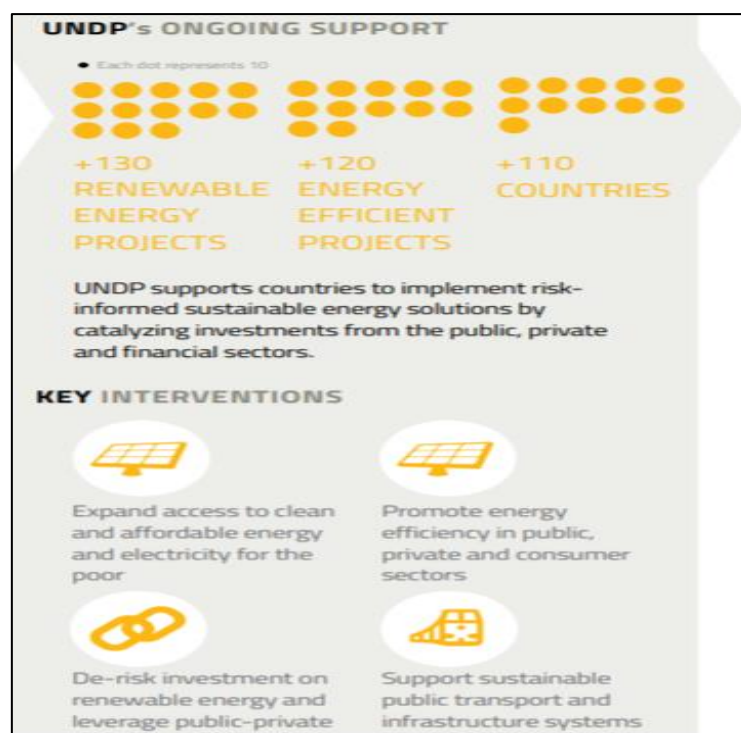


Figure (7): Climate Change Mitigation.

Small Scale Decentralized Renewable Energy

- Create Jobs.
- Improve livelihood.
- Reduce Subsidies.
- Consumers become producers.
- Reduce infrastructure costs.
- Localization of the technology.
-

UNDP Egypt Climate Change Mitigation Projects

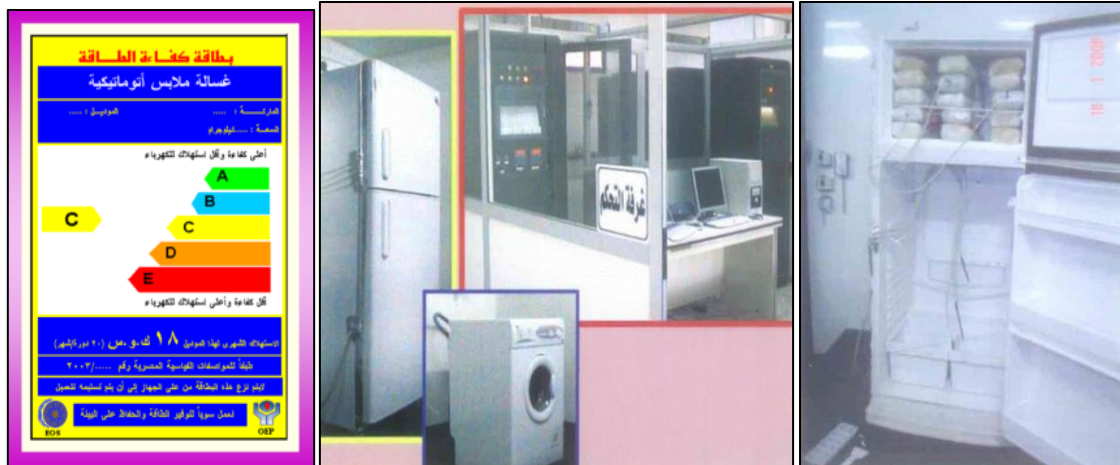


Figure (8): Energy Efficient Lighting and Home Appliances





Figure (9): Grid-Connected Roof Top PV Systems.

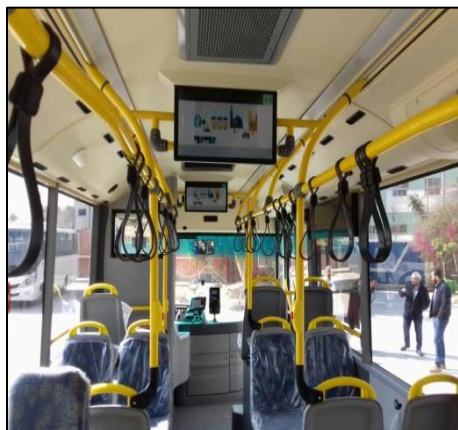
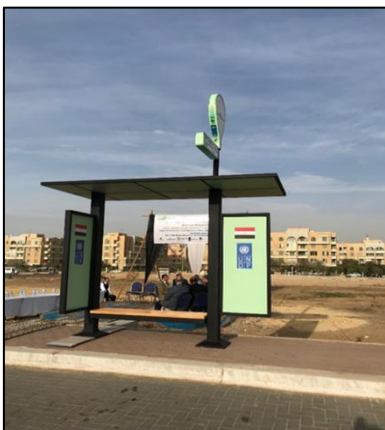


Figure (10): Sustainable Transport in Egypt.

Future Initiatives: Green Sharm El-Sheikh.

الجلسة الخامسة

نظم الطاقة المستدامة

The Long Strides for Energy-efficient Egypt

Ibrahim Abdel Gelil

Consultant: Energy & Environment

iagelil@yahoo.com

- مستشار الطاقة والبيئة.
- حاصل على دكتوراة الهندسة الكيميائية.
- من مؤسسي جهاز تخطيط الطاقة في مصر، وشغل منصب رئيس مجلس إدارته الفترة من 1994 إلى 1997.
- الرئيس التنفيذي لجهاز شئون البيئة، الفترة من 1997 إلى 2002.
- مثل مصر ودول شمال أفريقيا في مجلس إدارة مرفق البيئة العالمي.
- أستاذ كرسي الشيخ زايد بن سلطان آل نهيان في العلوم البيئية، ونائب عميد الدراسات العليا، ومدير برنامج الإدارة البيئية بجامعة الخليج العربي-مملكة البحرين (٢٠٠٢-٢٠١٤).
- حالياً مستشاراً للمنتدى العربي للبيئة والتنمية في بيروت.
- عمل مستشاراً لمركز الملك عبد الله لبحوث البترول والبيئة بالرياض، ومستشاراً لمركز الطاقة المستدامة بالبحرين.
- عمل مستشاراً لمركز معلومات ودعم القرار برئاسة مجلس الوزراء (1995 - 1997) في مجال إدارة الموارد الطبيعية.
- عضواً بمجلس كلية الهندسة، جامعة الزقازيق (2000 - 2002)، وعضواً بمجلس بحوث البيئة، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا (2000 - 2002).
- رئيساً للجنة البيئة بالمجلس الأعلى للثقافة.
- عمل مستشاراً للعديد من المنظمات الدولية في مجالات الطاقة والبيئة، منها برنامج الأمم المتحدة للبيئة، برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، منظمة الإسكوا، جامعة الدول العربية، سكرتارية اتفاقية الأمم المتحدة لتغير المناخ، مرفق البيئة العالمي، المجلس العالمي للطاقة، الاتحاد الأوروبي، البنك الدولي.

Abstract

Energy is a necessity for human development, and it has an important role in supporting the social, economic and environmental pillars of sustainable development. Reliable energy supply is prerequisite to economic growth; jobs creation, and support of income-generating activities in industry, agriculture, services, communications and transport. Energy is also playing a vital role in the nexus of water-energy-food.

In spite of the vital role of the energy sector in the economic and social development of Egypt, the sector, for many years, had been faced with several challenges that disturb its contribution to achievement of sustainable development. These included, security of supply, vulnerability to the volatility of oil prices, escalated energy and electricity demand due to population and economic growth, which leads to huge demand on investments, and finally the environmental concerns arising from the heavy reliance on

fossil fuels, specifically the relatively high carbon footprint. Different sustainability options are available including decoupling energy demand from economic growth through energy efficiency, and decarbonization of the energy mix through promotion of renewable energy resources such as solar and wind. For decades, Egypt has been striving to improve energy efficiency, yet, there are still many barriers that need to be overcome .

This paper will give an overview of the current energy situation and policies in Egypt, in the context of the Egypt's vision 2030, a summary of the energy efficiency activities that have been implemented or still underway, challenges of improving energy efficiency, and a discussion on the urgent needs of policy reforms to address those challenges

الخطوات الطويلة من أجل مصر ذات كفاءة عالية في مجال الطاقة

مستخلص

الطاقة ضرورية للتنمية البشرية، ولها دور مهم في دعم الركائز الاجتماعية والاقتصادية والبيئية للتنمية المستدامة. إمدادات الطاقة التي يعتمد عليها هي شرط أساسي للنمو الاقتصادي؛ وخلق فرص عمل، ودعم الأنشطة المولدة للدخل في الصناعة والزراعة والخدمات والنقل. كما تلعب الطاقة أيضاً دوراً حيوياً في العلاقة الترابطية بين موارد المياه والغذاء.

وعلى الرغم من الدور الحيوي لقطاع الطاقة في التنمية الاقتصادية والاجتماعية في مصر، فلقد واجه القطاع، لسنوات عديدة، العديد من التحديات التي أثرت سلباً على مساهمته في تحقيق التنمية المستدامة. وتشمل هذه التحديات ضمان إمدادات الطاقة، والتعرض لتقلبات أسعار النفط العالمية، وتصادد نمو الطلب على الطاقة والكهرباء بسبب الزيادة السكانية والنمو الاقتصادي، مما أدى إلى زيادة الطلب على الاستثمارات في القطاع، وأخيراً المخاوف البيئية الناشئة عن الاعتماد الشديد على الوقود الأحفوري، وتحديدًا بصمة الكربون العالية نسبياً.

تتوافر العديد من خيارات الاستدامة المختلفة في مجال الطاقة، بما في ذلك فصل نمو الطلب على الطاقة عن النمو الاقتصادي من خلال تحسين كفاءة الطاقة، وإزالة الكربون أو الحد منه في مزيج الطاقة من خلال الترويج لموارد الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

منذ عقود، تسعى مصر جاهدة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة، ومع ذلك، لا يزال هناك العديد من الحواجز التي يجب التغلب عليها.

ستقدم الورقة نظرة عامة على الوضع الحالي للطاقة في مصر وسياساتها في إطار رؤية مصر 2030، كما تقدم ملخصاً لأنشطة كفاءة الطاقة التي تم تنفيذها أو ما زالت جارية، مع التركيز على تحديات تحسين كفاءة الطاقة، ثم مناقشة حول إصلاح السياسات المطلوبة عاجلاً لمواجهة تلك التحديات.

1. Introduction

Energy is a necessity for human development, and it has an important role in supporting the social, economic and environmental pillars of sustainable development. Reliable energy supply is prerequisite to economic growth, jobs creation, and support of income-generating activities in industry, agriculture, services, communications and transport. Energy is also playing a vital role in the nexus of water-energy-food.

In spite of the vital role of the energy sector in the economic and social development of Egypt, the sector has been faced with several challenges that affect its contribution to achievement of sustainable development. These include, security of supply, vulnerability to the volatility of oil prices, escalated energy and electricity demand due to population and economic growth, which leads to huge demand on investments, and finally the environmental concerns arising from the heavy reliance on fossil fuels, specifically the relatively high carbon footprint. Furthermore, Egypt's energy sector has been characterized by low level of efficiency, a challenge that is the focus of this paper.

Egypt's vision 2030 highlights those challenges and identifies the needed policy reforms to address them. In this paper, we will give an overview of the current energy situation and policies in Egypt, in the context of the Egypt's vision 2030, a summary of the energy efficiency activities that have been implemented or still underway, challenges of improving energy efficiency, and a discussion on the urgent needs of policy reforms to address those challenges.

2. Energy Situation in Egypt

The energy sector is responsible for providing for the energy needs to fuel the Egyptian economy, in addition to increasing the sector's contribution to GDP especially through direct foreign investment. In order to achieve sustainable development, the energy sector has to take into account national and global environmental considerations, besides reaching the 7th goal of SDGs, "affordable and clean energy." The sector is mainly dependent on fossil fuels (oil and natural gas), particularly natural gas due to the expansion of explorations for new gas fields in the Western Desert and the Mediterranean offshore (Fig. 1). Electricity most is produced via thermal power plants, whose main installed capacity depends on efficient combined

cycles (Fig.2) (Egyptian Electricity Holding Company, 2018). However, one-third of these production facilities have been in service for more than 20 years.

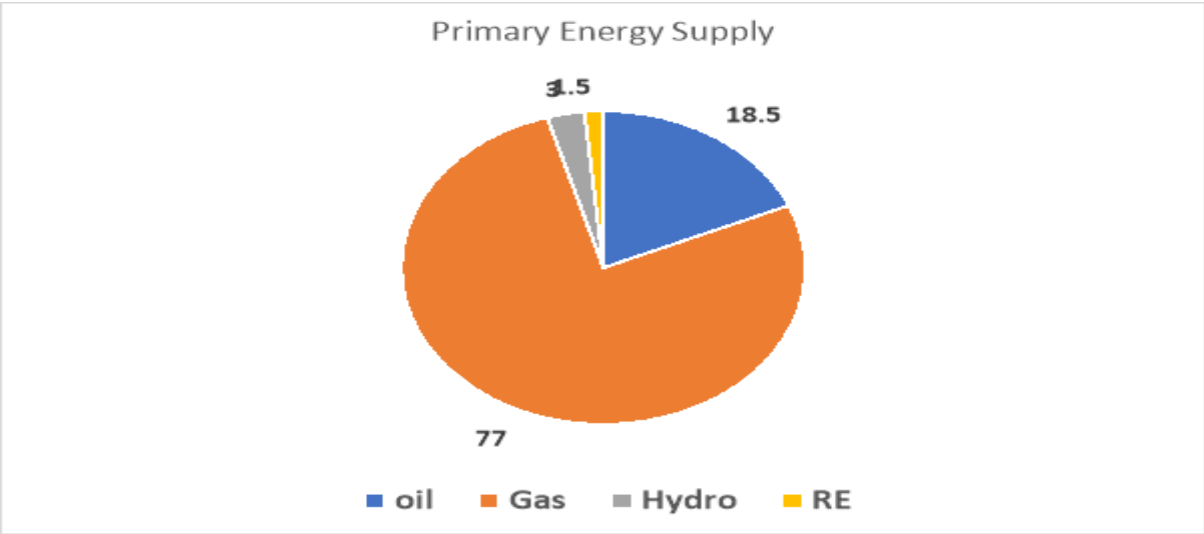


Figure (1): Primary Energy Supply.

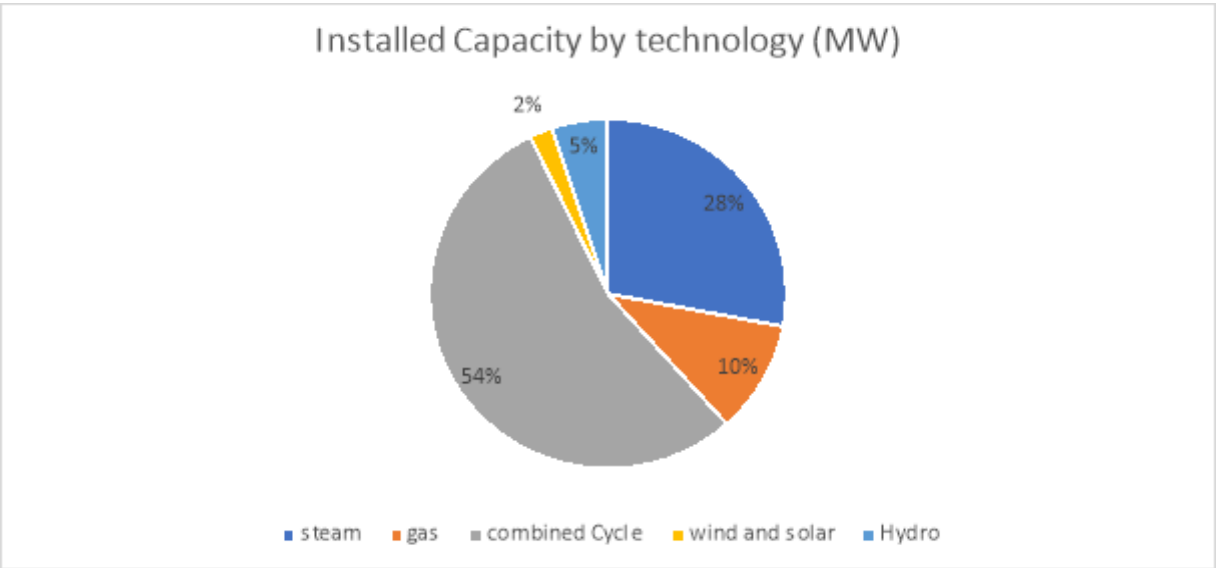


Figure (2):Installed Capacity of power generation.

Egypt is the one of the largest oil producers in Africa and the second-largest natural gas producer on the continent following Algeria. Egypt plays a vital role in the international energy markets through its operation of the Suez Canal and the Suez-Mediterranean (SUMED) Pipeline. In 2018, Egypt had around 4.4 million barrel of oil (OAPEC, 2020), and its gas reserves had reached 63 trillion Cu. Ft in 2019 ((Knoema, 2020). Fig.3

and Fig. 4 indicate that oil reserves have declined since 2010, and recovered back in 2019, while gas reserves has almost stabilized since the discovery of Zohr field in 2011. Zohr is the largest gas discovery ever made in Egypt and in the Mediterranean Sea and could become one of the world's largest natural-gas discoveries. By the end of 2018, and due to those new mega discoveries, Egypt had become gas self-sufficient and began to export shipments of liquefied natural gas to international markets, in addition to providing the needs of Jordan.

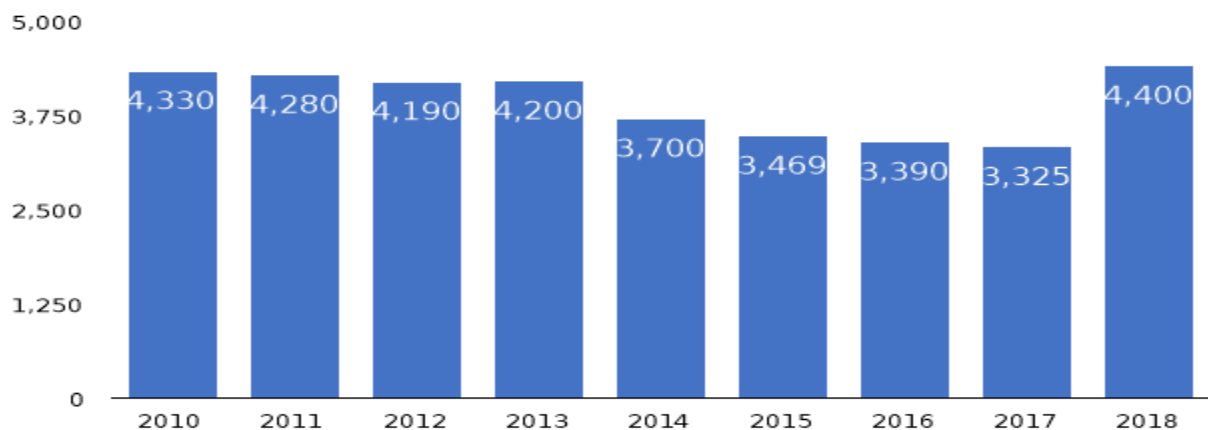


Figure (3): Egypt's oil reserves (million barrel).

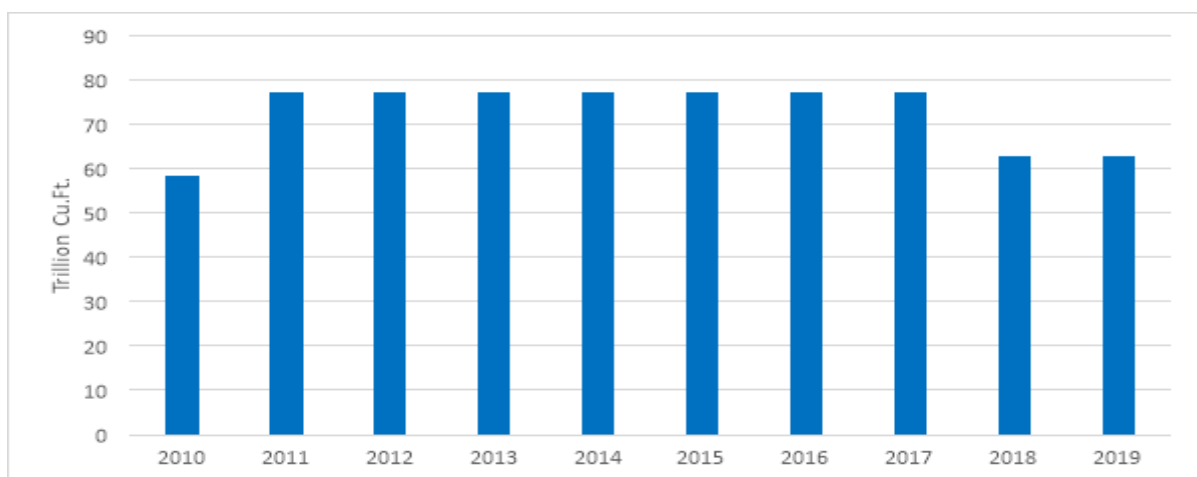


Figure (4): Egypt Gas reserves (Trillion Cu. FT).

In the 2108/2019, Egypt produced about 539, 000 barrel of oil/day and consumes about 811,000 barrel/day. It also produced 6.4 billion cubic feet (cu.ft) of Natural gas, and consumed 5.76 billion cu.ft. To meet the growing demand and compensate for the insufficient domestic production,

Egypt had to import about 307,000 barrel of petroleum products/day in 2017 (Fig7)¹.

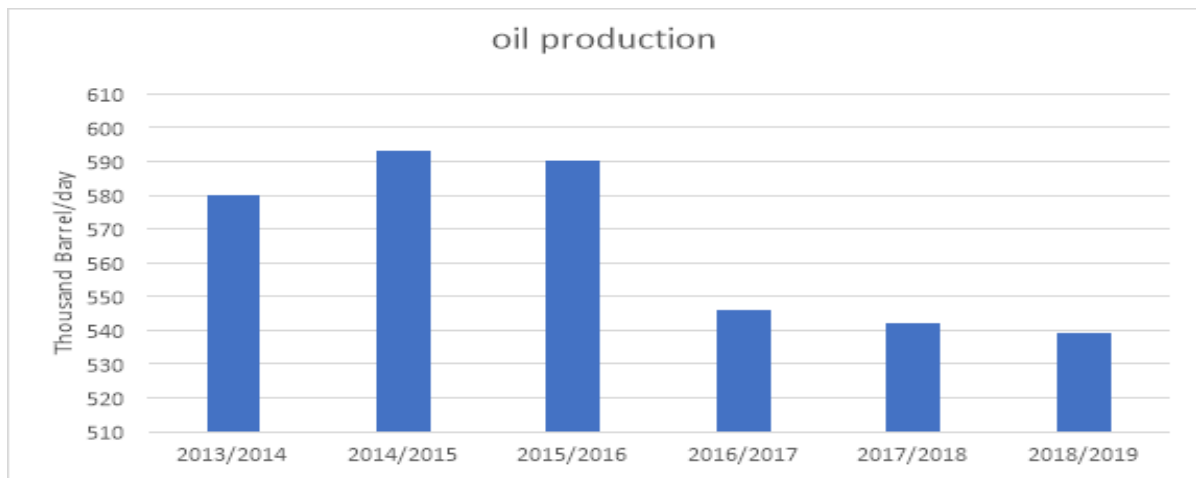


Figure (5): Egypt's oil production (1000 barrel/day).

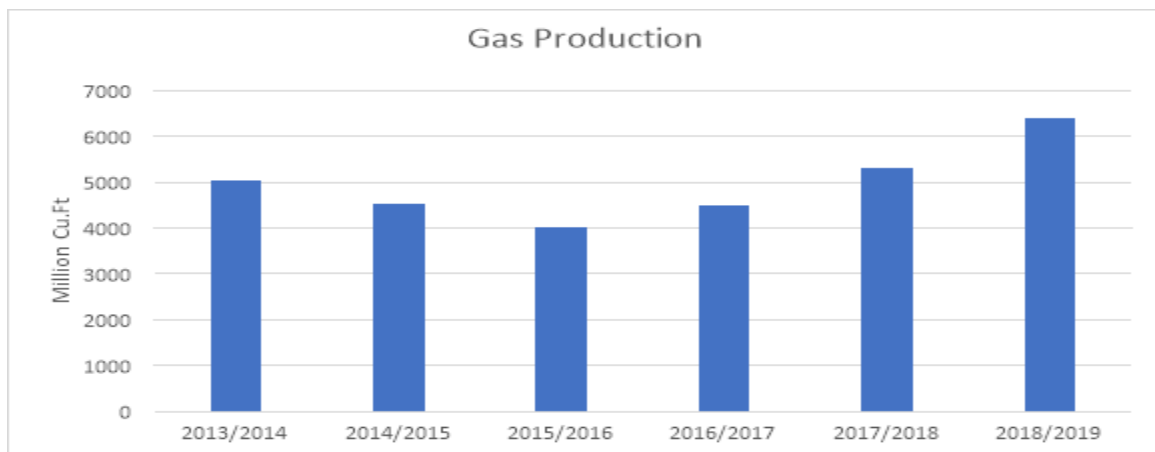


Figure (6): Egypt's Gas production (million Cu.m).

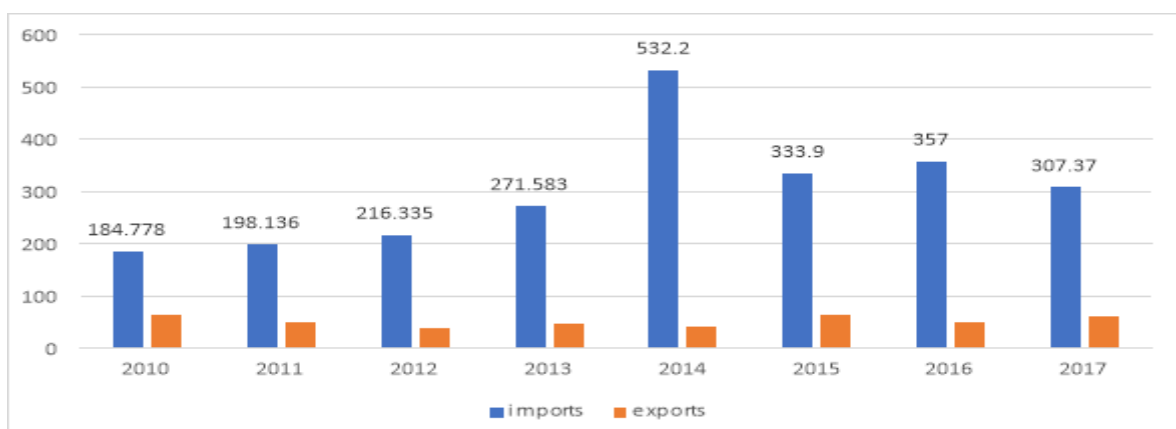


Figure (7): Petroleum products trade (1000 BBL/d).

¹ OAPEC data bank.

Egypt consumes 83 Ton Oil Equivalent (TOE) of petroleum products and Natural gas, of which 42 per cent goes to electricity generation (Fig. 8). The residential sector consumes 42 % of electricity produced in Egypt, while industry consumes 27%, and the rest goes to other economic activities (Fig. 9) (Egyptian Electricity Holding Company, 2018).

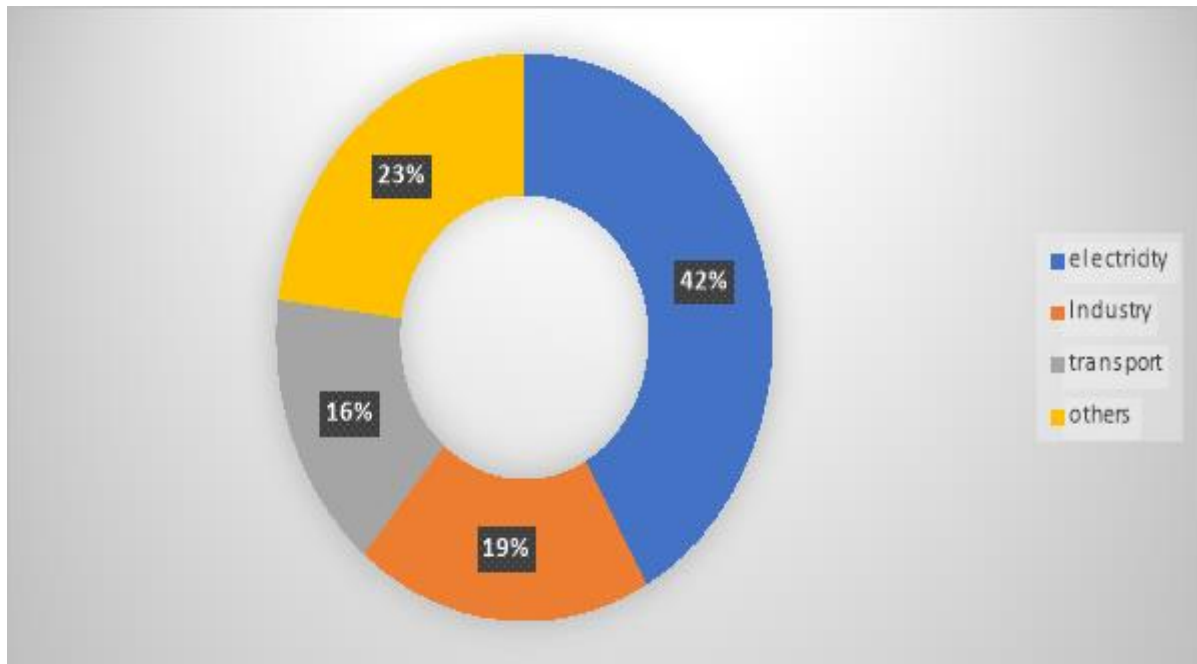


Figure (8): Sectoral consumption of oil and Gas (2017).

Egypt still relies heavily on oil and gas to generate electricity. In 2019, the total installed capacity was about 59.5 MW of which 92 per cent was thermal generation units (steam generators, gas generators, and combined cycle plants). Figure 8 shows that solar and wind, are still marginal in the electricity fuel mix (5.2 %). However, it is noteworthy that thermal power generation is using more natural gas than petroleum products (79 % natural gas vs. 21 % of petroleum products). The residential sector is the major electricity consumer (42 per cent), followed by industry (27.4 per cent) (Fig.9).

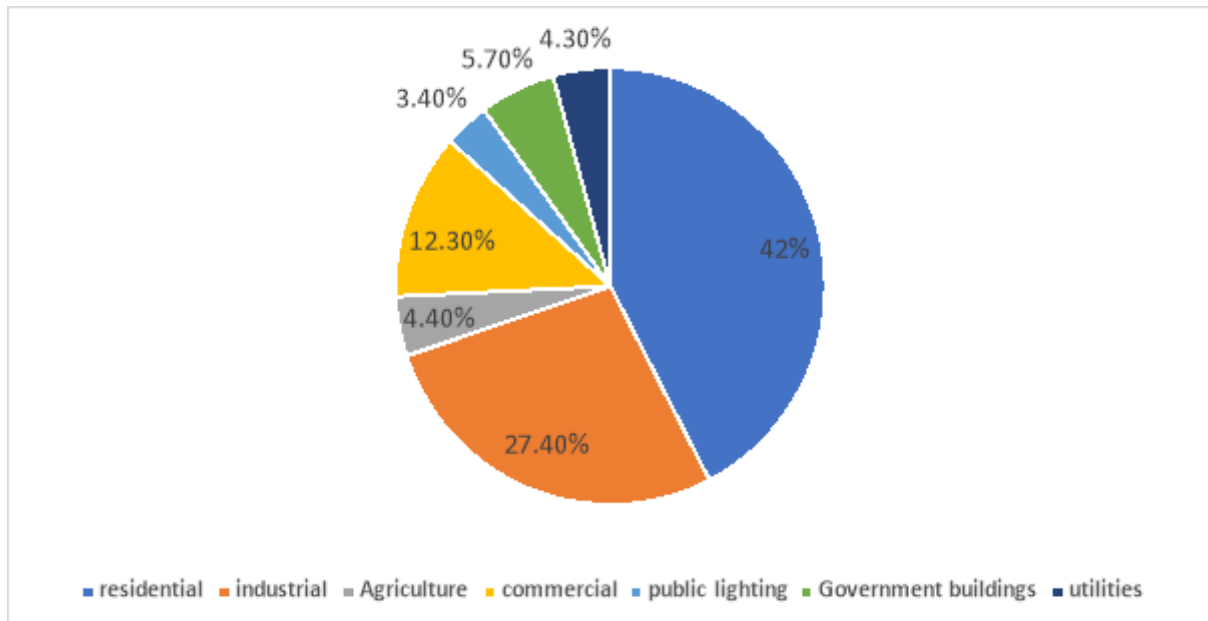


Figure (9): Sectoral consumption of electricity (2017).

3. Energy Policies in the framework of vision 2030

The sustainable development strategy for Egypt (vision 2030) identified a set of strategic objectives for the energy sector as follows (Ministry of Planning, 2020):

- a) **Ensure Security of Supply:** It aims to secure supply of energy required to meet the needs of different economic activities.
- b) **Energy market reform:** it aims to reform the energy sector to improve its efficiency and to attract more direct foreign investments, it also aims to enhance the regional role of Egypt in the global energy market.
- c) **Enhancing the use of indigenous energy and maximizing its reliability:** It aims to maximize the use of indigenous energy resources through improving efficiency of the current energy infrastructure (upstream and downstream), and the electric power system, and up scaling the utilization of renewable energy resources.
- d) **Improving the Governance of the energy sector:** This includes modernization of management of the sector, energy pricing reform, improving energy efficiency and adopting renewable energy technologies.

- e) **Mitigate environmental impacts of the energy sector:** It aims to reduce emissions from the energy facilities.

It is worth noting that this strategy is currently being updated to be extended to 2040 to address new developments such as recent developments in RE with regards to costs and performance, new cross-boarder interconnections, expansion in Electric Mobility, address water scarcity and the need for substantial water desalination and emphasis role of Egypt as a regional energy hub (Ministry of Planning, 2020).

4. Activities of Energy Efficiency

Though promoting energy efficiency in Egypt had started back in the early eighties, improving energy efficiency did not take a high priority in the government's agenda until recently, especially during the energy shortages of 2012. Nevertheless, a number of initiatives have been taken in the last two decades to study or to implement energy efficiency plans. Most of these initiatives were funded by various international development partners (such as USAID, UNDP, UNIDO, and GEF) and aimed at overcoming the technical and/or the institutional barriers that hinder energy efficiency. On the technical side, there were several efforts with limited success. A number of energy audits were carried out but only a few projects were implemented afterwards. Some demonstration projects were identified and implemented but there has not been a large-scale replication of these projects. Most of these projects were entirely financed by grants programs and failed to stimulate investments by the business and industries. These activities, which are ad-hoc in nature, were impeded, at that time, by a low level of subsidized energy prices.

One important task funded by UNDP/GEF was the preparation of energy efficiency standards for four domestic appliances and also for the energy efficiency codes of new buildings. These standards and codes could have resulted in substantial energy efficiency improvements, but compliance is considered voluntary with no implementation capacity or legal framework needed to enforce them. On the institutional side, the Organization of Energy Planning (OEP), established in 1983 by a USAID grant, had the mission to promote energy efficiency through data collection and analysis, energy auditing, awareness programs and demonstration projects. But OEP was abolished in 2005. Aside from the lack of the organizational structure, most institutional support activities focused on creating market-based

programs to promote energy efficiency investments while the prevailing low energy prices did not incentivize such investments. As a major effort in this regard, the USAID and GEF supported the development of Energy Service Companies (ESCOs). This resulted in the creation of a few ESCOs which have not been able to do much business because of difficulties in accessing financial resources, and low level of service demand due to subsidized energy prices.

To promote the use of renewable energy, the New and Renewable Energy Authority (NREA) was created in 1986, it conducted several energy efficiency activities with no visible outcomes (NREA, 2020). As part of the electricity sector reform and liberalization, the electricity regulatory body (EgyERA) was established in 2000, which also promoted energy efficiency and played an important role to finalize the Egyptian Electricity Law in 2015, which regulates, for the first time ever, a number of energy efficiency measures (cogeneration, load management, EE labeling, energy manager, ..etc) (EgyERA, 2020).

In an attempt to coordinate various aspects of energy efficiency, the Supreme Energy Council established an Energy Efficiency Unit at the Cabinet of Ministers in 2009 to coordinate, guide, support and monitor all energy efficiency activities in the country. The unit, which was created to fill the institutional gap as result of OEP dissolution, was intended to be the coordinating arm for the Cabinet and its Supreme Energy Council but has no executive or implementation authority. The Energy Efficiency Unit has also failed to become a leading national body in developing a national energy efficiency strategy and monitoring its implementation.

In spite of the lack of national strategy and a national energy efficiency institution, the international development community continues to support scattered energy efficiency initiatives. These include developing Minimum Energy Efficiency Standards for dish washers, fans, television sets, electric ovens, and vacuum cleaners by Ministry of Electricity and Energy (MOEE) and providing technical assistance to the industrial sector to improve EE, by the Egypt National Cleaner Production Center, supported by UNIDO.

In addition, and in response to the electricity crisis of 2012, the government allocated 2.1 billion EGP to support initiative to replace street lighting with efficient lighting systems (high pressure sodium and LED). The Distribution companies of electricity have also distributed nearly 13 million

LED lamps in the residential sector. These might be the only initiatives financed by the public budget to improve energy efficiency and decrease electricity consumption.

To overcome a long-standing barrier of financing, it is noteworthy that some recent positive steps towards improving energy efficiency have taken place. These include a number of financing facilities such as the “sustainable energy finance facility” of the National Bank of Egypt and the EBRD, and the “Credit guarantee company” supported by UNDP/GEF.

Another major step has been the plan to phase out energy subsidies. For decades, Egypt used to provide energy prices at lower than the market prices. This practice encouraged a wasteful consumption behavior, which led to position Egypt among the most energy inefficient economies. Low energy prices have also contributed to the very high and rising energy intensity of Egypt due to encouraging high energy intensive industries such as Cement, fertilizers, and iron and steel. Low energy prices have also impaired the economics of renewable energy and had been the main reason behind delaying the uptake of these renewable indigenous resources. In July 2014 the Egyptian government re-introduced major reforms to phase-out energy subsidies through a staged series of increases in the prices for petroleum, gas and electricity. It was envisioned to phase out energy subsidies totally by the end of 2022.

In 2015, the Electricity Law was passed to enhance energy efficiency and to regulate a number of energy efficiency measures such as cogeneration and load management. It is worth noting that Egypt has announced that energy efficiency is one of its priority policies to mitigate climate change and to separate carbon emissions from economic growth (EEAA, 2015).

The Ministry of Petroleum and Mineral Resources has also begun to build the necessary institutional framework to improve energy efficiency in all stages of the petroleum industry, in addition to implementing an expanded capacity-building program, in parallel with preparing an integrated strategy to improve energy efficiency in the petroleum sector, as an integral part of the sector modernization program.

The Ministry of Electricity and Renewable Energy and the Ministry of Petroleum and Mineral Resources are currently implementing many activities aimed at completing and developing the institutional and legal framework to improve energy efficiency in Egypt in both the supply and

demand sides, as well as building and strengthening local capacities to achieve the national goals stipulated in the Energy Strategy 2035 of Egypt, which aims to reduce 18% of energy consumption by 2035.

In parallel to efforts to improve energy efficiency in different end use sectors, the Ministry of electricity and renewable energy together with its affiliated companies have been striving to improve efficiency of the electricity supply system. Fuel efficiency for electricity generation has been steadily improved due to introduction of new more energy efficient power plants and retiring of old inefficient ones (Fig. 10).

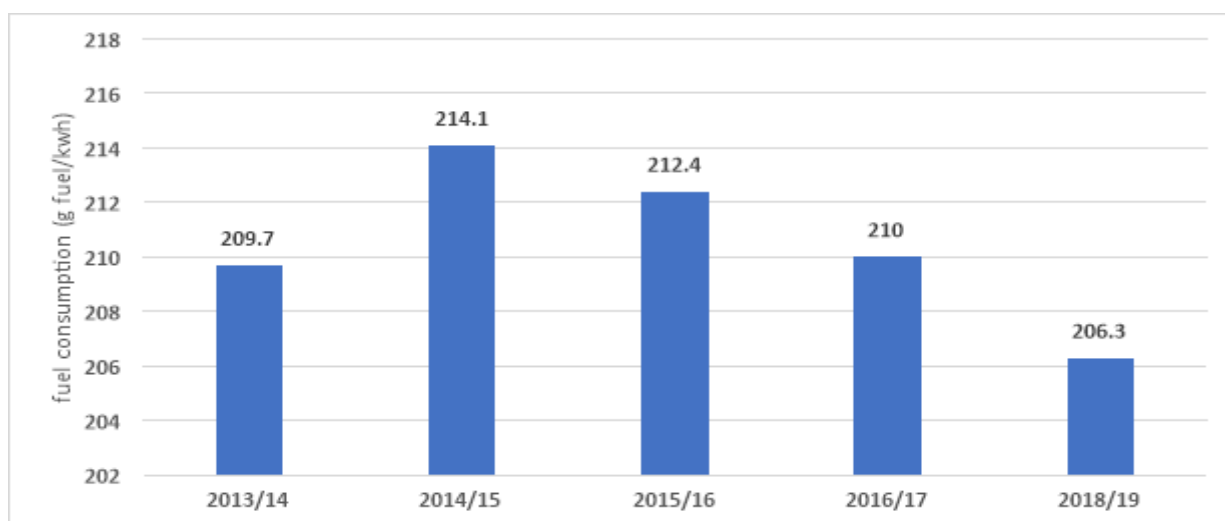


Figure (10): Fuel consumption (g fuel/Kwh).

Energy intensity expressed in Tone Oil Equivalent (toe) per thousand Dollars of GDP (toe/1000USD)² has been slightly decreasing due to improving energy efficiency and some other structural factors since 2005 (Fig. 11). Comparing the same indicator in the region, Egypt is less energy intensive than the GCC states and less than the world's average (Fig. 12).

² toe/thousand 2010 USD, PPP

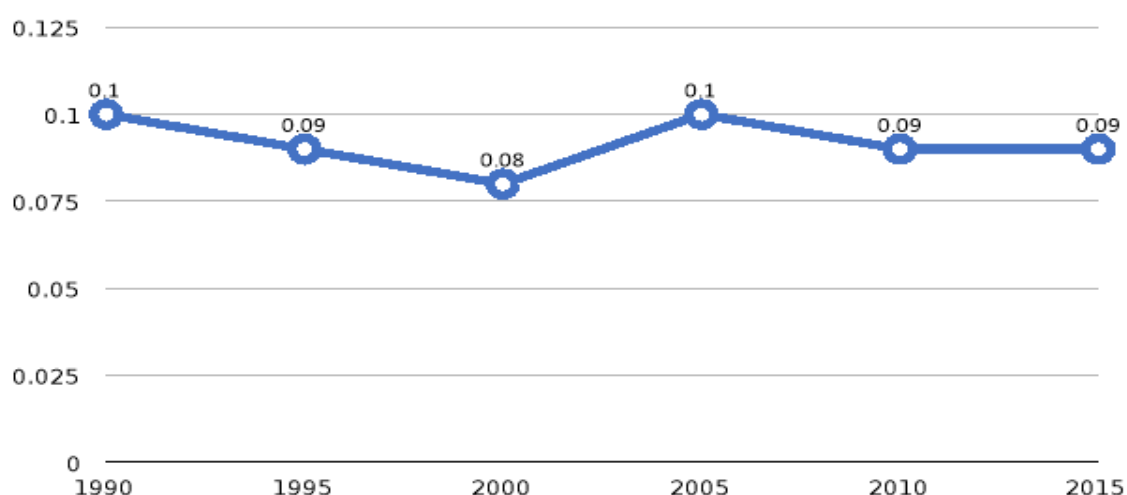


Figure (11): Energy Intensity (toe/1000 USD).

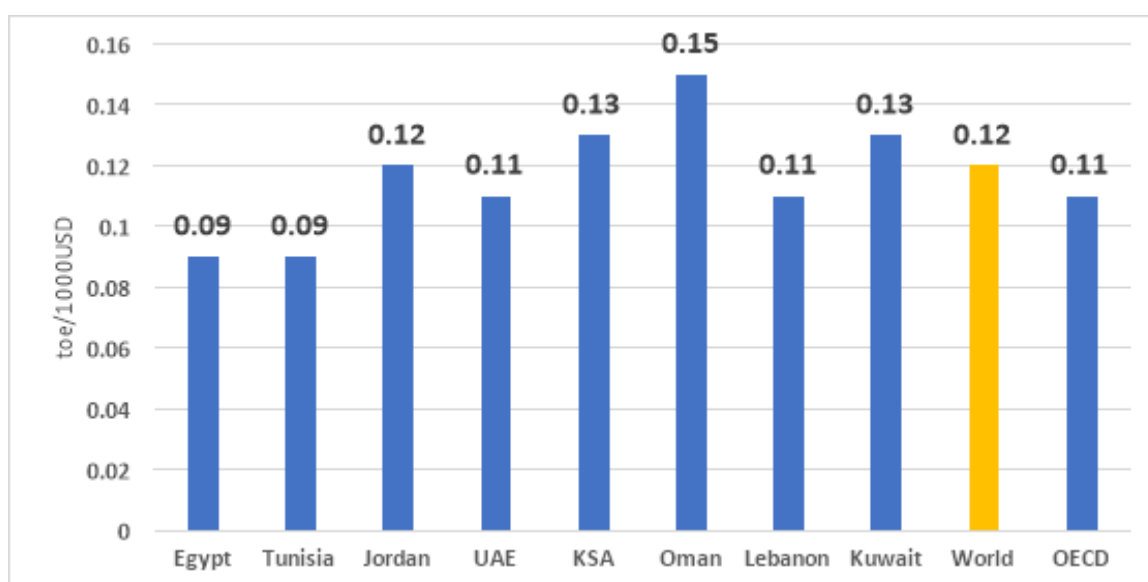


Figure (12): Energy Intensity (toe/1000USD³).

5. Addressing the challenges of improving energy efficiency

A set of barriers often put energy efficiency projects at an economic, regulatory, or institutional disadvantage relative to other forms of energy. These barriers could be classified as Policy barriers for the promotion of energy efficiency such as lack of national targets or strategies for promoting EE in the national energy policy framework. For decades, improving energy efficiency in Egypt has been fragmented and lacked a

³ GDP (PPP) 2010

national strategy with clear targets and time frame. This was recently addressed by developing energy efficiency action plan for the electricity sector and the ongoing efforts to do the same for the petroleum sector. The second major challenge has been the lack of legal and institutional frameworks. Recently, Egypt succeeded to issue a new electricity law including specific clauses to promote and legislate energy efficiency activities. Two energy efficiency departments have been established in both the electricity and petroleum ministries, and a plan to complete the institutional structure is currently underway. Other barriers that need to be overcome include lack of national standards, testing and certification schemes, weak capacity of local assembly/manufacturing, distribution, installation and maintenance of EE technologies, and lack of education and training programs for EE professionals at all levels. The low level of awareness of the local banking sector, and the lack of proper financing schemes have been a major challenge for decades. Recently, few energy efficiency financing schemes have been developed by some local banks in collaboration with few development banks such as the world bank and EBRD.

6. The way forward.

To capture the significant benefits associated with energy efficiency, integrated and sustainable national strategy that engage both public and private sector stakeholders is required. National strategy should satisfy both short and long-term objectives. While short-term issues should focus on removing the remaining barriers that inhibit the development of the energy efficiency market, long-term aspects should focus on ensuring the sustainability of energy-efficient practices in various sectors of the economy. To support strategy planning and implementation, it will be necessary to establish a set of quantifiable goals/targets that can be used to effectively monitor and evaluate the impact of the strategy's initiatives at both macro and micro levels. Key approaches to achieve the goals and objectives of the strategy could be categorized into:

- 1) Policy measures and market initiatives to stimulate demand for and increasing the supply of energy-efficiency goods and services. These
- 2) include utilizing regulatory and policy instruments to move towards EE such as providing fiscal incentives, (e.g. tax incentives, import duties exemption) and developing energy efficiency codes and

standards. This also should include bridging the current institutional gap by establishing energy efficiency institutional structure at the national level.

- 3) Attracting private sector investments and resources in EE (e.g. Public- private partnerships, and private financing schemes), promoting the concept and practices of the Energy Service Companies (ESCOs).
- 4) Cross cutting activities that facilitate improving energy efficiency at the national levels. This include Increasing awareness of energy efficiency of all stakeholders, building capacity in key institutions (regulatory agencies, service providers, industry, financing institutions, research institutions, ..etc), and developing an integrated energy efficiency knowledge management system to provide and facilitate flow of energy efficiency information throughout the economy.

It is to be emphasized that Egypt, for decades, has succeeded to develop most of the building blocks needed to upscale the energy efficiency market. What is urgently needed now is to make use of these building blocks to accelerate the development of a national energy efficiency strategy with a timebound clear objectives.

References

1. OAPEC. (2020, 3 10). *OAPEC*. Retrieved from <http://oapecdbsys.oapecorg.org:8080/apex/f?p=101:20:::NO:::>
2. Knoema. (2020, 3 10). *Egypt - Proved reserves of natural gas*. Retrieved from <https://knoema.com/atlas/Egypt/topics/Energy/Gas/Reserves-of-natural-gas>
3. Egyptian Electricity Holding Company. (2018). *Annual Report*. Cairo.
4. Ministry of Planning. (2020, March 10). *Egypt Vision 2030*. Retrieved from <http://sdsegypt2030.com/economic-dimension/energy-pillar/quantitative-indicators-updates/?lang=en&lang=en/>.
5. Ministry of Planning. (2020). *Sustainable Development strategy: Egypt's vision 2030*. Cairo.
6. NREA. (2020, October 3). *New and Renewable Energy Authority*. Retrieved from <http://nrea.gov.eg/test/en/Home>
7. EgyERA. (2020, October 3). Retrieved from <http://egyptera.org/ar/EnergyConsumptionPlan.aspx>
8. EEAA. (2015). *Egypt's INDC*. Cairo.

التوسع في إنتاج الوقود الحيوي بين جدلية تأمين الطاقة وتهديد الأمن الغذائي العالمي

الطيف عبد الكريم

أستاذ محاضر-جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس - الجزائر

letaie223@yahoo.fr

- دكتور الطيف هو أستاذ جامعي محاضر بجامعة أمحمد بوقرة بومرداس - كلية العلوم الاقتصادية التجارية وعلوم التسيير - الجزائر .
- دكتوراه في العلوم الاقتصادية.
- مساهم بالعديد من المقالات والأبحاث والمنشورات الجامعية والمداخلات العلمية المحكمة والمنشورة داخل الوطن وخارجه في مجالات علمية مختلفة أهمها المؤسسات الصغيرة والمتوسطة، وإدارة الأعمال، والتسويق والمالية، والمسؤولية الاجتماعية، والتعدين، والطاقات المتجددة، والأمن الغذائي، ونظم إدارة البيئة وغيرها.
- عضو مشارك في العديد من مشاريع ووحدات البحث المعتمدة من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، اهتمت بمعالجة إشكاليات هامة على مستوى الاقتصاد المحلي.
- عضو محكم للعديد من الأبحاث والمقالات العلمية على مستوى مشاريع التأهيل الجامعي، والمجلات العلمية المحكمة المتخصصة في العلوم الاقتصادية.
- مجالات الاهتمام: الطاقات المتجددة، الأمن الغذائي، المقاوالية وريادة الأعمال، اقتصاد المعرفة، البيئة والاقتصاد الدائري.

مستخلص

عملية التنمية بمختلف أبعادها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بقدرة الاقتصاد على تجديد وتأمين مختلف موارده من الطاقة، بأسعار تنافسية وضمان تدفقات مستمرة لها عبر الزمن، والسعي الحثيث لابتكار مصادر متجددة لها أكثر أمناً ووفرة، حيث فتحت الابتكارات العلمية والتكنولوجية آفاقاً وفرصاً جديدة لتأمين الطاقة، وتحقيق التنوع الطاقوي من خلال الاستثمار في مصادر طبيعية جديدة ومتجددة للطاقة، تعد بدائل أكثر استدامة وصديقة للبيئة.

يطرح تحليل العلاقة بين التوسع في إنتاج الوقود الحيوي وتحقيق الأمن الغذائي لدول العالم جانباً أساسياً من جوانب إشكالية إدارة موارد الطاقة وضمان الغذاء، ذلك أن بعض الدول وفي مقدمتها الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل والاتحاد الأوروبي ودول جنوب شرق آسيا، المتحكمة في إنتاج وتسويق أهم مصادر الغذاء العالمي؛ اتجهت إلى زراعة واستخدام أنواع معينة من النباتات والمحاصيل الزراعية في مجال إنتاج الوقود الحيوي؛ منها الذرة وفول الصويا وزيت النخيل وقصب السكر وغيرها، وتحويلها إلى وقود نظيف قابل للاستخدام في مختلف مجالات الحياة اليومية، ما يخفف من تبعية اقتصاداتها لمختلف مصادر الوقود الأحفوري غير النظيفة وذات التكلفة المرتفعة.

على الرغم من الإيجابيات والفرص التي يوفرها استخدام الوقود الحيوي على البيئة واقتصاديات الدول المستخدمة له، غير أن التوسع في استخدامه يطرح الكثير من التحديات لارتباطه بقضايا هامة كالطاقة، الغذاء، الأراضي

الزراعية، المياه والتكنولوجيا، ويمكن أن تقوم علاقة سلبية بين سياسات تطوير إنتاج واستخدام الوقود الحيوي وأبعاد تحقيق الأمن الغذائي، أي مدى توفر الغذاء في السوق العالمي وقدرة تأمينه، خاصة فيما يتعلق بالدول ضعيفة الدخل وما تشهده البشرية من تزايد في عدد السكان.

الكلمات الدالة: أمن الطاقة، الوقود الحيوي، الوقود الأحفوري، الأمن الغذائي، الإيثانول، البيوديزل، الطاقة المتجددة.

Abstract

The development process in its various dimensions is closely related to the ability of the economy to renew and secure its various energy resources, at competitive prices and to ensure continuous flows over time and the relentless pursuit of innovating renewable sources that are safer and more abundant, as scientific and technological innovations opened new horizons and opportunities to secure energy and achieve energy diversity through Investing in new and renewable natural energy sources are more sustainable and environmentally friendly alternatives.

An analysis of the relationship between the expansion of biofuel production and achieving food security for the countries of the world presents a fundamental aspect of the problematic management of energy resources and food security, as some countries, particularly the United States of America, Brazil, the European Union and Southeast Asian countries, control the production and marketing of the most important global food sources. It tended to grow and use certain types of plants and agricultural crops in the field of biofuel production, including corn, soybeans, palm oil, sugar cane, and others, and convert them into clean fuel that can be used in various areas of daily life.

Despite the positives and opportunities provided by the use of biofuels on the environment and the economies of the countries using it, the expansion in its use poses many challenges because it is related to important issues such as energy, food, agricultural land, water technology and a negative relationship can be established between policies for developing the production and use of biofuels and the dimensions of achieving food security, i.e. the extent of food availability in the world market and its ability to secure it, especially with regard to countries with weak incomes and the increasing human population.

مقدمة

اعتمد النموذج الاقتصادي للنمو وتحقيق التنمية المنتهج من طرف الدول الصناعية الكبرى، منذ الثورة الصناعية على الخصوص بالتوسع في استغلال وتحويل الثروات الطبيعية، في مقدمتها مختلف مصادر الطاقة التقليدية (فحم حجري وبترول وغاز طبيعي)، التي أخذت مكانة هامة في السياسات الاقتصادية الكلية لهذه الدول، عبر توظيف التقدم في التقنيات والتكنولوجيات المبتكرة، إذ سمح لها هذا النموذج ولعقود طويلة بتأمين استمرارية سيرورة عجلة التنمية والتطور الاقتصادي إلى الأمام، على حساب الاستنزاف المفرط لهذه الموارد بمختلف أشكالها، خاصة منها الثروة المعدنية

المتواجدة تحت سطح الأرض، وما يرتبط بها من مدخلات أساسية عبر مختلف سلسلة الإنتاج والاستخراج والتحويل، ولا سيما منها موارد الطاقة من مياه وكهرباء ووقود أحفوري، تحت مبررات ضرورة مقابلة مستوى الطلب المتزايد على مختلف الاحتياجات من السلع والخدمات الضرورية لضمان تطور حياة البشرية، ما أصبح يهدد استدامة موارد الطاقة التقليدية ومخزوناتا من جهة والقدرة على ضمان امداداتها في ظل عوامل عدم استقرار البيئة التسويقية والسياسية والأمنية والاقتصادية المرتبطة بها، على المستوى المحلي، الإقليمي والدولي، خاصة وأن أهم إمدادات الطاقة الأحفورية من البترول والغاز على الخصوص، التي يعتمد عليها نمو الاقتصاد الدولي تمر وتتركز في مناطق جيو سياسية واقتصادية واجتماعية مضطربة تسودها النزاعات والحروب وعدم الاستقرار السياسي الداخلي وبؤر للصراعات الإقليمية والدولية.

ظهور متغيرات وقواعد جديدة في إدارة الصراع الدولي على المصالح ومصادر الطاقة بين الدول الصناعية الكبرى، خاصة بعد الحرب العالمية الثانية، وبروز أهمية الطاقة كمورد إستراتيجي في تحريك النشاط الصناعي والاقتصادي وما ارتبط بها من تأثيرات مباشرة أو غير مباشرة على توازن واستقرار النظام الدولي ومنه عملية التنمية المستدامة، خاصة في الدول النامية التي لم تستطع التحرر من هيمنة استغلال مقدراتها وثرواتها الطبيعية لصالح الاقتصاديات المتقدمة التي وجدت في مواردها مدخلات أساسية لتكريس هيمنتها وقوتها على العالم، ما عمق من مظاهر الاختلال في توظيف وإدارة هذه الموارد بين الدول النامية والمتقدمة.

تناقص قدرة الاقتصاد العالمي للاستجابة للحاجات الأساسية من المياه والغذاء وموارد الطاقة والأراضي الصالحة للزراعة، فوفقاً لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة فإن الاستهلاك الإجمالي للموارد الطبيعية من الوقود الأحفوري والكتلة الأحيائية وغيرها من المعادن؛ سيرتفع إلى أكثر من الضعف بين عام 2015 وعام 2050، لمقابلة الاحتياجات المتزايدة للنمو الديموجرافي الذي سيقفز من 7,3 مليار نسمة عام 2015 إلى حوالي 9,7 مليار نسمة عام 2050 (صندوق النقد الدولي، 2015)، ما سيضع البشرية أمام أخطار وتحديات استدامة التنمية واستمرارية الحياة، سواء تعلق ذلك بنفاد مخزون الأرض من الموارد الطبيعية، أو تفاقم الأزمات البيئية كتغير المناخ، وانبعاثات الغازات السامة، وتلوث المياه الجوفية، وتفاقم الأمراض كالسرطان والربو والحساسية وغيرها من الظواهر السلبية.

هذه التحديات دفعت مختلف الدول النامية والمتقدمة، لبذل الجهودات وتبني السياسات التي تدعم أهداف تحقيق التنمية المستدامة، والرفع من كفاءة استغلال الموارد من خلال التركيز على حلول مبتكرة ومفاهيم جديدة لتحقيق الأمن تتجاوز مفهوم القوة العسكرية، لتشمل الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والبيئية في إدارة مدخلات ومخرجات التنمية، ومنها تحقيق الأمن الطاقوي

والأمن الغذائي والأمن المائي والأمن البيئي، وهى عناصر باتت أساسية لضمان التطور والنمو، في وقت أصبح فيه العالم يشهد صعوبة وتحديات كبيرة في تأمين هذه المصادر الأساسية، ومنها على الخصوص الطاقة والغذاء باعتبارهما موارد ومدخلات أساسية لا يمكن الاستغناء عنهما لضمان استمرارية البشرية واستقرارها، حيث عرفت أسواق هذه المواد عدة أزمات متتالية نتيجة لاختلال العرض والطلب عليها، كانت سبباً في تفاقم المشكلات الاقتصادية والاجتماعية لكثير من الدول كالفقر والجوع والتخلف والأمراض والأوبئة وغيرها.

ضمن هذه الأولويات عرف العالم توجهاً جديداً نحو الاهتمام بمصادر الطاقات المتجددة وتوسيع الاستثمار فيها ضمن أهداف التنويع من مصادر الطاقة، والاعتماد على بدائل متجددة وأقل ضرراً بالبيئة وصحة الإنسان متوفرة بكثرة في جميع أنحاء العالم، حيث تعتبر مصادر طبيعية متاحة، مثل أشعة الشمس والرياح والمياه تتطلب فقط تكنولوجيا وتقنيات لضمان استغلالها والاستفادة منها. وهى من بين الطاقات التي يعتمد عليها للتقليل من استخدامات الطاقة الأحفورية على الخصوص، وتعتبر الأساس لإمداد الدول الصناعية والنامية بالطاقة بشكل مستدام، وتعتبر واحدة من الأسواق التي تشهد نمواً كبيراً في العالم، وهى من بين المصادر المحلية التي تتلاءم مع واقع تنمية المناطق النائية والريفية واحتياجاتها.

يعتبر الوقود الحيوي مصدراً هاماً من مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة، التي أصبحت مختلف دول العالم تعتمد عليه في تحقيق أمنها الطاقوي، وإيجاد حلول لتجاوز مشاكل عدم الوفرة وارتفاع أسعار الوقود الأحفوري التقليدي، غير أن التوسع في استخدام الدول المنتجة له للمحاصيل الزراعية الأساسية كالذرة والشعير وقصب السكر وغيرها، طرح الكثير من التساؤلات والتحديات عن مدى ارتباطه وتأثيره السلبي على تهديد الأمن الغذائي العالمي في الحاضر والمستقبل، نتيجة ما عرفته أسواق المحاصيل الزراعية من نقص في العرض وزيادات كبيرة في الأسعار، ما انعكس سلباً على تزايد مظاهر الجوع وسوء التغذية ونفسي الأمراض في دول العالم، خاصة منها الفقيرة العاجزة عن تأمين الغذاء.

تركز الدراسة البحثية على تحليل مختلف جوانب الإشكالية التالية: هل يؤثر التوسع في إنتاج الوقود الحيوي كمصدر لتحقيق أمن الطاقة إلى التأثير على تحقيق الأمن الغذائي في دول العالم؟

• فرضيات الدراسة: تتطرق الدراسة من جملة الفرضيات التالية:

- للوقود الحيوي أثر مباشر في تحقيق أمن الطاقة والتنمية المستدامة.
- يطرح التوسع في إنتاج الوقود الحيوي تحديات كبيرة أمام تحقيق الأمن الغذائي في العالم.

- **هدف الدراسة:** تهدف الدراسة إلى محاولة تحليل العلاقة التي تربط بين تحقيق أمن الطاقة والأمن الغذائي من خلال التوسع في إنتاج الوقود الحيوي، محاولين إبراز أثر توسع كبار الدول المنتجة للأغذية في إنتاج الوقود الحيوي، وانعكاس هذه السياسات على قدرة دول العالم على تأمين الغذاء في ظل تراجع العرض من الإنتاج الزراعي، وزيادة النمو الديموجرافي.
- **منهج الدراسة:** تم توظيف المنهج الوصفي التحليلي في عرض وتحليل مختلف جوانب الدراسة البحثية.
- **خطة الدراسة:** تقتضي المنهجية العلمية تقسيم موضوع الدراسة إلى ثلاثة أقسام أساسية وهي:

القسم الأول: أمن الطاقة قراءة في المفهوم الأبعاد والتوجهات؛
القسم الثاني: أثر سياسات الوقود الحيوي على أمن الطاقة؛
القسم الثالث: أثر سياسات الوقود الحيوي على الأمن الغذائي.

1- أمن الطاقة قراءة في المفهوم الأبعاد والتوجهات

منذ أن عرف الإنسان الطاقة مثلت له استخداماتها أولوية أساسية، لا يمكن الاستغناء عنها في تلبية حاجاته الأساسية المتزايدة، هذه الحاجة سرعان ما ازدادت مع التطور التكنولوجي والصناعي الذي عمق من الحاجة لمختلف مصادر الطاقة في إدارة وتنشيط الإنتاج والاقتصاد. وعليه فإن عملية التنمية بمختلف أبعادها أصبحت ترتبط ارتباطاً وثيقاً بقدرة الدول على تجديد وتأمين مختلف هذه المصادر من الطاقة بأسعار تنافسية، وتدفقات مستمرة، وابتكار مصادر جديد لها أكثر أمناً ووفرة، وأرخص تكلفة، وقابلة للتجديد.

1-1- مفهوم أمن الطاقة بين الدول المنتجة والمستهلكة

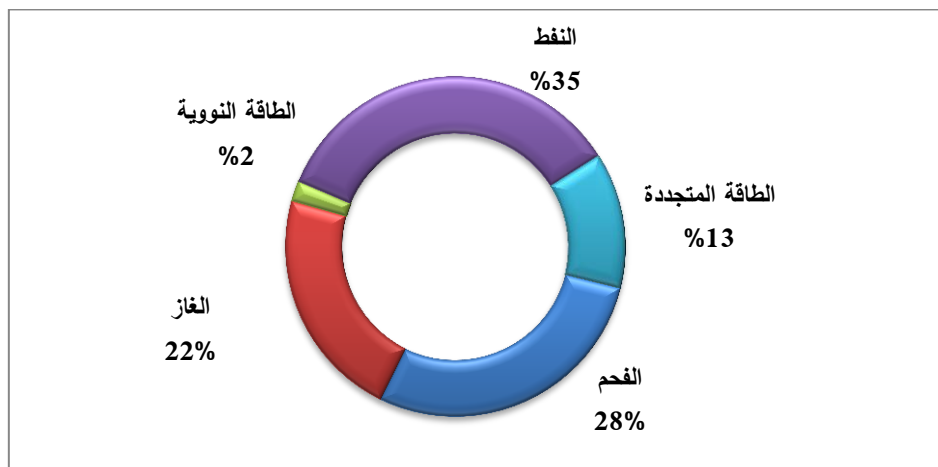
كل هذه التحديات كرس مفهوم جديد لأمن الطاقة من المنظور المحلي والإقليمي والدولي لدى الدول المستهلكة والدول المنتجة للطاقة، قد تختلف فيه الأبعاد والأهداف الاستراتيجية في تحديد هذا المفهوم بين هذه الدول، بالنظر إلى المكانة التي تحتلها الطاقة في سياساتها الاقتصادية والاجتماعية والأمنية والبيئية ذات البعد التنموي الحالي والمستقبلي، غير أنها تجتمع في ضرورة تحقيقه في ظل تحديات أخطار تأمين مصادر الطاقة خاصة الأحفورية منها، والتي تمثل الكتلة الأهم من مصادر الطاقة.

يعبر أمن الطاقة بالنسبة للدول المستهلكة على ضمان التدفق المستمر لمصادر الطاقة المختلفة من حيث الإمدادات والاستقرار لتلبية الاحتياجات المتزايدة لنمو الاقتصاد وتحقيق التنمية (Milena Thiviller, 2015).

عندما نتحدث عن إمدادات آمنة، فإننا نشير إلى ضمان حالة تدفق منتظم ومستمرة لمصادر الطاقة بالكميات المطلوبة والأسعار المعقولة، من المنتج إلى المستهلك النهائي، خاصة في ظل ظروف:

- عدم الاستقرار السياسي والأمني التي تميز مناطق الانتاج والمعالجة وطرق إمداد وتوزيع مصادر الطاقة الأحفورية في مختلف دول العالم المنتجة، التي تعتبر في معظمها مناطق توتر وعدم استقرار سواء كانت في أفريقيا وأمريكا اللاتينية أو دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا نتيجة للصراعات السياسية أو الحروب، ما يؤثر على اختلال أسواق الطاقة وتذبذب حجم المعروض منها.
- فرض قيود على توريد الطاقة من الدولة أو مجموعة الدول المنتجة المصدرة للطاقة، نتيجة لأسباب سياسية أو استراتيجية.
- هيمنة واحتكار المنظمات والشركات الدولية لتصدير وإنتاج الطاقة من خلال التحكم في أسواق الطاقة.

أمن الطاقة بالنسبة للدول المستهلكة مرتبط بالحفاظ على التدفق المستمر لمصادر الطاقة الأحفورية التي تمثل حوالي 80% (الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ، 2011) من مصادر الطاقة المتاحة عالمياً، في ظل تراجع المخزونات والاحتياطيات من الفحم والغاز والبترو، نتيجة زيادة الطلب عليها واستغلالها المفرط اللاعقلاني لمقابلة الاحتياجات المتزايدة من السلع والخدمات المرتبطة بالنمو وتحسين المستوى المعيشي للأفراد، ما أصبح يهدد نفاذها وتراجع مخزوناتا على المدى المتوسط والبعيد في ظل عدم القدرة على استدامتها وتجديدها والاستغلال المفرط لها.



الشكل رقم (1): حصص مصادر الطاقة من إجمالي إمداد الطاقة الأولية العالمي.

الاستغلال المفرط لمصادر الطاقة الأحفورية من الفحم، الغاز الطبيعي، البترول، طرح تحديات بيئية جديدة مرتبطة بأمن الطاقة على الدول المستهلكة، فيما يخص نظم حماية وإدارة البيئة من أخطار تلوث الأرض، المياه الجوفية، الاحتباس الحراري وتغير المناخ، المتعلقة بالآثار السلبية لاستخدامها في مختلف مجالات الصناعة وما يترتب عنها من تكاليف إضافية. أما بالنسبة للدول المنتجة فأمن الطاقة نجده مرتبط:

- قدرة الدول المنتجة على التحكم في تقلبات السوق وضمان استقرار الإنتاج بسبب حالات النزاع والاضطرابات السياسية والاجتماعية والأمنية الداخلية والخارجية، التي تؤثر على بيئة نشاط هذه الصناعة وعلى استقرار السوق (وداد غزلاني، 2015).

- التحكم في تكاليف وتكنولوجيا وتقنيات إنتاج واستخدام مصادر الطاقة وتوريدها بأسعار تنافسية، والقدرة على تمويل مشاريع البنية التحتية والاستثمارات الضخمة المرتبطة بالتنقيب والاستكشاف والنقل والتصدير، بعيداً عن التدخلات والضغوطات الخارجية الإقليمية والدولية.

- مواجهة التغيرات على مستوى سوق الطاقة الذي يتميز بعدم الاستقرار وصعوبة التحكم فيه، نتيجة النفوذ الذي تمارسه الدول الصناعية وكبرى الشركات الاحتكارية التابعة لها والمتحكمة في تكنولوجيا وتقنية هذه الصناعة.

- القدرة على ضمان تجديد مصادر الطاقة وتنويعها في ظل تراجع مخزون الاحتياطي منها على المدى المتوسط والبعيد، نتيجة الاستغلال اللاعقلاني لها.

أمن الطاقة بالنسبة للدول المنتجة يقوم على قدرتها تأمين استمرار الإنتاج وعرضه بأسعار جيدة، تمكن من تأمين موارد مالية لخزينتها العمومية تسمح بإدارة عملية التنمية بها ومقابلة الاحتياجات الضرورية المتزايدة، أما بالنسبة للدول المستهلكة فأمن الطاقة يعني القدرة على تأمين تدفقات الطاقة بصفة مستمرة وبأسعار معقولة غير مكلفة (وداد غزلاني، 2015).

ولأن الدول الصناعية الكبرى وفي مقدمتها الولايات المتحدة الأمريكية والصين والاتحاد الأوروبي هي التي تصدر الدول المستهلكة للطاقة التقليدية من الغاز الطبيعي والبترول، كانت ولا تزال هي من تحرك سوق الطاقة وتتحكم فيه صعوداً ونزولاً، وعليه فإن منظورها لأمن الطاقة كان ولا يزال هو المنظور السائد والأكثر تأثيراً في تحديد الاستراتيجية العالمية لأمن الطاقة، بحكم نفوذها الاقتصادي، السياسي، والعسكري الذي وظف وإلى حد كبير في تحقيق مصالح هذه الدول في السيطرة على خريطة مصادر وإمدادات الطاقة عبر العالم (شريعة كلاع، 2017).

1-2- أمن الطاقة وتوجهات الاستثمار في الطاقات المتجددة

ارتبط المفهوم الجديد لأمن الطاقة بضرورة خلق مصادر متاحة، متنوعة ومتجددة تستجيب لمعايير الأمان والسلامة البيئية، تتمتع بالديمومة والتجدد، يحتاج استخدامها طرق علمية وتكنولوجيا نظيفة متطورة لتحويلها إلى مصادر طاقة سهلة ومتنوعة الاستخدام، تختلف جوهرياً عن الطاقة الأحفورية من بترول وفحم وغاز طبيعي، تساهم في تلبية متطلبات الطاقة في مختلف المجالات، وهي مصدر طاقي طويل الأجل، لأنها مرتبطة أساساً بالعناصر المتوفرة في الطبيعة، وهي ليست مخزوناً جاهزاً نستعمل منه ما نشاء ومتى نشاء قابل للزوال والنفاد، إذ لا تتوفر أو تختفي بشكل خارج عن قدرة الإنسان في التحكم بها (وليد فؤاد أبو بطة، 2015).

مع اتجاه العالم نحو تفعيل سياسات تنويع الطاقة تحقيقاً لأهداف التنمية المستدامة، وتعزيز أمن الطاقة والمحافظة على البيئة، ارتفعت حصة الطاقات المتجددة من إجمالي إمدادات الطاقة العالمي فوفقاً للوكالة الدولية للطاقة شكلت الطاقة المتجددة 14% من الطلب العالمي على الطاقة في عام 2016، إذ أمنت 60% من الاستهلاكات الكلية لقطاع الطاقة من هذه المصادر (International Energy Agency, 2017, World Energy Outlook 2017, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris).

بحلول عام 2050، يمكن لجميع البلدان أن تحقق زيادة كبيرة في نسبة الطاقة المتجددة ضمن مجموع استخداماتها من الطاقة، فحسب التقرير الذي أعدته الوكالة الدولية للطاقة تحت عنوان "خارطة طريق الطاقة المتجددة"، فإن مصادر الطاقة المتجددة قادرة على تعويض 60% أو أكثر من مجموع الاستهلاك النهائي من الطاقة لكثير من البلدان، وعلى سبيل المثال، يمكن للصين أن ترفع حصة الطاقة المتجددة في استخداماتها من الطاقة من 7% في عام 2015 إلى 67% في عام 2050، وفي الاتحاد الأوروبي من نحو 17% إلى أكثر من 70% (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2018).

استخدام مصادر الطاقة المتجددة يتطلب استعمال تكنولوجيا وتقنيات متطورة، والعديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة، والواقع أن هذا أحد أسباب ارتفاع تكلفة الاستثمار في الطاقة المتجددة، وهو ما يشكل في ذات الوقت أحد العوائق أمام توسعها، حيث تتوفر أشكال مختلفة منها مستمدة من الشمس، الرياح، المياه،... إلخ، الأمر الذي يتطلب استعمال معارف علمية وتكنولوجيا ملائمة لكل منها.

1-2-1- أنواع الطاقة المتجددة

تأتي الطاقة المتجددة من عدة مصادر ولها أنواع مختلفة، وهي في تطور مستمر، من أهمها:

1-1-2-1- الطاقة الشمسية: هو الضوء المنبعث والحرارة الناتجة عن الشمس اللذان قام الإنسان بتسخيرهما لمصلحته منذ العصور القديمة باستخدام مجموعة من وسائل التكنولوجيا التي تتطور باستمرار، كما يتم توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية بواسطة محركات حرارية أو محولات فولتوضوئية.

نما سوق الطاقة الشمسية الكهروضوئية بنسبة 25 % مقارنة مع عام 2014، ليصل إلى مستوى قياسي قدره 50 جيجاوات، ليصل الإجمالي العالمي إلى 227 جيجاوات؛ فالسوق السنوي لعام 2015 وحده يقارب 10 أضعاف الطاقة الشمسية الكهروضوئية العالمية المتراكمة منذ عقد من الزمان.

قدمت الصين واليابان والولايات المتحدة مرة أخرى غالبية الطاقة المضافة، إلا أن العديد من الأسواق الناشئة ساهمت بشكل كبير في النمو العالمي في جميع القارات، وذلك بفضل القدرة التنافسية المتزايدة للطاقة الشمسية الكهروضوئية. (Renewable energy policy network for the century, 2016).

أما القدرة الإنتاجية العالمية من الطاقة الشمسية الحرارية، فقد تدعمت بتشغيل محطات طاقة شمسية حرارية جديدة في المغرب 160 ميجاوات، وجنوب أفريقيا 150 ميجاوات، والولايات المتحدة 110 ميجاوات في عام 2015، ليصل إجمالي الطاقة الإجمالية إلى 4,8 جيجاوات، بزيادة 10%؛ و حلول نهاية عام 2015، كانت الأنظمة الجديدة قيد الإنشاء في المغرب 350 ميجاوات، جنوب أفريقيا 200 ميجاوات، دولة شيلي 110 ميجاوات، المملكة العربية السعودية 100 ميجاوات، الصين 50 ميجاوات، الهند 25 ميجاوات ما شكل تحولاً في الأسواق التقليدية لهذه الطاقة في الدول المتقدمة نحو دول نامية أخرى بفضل التحفيز الحكومي للاستثمار (Renewable energy policy network for the century, 2016).

1-2-1-2- طاقة الرياح: هي استخدام طاقة الرياح في تحريك الأشياء والاستفادة منها، ويتم تحويل حركة الرياح إلى شكل آخر من أشكال الطاقة سهلة الاستخدام، غالباً كهربائية، وذلك باستخدام عنفات (مروحيات)، وهي طاقة بيئية لا يصدر منها ملوثات مضرّة بالبيئة، والطاقة المنتجة من الرياح هي مصدر الطاقة المتجددة الأقل تكلفة والأكثر قابلية للنجاح مقارنة بجميع المصادر الأخرى.

طبقاً لتقرير الوضع العالمي للطاقة المتجددة الصادر في جويلية 2011 عن شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن 21، فإن أنجح الطاقات المتجددة عقب طاقة المساقط المائية هي طاقة الرياح، ويُعزى ذلك إلى كونها حالياً الأكثر تقدماً من الناحيتين الفنية والاقتصادية، أما من الناحية البيئية، فإن أحد تقارير الوكالة الدولية للطاقة تحت عنوان "رؤى تكنولوجيات الطاقة"، الصادر في 2010، يقدم مقارنة للتأثيرات البيئية المرتبطة بتكنولوجيات محطات إنتاج الكهرباء بالطرق المختلفة، غير أن محطات طاقة الرياح هي الأقل في مستوى انبعاثات غاز "ثاني أكسيد الكربون" المسبب الرئيسي لظاهرة الاحتباس الحراري، بعد المحطات النووية، ثم المحطات الشمسية، ثم محطات الدورة المركبة العاملة بالغاز الطبيعي (الداوي رضا، 2010).

كانت طاقة الرياح المصدر الأول للطاقة المتجددة في أوروبا والولايات المتحدة في عام 2015، وبعدهما في المرتبة الثانية الصين، إذ بلغت الزيادة العالمية في طاقة الرياح 63 جيجاوات عام 2015، و52 جيجاوات في 2017، لما مجموعه حوالي 433 جيجاوات، و593 جيجاوات على التوالي، هذه الأرقام القياسية جاءت بفضل التسهيلات التي قدمتها الدول غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)، مثل الصين التي جاءت مساهمتها الإضافية في المرتبة الأولى، فضلاً عن ظهور أسواق جديدة (Renewable energy policy network for the 21st century, 2016).

1-2-3- الطاقة الكهرومائية: هي الطاقة الكهربائية التي يُستفاد في توليدها من الطاقة المائية الكامنة من خلال استغلال حركة المياه، بواسطة تشييد السدود على مجرى الأنهار، ومن أشكال الطاقة النظيفة الصديقة للبيئة والمستخدم في نطاق عالمي واسع، وتعتبر عملية توليد هذا النوع من الطاقة عالية المردود، إذ يصل مردودها إلى نسبة 90% أو أكثر (عبد الله العرادي، بدون سنة).

بلغت الزيادة في الطاقة الكهرومائية حوالي 28 جيجاوات في عام 2015، ليصل إجمالي الطاقة العالمية إلى حوالي 1064 جيجاوات، إذ يقدر أن إنتاج الطاقة الكهرومائية العالمية قد ارتفع بنسبة أقل من 1% مقارنة بعام 2014، عند حوالي 3920 تيراوات.ساعة.

1-2-4- الطاقة الحرارية الأرضية: هي مصدر طاقة بديل ونظيف ومتجدد، هي طاقة حرارية مرتفعة ذات منشأ طبيعي مختزنة في باطن الأرض، حيث يقدر أن أكثر من 99% من كتلة الكرة الأرضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها 1000 درجة مئوية، وترتفع درجة الحرارة بزيادة تعمقنا في جوف الأرض بمعدل نحو 7 و2 درجة مئوية لكل 100 متر في العمق، يستفاد من هذه الطاقة الحرارية بشكل أساسي في توليد الكهرباء ويتطلب ذلك حفر أنابيب كثيرة إلى

أعماق سحيقة قد تصل إلى نحو 5 كيلومترات، هذه الطاقة يمكن أن تكفي لتغطية حاجة العالم من الطاقة لمدة 100000 سنة قادمة.

وبلغت الزيادة في طاقة توليد الطاقة الحرارية الأرضية 315 ميجاوات في عام 2015، ليصل الإجمالي العالمي إلى 13,2 جيجاوات (Renewable energy policy network for the century, 2016).

وتشير التقديرات إلى أن إنتاج الطاقة الحرارية الأرضية كان 75 ساعة من التيروات في عام 2015، في حين بلغ الاستخدام المباشر للطاقة الحرارية الأرضية (الطاقة الحرارية الأرضية منخفضة الطاقة) 272 بيتاجول (75 تيروات) من الطاقة الحرارية في عام 2015، ونمت طاقة التوليد بنسبة 1,2 جيجاوات "حرارية"، وبذلك وصل إجمالي الطاقة الحرارية الشمسية إلى 21,7 جيجاوات.

1-2-1-5- الطاقة الحيوية: هي أكبر مساهم متجدد في الطلب العالمي على الطاقة النهائية، وتوفر ما يقرب من 13% من إجمالي الطاقات المتجددة، ويشكل الاستخدام التقليدي للكتلة الحيوية في البلدان النامية لأغراض الطهي والتدفئة 8%، توفر الطاقة الحيوية الحديثة حوالي 4% من الطلب على الحرارة، و6% في الصناعة، وكذلك حوالي 2% من توليد الطاقة العالمية، و3% من احتياجات النقل.

شهد قطاع الكهرباء نمواً سريعاً، حيث ارتفع معدل التوليد من 11% في عام 2017، حيث تفوقت الصين على الولايات المتحدة باعتبارها أكبر منتج للكهرباء الحيوية خلال عام 2017. وارتفع إنتاج الوقود الحيوي لأغراض النقل بنسبة 2,5% في عام 2017، وظلت الولايات المتحدة والبرازيل أكبر منتجي العالم لإنتاج الإيثانول والبيوديزل، ونما إنتاج واستخدام أنواع جديدة من وقود النقل مثل الزيوت النباتية المعالجة بالهيدروجين بشكل كبير خلال السنوات الخمس الماضية، وفي عام 2017 تم إحراز تقدم في تطوير التقنيات اللازمة لإنتاج الوقود الحيوي المتقدم لاستخدامه في الطيران على سبيل المثال (Renewable energy policy network for the century, 2018).

2- التوسع في إنتاج الوقود الحيوي وأثره على تحقيق أمن الطاقة

عرفت توجهات الطاقة العالمية في سبيل تعزيز أمن الطاقة وتحقيق الانتقال الطاقوي، زيادة حجم الاستثمارات في الطاقات المتجددة، وعلى الخصوص الطاقة الحيوية الزراعية المنتجة من أصل نباتي، التي زاد الطلب العالمي عليها مدفوعاً بالسياسات الاقتصادية والبيئية والاجتماعية للدول الصناعية الكبرى، وعلى رأسها الولايات المتحدة الأمريكية والصين والهند والاتحاد الأوروبي، بهدف

تقليص اعتمادها وتبعيتها المتزايدة لمصادر الطاقة الأحفورية تحت ضغوط زيادة الطلب عليها في تلبية أساسيات الحياة، حيث مثلت الصين والولايات المتحدة الأمريكية لوحدها 23%، و18% على التوالي من الاستهلاك العالمي للطاقة (BSI economics).

فتح مجال الاستثمار في الطاقة الحيوية وعلى الخصوص الوقود الحيوي السائل (الإيثانول والبيوديزل) جدالاً واسعاً حول الفرص والتحديات، التي يمكن أن ترتبط به على المستوى الاقتصادي والاجتماعي والبيئي بالنسبة للدول خاصة منها النامية، فيما يخص تعزيز فرص التنمية من خلال توظيف العمالة وزيادة الدخل، وإنتاجية الأراضي الزراعية وتخصيصها، وتعزيز فرص الحصول على الطاقة النظيفة وتنويع مصادرها وصولاً لتحقيق أمن الطاقة واستدامتها.

من جهة أخرى، طرح التوسع في تطبيق سياسات إنتاج الوقود الحيوي، خاصة من طرف الدول المصدرة للغذاء كالبرازيل والولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي والصين إلى تعالي أصوات التحذير من أن تؤدي هذه السياسات الطاقوية غير المضبوطة إلى التأثير على حق الشعوب في تحقيق الأمن الغذائي على المستوى المحلي والإقليمي والدولي في المدى القصير والبعيد، فيما يرتبط به من الاستنزاف المفرط للأراضي الزراعية الخصبة والمياه الجوفية والعمالة والموارد المالية والمادية لصالح منافسة مخصصات المحاصيل الزراعية من الأغذية والأعلاف التي تستخدم في إنتاج الوقود الحيوي على حساب السلع الغذائية الموجهة لتعزيز الأمن الغذائي، بما يخل بالنمط الغذائي المتوازن واستقرار سوق السلع الغذائية من حيث الأسعار والعرض وتوظيف عناصر الإنتاج، ويؤثر على تراجع رفاهية الأسر وقدرتها على ضمان الغذاء بمختلف أنواعه، خاصة الفقيرة منها التي تنفق كل دخلها عليه (FAO,2012).

يعد الوقود الحيوي من أقدم استخدامات الطاقة التي عرفها الإنسان قبل اكتشافه للبترول والغاز، غير أن التقدم التكنولوجي والعلمي فتح مجالات أوسع واستخدامات جديدة لعناصر مختلفة من الطبيعة كطاقة في حياتنا اليومية. الوقود الحيوي هو الطاقة المستمدة من الكائنات الحية سواء تعلق بالنباتات أو الحيوانات، ويمكن الحصول عليه من المواد العضوية، إما بطريقة مباشرة من النباتات، أو غير مباشرة من المنتجات أو المخلفات الصناعية والزراعية والمنزلية والتجارية، وهو اليوم يمثل أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة، إذ بلغت حصته أكثر من 14% في مزيج الطاقة العالمي وفق إحصائيات 2017 للجمعية الدولية للطاقة الحيوية ضمن تقريرها حول الطاقة الحيوية العالمية، على خلاف غيرها من الموارد الطبيعية كالنفط والفحم الحجري وكافة أنواع الوقود الأحفوري والوقود النووي.

2-1- دور الوقود الحيوي في سياسات تحقيق أمن الطاقة

هناك عدة أنواع من الوقود الحيوي، منها ما هو منتج من النباتات الصالحة للأكل مثل السكر والشعير والذرة وزيت النخيل وغيرها (الوقود الحيوي من الجيل الأول)، ومنها ما هو منتج من النباتات غير الصالحة للأكل مثل الأخشاب والسليلوز والنفايات المنزلية (الوقود الحيوي من الجيل الثاني)، ومنها ما هو منتج من الطحالب وبعض الكائنات الدقيقة (الوقود الحيوي من الجيل الثالث).

الكحول الحيوي ينتج مثلاً من النباتات عن طريق التخمير الميكروبي، حيث تتحول الكربوهيدرات إلى كحول الإيثانول، أما الديزل الحيوي ينتج من الزيوت النباتية أو الشحوم الحيوانية مثل فول الصويا وزيت النخيل، والوقود الحيوي الغازي (غاز الميثان) ينتج من بقايا النباتات وفضلات الحيوانات عن طريق التخمير الميكروبي.

الوقود الحيوي الصلب تمثله الأخشاب وروث الحيوانات التي يمكن حرقها مباشرة لإعطاء طاقة حرارية، عامة يستخدم الوقود الحيوي ضمن ثلاث مجالات رئيسية كالتدفئة والتسخين؛ إنتاج الكهرباء؛ وقود لوسائل النقل.

يتميز الوقود الحيوي بمحدودية أضراره البيئية مقارنة مع الوقود الأحفوري، فهو وقود نظيف يعتمد إنتاجه في الأساس على تحويل الكتلة الحيوية سواء كانت ممثلة في صورة حبوب ومحاصيل زراعية مثل الذرة وقصب السكر، أو في صورة زيوت مثل زيت فول الصويا وزيت النخيل وشحوم حيوانية إلى وقود سائل مثل الإيثانول الكحولي أو الديزل الحيوي اللذين يمكن استخدامهما كوقود لوسائل النقل المختلفة (المنظمة العالمية للزراعة، 2013).

بدأت بعض الدول ضمن سياسات وبرامج لتطوير صناعة الوقود الحيوي بزراعة أنواع معينة من النباتات، تتوافق وطبيعة مواردها الزراعية وإمكاناتها المادية والتكنولوجية لاستخدامها في مجال الوقود الحيوي، منها الذرة وفول الصويا في الولايات المتحدة، وأيضاً نبتة الملفوف في أوروبا، وقصب السكر في البرازيل، وزيت النخيل في جنوب شرق آسيا.

لقد ازداد إنتاج الوقود الحيوي في العالم في أقل من عشر سنوات بمقدار خمسة أضعاف من أقل من 20 مليار لتر سنوياً في عام 2001 إلى أكثر من 100 مليار لتر سنوياً في عام 2011، مدفوعاً بالاستثمارات الضخمة والتحفيزات التشريعية والضريبية والمادية المحفزة المطبقة من كبار الدول المنتجة والمصدرة للوقود الحيوي في سبيل تنويع مزيج وأمن الطاقة.

تعد البرازيل والولايات المتحدة الأمريكية والصين والاتحاد الأوروبي، من أبرز منتجي ومستهلكي الوقود الحيوي بين دول العالم، فالبرازيل تنتج مادة الإيثانول من قصب السكر منذ عام 1975

لاستخدامه كوقود للسيارات، بينما تنتج الولايات المتحدة هذا الوقود من الذرة، وتشكل هاتان الدولتان 90% من الإنتاج العالمي (المنظمة العالمية للأغذية والزراعة، 2012).

مادة الإيثانول التي تنتج أساساً من قصب السكر والذرة، تشكل أكثر من 90% من مجمل إنتاج الوقود الحيوي في العالم، بينما مادة البيوديزل فتأتي في المرتبة الثانية من الوقود الحيوي، وتستخدم الدول الصناعية الوقود الحيوي لتقليص اعتمادها على الوقود الأحفوري في ظل زيادة الطلب العالمي على الطاقة ضمن سياسة تنويع الموارد، والاعتماد على الطاقات المتجددة، والتحرر من تقلبات وأزمات سوق المحروقات وتكاليفه العالية على اقتصادات الدول المستوردة له.

وفيما يلي سنستعرض مكانة الوقود الحيوي في تعزيز سياسة أمن الطاقة لمجموعة من الدول الصناعية:

■ الولايات المتحدة الأمريكية

الولايات المتحدة تسعى إلى تقليص اعتمادها الخارجي من استهلاك الطاقة المقدر بـ 45% ضمن هذا السياق، بين عامي 2001، و2007، زادت الطاقة الإنتاجية للإيثانول في الولايات المتحدة من 1,9 مليار جالون إلى 6,1 مليار جالون، بزيادة قدرها 220%، بفضل سياسة التحفيز المطبقة والدعم المالي والمادي والتشريعي لهذه الصناعة، ما خلق سوق وطلب على مادة الإيثانول، وفتح فرصاً إضافية لاستثمارات مالية جذابة في القدرات الإنتاجية، وصولاً إلى 10% من الوقود الحيوي في إجمالي استهلاك الوقود بحلول عام 2020.

بالإضافة إلى ذلك، في عام 2005، لأسباب تتعلق بأمن الطاقة، قامت الولايات المتحدة الأمريكية بتنفيذ سياسة معيار الوقود المتجدد والمعروفة باسم "الوقود الحيوي"، لزيادة حجم الوقود الحيوي من 4 مليارات جالون في عام 2006 إلى 7,5 مليار في عام 2012 (Ronel Adrien, 2011).

وهي تسعى لتعويض اعتمادها على مصادر النفط بمقدار 20% في عام 2017 وتعويضه باستخدام الوقود الحيوي (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2009). وبفضل سياسات الدعم والحوافز، تم تحقيق هذا الهدف في عام 2007، إذ بلغ إنتاج الوقود الحيوي 8 مليارات جالون، وبموجب هذه السياسة أيضاً، في عام 2022، يجب أن يصل حجم إنتاج واستهلاك الوقود الحيوي إلى 36 مليار جالون، منها 21 مليار في شكل وقود حيوي من الجيل الثاني (Ronel Adrien, 2011).

■ البرازيل

البرازيل في طريق تعزيز أمنها الطاقوي، طبقت سياسات تشجيع وتحفيز الاستثمار في الوقود الحيوي وعلى الخصوص مادة البيوديزل، ففي عام 2005 استطاعت إنتاج وتأمين 89% من استهلاك الطاقة الداخلية لديها، في حين كانت عام 1979 تستورد 80% من احتياجاتها من البترول.

اعتباراً من الأول من يناير 2008، قامت 35000 محطة خدمة في البرازيل بتسويق وقود جديد يسمى B2، والذي يتكون من وقود الديزل الأحفوري وكمية صغيرة من البيوديزل 2%، يأتي هذا الوقود من زراعة البذور الزيتية وفول الصويا وعباد الشمس وزيت النخيل، وعلى المدى القصير، تهدف البرازيل إلى تصدير 20% من إنتاجها من الإيثانول الحيوي (Ronel Adrien, 2011).

■ الاتحاد الأوروبي

يواجه الاتحاد الأوروبي تحديات كبيرة فيما يرتبط بتبعيته الكبيرة لمصادر الطاقة الأحفورية المستوردة في تأمين استهلاكات الطاقة والمحافظة على إمداداتها، أمام تراجع القدرة الإنتاجية لهذه المصادر على مستوى جميع دول الاتحاد بسبب محدودية الاحتياطيات والقيود البيئية والتجارية، نتيجة لذلك يستورد الاتحاد أكثر من نصف الطاقة التي يستهلكها، بتكلفة تتجاوز مليار يورو في اليوم، فهو يستورد حالياً 90% من النفط الخام، 69% من الغاز الطبيعي، و42% من الفحم (parlement européen, 2019).

للحد من اعتماده على الطاقة، وفي الوقت ذاته مكافحة ظاهرة الاحتباس الحراري، حدد الاتحاد الأوروبي هدفاً له بزيادة حصة الطاقات المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة إلى 20% بحلول عام 2020، بالنسبة للوقود الحيوي، فهو يخطط للوصول إلى معدل دمج يبلغ 10% بحلول عام 2020 في قطاع النقل (parlement européen, 2011).

■ الصين

يعرف الاقتصاد الصيني نمواً في الطلب على مختلف مصادر الطاقة الأحفورية، حيث بلغ معدل الزيادة في الطلب على الطاقة في الصين 2% في الفترة من 2015-2016، في وقت تمثل فيه الصين 23% من الاستهلاك العالمي للطاقة، مما يجعل من أمن الطاقة أولوية أساسية يجب تأمينها، خاصة وأن 16 من استهلاكات الطاقة نجدها مؤمنة من الواردات من الغاز والبترول والفحم، كما يتوقع أن يرتفع الطلب على الطاقة إلى 75% بحلول عام 2035 (Institut national des hôtes étude de la sécurité et de la justice, 2012).

طاقة الإنتاج المحلية ضعيفة مقارنة بحجم الطلب والاستهلاك المتزايد، رغم مجهودات السلطات الصينية للتقليل من حصة مصادر الطاقة الأحفورية وخاصة الفحم في مزيج الطاقة، والذي يمثل بين 70%، و 77% من الكهرباء المنتجة (BSI economics).

كل هذه التحديات دفعت الصين لتطوير وتنويع سياساتها الطاقوية من خلال التوجه نحو الاستثمار في الطاقات المتجددة ومن أبرزها الوقود الحيوي، إذ تعد الصين اليوم من الدول التي تحتل مراتب متقدمة في إنتاج الإيثانول في العالم، بعد الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل. وفي عام 2009، تجاوز إنتاجها ملياري لتر، وبحلول عام 2020، تعتزم حرق 15% من الوقود الحيوي في إجمالي استهلاكها للطاقة لأغراض النقل.

الجدول رقم (1): تطور إنتاج الإيثانول في العالم للفترة 2007-2011 (مليون جالون)

الدولة	2007	2008	2009	2010	2011
الولايات المتحدة الأمريكية	6498.6	9000	10.600.00	13.720.99	14.401.34
البرازيل	5019.2	6472.2	6577.89	6.921.54	5.573.24
الاتحاد الأوروبي	570.3	733.6	1039.52	1.176.88	1.167.64
الصين	486	501.9	541.55	541.55	554.76
كندا	211.3	237.7	290.59	356.63	462.3
تايلاند	79.2	89.8	435.2	-	435
كولومبيا	74.9	79.29	84	-	83.21
البقية	77.7	128.4	247.27	43.59	316
الهند	52.8	66	91.67	-	92
أستراليا	26.4	26.4	56.8	-	87.2
العالم	13096.4	17.335.20	19.534.99	22.761.18	28946.39

Source: F.O. Licht, Renewable Fuels Association , World Ethanol and Biofuels Report, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011.

ملاحظة: الجالون وحدة قياس للسوائل، يستخدم الجالون الإمبراطوري في أستراليا وكندا ونيوزيلندا والمملكة المتحدة، ويساوي الجالون الإمبراطوري 4.546.09 سم مكعب من السوائل (أي نحو 4.5 لتر). أما في الولايات المتحدة وكندا فإن الجالون يساوي 3.785.411 سنتيمتر مكعب (8 و 3 لتر)، والجالون الأمريكي أصغر من الجالون في المملكة المتحدة.

3- أثر سياسات إنتاج الوقود الحيوي على الأمن الغذائي العالمي

للوقود الحيوي دور أساسي في ارتفاع أسعار المواد الزراعية الغذائية، نتيجة تراجع المعروض من كميات المحاصيل الزراعية المصدرة للدول المنتجة في الأسواق العالمية، بسبب استخدام كميات كبيرة منها في صناعة الوقود الحيوي، ومن جهة أخرى زيادة الطلب عليها باعتبارها مواد وسيطة

في إنتاجه، وهذا ما يزيد من ارتفاع أسعارها في الأسواق العالمية، حيث شهدت أسعار المواد الزراعية الغذائية ارتفاعات متتالية منذ بداية عام 2002، وينعكس ذلك من خلال مؤشر أسعار الغذاء الحقيقي الذي ارتفع من 96,6 عام 2002 إلى 105,1 عام 2004، ليبلغ 116,5 عام 2006، ثم 164,5 عام 2008، و158,1 عام 2010 (المنظمة العالمية للأغذية والزراعة، 2012).

أبدى صندوق النقد الدولي قلقه من عواقب توسيع استخدام الحبوب لصنع الوقود الحيوي، على أسعار المواد الغذائية، خصوصاً في الدول الفقيرة؛ وحذر الصندوق من أن استخدام المنتجات الغذائية كمصدر للطاقة يمكن أن تكون له عواقب خطيرة على حركة الطلب على الغذاء العالمي، في حال استمر نمو استخدام هذا الوقود الحيوي.

فقفز إنتاج الوقود الحيوي العالمي خمسة أضعاف في عشرة سنوات، حيث ارتفع من أقل من 20 مليار لتر سنوياً في عام 2001 إلى أكثر من 100 مليار لتر سنوياً في عام 2011، وقد سجلت أكبر زيادة خلال الفترة 2007-2008، بالتزامن مع الارتفاع الهائل في أسعار المواد والسلع الغذائية، في الفترة 2008، و2011-2012، كانت الأسعار العالمية للحبوب والبذور الزيتية والدهون في المتوسط 2 إلى 2,5 مرة أعلى من متوسط أسعار المواد الغذائية في الفترة 2002-2004، وبلغ متوسط الزيادة في سعر السكر من 80% إلى 340% بين عامي 2000، و2004.

رغم أن الكثير من الدراسات أرجعت سبب هذا الارتفاع إلى عدد من العوامل الأخرى مثل المناخ، والأزمات والكوارث الطبيعية، وحالات الجفاف والتصحر، وتغير أسعار الصرف، غير أن العديد من المراقبين والمنظمات، بما في ذلك البنك الدولي ومنظمات المجتمع المدني، تعتقد أن النمو القوي في الطلب على الوقود الحيوي قد ساهم بقوة في ارتفاع الأسعار.

النقاش حول العلاقة التي يمكن أن تربط بين إنتاج الوقود الحيوي وتغير أسعار المواد والسلع الغذائية طرح وفتح المجال لبروز تحليلات وآراء متقاربة ومختلفة، هذا كون الوقود الحيوي يمثل عاملاً من بين مجموعة من العوامل التي لا يمكن التفريق بينها وعزل أثرها عن تأثير باقي العوامل الأخرى، من أجل تحليله من وجهة نظر تأثيره الإضافي، طالما أن الأخير ينطوي على آثار إضافية على الأسعار.

تحليل هيكل وتركيبية الطلب العالمي على المواد الغذائية، يؤكد ارتباطه المباشر في التأثير على ارتفاع أسعار المواد الغذائية وبشكل كبير، خصوصاً في أسعار محاصيل الحبوب والقمح؛ ففي الماضي كان الطلب على المواد الغذائية ينحصر على الاستهلاك الغذائي، أما الآن فإن كثيراً من المنتجات الغذائية تستخدم في إنتاج الوقود الحيوي (أهم المحاصيل المستخدمة لإنتاج الوقود

الحيوي الذرة وفول الصويا واللفت وقصب السكر وقشر الأرز وزيت النخيل وبقايا الحيوانات والخشب والسماد وغيرها)، فالتقديرات تشير إلى أن 20% من إنتاج قصب السكر عالمياً، و 9% من إنتاج الزيوت النباتية عالمياً يذهب لإنتاج الوقود الحيوي.

كما تشير التقديرات إلى أن الطلب على أنواع الحبوب المختلفة لإنتاج الوقود الحيوي ستساهم وحدها في رفع الأسعار بما نسبته 15% في الأعوام القليلة المقبلة، وعلى الرغم من أن التوصية السادسة التي خرجت من اجتماع مجموعة العشرين في عام 2011 تنص على أن تتخلى الدول عن دعم إنتاج الوقود الحيوي، وأن تتخلى أيضاً عن استخدامه كلياً في حالات التأزم الغذائي العالمي. إلا أن الولايات المتحدة ما زالت ماضية قدماً في سياستها التشجيعية على استخدام المحاصيل الزراعية في إنتاج الوقود الحيوي بحجة مراعاتها للبيئة؛ ولتصوير حجم خطورة التوجه لاستخدام الحبوب في إنتاج الطاقة، يكفي أن نعرف أن الغذاء المستخدم في تعبئة وقود حيوي في سيارة رباعية متوسطة الحجم يكفي لتغذية شخص لمدة سنة كاملة، في وقت تشير فيه التقديرات إلى أن 900 مليون شخص في مختلف أنحاء العالم يعانون مجاعات قاتلة (المنظمة العالمية للأغذية والزراعة، 2012).

عرفت السنوات الأخيرة زيادة في استخدام محصول الذرة في إنتاج الإيثانول، حيث تعد الولايات المتحدة الأمريكية أكبر منتج ومصدر في العالم، إذ تستحوذ على نصف التجارة العالمية 50% في هذه المادة الغذائية الأساسية، وازدادت حصة الذرة الموجهة إلى إنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية خلال عقد واحد من أقل من 10% إلى أكثر من 40% في الفترة من 2010 إلى 2012، وبقيت هذه النسبة عند هذا المستوى، ولم تتراجع فقط صادرات وحصة الولايات المتحدة في تجارة الذرة العالمية، بل لم تتحقق نسبة كبيرة من التوسع في إنتاج الذرة إلا على حساب المحاصيل الرئيسية الأخرى، وهو ما انعكس على زيادة أسعار الذرة والمحاصيل الزراعية البديلة لها كالقمح مثلاً في الأسواق العالمية، نتيجة زيادة الطلب.

وفي هذا السياق، أكد تقرير البنك الدولي كذلك على أن ثمة حاجة ملحة في أن تقوم البلدان الصناعية، التي كانت تمثل أكبر المساهمين في ظاهرة الاحتباس العالمي، ببذل مزيد من الجهد لمساعدة المزارعين الفقراء على تكييف أنظمة الإنتاج الزراعي لديهم مع تغير المناخ، ولمواجهة الطلب المتوقع عالمياً (لجنة الأمن الغذائي العالمي، 2013).

النتائج والتوصيات

عرف إنتاج واستهلاك الوقود الحيوي تطوراً سريعاً في السنوات القليلة الماضية، مدفوعاً بهواجس وسياسات تحقيق أمن الطاقة وتعزيز مصادرها وتنويعها، وحماية البيئة والمناخ من انبعاثات غازات

الاحتباس الحراري، ودعم مجهودات التنمية المستدامة. غير أن هذا التوسع والنمو الكبير الذي عرفه إنتاج الوقود الحيوي كان له آثاراً مباشرة وغير مباشرة على المدى البعيد والقريب على الأمن الغذائي العالمي، وعلى المياه والأراضي الزراعية وعناصر الإنتاج، ومع تزايد حدة هذه التأثيرات على أسواق الغذاء العالمية من حيث تقلبات الأسعار واختلال قوى السوق العالمي للغذاء، وما يمثله من تهديد مباشر على حق الشعوب في تأمين مصادر الغذاء الأساسية، تنشأ الحاجة إلى وضع سياسات للوقود الحيوي على أساس يحمي مصلحة فقراء العالم من الدول والشعوب في تأمين الغذاء.

زيادة التوسع في استخدام المحاصيل الزراعية كمدخلات وسيطة في عملية إنتاج الوقود الحيوي، مثل أحد أهم العوامل التي ساعدت في زيادة أسعار المواد الغذائية، وزيادة الطلب عليها في الأسواق المحلية والعالمية لاستخدامات أخرى غير الغذاء، ما فاقم من تحديات تحقيق الأمن الغذائي لدى مختلف دول العالم خاصة الفقيرة منها، نتيجة ارتفاع الأسعار وقلة المعروض منها.

في ظل الاستغلال الأمثل لموارد الطاقة المتنوعة المتاحة، يمثل الوقود الحيوي طاقة متجددة لا يمكن الاستغناء عنها بالنسبة للدول المنتجة، لما توفره من فرص في سبيل دعم لسياسات أمن الطاقة، وتحقيق الانتقال الطاقوي نحو مصادر متجددة أكثر أمناً، صديقة للبيئة، وذات تكلفة منخفضة.

غير أن هذا المصدر الحيوي والمتجدد رغم مزاياه المتعددة، أصبح يهدد الأمن الغذائي العالمي ما لم يضبط بسياسات مدروسة، فيما يخص استغلال عناصر الإنتاج من محاصيل زراعية وتربية ومياه وعمالة وموارد على حساب مخصصات سلة الغذاء الأساسية من حبوب وغيرها من الغذاء، وما يرتبط به من فقر وجوع وتدني المستوى المعيشي للأفراد وغيرها من المظاهر السلبية، وعليه لا بد على الدول والهيئات العالمية أن تضع قيوداً على استخدام المحاصيل الزراعية الأساسية المستخدمة كغذاء وعلف في صناعة هذا النوع من الوقود، وتشجيع استخدام عناصر حيوية أخرى.

المراجع

1. الداوي رضا، الداوي نسيم، (2010)، "الطلب على النفط وموقعه من مصادر الطاقة البديلة"، مذكرة ليسانس معهد العلوم الاقتصادية، التجارية وعلوم التسيير، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر.
2. شريفة كلاع، (ديسمبر 2017)، "انهيار أسعار النفط وتحولات أمن الطاقة في العلاقات الدولية"، مجلة مدارات سياسية، (2002)، مركز المدار المعرفي للدراسات والأبحاث.
3. صندوق النقد الدولي، (ديسمبر 2015)، "الطريق إلى خفض الكربون"، مجلة التمويل والتنمية.
4. عبد الله العرادي، "ملف حول التنمية المستدامة الطاقة المتجددة، دراسات وقوانين".
5. لجنة الأمن الغذائي العالمي، جوان 2013، "تقرير الوقود الحيوي والأمن الغذائي".

6. منظمة الأغذية والزراعة (2013)، لجنة الأمن الغذائي العالمي، "تقرير عن الوقود الحيوي والأمن الغذائي".
7. منظمة الأغذية والزراعة، (2012)، "تقرير فريق الأمم المتحدة عن حالة الأغذية والزراعة".
8. الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، (2011)، "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من تغير المناخ".
9. وداد غزلاني، (مارس 2015)، "أمن الطاقة في الاستراتيجية العالمية الواقع والأبعاد"، مجلة العلوم الإنساني، العدد 39/38، جامعة محمد خيضر، بسكرة، الجزائر.
10. وليد فؤاد أبو بطة، (2015)، "الاستخدام الآمن للطاقة المتجددة، مركز البحوث الزراعية"، معهد بحوث البساتين، مصر.
11. Institut national des hôtes étude de la sécurité et de la justice, (2012), la sécurité énergétique, 21 (72).
12. Lrene Deqingquzhen, la dépendance énergétique de la chine, BSI Economic.
13. Lrene Deqingquzhen, la dépendance énergétique de la chine, BSI Economics.
14. Milena thiville, (2015), la sécurité énergétique, nomad.
15. Organisation des nations unies pour l'alimentation et lagrecultur, (2012).
16. parlement européen, (2011), les européens et l'énergie.
17. parlement européen, (2019), les politiques de l'Union au service des citoyens, approvisionnement et sécurité energetiques.
18. Renewable energy pollycy network for the century, (2016), renewables, rapport sur le statut mondial des energies renouvelables.
19. Renewable energy pollycy network for the century, (2018), renewables 2018 global status report, 22.
20. Ronel Adrien, (2011), contexte, impacts et débats autour de la production d'agrocarburants versus le droit à l'alimentation, centre universitaire de formation en environnement université de sherbrooke.

بدائل الطاقة لسيناريوهات إغذاب مياه البحار والمياه الزراعية

أ.د. شادية راغب توفيق - أ.د. محمد حسن سرور - أ.د. عبد الغني جمال أبو النور -

أ.د. هيام فهم شعلان - د. هبة أحمد هاني - د. محمود عبد العزيز الطوخي

قسم الهندسة الكيميائية والتجارب نصف الصناعية - شعبة البحوث الهندسية -

المركز القومي للبحوث - شارع البحوث - الدقي

أ.د. شادية راغب

shadiatewfik@yahoo.com

- أستاذ باحث متفرغ بالمركز القومي للبحوث.
 - دكتوراه هندسة كيميائية.
 - لها خبرات سابقة في مجالات: دراسات الجدوي الفنية والاقتصادية - الهندسة الكيميائية وتطبيقاتها - عمليات الفصل الغشائي - تطوير تكنولوجيا إنتاج الألياف المجوفة - إدارة المخلفات الصلبة - تطوير وتنفيذ النموذج الأول المصنع محلياً لكمز المخلفات البلدية - إنتاج الايثانول من المخلفات الزراعية - الدراسات البيئية للمشروعات.
 - شغلت عدة مناصب:
 - مستشار سابق لوزير البحث العلمي.
 - مستشار سابق بجهاز البيئة.
 - مشارك في عدة دراسات دولية.
 - مجالات الاهتمام: الهندسة الكيميائية والبيئية ودراسات الجدوي الفنية والاقتصادية.
- د. هبة أحمد هاني

Hi_heba2@yahoo.com

- أستاذ باحث مساعد بالمركز القومي للبحوث.
- دكتوراه في الهندسة الكيميائية 2010.
- لها خبرات سابقة في مجالات: تحضير الزيوليت النانومتري - تقنيات الفصل والفصل الغشائي - معالجة سوائل الصرف - تحلية المياه واسترجاع الأملاح - تحضير الأغشية المجوفة - إدارة المخلفات الصلبة - النمذجة، المحاكاة والأمثلية - دراسات الجدوى الفنية والاقتصادية.
- مجالات الاهتمام: الهندسة الكيميائية والبيئية وتقنيات الفصل المختلفة

مستخلص

المياه شريان الحياة، وعلى الرغم من أن 71% من مساحة الكرة الأرضية مغطاة بالمياه، إلا أن منطقة الشرق الأوسط نصيبها من المياه وخاصة العذبة قليل للغاية. وفي الوقت الحالي فإن مصر تعاني من الفقر المائي، حيث إن نصيبها من مياه النيل وهو المصدر الرئيسي لمصر 55,5 مليار متر مكعب، وذلك قبل أي احتجاز للمياه عند سدود في أعالي النيل. وعلى ذلك فقد اتجهت أغلب الدول في منطقة الشرق الأوسط نحو إغذاب المياه، حيث يطبق على نطاق واسع في دول الخليج كما أن في مصر، في الوقت الحالي يتم تحلية أكثر من نصف مليون متر مكعب يومياً، وجاري التعاقد على العديد من الوحدات الأخرى.

وعلى الجانب الآخر، فإنه مع تناقص الوقود الأحفوري، فقد تم التوجه في أغلب دول العالم ومن بينها مصر إلى استخدام بدائل الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وقد أمكن فعلياً تحقيق تقدم ملحوظ في تكنولوجيات الطاقة المتجددة لرفع كفاءة استخدامها وخفض التكلفة، وهو ما تم أيضاً بالنسبة لتكنولوجيات إغذاب المياه. ويبدل قطاع البحث العلمي جهوداً كبيرة لإنتاج بعض المكونات محلياً لخفض التكلفة، ومنها على سبيل المثال الأغشية اللازمة لوحدة التحلية الغشائية. وتختص هذه الورقة بدراسة السيناريوهات المحتملة لإغذاب مياه البحار والمياه الزاخرة، حيث تتناول تسعة سيناريوهات محتملة تتضمن: ثلاثة سيناريوهات رئيسية، ويتفرع من كل منها ثلاثة سيناريوهات فرعية كالتالي:

السيناريوهات الرئيسية:

- 1- إنتاج مليار متر مكعب من المياه سنوياً، وهو ما يعد سيناريو متحفظ.
- 2- إنتاج ٢ مليار متر مكعب من المياه سنوياً، وهو ما يعد سيناريو متوسط.
- 3- إنتاج ٣ مليار متر مكعب من المياه سنوياً، وهو ما يعد أقصى الاحتياجات.

السيناريوهات الفرعية لكل من السيناريوهات الرئيسية

- 1- الاعتماد بالكامل على مياه البحار، خاصة وأن مصر حباها الله بسواحل تصل إلى حوالي 2500 كيلومتر طولي.
 - 2- الاعتماد بالكامل على المياه الزاخرة والمتوفرة في الخزان الجوفي في أغلب أنحاء الجمهورية بكميات هائلة، وكذلك مياه الصرف الزراعي وينسب ملوحة منخفضة.
 - 3- الاعتماد على 50% من مياه البحار، و50% المياه الزاخرة.
- ويتم تقدير الاحتياجات من الطاقة التقليدية والنوية التي ستتوافر خلال السنوات العشر القادمة، وكذلك ادخال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بمعدلات مناسبة من الاحتياجات. كما يتم اقتراح أساليب التمويل مع إشراك القطاع الاستثماري والمصرفي.

الكلمات الدالة: الطاقة- إغذاب المياه- التكاليف- التمويل- المصادر.

Optional Scenarios for Desalination of Seawater and Brackish Water

Abstract

Water is the artery of life. Despite 71% of the globe is covered with water the share of edible water in the Middle East is very limited. At present, Egypt is suffering from water poverty as the Nile Water which is its main source is only 55.5 billion cubic meters per year before any detention of water at dams built on the Upper Nile. Accordingly, most of the countries of the Middle East have built desalination plants. Also, Egypt currently produces more than 0.5 millions cubic meter of desalted water and several other plants are underway.

On the other hand, with the decrease of fossil fuels, there has been an increasing trend worldwide and in Egypt, to use renewable sources of energy such as solar and wind. There has been paramount progress in technologies of the renewable sources to increase its efficiency and decrease costs as well as for the desalination technologies.

The research and development sector is exerting considerable efforts to locally develop components such as the Membranes for water desalination.

This paper is concerned with the investigation of viable scenarios for desalination of seawater and brackish water. Nine scenarios are proposed which include three main scenarios and each comprises three sub-scenarios as follows:

Scenarios

1. Production of billion cubic meters per year which is considered as a conservative scenario.
2. Production of 2 billion cubic meters per year which is considered as an average scenario.
3. Production of 3 billion cubic meters per year which is considered as the maximum scenario.

Sub-Scenarios for each main scenario

1. Maximum reliance on seawater considering that Egypt has about 2500 kilometers of sea shore
2. Maximum reliance on brackish water which is available in the aquifer in addition to agricultural drainage water
3. Reliance on 50% seawater and 50% brackish water.

The energy requirements are estimated based on conventional sources and nuclear which is expected to be available within the next decade in addition to solar and wind energies with appropriate ratios of the needs. Also, funding sources are proposed with involvement of private and banking sectors.

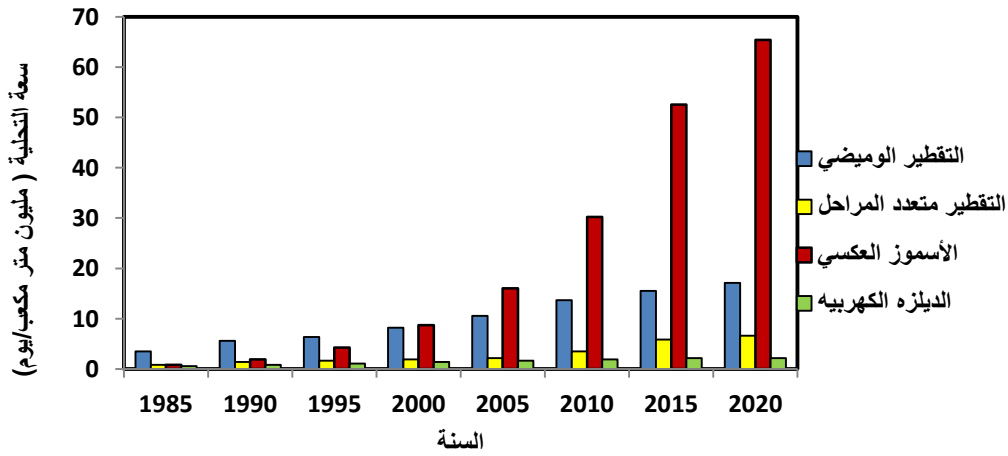
1. المقدمة

تعتبر المياه هي المصدر الرئيسي للحياة والتي أينما وجدت يمكن قيام مجتمعات للبشر. وعلى الرغم من أن 71% من مساحة الكرة الأرضية مغطاة بالمياه، إلا أن منطقة الشرق الأوسط نصيبها من المياه وخاصة العذبة قليل للغاية. وفي الوقت الحالي فإن مصر تعاني من الفقر المائي، حيث أن نصيبها من مياه النيل وهو المصدر الرئيسي لمصر 55,5 مليار متر مكعب، وذلك قبل أي احتجاز للمياه عند سدود في أعالي النيل. وعلى ذلك فقد اتجهت أغلب الدول في منطقة الشرق الأوسط نحو إغذاب المياه، حيث يطبق على نطاق واسع في دول الخليج كما أن في مصر، في الوقت الحالي تنتج حوالي نصف مليون متر مكعب يومياً، وجاري التعاقد على العديد من الوحدات الأخرى.

وتعتبر الطاقة أيضاً المصدر الرئيسي لتطور المجتمعات للاستخدام في الإنارة والنقل والانتقال والزراعة والصناعة والتطبيقات التكنولوجية المتنوعة. ويتم الاعتماد بشكل رئيسي على الوقود

الأحفوري كمصدر للطاقة، كذلك فقد تم التوجه في أغلب دول العالم ومن بينها مصر إلى استخدام بدائل الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

وقد بدأ منذ الستينيات في القرن الماضي، استخدام التحلية لمياه البحار كمصدر للمياه العذبة، وقد شهدت الفترة منذ الثمانينيات إلى الوقت الحالي تطوراً كبيراً في تزايد الاعتماد على محطات التحلية. كما شهدت أيضاً تزايداً في طاقات محطات التحلية. ويبين الشكل رقم (1) الساعات المتزايدة لمحطات نظم الأسبوز العكسي والذي يعد من أكثر التكنولوجيات تطوراً وترشيداً لاستخدامات الطاقة وكذلك التكنولوجيات الحرارية التي يعمل أغلبها في منطقة الخليج، والتي تعتمد على الاستخدام المرتفع للطاقة مثل التقطير متعدد المراحل، والتقطير الوميضي، ونظم انضغاط البخار حرارياً أو ميكانيكياً، بالإضافة إلى الديليزة الكهربائية.



شكل رقم (1): الساعات المتزايدة لمحطات إعذاب المياه بنظم الأغشية والنظم الحرارية.
المصدر: (Jones et al., 2019).

وتختص الورقة الحالية بتقدير احتياجات الطاقة لمحطات التحلية، وكذلك تقدير التكاليف الاستثمارية وتكاليف التشغيل بناءً على مخطط واقعي لحالات محتملة، كما تقترح مصادر وأساليب التمويل.

2. الإطار التخطيطي للورقة

تتناول الورقة الحالية إطار لمجمل متطلبات الطاقة اللازمة لإعذاب مياه البحار والمياه الزراعية لثلاثة سيناريوهات كالتالي:

- 3 مليون متر مكعب / يوم (مليار متر مكعب سنوياً)
- 6 مليون متر مكعب / يوم (2 مليار متر مكعب سنوياً)
- 9 مليون متر مكعب / يوم (3 مليار متر مكعب سنوياً)

ويتم حساب الطاقة المطلوبة لمحطات تحلية مياه البحار، بالإضافة إلى نموذج يتضمن مياه البحار والمياه الزائفة بنسبة متكافئة. ونظراً لطبيعة الإطار التخطيطي لهذا البحث فقد تم وضع الافتراضات التالية:

- 2.1 حساب مجمل الطاقة اللازمة لتحلية المتر المكعب أخذاً في الاعتبار الطاقات النوعية لضخ المياه إلى موقع المحطة والمعالجات الأولية والإعذاب، وكذلك التخزين والتخلص من المياه شديدة الملوحة (Brine).
- 2.2 لم يتناول حساب الطاقة احتمالات التوقف الجزئي أو الكلي لبعض المحطات لأغراض الصيانة أو لأسباب مختلفة، وأيضاً احتمالات حيود نظم التشغيل عن متطلبات الاستفادة القصوى والاسترجاع الكامل للطاقة.
- 2.3 لم يتم الأخذ في الاعتبار طاقات الإنتاج للمحطات الفرعية، واستبدل ذلك بمجمل احتياجات الإعذاب لكل سيناريو.
- 2.4 الطاقة القصوى لمحطة الإعذاب لمياه البحار والمياه الزائفة 500 ألف ، و 250 ألف متر مكعب يومياً على التوالي، ومن ثم يتناول السيناريو الأساسي الأول ستة محطات لمياه البحر اثنا عشر للمياه الزائفة.
- 2.5 الطاقة المفترضة هي الطاقة التخطيطية النهائية للمحطة بغض النظر عن مراحل التنفيذ، والتي غالباً ما ترتبط بتطور الاحتياجات في موقع الإنشاء.
- 2.6 في المرحلة التخطيطية، يمكن الاعتماد على الطاقة الإجمالية ولا يتأثر ذلك بشكل مؤثر بعدد المحطات.
- 2.7 يتم تشغيل هذه المحطات بالطاقة الكهربائية التقليدية من الشبكة الكهربائية، ومن ثم فإن أي طاقات إضافية ترتبط بنمو الاحتياجات للإعذاب يمكن إضافتها على أي موقع من الشبكة.
- 2.8 واستثناءً من البند السابق، فإنه في بعض المواقع الساحلية أو الصحراوية البعيدة عن الشبكة يمكن أن يتم استغلال محطات طاقة غازية (دورة مركبة) أو نووية أو رياح أو شمسية.
- 2.9 سوف يتم الاعتماد على أسعار الطاقة الدولية لحساب مجمل التكاليف لاحتياجات الطاقة مع التركيز على المصادر التي تختص بمصر.
- 2.10 لم يتناول تقدير احتياجات الطاقة متطلبات المجتمع المخدم أو احتياجات إعادة استخدام المياه، وأيضاً الصناعات القائمة على السوائل الملحية الناتجة عن محطات التحلية، والتي تحتاج إلى دراسات خاصة.

3. تقديرات احتياجات الطاقة للسيناريوهات المقترحة

تم حساب احتياجات الطاقة اليومية للمحطات بناءً على الاستخدامات الفعلية لمحطات قائمة بالفعل على المصادر الساحلية المختلفة باستخدام نموذج الأسبوز العكسي، والذي يعد الأكثر ملائمة، ويبين جدول رقم (1) مقارنة استهلاك الطاقة باستخدام الأنظمة المختلفة في إغذاب مياه البحار (الغشائية والحرارية).

جدول رقم (1): مقارنة استهلاك الطاقة باستخدام الأنظمة المختلفة في إغذاب مياه البحار

تكنولوجيا الإغذاب	استهلاك الطاقة الكلية (ك.وات.س/م3)
التقطير الوميضي ¹	12.5-9
التقطير متعدد المراحل-الانضغاط الغازي الحراري ¹	8-5.5
التقطير متعدد المراحل ²	11-6.5
الأسبوز العكسي ³	6-3
الدبلة الكهربائية ³ (للمياه الزاغة)	3.5-1
التقطير الغشائي ^{3,4}	60-20

1. World Bank (2019).

2. Alkai (2017).

3. Stillwel (2016).

4. Kesieme (2013).

ويبين الجدول رقم (2) مجمل احتياجات القدرة الكهربائية للسيناريوهات المقترحة على أساس معامل تحميل 80%. والتي قدرت على أساس احتياجات الطاقة النوعية لمحطات التحلية للمياه الزاغة ولمياه البحار بالأسبوز العكسي بمتوسط 4، و 5.5 (ك.وات.س/م3)، على التوالي (World Bank (2017), Alkai (2017), Ghalavand (2014), Roy (2018), Bank (2019)، ويتضمن هذا التقدير ضخ المياه الخام والمعالجة الابتدائية، وعملية التحلية، والتخلص النهائي من الناتج الملحي، وأي استخدامات ثانوية للكهرباء داخل المحطة.

وكما هو مبين، فإن للسيناريو الأول، والذي يتأسس على طاقة إغذاب مياه (3 مليون م3/يوم)، فإن مجمل استخدام القدرة يتراوح بين 625 و 859 ميجاوات طبقاً لنوعية المياه المستخدمة. كما تبلغ احتياجات الطاقة من المصادر السابق ذكرها لإجمالي طاقة إنتاج 9 مليون م3/يومياً لمياه البحار حوالي 50 ألف ميجاوات يومياً.

ويتبين من العرض السابق أن أقل الاحتياجات هو السيناريو المختلط الذي يعتمد على توفير 50% من الاحتياجات من مياه البحار، وباقي الاحتياجات من المياه الزاغة (مياه صرف زراعي/ مياه جوفية).

جدول رقم (2): مجمل احتياجات القدرة الكهربائية والطاقة اليومية للسيناريوهات المقترحة

السيناريو	الإنتاج اليومي: مليون متر مكعب	نوع المياه			
		المياه الزراعية		مياه البحار	
		القدرة ميغاوات	الطاقة ميغاوات ساعة/يوم	القدرة ميغاوات	الطاقة ميغاوات ساعة/يوم
الأول	3	625	12000	859	16500
الثاني	6	1250	24000	1719	33000
الثالث	9	1875	36000	2578	49500

* تم حساب الطاقة على أساس: 4 ك.وات/س.متر مكعب: المياه الزراعية و 5.5 ك.و.س/متر مكعب: مياه البحار.

ونود التأكيد على واقعية البديل المختلط للوفاء بالاحتياجات المتزايدة للمجتمعات العمرانية البعيدة عن السواحل والمدن شبه الصحراوية، وأيضاً أن هناك احتياجات للمجتمعات الصناعية الجديدة القريبة من مصادر صرف زراعي كبرى مثل مياه مصرف العموم.

4. مصادر الطاقة

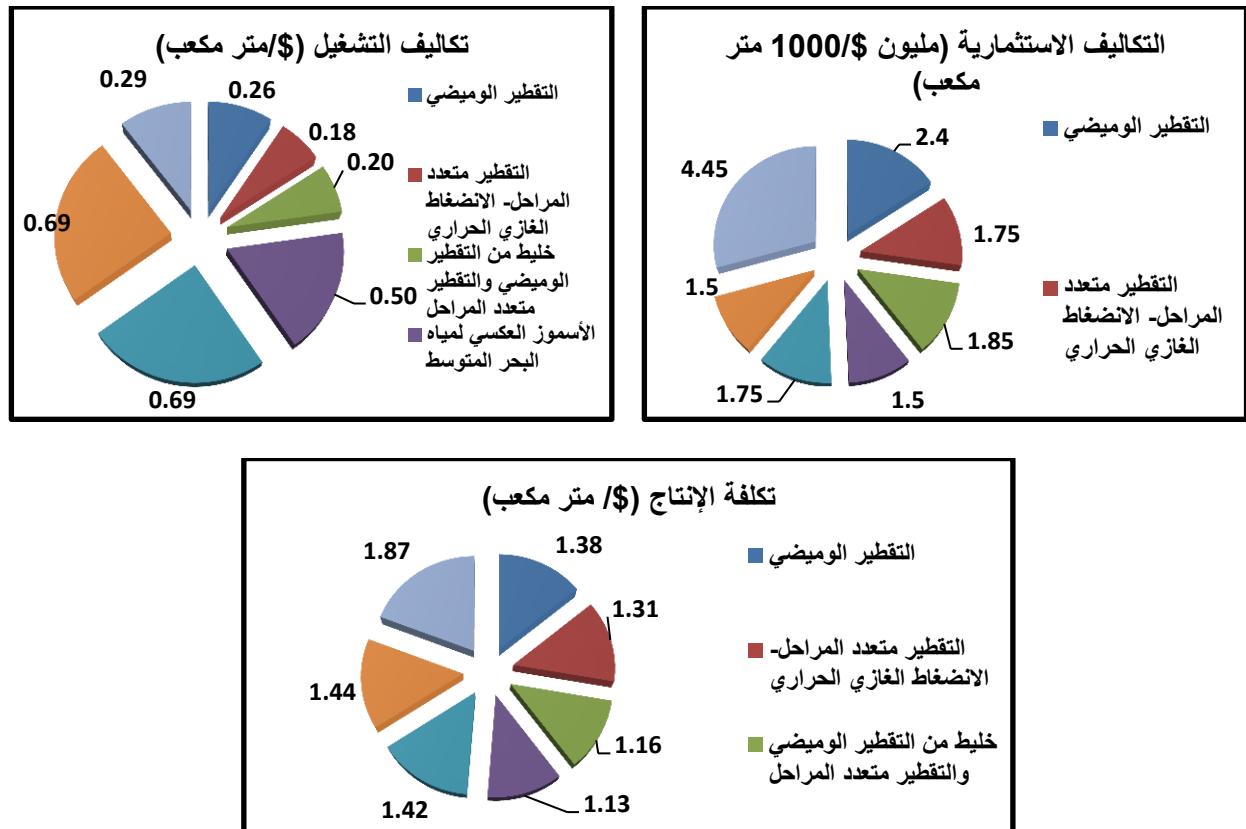
يمكن توفير الطاقة اللازمة للسيناريوهات المقترحة من خلال:

- إضافة قدرات جديدة لمحطات التوليد الغازية بالدورة المركبة، وهو ما قد يواجه بصعوبات فنية ترتبط بقدرات تحميل الشبكات.
 - قدرات توليد جديدة مثل محطة الضبعة النووية أو محطات توليد صغيرة. وتقدر التكلفة الاستثمارية للطاقة النووية بحوالي 4380 (دولار/ ك.وات) (Shaaban 2017) إلى 5224 (دولار/ك.وات). (EIA.gov)
 - شبكة الربط الدولية مع الدول المجاورة والتي تتيح تبادل فوائض الطاقة في غير أوقات الذروة، التي غالباً ما تتباين بين الدول المشاركة.
 - الطاقة الجديدة والمتجددة والتي سيتم تناول بعض الاعتبارات الخاصة بها لاحقاً.
- ويجدر التأكيد على أهمية الاعتبارات البيئية لارتباطها المباشر بمصادر الطاقة، لذلك فقد أفرنا الملحق رقم (1) لتلك الاعتبارات.

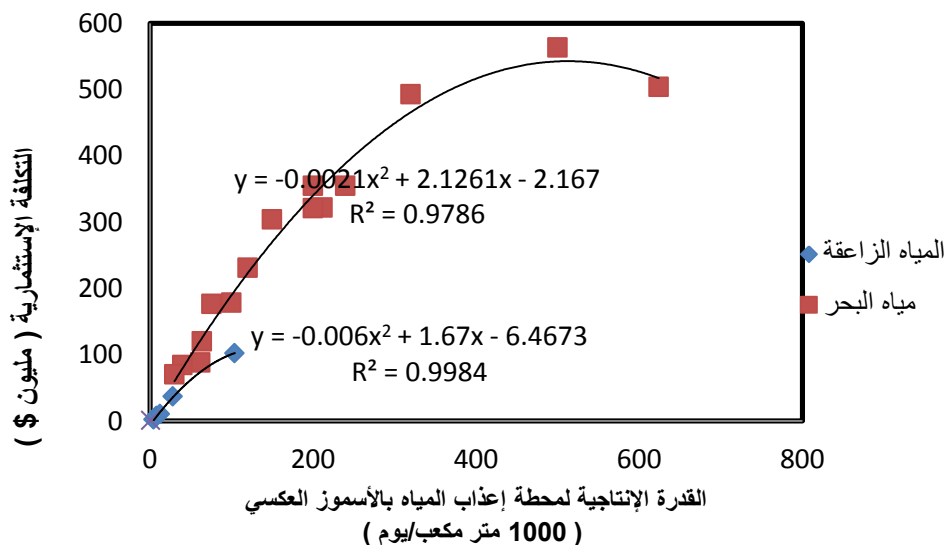
5. تقديرات المتطلبات المالية للسيناريوهات المقترحة

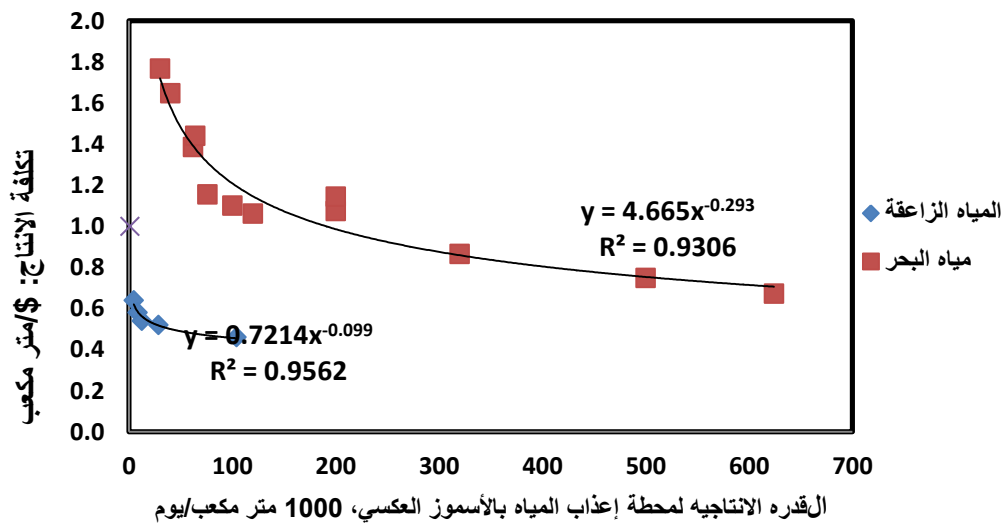
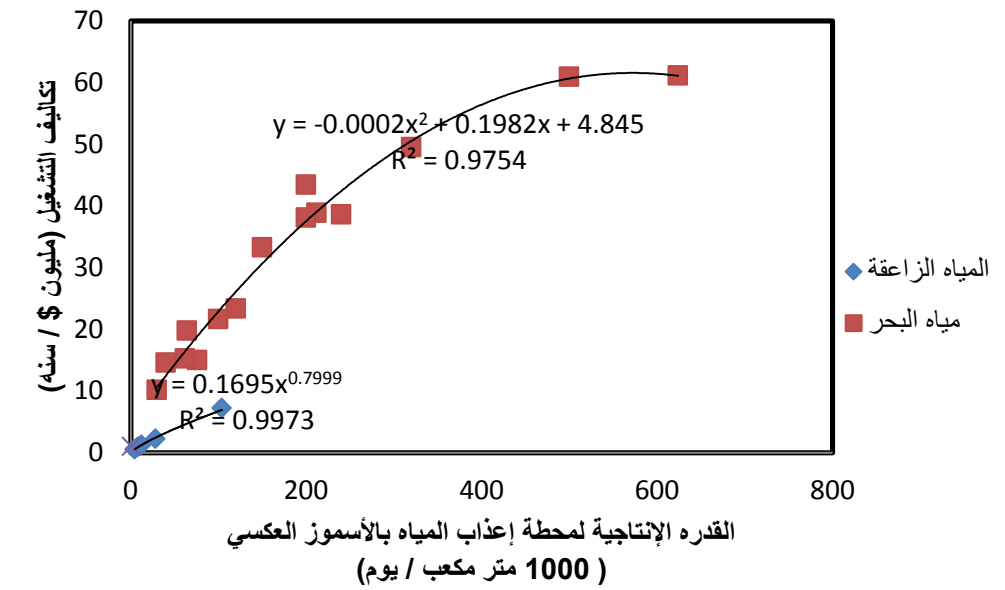
من أهم الاعتبارات التخطيطية على وجه العموم لنظم إغذاب المياه، تحديد المؤشرات المالية، وسعر الوحدة. ويوضح الشكل رقم (2) التكاليف الاستثمارية النوعية لتكنولوجيات الإغذاب المختلفة (World Bank, 2019). كما يبين الشكل رقم (3) التكاليف الاستثمارية وتكاليف

التشغيل وسعر الوحدة لمحطات فعلية لإعذاب مياه البحر المتوسط والأحمر والمياه الزراعية بطاقات إنتاجية من حوالي 4 إلى 100 ألف متر مكعب يومياً للمياه الزراعية (Arroyo, 2012)، ومن 30 حتى أكثر من 600 ألف متر مكعب يومياً لمياه البحر (World Bank, 2019). وقد تم استنباط العلاقات الرياضية التي تربط التكاليف بالطاقات الإنتاجية، وذلك بعد رفع التكاليف باستخدام أدلة الأسعار cost indices إلى عام (٢٠١٨)، كما هو موضح في الشكل رقم (٣).



شكل رقم (2): التكاليف الاستثمارية النوعية لتكنولوجيات الإعذاب المختلفة.
World Bank, (2019)





شكل رقم (3): تكاليف محطات إغذاب مياه البحار الأحمر والمتوسط والمياه الزراعية بطاقات إنتاجية مختلفة.

المصدر: (2019)-World Bank, (2012)-Arroyo

وتبلغ الاحتياجات المالية مقدرة بالدولار للسيناريوهات الأساسية والفرعية المقترحة ما يتراوح بين حوالي 2.5 مليون دولار/سنة للسيناريو الأول من المياه الزراعية إلى 10.1 مليون دولار/سنة، للسيناريو الثالث من مياه البحر، كما هو مبين بالجدول رقم (3).

جدول رقم (3): الاحتياجات المالية للسياريوهات المقترحة لإعذاب المياه باستخدام مياه البحار والمياه الزراعية وخليط المياه المالحة والزراعة

نوع المياه	الإنتاج اليومي: مليون متر مكعب			الاحتياجات المالية
	9	6	3	
المياه الزراعية	7430	4953	2477	التكاليف الاستثمارية: مليون دولار
	524	349	175	تكاليف التشغيل السنوية: مليون دولار
	0.44			تكلفة الإنتاج: دولار/ متر مكعب
مياه البحار	10134	6756	3378	التكاليف الاستثمارية: مليون دولار
	1098	732	366	تكاليف التشغيل السنوية: مليون دولار
	0.75			تكلفة الإنتاج: دولار/متر مكعب
خليط من المياه الزراعية والبحار	8782	5855	2927	التكاليف الاستثمارية: مليون دولار
	811	541	270	تكاليف التشغيل السنوية: مليون دولار
	0.59			تكلفة الإنتاج: دولار/متر مكعب

6. قدرات التصنيع المحلي

على الرغم من ارتباط مؤشرات التكلفة للطاقة والمحطات بالتقديرات المنشورة، إلا أن هناك العديد من الفرص المواتية التي يمكن أن تؤدي إلى تحسن مؤشرات استهلاك الطاقة والتكلفة منها:

- تطور تكنولوجيات الإعذاب، وعلى وجه التحديد أنظمة الأسبوز العكسي واسترجاع الطاقة (Energy Recovery System)، وهو ما قد يؤدي إلى خفض مؤثر يصل إلى 20% من احتياجات الطاقة.

- تسارع عمليات التطوير التكنولوجي لمحطات التحلية على المستوى المحلي والدولي، وما يرتبط بذلك من إمكانيات خفض التكلفة الاستثمارية، وتكلفة التشغيل للمحطات.

- التكاليف الرسمية والتشجيع الرئاسي للصناعة المصرية بتطوير نظم الإعذاب ومنظومات الطاقة بالتعاون مع الشركات الدولية المتخصصة.

- أيضاً إتاحة التمويل لمشروعات البحث العلمي الخاصة بإعذاب المياه لإنتاج بعض المكونات محلياً لخفض التكلفة، ومنها على سبيل المثال الأغشية اللازمة لوحدة التحلية الغشائية.

7. تمويل مشروعات الطاقة اللازمة لمحطات إعذاب المياه

هناك عدة مصادر تبادلية للطاقة يمكن استخدامها في إعذاب مياه البحار أو المياه الزراعية، حيث تم اختيار نظام الأسبوز العكسي في هذا البحث، وسوف يتم التركيز على الطاقة الكهربائية من المصادر المختلفة ومنها التقليدية (البترولية أو الفحم)، وكذلك الكهرباء النووية، وأخرى المستمدة

من الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح، ويبين الجدول رقم (4) التكاليف الاستثمارية وتكلفة الميجاوات ساعة للتكنولوجيات التي تعتمد على المصادر المختلفة للطاقة.

جدول رقم (4): التكاليف الاستثمارية والتكلفة للوحدة للميجاوات ساعة للتكنولوجيات من مصادر الطاقة المختلفة

المرجع	السنة	تكلفة التشغيل للوحة (دولار / ميجاوات. ساعة)	التكاليف الاستثمارية (دولار / ك.وات)	التكنولوجيا/ مصدر الطاقة
Kost 2018	2023 استثمارات مرتفعة	111.00	4440	الغاز الحيوي
Kost 2018	2023 استثمارات منخفضة	111.00	2220	
Shaaban (2017)	2017	90.1	2816	الكتلة الحية
EIA (2019)	2022		3,900	
Hwang (2019)	2019		1400	الفحم
Shaaban (2017)	2017	44.3	1867	
Kost (2018)	2024 استثمارات مرتفعة	39.96	2442	الفحم البني
Kost (2018)	2024 استثمارات منخفضة	39.96	1776	
Kost (2018)	2025 استثمارات مرتفعة	35.52	2220	الفحم الصلب
Kost (2018)	2025 استثمارات منخفضة	35.52	1443	
EIA (2019)	2022		5,169	الفحم بنسبة معالجة 30%
EIA (2019)	2022		5,716	الفحم بنسبة معالجة 90%
Hwang (2019)	2019		760	غاز
Mondal (2019)	2016		947	غاز بدورة مركبة
Mondal (2019)	2020		917	
Lazard (2019)	2019	الأقصى 68* الأدنى 44*		
EIA (2019)	2021		8,895	غاز من مقالب القمامة
Shaaban (2017)	2017	23	831	غاز طبيعي
Mondal (2019)	2015		676	تربينات غاز بخار
Mondal (2019)	2016		3650	طاقة باطن الأرض
Kost (2018)	2027 استثمارات مرتفعة	22.20	666	
Kost (2018)	2027 استثمارات منخفضة	22.20	444	
EIA (2019)	2022		2,787	
Mondal (2019)	2020		2640	مائية
Shaaban (2017)	2017	94.5	4918	
EIA (2019)	2022		2,948	
Hwang (2019)	2012		5100	نووية
Lazard (2019)	2019	الأقصى 192*		

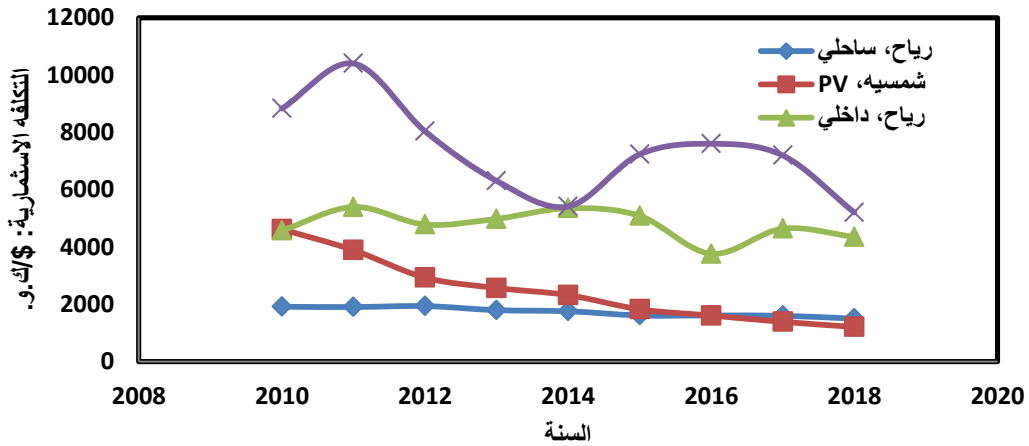
المرجع	السنة	تكلفة التشغيل للوحدة(دولار/ ميغاوات.ساعة)	التكاليف الاستثمارية (دولار / ك.وات)	التكنولوجيا/ مصدر الطاقة
		الأدنى 118 *		
EIA (2019)	2022		6,034	نووية متقدمة
Shaaban (2017)	2017	93.7	4380	
Shaaban (2017)	2017	35.3	3605	شمسية PV
Mondal (2019)	2015		4800	
Mondal (2019)	2020		4451-3150	
IRENA (2019)	2019	الأقصى 85 *		
		الأدنى 58 *		
Kost (2018)	2019استثمارات مرتفعة	27.75	1110	شمسية صغيرة(100 - kwp 1000)
Kost (2018)	2019 استثمارات منخفضة	27.75	888	
Kost (2018)	2018 استثمارات مرتفعة	38.85	1554	شمسية صغيرة (5 - 15 kwp)
Kost (2018)	2018استثمارات منخفضة	38.85	1332	
Mondal (2019)	2016		4879-4252	شمسية مركزة
EIA (2019)	2021		4,291	
Hwang (2019)	2012		1400	رياح
Mondal (2019)	2015		2000	
Mondal (2019)	2020		1800-17	
EIA (2019)	2021		1,624	
Shaaban (2017)	2017	36.4	1582	
Kost (2018)	2022استثمارات مرتفعة	111.00	5217	رياح داخلي
Kost (2018)	2022 استثمارات منخفضة	111.00	3441	
EIA (2019)	2022		6,542	
Kost (2018)	2021 استثمارات مرتفعة	33.30	2220	رياح ساحلي
Kost (2018)	2021استثمارات منخفضة	33.30	1665	

*LCOE leveled cost of energy.

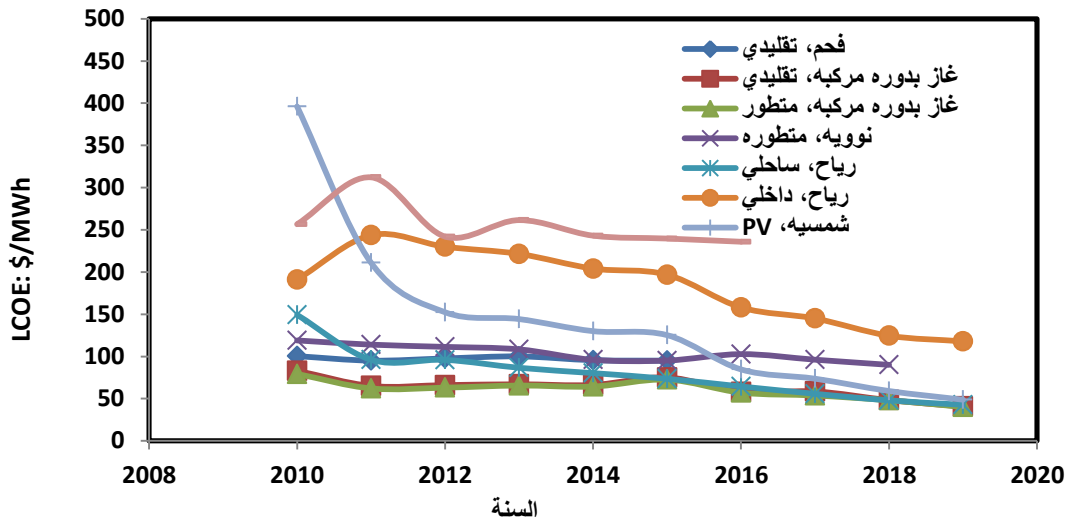
ويلاحظ من الجدول أن هناك تفاوت كبير في التكاليف المختلفة، نظراً لاختلاف المواقع ومستوى التكنولوجيا وأسس التقديرات.

وبالطبع، فإن اختيار مصادر الطاقة المناسبة لمشروعات التحلية الكبرى لابد أن يأخذ في الاعتبار ما يلي:

- أ. حتمية وجود أكثر من مصدر للطاقة لتغذية المحطة بما يضمن الاستمرارية، ومن ثم فيمكن إنشاء المحطة متضمنة وحدتي الإعدام والتوليد (Stand-Alone Power Generator)
- ب. إمكانية توفير مصدر سريع للطاقة بحيث يتم الاعتماد عليه فور الانتهاء من المحطة على أن يتم توفير مصدر تبادلي بالسرعة الواجبة.
- ج. يمكن الإعتماد على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح للمجتمعات الصحراوية والساحلية والتي يصعب إمدادها بالكهرباء التقليدية بصورة اقتصادية.
- د. يوضح الشكل رقم (4) التكاليف الاستثمارية (دولار/ك.وات) للطاقات الجديدة والمتجددة، كما يبين الشكل رقم (5) تكاليف الوحدة LCOE دولار/ميغاوات ساعة على مدار العقد الماضي، حيث يتبين الانخفاض المتسارع للطاقات الجديدة بحيث يمكن توقع تنافسية الأرقام السعرية في آمام متوسطة.
- هـ. تبذل حالياً جهود مكثفة لتنويع مصادر مختلفة للطاقة، وأيضاً زيادة نسبة التصنيع المحلي لمعدات التوليد والنقل والتحكم، ومن ثم يجب توافق تخطيطات المشروعات زمنياً مع توفير الإمكانيات الفنية والمادية لمنظومات الطاقة اللازمة.



شكل رقم (4): تغير التكاليف الاستثمارية للطاقات المتجددة خلال العقد الماضي.



شكل رقم (5): تغير التكاليف بالدولار للميجاوات. ساعة خلال العقد الماضي لأغلب التكنولوجيات من مصادر الطاقة المتعددة
*LCOE leveled cost of energy

و. تعتمد الورقة الحالية على توظيف تكنولوجيا الأسموز العكسي كأساس استراتيجي للتخطيط المستقبلي، نظراً لاعتبارات التكلفة واحتياجات الطاقة، إلا أنه يمكن في كثير من الأحيان تبني نماذج تكنولوجية لأنظمة حرارية وغشائية عند توافر مصادر رخيصة للطاقة الحرارية، ومنها الطاقة الشمسية ومنظومات تبريد المحطات الحرارية، حيث تعتبر مياه التبريد بعد استخدامها مصدر للطاقة يمكن استخدامه كمصدر حراري في بعض الأنظمة مثل التقطير الغشائي. تتناول السيناريوهات المستقبلية متطلبات فنية واقتصادية لاستخدام المياه الزراعية، ولاسيما في مناطق المشروعات الكبرى داخل وادي النيل على مقربة من المصارف الزراعية الرئيسية، وكذلك ترعة السلام، وهذه الأماكن بطبيعتها مجاورة للشبكة القومية للتوزيع الكهربائي، ويمكن في بعض الأحيان توفير مصادر تبادلية، إذا ما تطلب الأمر ذلك.

ز. ويجدر التأكيد على أن المحطات القائمة على استخدام المياه الزراعية ستكون ذات قدرات صغيرة نسبياً فقط لتأمين التوسع لاستخدام المياه، نظراً لقرب مصادر مياه النيل والمصارف، وفي هذه الحالات يمكن افتراض طاقات تقديرية لمحطات للمياه في حدود (150-250) ألف متر مكعب يومياً.

ح. اعتمدت هذه الورقة على تقديرات متحفظة لاستخدامات الطاقة، وتبين متابعة تقديرات التكنولوجيات الحديثة لاحتياجات الطاقة اللازمة لتحلية المياه، إمكانية إحداث خفض مؤثر فيها.

- وبناءً على التحليل السابق، تم وضع أسس للتقديرات كما هو مبين في الجدول رقم (5). وقد تم استنباط هذه الأسس بقدر الإمكان من التقديرات المنشورة مع الاستناد إلى التقديرات المنشورة عن مصر. وقد قدرت في هذا البحث نسب الاعتماد على الطاقة النووية والطاقات المتجددة كالتالي:
- تم تقدير نسبة 10% للمحطات بالفحم، حيث أقدمت مصر على توقيع اتفاقية مع الصين لهذه التكنولوجيا.
 - تم تقدير 5% الشمسية PV، وهو ما يعد أقل من خطة وزارة الكهرباء لمراعاة لمستوى التكاليف والتأثيرات البيئية.
 - ينطبق التقدير السابق على طاقة الرياح.
 - بالنسبة للطاقة النووية فقد تم افتراض 5% أيضاً أخذاً في الاعتبار توقعات استخدامها مستقبلياً.
 - وعلى ذلك، فقد قدرت تكنولوجيا الغاز بالدورة المركبة بنسبة 75%.

جدول رقم (5): أسس تقدير التكاليف الاستثمارية والتشغيل لمحطات الطاقة بتكنولوجيات مختلفة

مصدر الطاقة	التكاليف الاستثمارية دولار/ك.وات		تكاليف التشغيل الثابتة السنوية دولار/ك.وات	نسبة المشاركة %
	الحد الأدنى	الحد الأقصى		
الفحم	¹ 1867		44.3 ¹	10
طاقة شمسية (PV)	² 3156	² 4451	40 ²	5
طاقة الرياح	² 1700	² 1800	60 ²	5
طاقة نووية	¹ 4380		93.7 ¹	5
غاز بدورة مركبة	² 917		18.3 ²	75

¹Shaaban (2017).

²Mondal (2019).

ويبين الجدول رقم (6) التكاليف لمصادر الطاقة اللازمة لتغذية محطات إغذاب المياه للسيناريوهات المقترحة في هذه الدراسة.

جدول رقم (6): الاحتياجات المالية لمحطات الطاقة المطلوبة للسيناريوهات المقترحة

نوع المياه	الاحتياجات المالية: مليون دولار	الإنتاج اليومي: مليون متر مكعب		
		3	6	9
المياه الزراعية	التكاليف الاستثمارية (الحد الأدنى)	835	1670	2505
	التكاليف الاستثمارية (الحد الأقصى)	879	1758	2636
	تكاليف التشغيل السنوية	16	31	47
مياه البحار	التكاليف الاستثمارية (الحد الأدنى)	1148	2297	3445
	التكاليف الاستثمارية (الحد الأقصى)	1208	2417	3625
	تكاليف التشغيل السنوية	21	43	64
خليط من المياه الزراعية والبحار	التكاليف الاستثمارية (الحد الأدنى)	992	1983	2975
	التكاليف الاستثمارية (الحد الأقصى)	1044	2087	3131
	تكاليف التشغيل السنوية	19	37	56

8. تمويل نظم إغذاب مياه البحار والمياه الزراعية ومنظومات الطاقة المرتبطة

في ظل اتجاه الدولة للإصلاح الاقتصادي والإدارة الاقتصادية للمشروعات وتنظيم مشاركة القطاع الخاص المصري، وأيضاً الاستثمار الأجنبي المباشر، فإنه يمكن تصور الاتجاهات التالية لتمويل المشروعات المستهدفة.

1.8 مشروعات يتم طرحها من خلال التمويل الحكومي

- ويقترح أن يتم استخدام التمويل الحكومي في الحالات التالية:
- التوسع في المشروعات القائمة التي تم إقامتها بتمويل الدولة.
 - المشروعات العاجلة في مناطق بعيدة والتي لا تتمتع بجذب الاستثمار الخاص أو الأجنبي المباشر.
 - الاستثمار في قطاعات تنسم بارتفاع نسبة المخاطر المالية.

2.8 مشروعات من خلال القطاع الخاص المصري والعربي

بالنسبة للمشروعات المتكاملة لإنتاج الطاقة والمياه في المجتمعات الجديدة والتي تتمتع بجذب خاص وإمكانية تحقيق مزايا تنافسية للمستثمرين، فيمكن إعدادها بعد دراسة السوق لتحديد التعريف الواجبة للخدمة، وبما يمنع الاحتكار للجهات ذات الخبرة، والقدرة على التمويل والإنجاز السريع لهذه المشروعات، وفي ظل شروط تضمن استمرارية التغذية ومستوى التكنولوجيا، والحفاظ على النوعية البيئية مع ضمان نظم تبادلية لتوافر الخدمة في حالة الطوارئ.

3.8 الصناديق السيادية

في حالة المشروعات الكبرى التي قد تقصر قدرات القطاع الخاص أو التمويل الأجنبي المباشر المشاركة فيها نظراً لظروف اللاتقنين، فإنه يمكن أن تقوم الصناديق السيادية بتشكيل شركات للطرح في البورصة مع احتفاظ الصناديق بنسبة حاکمة لضمان الاستمرارية وجودة الخدمة والتعريف المطبقة والتكامل مع مشروعات الأمن القومي، ولاسيما القطاعات ذات الطبيعة الخاصة (الحدودية على سبيل المثال).

4.8 مشروعات يتم تمويلها بمنح أو قروض من الصناديق العربية أو جهات التمويل الدولية على أن يطرح للاكتتاب الوطني بعد استكمالها

9. المؤشرات المالية والفنية لحالات نمطية لإعذاب المياه واستخدام الطاقة

نعرض في الجدول رقم (7) لحالاتي دراسة لطاقت 150 ألف متر مكعب يومياً لإعذاب مياه البحار والمياه الزراعية، متضمنة استخدامات الطاقة والتكاليف الاستثمارية والنوعية، وذلك باستخدام المعادلات التي تم استنباطها كما هو مبين في الشكل رقم (4).

جدول رقم (7): احتياجات محطة إعذاب بطاقة 150 ألف متر مكعب/يوم باستخدام مياه البحار المتوسط والأحمر والمياه الزراعية

مصدر المياه	التكلفة الاستثمارية مليون دولار	تكلفة التشغيل السنوية مليون دولار	تكلفة الإنتاج دولار/متر مكعب	احتياجات القدرة ميجاوات
المياه الزراعية	109	9.3	0.46	31.3
البحار	272	34,5	1.09	43

10. ملاحظات ختامية

- تعد هذه الورقة أساساً لمتخذي القرار لتقديرات المتطلبات الفنية والمالية لسيناريوهات محتملة متعددة لمحطات إعذاب المياه بنظام الأسموز العكسي، وكذلك محطات الطاقة اللازمة لتوفير الطاقة الكهربائية اللازمة لمحطات الإعذاب.
- هناك العديد من التقارير والأوراق العلمية عن التكنولوجيات المختلفة للتحلية، وكذلك لمصادر الطاقة. وقد تضمنت الورقة عرضاً لبعض البيانات المنشورة، والتي يلاحظ التفاوت الكبير بها باختلاف المواقع ومستوى التكنولوجيا المستخدمة، بالإضافة إلى العديد من المؤشرات المالية التي يتم الاستناد إليها مثل معدل الفائدة ومعاملات الخصم.

- تم أيضاً تتبع التغير في التكلفة خلال العقد الماضي بالنسبة للتكنولوجيات من مصادر الطاقة المختلفة التقليدية من الفحم والغاز بالدورة المركبة، والطاقة النووية والطاقة المتجددة، والتي تشير إلى الانخفاض المتدرج للتكلفة بالدولار للميجاوات ساعة مع الزمن، بحيث تقاربت تكلفة الطاقات المتجددة والطاقات التقليدية.
- تم وضع تصور واقعي للاحتياجات من محطات الطاقة بالتكنولوجيات المختلفة، وقدرت التكاليف الاستثمارية وتكاليف التشغيل السنوية لها.
- تضمنت الورقة ملحقان: أحدهما للاعتبارات البيئية لتكنولوجيات الطاقة لما يمثله التأثير على البيئة من اهتمام عالمي. أما الثاني فهو خاص بمعالجة السوائل الملحية المتخلفة عن محطات الإغذاب، حيث يمكن أن تشكل هذه السوائل مصدر للكيماويات، وتحتاج إلى دراسات تفصيلية.

11. التوصيات

- أ. يتبين من التغيرات المتسارعة للاحتياجات المائية والتكنولوجيات المستخدمة في التحلية وكذلك مصادر الطاقة، الاحتياج الملح إلى قواعد بيانات ديناميكية قوية للتكنولوجيات والتكاليف كوسيلة قوية وفعالة لدعم متخذي القرار.
- ب. هناك العديد من الجهات العلمية الحكومية والخاصة التي تعمل في مجالات المياه والطاقة، الأمر الذي يتطلب التنسيق بينها من خلال آلية مركزية متخصصة ضماناً للتوجه السليم للإمكانيات المالية والبشرية المتاحة والمرتبقة.
- ج. الأمر أيضاً يتطلب وضع خطة عمل تفصيلية عاجلة لمحطات الإغذاب لضمان توافر المياه للاحتياجات المختلفة على الأمد القصير والطويل.
- د. يتوازى مع ذلك تحديد المتطلبات المالية لمحطات الإغذاب ومصادر الطاقة اللازمة لتلك المحطات وتدفقاتها النقدية.
- هـ. مراجعة عاجلة لإمكانيات المصانع الوطنية بقطاعاتها المختلفة لتعظيم نسبة المكون المحلي، ومن ثم توجيه جزء من التدفقات إلى تنمية الصناعة المحلية، وأيضاً ضمان توفير المغذيات بعيداً عن تغيرات السوق العالمية.
- و. مراجعة ودعم برامج التعاون العربي والدولي، يتضمن في أولوياته تعميق التصنيع المشترك للمكونات الأساسية لمنظومات إغذاب المياه وإنتاج الطاقة لضمان خفض التكلفة بزيادة الإنتاج كماً ونوعاً.

1. Alkaisi, Ahmed, Ruth Mossad, Ahmad Sharifian-Barforoush, (2017) . A review of the water desalination systems integrated with renewable energy, *Energy Procedia* 110, 268 – 274
2. Ariono D., Mubiar P. and I GedeWenten (2016). Brine effluents: characteristics, environmental impacts, and their handling, *J. Eng. Technol. Sci.*, 48, 367-387.
3. Arroyo ,Jorge and Saqib Shirazi,(2012). Cost of Brackish Groundwater Desalination in Texas 12-06 September Innovative Water Technologies Texas Water Development Board
4. Arroyo, Jorge and Saqib Shirazi, (2009). Cost of Water Desalination in Texas Analysis Paper 10-02 October 16, Innovative Water Technologies Texas Water Development Board
5. Biplob K. P., Veeriah J. and Li Shu (2017). A review on the management and treatment of brine solutions, *Environmental Science: Water Research & Technology* 3(4).
6. Drioli, E., Curcio, E., Criscuoli, A., Profio, G.D. (2004). Integrated system for recovery of CaCO₃, NaCl and MgSO₄·7H₂O from nanofiltration retentate, *Journal of Membrane Science* 239 27–38.
7. EIA (2019). Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook.
8. Elimelech M. and William A. Phillip (2011). The Future of Seawater Desalination: *Energy, Technology, and the Environment*, *Science* 333, 712.
9. Ghalavand ,Younes, Mohammad Sadegh Hatamipour, Amir Rahimi, (2014). A review on energy consumption of desalination processes, *Desalination and Water Treatment* 54 (6)
10. http://www.moee.gov.eg/english_new/EEHC_Rep/2017-2018en.pdf
11. http://www.moee.gov.eg/test_new/PDFReports/REP2017-2018.pdf
12. <http://www.nrea.gov.eg/Content/reports/Arabicv2%20AnnualReport.pdf>
13. https://www.eia.gov/outlooks/aeo/assumptions/pdf/table_8.2.pdf. (2019) Cost and Performance Characteristics of New Generating Technologies, Annual Energy Outlook
14. https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf. (2019). Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook
15. Hwang , Sung-Hyun, Mun-Kyeom Kim, Ho-Sung Ryu, (2019) . Real Levelized Cost of Energy with Indirect Costs and Market Value of Variable Renewables: A Study of the Korean Power Market, *Energies* 12, 2459-2479
16. IRENA:Renewable Power Generation Costs (2019). *Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA)*.
17. Ismail, I (2018). Water Desalination in Egypt.*Presentation · February*

18. Jones ,Edward, Manzoor Qadir, Michelle T.H. van Vliet, Vladimir Smakhtin, Seong-mu Kang, (2019). The state of desalination and brine production: A global outlook, *Science of the Total Environment* 657 , 1343–1356
19. Kaya ,Abdullah, M. Evren Tok, Muammer Koc, (2019). A Levelized Cost Analysis for Solar-Energy-Powered Sea Water Desalination in The Emirate of Abu Dhabi, *Sustainability* 11 1691-1710
20. Kesieme U. K., Nicholas Milne, Hal Aral , Chu Yong Cheng and Mikel Duke, (2013) “Economic analysis of desalination technologies in the context of carbon pricing, and opportunities for membrane distillation”, *Desalination*, 323, 66-74,
21. Khaled, A.M. (2009). Environmental Impact of Desalination Plants on the Environment, Thirteenth International Water Technology Conference, Hurghada, Egypt, IWTC 13.
22. Kost, Christoph, Shivenes Shammugam, Verena Jülch, Huyen-Tran Nguyen, Thomas Schlegl (2018) .Levelized Cost Of Electricity Renewable Energy Technologies, Fraunhofer Institute For Solar Energy Systems Ise.
23. [Lazard](#), (2019).Levelized Cost of Energy and Levelized Cost of Storage 2018.
24. Mohamed K. Nassar, Ashraf M. Ghanem (2008). Impact of desalination plants brine injection wells on coastal aquifers, *Environmental Geology*, 54(3):445-454.
25. Mondal ,Md. Alam Hossain, Claudia Ringler , Perrihan Al-Riffai, Hagar Eldidi, Clemens Breisinger , Manfred Wiebelt, (2019). Long-term optimization of Egypt’s power sector: Policy Implications Energy 166 , 1063-1073
26. Palomar P. and Ioigo. J. Losada (2011). Impacts of Brine Discharge on the Marine Environment. Modelling as a Predictive Tool, *Desalination, Trends and Technologies*.
27. Reig, Mònica, C. Aladjem, Sebastian Casas, César Valderrama (2014).Concentration of NaCl from seawater reverse osmosis brines for the chloro-alkali industry by electrodialysis" *Desalination* 342.
28. River St. J. (2007). Demineralization Concentrate Ocean Outfall Feasibility Study Phase 2A – Conceptual Ocean Outfall Evaluation, *Water management district*.
29. Roberts D. A., Emma L. Johnston and Nathan A. Knott (2010). Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies, *Water research*, 44, 1-12.
30. Roy,Sagar and Smruti Ragunath, (2018). Review: Emerging Membrane Technologies for Water and Energy Sustainability: Future Prospects, Constrains and Challenges, *Energies* 11 , 2997-3030
31. Shaaban, M.A. ,(2017) . The Roadmap to Energy Security in Egypt, Dissertation to obtain the Doctoral Degree of Natural Sciences in the Department. Earth sciences. *The University of Hamburg*.
32. Sorour, M. H., Hani, H.A., Shaalan, H.F., Al-Bazedi, G.A. (2015a). Preliminary Techno-economics Assessment of Developed Desalination/Salt Recovery Facility based on Membrane and Thermal Techniques, *Desalination and water treatment* 55 (9) 2416-242.
33. Sorour, M.H., Hani, H.A., Shaalan, H.F., Al-Bazedi, G.A. (2015b). Schemes for Salt Recovery from Seawater and RO Brines using Chemical Precipitation, *Desalination and water treatment* 55 (9) 2398.

34. STDF-NRC :Final Report (2017), Intelligent Approach for Process Design and Optimization of Integrated Scheme for Nuclear Desalination System, TC/1/Energy/2009/ Renewable, "C- Peaceful Applications of Nuclear Energy", ID:1689
35. Stillwell, A.S.and Webber, M.E.(2016). Predicting the specific energy consumption of reverse osmosis desalination. *Water*, 8, 601.
36. World Bank. (2019).The Role of Desalination in an Increasingly Water-Scarce World.World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31416> License: CC BY 3.0 IGO.
37. www. eia.gov .U.S. Energy Information Administration (EIA) . Retrieved 2015-11-02.Projected LCOE in the US by 2022 (as of 2016)

ملحق رقم (1)

الاعتبارات البيئية لاختيار تكنولوجيا توليد الطاقة الكهربائية

في دراسة سابقة (Mondal 2019) تم تحديد بعض المؤشرات البيئية لتكنولوجيات إنتاج الطاقة استناداً إلى بعض المؤشرات البيئية والاجتماعية، وتتضمن هذه التكنولوجيات تلك التقليدية مثل استخدام الفحم والغاز الطبيعي والطاقات المتجددة وتشمل الرياح والشمسية الحرارية والكهروضوئية وأيضاً الطاقة النووية. تمت المفاضلة على أساس:

- الانبعاثات الغازية وتشمل ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت
- مخاطر الأمان
- فرص التوظيف
- القبول الاجتماعي

وقد خلصت الدراسة إلى المؤشرات العامة التالية:

1. بمقارنة إنتاج الطاقة بتكنولوجيات تعتمد على الوقود الأحفوري (الفحم – الغاز الطبيعي)، فإن الغاز الطبيعي يمثل المصدر الأفضل بيئياً من حيث الانبعاثات إلى الجو، وكذلك انخفاض المخاطر، كما أنه الأفضل من حيث القبول الاجتماعي، ويتميز الفحم بإمكانية توفير فرص عمل أكبر، كما أن المخاطر منخفضة. كذلك أن تطبيق تلك التكنولوجيا يستلزم توفير وحدات للتحكم في الانبعاثات.
2. طاقة الرياح والطاقة الشمسية سواء منها الحراري أو الكهروضوئي تعد أفضل البدائل المطروحة لإنتاج الطاقة المتجددة، إلا أنه نتيجة للعديد من العوامل الفنية المرتبطة بكفاءة التكنولوجيا ودرجة الركونية، بالإضافة إلى المؤشرات الاقتصادية لإنتاج تلك الطاقات تحد من استخدامها

على نطاق كبير في المناطق التي تتنافس فيها بدائل أكثر جدوى من الجهة الاقتصادية. ولكن يمكن أن تكون مناسبة للوفاء بمتطلبات الطاقة جزئياً في المناطق النائية.

3. على الرغم من أن إنتاج الطاقة من الكتلة الحية له ميزة كبيرة في توفير فرص عمل، إلا أنه يعد البديل الأقل قبولاً من وجه النظر البيئية.

4. الطاقة النووية على الرغم من مزاياها الاقتصادية إلا أن المؤشرات البيئية تحدد استخدامها إلا تحت ظروف خاصة يتم فيها اتخاذ إجراءات شديدة للحد من أي انعكاسات أو مخاطر على البيئة.

وعلى وجه العموم يمكن تحديد المحددات البيئية لبدائل الطاقة المطروحة في العوامل المبينة في أسفل الجدول رقم (١) والذي يبين تقييماً لبدائل الطاقة من الناحية البيئية طبقاً لتلك العوامل.

وتجدر الإشارة إلى أن التقييم المقدم في الجدول غير مرتبط بموقع محدد ويمثل ظرف تساوي فرص الإتاحة لكل بديل. وفي حالة موقع معين، فإنه يمكن تحديد الوزن النسبي لكل مؤشر وكذلك درجته ويتم حينئذ استخدام الأساليب الإحصائية وتحديد ترتيب البدائل للموقع.

جدول رقم (١): التقييم البيئي المبدئي لبدائل الطاقة

وضع القبول البيئي للمؤشرات					مصدر الوقود / نوع التكنولوجيا
الانبعاثات الغازية من الاحتباس الحراري	الانبعاثات الغازية من الاحتراق	التأثيرات البيئية من صرف المخلفات السائلة	المخاطر الناتجة عن حوادث مختلفة	الانعكاس على استخدامات الأرض	
منخفض	منخفض	متوسط	عالي	متوسط	وقود أحفوري (سولار - مازوت)
متوسط	متوسط	متوسط	عالي	متوسط	غاز طبيعي
منخفض	منخفض	متوسط	عالي	منخفض	فحم
عالي	عالي	متوسط	منخفض	منخفض	نووي
عالي	عالي	عالي	عالي	عالي	الطاقة الجديدة والمتجددة (شمسية - رياح - مياه)

1. الانبعاثات الغازية المرتبطة بالاحتباس الحراري وارتباطها بالاتفاقيات الدولية الموقعة لحماية المناخ
2. الانبعاثات الغازية الناتجة عن احتراق شوائب بالوقود أو نوع الاحتراق
3. التأثيرات البيئية نتيجة صرف مخلفات سائلة يختلف في خواصها مع الجهة المنصرف إليها (مثل درجة الحرارة - تركيز الأملاح ودرجة الأس الهيدروجيني - المواد الضارة بالكائنات البحرية)
4. المخاطر البيئية نتيجة حوادث مختلفة
5. انعكاس مصادر الطاقة على استخدامات الأرض والنشاط البشري في منطقة إنتاج الطاقة.

ويجدر بالإشارة أن التقييم المقترح في الجدول يقدم مؤشرات مبدئية، ولا يعد أساساً قاطعاً لاتخاذ قراراً باستبعاد أي من المصادر أو التكنولوجيات للأسباب التالية:

1. ارتباط التقييم البيئي بمنطقة الإنشاء والخطط الموضوعية لتنمية المنطقة خلال الفترة التخطيطية لعمر المنشأة.
 2. التطور التكنولوجي في مجال التحكم في الانبعاثات ومعالجة تلوث المياه والهواء يمكن من تحسين القبول البيئي لاستخدام مصدر طاقة معين (مثال ذلك استخدام نظم الفحم المتطورة والمزودة بأجهزة للحد من تلوث الهواء).
 3. أنماط البدائل التكنولوجية استناداً إلى التقييم البيئي لا يستبعد أيّاً من خيارات الطاقة حيث إن الدراسة البيئية تتكامل مع الإجراءات التالية:
- دراسة التقييم البيئي للتكنولوجيات المتاحة بما يحقق الحدود المطلوبة للتوافق البيئي والقبول الاجتماعي.
 - توافر المكونات الأساسية المالية والفنية للوصول إلى حدود التوافق البيئي لأي تكنولوجيا مرشحة للاستخدام.

ملحق رقم (2)

بعض الاعتبارات البيئية ذات العلاقة بالتخلص من السوائل الملحية المركزة

تتناول هذه الورقة في مجملها متطلبات الطاقة لبرنامج إغذاب مياه البحار والمياه الزاخرة في حدود 3-9 مليار متر مكعب سنوياً ولا تتناول التقديرات المشار إليها متطلبات التخلص الأمن أو الاستفادة من السوائل الملحية المركزة الناجمة عن عملية إغذاب مياه البحار ونشير في ما يلي إلى أهم الاعتبارات الخاصة بالدراسات المستقبلية اللاحقة لتقدير متطلبات الطاقة المشار إليها.

١. الآثار الناجمة عن التخلص غير البيئي من السوائل الملحية المركزة (brines)

تتراوح حجم السوائل الملحية الناتجة عن برنامج إغذاب للمياه وفقاً للسيناريو الأول (3 مليار متر مكعب سنوياً) بين 6 إلى 7 مليار متر مكعب من السوائل الملحية المركزة في حالة استخدام مياه البحار كمياه تغذية (حوالي 9 مليار متر مكعب سنوياً). وتعتبر نسبة الاسترجاع المتوسطة في هذه الحالة من 30% إلى 40% كما تبلغ نسبة تركيز الأملاح من 50 إلى 60 % جم/لتر. وتؤثر هذه المياه ذات الملوحة العالية على الخصائص النوعية لمياه البحر بتأثيرها على الثروة السمكية والحياة المائية عموماً نظراً لاحتوائها على كيماويات وبوليمرات إضافية تستخدم في معالجة المياه. (Ariono (2016)، Khaled، Elimelech.(2011)، (Roberts (2010)، (2009).

2. بدائل التصريف الآمن في السوائل المركزة

- تمثل أهم البدائل للتصريف الآمن في المياه المركزة في مايلي:
- المصبات الشاطئية القصيرة (Palomar 2011)
- المصبات البحرية الطويلة والعميقة (River 2007)
- التصريف بالحقن في الآبار العميقة (Nassar 2008)
- بحيرات التركيز الشمسية (Biplob 2017)

3. الاتجاهات الحديثة للاستفادة من السوائل الملحية المركزة

في إطار الحفاظ على البيئة والتوافق مع متطلبات التنمية المستدامة، فإنه تجرى حالياً الدراسات والبحوث وتطبيقات متعددة لاسترجاع الأملاح من السوائل الملحية المركزة الناتجة من مياه البحر وذلك لاسترجاع أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والليثيوم والبوتاسيوم. E., Sorour, M.H. , (2004, Drioli), (Sorour, 2015a, 2015b). كما يمكن الإشارة إلى بعض التجارب الدولية الخاصة بالإنتاج الصناعي للكلور والصودا الكاوية بعد إحداث تركيز إضافي وفصل الكالسيوم والماغنسيوم، وتوجيه هذه السوائل إلى محطات لإنتاج الكلور والصودا الكاوية باستخدام خلايا كهربية (Electro membrane cells) (Reig, 2014).

تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بمصر حتى عام 2030: دراسة تطبيقية

أحمد سليمان محمد

مدرس الإحصاء بمعهد التخطيط القومي - مصر

ahmed.soliman@inp.edu.eg

أسماء مليجي ربيع

مدرس الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي - مصر

asmaa.melegy@inp.edu.eg

د. أحمد سليمان

- مدرس الإحصاء التطبيقي بمعهد التخطيط القومي.
- حاصل على درجة الدكتوراه في الإحصاء التطبيقي من كلية الاقتصاد والعلوم السياسية بجامعة القاهرة، 2016، ودرجة الماجستير من كلية الاقتصاد والعلوم السياسية بجامعة القاهرة، 2009.
- عمل كخبير إحصائي (بعض الوقت) بوزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات خلال الفترة من 2018 حتى 2020.
- عمل كباحث أول (بعض الوقت) بوزارة التخطيط المصرية خلال الفترة من 2012 حتى 2016، ثم كخبير بالوزارة خلال الفترة من 2016 حتى 2018.
- عمل كباحث أول (بعض الوقت) في مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار التابع لمجلس الوزراء المصري خلال الفترة من 2009 حتى 2011.
- شارك في العديد من البحوث والدراسات بمعهد التخطيط القومي في مجالات مختلفة، كما شارك في إعداد استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030 حيث عمل كمنسق لمحوري الطاقة والبيئة. كما شارك أثناء عمله بالوزارة في إعداد خطط التنمية المستدامة السنوية وكذلك تقارير متابعة الأداء الاقتصادي والاجتماعي ربع السنوية.

د. أسماء مليجي

- مدرس الاقتصاد بمعهد التخطيط القومي.
- حاصلة على درجة الدكتوراه في الاقتصاد من كلية الاقتصاد والعلوم السياسية بجامعة القاهرة، 2017.
- عملت كخبير بوحدة الاقتصاد الكلي بوزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية خلال الفترة من سبتمبر 2017 حتى سبتمبر 2018.
- تتركز مجالات اهتمامها في اقتصاديات الطاقة، علاوة على تخصصها في مجالات النمذجة والأساليب الكمية وتطبيقاتها في المجالات الاقتصادية.
- شاركت في العديد من البحوث والدراسات بمعهد التخطيط القومي في مجالات مختلفة أهمها: دور الطاقة في تعزيز القطاع الصناعي، واستخدام المناهج الكمية في تقدير الاستثمار الخاص في مصر، والآثار الاقتصادية لمبادرة الحزام والطريق، وتقدير حالة التنمية في مصر، وغيرها.

مستخلص

لا تزال قضية استهلاك الطاقة الكهربائية، وخاصة للقطاع العائلي تمثل أهمية كبيرة لدى متخذي القرار بمصر، وذلك في ضوء برنامج الإصلاح الاقتصادي الذي تتبناه الحكومة المصرية والذي يتضمن إلغاء دعم الطاقة لمواجهة الأزمات التي يعاني منها قطاع الطاقة من ناحية، ولتقليص عجز الموازنة العامة للدولة من ناحية أخرى. لذلك، تستهدف هذه الدراسة في البداية التعرف على محددات طلب القطاع العائلي على الطاقة الكهربائية في ضوء الدراسات السابقة المختلفة وخصوصية المجتمع المصري، ثم محاولة تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي حتى عام 2030.

ولتحقيق هذه الأهداف الرئيسية، تبنت الدراسة أكثر من منهجية كمية منها منهجية إنجل جرانجر للتكامل المشترك (Engle Granger Cointegration Approach) لتقدير العلاقة التوازنية طويلة الأجل لدالة استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي في ضوء المحددات التي تبنيتها الدراسة، وهي أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي، ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي كمؤشر على دخل الفرد، وعدد مستخدمي الإنترنت، ونسبة سكان الحضر. هذا، بالإضافة إلى استخدام أسلوب السلاسل الزمنية (Box-Jenkins) في دراسة والتنبؤ بالقيم المستقبلية لبعض هذه المحددات لتقدير الطلب على الطاقة الكهربائية.

وقد أظهرت نتائج الدراسة أن دخل الفرد هو العامل الأكثر تأثيراً على استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي حيث أن زيادة دخل الفرد بنحو 1% يؤدي إلى زيادة استهلاكه من الطاقة الكهربائية بنحو 2% في المتوسط، كما يزداد استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية مع زيادة عدد مستخدمي الإنترنت، وكذلك زيادة نسبة سكان الحضر. وفي ضوء نتائج النموذج المستخدم لتقدير الطلب والقيم المقدرة لعنصره حتى عام 2030، تم وضع أربعة سيناريوهات تتضمن افتراضات مختلفة حول الدخل الحقيقي للفرد وكذلك أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي في المستقبل، وبناءً عليه تم تقدير حجم طلب القطاع العائلي على الطاقة الكهربائية حتى عام 2030.

الكلمات الدالة: الطاقة الكهربائية- القطاع العائلي- الطلب - السكان- الدخل- الأسعار.

Forecasting the Electricity Demand for Household Sector up to 2030

Abstract

The electricity consumption, especially for household sector, remains an important issue for decision makers in Egypt, especially in light of the economic reform program adopted by the Egyptian government, which includes the reduction of energy subsidies to confront the crises experienced by the energy sector on one hand and controlling the deficit of the state budget on the other hand. Therefore, this study aims to investigate the determinants of the demand of the household sector for electricity in light of the various previous literature and the specificity of the Egyptian society, and then to estimate the demand for electricity for the household sector in Egypt up to 2030.

To achieve these goals, the study adopted more than one quantitative methodology, including the Engle – Granger Cointegration Approach to estimate the long-term balance relationship of the electricity consumption function of the household sector in

light of the determinants adopted by the study; namely the average prices of electricity for the household sector, the average per capita income, internet users and urbanization. In addition, the Box-Jenkins time series method has been employed to forecast future values for these determinants to estimate future electricity demand.

The results of the study showed that the GDP per capita is the most influential on the consumption of electricity for the household sector, where, on average, a 1% increase in GDP per capita leads to 2% in electricity consumption per person. The results also showed an increase in the consumption of the household sector of electricity with an increase in the number of internet users and proportion of urban population to total population in Egypt.

Finally, and in light of the results of the applied model and the forecasted values of these determinants up to 2030; four scenarios are introduced in this study to take into account the different assumptions about the determinant variables used in the model, and accordingly, the demand for electricity for the household sector in Egypt has been estimated for each scenario up to 2030

Keywords: Electricity - Household Sector – Demand – Population – Income – Prices.

مقدمة

تلعب الطاقة الكهربائية دوراً كبيراً في تيسير النشاط الاقتصادي وتسهيل حياة البشر اليومية، وفي ضوء التطورات التكنولوجية المتلاحقة ومتطلباتها وحتمية التكيف مع هذه التطورات لملاحقة ركب التقدم والتنمية، يتزايد الطلب على الطاقة الكهربائية بشكل كبير، مما يضع العديد من التحديات أمام الدولة في تلبية هذا الطلب المتزايد. لذا، يكتسب تأمين الطاقة الكهربائية أهمية كبيرة لكافة القطاعات الاقتصادية بمصر وخاصة القطاع العائلي، حيث يُعد هذا القطاع أكثر القطاعات استهلاكاً للطاقة الكهربائية، حيث بلغت نسبة استهلاكه من إجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية نحو 42.4% خلال عام 2018/2017.

على الجانب الآخر، أظهرت نتائج التعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت بمصر لعام 2017 ارتفاع نسبة النمو السكاني مقارنة بالتعدادات السابقة، حيث بلغ عدد السكان نحو 94.8 مليون نسمة، ليحقق بذلك معدل نمو بلغ حوالي 2.56% مقارنة بعدد السكان في عام 2006 والذي بلغ نحو 72.6 مليون نسمة، أي أن عدد السكان ارتفع بأكثر من 22 مليون نسمة بين التعدادين. (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2017). وقد صاحب النمو السكاني ارتفاع في استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية خلال هذه الفترة من نحو 36.6 مليار ك.و.ساعة في عام 2007/2006 إلى نحو 73.4 مليار ك.و.ساعة في عام 2016/2015، أي بنسبة زيادة تخطت 100%، قبل أن ينخفض خلال عام 2017/2016، وقد عاود الاستهلاك ارتفاعه مرة

أخرى في عام 2018/2017 ليصل إلى نحو 66.8 مليار ك.و.ساعة في عام (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، 2019).

وفي ضوء ما سبق، يتمثل الهدف الرئيسي لهذه الورقة الدراسة في التعرف على محددات طلب القطاع العائلي على الطاقة الكهربائية بمصر، وكذلك تقدير هذا الطلب حتى عام 2030. ولتحقيق هذا الهدف فقد اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لرصد وتحليل واقع استهلاك القطاع العائلي للطاقة الكهربائية بمصر، وكذلك المنهج الكمي من خلال استخدام منهجية إنجل جرانجر للتكامل المشترك (Engle Granger Cointegration Approach) لتقدير العلاقة التوازنية طويلة الأجل لدالة استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي في ضوء عدداً من المحددات الرئيسية وهي أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي، ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي كمؤشر على الدخل، والتمدين، وكذلك استخدام الانترنت. كما تم استخدام أسلوب السلاسل الزمنية (Box-Jenkins) في دراسة والتنبؤ ببعض محددات الطلب على استهلاك الطاقة الكهربائية.

وتأسيساً على ما سبق، فقد جاءت الدراسة في ثلاثة أجزاء على النحو التالي:

1. استعراض بعض الدراسات السابقة الخاصة بمحددات الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي.
2. تحليل الوضع الراهن لاستهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بمصر.
3. تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بمصر حتى عام 2030.

1- الإطار النظري

يتناول هذا الجزء عرضاً لعدد من الدراسات التطبيقية التي تناولت بالقياس محددات استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي. وفي هذا السياق، يُعد الطلب على الكهرباء بالقطاع العائلي طلباً مشتقاً من الطلب على الخدمات النهائية التي تستخدم الكهرباء مثل الإنارة، والطهي، والتبريد، والتكييف وغيرها من الخدمات الأخرى. وبشكل عام فقد أظهرت الدراسات أن الطلب على الكهرباء يُعد طلباً متزايداً عبر الزمن يتأثر بالعديد من المحددات والتي تتباين من فترة زمنية لأخرى ومن مجتمع لآخر.

سعر الطاقة الكهربائية

يخضع الطلب على الكهرباء شأنه في ذلك شأن الطلب على السلع الأخرى لقانون الطلب، والذي يشير إلى وجود علاقة عكسية بين سعر الكهرباء والكمية المستهلكة منها، وإن كان تأثير السعر على الاستهلاك، والذي يُقاس بمرونة الطلب السعرية للكهرباء، يتباين من دولة لأخرى وداخل

الدولة الواحدة أيضاً يتباين من شريحة لأخرى ومن فترة زمنية لأخرى. وفي هذا الإطار أظهرت دراسة (Holtedahl, Joutz, 2004) باستخدام منهجية التكامل المتناظر ونموذج تصحيح الخطأ خلال الفترة (1955-1996) في تايوان عن انخفاض مرونة الطلب السعرية للكهرباء عن الواحد الصحيح، وأن هذه المرونة تتخفض في الأجل القصير عن الأجل الطويل. وأكدت على هذه النتيجة أيضاً دراسة (Labandeira, et al., 2010)، والتي خلصت إلى أن الطلب على الكهرباء يعد غير مرناً لتغيرات سعر الكهرباء في إسبانيا خلال الفترة (2005 - 2007)، حيث قدرت المرونة السعرية بهذه الدراسة بنحو (0.25).

وقد توافقت دراسة (JUO et al., 2016) مع الدراسات السابقة، والتي هدفت إلى قياس مرونة الطلب السعرية للكهرباء في الصين وفقاً لشرائح الاستهلاك المختلفة، وقد خلصت الدراسة إلى تفاوت مرونة الطلب السعرية وفقاً لشرائح الاستهلاك المختلفة حيث تراوحت بين (0.57) و (1.013). وبخلاف الدراسات السابقة فقد أظهرت دراسة (Pourazarm and Cooray, 2013) باستخدام منهجية السلاسل الزمنية والتكامل المشترك خلال الفترة (1967-2009) عن عدم وجود تأثير معنوي لسعر الكهرباء على استهلاك القطاع العائلي من الكهرباء في إيران.

الدخل

اتفقت جميع الدراسات التطبيقية على وجود علاقة طردية بين مستوى دخل الفرد واستهلاكه من الطاقة الكهربائية. وفي هذا الإطار فقد اهتمت الدراسات التي التطبيقية في هذا السياق بتقدير مرونة الطلب الدخلية للكهرباء للقطاع العائلي، وذلك مثل دراسة (Uhr, et al., 2017)، والتي هدفت إلى تقدير مرونة الطلب الدخلية للكهرباء بالقطاع لعدد من المناطق الجغرافية في البرازيل باستخدام منهجية (Panel Data) خلال عامي 2008 و 1998، وخلصت الدراسة إلى انخفاض مرونة الطلب الدخلية لجميع المقاطعات خلال فترة الدراسة والتي تراوحت بين (0.11 و 0.32). وفي مقابل الدراسة السابقة فقد أظهرت دراسة (Holtedahl, Joutz, 2004) باستخدام منهجية التكامل المتناظر ونموذج تصحيح الخطأ خلال الفترة (1955-1996) بأن مرونة الطلب الدخلية تساوى الواحد الصحيح في تايوان. بينما اهتمت دراسة (Rai, et al., 2014) بتقدير مرونة الطلب الدخلية للكهرباء بالقطاع العائلي خلال الأجلين القصير والطويل لأستراليا خلال الفترة (1970 - 2011) باستخدام منهجية التكامل المتناظر ونموذج تصحيح الخطأ. وقد خلصت هذه الدراسة إلى أن مرونة الطلب الدخلية ترتفع في الأجل الطويل عن الأجل القصير، وهو ما يتماشى مع النظرية الاقتصادية حيث بلغت المرونات بهذه الدراسة خلال الأجلين على التوالي نحو (1.7) و (0.3).

النمو السكاني

حظيت دراسة العلاقة بين النمو السكاني واستهلاك الطاقة للقطاع العائلي باهتمام كبير في الدراسات التطبيقية، حيث تناولت دراسة (Nababan, 2015) محددات الطلب على الكهرباء لاندونيسيا خلال الفترة (2000-2013) باستخدام منهجية الانحدار المتعدد، وقد خلصت الدراسة إلى أن عدد السكان يُمثل المحدد الرئيسي للطلب على الكهرباء. كما تناولت دراسة (Lin, et al., 2014) محددات استهلاك الطاقة بالقطاع العائلي لعدد 28 مقاطعة جغرافية للصين خلال عام 2012 باستخدام منهجية الانحدار المتعدد، وقد خلصت إلى أن عدد السكان ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي لإجمالي يفسروا حوالي (71%) من التغيرات في استهلاك الطاقة بالقطاع العائلي. كما تناولت دراسة (Fu, et al., 2015) قياس أثر السكان على استهلاك الطاقة بين مجموعة من المحددات الأخرى بالقطاع العائلي لعدد ثلاث مناطق جغرافية في الولايات المتحدة وهي (نيويورك، وشيكاغو، ولوس انجلوس) خلال الفترة (1973- 2013) بمنهجية الانحدار المتعدد، وخلصت إلى وجود تأثير موجب ومعنوي للنمو السكاني على استهلاك الطاقة للقطاع العائلي حيث أن زيادة عدد السكان بوحدة واحدة بهذه المناطق يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة في القطاع العائلي بنحو (0.007) و (0.028) و (0.009) بوحدة على التوالي. وعلى صعيد آخر تناول عدد آخر من الدراسات الاقتصادية مؤشر حجم الأسرة كبديل للنمو السكاني وخلصت هذه الدراسات لنتائج متشابهة من حيث وجود علاقة طردية ومعنوية بين حجم الأسرة واستهلاك الكهرباء.

التمدد

يُقصد بالتمدد انتقال قوة العمل من العمل بالأنشطة الزراعية للعمل بالأنشطة الصناعية، والتي تتواجد غالباً في المناطق الحضرية (Shahbaz, et al., 2016). وقد أشار عدد من الدراسات التطبيقية إلى أن هذا التحول الهيكلي وما يصاحبه من انتقال أسرة العامل للسكن والاقامة بالمناطق الحضرية يسهم في زيادة استهلاك الطاقة بما فيها الطاقة الكهربائية من خلال زيادة الطلب على البنية الأساسية مثل المباني والمدارس والمستشفيات وغيرها، وكذلك الطلب على الأجهزة الكهربائية (Shahbaz, et al., 2016).

وقد أكد على هذه العلاقة العديد من الدراسات التطبيقية مثل دراسة (Pourazarm and Cooray, 2013)، والتي أظهرت استخدام منهجية التكامل المشترك خلال الفترة (1967 - 2009) أن عدد القري المغطاة بالكهرباء (كمؤشر على التمدن) يُعد أحد المحددات الرئيسية للطلب على الكهرباء بالقطاع العائلي في إيران. وبالمثل أيضاً أكدت دراسة (Yang, et al., 2019)، والتي خلصت باستخدام منهجية (Panel Data) خلال الفترة (1996 - 2014) إلى أن التمدن

يرتبط طردياً مع زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية، والذي يتباين أثره وفقاً لدرجة التمدن، وفي ضوء استخدام الدراسة لمؤشر نسبة سكان المدن لإجمالي السكان كمؤشر على التمدن، فقد توصلت الدراسة إلى أنه عند معدلات تمدن تزيد عن (55%) فإن زيادة معدل التمدن ب (1%) يؤدي إلى زيادة استهلاك القطاع العائلي من الكهرباء بنحو (0.16%)، بينما في المقابل عند معدلات التمدن التي تقل عن (55%) فإن زيادة معدل التمدن بنحو (1%) يؤدي إلى زيادة استهلاك القطاع العائلي من الكهرباء بنحو (0.09%). وبخلاف الدراسات السابقة فقد أظهرت دراسة (Solarin, 2013) باستخدام اختبار السببية خلال الفترة (1971-2009) في انجولا أن العلاقة بين استهلاك الكهرباء في القطاع العائلي والتمدن لا تسير في اتجاه واحد بل اتجاهيين، بمعنى أن زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية تؤدي إلى زيادة التمدن والعكس صحيح.

وبخلاف الاتجاه السابق فقد أشار عدد آخر من الدراسات التطبيقية إلى أن التمدن يرتبط عكسياً باستهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي. وأرجعت هذه الدراسات السبب الرئيسي وراء ذلك إلى أن التمدن قد يصاحبه استخدام التكنولوجيا، ومنها التكنولوجيات الموفرة لاستهلاك الطاقة الكهربائية (Wang, 2014).

درجات الحرارة

تلعب درجات الحرارة دوراً في التأثير على استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي، فعندما ترتفع درجات الحرارة أو تنخفض عن المستوى المقبول داخل الدولة فإن استهلاك القطاع العائلي من الكهرباء يتباين أيضاً. وفي هذا السياق فقد تناولت العديد من الدراسات قياس أثر درجات الحرارة على استهلاك الطاقة الكهربائية مثل دراسة (Blázquez, 2012)، والتي تناولت محددات استهلاك الكهرباء لعدد (47) مقاطعة بدولة إسبانيا خلال الفترة (2000-2008) باستخدام منهجية (Panel Date)، وقد خلصت الدراسة إلى وجود أثر موجب وكبير لدرجات الحرارة على استهلاك الطاقة الكهربائية وتحديداً درجات الحرارة المنخفضة مقارنة بدرجات الحرارة المرتفعة. وقد أكدت على هذه النتيجة دراسة (Holtedahl, Joutz, 2004) والتي خلصت باستخدام منهجية التكامل المتناظر ونموذج تصحيح الخطأ خلال الفترة (1955-1996) عن وجود تأثير معنوي وموجب لدرجات الحرارة على استهلاك الكهرباء في تايلوان.

استخدام الانترنت

يُعد الانترنت أحد المصادر الرئيسية لاستهلاك الطاقة الكهربائية، حيث قدرت بعض الجهات استهلاك الانترنت لنحو 8% من إجمالي استهلاك الكهرباء على المستوى العالمي خلال عام 2012، وقد ارتفعت هذه النسبة لتصل إلى نحو 10% في عام 2018 (Inside Scandinavia).

(Business, 2020)، حيث يتطلب استخدام الانترنت وجود أجهزة كمبيوتر أو تليفونات محمولة وأجهزة راوتر وهي أجهزة تستهلك الطاقة الكهربائية.

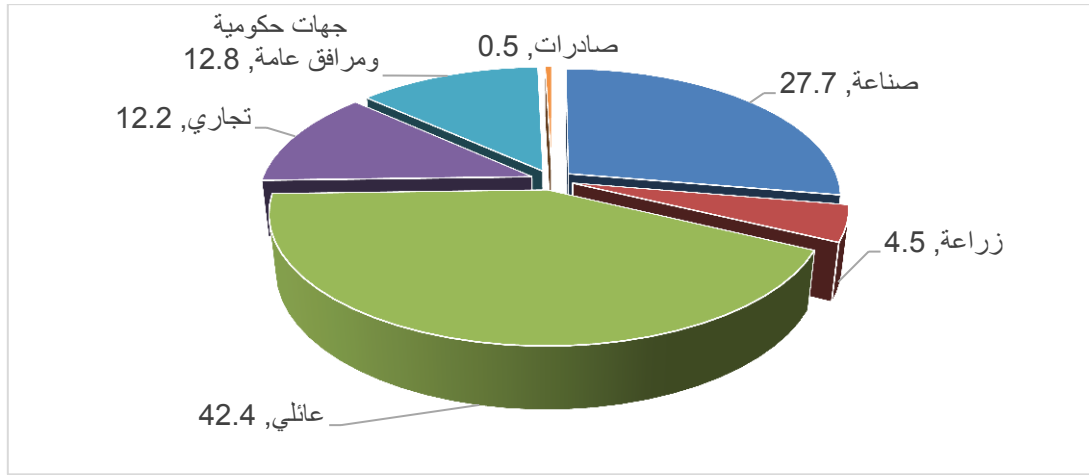
وقد استهدفت العديد من الدراسات التطبيقية دراسة أثر استخدام الانترنت بالقطاع العائلي على استهلاك القطاع من الطاقة الكهربائية مثل دراسة (Rahimi and Rad, 2017)، والتي تناولت قياس أثر استخدام الانترنت على استهلاك الطاقة الكهربائية لمجموعة الدول الثماني⁽⁴⁾ خلال الفترة (1990-2013) باستخدام منهجية التكامل المشترك، وقد خلصت الدراسة إلى أن الانترنت يُعد أحد محددات استهلاك الكهرباء في الأجل الطويل، حيث يتزايد استهلاك الكهرباء مع زيادة استخدام الإنترنت. كما تناولت دراسة (Kaya, et al., 2017) قياس أثر استخدام الانترنت على استهلاك الكهرباء في تركيا خلال الفترة (1994-2014) باستخدام منهجية التكامل المتناظر ومنهجية تصحيح الخطأ. وقد خلصت الدراسة إلى وجود تأثير معنوي وموجب لاستخدام الانترنت بتركيا، حيث زيادة استخدام الانترنت بنحو (1%) يؤدي إلى زيادة الطاقة الكهربائية المستهلكة بنحو (0.02%) في الأجل الطويل والقصير.

2- تحليل الوضع الراهن لاستهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي

يُعد القطاع العائلي المستهلك الأكبر للطاقة الكهربائية، حيث بلغت نسبة استهلاكه من إجمالي استهلاك الكهرباء نحو (42.4%)، يليه في المرتبة القطاع الصناعي (27.7%)، ثم قطاع الجهات الحكومية والمرافق العامة (12.8%)، ثم القطاع التجاري (12.2%)، ثم قطاع الزراعة (4.52%) وأخيراً قطاع الصادرات (0.5%) خلال عام 2018/2017 كما يتضح من الشكل التالي (شكل (1))⁽⁵⁾.

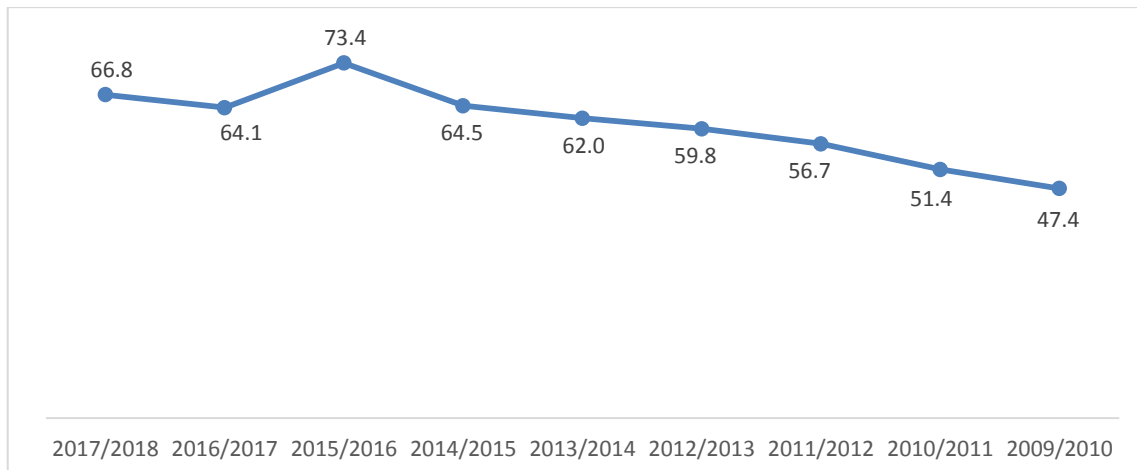
(4) تضم الدول الصناعية الكبرى في العالم. أعضائها هم: الولايات المتحدة الأمريكية، اليابان، ألمانيا، روسيا الاتحادية، إيطاليا، المملكة المتحدة، فرنسا، وكندا.

(5) تقوم مصر بتصدير الطاقة الكهربائية لدول الربط وهي ثلاث دول عربية: الأردن، وفلسطين، وليبيا.



شكل (1): التوزيع القطاعي النسبي لاستهلاك الكهرباء بمصر خلال عام (2018/2017) (%).
المصدر: وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة 2019، الموقع الإلكتروني للوزارة: <http://www.moee.gov.eg>.

وفيما يتعلق بتطور استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي فيتضح تسجيله لمعدلات نمو موجبة تراوحت بين 8% و 14% خلال الفترة (2010/2009 – 2016/2015). وبخلاف الاتجاه السابق فقد شهد عام 2017/2016 تراجعاً كبيراً في استهلاك القطاع العائلي من الكهرباء بنحو 13%، ويرجع السبب الرئيسي وراء ذلك إلى أن هذا العام شهد تطبيق سياسة تحرير سعر صرف الجنيه المصري أمام الدولار، والتي ضاعفت من الآثار التضخمية لسياسة رفع الدعم عن أسعار الطاقة الكهربائية والتي بدأ تطبيقها منذ عام 2015/2014، وهو ما أدى إلى تراجع كبير في استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي خلال هذا العام. وقد عاود معدل نمو استهلاك الكهرباء بالقطاع العائلي ليسجل مستويات موجبة بلغت نحو 4% خلال عام 2018/2017 (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، الموقع الإلكتروني للوزارة) (شكل (2)).



شكل (2): تطور استهلاك الطاقة الكهربائية (مليار ك.و.س.) في القطاع العائلي خلال الفترة (2010/2009 – 2018/2017).

المصدر: وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة 2019، الموقع الإلكتروني للوزارة: <http://www.moee.gov.eg>.

2-1 مصادر استخدام القطاع العائلي للطاقة الكهربائية

توضح بيانات التعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت في مصر لعام 2017 أن الغالبية العظمى من القطاع العائلي يحصل على الطاقة الكهربائية من الشبكة العامة للكهرباء، حيث بلغت هذه النسبة نحو (99.7%). ويتبع نسبة اتصال الأسر بالشبكة العامة للكهرباء على مستوى محافظات الجمهورية يتضح ارتفاع نسب اتصال الأسر بالشبكة العامة للكهرباء إلى نحو (99.9%) بمحافظات القاهرة وبورسعيد ودمايط. وفي المقابل تتخفض النسبة بمحافظتي جنوب سيناء وشمال سيناء، حيث بلغت بهاتين المحافظتين نحو (95.2%) و(97.9%) على التوالي.

وفيما يتعلق باستهلاك القطاع العائلي للطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة وتحديداً الطاقة الشمسية، فقد بلغت نسبة استهلاك القطاع العائلي من هذه المصادر نحو (0.03%) ويتوزع هذا الاستخدام بين (71%) للحضر ونحو (29%) للريف. وبالنظر إلى المحافظات الأكثر استهلاكاً للطاقة الشمسية فقد جاءت محافظة سوهاج على رأس هذه المحافظات بنحو (919 أسرة)، ثم قنا (772 أسرة)، مما قد يشير إلى أن محافظات الصعيد لديها فرصاً أفضل لاستخدام الطاقة الشمسية مقارنة بباقي مناطق الجمهورية نتيجة توفر الإمكانيات الملائمة لذلك مثل درجة سطوع الشمس وارتفاع درجة حرارتها. على الجانب الآخر، بلغت نسبة الأسر المستخدمة للمولد الكهربائي في الإنارة نحو (0.2%) على مستوى الجمهورية.

وبالرغم من انخفاض نسبة الأسر المحرومة من استخدام الطاقة الكهربائية والتي لا تتعد (0.08%)، إلا أن الأرقام المطلقة لعدد الأسر المحرومة يلفت النظر إلى مدى الحرمان الذي تعاني منه عدد من الأسر من الحصول على هذه الخدمات الأساسية بالرغم من تغطية شبكة الكهرباء لكافة أنحاء الجمهورية. فقد بلغ عدد الأسر المحرومة من الطاقة الكهربائية نحو (19000) أسرة على مستوى الجمهورية، وما يزيد المشكلة تعقيداً هو أن أكبر عدد من هذه الأسر يوجد في العاصمة بنحو (1300 أسرة)، تليها محافظة الجيزة (1600 أسرة)، بينما يتركز باقي الأسر في محافظات الوجه القبلي حيث بلغت في محافظة المنيا (1800 أسرة)، ومحافظة أسيوط (1700 أسرة)، ثم محافظة سوهاج (ألفان أسرة)، بينما بلغ عدد هذه الأسر بمحافظة شمال سيناء (1400 أسرة) (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2017).

2-2 عدالة أسعار الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي

أظهر هيكل أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي عن وجود تمييز في هذه الأسعار، حيث يرتفع سعر وحدة الطاقة الكهربائية المباعة مع ارتفاع الكمية المستهلكة منها بشرائح الاستهلاك المختلفة خلال الأعوام 2014/2015 و2017/2018 و2019/2020 (جدول (1)).

وقد أظهرت سياسة تحرير أسعار بيع الطاقة الكهربائية عند بداية تطبيقها عن تحقق العدالة في توزيع الأسعار للقطاع العائلي وحماية الفئات الأقل دخلاً، ويُدل على ذلك أن معدل التغيير في أسعار وحدة الطاقة الكهربائية المباعة بين عامي 2015/2014 و 2017/2016 كان أعلى للفئات الأكثر استهلاكاً للكهرباء - وهي الفئات الأعلى دخلاً - مقارنة بالفئات الأقل استهلاكاً - وهي الفئات الأقل دخلاً - وذلك باستثناء فئة الاستهلاك الأعلى، والتي سجل بها معدل تغيير الأسعار أقل قيمة نحو (28.4%)، ويرجع السبب وراء ذلك إلى أن السعر المرتفع الذي تتحمله هذه الفئة يرتفع عن سعر التكلفة الحقيقية لوحدة الكهرباء المنتجة، حيث يستخدم الفارق بين تكلفة الإنتاج الحقيقية لوحدة الكهرباء المنتجة والمباعة لهذه الفئة لدعم استهلاك الفئات منخفضة الدخل، وتُعرف هذه السياسة Cross Subsidy.

جدول (1): أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي في عام 2015/2014 و 2017/2016 و 2020/2019

معدل التغيير %	2020/2019 (قرش/ك.و.س)	معدل التغيير %	2017/2016 (قرش/ك.و.س)	2015/2014 (قرش/ك.و.س)	شرائح الاستهلاك المنزلي (ك.و.س)
200	30	46.7	10	7.5	50-0
111	40	31	19	14.5	100-51
133	50	31.3	21.5	16	200-0
95	82	75	42	24	350-201
82	100	61.8	55	34	650-351
47	140	58.3	95	60	1000-651
53	145	28.4	95	74	0- أكثر من 1000

المصدر: جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، الموقع الإلكتروني للجهاز على الانترنت: <http://egyptera.org/>

وقد تباين الاتجاه السابق في المراحل المتقدمة من تطبيق سياسة تحرير أسعار بيع الطاقة الكهربائية، حيث أظهر معدل التغيير في هيكل أسعار الطاقة الكهربائية المباعة بين عامي 2017/2016 و 2020/2019 عن ارتفاع معدلات التغيير في الأسعار للفئات منخفضة الاستهلاك مقارنة بالفئات مرتفعة الاستهلاك، وهو ما يشير إلى ارتفاع الأثر التضخمي لأسعار الطاقة الكهربائية المباعة للفئات الأقل في الاستهلاك مقارنة بالفئات الأعلى في الاستهلاك.

وفي ضوء ذلك يقتضي مبدأ العدالة إعادة النظر في معدلات رفع أسعار الطاقة الكهربائية، وذلك على النحو الذي يسهم في تخفيض الأثر التضخمي لارتفاع أسعار الطاقة الكهربائية على الفئات منخفضة الدخل. ويمكن أن يتحقق ذلك برفع أسعار الطاقة الكهربائية على أصحاب الدخل المرتفعة فقط (الفئات مرتفعة الاستهلاك)، بل وتحميلها بأسعار تفوق التكلفة الحقيقية لوحدة الطاقة

الكهربائية المباعة لها، واستخدام الفارق بين سعر التكلفة وسعر الوحدة المباعة في دعم الفئات منخفضة الاستهلاك، وبالرغم من تطبيق هذه السياسة في الوقت الحالي، إلا أنها قاصرة على فئة واحدة فقط، وهي الفئة فئة الاستهلاك (0-1000 ك.و.س)، بينما جميع الفئات الأخرى مرتفعة الاستهلاك تحصل على جزء من دعم الطاقة الكهربائية وإن كان بنسب متفاوتة.

ويُدمع النتيجة السابقة والخاصة بعدم العدالة السعيرية الجدول التالي (جدول (2))، والذي يشير إلى عدم عدالة توزيع دعم الطاقة الكهربائية بشرائح الاستهلاك المختلفة. حيث يشير الجدول إلى حصول أقل شريحتي استهلاك على نحو (10.8%) من إجمالي دعم الطاقة الكهربائية خلال عام 2019/2018، بينما يحصل أعلى شريحتي استهلاك – باستثناء شريحة الاستهلاك الأخيرة والتي تدعم شرائح الاستهلاك الأخرى بحوالي مليون جنيه مصري – على نحو (17.3%) من دعم الطاقة خلال ذلك العام. ويشير توزيع دعم الطاقة الكهربائية وفقاً لشرائح الاستهلاك المختلفة خلال عام 2019/2018 على عدم عدالة توزيع هذا الدعم من جانبين:

- **الجانب الأول:** ارتفاع استفادة فئات الدخل المرتفعة مقارنة بفئات الدخل المنخفضة من دعم الطاقة الكهربائية، وهو ما يتنافى مع مبدأ العدالة الاجتماعية؛
- **الجانب الثاني:** ارتفاع استفادة عدد قليل من المشتركين وانخفاض استفادة عدد كبير من المشتركين من دعم الطاقة الكهربائية؛ حيث تبلغ استفادة أعلى شريحتي استهلاك، والتي يشكل عدد مشتركيها نحو (10%) من إجمالي مشتركي الشبكة العامة للكهرباء نحو (17.3%) من إجمالي قيمة دعم الطاقة الكهربائية، بينما تبلغ استفادة أقل شريحتي استهلاك نحو (10.8%)، والتي يرتفع بها عدد المشتركين بنحو (15%) عن الفئة السابقة، وذلك خلال عام 2019/2018.

جدول (2): دعم الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بعام 2019/2018

شرائح الاستهلاك	عدد المشتركين	دعم الطاقة الكهربائية	الاستفادة من دعم الطاقة الكهربائية %
0 - 50	3510783	1904164	4
51 - 100	3177517	3236154	6.8
0 - 200	11209864	19470919	40.6
201 - 350	5910565	14864159	31
351 - 650	2243210	7253142	15.1
651 - 1000	422918	182883	2.5
0 - أكثر من 1000	113305	(داعم) 121569	2.3-

المصدر: وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، 2019، بيانات غير منشورة.

3- تقدير الطلب المتوقع على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي

يتناول هذا الجزء من البحث تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بمصر حتى عام 2030.

3-1 بيانات النموذج ومصادر البيانات

في ضوء المسح الأدبي السابق عرضه تضمن النموذج المقترح تطبيقه لتقدير استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بمصر بهذه الدراسة المتغيرات التالية:

المتغير التابع:

- متوسط نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي (ك.و.س): تم حساب هذا المتغير من بيانات الإحصاءات الفنية الخاصة باستهلاك الطاقة الكهربائية والمتاحة على الموقع الإلكتروني لوزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، وكذلك بيانات السكان من بيانات الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2019). وفيما يتعلق بهذا المتغير فقد وجد أن بعض الدراسات السابقة عرضها تستخدم إجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي كمتغير تابع بدالة الطلب على الطاقة الكهربائية، وبعض الدراسات الأخرى تستخدم متوسط نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي كمتغير تابع.

وفي هذا السياق فقد تبنت هذه الدراسة استخدام متوسط نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية في نموذج دالة الطلب بدلاً من استخدام حجم الطلب ذاته. ويكمن السبب الرئيسي وراء ذلك في أن تعيين المحددات الحقيقية لزيادة/ أو نقصان استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي يقتضي تحييد أثر النمو السكاني والذي يصاحبه زيادة طبيعية في استهلاك الكهرباء. وفي ضوء تقديرات عدد السكان حتى نهاية فترة التنبؤ (عام 2030)، سيتم تقدير حجم الطلب الكلي للقطاع العائلي من الطاقة الكهربائية حتى عام 2030، وهو ما سيتم توضيحه في الأجزاء التالية للدراسة.

المتغيرات المفسرة:

- سعر الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي (قرش/كيلووات/الساعة): يتم تحديد سعر الوحدة المباعة من الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بمصر وفقاً لشرائح الاستهلاك المختلفة والتي تتباين فيما بينها وفقاً لمستويات الأسعار. وللتعبير عن مستوى الأسعار بهذه الدراسة، تم

حساب متوسط أسعار بيع الطاقة الكهربائية لجميع شرائح الاستهلاك العائلي⁽⁶⁾. وتم الحصول على بيانات هذا المتغير من بيانات جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك والمتاحة على الموقع الإلكتروني للجهاز.

- متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي (بالجنيه المصري): تم استخدام هذا المتغير كمؤشر على الدخل النقدي. وتم حساب بيانات هذا المتغير من بيانات الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي والمتاح على الموقع الإلكتروني لوزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، وكذلك من بيانات السكان والمتاحة على الموقع الإلكتروني للجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء.
- التمدن (%): تم استخدام مؤشر نسبة سكان الحضر للريف كمؤشر على التمدن بمصر، وتم الحصول على بيانات هذا المتغير من بيانات الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2019).
- عدد مستخدمي الإنترنت (بالمليون فرد): تم الحصول على هذا المتغير من قاعدة بيانات الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

وقد وقع اختيار الدراسة على المتغيرات المفسرة السابقة لتضمينها في النموذج المقترح لتقدير استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية استناداً إلى عدة عوامل:

أولاً: نتائج الدراسات السابقة والتي تناولت محددات استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية، والتي أكدت على أن هذه المتغيرات تلعب دوراً كبيراً في التأثير على استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع، هذا فضلاً عن ملائمة هذه المتغيرات لطبيعة وخصوصية المجتمع المصري.

ثانياً: توفر بيانات معبرة عن هذه المتغيرات خلال الفترة الزمنية محل الدراسة بمصر. لذلك، فقد استبعدت الدراسة متغير درجات الحرارة من نموذج الدراسة المقترح بالرغم من تناوله ببعض الدراسات التطبيقية، حيث يتفاوت أثر درجات الحرارة على استهلاك القطاع العائلي من الكهرباء بمصر بين فصلي الشتاء والصيف، ولا تتوافر بيانات تسمح بقياس محددات استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بمصر خلال هذين الفصلين.

ثالثاً: خصائص الطاقة الكهربائية كسلعة استهلاكية والتي تختلف في طبيعتها عن السلع الأخرى. لذلك فقد استبعدت الدراسة من النموذج المقترح باقي المحددات الأخرى للطلب وفقاً لنظرية الطلب وتحديد أسعار السلع البديلة والمكملة، وكذلك أذواق المستهلكين. فمن جانب، لا يوجد سلعاً بديلة

⁽⁶⁾ على الرغم من التباين في مستويات الأسعار بين الشرائح المختلفة التي قد تؤثر على قيمة الوسط الحسابي لقيم الأسعار لهذه الشرائح، إلا أن الوسط الحسابي يظل أفضل مقاييس النزعة المركزية لقياس القيمة المتوسطة حيث يأخذ في اعتباره كافة القيم الموجودة.

أو مكمله لاستخدام الطاقة الكهربائية والذي تتركز بشكل أساسي في الإنارة وتشغيل الأجهزة الكهربائية، على الجانب الآخر، هذا يعني أيضاً انقضاء وجود لدور التباين في أذواق المستهلكين في التأثير على استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي.

هذا وقد اشتملت الفترة الزمنية لنموذج محددات استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي على الفترة (1991/1990 – 2017/2018).

3-2 منهجية التقدير

في ضوء المسح الأدبي للدراسات التطبيقية التي تناولت بالقياس محددات استهلاك الطاقة الكهربائية في القطاع العائلي تبنت الدراسة النموذج التالي:

$$C_t = F(EP_t, I_T, U_T, IU_T) \quad (1)$$

حيث يعبر (C_t) عن متوسط نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي، ويعبر (EP_t) عن متوسط سعر بيع وحدة الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي، ويعبر (I_T) عن متوسط الدخل للفرد في مصر، ويعبر U_T عن التمدن، ويعبر IU_T عن عدد مستخدمي الانترنت.

ولغرض تقدير مرونة الطلب السعرية والدخلية، وكذلك معلمات النموذج في آن واحد، وهو ما تبنته العديد من الدراسات التطبيقية مثل (Rahimi and Rad, 2017)، ودراسة (Holtedahl, 2004)، وكذلك دراسة (Nababan, 2015)، تم حساب اللوغاريتم لكل من المتغير التابع وكذلك متغيرات الدخل والأسعار.

وبالتالي، فإن المعادلة السابقة (معادلة رقم (1)) يمكن التعبير عنها بالشكل التالي (معادلة رقم (2)):

$$\ln C_t = B_0 + B_1 \ln EP_t + B_2 \ln I_T + B_3 U_T + B_4 IU_T + \varepsilon_t \quad (2)$$

وتم تقدير المعادلة رقم (2) باستخدام منهجية التكامل المتناظر لانجل جرانجر (Engle Granger Approach for Cointegration) لقياس العلاقة التوازنية طويلة الأجل لدالة الطلب على الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي.

وللتأكد من شرط تطبيق هذه المنهجية، تم تطبيق اختبار ديكي وفولر الموسع (Augmented Dickey and Fuller (ADF)) لتحديد درجة سكون السلاسل الزمنية بنموذج التقدير المقترح. ويستند هذا الاختبار على فرضين بديلين، الفرض العدمي والذي يشير إلى عدم سكون السلسلة الزمنية.

والفرض البديل والذي يشير إلى سكون السلسلة الزمنية. ويأخذ هذا الاختبار الصيغة التالية (معادلة رقم (3)). (Gujarati and Porter, 2009; Greene, 2012):

$$\Delta X_t = a + bX_{t-1} + \sum_{i=1}^y c\Delta x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

ويمثل كل من (a, b, c) معلمات النموذج المقدرة، وكذلك يمثل (ε) حد الخطأ (White Noise)، و(X_t) المتغير الذي يخضع للاختبار. بينما يشير (b) إلى معامل الانحدار، والذي في ضوءه يتحدد درجة سكون السلسلة الزمنية محل الدراسة. فإذا كان احتمالية (Probability) معامل الانحدار أقل من القيمة الحرجة (0.05) فإن الفرض العدمي يتم رفضه ومن ثم تصبح السلسلة الزمنية ساكنة والعكس صحيح. وفيما يلي نتائج هذا الاختبار لمتغيرات النموذج السابق.

وبوضح الجدول التالي أن جميع متغيرات النموذج غير ساكنة عند المستوى، ولكنها تصبح ساكنة عند أخذ الفروق الأولى.

جدول رقم (3): نتائج اختبار ADF لقياس مستوى سكون السلاسل الزمنية (Probability)

الفرق الأول First Difference	المستوى Level	المتغيرات المفسرة
0.0038	0.8847	$\text{Log}(C_t)$
0.0046	1	$\text{Log}(EP_t)$
0.0038	0.8847	$\text{Log}(I_T)$
0.0001	0.183	(U_T)
0.013	1	(IU_T)

المصدر: بيانات محسوبة بواسطة الباحثين باستخدام برنامج E-Views V.8.

وبعد التأكد من أن جميع متغيرات النموذج متكاملة من نفس الدرجة $I(1)$ ، تم تقدير محددات استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي باستخدام طريقة المربعات الصغرى (OLS)، وتم الحصول على البواقي المقدرة لهذه المعادلة واختبار مستوى سكونها، وقد أظهر اختبار ديكي وفولر الموسع ((ADF)) عن سكون البواقي المقدرة عند المستوى، وهو الأمر الذي يشير إلى وجود علاقة توازنية طويلة الأجل بين المتغير التابع والمتغيرات المفسرة بدالة الطلب على الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي.

3-3 نتائج النموذج

يوضح الجدول التالي (جدول (4)) نتائج تقدير العلاقة التوازنية طويلة الأجل لدالة استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي.

جدول رقم (4): محددات دالة العلاقة التوازنية طويلة الأجل لدالة الطلب على الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي

Significance	Coefficient	المتغيرات المفسرة
0.910	-0.017	$\text{Log}(EP_t)$
0.000	2.046	$\text{Log}(I_T)$
0.015	0.130	U_T
0.096	0.011	(IU_T)
0.98		R^2

المصدر: بيانات محسوبة بواسطة الباحثين باستخدام برنامج E-Views V.8.

وقد أظهرت نتائج التقدير عن وجود علاقة عكسية ولكنها غير معنوية بين استهلاك القطاع العائلي للطاقة الكهربائية وسعر الوحدة المباعة منها. كما أوضحت النتائج عن انخفاض مرونة الطلب السعرية للطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي، حيث بلغت مرونة الطلب السعرية للكهرباء نحو (0.017). وبُذِلَ انخفاض مرونة الطلب السعرية للطاقة الكهربائية عن الواحد الصحيح وكذلك عدم معنويتها على أن طلب القطاع العائلي على الطاقة الكهربائية بمصر يُعد غير مرناً لتغيرات سعر الطاقة الكهربائية، أي أن تأثيرها بزيادة سعرها لن يكون كبيراً كما أن خفض سعرها لن يؤدي إلى زيادة الاستهلاك منها بشكل كبير.

وتتوافق هذه النتيجة مع الواقع المصري، حيث لا يوجد بدائل لاستخدام الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي، وذلك باستثناء الطاقة الشمسية والتي يتم الاعتماد عليها بنسب ضئيلة للغاية، وذلك كما سبقت الإشارة إليه، وبالتالي مهما كان الارتفاع في أسعار الطاقة الكهربائية فإن الكمية المستهلكة منها لن تتخفض كثيراً بسبب عدم وجود بدائل لها من جانب وكونها سلعية ضرورية من جانب آخر.

كما توافقت هذه النتيجة أيضاً مع أهداف السياسة السعرية التي اتبعتها الحكومة مؤخراً لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية، والتي في ضوءها تم زيادة أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي بمعدلات مرتفعة كما يتضح من (جدول (1))، حيث أن رفع سعر الطاقة الكهربائية بنسب بسيطة لن يكون له أثراً ملحوظاً على ترشيد استهلاك القطاع العائلي للكهرباء، وهذا ما أكدته نتائج النموذج.

وقد أظهرت نتائج التقدير أن دخل الفرد بالقطاع العائلي يُعد المحدد الرئيسي لاستهلاك الطاقة الكهربائية، حيث أن زيادة الدخل بنحو (1%) يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية بنحو (2%).

ويُبدل ارتفاع مرونة الطلب الدخلية عن الواحد الصحيح على أن طلب القطاع العائلي على الطاقة الكهربائية يُعد مرناً لتغيرات دخل الفرد، وأنه المحدد الرئيسي للطلب على الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي. ويرجع السبب الرئيسي وراء ذلك إلى أنه عند مستويات الأسعار السائدة للكهرباء فإن زيادة مستوى دخول الأفراد بمصر تؤدي الي زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية. حيث يصاحب زيادة الدخل وجود أنماطاً استهلاكية تحيز تجاه شراء المزيد من الأجهزة الكهربائية مثل التكييفات والدفايات والتلفزيونات وغيرها داخل الوحدة السكنية، وخاصة مع تبني هذه الأجهزة في الوقت الحالي لتكنولوجيات توفير الكهرباء، والتي توفر نحو (40%) من الطاقة الكهربائية مقارنة بالأجهزة غير الموفرة للكهرباء (الاتحاد العام للغرف التجارية المصرية، 2019). علاوة على أنه مع زيادة الدخل عن مستوى معين يتجه بعض الافراد إلى شراء وحدات سكنية بمساحات أكبر، وربما شراء أكثر من وحدة سكنية، والتي يكون بعضاً منها مخصصاً لقضاء بعض الوقت خلال الفترات الموسمية (الصيف)، ومما لا شك فيه يصاحب تلك الاتجاهات ارتفاع في استهلاك الطاقة الكهربائية عند مستويات الأسعار السائدة.

ويُدعم تلك النتيجة مؤشرات بحث الدخل والانفاق، والتي أظهرت عن ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية مع ارتفاع مستويات الدخل. فقد أظهرت المؤشرات عن استهلاك الافراد في فئات الدخل المنخفضة (أقل من 10 الآلاف - 25 ألف جنيه مصري/ عام) لنحو 9.7% من إجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية، وترتفع النسبة المستهلكة من الكهرباء مع ارتفاع مستوى الدخل حتى تصل إلى نحو 47% للأفراد في فئات الدخل المرتفعة (أكثر من 70 ألف جنيه مصري/ عام)، وذلك كما يتضح من الجدول التالي.

جدول (5): توزيع استهلاك الطاقة الكهربائية وفقاً لشرائح الانفاق خلال عام 2018/2017 (%)

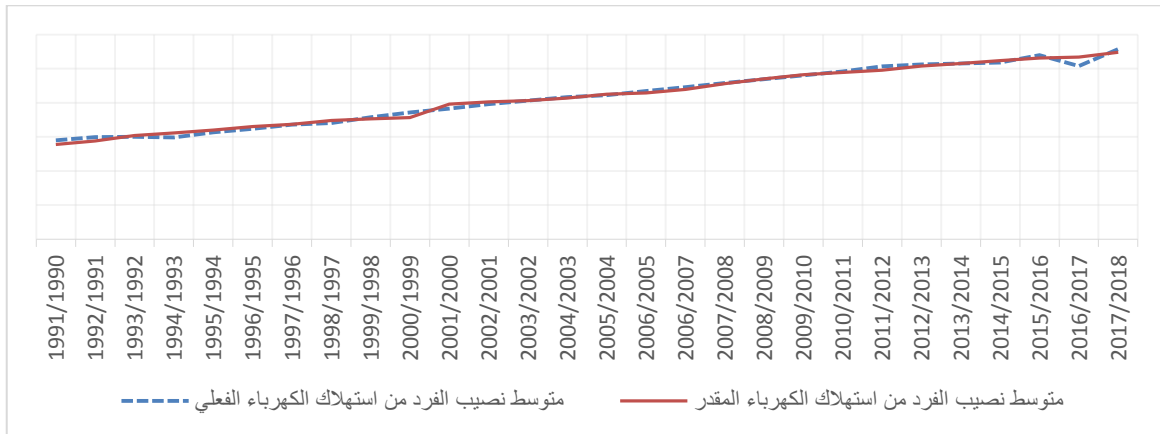
فئات متوسط الدخل السنوي	2018/2017
أقل من 10 الآلاف - 25 ألف	9.7
أكثر من 25 ألف - أقل من 40 ألف	12.7
أكبر من 40 ألف - أقل من 55 ألف	14.5
أكبر من 55 ألف - أقل من 70 ألف	16.1
أكثر من 70 ألف	47

المصدر: محسوب من بيانات الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، بحث الدخل والإنفاق والاستهلاك 2018/2017. وفيما يتعلق بأثر استخدام الانترنت فقد أظهرت النتائج عن معنويته وتأثيره الموجب على استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي، حيث أن زيادة عدد مستخدمي الانترنت بمليون فرد يؤدي الي زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية بنحو (0.01%). وبالرغم من الانخفاض النسبي لأثر استخدام الانترنت بمصر على استهلاك الطاقة الكهربائية، إلا أن أثره يعد ملموساً مقارنة بأثر سعر الطاقة

الكهربائية. وتعد هذه النتيجة ذات دلالة حيث شهدت مصر تطوراً كبيراً في نسبة مستخدمي الانترنت من إجمالي السكان والتي سجلت نحو (40.9%) في عام 2018 (وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات، التقرير السنوي 2018). ومما لا شك فيه فإن زيادة عدد مستخدمي الانترنت بمصر يسهم في زيادة استهلاك القطاع العائلي للطاقة الكهربائية، وخاصة مع ارتفاع عدد الساعات التي يقضيها هؤلاء المشتركين أمام الانترنت، مما يسهم في زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية لتشغيل الحاسب الآلي أو التليفونات المحمولة.

وبالنظر إلى أثر متغير التحضر، فيلاحظ أن نتائج التقدير أظهرت معنويته وأثره الموجب على استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي، وربما يرجع السبب الرئيسي وراء ذلك إلى أن طريقة المعيشة بمصر في الحضر ترتبط باستخدام أجهزة وأدوات كهربائية بشكل أكبر من المناطق الريفية مثل الأجهزة الكهربائية والمصاعد، بالإضافة إلى استخدام الإنارة الكهربائية يكون بشكل مكثف بالمباني في المناطق الحضرية مقارنة بالمباني الريفية. فعلى سبيل المثال تبلغ نسبة الأسر المستخدمة لأجهزة التكييف في الحضر نحو 21.2% مقابل 4.6% في الريف، والمكانس الكهربائية (30% في الحضر و 10.3% في الريف)، والدفايات الكهربائية (8.4% في الحضر و 4.2% في الريف)، والغسالات الأوتوماتيك (41% في الحضر و 11.9% في الريف) (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2019).

وفيما يتعلق بجودة توفيق النموذج المقدر فقد أظهرت نتائج التقدير ارتفاع قيمة معامل التحديد (R^2) والتي بلغت نحو 98%، وهو ما يشير إلى أن المتغيرات المفسرة في الأجل الطويل تفسر نحو (98%) من التغيرات التي تحدث في استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية، والنسبة المتبقية نحو (2%) تمثل أثر المتغيرات الأخرى (العشوائية) غير المتضمنة في نموذج التقدير. ويُدلل على النتيجة السابقة الشكل التالي، والذي يوضح ارتفاع درجة تمثيل البيانات المقدرة الخاصة باستهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية للبيانات التاريخية خلال فترة النموذج.



شكل (3): تطور القيم الفعلية والمقدرة لمتوسط نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية خلال الفترة (1991/1990 – 2018/2017). المصدر: تم إعدادها بواسطة الباحثين.

3-4 تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي حتى عام 2030

في ضوء نتائج النموذج المقدر لدالة الطلب على الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي تهدف الدراسة بهذا الجزء تقدير حجم طلب المتوقع للقطاع على الكهرباء حتى عام 2030. وقد وقع الاختيار على هذه الفترة الزمنية، وذلك حتى تتماشى مع الإطار الزمني لاستراتيجية التنمية المستدامة لمصر: رؤية مصر 2030، وكذلك أجندة التنمية المستدامة العالمية حتى عام 2030، حيث يمثل هذا العام الإطار الزمني لخطط واستراتيجيات التنمية على المستوى المحلي والعالمي.

ويتطلب تقدير حجم الطلب المتوقع على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي حتى عام 2030 أيضاً تقدير القيم المستقبلية المتوقعة لمحددات هذا الطلب خلال الفترة المستهدفة. وتجدر الإشارة إلى أن الدراسة واجهت العديد من الصعوبات في هذا السياق نظراً لعدم وجود تقديرات متاحة لبعض هذه المحددات خلال الفترة المستهدفة للتقدير. لذا فقد لجأت الدراسة إلى وضع افتراضات أقرب ما تكون إلى الوضع المتوقع بقدر الإمكان، وذلك استناداً إلى خبرات بعض الخبراء المتخصصين، وكذلك بعض الأساليب الإحصائية.

3-4-1 متوسط أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي

يُعد تقدير السعر المتوقع لوحدة الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي خلال السنوات القادمة أمر بالغ الصعوبة، فهناك خطة محددة من قبل وزارة الكهرباء والطاقة لرفع الدعم عن الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي والتجاري بحلول عام 2022. ومن المتوقع أن يتبع انتهاء هذه الخطة تحرير أسعار الطاقة الكهربائية بمعنى أن التغير في أسعار الكهرباء سيتم تحديده وفقاً للتغير في التكلفة كل عام. وهناك العديد من العوامل التي من المتوقع أن تؤثر على التكلفة ومنها بشكل أساسي الأسعار العالمية للبترول، وتكلفة استخراج وإنتاج الغاز الطبيعي، وتكلفة إنشاء وصيانة المحطات الحرارية لتوليد ونقل الكهرباء، وكذلك تكاليف إنشاء وصيانة محطات الطاقة المتجددة المخطط لها وتحديد الشمسية والرياح. أضف إلى ذلك أنه في ضوء خطة الحكومة لرفع الدعم عن المنتجات البترولية، فإنه من المتوقع أن تحصل وزارة الكهرباء على أسعار المواد البترولية والغاز المستخدمة في توليد الكهرباء بأسعار غير مدعومة، مما يعني زيادة تكلفة توليد الطاقة الكهربائية بشكل كبير. وفي ضوء ذلك، فإنه من المتوقع أن يتم تحديد أسعار تعريفة استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي على المدى القصير، كل عام أو أقل من ذلك، وفقاً للتغيرات في التكلفة.

وفي هذا الإطار، فإنه من المتوقع استمرار زيادة أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي خلال الفترة القادمة وحتى عام 2030. وفي ضوء عدم توفر توقعات عن توجهات وزارة الكهرباء

والطاقة حول أسعار الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بعد عام 2020، فقد وضعت الدراسة افتراضين؛

الافتراض الأول: زيادة أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي بمعدل لا يقل عن متوسط معدل الزيادة المحقق خلال الفترة (2015/2014 - 2020/2019)، وهو في حدود 11%.

الافتراض الثاني: هو زيادة أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي بنفس معدل التضخم المتوقع في مصر حتى عام 2030. وللحصول على معدل التضخم المتوقع خلال هذه الفترة، تم استخدام توقعات صندوق النقد الدولي والتي قدرت متوسط معدل التضخم بنحو 7% خلال الفترة (2021/2020 - 2024/2023)⁽⁷⁾ (IMF, 2019). أما باقي الفترة الزمنية (2025/2024 - 2030/2029) فقد تم استخدام مستهدفات استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030 حول معدل التضخم، والذي يصل إلى نحو 5% في عام 2030 (وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، 2016).

3-4-2 الدخل

كما سبقت الإشارة إليه تم التعبير عن دخل الفرد بهذه الدراسة بأنه متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بالجنه المصري. ولتقدير القيم المستقبلية المتوقعة لهذا المتغير حتى عام 2030، فقد تبنت الدراسة بدليلين كما يلي:

البديل الأول: معدل النمو

بمراجعة معدلات النمو المستهدفة للناتج المحلي الإجمالي لمصر في ضوء استراتيجية التنمية المستدامة لمصر: رؤية مصر 2030 والخطة متوسطة المدى للتنمية المستدامة حتى عام 2022، يتضح وجود تضارب بين المستهدفات التي تضمنتها كل منها. حيث استهدفت استراتيجية التنمية المستدامة تحقيق معدل نمو للناتج المحلي الإجمالي الحقيقي بنحو (10%) في عام 2020 ليزداد إلى نحو (12%) بحلول عام 2030 (وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، 2016)، إلا أن الخطة متوسطة المدى للتنمية المستدامة حتى عام 2022 أعادت وضع مستهدفات جديدة حتى عام 2022 تختلف تماما عما تضمنته الاستراتيجية، حيث تستهدف الخطة الوصول بمعدل النمو الاقتصادي الحقيقي ليصل إلى 6.5% في عام 2020/2019 ثم 7.2% في عام 2021/2020، ثم 8% في عام 2022/2021 (وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، 2018).

⁽⁷⁾ تجدر الإشارة إلى توفر بيانات أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي في عامي 2019/2018 و2020/2019 كما أعلنه جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك.

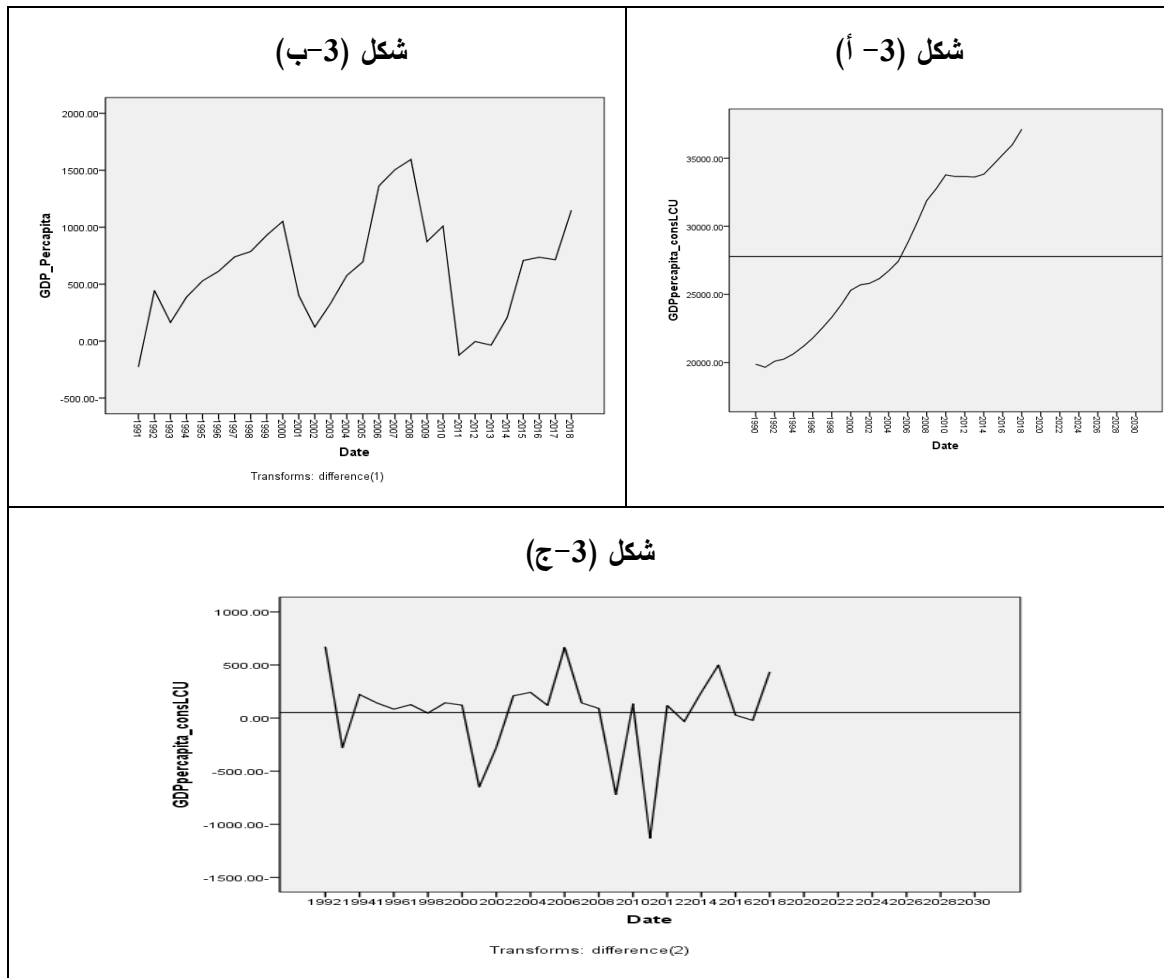
وفي ضوء ما سبق، يستند هذا البديل على استخدام معدلات النمو السنوية للنتائج المحلي الإجمالي الحقيقي التي تضمنتها خطة متوسطة المدى للتنمية المستدامة حتى عام 2022/2021. ثم افتراض تزايد معدل النمو بشكل تدريجي بداية من عام 2023/2022 حتى يصل إلى المعدل الذي تضمنته استراتيجية التنمية المستدامة وهو 12% في عام 2030/2029. وبالتالي وفقا لهذا البديل، تم تقدير قيمة الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي سنويا حتى عام 2030، وفي ضوء تقديرات عدد السكان حتى عام 2030 تم تقدير قيمة متوسط نصيب الفرد من الناتج الحقيقي خلال هذه الفترة.

البديل الثاني: استخدام أسلوب إحصائي

استند هذا البديل على منهجية بوكس وجينكز (Box-Jenkins Method) من خلال استخدام نماذج (ARIMA)، لتقدير القيم المستقبلية المتوقعة لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وذلك لتجنب وضع افتراضات متحيزة للنمو الاقتصادي. ولتحديد النموذج الملائم لتقدير دخل الفرد المتوقع حتى عام 2030 في ضوء النماذج السابقة، فقد تم اتباع الخطوات التالية:

الخطوة الأولى: اختبار سكون أو استقرار السلسلة الزمنية من خلال استخدام الأسلوب البياني للسلسلة الزمنية لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي خلال فترة الدراسة، وذلك للتعرف على مدى سكون السلسلة الزمنية والتحويلات المطلوبة لتحقيق استقرارها.

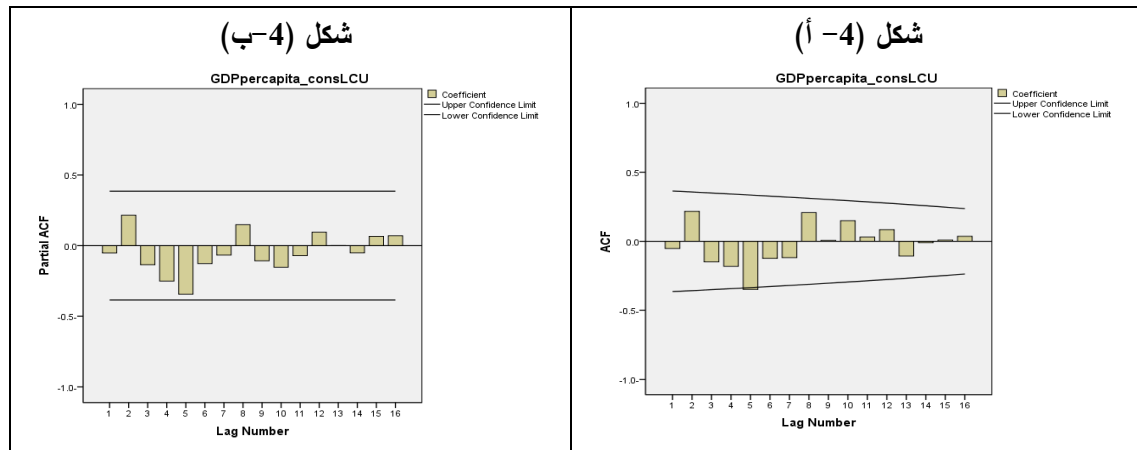
ويوضح الشكل التالي (شكل 4)) نتائج الفحص البياني لسكون سلسلة بيانات متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. حيث يوضح الشكل الأول (4-أ)، الاتجاه العام للسلسلة الزمنية لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. والذي يتضح منه وجود اتجاه عام متزايد في السلسلة عبر الزمن، ويوضح الشكل الثاني (4-ب) السلسلة بعد أخذ الفرق الأول لتسكين الوسط للسلسلة، والذي يتضح منه أن الفرق الأول لم يحقق استقرار السلسلة حيث ما زال يوجد تغير في نمط اتجاه السلسلة، أما الشكل (4-ج) فيوضح السلسلة بعد أخذ الفرق الثاني، ومنه اتضح أن استقرار السلسلة الزمنية لمتوسط الدخل يتحقق عند الفرق الثاني وليس الفرق الأول.



شكل (4): الفحص البياني لسكون السلسلة لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي لمصر (1991/1990 - 2018/2017).

المصدر: تم إعدادها بواسطة الباحثين.

الخطوة الثانية: استخدام الشكل البياني لفحص دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي (ACF and PACF)، لهذه السلسلة. حيث يوضح الشكل (5) نتائج الفحص البياني لدالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة. ومنها يتضح عشوائية دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي.

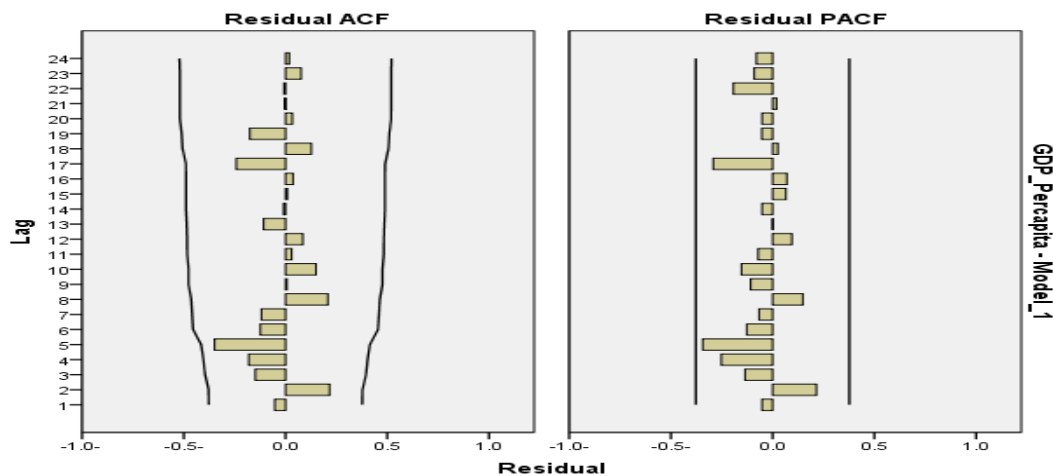


شکل (5): الفحص البياني لسكون السلسلة ودالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي لمصر (1991/1990 – 2018/2017).

المصدر: تم إعدادها بواسطة الباحثين.

وفي ضوء التحليل السابق خلصت الدراسة إلى أن النموذج الأنسب لتقدير متوسط دخل الفرد هو $ARIMA(0,2,0)$ ، وقد بلغت قيمة $(R^2 = 0.95)$.

الخطوة الثالثة: استخدام الشكل البياني لفحص دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للبقايا لهذه السلسلة. حيث يوضح الشكل (6) نتائج الفحص البياني لدالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للبقايا للسلسلة. ومنها يتضح عشوائية دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي، كما أنها تقع جميعها داخل حدود الثقة.



شکل (6): الفحص البياني لسكون السلسلة ودالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للبقايا لسلسلة متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي لمصر (1991/1990 – 2018/2017)

المصدر: تم إعدادها بواسطة الباحثين.

بناءً عليه، فقد أخذ النموذج المقترح لتقدير دخل القطاع العائلي الشكل التالي (Gujarati and Porter, 2009; Greene, 2012; Shumway and Stoffer, 2011):

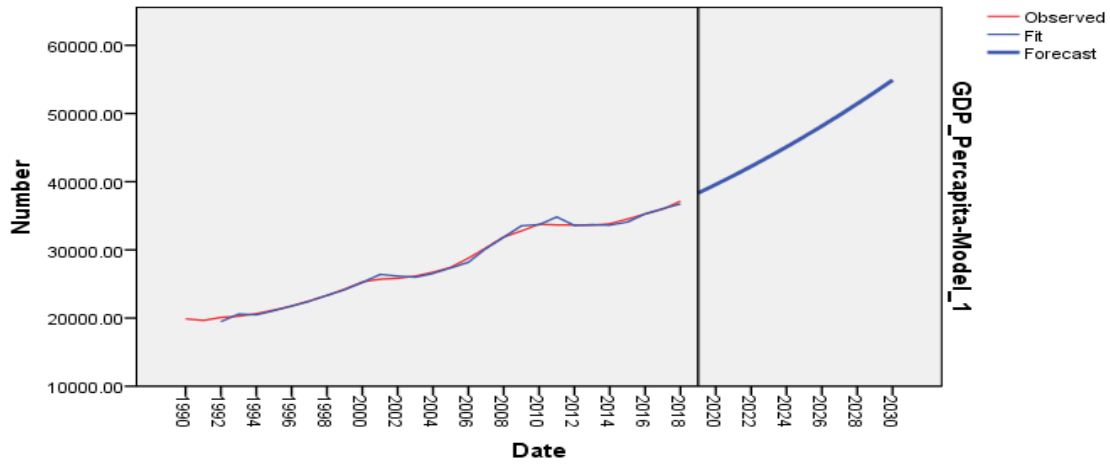
$$\Delta^2 y_t = \mu + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$(y_t - y_{t-1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) = \mu + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$y_t - 2y_{t-1} - y_{t-2} = \mu + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$y_t = \mu + 2y_{t-1} + y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (7)$$

ويوضح الشكل التالي نتائج استخدام النموذج السابق في تقدير قيم سلسلة متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي لمصر خلال الفترة (1990-2030).



شكل (7): القيم الفعلية والمقدرة لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي لمصر (2030-1990). المصدر: تم إعدادها بواسطة الباحثين.

3-4-3 التمدن

في ضوء عدم توافر تقديرات لنسبة الحضر بمصر حتى عام 2030، وفي ضوء الثبات النسبي لنسبة الحضر والتي تتراوح بين (42% - 43%) خلال الفترة الماضية، مما يعني عدم وجود فروق كبيرة، تم اعتماد متوسط نسبة الحضر خلال الفترة محل الدراسة كتقدير للنسبة حتى عام 2030، وهي حوالي 42.6%.

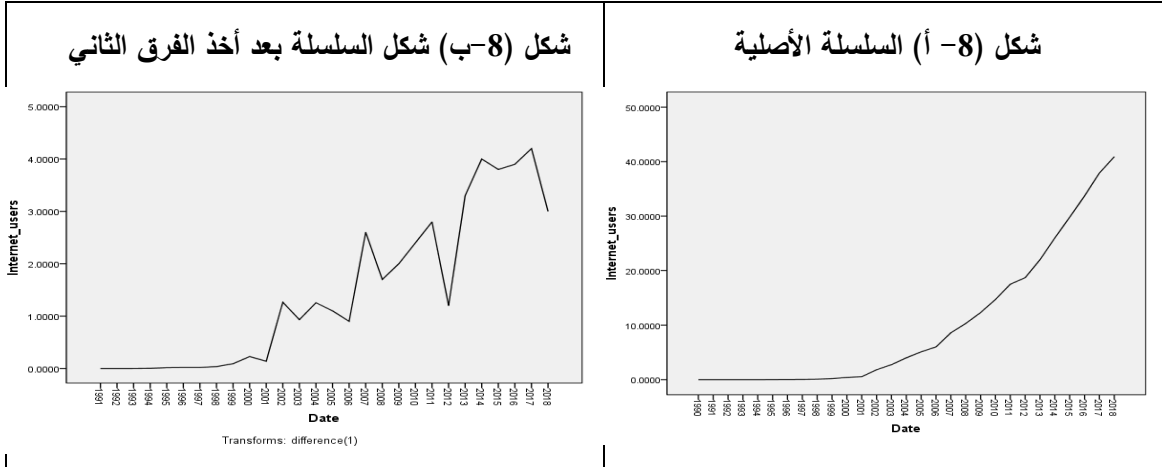
4-4-3 عدد مستخدمي الإنترنت

نظراً لعدم توفر تقديرات لعدد مستخدمي الإنترنت بمصر حتى عام 2030، وفي ظل عدم وجود استراتيجية منشورة لقطاع الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات في مصر بحيث يمكن الاستناد إليها في تقدير قيم لعدد مستخدمي الإنترنت في مصر خلال الفترة القادمة، لجأت الدراسة إلى استخدام

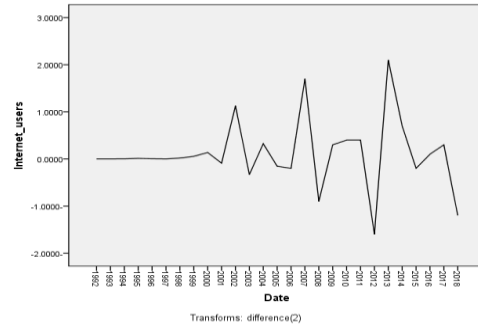
أسلوب إحصائي كما هو الحال في تقدير متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، حيث تم استخدام طريقة بوكس وجينكز (Box-Jenkins Method) باستخدام نماذج (ARIMA). ويرجع السبب الأساسي إلى استخدام نماذج ARIMA هو أنها تعتمد على القيم التاريخية للسلسلة الزمنية للقيم وسلوكها عبر الزمن دون الحاجة إلى وجود متغيرات أخرى مفسرة لسلوك السلسلة، كما أنه يمكن المفاضلة بين أكثر من شكل للنموذج حتى الوصول إلى الشكل الأمثل الذي يمكن استخدامه في التنبؤ.

ولتحديد النموذج الملائم لتقدير متوسط دخل الفرد المتوقع حتى عام 2030 في ضوء النماذج السابقة، فقد تم اتباع نفس الخطوات السابقة. حيث تم أولاً اختبار سكون أو استقرار السلسلة الزمنية من خلال استخدام الأسلوب البياني للسلسلة الزمنية، ومنه اتضح أن استقرار السلسلة الزمنية لعدد مستخدمي الإنترنت يتحقق عند الفرق الثاني.

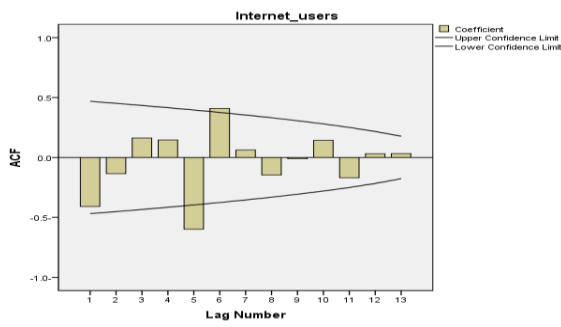
ثم تم استخدام الشكل البياني لفحص دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي (ACF and PACF)، لهذه السلسلة. ومنها يتضح عشوائية دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي. ومنها خلصت الدراسة إلى أن النموذج الأنسب لتقدير مستخدمي الإنترنت هو ARIMA (0,2,0)، وقد بلغت قيمة ($R^2 = 0.99$). ويوضح الشكل التالي نتائج الفحص البياني للسلسلة الزمنية لعدد مستخدمي الإنترنت في مصر.



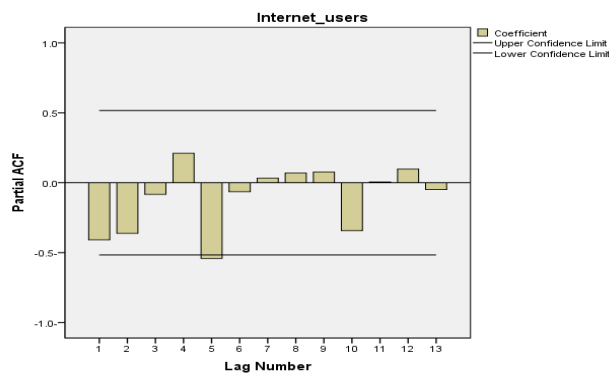
شكل (8-ج) شكل السلسلة بعد أخذ الفرق الثاني



شكل (8-د) دالة الارتباط الذاتي



شكل (8-هـ) دالة الارتباط الذاتي الجزئي

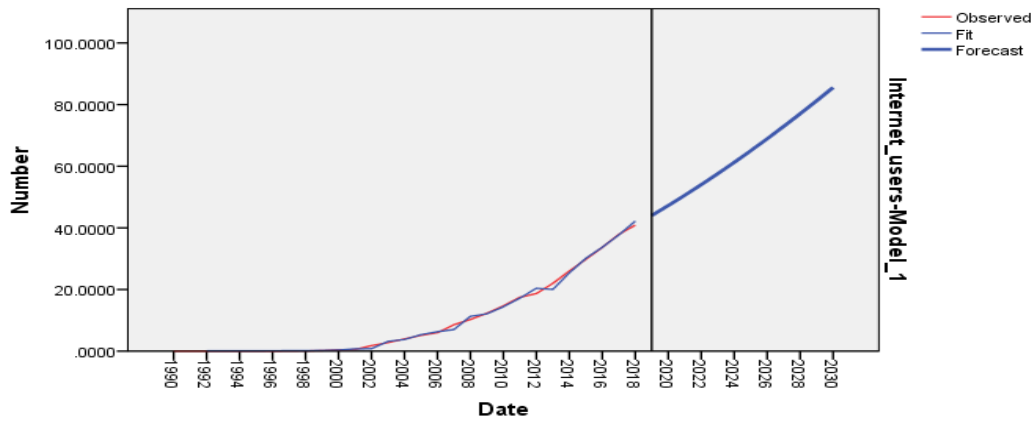


شكل (8): الفحص البياني للسلسلة الزمنية لعدد مستخدمي الإنترنت بمصر.
المصدر: تم إعدادها بواسطة الباحثين.

كما تم استخدام الشكل البياني لفحص دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للبواقي لهذه السلسلة، ومنها اتضح عشوائية دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي، كما أنها تقع جميعها داخل حدود الثقة. وبناء عليه، فقد أخذ النموذج المقترح لتقدير عدد مستخدمي الإنترنت الشكل التالي:

$$y_t = \mu + 2y_{t-1} + y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (8)$$

ويوضح الشكل التالي نتائج استخدام النموذج السابق في تقدير قيم سلسلة عدد مستخدمي الإنترنت حتى عام 2030.



شكل (9): القيم الفعلية والمقدرة لعدد مستخدمي الإنترنت بمصر حتى عام 2030 (مليون فرد)
المصدر: تم إعدادها بواسطة الباحثين.

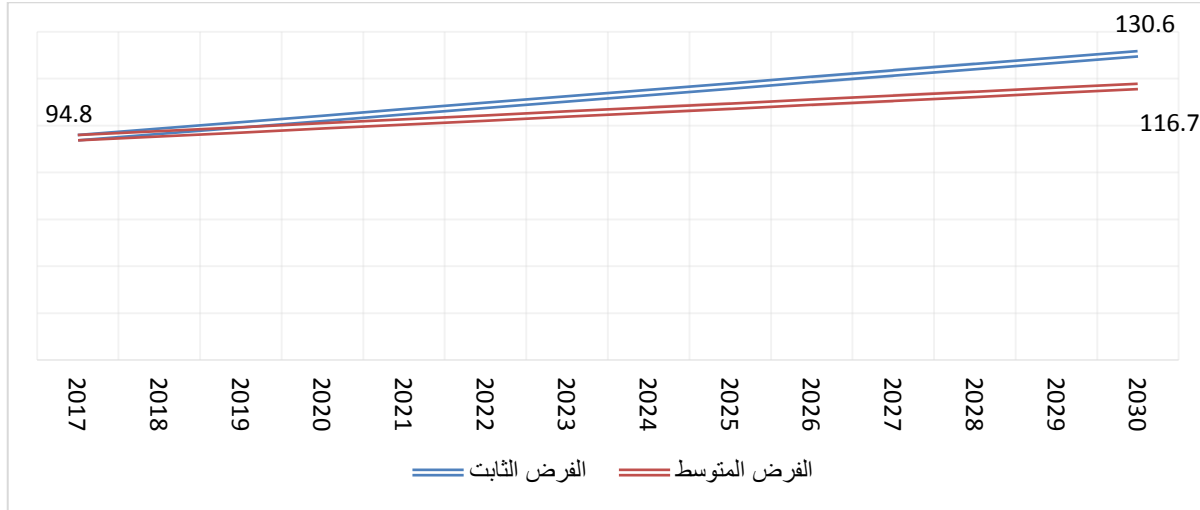
3-4-5 عدد السكان

على الرغم من أن عدد السكان لم يكن أحد المتغيرات المفسرة في نموذج الطلب، إلا أن هناك ضرورة لاستخدام تقديرات لعدد السكان بمصر حتى عام 2030 لتحقيق غرضين أساسيين بهذه الدراسة. الغرض الأول يتمثل في تقدير الطلب الكلي على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي في ضوء التقديرات المتوقعة لمتوسط نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية. أما الغرض الثاني فيتمثل في تقدير متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وفقاً للبديل الأول لتقدير الناتج كما تم توضيحه سابقاً.

وفي دراسة حديثة أعدها الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2020)، تم تقدير عدد السكان بمصر حتى عام 2052 في ضوء فرضين رئيسيين:

- **الفرض الأول (الفرض الثابت):** هو استمرار معدل الإنجاب الحالي والذي يبلغ نحو (3.4) طفل لكل سيدة. وفي ضوء هذا الافتراض فمن المتوقع أن يصل عدد السكان بمصر إلى ما يقرب من (191.3 مليون نسمة) بحلول عام 2052، أي بمتوسط زيادة سنوية تصل إلى (2.8) مليون نسمة.
- **الفرض الثاني وهو انخفاض معدل الإنجاب (الفرض المتوسط):** هو تراجع معدل الانجاب، وفي ضوء هذا الافتراض فإنه من المتوقع أن يصل عدد السكان بمصر إلى نحو (153.7 مليون نسمة) بحلول عام 2052، أي بمتوسط زيادة سنوية تصل إلى (1.7 مليون نسمة).

وهذا يعني أنه وفقاً للسيناريو الأول، فإنه من المتوقع أن يصل عدد السكان بمصر بحلول عام 2030 إلى نحو (130.6 مليون نسمة)، ووفقاً للسيناريو الثاني إلى نحو (116.7 مليون نسمة). ويوضح الشكل التالي تقديرات عدد السكان وفقاً للسيناريوهين حتى عام 2030⁽⁸⁾.



شكل (10): تقديرات عدد السكان بمصر خلال الفترة من 2030-2017 (مليون نسمة).
المصدر: محسوبة بواسطة الباحثين في ضوء السيناريوهات المستخدمة في دراسة الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء.

وفي ضوء عدم وجود سيناريو مرجح بين السيناريوهين المفترضين من قبل الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، فقد تبنت الدراسة سيناريو وسط لاستخدامه في نموذج تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي. وتم حساب هذا السيناريو من خلال حساب الوسط الحسابي للقيم المقدرة لعدد السكان بين السيناريوهين السابقين، والذي أسفر عن قيمة متوقعة لعدد السكان تصل إلى نحو 123.7 مليون نسمة بحلول عام 2030.

3-4-6 تقديرات طلب القطاع العائلي على الطاقة الكهربائية

بناءً على الافتراضات السابقة، وفي ضوء معلمات العلاقة التوازنية طويلة الأجل لدالة استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي (1991/1990 - 2018/2017)، تم حساب القيم المقدرة

⁽⁸⁾ كما تجدر الإشارة إلى أنه بالرغم من أن الاستراتيجية القومية للسكان التي أطلقها المجلس القومي للسكان في عام 2015، قد وضعت توقعات لعدد السكان في مصر حتى عام 2030، استناداً إلى ثلاثة سيناريوهات وفقاً لمعدل الإنجاب الكلي كما يلي:

- السيناريو الأول (118.9 مليون نسمة): استمرار معدلات الإنجاب الحالية (3.5 طفل/ سيدة).
- السيناريو الثاني (110.9 مليون نسمة): الوصول إلى معدل مستهدف (2.4 طفل/ سيدة).
- السيناريو الثالث (108.7 مليون نسمة): الوصول إلى معدل الإحلال (2.1 طفل/ سيدة).

إلا أن الدراسة لم تعتمد على نتائجها، لأنها لم يتم تحديثها في ضوء تعداد السكان الأخير لعام 2017، مما أدى إلى تواضع تقديراتها لعدد السكان حتى عام 2030.

لمحددات استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي حتى عام 2030. ويوضح جدول (م1) في الملحق الخاص بالدراسة، القيم المقدرة للمتغيرات التي تم استخدامها، وذلك وفقاً للافتراضات الخاصة بكل متغير منها.

وفي ضوء ذلك، تم حساب القيم المقدرة للطلب المتوقع للقطاع العائلي من الطاقة الكهربائية حتى عام 2030، وفقاً لأربعة سيناريوهات استناداً إلى الافتراضات الخاصة بتقدير المتغيرات المفسرة، وذلك على النحو التالي:

السيناريو الأول: يتضمن الآتي:

- القيم المقدرة لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وفقاً للبديل الأول، وهو استخدام معدلات النمو التي تضمنتها الخطة متوسطة الأجل للتنمية المستدامة 2022/2021، وكذلك استراتيجية التنمية المستدامة لمصر حتى عام 2030.
- القيم المقدرة لمتوسط أسعار تعريف الطاقة الكهربائية وفقاً للبديل الأول وهو زيادة أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي بمعدل لا يقل عن متوسط معدل الزيادة المحقق خلال الفترة (2015/2014 - 2020/2019)، وهو في حدود 11%.
- القيم المقدرة لأعداد مستخدمي الإنترنت في مصر.
- القيمة المقدرة لنسبة سكان الحضر.

السيناريو الثاني: يتضمن الآتي

- القيم المقدرة لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وفقاً للبديل الثاني، وهو استخدام أسلوب إحصائي من خلال استخدام نماذج (ARIMA).
- القيم المقدرة لمتوسط أسعار تعريف الطاقة الكهربائية وفقاً للبديل الأول، وهو زيادة أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي بمعدل لا يقل عن متوسط معدل الزيادة المحقق خلال الفترة (2015/2014 - 2020/2019)، وهو في حدود 11%.
- القيم المقدرة لأعداد مستخدمي الإنترنت في مصر.
- القيمة المقدرة لنسبة سكان الحضر.

السيناريو الثالث: يتضمن الآتي

- القيم المقدرة لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وفقاً للبديل الأول، وهو استخدام معدلات النمو التي تضمنتها الخطة متوسطة الأجل للتنمية المستدامة 2022/2021، وكذلك استراتيجية التنمية المستدامة لمصر حتى عام 2030.

- القيم المقدرة لمتوسط أسعار تعريف الطاقة الكهربائية وفقاً للبديل الثاني، وهو زيادة أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي بذات معدل التضخم المتوقع في مصر حتى عام 2030.

- القيم المقدرة لأعداد مستخدمي الإنترنت في مصر.
- القيمة المقدرة لنسبة سكان الحضر.

السيناريو الرابع: يتضمن الآتي

- القيم المقدرة لمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وفقاً للبديل الثاني، وهو استخدام أسلوب إحصائي من خلال استخدام نماذج (ARIMA).
- القيم المقدرة لمتوسط أسعار تعريف الطاقة الكهربائية وفقاً للبديل الثاني، وهو زيادة أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي بذات معدل التضخم المتوقع في مصر حتى عام 2030.

- القيم المقدرة لأعداد مستخدمي الإنترنت في مصر.
- القيمة المقدرة لنسبة سكان الحضر.

حيث من المتوقع أن يصل حجم الطلب المتوقع إلى نحو 531.5 (مليار كيلووات/ساعة) بحلول عام 2030 وفقاً للسيناريو الأول، ونحو 231.4 (مليار كيلووات/ساعة) وفقاً للسيناريو الثاني، ونحو 535.1 (مليار كيلووات/ساعة) وفقاً للسيناريو الثالث، ونحو 233 (مليار كيلووات/ساعة) وفقاً للسيناريو الرابع.

ويوضح الجدول التالي تطور حجم استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي الفعلي والمقدر حتى عام 2030، وفقاً للسيناريوهات الأربعة.

جدول رقم (6): تقديرات حجم استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية خلال الفترة (2019/2018 – 2030/2029)

السنوات	السيناريو الأول	السيناريو الثاني	السيناريو الثالث	السيناريو الرابع
2019/2018	73,649	72,631	73,649	72,631
2020/2019	81,098	84,465	81,098	84,465
2021/2020	93,273	93,551	93,276	93,554
2022/2021	108,932	103,595	108,939	103,602
2023/2022	128,458	114,690	128,470	114,700
2024/2023	152,947	126,935	153,079	127,044
2025/2024	183,854	140,441	184,153	140,669

السنوات	السيناريو الأول	السيناريو الثاني	السيناريو الثالث	السيناريو الرابع
2026/2025	223,116	155,326	223,650	155,697
2027/2026	273,332	171,719	274,247	172,294
2028/2027	338,008	189,759	339,463	190,576
2029/2028	421,909	209,596	424,210	210,740
2030/2029	531,546	231,395	535,057	232,923

المصدر: محسوب بواسطة الباحثين.

وفي هذا السياق ترجح الدراسة السيناريو الرابع من بين السيناريوهات الأربعة، حيث يعد السيناريو الأكثر تحفظاً فيما يتعلق بتقديرات نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، وكذلك التغيرات المتوقعة في أسعار الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي، وخاصة في ضوء التحفظات على معدلات نمو الناتج الحقيقي التي تضمنتها استراتيجية التنمية المستدامة لمصر حتى عام 2030 وهو ما يتطلب إعادة النظر في هذه المستهدفات، وهو ما يتم حالياً في ضوء عملية التحديث للاستراتيجية، والتي لم يتم الانتهاء منها حتى كتابة هذا البحث. يُضاف على ذلك، حالة عدم التأكد فيما يتعلق بآلية التغير في أسعار الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي خلال الفترة القادمة وبعد انتهاء المدة المحددة لبرنامج إصلاح دعم الطاقة الكهربائية.

الخلاصة

تمثلت الأهداف الرئيسية لهذه الدراسة في تحليل الوضع الراهن لاستهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي، والتعرف على أهم محددات الطلب على الطاقة الكهربائية بالقطاع، وتقديم نموذج لتقدير الطلب على الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي حتى عام 2030.

فيما يتعلق بتحليل الوضع الراهن لاستهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي، فقد خلصت الدراسة إلى ما يلي:

- حقق استهلاك الطاقة الكهربائية بالقطاع ارتفاعاً بشكل متزايد خلال الفترة محل الدراسة، بنسبة زيادة تراوحت بين (8% - 14%)، باستثناء عام 2017/2016، والذي تراجع فيه استهلاك القطاع العائلي من الكهرباء، بنحو (13%)، ليعاود الارتفاع مرة أخرى في عام 2018/2017.
- تمثل الشبكة العامة للكهرباء المصدر الرئيسي للطاقة الكهربائية للقطاع العائلي، حيث وصلت نسبة القطاع العائلي المستخدم لهذه الشبكة في الإنارة نحو 99.9% على مستوى

الجمهورية، بينما تبلغ نسبة القطاع العائلي المعتمد على مصادر الطاقة المتجددة وتحديداً الشمسية نحو 0.03% على مستوى الجمهورية.

- أظهرت سياسة تحرير أسعار بيع الطاقة الكهربائية عند بداية تطبيقها عن تحقق العدالة في توزيع الأسعار للقطاع العائلي وحماية الفئات الأقل دخلاً. ولكن هذا الاتجاه تباين في المراحل المتقدمة من تطبيق سياسة تحرير أسعار بيع الطاقة الكهربائية، حيث اتضح من التحليل ارتفاع الأثر التضخمي لأسعار الطاقة الكهربائية المباعة للفئات الأقل في الاستهلاك (الأقل دخلاً) مقارنة بالفئات الأعلى في الاستهلاك (الأعلى دخلاً).

ولتقدير الطلب على الطاقة الكهربائية بالقطاع العائلي حتى عام 2030 فقد تم استخدام منهجية إنجل - جرانجر للتكامل المشترك (Engle Granger Approach for Cointegration) لتقدير العلاقة التوازنية طويلة الأجل لدالة استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي، وذلك استناداً إلى عدد من المحددات الرئيسية والتي توافقت النظريات الاقتصادية، والدراسات التطبيقية، وكذلك الواقع المصري، وهي أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي، ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي كمؤشر على الدخل، ونسبة سكان الحضر لإجمالي سكان الجمهورية كمؤشر على التمدن، وكذلك عدد مستخدمي الإنترنت. كما تم استخدام أسلوب السلاسل الزمنية (Box-Jenkins) للتنبؤ بالقيم المستقبلية لبعض هذه المحددات، وبما يفيد في تقدير استهلاك الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي حتى عام 2030.

وقد أشارت نتائج التقدير إلى أن الدخل الحقيقي للقطاع العائلي يُعد هو أكثر العوامل المؤثرة في استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية. كما أظهرت النتائج أيضاً عن وجود أثراً سالباً وضعيفاً لتغير أسعار الطاقة الكهربائية على استهلاك القطاع العائلي من الطاقة. على الجانب الآخر أشارت نتائج النموذج عن وجود أثر موجب لاستخدام الإنترنت، وكذلك التحضر على استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية.

وفي ضوء معلمات النموذج والقيم المقدرة لمحدداته حتى عام 2030، تبنت الدراسة أربعة سيناريوهات تأخذ في الاعتبار افتراضات الدراسة حول متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، وكذلك التغيرات المتوقعة في أسعار الطاقة الكهربائية المباعة للقطاع العائلي حتى عام 2030. وقد أظهرت نتائج التقدير وجود تباينات بين السيناريوهات الأربعة، وتم ترجيح أحد هذه السيناريوهات، وهو السيناريو الرابع الذي يأخذ في الاعتبار تقدير الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي، ومن ثم متوسط نصيب الفرد من هذا الناتج وفقاً لنماذج (ARIMA)، وكذلك افتراض زيادة أسعار الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي وفقاً لمعدلات التضخم المتوقعة في مصر حتى عام 2030.

وتم ترجيح هذا السيناريو في ضوء التحفظات على معدلات نمو الناتج الحقيقي في الاستراتيجية، وكذلك في ضوء عدم التأكد فيما يتعلق بآلية تسعير الطاقة الكهربائية لمصر للقطاع العائلي حتى عام 2030. ومن ثم، ووفقاً للسيناريو المرجح، فمن المتوقع أن يرتفع الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي بمصر ليصل إلى نحو 233 مليار كيلوات/ساعة بحلول عام 2030.

وفي هذا السياق توصي الدراسة:

أولاً: بضرورة تكثيف الجهود لترشيد استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية بما يحقق الاستغلال الأمثل لموارد الطاقة الكهربائية، وبما يحد من إهدارها دون المساس بالاحتياجات الضرورية من الطاقة، وخاصة أن الرفع التدريجي لدعم الطاقة الكهربائية للقطاع العائلي أثبت أنه ليس له تأثير قوي على الحد من استهلاك هذا القطاع من الطاقة الكهربائية، وهو ما أكدته نتائج الدراسة والتي اشارت الي انخفاض مرونة الطلب السعرية للكهرباء بالقطاع العائلي. ولذلك، لابد من استخدام قنوات أخرى مكملية مثل تفعيل الشراكة بين الحكومة والمجتمع المدني لتعميق ثقافة ترشيد استهلاك المواطنين من الطاقة الكهربائية، وبالسلوكيات الصحيحة لاستخدام الأجهزة الكهربائية، وكذلك العوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئة التي يُمكن أن يحصل عليها المواطن جراء ترشيد الكهرباء. وكذلك الإسراع في تقنين أوضاع الوحدات السكنية التي تستهلك الكهرباء بطرق غير قانونية، وذلك لحفظ حقوق الدولة من ناحية، ولدفع هذه الوحدات لضبط وترشيد استهلاكها من الكهرباء من ناحية أخرى.

ثانياً: في ضوء ما يتطلبه التخطيط للطاقة وخاصة فيما يتعلق بإنتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية من استخدام الأساليب الكمية المختلفة في التحليل وتقدير الطلب في المستقبل. لذا، توصي الدراسة بإعداد دراسة شاملة لتقدير الطلب على الطاقة الكهربائية، على أن تشمل الدراسة كافة القطاعات المستهلكة والمنتجة، والمؤسسات البحثية المعنية بالطاقة، وكذلك المعنية بالتخطيط، والمجتمع المدني، وذلك بهدف وضع السيناريوهات المحتملة للطلب على الطاقة الكهربائية في المستقبل، ووضع السياسات والخطط الملائمة لمواجهة هذا الطلب. كما توصي الدراسة أيضاً في هذا السياق بتطبيق منهجيات التشابكات بين المتغيرات المباشرة وغير المباشرة والمؤثرة على إنتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية مثل منهجية ديناميكيات النظم (System Dynamics).

المراجع:

باللغة العربية

1. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، التعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت 2017، القاهرة.
2. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، بحث الدخل والإنفاق والاستهلاك لعام 2017/2018، يونيو 2019، القاهرة.
3. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، الكتاب الإحصائي السنوي 2019، الإصدار 110، سبتمبر 2019، القاهرة.
4. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، أثر الزيادة السكانية على القوى العاملة والتعليم والصحة خلال الفترة من 2017-2052، مجلة السكان، العدد 99، 2020، القاهرة.
5. الاتحاد العام للغرف التجارية المصرية 2019، الموقع الإلكتروني على الانترنت: <http://www.fedcoc.org.eg>
6. جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، الموقع الإلكتروني للجهاز على الانترنت: <http://egyptera.org/>
7. المجلس القومي للسكان، 2015، الاستراتيجية القومية للسكان 2015-2030، القاهرة.
8. وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات، التقرير السنوية لمؤشرات الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات، 2018.
9. وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، 2016، استراتيجية التنمية المستدامة: رؤية مصر 2030.
10. وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، 2018، الخطة متوسطة المدى للتنمية المستدامة 2018-2019-2022/2021.
11. وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، 2019، الموقع الإلكتروني للوزارة: <http://www.moee.gov.eg>
12. وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، 2019، بيانات غير منشورة.

باللغة الأجنبية

13. Blázquez, L. N. Boogen and M. Filippini (2012). Residential electricity Demand for Spain: new empirical evidence using aggregated data, Center for Energy Policy and Economics, Swiss Federal Institutes of Technology.
14. Fu, K.S., M. R. Allen and R. K. Archibald (2015). Evaluating the Relationship between the Population Trends, Prices, Heat Waves, and the Demands of Energy Consumption in Cities, *Sustainability*, 7, 15284-1530.
15. Greene, W.H. (2012). **Econometric Analysis**. Seventh Edition, Prentice Hall, NJ.
16. Gujarati, D.N. and D.C. Porter (2009). **Basic Econometrics**. Fifth Edition (International Edition), McGraw-Hill Higher Education, New York.
17. Guo, J., N. Z. Khanna and X. Zheng (2016). Electricity Demand in Chinese Households: Findings from China Residential Energy Consumption Survey, ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings.

18. Holtedahl, P. and F. L. Joutz (2004). Residential electricity demand in Taiwan, *Energy Economics*, 26, 201–224.
19. IMF, (2019). Arab Republic of Egypt: Fifth Review under the Extended Arrangement, IMF Country Report No. 19/311.
20. Inside Scandinavia Business, 2020, <https://www.insidescandinavianbusiness.com>.
21. International Telecommunication Union (ITU), <https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>.
22. Kaya, M. V., B. V. Doyar and F. Demir (2017). The Effects of Internet Usage and GDP on Electricity Consumption: The Case of Turkey, *Yönetim ve Ekonomi*, 24/1, 119-132.
23. Labandeira, X., J. M. Labeaga and X. Lopez-Otero (2010). Estimation of Elasticity Price of Electricity with Incomplete Information, *Energy Economics*, 34, 3, 627-633.
24. Lin, W., B. Chin, S. Luo and L. Liang (2014). Factor Analysis of Residential Energy Consumption at the Provincial Level in China, *Sustainability*, 6, 7710-7724.
25. Nababan, T. S. (2015). The Factors Affecting the Household Energy Consumption, Energy Elasticity, and Energy Intensity in Indonesia, MPRA Paper No. 66257.
26. Pourazarm, E. and A. Cooray (2013). Estimating and forecasting residential electricity demand in Iran. *Economic Modelling*, 35, 546-558.
27. Rahimi, M. and A. A. Rad (2017). Internet Usage, Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from a Panel of Developing-8 Countries, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(3), 152-156.
28. Rai, A. M. L. Reedman and P. Graham (2014). Price and income elasticities of residential electricity demand: the Australian evidence, Australian Conference of Economists 2014, At Hobart, TAS, Australia.
29. Shahbaz, M., A. R. Chaudhary and I. Ozturk (2016). Does urbanization cause increasing energy demand in Pakistan? Empirical evidence from STIRPAT model, MPRA Paper No. 70313.
30. Shumway, R.H. and D. S. Stoffer (2011). **Time Series Analysis and its Applications with R Examples**. Third Edition, Springer Science+Business Media, New York.
31. Solarin, S. A. and M. Shahbaz (2013). Trivariate causality between economic growth, urbanisation and electricity consumption in Angola: Cointegration and causality analysis, *Energy Policy*, 60, 876–884.

32. Uhr, D. D. A. P., J. G. Z. Uhr and A. L. S. Chagas (2017). Estimation of price and income elasticities for the Brazilian household electricity demand, 45° Encontro Nacional de Economia da ANPEC. Natal/RN.
33. World Bank Open Data, 2018, <https://data.worldbank.org/>.
34. Wang, Q. (2014). Effects of Urbanization on energy Consumption in China, *Energy Policy*, 65, 332–339.
35. Yang, Y., J. Liu, Y. Lin and Q. Li (2019). The impact of Urbanization on China's Residential Energy Consumption, *Structural Change and Economic Dynamics*, 49, 170–182.

ملحق رقم (1)

جدول رقم (م 1): القيم المقدرة للمتغيرات المفسرة المستخدمة في النموذج خلال الفترة (2019/2018 – 2030/2029)

عدد السكان (مليون نسمة)	عدد مستخدمي الإنترنت (مليون)	متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي (جنيه)		متوسط أسعار تعريف الطاقة الكهربائية (قرش/كيلووات ساعة)		السنوات
		الاقتراض الثاني	الاقتراض الأول	الاقتراض الثاني	الاقتراض الأول	
97.0	40.9	40,001.7	38,729.5	75.4	75.4	2019/2018
99.2	41.8	41,163.1	40,334.4	83.9	83.9	2020/2019
101.5	44.2	42,365.8	42,302.6	93.1	93.2	2021/2020
103.7	46.7	43,609.7	44,718.9	103.3	103.6	2022/2021
105.9	49.1	44,895.0	47,513.4	114.7	115.2	2023/2022
108.1	51.6	46,221.6	50,737.0	122.7	128.1	2024/2023
110.3	54.0	47,589.5	54,450.4	131.3	142.4	2025/2024
112.6	56.5	48,998.6	58,725.6	140.5	158.3	2026/2025
114.8	59.0	50,449.1	63,648.7	148.9	176.0	2027/2026
117.0	61.4	51,940.9	69,322.1	157.9	195.7	2028/2027
119.2	63.9	53,473.9	75,868.1	165.8	217.6	2029/2028
121.4	66.3	55,048.3	83,432.9	174.0	241.9	2030/2029

المصدر: محسوب بواسطة الباحثين.

(*) تم تقدير نسبة الحضر بنحو 42.6% كما تم توضيحه سابقاً.

الجلسة السادسة

حلقة نقاشية: الطاقة وتغير المناخ في مصر

Renewable Energy in Egypt

Eng. Ehab Ismail Ameen

Deputy Chairman for Technical Affairs-New and Renewable Energy Authority
(NREA), Egypt
ehab4768@gmail.com

يشغل حالياً منصب نائب رئيس هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة للشؤون الفنية.

Abstract

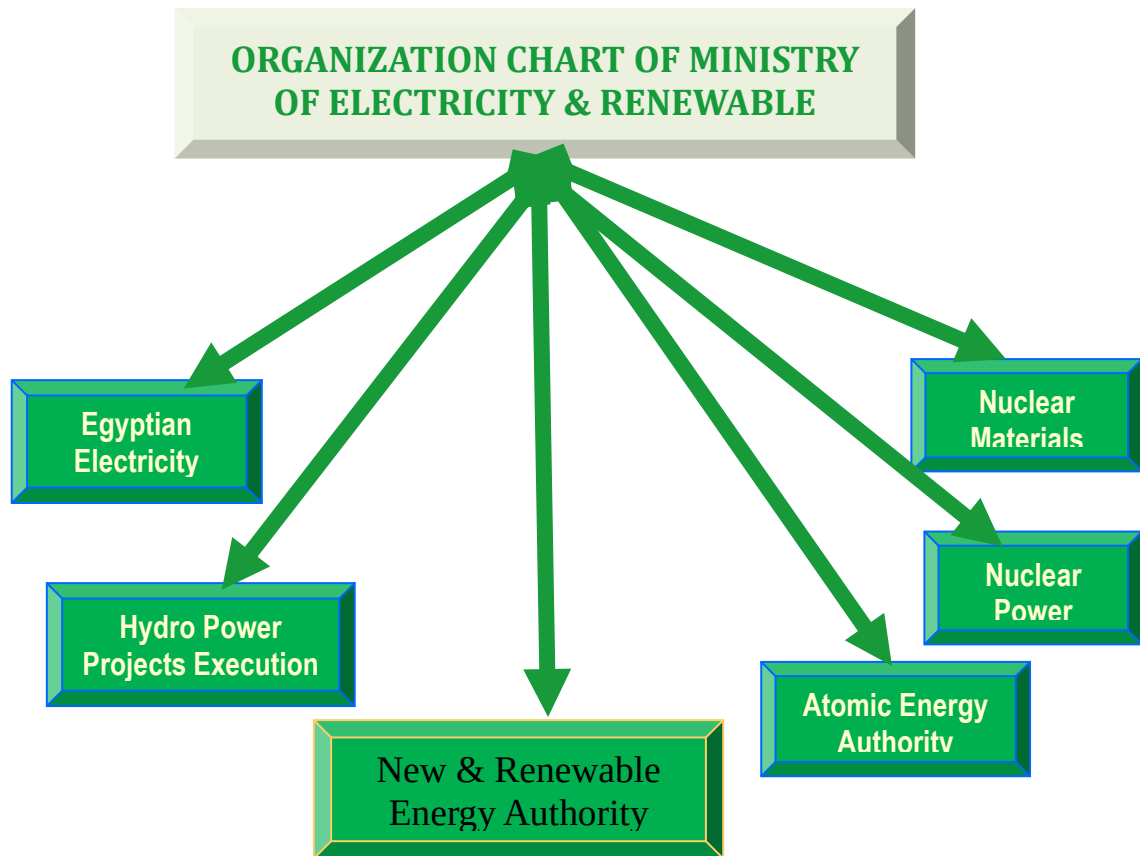
The paper discusses the contribution of renewable energy to electric power generation in Egypt, as well as the vision, strategy and policies of renewable energy in Egypt. It also deals with the legislation issued in recent years to stimulate the use of renewable energy, and its targets until 2022 and 2035, according to the sustainable and integrated energy strategy.

It also presents the potentials available in Egypt in terms of solar energy, wind energy, a map of lands designated for renewable energy, and the size of current and future renewable energy projects, which contribute to reducing harmful emissions to the environment, and thus limiting climate change.

الطاقة المتجددة في مصر

مستخلص

تتناول الورقة مساهمة الطاقة المتجددة في توليد الطاقة الكهربائية في مصر، ورؤية واستراتيجية وسياسات الطاقة المتجددة في مصر. كما تتناول التشريعات الصادرة في السنوات الأخيرة لتحفيز استخدام الطاقة المتجددة، ومستهدفاتها حتى عامي 2022، 2035 وفقاً لاستراتيجية الطاقة المستدامة والمتكاملة. كذلك تتناول الإمكانات المتاحة في مصر من كل من الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وخريطة الأراضي المخصصة للطاقة المتجددة، وحجم مشروعات الطاقة المتجددة الحالية والمستقبلية، مما يساهم في تخفيض الانبعاثات الضارة بالبيئة، ومن ثم الحد من التغيرات المناخية.



1. New and Renewable Energy Authority, NREA

- Established in 1986.
- The national focal point to develop and introduce renewable energy technologies to Egypt on a commercial scale together with implementation of related energy conservation programs.

2. Main Indicators

Installed Capacity (GW)	58.3
Electricity Generation (TWh)	199.3
Peak Load (GW)	31.4
RE Capacity (Hydro, Solar & Wind), (GW)	5.8
Electricity Share per Capita (kwh)	2028
Electricity Access Rate	99.7%

RE Capacity (Hydro, Solar & Wind)	5.8 GW
Hydro	2832 MW
Wind	1375 MW 1125 MW (NREA) + 250 Private
Solar	20 MW CSP +1465 MW PV (private) + 100 MW PV (S &M)

3. RE Policies and Targets

- **Vision**

Increase the share of renewable energy in the energy mix.

- **Strategy**

Satisfy 20% & 42% of the installed capacity from renewable energies by 2022 & 2035 respectively.

- **Policies:**
 - Competitive Bidding (EPC, BOO).
 - Merchant Scheme.
 - Feed-In Tariff.
 - Net-metering.

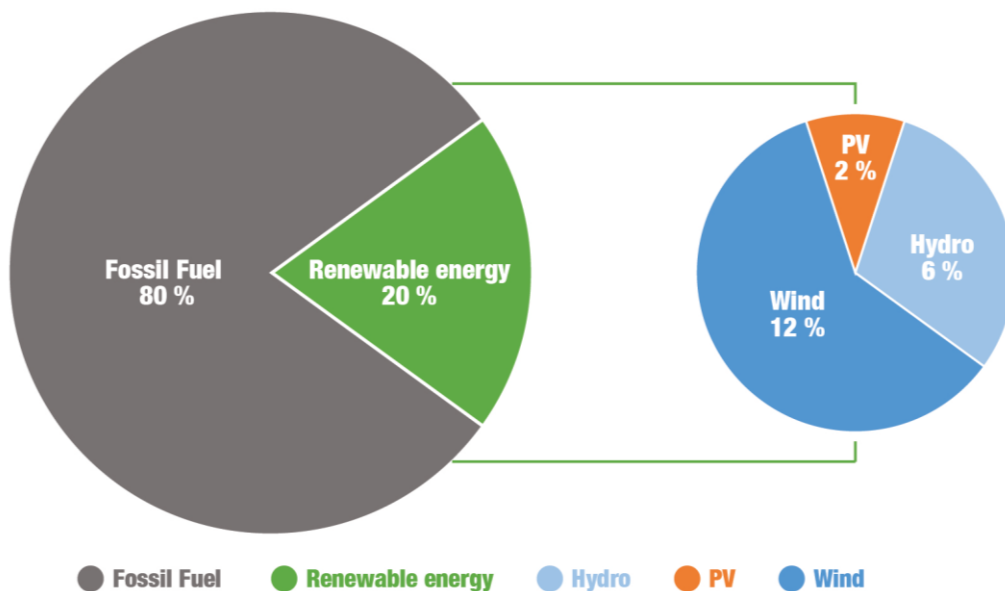
4. Evolution of Legislation

March 2014	• Amendment the name of Ministry of Electricity & Energy to be Ministry of Electricity and Renewable Energy.
July 2014	• A tariff reform program was adopted and announces for eight years up to 2022. Consequently, the price of the electricity generated from renewable energy will be increased annually with the same rate. • Renewable energy will benefit from it, as the right price signal is becoming available.
Sep. 2014	• The Cabinet has approved the Feed-in Tariff system for electricity projects produced from RE resources (PV & wind).
Oct. 2014	• A presidential decree has issued to modify (NREA) establishment law to allow it to establish companies by itself or in partnership with the Private sector to implement, operate and maintain RE project.
Dec. 2014	• RE law was issued to encourage generating the electricity from renewable energy sources through 4 development schemes.
July 2015	• Electricity law has been issued on 7/7/2015 to reflect a liberalized market reform as well as to strengthen the regulatory framework and also the bylaw has been issued on March 2016.
Sep. 2016	• A new phase of the Feed-in Tariff system for PV & wind farm has been announced to be applied by 28/10/2016.

5.



6. RE Targets 2022 (Installed Capacity)

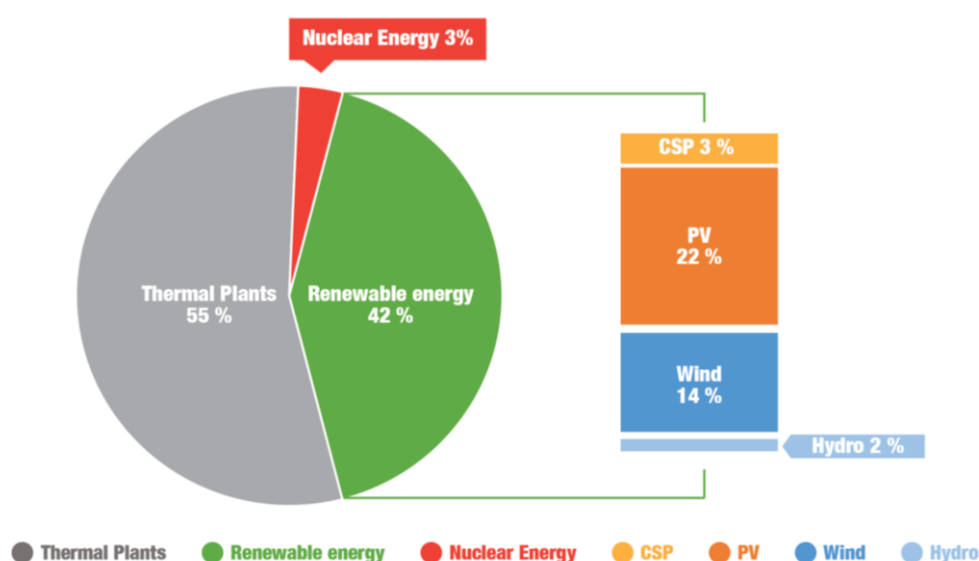


7. The Integrated Sustainable Energy Strategy to 2035

- Update energy and power sector strategies to reflect the growing cost advantages and other benefits of renewables: Egypt's sustainable energy strategy, ISES to 2035, is based on the least-cost approach, whereby energy subsidies are eliminated by 2022 and different energy sources would be able to compete within a free and fair market structure.
- The strategy developed in 2014 envisages a total share of, 37.7% for natural gas, 16% for coal, 3.3% for nuclear energy and 42% for renewable energy in the installed capacity mix by 2035.

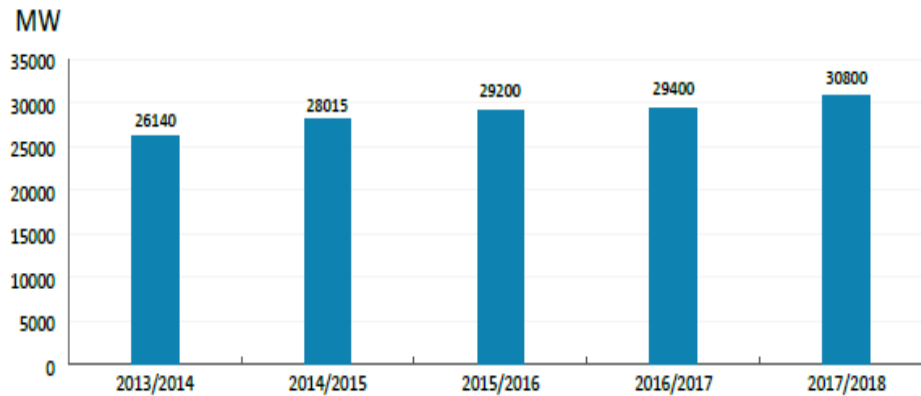
Type of power station	2009/10	2021/22	2029/30	2034/35
Hydro	2.8	2.8	2.9	2.9
Wind	0.5	13.3	20.6	20.6
PV	0.0	3.0	22.9	31.75
CSP	0.0	0.1	4.1	8.1
Total	3.3	19.2	50.5	62.6

8. RE Targets 2035 (Electricity generation)



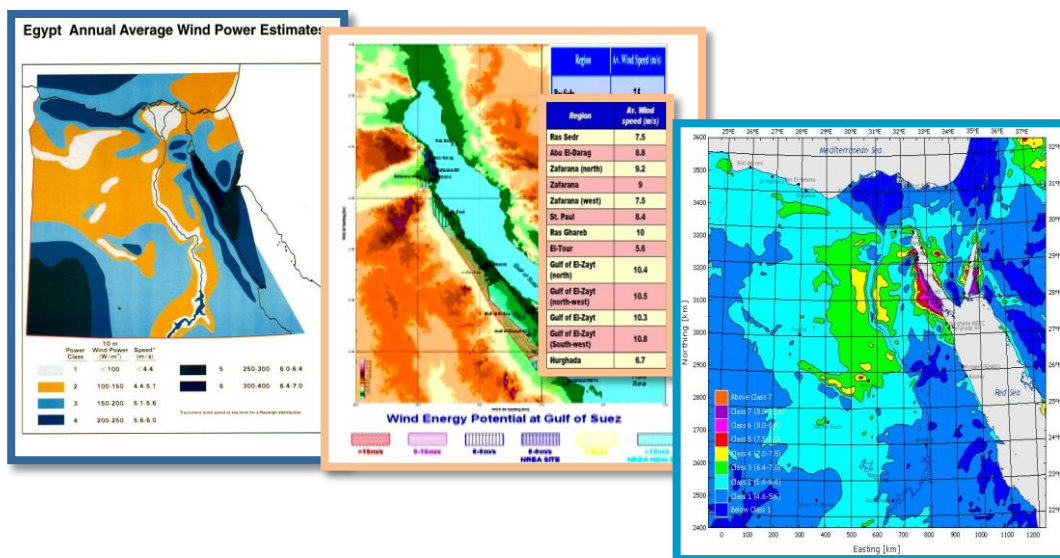
9. Power Sector in Egypt

Development of Peak Load

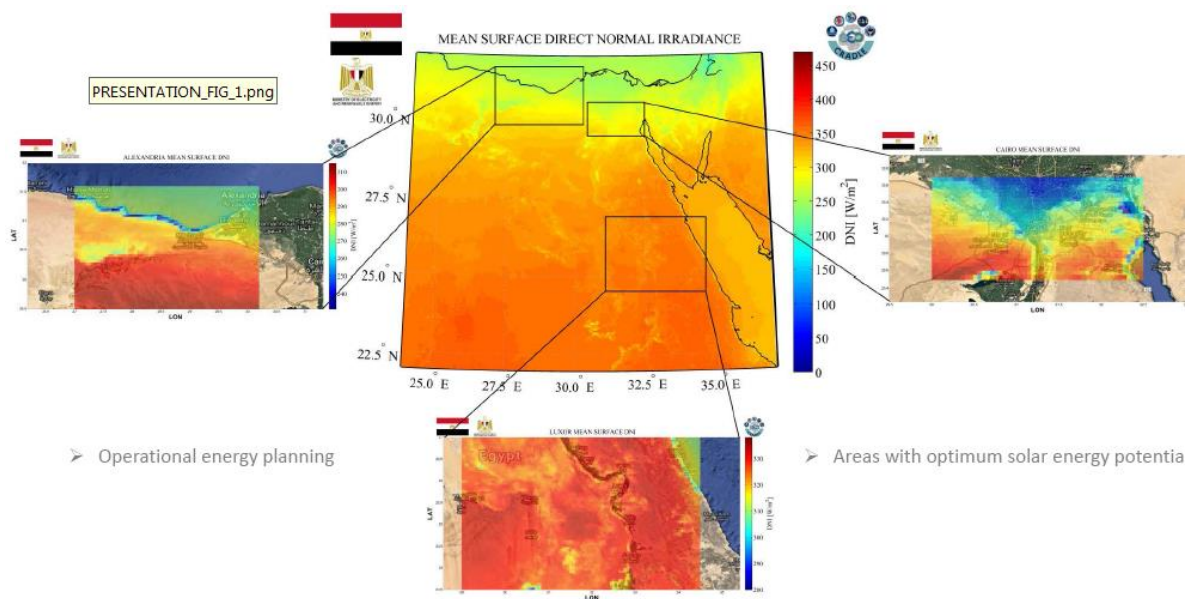


The average growth rate of the peak load is 4.2% per year during the period from 2013/ 2014 till 2017/ 2018.

Wind Resource Assessment

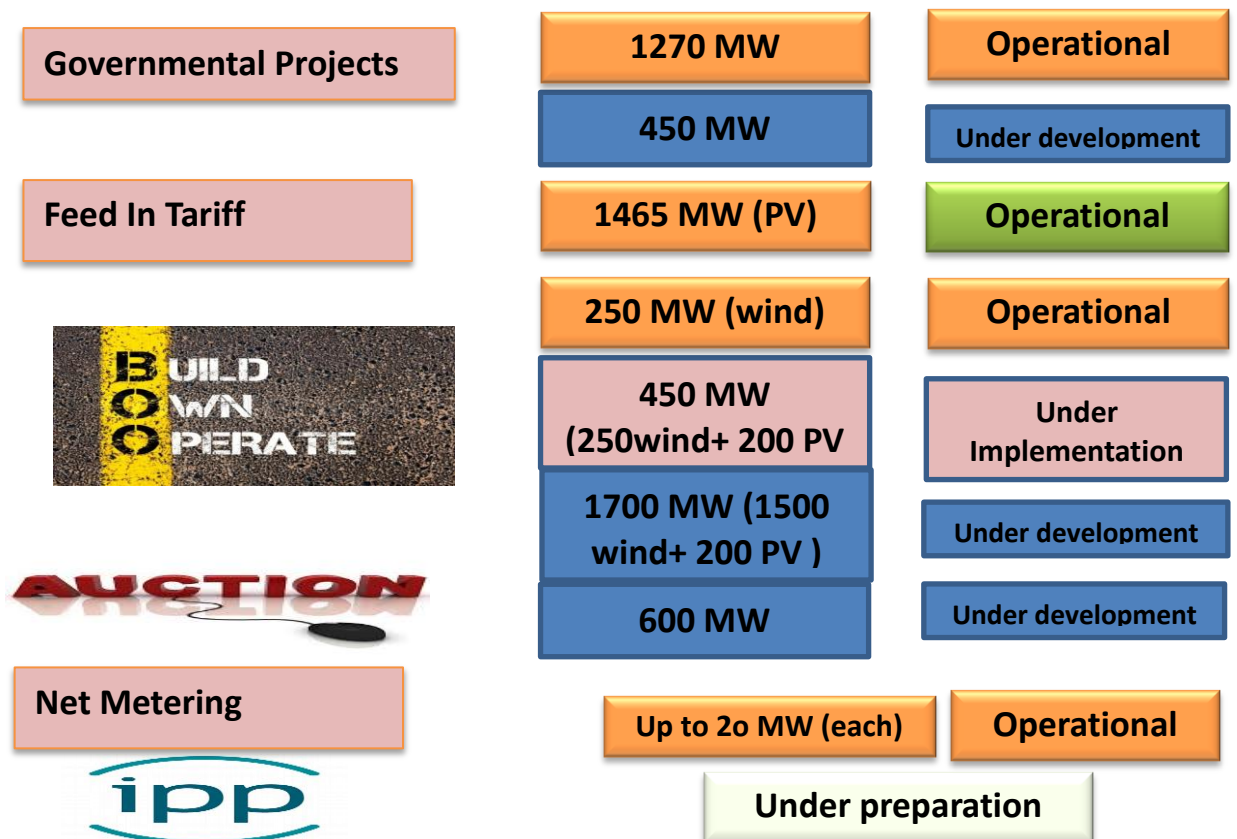


Solar Resource Assessment

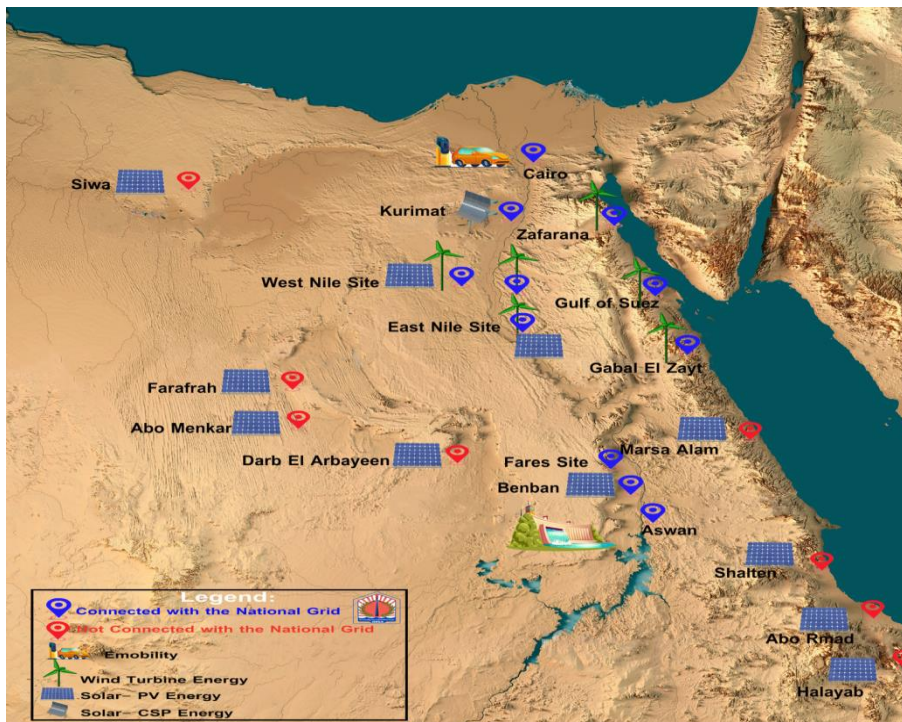


Source: Egypt Solar Atlas.

10. RE Schemes



Lands Allocated for Renewable Energy



11. Future RE Project

- Feed In tariff was completed for large scale PV projects in two phases in two phases with (14.3 cent \$/ Kwh for the 1st round and 8.4 cent \$/ Kwh for the 2nd round).
- 3 large scale wind farms with capacity 500 MW each, based on BOO scheme, are under development with tariff 3.1 cent \$/ Kwh.
- The PPA of the 1st BOO PV power plant with capacity 200 MW has been signed with tariff 2.48 cent \$/ Kwh.
- Another BOO PV project with capacity 200 MW has been approved by the Cabinet with tariff 2.48 cent \$/ Kwh.
- A new 600 MW PV power plant (s), in cooperation with IFC, is under development based on Auction scheme with capacity 200 MW as a 1st phase and it is expected to be effective in the 1st quarter of 2020.
- The regulations for developing IPP projects is under preparation and it is expected to be issued by mid-2020.

Benban Solar Park



32 Projects

**1465 MW
Total Capacity**

**2.2 US\$ Billion
Total Investments**

🏠 ⓘ www.egypttoday.com/Arti 87 ⋮



Egypt will soon be home to the world's largest solar park - Egypt Today

Benban solar park wins WB best project award

By: **MENA** Wed, Mar. 20, 2019

CAIRO - 20 March 2019: A Benban solar park in Egypt's Aswan has won a best-project annual award by the World Bank Group.

This is the first time Egypt has won the WB award, said Investment Minister Sahar Nasr in a statement Wednesday, noting that the solar energy project in the

WhatsApp Facebook Twitter Google+ Messenger

Solar Energy Projects

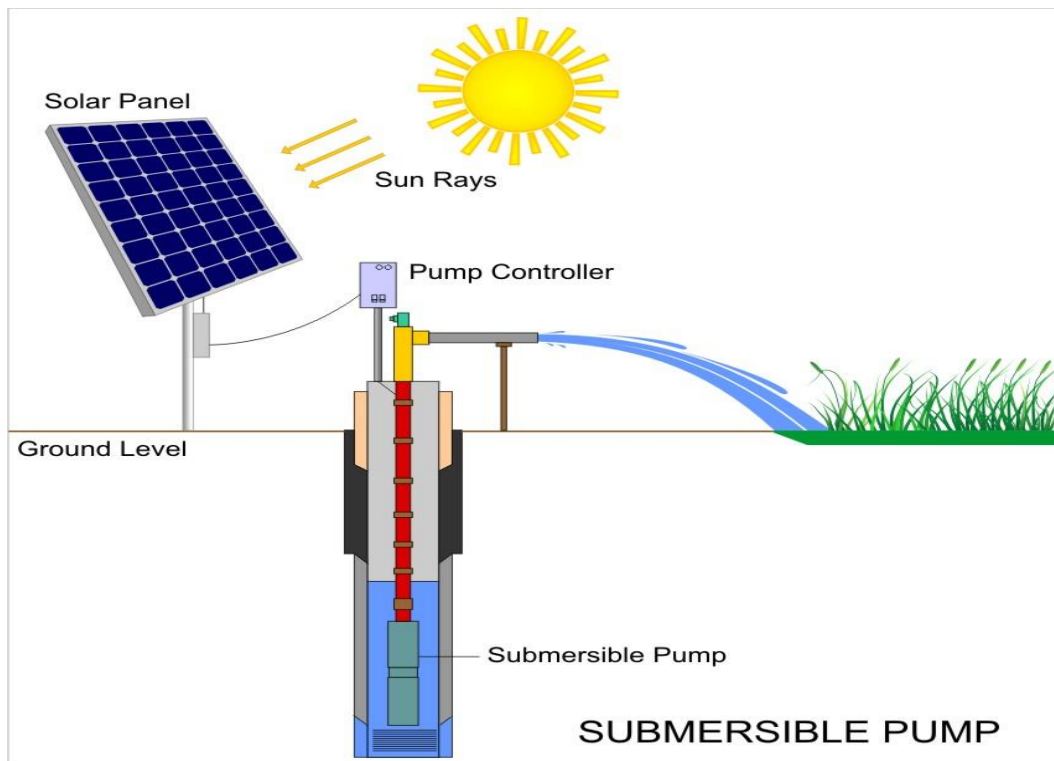


Independent PV systems in the isolated Communities



Solar Water Pumping

Solar Water pumping Potential in Egypt: 1.938 MW



Source: Diesel to solar transformation report – RCREEE 2016.

Net Metering Concept

- EgyptERA issued the Periodical Book No. 3 for 2017 for encouraging the Customers for using PV systems by using Net-metering Mechanism.
- Net Metering is available Up to 20 MW for every single project.
- Potential Projects:
 1. Industry.
 2. Resorts.
 3. Hotels.
 4. Compounds.

Electric Vehicle Scenarios

- Several ministries have shown a keen interest in promoting e-mobility as a means to reduce emissions and pollution whilst re-enforcing the role of Egypt as an important hub for vehicle manufacturing.
- Many studies have been prepared showing that :
 - Under the high scenario by 2030 nearly 3.5 million EVs would ply the streets of Egypt representing 17% of all circulating vehicles (moderate scenario 8% and low uptake 4%).
 - By 2025, EVs consume between 0.6 and 2.4 TWh of electricity depending on the scenario which would increase to 3-13 TWh in 2030.
 - This represents between 0.2% and 1% of the projected electricity production by 2025 and 1% to 4% of the projected electricity production by 2030.

Waste to Energy

In October 2019, The Cabinet has approved the Feed-in Tariff system for electricity generated from the waste as following:-

- 140 Pt/kwh from Solid waste.
- 103 Pt/Kwh from liquid Waste.

Conclusions

- Egypt is transferring from RE plans to Giga watt RE capacities
- Large-scale Renewable energy projects are one of the main elements to attract Foreign Direct Investments ,
- Thanks for Feed-in-Tariff Scheme which create the RE market in Egypt and attract the developers, International Lenders, ...
- Based on the above and the current devaluation of renewable energy prices, Feed-in-Tariff, FiT, has been replaced by the competitive bids, and Auction in the coming phase.
- There is a huge potential for EE in Egypt after reforming the electricity tariff.

الطاقة وتغير المناخ في مصر

رانيا بسيوني شحاتة

باحث بالإدارة المركزية للتغيرات المناخية بوزارة البيئة - مصر

raniascience@hotmail.com

- حاصلة على بكالوريوس العلوم - جامعة القاهرة.
- حاصلة على دبلوم الكيمياء التحليلية - كلية العلوم - جامعة القاهرة، وكذلك حاصلة على دبلوم في الدراسات البيئية المتقدمة - معهد البحوث والدراسات البيئية - جامعة عين شمس.
- لديها خبرات في:
 - حساب الانبعاثات من غازات الاحتباس الحراري من المشروعات في القطاعات المختلفة (الصناعة - الطاقة - الزراعة).
 - تنسيق أنشطة المشروعات البيئية.
 - تصميم وتطوير مقترحات مشروعات البيئة والاستدامة.
 - تطوير دراسات الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في القطاعات المختلفة (الصناعة - الطاقة - الزراعة).
 - حساب البصمة الكربونية لمشروعات الحد من الانبعاثات في القطاعات المختلفة.
 - تطوير التوقعات الخاصة بالانبعاثات وسيناريوهات سياسات تغير المناخ.

أولاً: المقدمة

تحدد رؤية مصر 2030 بمحور البيئة الهدف رقم (1) على ضرورة "إيقاف تدهور البيئة والحفاظ على توازنها من خلال الحفاظ على التوازن بين النمو السكاني والموارد الطبيعية المتاحة" من خلال العمل على تفعيل سياسة سكانية متكاملة، ومتابعة مؤشر استدامة المجتمع ومتابعة مؤشر هشاشة البيئة.

هذا، بالإضافة إلى تعظيم دور القطاع العام والخاص في تنفيذ الهدف رقم (2) لمحور البيئة والانتقال إلى أنماط استهلاك وإنتاج أكثر استدامة من خلال إقامة منظومة صناعية مستدامة، وإقامة منظومة زراعية مستدامة، وإقامة منظومة مستدامة للطاقة تعتمد على تأمين الحصول على الطاقة بأسعار معقولة وموثوق بها ومستدامة وحديثة للجميع، وتطبيق نظام للعمارة الخضراء.

كما يشدد محور الطاقة على "تعظيم الاستفادة من موارد الطاقة المحلية -تقليدية ومتجددة- والمساهمة الفعالة في دفع الاقتصاد والتنافسية الوطنية؛ الهدف رقم (3) الحد من الأثر البيئي من خلال التحكم في نسبة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من الطاقة للدخل القومي من الطاقة.

تؤثر درجات الحرارة المرتفعة على الأنظمة الحيوية الطبيعية إلى تغير في أنواع الطقس؛ كأنماط الرياح وكمية الأمطار وأنواعها، إضافة إلى زيادة احتمالية الأحداث المناخية شديدة الوطأة Extreme Events؛ مما يؤدي إلى عواقب بيئية واجتماعية واقتصادية واسعة التأثير، ولا يمكن التنبؤ بها.

ثانياً: تأثيرات التغيرات المناخية على جمهورية مصر العربية

1- زيادة أو انخفاض متوسط درجة الحرارة عن معدلاتها الطبيعية:

لدى مصر موسمين فقط من المناخ السائد: شتاء معتدل من نوفمبر إلى أبريل وصيف حار من مايو إلى أكتوبر. الاختلافات الوحيدة بين الفصول هي الاختلافات في درجات الحرارة أثناء النهار والتغيرات في الرياح السائدة. يتراوح متوسط درجات الحرارة في المناطق الساحلية بين 14 درجة مئوية في فصل الشتاء إلى 30 درجة مئوية في الصيف.

تختلف درجات الحرارة على نطاق واسع في المناطق الصحراوية الداخلية، وخاصة في فصل الصيف، عندما تتراوح من 7 درجات مئوية في الليل إلى 43 درجة مئوية خلال النهار. أما خلال فصل الشتاء، تتقلب درجات الحرارة في الصحراء بشكل أقل، حيث تصل إلى الصفر درجة مئوية في الليل وترتفع إلى 18 درجة مئوية خلال النهار.

2- ارتفاع منسوب مستوى سطح البحر وتأثيراته على المناطق الساحلية-خاصة المناطق المنخفضة منها على السواحل الشمالية لجمهورية مصر العربية:

يمتد الساحل المصري بطول 3500 كم منهم 1150 كم على ساحل البحر المتوسط و1500 كم ساحل البحر الأحمر. وبحسب تقرير الإبلاغ الوطنى الثالث لمصر، فإنه يشير إلى أن أحد السيناريوهات تتوقع زيادة مستوى سطح البحر بمقدار 100 سم حتى عام 2100 مع الأخذ فى الاعتبار هبوط الأرض فى الدلتا مما يتسبب فى دخول المياه المالحة على المياه الجوفية مما يؤدي إلى تلوثها وتملح التربة وتدهور جودة المحاصيل وفقدان الإنتاجية. كما يتسبب ارتفاع مستوى سطح البحر فى تغير نوعية المياه فى البحيرات الشمالية مما يؤثر على الثروة السمكية بهذه البحيرات. كما يتسبب ارتفاع درجات حرارة مياه البحر الأحمر فى إبيضاض الشعاب المرجانية وتأثر النظام البيئى الخاص بها.

وتتسبب زيادة تركيزات وانبعاث غاز ثانى أكسيد الكربون فى زيادة حمضية مياه البحار والمحيطات (pH)، مما يؤثر على نوعية وكمية الأسماك. كما تتعرض المناطق الساحلية للأحداث المناخية المتطرفة مثل العواصف البحرية والسيول، وتؤدي الخسائر الاقتصادية ونقص الوعي إلى تغيير النشاط الاقتصادي للصيادين والقوى العاملة من المناطق الساحلية.

3- زيادة الأحداث المناخية شديدة الوطأة:

وفقاً لتقرير الإبلاغ الوطنى الثالث لمصر، تتعرض مصر لمجموعة من الظواهر المناخية شديدة الوطأة تشمل العواصف الترابية وموجات الحرارة والسيول، وكثيراً ما وقعت أحداث مناخية شديدة، خاصة خلال العقد الماضي، وهناك دلائل تشير إلى أن شدتها تتزايد بسبب تغير المناخ. حيث أنه بدراسة التغيرات في تواتر الأيام والليالي الباردة والأيام والليالي الدافئة، وُجد أن الليالي الدافئة أصبحت أكثر تواتراً في حين أصبحت الليالي الباردة أقل تواتراً في جميع أنحاء المنطقة (ثقة عالية High Confidence). وفيما يتعلق بالتغير في هطول الأمطار، لوحظ اتجاه متناقص في جميع أنحاء البلاد بإستثناء منطقة البحر الأحمر. وبصفة عامة، يبين تحليل الاتجاهات أن مؤشرات درجات الحرارة الشديدة تتغير نحو الإحترار، بينما يتناقص هطول الأمطار.

4- زيادة معدلات التصحر:

جاء تعريف التصحر باتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر على أنه "تدهور الأراضي بالأقاليم القاحلة وشبه القاحلة والجافة، نتيجة عوامل متعددة تتضمن التغيرات المناخية والأنشطة البشرية". لمزيد من التفاصيل مراجعة أو قراءة الفصل السادس: موارد الأراضي: التصحر وزيادة تأثيره نتيجة للتغيرات المناخية.

5- تأثر جودة الأراضي وتدهور الإنتاج الزراعى وتأثر الأمن الغذائى:

تؤكد الدراسات المستخدمة لسيناريوهات المناخ المختلفة على تأثر الإنتاج الزراعى بالقارة الأفريقية، وأن ارتفاع درجات الحرارة وتغيير أنماط هطول الأمطار سوف تؤثر على المحاصيل الزراعية والثروة الحيوانية، مما يؤدي إلى زيادة معدلات الفقر والمخاطر وإلى خسائر في سبل العيش.

وبحسب التقرير التجميعي الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بالتغيرات المناخية، فإن الدراسات بمنطقة شمال أفريقيا تشير إلى القابلية العالية لتأثر إنتاجية القمح بسبب اتجاهات الإحترار المتوقعة. كما ستتأثر الزراعة المعتمدة على الري بالأمطار في فصل الشتاء في منطقة شمال أفريقيا سلبياً، إذا انخفض إجمالي هطول الأمطار وتواتر الأيام المطيرة.

6- تأثر الموارد المائية وزيادة معدلات شح المياه:

أولت حكومة جمهورية مصر العربية الأهمية لملف نهر النيل، حيث أكدت في البرنامج الحكومي 2016 - 2018 بالمحور السابع دور رائد على الصعيدين العربى والأفريقي، وتعزيز هذا الدور على الصعيد الدولي على: "تطوير التعاون في مجال إدارة الموارد المائية مع دول حوض النيل، بهدف تعزيز التواجد المصري في هذه الدول، والدفع في اتجاه التعاون لاجتذاب الفاقد المائي

بغرض زيادة إيراد النهر، والعمل على عدم الإضرار بحقوق مصر وحصتها المائية". كما أن "شغل مصر للعضوية غير الدائمة لمجلس الأمن عن الفترة 2016 - 2017 سوف يسمح بمساحة أكبر من الحركة لمصر في الانخراط في صياغة الأجندة العالمية والمشاركة الحقيقية في معالجة الأزمات الدولية، آخذة في الاعتبار: تأمين استمرار حصة مصر الحالية في مياه النيل كحد أدنى." إذ يعتبر نهر النيل أهم مصادر المياه في مصر، يليها الأمطار الموسمية والسيول على سواحلها الممتدة شمالاً وشرقاً، ثم المياه الجوفية ومياه الصرف الزراعي والصحي المعالجة.

وعلى الرغم من وجود إجماع قوي للتحليلات الإقليمية التي تشير إلى زيادة فيض نهر النيل؛ إلا أنه يوجد عدم يقين واضح في التنبؤات المناخية والذي قد يؤدي إلى احتمالية انخفاض في سريان نهر النيل بشكل لا يمكن إهماله. ومن المتوقع أن يزيد الطلب على المياه بزيادة عدد السكان بدول حوض النيل بما فيها جمهورية مصر العربية؛ ولهذا يجب تبني إجراءات التكيف تتلاءم مع حالة عدم اليقين لكل من اتجاه وحدة سريان نهر النيل في ظل تأثيرات التغيرات المناخية السلبية على موارد المياه.

تكمّن التحديات الرئيسية لتقدير وفرة المياه في المستقبل في أفريقيا في الوصول لفهم أفضل للعلاقات بين التبخر والرطوبة في التربة وديناميكيات تغيير استخدام الأراضي في ظل درجات حرارة متفاوتة، وتوقعات هطول الأمطار، وفهم كيف يمكن للمخاطر المركبة مثل الموجات الحرارية والتغير في الأمطار الموسمية أن تتفاعل في المستقبل للتأثير على الموارد المائية. وبالنسبة لشمال أفريقيا، قدرت إحدى الدراسات أن يتسبب التغير المناخي في عام 2050 بنقص في المياه في المستقبل بنسبة 22٪، في حين أن 78٪ من النقص المتزايد في المياه في المستقبل، يمكن أن يعزى إلى عوامل اجتماعية اقتصادية (IPCC, 2014).

7- تدهور الصحة العامة:

"تؤثر التغيرات المناخية بشكل مباشر على الصحة عند الأحداث المناخية الجامحة كالعواصف والفيضانات وارتفاع درجات الحرارة، أو بشكل غير مباشر من خلال التغيرات الحيوية لمدى انتشار الأمراض المنقولة بواسطة الحشرات كالمalaria وغيرها ومسببات الأمراض التي تنقلها المياه كالبلهارسيا وغيرها، وجودة الهواء وانتشار الالتهاب السحائي، وجودة وإتاحة المياه والغذاء الصحي وعلاقته بأمراض سوء التغذية، خاصة لدى الأطفال تحت سن 5 سنوات".

كما أن مصر مهددة بسبب ارتفاع درجات الحرارة الزائدة عن معدلاتها الطبيعية إلى انتشار أمراض النواقل الحشرية مثل أمراض: الملاريا، والغدد الليمفاوية، وحمى الضنك وحمى الوادي المتصدع، وذلك يعود إلى توافر المناخ والموطن المناسب لهذه النواقل في ظل حدوث الظواهر المناخية الجامحة كالجفاف أو الفيضان وضعف المناعة لدى السكان.

8- تدهور السياحة البيئية:

تعد السياحة بشكل عام إحدى أهم مصادر الدخل القومي في مصر، واحتمالية تأثر هذا القطاع الهام كبيرة؛ حيث من المتوقع نتيجة ارتفاع مستوى سطح البحر إلى مجموعة من التأثيرات المباشرة على استثمارات والمنشآت السياحية، مثل تآكل أجزاء من السواحل المصرية وتذبذب قوة وحدوث العواصف والأعاصير. قد تتأثر الشعاب المرجانية بارتفاع مستوى سطح البحر، وقد تؤدي الضغوط البيئية إلى زيادة ابيضاضها. المناطق الساحلية المنخفضة على طول السواحل المصرية ما بين 0 و 1 متر تحت مستوى سطح البحر قد تتعرض للغمر، إذا ما لم يتم اتخاذ التدابير المناسبة لحمايتها.

تؤثر درجات الحرارة المرتفعة على ألوان وعمر الآثار والمنشآت التاريخية المختلفة، مما يؤثر على جودتها، وبالتالي على أعداد الزائرين لمشاهدتها. كما يتوقع أن يؤثر تغلغل المياه المالحة في المناطق الساحلية المنخفضة على الآثار المدفونة في المناطق الساحلية، مما يؤدي إلى زيادة معدل تدهورها.

ثالثاً: أهم الإجراءات الوطنية فى تغير المناخ

• إجراءات دولية:

1- توقيع "اتفاق باريس" في عام 2016 وصدق عليه البرلمان ودخل حيز النفاذ فى يوليو 2017.

2- توقيع بروتوكول كيوتو

3- اعتماد "رؤية 2030 للتنمية المستدامة" في ضوء اعتماد أجندة 2030 للتنمية المستدامة، والتي تشمل الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتنمية ومنها قضية التغيرات المناخية.

• إجراءات مؤسسية :

1- إنشاء المجلس الوطنى للتغيرات المناخية في عام 2015 بقرار من رئيس الوزراء، ويعد هذا الإجراء من أهم إجراءات التطوير المؤسسى لوضع إطار وطني لمواجهة تحديات تغير المناخ، والتنسيق الكامل مع كافة الوزارات والهيئات المعنية بالتغيرات المناخية، وتم تعديل هيكله المؤسسى ليكون برئاسة رئيس مجلس الوزراء بموجب قرار رئيس مجلس الوزراء رقم 1129 لسنة 2019.

• استراتيجيات ودراسات فنية:

1- إعداد خطة المساهمات المحددة وطنياً (INDCs) إلى اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ - وتقديمها لسكرتارية الاتفاقية عام 2015.

2- إعداد دراسة عن إطار استراتيجية التنمية منخفضة الانبعاثات (LEDS)، وهي تستعرض فرص خفض الانبعاثات وفقاً للأولوية الوطنية للقطاعات الرئيسية في الدولة مثل (الطاقة، النقل، الزراعة، صناعة، مخلفات).

3- تحديث "الاستراتيجية الوطنية للتكيف" بالتنسيق مع جميع القطاعات ذات الصلة وأصحاب المصلحة لإعداد خطة تنفيذية لهذه الاستراتيجية.

4- إعداد العديد من الدراسات الفنية لحصر فرص خفض الانبعاثات من غازات الاحتباس للقطاعات الرئيسية الوطنية، منها قطاع الطاقة والنقل والمخلفات والسياحة والصناعة.

• بناء القدرات الوطنية والتدريب ونشر الوعي بقضية التغيرات المناخية:

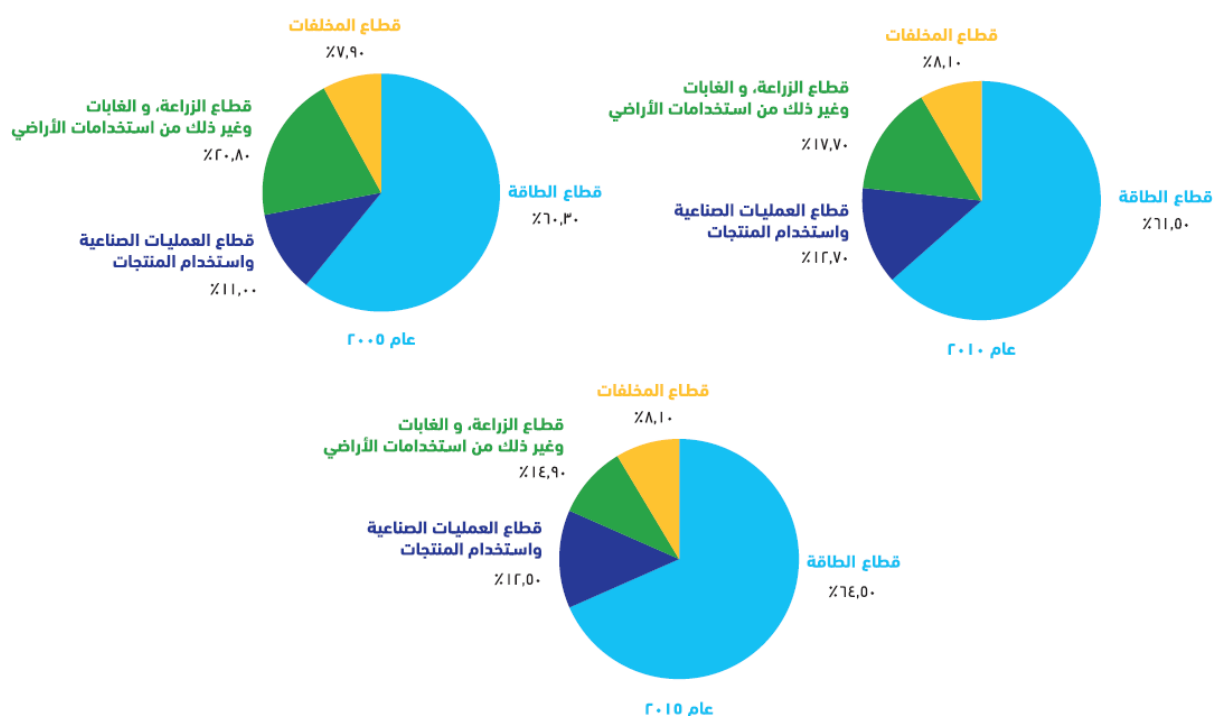
5- تقوم الإدارة المركزية للتغيرات المناخية بتنظيم الأنشطة التدريبية لبناء القدرات الفنية في الموضوعات الفنية الخاصة بالتغيرات المناخية، وأيضاً حلقات عمل لرفع الوعي بقضايا التغيرات المناخية للفئات المختلفة من المجتمع .

6- قامت الإدارة المركزية للتغيرات المناخية بإعداد خطة تدريبية لتدريب وتأهيل المختصين بجهاز شؤون البيئة والوزارت المعنية في موضوعات الفنية للتغيرات المناخية، وذلك بالتعاون مع المشروعات القائمة، حيث نجح حوالى 40 باحث ومختص من الجهات الوطنية في اختبارات حصر وتخفيف غازات الاحتباس الحرارى، وتم تسجيلهم ضمن قائمة خبراء سكرتارية الاتفاقية الاطارية للتغيرات المناخية .

رابعاً: قطاع الطاقة وتغير المناخ فى مصر

1. مساهمة قطاع الطاقة فى إجمالى غازات الاحتباس الحرارى:

مساهمة كل قطاع فى إجمالى الانبعاثات كنسبة مئوية لمكافئات الكربون كما هو موضح بالشكل (1) للسنوات 2005، 2010، 2015. ويمثل قطاع الطاقة أكبر حصة من الانبعاثات بما يفوق 60% من إجمالى الانبعاثات.



شكل (1): يوضح انبعاثات الطاقة ومساهمة كل قطاع في إجمالي الانبعاثات كنسبة مئوية لمكافئات الكربون

2. انبعاثات غازات الاحتباس الحراري لقطاع الطاقة:

يوضح الجدول الزيادة في انبعاثات قطاع الطاقة بنسبة 40% مقارنة بعام 2005، ويرجع ذلك إلى النمو السنوي لاستهلاك الطاقة هذه الفترة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة. حيث بلغت انبعاثات الطاقة عام 2005.

جدول (1) يوضح انبعاثات الغازات الدفيئة للحقبة الزمنية من عام 2005 حتى عام 2015

المرفق ب - اتجاه انبعاثات الغازات الدفيئة

السنة	الطاقة (جيجا جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	قطاع العمليات الصناعية واستخدام المنتجات (جيجا جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	قطاع الزراعة والغابات وغير ذلك من استخدامات الأراضي (جيجا جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	المخلفات (جيجا جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	الإجمالي (جيجا جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)
٢٠٠٥	١٥٠,٠٢٧	٢٧,٢٨٠	٥١,٧٨٧	١٩,٦٧٦	٢٤٨,٧٧٠
٢٠٠٦	١٥٦,٥٨٣	٣٠,٢٥٧	٥٢,٠٩٩	٢٠,٢٥٩	٢٥٩,١٩٨
٢٠٠٧	١٦٨,٧٦٠	٣٤,٠٧٥	٥٤,٠١٤	٢١,٥١٩	٢٧٨,٣٦٧
٢٠٠٨	١٧٣,٣٧٦	٣٢,٩٣١	٥٢,٠١٧	٢٢,٢٢١	٢٨٠,٥٤٥
٢٠٠٩	١٧٦,٦٧٠	٣٧,٦٣٠	٥١,٧٥٢	٢١,٨٨٩	٢٨٧,٩٤١
٢٠١٠	١٧٩,٢٤٠	٣٧,١٧١	٥١,٥١١	٢٣,٧٣٩	٢٩١,٦٦٢
٢٠١١	١٨٣,٦٦٥	٣٤,٦٢٩	٤٩,٥٠٣	٢٣,٧٥٤	٢٩١,٥٥١
٢٠١٢	١٩٠,٩١٩	٣٣,٦٢٤	٦٠,٠٤٧	٢٥,٠١٩	٣٠٩,٦٠٩
٢٠١٣	١٨٨,٠٧٩	٣٨,٤٣٤	٥٠,٦٨١	٢٥,٤٠٤	٣٠٢,٥٩٨
٢٠١٤	١٨٧,٥٧٥	٣٩,٠١٧	٤٨,٧٢٧	٢٥,٩٠٥	٣٠١,٢٢٣
٢٠١٥	٢١٠,١٧١	٤٠,٦٦٤	٤٨,٣٩٠	٢٦,٣٨٩	٣٢٥,٦١٤

3. انبعاثات الفئات لقطاع الطاقة:

جدول (2) يوضح انبعاثات الفئات لقطاع الطاقة

إجمالي (جيجا جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	الانبعاثات (جيجا جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)				الانبعاثات (جيجا جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)			الفئات
	غازات مهجنة أخرى مع عوامل تحويل (جيجا جرام من ثاني أكسيد الكربون المكافئ)	SF ₆	PFCs	HFCs	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	
٣٢٥,٦١٤			٣,٣٧٩	٤,٣٠٨	٣٨,٥٧٤	٤١,٤٨٣	٢٣٧,٨٧١	مجموع الانبعاثات الوطنية وعمليات الإزالة
٢١٠,١٧١	NE	NE	NE	NE	٩٣٨	١,١٥٩	٢٠٨,٠٧٥	١ - الطاقة
٢٠٣,٨٧٤	NE	NE	NE	NE	٩٢٧	٣٦٠	٢٠٢,٥٨٧	A.١ - أنشطة احتراق الوقود
٩١,١١٥	NE	NE	NE	NE	١١٢	٤٧	٩٠,٩٥٥	١.أ.١ - صناعات الطاقة
٤٧,٠٩٤	NE	NE	NE	NE	٨٤	٢٥	٤٦,٩٨٥	٢.أ.١ - الصناعات التحويلية والإنشاءات
٤٨,٣٣٩	NE	NE	NE	NE	٧١٩	٢٥٧	٤٧,٣٦٣	٣.أ.١ - النقل
١٧,٣٢٦	NE	NE	NE	NE	١١	٣١	١٧,٢٨٤	٤.أ.١ - القطاعات الأخرى
NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	٥.أ.١ - غير محدد
٦,٢٩٧	NE	NE	NE	NE	١١	٧٩٩	٥,٤٨٨	B.١ - الانبعاثات المتسربة من الوقود
٠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	١.ب.١ - الوقود الصلب
٦,٢٩٧	NE	NE	NE	NE	١١	٧٩٩	٥,٤٨٨	٢.ب.١ - النفط والغاز الطبيعي
٠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	٣.ب.١ - انبعاثات أخرى من إنتاج الطاقة
NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	C.١ - نقل ثاني أكسيد الكربون وتخزينه

إجراءات التخفيف في قطاع الطاقة من عام 2005 إلى 2015 وفقاً للتقرير المحدث لكل عامين
:BUR

1- الإجراءات الأولى: برنامج إعادة هيكلة الدعم لقطاع الكهرباء

جدول (3): يوضح الإجراءات الأولى لبرنامج إعادة هيكلة الدعم لقطاع الكهرباء

برنامج إعادة هيكلة الدعم لقطاع الكهرباء					إجراء ١# من إجراءات التخفيف في قطاع الطاقة
المدة	تقدير التخفيض في غازات الدفيئة	نطاق غازات الدفيئة	الكيان المنفذ	طبيعة الإجراء	القطاع الفرعي
٢٠١٤ - ٢٠١٥	غير محدد	ثاني أكسيد الكربون	وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة	سياسات، اقتصادي	الكهرباء
الأهداف الرئيسية					
إزالة دعم الكهرباء، وذلك بحلول العام المالي ٢٠١٨/٢٠١٩.					
وصف إجراء التخفيف					
تجاوز دعم الطاقة ٢٠٪ من الموازنة الوطنية و ٧٪ من إجمالي الناتج المحلي في العام المالي ٢٠١٣/٢٠١٤. ومن أجل دعم كفاءة الموارد وحماية البيئة وتخفيض الأعباء على الموازنة الوطنية، بدأت مصر في اتخاذ مجموعة من التدابير لإلغاء دعم الكهرباء تدريجياً منذ يوليو ٢٠١٤. وقد قادت وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة تدابير إجراءات إعادة هيكلة الدعم في قطاع الكهرباء بالتعاون الوثيق مع مجلس الوزراء. كما تم تطبيق إعادة هيكلة تعريف الكهرباء المتعددة و / أو ذات الطبقة الواحدة على المستخدمين في قطاعات الصناعة والتجارة والسياحة والزراعة كجزء من برنامج إعادة هيكلة الدعم.					

2- الإجراء الثاني: زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في توليد الطاقة

جدول (4): يوضح الإجراء الثاني زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في توليد الطاقة

زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء					الإجراء #٢ للتخفيف في قطاع الطاقة
المدة	تقدير التخفيض في غازات الدفيئة	نطاق غازات الدفيئة	الكيان المنفذ	طبيعة الإجراء	القطاع الفرعي
٢٠١٣ - ٢٠١٥	٠.٤٨ مليون طن ثاني أكسيد الكربون المكافئ في عام ٢٠١٥ (باستثناء مشروعات آلية التنمية النظيفة)	ثاني أكسيد الكربون	وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة	سياسات واقتصادي ومشروعات	الطاقة المتجددة
الأهداف الرئيسية					
زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في الكهرباء المولدة إلى ٢٠٪ بحلول عام ٢٠٢٢ و ٣٧٪ بحلول عام ٢٠٣٥.					
وصف إجراء التخفيف					
كجزء من خطة وطنية لزيادة أمن الطاقة مع الحد من انبعاثات غازات الدفيئة والتلوث المحلي، تقوم مصر بمجموعة من الإجراءات لزيادة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة بشكل كبير في قطاع الكهرباء. تقود هذه التدابير وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة وتركز على تمكين الاستثمار العام والخاص في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية. في عام ٢٠١٣، سمح نظام القياس الصافي لمشروعات الطاقة المتجددة صغيرة النطاق في القطاع السكني والصناعي / التجاري بتغذية الكهرباء في شبكة الجهد المنخفض. ووافق مجلس الوزراء في ١٧ سبتمبر ٢٠١٤ على نظام تعريفية التغذية (FIT) لتوليد الكهرباء من مصادر متجددة (الطاقة الشمسية الكهروضوئية والرياح). وشملت المرحلة الأولى من خطة تعريفية التغذية (٢٠١٥ - ٢٠١٧) منح امتيازات أراضي محدودة الأجل للمستثمرين لتزويج ٤٣٠٠ ميجاوات موزعة على النحو التالي: • طاقة الرياح قدرة ٢٠٠٠ ميجاوات • الطاقة الشمسية الكهروضوئية قدرة ٢٠٠٠ ميجاوات (تصل إلى ٥٠٠ ميجاوات) • الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزعة بقدرة ٣٠٠ ميجاوات (أقل من ٥٠٠ كيلووات) يتطلب تحقيق نسبة ٣٧٪ المستهدفة من الطاقة المتجددة تنفيذ مجموعة من التدابير، بعضها قد بدأ بالفعل قبل تحديث الهدف في عام ٢٠١٦. ويرد أدناه تحت بند التقدم المحرز موجز لإجراءات التمكين الرئيسية التي تمت.					

- مشروعات الطاقة المتجددة: يجري تنفيذ العديد من مزارع الرياح، ومشاريع الطاقة الشمسية والمتجددة، ونعمل على زيادة حصتها في إنتاج الكهرباء، لتصل 22٪ بحلول عام 2020، وإلى 37٪ بحلول عام 2035.
- مجمع بنبان للطاقة الشمسية بأسوان: جاري تنفيذ وإنشاء المشروع، ويعد أكبر مجمع محطات طاقة شمسية في الشرق الأوسط وأفريقيا، بقدرة تصل إلى 1455 ميجاوات، ويخفض تقريباً حوالي 2 مليون طن من انبعاثات الكربون سنوياً.

3- الإجراء الثالث: كفاءة الطاقة في توليد الكهرباء ولدى المستخدمين

جدول (5): يوضح الإجراء الثالث كفاءة الطاقة في توليد الكهرباء ولدى المستخدمين

الإجراء #3 للتخفيف في قطاع الطاقة					كفاءة الطاقة في توليد الكهرباء ولدى المستخدمين النهائيين
القطاع الفرعي	طبيعة الإجراء	الكيان المنفذ	نطاق غازات الدفيئة	تقدير التخفيض في غازات الدفيئة	المدة
الكهرباء	سياسات وبرامج	وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة	ثاني أكسيد الكربون	لم يقدر كليا	٢٠١٥ - ٢٠٠٥
الأهداف الرئيسية					
تحسين كفاءة استهلاك الوقود لكل وحدة كهرباء منتجة وتخفيض أحمال الشبكة.					
وصف إجراء التخفيف					
كجزء من خطة وطنية لتحسين كفاءة الطاقة في قطاع الكهرباء والحد من انبعاثات غازات الدفيئة، تم التخطيط لمجموعة من التدابير وتنفيذها على كل من جانبي الإنتاج (العرض) والاستهلاك (الطلب) للطاقة. فمن جانب الطلب على الطاقة، شملت البرامج الرئيسية المتعاقبة الممولة من مرفق البيئة العالمي مجموعة متنوعة من تدابير ومشروعات كفاءة الطاقة: «مشروع تحسين كفاءة الطاقة والحد من غازات الدفيئة» (٢٠١٠-٢٠١٨) و«تحسين كفاءة الطاقة في تطبيقات الإضاءة والمباني» (٢٠١٠-٢٠١٧). وتشمل الأمثلة على التدابير المنفذة والمخطط اتخاذها حملات توعية في الإعلام على الصعيد الوطني وتوعية على مستوى القواعد الشعبية، وبرامج وطنية لبطاقة كفاءة الأجهزة المنزلية، ومدى إمكانية الوصول إلى الأسواق للإضاءة الموفرة للطاقة، والعدادات السكنية المدفوعة مسبقاً. ومن جانب إنتاج الطاقة، تتضمن تدابير كفاءة الطاقة برامج مكثفة لصيانة ورفع كفاءة محطات الطاقة.					

4- الإجراء الرابع: برنامج النقل المستدام والتوسع في شبكة المترو

جدول (6): يوضح الإجراء الرابع برنامج النقل المستدام والتوسع في شبكة المترو

الإجراء #4 للتخفيف في قطاع الطاقة					برنامج النقل المستدام والتوسع في شبكة المترو
القطاع الفرعي	طبيعة الإجراء	الكيان المنفذ	طاقات غازات الدفيئة	تقدير التخفيض في غازات الدفيئة	المدة
النقل	برامج	وزارة النقل وجهاز شؤون البيئة	ثاني أكسيد الكربون	١٠٥٠٠٠ طن ثاني أكسيد الكربون المكافئ في عام ٢٠١٥ من الخطين ٢ و ٣ من مترو القاهرة وخفض ١.٤ مليون طن ثاني أكسيد الكربون المكافئ على مدى ٢٠ سنة من برنامج النقل المستدام	٢٠١٥ - ٢٠٠٩
الأهداف الرئيسية					
مترو القاهرة: التوسع في شبكة مترو أنفاق القاهرة الكبرى. برنامج مصر للنقل المستدام: خلق بيئة تمكينية من خلال السياسات والمؤسسات والاستفادة من الموارد المالية لتطوير قطاع النقل المستدام، بما يتضمن الشراكات بين القطاعين العام والخاص.					
وصف إجراء التخفيف					
الهدف العام كما تم ذكره من قبل برنامج مصر للنقل المستدام هو «الخفض من معدلات استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الدفيئة ذات الصلة بقطاع النقل في مصر، مع التقليل في الوقت نفسه من المشاكل على البيئة المحلية وغيرها من مشكلات زيادة الكثافات المرورية، كتدهور نوعية الهواء والازدحام في المناطق الحضرية». ومع التركيز على القاهرة، كمدينة مأهولة السكان حيث يبلغ تعدادها أكثر من ٢١ مليون نسمة، يتضمن هذا الإجراء التخفيفي مشروعين رئيسيين هما: التوسع في شبكة مترو أنفاق القاهرة الكبرى وبرنامج النقل المستدام الممول بشكل مشترك من مرفق البيئة العالمي. يسعى برنامج النقل المستدام إلى «زيادة أو استدامة خفض انبعاثات غازات الدفيئة من خلال الحد من استخدام السيارات الخاصة، وتسهيل نقل البضائع من خلال الشاحنات التي تتبع عمليات أكثر كفاءة في استخدام الطاقة، وزيادة حصة البضائع المنقولة على السكك الحديدية والمجاري المائية الداخلية». وتنقسم مكونات البرنامج على النحو التالي: - المكون ١: نشر مفهوم خدمات النقل العام الجديدة والمتكاملة ذات الجودة العالية (للتحول من الاعتماد على السيارات الخاصة إلى النقل العام) للقاهرة والمدن التابعة لها، وهي الخدمات التي يتم إدخالها وتكرارها بنجاح على أساس منح الامتياز لمشغلي القطاع الخاص تحت إشراف سلطة المدينة. - المكون ٢: زيادة واستدامة حصة استخدام النقل غير الآلي (مشاة ودراجات) في المدن المتوسطة الحجم. - المكون ٣: إدخال مفاهيم إدارة إحتياجات النقل بنجاح بهدف التوسع تدريجيا في تطبيق إجراءات أكثر صرامة للحد بفاعلية من استخدام السيارات الخاصة، عندما نتاج للركاب وسائل النقل الأقل كثافة كربونية مثل خدمات النقل العام عالية الجودة. - المكون ٤: تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في نقل البضائع. - المكون ٥: رفع القدرات والتطوير المؤسسي لتشجيع تنمية قطاع النقل المستدام أثناء المشروع وبعده. تشمل فترة الإبلاغ عن إجراءات التخفيف في تقرير المحدث كل سنتين لفترة (٢٠١٥ - ٢٠٠٥) المرحلة النهائية (المرحلة الخامسة: بطول ٢.٦ كيلومتر) من الخط الثاني للمترو والمرحلتين الأولى والثانية من الخط الثالث للمترو (بطول ٤.٣ و ٧.٧ كيلومتر، على التوالي): مع المرحلة الثالثة (بطول ١٧.٧ كيلومتر) و المرحلة الرابعة (بطول ١٨.١٧ كيلومتر) المخطط أن تليها. أما الخط الثالث فسيكون أول خط يربط بين شرق وغرب القاهرة، ومن المتوقع أن يوفر ٢ مليون رحلة ركاب سطحية كل يوم.					

5- الإجراء الخامس: مشروع كفاءة الطاقة في الصناعة

جدول (7): يوضح الإجراء الخامس مشروع كفاءة الطاقة في الصناعة

مشروع كفاءة الطاقة في الصناعة					إجراء التخفيف في قطاع الصناعة #1
المدة	تقدير التخفيض في غازات الدفيئة	نطاق غازات الدفيئة	الكيان المنفذ	طبيعة الإجراء	القطاع الفرعي
٢٠١٥-٢٠١٢	٢,٤٤ مليون طن ثاني أكسيد الكربون المكافئ بين ٢٠١٣ و ٢٠١٥	ثاني أكسيد الكربون	جهاز شئون البيئة، هيئة التنمية الصناعية، الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة، مركز تحديث الصناعة، اتحاد الصناعات المصرية	سياسات، المساعدة الفنية، مشروعات	كفاءة الطاقة
الأهداف الرئيسية					
تناول المشروع بعض العوائق الرئيسية أمام كفاءة الطاقة الصناعية من خلال نهج متكامل يجمع بين بناء القدرات وتدخلات المساعدة الفنية على مستوى السياسات والمؤسسات والشركات.					
وصف إجراء التخفيف					
بدأ مشروع كفاءة الطاقة في الصناعة في يناير ٢٠١٣ مع جهاز شئون البيئة بصفته الشريك المنفذ الرئيسي وبالتعاون الكامل مع هيئة التنمية الصناعية، الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة، ومركز تحديث الصناعات، واتحاد الصناعات المصرية، والتي نفذتها منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية. والمجموعات المستهدفة الرئيسية للمشروع هي: صناع القرار الصناعيون (المديرون) والمهندسون والموردين وغيرهم من المهنيين وصانعي السياسات المتعلقة بكفاءة الطاقة الصناعية و / أو المؤسسات المنفذة.					
المنهجيات والافتراضات					
وقد نفذت عملية جمع البيانات بالتعاون مع هيئة التنمية الصناعية، التي زودت خبراء منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية بالإحصاءات الوطنية، وعلاوة على ذلك، أجريت دراسات استقصائية وجلسات واجتماعات مع ٢٦ مصنعا مشاركا، عملت مع خبراء منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية على جمع بيانات ثلاث سنوات. وقد شاركت المصانع عن كُتب في التحقق من البيانات لضمان تجانس ودقة النتائج. وقام خبراء واستشاريون تابعون لمنظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية بتحليل النتائج والوفورات المحتملة المحسوبة للمصانع المشاركة.					
التقدم المحرز (٢٠٠٥-٢٠١٥)					
المكون ١ - البرنامج الوطني لتحديد مراجع مقارنة للطاقة وسياسة كفاءة الطاقة: أدوات السياسة الداعمة لتنفيذ كفاءة الطاقة في الصناعة و المساهمة في التنافسية الدولية.					
المكون ٢ - زيادة الوعي بشأن كفاءة الطاقة الصناعية وإدارتها في الصناعة: الوعي الممتد بشأن كفاءة الطاقة وإدارة الطاقة.					
المكون ٣ - بناء القدرات لخدمات كفاءة الطاقة: يتوفر كادر من الخبراء المتخصصين/المعتمدين في إداره الطاقة وتحقيق الأمثلية في النظم.					
المكون ٤ - الوصول إلى التمويل لمشروعات تحسين كفاءة الطاقة: زيادة إمكانية الحصول على المساعدات المالية لتنفيذ مشروعات كفاءة الطاقة.					
المكون ٥ - تنفيذ نظم إدارة الطاقة وتحقيق الأمثلية في النظم: إظهار أحدث أساليب إدارة الطاقة وتدابير كفاءة الطاقة.					

خامساً: دراسة حالة مشروع بنبان وأهداف التنمية المستدامة

مقدمة عن المشروع :

يعد مشروع بنبان أكبر مجمع محطات شمسية في مصر والشرق الأوسط بإجمالي استثمارات تصل إلى 2 مليار دولار، يضم 32 محطة شمسية بقدرة تصل إلى 1465 ميغاوات لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية على مساحة تصل الى 37,2 كم مربع بالقرب من قرية بنبان في محافظة أسوان

بجنوب مصر، إجمالي الطاقة المنتجة من المشروع تعادل 90% من الطاقة المنتجة من السد العالي، ويعد المشروع الآن في طور الانتهاء والتشغيل.

الهدف من المشروع:

يهدف المشروع إلى تنوع مصادر إنتاج الطاقة في مصر، والتوسع في إنتاج الطاقة من مصادر نظيفة، وخفض استهلاك الوقود الاحفوري.

تمويل المشروع:

يقوم تمويل مشروع بنبان على مساهمة البنك الأوروبي للأعمار والتنمية «500 مليون دولار»، حيث تقود مؤسسة التمويل الدولية تحالفاً مكوناً من 9 بنوك عالمية، وهي البنوك التي تستثمر للمرة الأولى في قطاع الطاقة المتجددة بمصر، حيث يضم التحالف البنكي كل من بنك التنمية الأفريقي، البنك الآسيوي للاستثمار في البنية التحتية، مصرف البحرين العربي، مؤسسة سي دي سي بالمملكة المتحدة، البنك العربي الأوروبي، البنك الصناعي والتجاري الصيني، بنك التنمية النمساوي، وأيضاً تمويل صندوق المناخ الأخضر.

جدول (8): يوضح مشروع بنبان وأهداف التنمية المستدامة

الهدف	الأثر
الهدف الرابع "التعليم الجيد"	ساهم المشروع في إنشاء فصول للطاقة الشمسية في مدارس بنبان وتطوير التعليم الفني وذلك لربط التعليم بسوق العمل وأيضاً يوفر المشروع برامج تعليم وتدريب عملي لطلاب الجامعات المصرية في مجال الطاقة الشمسية.
الهدف السابع " طاقة نظيفة وبأسعار معقولة"	يوفر المشروع طاقة كهربائية بإجمالي قدرة إنتاجية تصل الى 1465 ميغاوات منتجة من مطادر الطاقة النظيفة التي يتم ربطها بالشبكة الكهربائية لمصر مما يساهم في وصول الطاقة لمواطنين كخدمة اساسية.
الهدف الثامن "العمل اللائق ونمو الاقتصاد "	يوفر المشروع 10 الاف فرصة عمل مباشرة وغير مباشرة وبلغت استثمارات المشروع حوالي 2مليار دولار مما يساهم في التنمية الاقتصادية وتعزيز نمو الاقتصاد الأخضر منخفض الانبعاثات.
الهدف التاسع "الصناعة والابتكار والهياكل الأساسية "	يقوم المشروع على استخدام تكنولوجيا الخلايا الفوطوفولتية مما ساهم في نقل هذه التكنولوجيا الى مصر والتوسع في استخدامها وتدريب وتأهيل الكوادر الوطنية مما يساهم في توطيد التكنولوجيا في مصر في المستقبل.
الهدف الثالث عشر "العمل المناخي"	تفادى 2 مليون طن من انبعاثات الكربون سنوياً مما يساهم في خفض غازات الاحتباس الحرارى ومواجهة التغيرات المناخية.

المشروع وأهداف التنمية المستدامة:

▪ دور مشروعات الطاقة المتجددة في تقدم مركز مصرفى دليل الأداء لتغير المناخ:

سجلت مصر رقماً ناجحاً جديداً في دليل الأداء لتغير المناخ لعام 2019، حيث قفزت مصر 4 مراكز في القائمة لتحل في المركز 24 من أصل 57 دولة تضمنها التقرير على مستوى العالم بعد حجب المراكز الثلاثة الأولى.

ومن أهم المشروعات التي ساهمت في تحقيق هذا المركز المتقدم المشروعات البيئية الكبرى، حيث تم إقامة مايقرب من ثمانية مشاريع أبرزها محطة بنبان للطاقة الشمسية، ومحطة جبل الزيت لتوليد الطاقة من الرياح، ومحطة سد أسبوط للطاقة الكهرومائية والوادي الجديد ومحافظة البحر الأحمر.

سادساً: الرسائل الأساسية والتوصيات:

▪ الرسائل الأساسية:

1. يعد قطاع الطاقة المساهم الأكبر في انبعاثات غازات الاحتباس الحرارى، وأيضاً الواعد الأكبر بفرص خفض الانبعاثات وفقاً لسياسات الدولة الحالية.
2. تطوير سياسات قطاع الطاقة يساهم بشكل كبير في خفض الانبعاثات ومواجهة التغيرات المناخية.
3. تساهم سياسات الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

▪ التوصيات :

1. ضرورة دمج بُعد التغيرات المناخية وخفض الانبعاثات لمشروعات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة لتقييم وحساب الخفض الناتج لإدراجه ضمن المساهمات الوطنية لمصر.
2. التوسع في المشروعات الريادية في مجال الطاقة الجديدة والمتجددة أسوة بمشروع "بنبان".
3. أهمية نقل التكنولوجيا المتطورة في قطاع الطاقة، كوسيلة تنفيذ رئيسية لخفض الاستهلاك للوقود الأحفوري، ومنها خفض غازات الاحتباس الحراري.
4. أهمية تطوير البحث العلمي وتشجيع الابتكار في مجال الطاقة المتجددة وتطبيقاتها المتعددة لتوطين هذه التكنولوجيا في مصر.

المراجع:

- 1- التقرير المحدث لكل عامين BUR 2019
<https://unfccc.int/documents/204823>
- 2- تقرير الإبلاغ الوطنى الثالث
<http://www.eeaa.gov.eg/en-us/topics/air/climatechange/climatechangereports.aspx>
- 3- تقرير حالة البيئة لعام 2016.
<http://eeaa.gov.eg/portals/0/eeaaReports/SoE2017AR/Egypt-SOE-2016-FINAL.pdf>

Small Scale Solar Systems Projects Towards Sustainability of Egypt

Prof. Hend Farouh

Prof. of Environmental Design & Sustainable Urban Development

Housing & Building National Research Center.

Project Manager: Grid Connected Small-Scale Photovoltaic Systems, IMC / UNDP

hfarouh@imc-egypt.org

- تشغل د. فروح حالياً منصب مدير مشروع "نظم الخلايا الشمسية الصغيرة المتصلة بالشبكة Egypt – PV" الذي ينفذه مركز تحديث الصناعة (IMC) وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP). بالإضافة إلى ذلك ، فهي أستاذ البيئة والتصميم المستدام في المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء في مصر.
- شغلت سابقاً منصب المديرية التنفيذية للوحدة المركزية للمدن المستدامة والطاقة المتجددة في هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة (NUCA)، حيث كانت مسؤولة عن دعم تخطيط وتصميم وبناء وتشغيل المجتمعات الحضرية المستدامة الخضراء التي تركز على الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة والمياه، وإدارة النفايات، والنقل المستدام، وأنظمة البناء الخضراء.
- تخرجت الدكتورة فروح من كلية الهندسة، جامعة أسيوط، وحصلت على درجة الماجستير والدكتوراه في التصميم البيئي وكفاءة الطاقة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة. وأكملت دراسات ما بعد الدكتوراه في "التقنيات الخضراء للتخطيط والتصميم البيئي" ، Politecnico di Torino بليطاليا.
- تتمتع الدكتورة فروح بأكثر من 22 عاماً من الخبرة في مجال التصميم المستدام والتنمية الحضرية مع التركيز على كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. وهي متخصصة في مشروعات التنمية متعددة التخصصات على الصعيدين الوطني والدولي، وهي رائدة فريق العمل في نظام تقييم الهرم الأخضر، وعضو في فريق بناء كود كفاءة الطاقة وكود البناء الأخضر.

Abstract

Egypt's Vision 2030 for sustainable development aims to achieve a diversified, competitive and balanced economy within the framework of sustainable development. Renewable energy has a central role to play, a role detailed in the Integrated Sustainable Energy Strategy to 2035 which ensures continuous, diversified energy security and establishes the necessary conditions to enable the increased development of renewables through the engagement of all sectors. Moreover, the strategy confirms Egypt's ambition to become an energy hub between Europe, Asia and Africa by expanding grid interconnections across the Arab region and beyond. Egypt is home to a wide array of untapped solar and wind resources, and according to the strategy 2035, renewable energy capacity should contribute 42% of power capacity by 2035.

In this framework of increasing reliance on renewable energy especially decentralized solar systems, the Industrial Modernization Centre IMC, in cooperation with the United Nations Development Program UNDP, are implementing the "Grid Connected Small Scale Photovoltaic Systems National Project - Egypt-PV".

This project aiming at the development of decentralized grid connected small scale PV systems and catalyzing its installation over factories, hotels, commercial, public and residential buildings.

The objective of this paper is to provide a summary for the main goals of Egypt-PV project and present the progress being made towards accomplishing the project objectives and outcomes as steps towards Sustainability of Egypt.

Key Words: Sustainability, Solar Energy, Photovoltaic Systems, Egypt – PV, Industrial Modernization Centre IMC, Industrial Modernization Centre IMC.

نظم الخلايا الشمسية الصغيرة.. خطوات على طريق الاستدامة في مصر

مستخلص

تهدف رؤية مصر 2030 للتنمية المستدامة إلى تحقيق اقتصاد متنوع وتنافسي ومتوازن في إطار التنمية المستدامة. كما تلعب الطاقة المتجددة دوراً رئيسياً في تحقيق التنمية المستدامة، وهو ما أكدته استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة حتى عام 2035 والتي تستهدف ضمان تحقيق أمن متنوع ومستدام للطاقة، وتهيئة الظروف اللازمة لزيادة تنمية وتعزيز استخدام مصادر الطاقة المتجددة من خلال إشراك كافة القطاعات.

علاوة على ذلك، تؤكد الإستراتيجية طموح مصر في أن تصبح مركزاً للطاقة بين أوروبا وآسيا وأفريقيا من خلال توسيع شبكات التواصل عبر المنطقة العربية وغيرها من المناطق الأخرى، حيث تعد مصر موطناً لمجموعة كبيرة من موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح غير المستغلة، ووفقاً لاستراتيجية الطاقة 2035، يجب أن تساهم الطاقة المتجددة بنسبة 42% من إجمالي الطاقة بحلول عام 2035.

في هذا الإطار، وفي ضوء الاعتماد المتزايد على الطاقة المتجددة خاصة أنظمة الطاقة الشمسية اللامركزية، يقوم مركز تحديث الصناعة IMC، بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، بتنفيذ "المشروع الوطني لنظم الخلايا الشمسية الصغيرة المتصلة بالشبكة Egypt – PV"، حيث يهدف هذا المشروع إلى تطوير نظم خلايا لامركزية صغيرة الحجم متصلة بالشبكة، وتحفيز انتشار استخدامها في المصانع والفنادق والمباني التجارية والعامة والسكنية.

لذا، يتمثل الهدف من هذه الورقة في تقديم ملخص للأهداف الرئيسية للمشروع الوطني لنظم الخلايا الشمسية الصغيرة المتصلة بالشبكة، واستعراض التقدم المحرز نحو تحقيق أهدافه ونتائجه كخطوات نحو تحقيق الاستدامة في مصر.

1. Introduction

Egypt-PV project aims at removing barriers preventing from increasing renewable energy power generation and decreasing GHG emissions in addition to the development of PV market and supply chain. This will have a direct positive socio economic impact on individuals while promoting a new market serving multiple sectors in Egypt.

Also the project focus on establishing support centers providing consultation and technical support with the intention of increasing PV local component, preparing new technical staff, creating new employment opportunities and supporting this emergent technology and market in Egypt while removing barriers preventing from increasing power generation using decentralized grid connected small scale PV systems.

The project goal is removing barriers to allow the development of PV systems and its effective installation along the project life time which will results in a direct reduction of GHG equivalent to 0.6 to 0.7 million tons of CO₂ emission.

2. Project Objectives and Outcomes

The objective of the project is to remove the barriers to increased power generation by small, decentralized, grid- connected PV systems implemented by households and small- and medium- size enterprises. The project strategy builds on the planned Government initiatives to develop a market for small, decentralized renewable energy power generation by ensuring adequate returns on targeted private sector investments with a net- metering scheme.

The project seeks to facilitate the installation of decentralized PV capacity and to establish a basis for sustainable market growth by:

- Supporting the design, purchase and installation of the first PV systems as an easily replicable model.
- Establishing an enabling policy and institutional and regulatory framework to provide the basis for sustainable market growth of small, decentralized RE (primarily PV applications and for attracting adequate financing for the required investments.
- Strengthening the supply chain by building the capacity of the key supply-side stakeholders such as system designers, equipment vendors and installers to offer competitively-priced, good-quality products and services to the targeted stakeholders (including required aftersales services) and by introducing adequate quality control mechanisms to build up customer confidence and positive customer experiences of small, decentralized PV systems.
- Facilitating the establishment of a financing framework and a network of local finance institutions to support the development of the decentralized PV market.

The details of each outcome of the project are as follows:

1.1 Outcome (1) Design of Small PV Systems Installed based on Easily Replicable and Scalable System Design

- Finalized design of the support scheme to facilitate Market Takeoff.
- Manuals and templates for PV system design & installation to be released as hard & soft copies, internet based, and smart phone apps.
- Establishing project support center “One Stop Shop”; hotline and website.
- Public awareness raising & marketing campaigns.

1-2 Outcome (2) Establishing an Enabling Policy, Institutional and Regulatory Framework to provide the Basis for Sustainable Market Growth

- Ensuring fully operationalized net metering schemes for selected tariff.
- Technical constrain analysis and updating guidelines.
- Complete analysis of regulations for both constructions and management for rooftop PV system implementation.
- Drafted amendments to the existing laws and regulations.
- Finalize proposal for the eventually required financially and fiscal incentives.
- Assessment for PV waste and recycling.

1-3 Outcome (3) Strengthened Domestic Supply Chain and Quality Control System and Increasing Domestic Manufacturing and/or assembly of PV Panels

- Quality control and certification scheme for hardware and installations and institutional agreements to ensure effective implantation after the project.
- Agreed methodology, institutional arrangements, procedures and mechanisms for effective market monitoring to continue after the end of the project.
- Complementary training and development programs to help promoting PV system in new buildings.

- Public awareness and marketing support to support establishing a local Solar Energy Industry.

1.4 Outcome (4) Establishing a Financing Framework and a Network of Local Financial Institutions to facilitate the Financing of Small PV Systems for a Broad Range of Consumers

- Proposal for financial schemes and required consultation support.
- Monitoring the impact and performance of the financing schemes.
- Technical due diligence of projects proposed for financing and training staff of the participating banks.
- Involving local community associations to help promoting and supporting.

3. Egypt-PV Success Story

Egypt-PV support technically and financially a number of small scale Photovoltaic Systems projects in different sectors (Industrial, Tourism, Commercial, Residential and Public Buildings), to take off and encourage the PV industry market, those projects will be success stories to raise the awareness and standards of the PV market around Egypt. Currently, 69 PV projects as shown in figure (1).

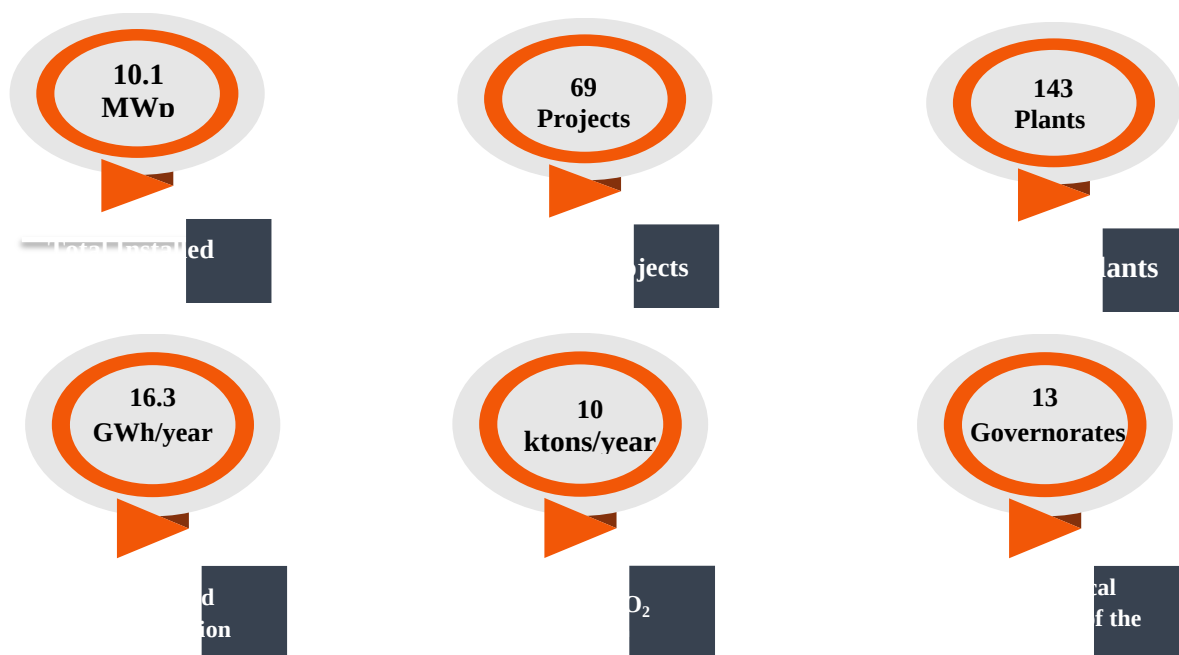


Figure (1): Key figures.

Project Implementing Locations (Map) – 13 Governorates



Figure (2): Egypt- PV Projects Locations.

1.5 Technical Services

Egypt-PV project providing the followings to open the PV market:

- One Stop Shop providing all clients requirements in one place, assessing clients' needs.

Developing PV Hub with an objective of designing and developing web-based hub and associated database for small and medium scale of decentralized grid-connected PV system. The Hub will provide useful information for clients to support implementation of PV projects. Meanwhile, the platform allows PV installer companies, certified by New and Renewable Energy Authority (NREA), to submit installation requests to distribution companies and to follow up the requests electronically.

- List of Recommended Suppliers.

Egypt-PV developed a list includes 50 recommended suppliers and it is uploaded on Egypt-PV website. The project held a working session with the service providers. The recommendations were agreed upon to

identify the sectors of consumers who are most able to benefit from the solar grid systems Requirements for joining Egypt-PV list of system integrators was developed and published for the companies to apply.

- Site Assessment reports.

Site assessments are done to evaluate the possibility of the implementations, based on the site assessment templates developed by Egypt-PV. The project conducts feasibility studies for all Egypt-PV pilot projects.

- Specs and Technical Guideline

The scope of this document is to provide a guideline for tendering grid connected small-scale PV systems. These guidelines have been prepared for the benefits of miscellaneous departments and sectors buildings in Egypt. The document is considered as a guiding document, so it is generic and can be tailored as per end user needs, but still it includes the minimum acceptance requirements for optimum performance grid connected PV systems.

The document is published and available online on Egypt-PV website, as a technical support for the Egyptian PV market.

- Follow-up Reports

Quarter follow-up reports are being done for the installed projects showing the performance of the PV plant with timeline schedule for the reports of each project. Reports show the actual production and reduction of CO₂ for the PV systems.

The following figure summarizes Egypt-PV technical services:



Figure (3): Egypt-PV technical services.

1.6 Capacity Building

- Egypt-PV provides capacity building, training programs and materials, this include training sessions and workshops for: Engineers, Technicians, Construction Firms & Developers, Bankers and Financial Institutions. The aim is to spread the awareness of the PV system benefits.
- Egypt-PV held number of trainings for 200 trainees.

Egypt-PV Results vs. the Project Target over the Life Time of the Project

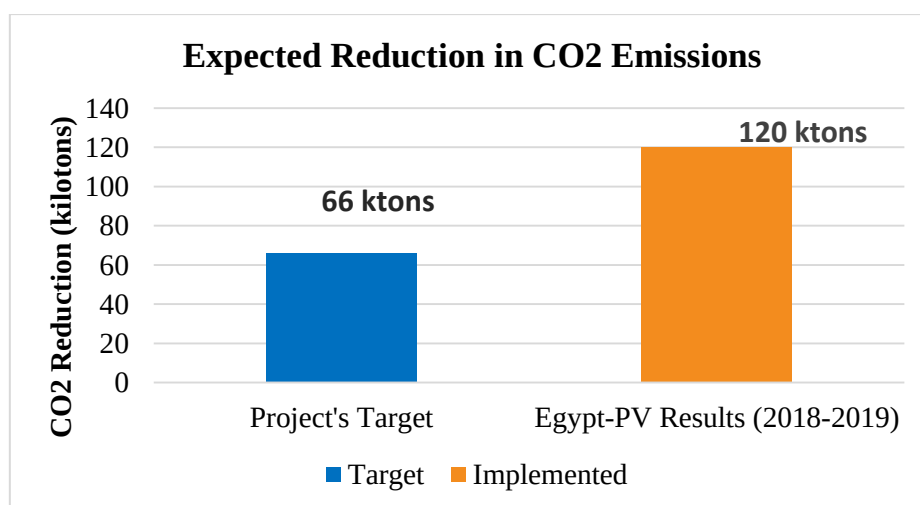


Figure (4): Expected Reduction in CO2 Emission.

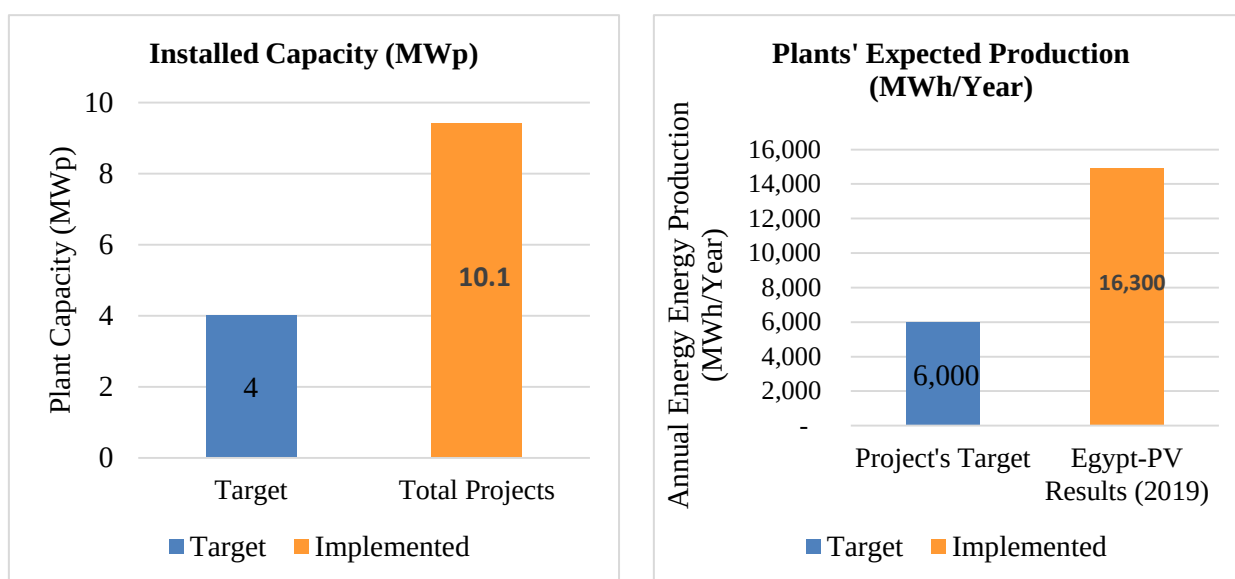


Figure (5): Comparison between Project Target & Project Outcomes (January 2020).

Conclusion

Egypt-PV has worked on the four outcomes which are; a total of 4 MWp of small PV systems installed based on easily replicable and scalable system design, a supportive policy, institutional and regulatory framework for providing a basis for sustainable growth of the small, decentralized RE (in particular PV) power generation market, strengthened domestic supply chain and quality control system and, as applicable, increasing domestic manufacturing and/or assembly of PV panels and a financing framework and a network of local financial institutions to facilitate the financing of small, decentralized PV systems for a broad range of consumers.

Egypt-PV has met the target and over achieved it through giving technical and financial support to projects of more than **10.1 MWp** in total. Where **69 projects** has been developed. The expected annual production from the PV projects is **16.3 MWh/year** with annual reduction in CO2 emissions **10 ktons/year**.

Energy in Sustainable Development in the Field of Hyper Urban Planning

Dr. Mohamed Fathy Abd-Elsalam

Associate Professor of Urban Planning Department, Faculty of Engineering, Al-Azhar University. A Consultant Engineer in the Field of Urban Planning

m_fathy22@hotmail.com

- أستاذ مساعد بقسم هندسة التخطيط العمراني بكلية الهندسة بجامعة الأزهر بالقاهرة، ومهندس استشاري في مجال التخطيط العمراني.
- حاصل على درجة الدكتوراة في التخطيط العمراني في عام 2002 من قسم هندسة التخطيط العمراني بكلية الهندسة جامعة الأزهر. ودرجة الماجستير في تخطيط المدن في عام 1996 من قسم الهندسة المعمارية بكلية الهندسة جامعة القاهرة.
- **الخبرات السابقة:**
 - المشاركة في إعداد المخططات الإرشادية والاستراتيجية للعديد من القرى المصرية بالدقهلية والمنوفية وقنا.
 - المشاركة في مشروع إعداد الأحوزة العمرانية (للعزب والكفور والنجوع) التابعة لقرى مراكز أشمون ومنوف والباжور وشبين الكوم بمحافظة المنوفية.
 - تصميم العديد من المباني السكنية والفيلات في مصر وفي مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية.
 - الفوز بجائزة المرحوم الشيخ/ هائل سعيد أنعم للعلوم والآداب في مجال الآثار والعمارة، الممنوحة من مؤسسة السعيد للعلوم والثقافة بالجمهورية اليمنية لعام 2009.
 - الفوز بجائزة الأستاذ الدكتور/ عبد الباقي إبراهيم، الممنوحة من أكاديمية البحث العلمي في مجال العمارة والتخطيط العمراني لعام 2007.

Abstract

High rate of urban growth is generally a serious challenge to the sustainability of the urban areas, so there is a real need to enhance saving energy, reducing consumption, protecting the environment and preserving the natural resources. This paper is arguing that it is required to develop innovative and extraordinary approaches, capable of dealing effectively with different problems and challenges of the future urbanism. These approaches should benefit from the unprecedented mutations in science and technology, especially in building technology and nanotechnology.

Furthermore, this paper argues that sustainable development should depend on two pillars. The first one is to enhance the functional connections and the integration between the natural environment and the built environment. The previously mentioned pillar could be considered a mutualistic sustainability concept, in which the plant ecology and urban systems are efficiently integrated and are interfered with each other. The second pillar is to reduce the negative impacts of the classical building technologies by using enough eco-gadgetry such as photovoltaic, solar collectors, biological recycling systems, double-skin facades and building automation control systems.

As a matter of fact, since the twentieth century, some extraordinary and hyper urban proposals have emerged in the urban planning field, that propose efficient outbox solutions regarding sustainable development and renewable energy resources.

Consequently, the paper shows types of hyper proposals which interested in generating renewable energy and sustainable development. In line with the previously mentioned proposals, the paper provides a suggestion of a high-altitude multi-functional system for producing fresh water and electricity in an effective way. Eventually, the paper gives conclusions concerned with the potential capabilities of the hyper urban planning in the field of energy and sustainability.

Keywords: Sustainable development; renewable energy; high altitude aerostat; future city; hyper urban planning.

الطاقة والتنمية المستدامة في مجال التخطيط العمراني غير التقليدي

مستخلص

يُعد ارتفاع معدلات النمو الحضري - بشكل عام - تحدياً خطيراً لمقومات استدامة المناطق الحضرية، لذلك هناك حاجة حقيقية لتعزيز مفاهيم توفير الطاقة وتقليل الاستهلاك وحماية البيئة والحفاظ على الموارد الطبيعية. ومن ثم يعتبر هذا البحث أنه من الضروري تطوير مناهج مبتكرة وأساليب غير عادية قادرة على التعامل بفعالية مع المشكلات والتحديات المختلفة للتوسع العمراني المستقبلي، مع ملاحظة أنه يجب أن تستفيد هذه الأساليب من الطفرات غير المسبوقة في العلوم والتكنولوجيا، خصوصاً في مجالي تكنولوجيا البناء وتكنولوجيا النانو.

علاوة على ذلك، يجادل هذا البحث بأن التنمية المستدامة يجب أن تعتمد على ركيزتين أساسيتين، الأولى هي تعزيز الروابط الوظيفية والتكامل ما بين البيئة الطبيعية والبيئة العمرانية، وهو ما يمكن اعتباره بمثابة انعكاس لمفهوم الاستدامة المتبادلة Mutualistic Sustainability، حيث تتكامل عناصر البيئة الطبيعية والأنظمة الحضرية وتتداخل مع بعضها البعض بكفاءة وفعالية. أما الركيزة الثانية فهي محاولة تقليل التأثيرات السلبية لتقنيات البناء الكلاسيكية باستخدام الأدوات الذكية المناسبة والوسائل الصديقة للبيئة مثل الخلايا الكهروضوئية، ومجمعات الطاقة الشمسية، وأنظمة إعادة التدوير البيولوجية، وواجهات المباني ذات الأغشية المزدوجة Double-skin facades، وأنظمة التحكم والتشغيل الذكية.

ومن جانب آخر، فمنذ القرن العشرين ظهرت بعض المقترحات الحضرية الاستثنائية والمبتكرة في مجال التخطيط الحضري، والتي تقترح حلولاً إبداعية فيما يتعلق بالتنمية المستدامة وموارد الطاقة المتجددة. وبالتالي، يقوم البحث بعرض وتحليل العديد من المقترحات الفائقة Hyper Proposals التي تهتم بتوليد الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة. وتماشياً مع مجمل تلك المقترحات المذكورة سابقاً، يقدم البحث اقتراحاً لنظام متعدد الوظائف بالغ الارتفاع لإنتاج المياه العذبة والطاقة بطريقة فعالة ومستدامة. وفي الختام، يتم عرض بعض الاستنتاجات التي تتعلق بالقدرات المحتملة للتخطيط الحضري المفرط (غير التقليدي) Hyper Urban Planning في مجال الطاقة المتجددة والاستدامة.

1. Introduction

By the year 2050, it is expected that greater than 70% of the total world population will live in urban areas (Wang, et al., 2019, p.162; Rahnema and Shaddel, 2015, p.123). Taking into consideration the increasing challenges in the field of energy and sustainable development, it is necessary to find out non-traditional solutions and much more innovative ideas. Accordingly, this paper concerns with analyzing and evaluating extraordinary approaches to sustainability and clean energy production under the umbrella of hyper urban planning field.

As it well known, a great part of the solar radiation does not reach to the surface of the Earth, due to the absorption processes by different gases and clouds in the atmosphere. In line with the above, the paper reviews and analyzes some proposals of high-altitude solar balloons, which can arguably be considered as one of the most promising future solutions in the field of clean energy generation, and at the same time harmonize with non-traditional ideas that characterize the field of hyper urban planning in general.

In a related context, many specialists have argued about environmental sustainability and the relationship between nature and the built environment. For example, Yeang (2007, p.22) has criticized architecture's negative impacts on the environment, while Ozer (2014, pp.197-198) has studied the mutualistic sustainability concept in detail, and has mentioned to the importance of developing functional Relationships, in which both the urban settlements and natural systems can prosper and flourish.

Moreover, Wells (1981, p.41) has stated that solving environmental problems needs better connections between the natural systems and the built environment. Additionally, Beatley (2011, p.9) has briefly referred to some “nature-protective behaviors,” while Pickett and Cadenasso (2008, p.8) have discussed the importance of integrating and merging plant ecology into the built environment. In general, movement toward environmental sustainable development on the world scale has mostly depended on the slow modification of existing methodologies and systems.

2. General Aspects of “Hyper Urban Planning” Term

Despite “hyper” is not a genuine or old term, but it has been widely used in daily life, science and technology in the recent decades. The origin of “hyper” as an independent word dates back to the year 1940, when it has

been first used as an abbreviation of “hyperactive,” and since then it has been used as an adjective which means “excited and nervous; having too much nervous energy” (Oxford Advanced Learner's Dictionary (OALD), 2019).

While “hyper-” as a prefix has been widely used since the seventeenth century to form new expressions, such as hypersensitive and hypercritical. The prefix “hyper-” is derived from the Greek prefix “huper-,” which in turn is derived from the preposition “huper” which means over or beyond. Thus, “hyper-” as an English prefix has many similar meanings, such as over, above, excessive or excessively (Kleinedler, et al., 2005, pp. 232-233).

On the other hand, urban planning processes vary considerably in the rate at which they evolve and develop in different countries. Since the twentieth century in particular, some dramatic developments have emerged in the urban planning field, and usual guidelines have been dramatically broken through in many cases. Thus, some extremely extraordinary kind of urban planning proposals has already entered the implementation phase in different parts of the world, and many others are under construction or are still in the vision phase. Thus, distinctive features have gradually begun to take shape for a special and advanced branch of urban planning, which might be called “hyper urban planning.”

Compared with the ordinary urban projects, the proposals and projects in the field of hyper urban planning could be considered of another extraordinary level, as hyper urban planning concerns extremely oversized and extraordinary huge urban proposals, and it benefits from great mutations of the capabilities and possibilities of the construction sector and high technology.

3. Significant Features of the Hyper Urban Planning Field

3.1 Breaking through the logical heights

The confidence of rising up more and more has obviously increased as a result of great innovations in the construction methods, building technology, structure systems, high-speed elevators, materials, means of egress and other facilities (Moldovan, and Moldovan, 2012, p.941).

Several works have argued the accelerated development of high-rise towers all over the world, but this paper may also argue that some of those urban

proposals and visions dramatically break through the usual concepts of traditional urban planning, and therefore they significantly approach the overly ambitious concepts of hyper urban planning field. Burj Khalifa, in Dubai city, UAE, is an expressive symbol of the skyscraper boom era that has characterized Dubai since the beginning of the 21st century. Excluding the upper antenna, the main height of the tower is 828 m (about 2,717 ft), which makes it the highest building in the world since year 2010 up to now. In Jeddah city, Saudi Arabia, Jeddah Tower (or Kingdom Tower) is planned to exceed the one kilometer mark by about eight meters (1,008 m, or 3,307 ft high), and it is earnestly expected to be the world's first practical breaking through that historical barrier (see Figure 1a) (Al-Kodmany, 2011, pp.119-125; Al-Kodmany, 2013, p.36; Jones, 2011, p.16; Takabatake, et al., 2019, p.1).

On the other hand, the Sky Mile Tower proposal is a worthwhile leap to get much higher. It is a 1,700 m (5,577 ft) high mega-structure, which is envisioned to be situated in Tokyo Bay, Japan (see Figure 1b). The tower is a part of an aspirant initiative known as “Next Tokyo 2045,” which was planned by Leslie E. Roberson Associates and Kohn Pedersen Fox Associates (KPF, New York), and the skyscraper is supposed to be occupied by about 55,000 residents. Generally, the proposal contains a network of vertical segmented residential communities, linked to each other by multi-level lobbies, offering various public facilities. In addition to the previous, it contains many creative and technological treatments which ensure efficiency, reliability, safety and sustainability, especially in the energy field, and the building’s skin would extract drinkable water from fog and air humidity using advanced systems. Lastly, it is estimated to be completed by 2045 (Fixsen, 2016, p.28; Malott, et al., 2015, pp.30-33).

Over and above, after reviewing some literatures regarding Dubai City Tower, which also called Dubai Vertical City (CTBUH, 2008, pp.1-6; Moldovan, and Moldovan, 2012, pp. 945-946; Prakash Rao, 2009, p.WE1-2), it could be stated that it is a proposed supertall mega-structure whose height is 2,400 m (about 1.5 mi) and includes 400 habitable floors. It has been declared in 2008 and would be situated on the Persian Gulf (see Figure 1c). It consists of a supertall central core around which 6 independent high-rise towers are tightly wrapped. The 6 winding towers are interfered with each other and attached to the main core each 100 floors. The total height is divided by Sky Plazas, which are horizontal public

zones, while the main vertical circulation will be provided by a vertical train in addition to a group of high-speed elevators and some heliports.



Figure (1): A– Jeddah Tower, KSA, 1,008 m high; B– Sky Mile Tower, Tokyo Bay, Japan 1,700 m; C– Dubai City Tower, also known as Dubai Vertical City, 2,400 m high

Sources: A– Jones, 2011, p.16; Risen, 2013, p.61; B– Malott, et al., 2015, p.32; C– CTBUH, 2008, pp.1-2; Moldovan, and Moldovan, 2012, p.945.

3.2 The Combination of Imagination and Future High Technology

Many specialized literatures have studied extensively the impact of technology on urbanization. Just for an instance, Goi (2017, p.1) has argued different impacts of technological innovations on founding a more sustainable city, especially in the fields of environment, social and economy. Riffat, Powell and Aydin (2016, pp.1-23) have argued the role of technology in future cities and their environmental sustainability, in addition to Zero carbon buildings (ZCB) and Zero energy buildings (ZEB), while Hannon and Zaman (2018, pp.1-23) have argued the contribution of technology in phenomenon of zero waste and cities of the future. Also, deep mental thinking with a lot of imagination plays a major role in hyper urban planning and experimental urbanism, while modern technology allows possibility to build different types of mega structures in huge scales. Additionally, extraordinary ideas and unusual urban patterns are fundamental components of the planning process at the hyper level, and various philosophies and trends could be widely used in order to innovate distinct urban elements and distinguished urban projects.

3.3 Unconventional Urban Extensions and Extraordinary Landscaping in the Hyper Urban Planning Field

Urban extensions are always needed to meet the rapid urban growth, and despite the many forms of urban extensions, but it is generally well known that the usual common factor is to extend horizontally on the lands suitable for construction which surrounding the urban areas. On the other hand, the field of hyper urban planning provides other alternatives to a more liberal urban extension, such as unconventional vertical urban extensions, which could accommodate millions of inhabitants on small areas of land. Furthermore, this paper argues that hyper urban planning field provides high-level capabilities for Beautification and landscaping cities, where it has many potential creative ways of adding green areas, recreational spaces and aesthetic elements to overpopulated urban areas. The proposal of Futuristic City in the Sky by Tsvetan Toshklov is a striking urban extension, which is supposed to be an exceptional landscaping and urban beautification (see Figure 2). Inspired by the beautiful shape of the lotus flower, the semi-fanciful proposal envisions tranquilized and calm oases, very high and far away from the overcrowded city of London (Interior Design School Daily, 2012; Riffat, Powell, and Aydin, 2016, p.9; Toshkov, 2012).



Figure (2): Futuristic City in the Sky, architect Tsvetan Toshklov, 2012

Sources: Interior Design School Daily, 2012; Toshkov, 2012.

3.4 Contribution of Nanotubes and Advanced Building materials in the Field of Hyper Urban Planning

Nanotechnology enables the innovation of structures which do not exist in the nature and cannot be produced by traditional chemistry. An important

advantage of that technology is the possibility of devising lightweight, stronger and more adjustable materials with relatively low costs, such as different types of nanotubes (Aliofkhazraei, et al., 2014, p.vii; Lam, et al., 2004, p.126).

Carbon nanotubes (CNTs) have many features, as they are chemically stable, mechanically so strong, electrically conductive supramolecules with diameters less than 100 nanometers, and reach to the micron-sized length. Moreover, Single-walled carbon nanotube (which is abbreviated as FWHM) could be represented as a result of rolling up a layer of 2-dimensional carbon atoms which are bonded together in a hexagonal network, called “graphene,” to a cylindrical form (Lushnikova, and Zaoui, 2018, p.86).

On the other hand, Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWNTs) are formed by multiple rolled layers of one-atom-thick sheets of graphene, which are concentric in each other. But anyhow, technical in-depth studies show that both single and multi-walled nanotubes could be bent up to small angles without any deformation, as the only usual effect is a slight stretching of the outer side of the nanotube and a compression of the internal side (Iijima, et al., 1996, p.2089; Lam, et al., 2004, p.126). Generally, several experimental and theoretical investigations show that the bending process of the nanotubes is fully reversible up to large bending angles, despite the occurrence of some kinks and highly strained tube regions. That is due to the high flexibility of the molecular hexagonal network, which resists bond switching and bond breaking up to high strain values (Iijima, et al., 1996, p. 2089). Thus, nanotubes are of light weights, flexible, very strong and have many extraordinary features.

4. High-Altitude Farms as Hyper Proposals for Sustainable Development and Renewable Energy

4.1 High-Altitude Wind Farms

The utilization of wind power and renewable energy is a highly desired target in the field of sustainable development. Generally, wind farms are potential solution which may arguably contribute in achieving an efficient and sustainable energy system, but the intermittent nature of wind power usually challenges the reliability and stability of the power system. Thus, the assessment of potential locations for wind farms subjects to many factors, such as the theoretical wind power density, the average wind speed

and the capacity factor of a potential wind turbine. However, additional criteria for site selection can be imposed due to environmental or economic concerns, such as having high altitude, accessibility, the land cost or the distance to the power grid (Cetinay, Kuipers, and Guven, 2017, pp. 51-54; Chandra, Kumari, and Sydulu, 2013, pp. 630-633).

However, many specialized studies have mentioned that high-altitude winds are more consistent, faster and having a higher power density compared with winds that are found near the ground-level. Furthermore, one of the highest wind power densities is found at altitudes between 8 and 10 km above ground-level, which is approximately corresponding to the height of the tropopause zone. With the available large amount of wind power in the troposphere zone, Sun, Liu and Qin (2015) have designed a hyper skyscraper which entitled “Wind Farm in the Tropopause” (see Figure 3).



Figure (3): A Wind Farm in the Tropopause.

Source: Sun, Liu, and Qin, 2015.

The height of the previously mentioned proposal can range between 8 and 10 km, and it is divided into two main parts which are kept apart. The first part is the upper section which contains the generation and storage equipments, and it is supposed to generate electricity by a large vertical axis rotor, whereas a flow battery is in the axis to store a quantity of energy capable of reducing the usual fluctuation of wind power output. As for the second part, it is the lower half of the rotor, and it consists of four axes and a laser power transmission system. The laser transmission equipment can achieve wave transmission with the perfect directivity of laser. Meanwhile, a compatible and efficient receiver has been set up on the ground. Additional functions could also be built inside the building, such as

atmospheric research laboratory and meteorological monitoring (Sun, Liu, and Qin, 2015).

4.2 High-Altitude Solar Farms

At the Earth's distance from the Sun, the flux of solar energy is about 1,368 W/m² which means a value of around 342 W/m² when averaged all over the globe. But these radiation streams never reach or even leave the Earth's surface unimpeded, as around one third of the incoming solar flux on average is reflected by clouds zone, ice caps and bright surfaces. Most of the incoming radiation from the Sun passes through the atmospheric layers to reach the surface of the Earth, where some flux is reflected and most is absorbed, so the surface is warmed (Shepherd, et al., 2009, p.2).

As an attempt to overcome the negative effects of that natural phenomenon, there are academic researchers working on extraordinary ambitious plans, aims to produce energy from outer space stations, specialized in capturing sun's rays and transforming them into usable energy, which in turn will be sent to Earth having the form of laser, or microwave energy (The University of Tennessee, 2019). For Example, in 1974, a very ambitious feasibility study was conducted to benefit from a solar radiation collector, flying outside the atmosphere, and it was introduced to the National Aeronautics and Space Administration (NASA). That study proposed the concept of a satellite solar power station (SSPS), which was later known as Glaser's concept. However, several issues involved with the transmission of the collected solar energy from the satellite to the surface of the Earth have never been perfectly addressed. Theoretically, Glaser's concept proposed to beam down the energy to the surface of the Earth in the form of microwave radiation. But practically, the implementation could not come true for many reasons, such as the environmental issues, safety challenges, in addition to the transmission and conversion losses which this method entails (Aglietti, et al., 2008, p.350; Glaser, et al., 1974).

Another ambitious proposal by Aglietti et al. (2008, p.350) has mentioned an intermediate solution between traditional ground based solar panels and Glaser's concept, where it proposes using a very high altitude aerostat to collect solar energy and transmitting it to the ground surface using an aerostat mooring cable (see Figure 4). In other words, the main idea is to exploit a solar radiation collector floating at so high altitudes, where the filtering effect of the atmosphere is remarkably reduced so that the solar

flux becomes closer to its value in the outer space regardless the weather conditions. Also, the transmission of the generated electricity via the mooring line, that is basically a two-way conductor, provides a safe and potentially cost-efficient method to bring the produced electricity to the ground surface.

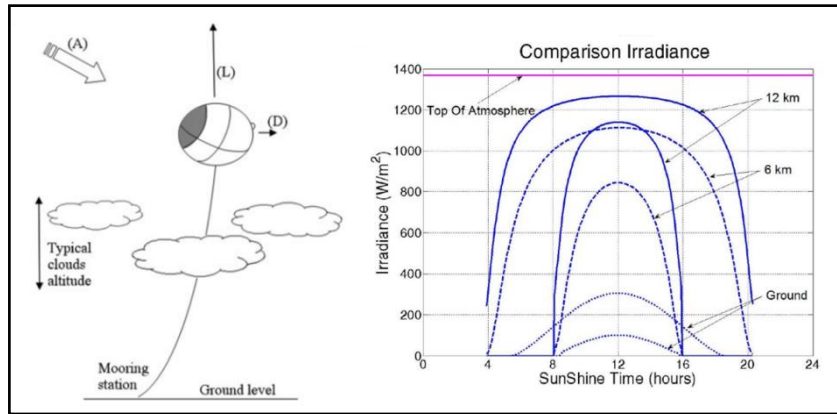
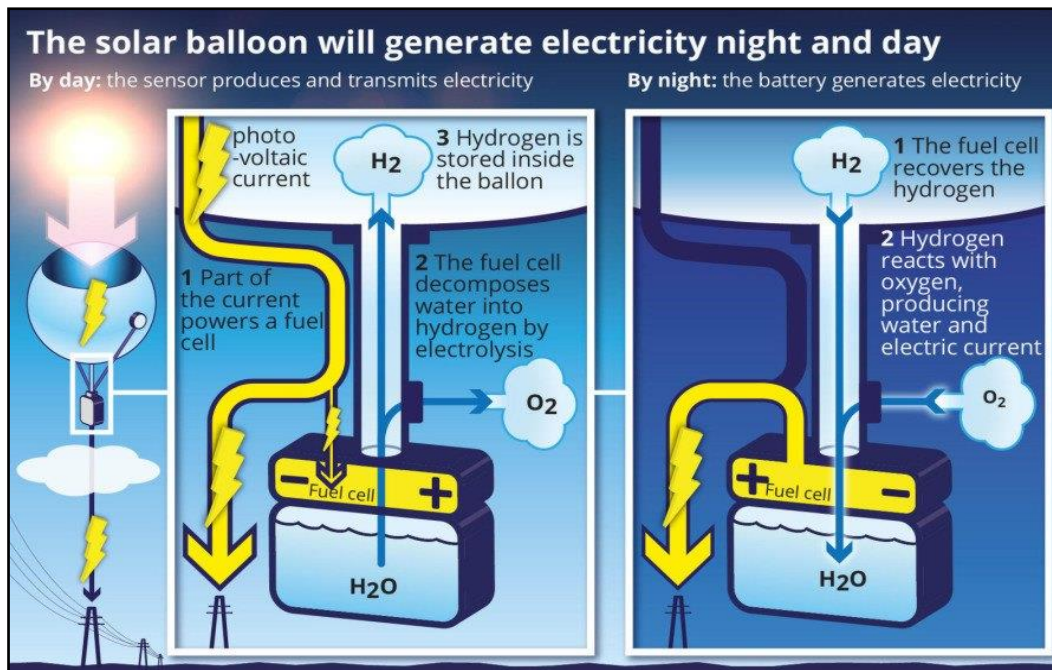


Figure (4): Left) Schematic configuration of an aerostat for electrical power generation, AEPG. The grey area: (PV) cells cladding, A: solar beam direction, D: drag force, and L: lift force. Right) A comparison diagram between beam component irradiance at zero level (ground), 6, 12 km, and outside the atmospheric envelope.

Source: Aglietti, et al., 2008, p.352; Aglietti, et al., 2009, p.446.

As a worthwhile detail, Aglietti et al.'s proposal has been known as AEPG (an aerostat for electrical power generation), and it supports the Photovoltaic (PV) cells. Its basic concept is to float above the clouds zone, at an altitude ranges between 6 and 9 km in consonance with the prevailing weather conditions. More precisely, an altitude of 7.5 km has been taken as the design altitude to avoid the majority of the clouds which are concentrated in the zone below the 6 km altitude, besides avoiding the subsonic aircrafts which usually fly in an elevation range between 9 and 13 km. Regarding the suggested conductor in the tether, although aluminum has a lower electrical conductivity than copper, but it has been chosen because its specific mass is much lower (Aglietti et al., 2008, pp. 351-355). Likewise, the French-Japanese laboratory NextPV hopes to completely outstrip the concept of solar panel on the Earth's surface, as the research group aims to capture solar energy in an ideal sunny place above the clouds by using flying solar balloons. These balloons are designed to work as high-flying solar farms capable of generating clean energy during the all day (see Figure 5).



Figure

re (5): High-Flying Solar Balloon Farms can harness the solar energy kilometers above the clouds (by NextPV laboratory)

Source: Distasio, 2016.

The solar balloons are supposed to directly convert sunlight into electricity during the daytime, and then produce hydrogen which can work as an energy storage medium for generating electricity in a fuel cell, during the night-time. Exploiting hydrogen as an energy vector can provide an easy and smart solution, as hydrogen could be obtained by water electrolysis, using the excess quantity of electricity which is generated during the daytime, and then recombining it with the oxygen gas in a fuel cell to liberate its power as required, with fresh water as the only by-product. Additionally, that same hydrogen can also be used to fill the solar balloons in order to keep them in the air at an economic cost, besides providing an economic solution for hydrogen storage (DiStasio, 2016; Guillemoles, 2015).

Thus, the balloons could be producing electricity twenty-four hours a day, and because of their position at high altitudes (at least 3.7 miles, or about 5.95 km, above the surface of the Earth), there will be no heavy clouds to reduce their efficiency and effectiveness. Over and above, those moored balloons which made of low-energy polymers are easy to mass produce, allowing rapid and reversible installation, flying high in the sky and therefore taking up little space on the surface of the ground (DiStasio, 2016; Guillemoles, 2015).

4.3 Mixed Solar–Wind Power Systems

Historically, solar-powered balloons have reached extremely high altitudes (more than 15 km), and the temperature difference between the interior of the balloons and exterior space increases with the altitude (Grena, 2013, p.215; Rochte, 2012). Edmonds (2011, p.818) has argued the promising potentiality of generating electricity from the proposed balloon engines, and he has argued that condensation of water vapor in the flying drive balloon maintains the inner saturated air temperature above the surrounding temperature, and that in turn provides an increasing lift force with altitude.

But during the descent phase, it is proposed to discharge and pull the balloon to the ground level, employing significantly less energy than what was produced in the ascent. The difference between the total work done during ascent and descent determines the final net energy which gained from one cycle. So, the shape of the balloon should be changed during the descent to decrease the loss due to wind resistance, and thus the whole system could be more efficient (Grena, 2013, pp. 215-217). Solar-powered balloons, which may be used for energy applications, are preferably made of a light transparent external envelope with an internal black membrane as an absorber. Each balloon usually has a Helium chamber which tethered to the main external envelope, and that chamber plays a key role in the mechanism of generating energy (see Figure 6).

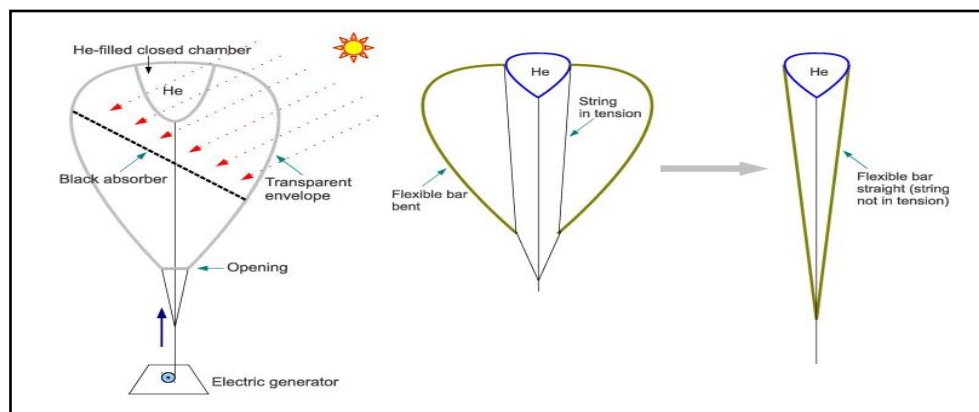


Figure (6): A proposed energy production system, depending on a solar balloon.

Source: Grena, 2013, pp. 218-219.

Most importantly, simulation experiments have shown that a suitable balloon, sustained with a Helium chamber and completely deflated during its descent, can convert solar energy to electricity with efficiency up to 5% and more. Besides exploiting solar energy in such proposals, a wind of

velocity 15 m/s, or more, may also be exploited in producing a considerable amount of additional energy (Grena, 2013, p. 218). Of course, many issues should be analyzed to assess the real applicability of such technology, from the selection of suitable low-cost materials to the devising of an effective control system, besides safety concerns and the managing of the intermittent energy production. But generally, none of these problems seem to be a technologically insurmountable obstacle. The previously shown Figure 6 illustrates a general scheme of the proposed energy production system and the possible deflation system, where flexible bars are kept bent by several strings when the solar balloon is inflated, and return elastically to a straight form when the strings are released, thus the balloon is deflating.

4.4 Producing Potable Water from Air Moisture

The equatorial region's societies are already living with scarce resources of potable water, and as a result of global warming, aridity is expected to increase in the future. To be more precise, the World Bank has expected that the Middle East, East Asia and Central Africa would suffer from serious water scarcity as a result of the climate change, and that might cost those regions about 6% of their gross domestic product (GDP) growth rates by the year 2050 (Siegel, 2019, p.9; World Bank, 2016, p.vii).

Lately, some companies have conducted researches on how to control the local climate by using various methods. One of the oldest methods is based on chemtrails spread by airplanes, in a process called cloud seeding. But later, many scientists have turned to ionization methods, as they are promising solutions with intangible impacts on the global environment system (Coluzzi, 2015). In a related context, Breeding Clouds Skyscraper is an ambitious hyper proposal envisions the possibility of constructing a developed vertical ecosystem, which able to generate rain in the arid regions and the semi-arid regions (see Figure 7).

The lower part of the vertical ecosystem consists of ionizers which absorb and electrify dust particles from the surrounding ground. Each tower has a wide ability to capture the ionized particles within a giant glass case, which works as a large condensation chamber. Inside those chambers, the ionized particles are kept in a continuous circular motion until they condense properly with the available humidity to form some kind of the charged clouds, which able to produce rain. Then, this generated rain is proposed to

be collected along the stem of the vertical ecosystem, and can be used for domestic purposes and agricultural irrigation. According to the details of the proposal, the power supply of that futuristic tower is autonomous, using the solar energy captured by the outer surface of the cloud generating condensation-chamber (Coluzzi, 2015).



Figure (7): Breeding Clouds Skyscraper, Evolo 2015 Skyscraper Competition
Source: Coluzzi, 2015.

5. A Proposed Hyper Sustainable Multi-Functional System

Based on the previously discussed proposals, this paper argues that a hyper sustainable multi-functional system (HSMFS) may be proposed as an extraordinary concept which merges the major features of the previous high-altitude proposals. HSMFS can benefit economically from the super tall hyper structures and high-rise mountains. Resting HSMFSs on the tops of mountains and hyper structures not only will significantly decrease their direct initial cost and their running costs, but also will transform the mountains and superstructures into major contributors with HFMSs in producing potable water and renewable energy. Thus, super tall hyper structures will be no longer considered as major consumers of energy and drinking water, but on the contrary, they will be major providers of clean energy and fresh water to the future built environment.

As shown in Figure 8, the proposed HSMFS consists of many components, as follows:

- * A high-altitude solar balloon similar to the proposal of High-Flying Solar Balloon Farm which previously mentioned in this paper. This solar balloon is provided with control and orientation system to ensure the best orientation towards the Sun. This component will provide the main lifting force for the whole system in addition to generating solar energy.

* A wind farm locates below the solar balloon, and its design is similar to the proposal of Wind Farm in the Tropopause, but its proposed altitude is lower than its counterpart in the original proposal. This component is planned to generate a large quantity of wind energy all over the year.

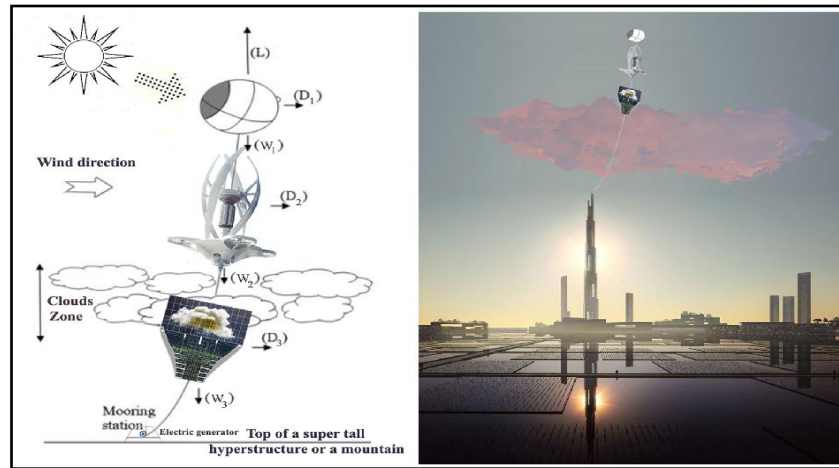


Figure (8): Schematic configuration of a proposed Hyper Sustainable Multi-Functional System

Where the grey area represents the photovoltaic (PV) cells cladding, L: lift force, D: drag force (according to wind pressure), W: own weights. That is in addition to the tension forces in the main cable. Source: Prepared by the author.

* A condensation unit for producing potable water from clouds and air moisture. This unit is planned to float in the clouds zone to benefit from the natural clouds and high ratios of air moisture. With a design similar to the internal design of the Breeding Clouds Skyscraper proposal, the unit will also benefit from condensing large quantities of artificial clouds.

* A long special cable which connect the floating components to the lower component which is proposed to rest on the top of a super tall hyper structure or a mountain. In fact, this cable is a multi-functional hollow line as it is supposed to transfer both energy and drinking water. This cable should be efficient, flexible, lightweight, strong and economic, so nanotubes may provide promising and effective solutions to this issue.

* The lower component (mooring station) which receives the generated energy and the drinking water from the floating components. That lower component will not only be a collector and control unit, but also it will be a secondary producer of energy, as it may contain a large electric generator which works during the ascending of the floating components upward. Naturally, the floating components may land downward and re-launch

upward several times for repairing and periodic maintenance, But there will not be a considerable energy loss in the descending phase, as it is proposed to discharge the balloon and accumulating water drops in the condensation unit. Thus, the total own weights of the floating components will be able to get down the upper items smoothly and economically.

* Another feature worth mentioning is that the produced drinking water may be distributed through a gravity flow system to different parts of the surrounding built environment.

6. Conclusion

Accelerated pace of the contemporary urbanization process leads to highly increasing rate of mass consumption of Fossil energy, which in turn has caused hazardous levels of pollution, severe deterioration in public health, in addition to some kind of negative land use change. Many in-depth studies have mentioned to the serious environmental hazards of that non-stopping process, which has caused an accelerated vegetation biomass loss and dramatic forest degradation in many regions of the world. Therefore, the proposed high-rise eco-cities under the umbrella of hyper urban planning can arguably be promising and efficient solutions for the current challenges in the field of energy and sustainable development.

The analyses provided in this article suggest that hyper urban proposals are likely to be practically feasible, and could considerably provide various innovative solutions for sustainability and different energy challenges. However, it should be noted that such extraordinary hyper solutions may need a further detailed studies to address the related economic aspects and the possible associated risks. Therefore, as a matter of fact, all the previously mentioned hyper concepts might not be carried out on a regular basis in the short-term future. In any case, drinking water production plants and power plants of future cities may be located in the clouds zone and above, in the form of large-size networks of so many units for harvesting water from the air humidity, flying solar farms and wind farms. These high-altitude networks can be efficient, reliable, clean and sustainable sources for producing energy and potable water all year round. To put it in another way, under the umbrella of hyper urban planning, the idea of existence some parts of the infrastructure of the future city at extremely high altitudes will maybe come true in the future. Ultimately, this paper has proposed a hyper sustainable multi-functional system (HSMFS), which

may be an inception of a new extraordinary generation of infrastructure networks and facilities in the future built environment.

References

1. Aglietti, G.S., Markvart, T., Tatnall, A.R. and Walker, S.J., (2008). Solar Power Generation Using High Altitude Platforms: Feasibility and Viability. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 16(4): 349-359. <https://doi.org/10.1002/pip.815>
2. Aglietti, G.S., Redi, S., Tatnall, A.R. and Markvart, T. (2009). Harnessing High-Altitude Solar Power. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 24(2): 442-451. <https://doi.org/10.1109/TEC.2009.2016026>
3. Aliofkhazraei, M. (2014). *Handbook of Functional Nanomaterials: Application and Development, Nanotechnology Series and Technology*. (Vol. 3), New York, NY: Nova Publishers. Retrieved from <http://seriense.justdied.com/1629485667-handbook-of-functional-nanomaterials-application-and-development.pdf>
4. Al-Kodmany, K., (2011). Tall Buildings, Design, and Technology: Visions for the Twenty-First Century City. *Journal of Urban Technology*, 18(3), 115-140. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.615573>
5. Al-Kodmany, K., (2013). The Visual Integration of Tall Buildings: New Technologies and the City Skyline. *Journal of Urban Technology* 20(2), 25–44. <https://doi.org/10.1080/10630732.2012.735481>
6. Beatley, T. (2011). *Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. Washington, DC: Island Press. Retrieved from <http://architecturebook.net/biophilic-cities-integrating-nature-into-urban-design-and-planning/>
7. Cetinay, H., Kuipers, F.A. and Guven, A.N., (2017). Optimal Siting and Sizing of Wind Farms. *Renewable Energy*, 101, 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.08.008>
8. Chandra, D. R., Kumari, M. S. and Sydulu, M., (2013). A Detailed Literature Review on Wind Forecasting. In: V. Rajasekaran (ed.), *International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC)*, Dindigul, India, 6-8 February, 2013, pp. 630-634. Red Hook, NY: Curran Associates, Inc. <https://doi.org/10.1109/ICPEC.2013.6527734>
9. Coluzzi, D. (2015). Breeding Clouds Skyscraper. <http://www.evolo.us/breeding-clouds-skyscraper/>; accessed on 7 December, 2019.
10. CTBUH, The Council on Tall Buildings and Urban Habitat (2008), Dubai City Tower. www.ctbuh.org/Portals/0/Media/NewsArchive/Sep2008/08.09.05_DubaiCityTower.pdf
11. DiStasio, C. (2016). High-Flying Solar Balloon Farms Could Harness the Sun's Energy Miles above the Clouds. <https://inhabitat.com/high-flying-solar-balloon-farms-could-harness-the-suns-energy-miles-above-the-clouds/>; accessed on 29 October, 2019.
12. Edmonds, I., (2011). The Potential of Balloon Engines to Convert the Low Grade Heat in Warm, Saturated Air to Electrical Energy. *Solar Energy*, 85(5), 818-828. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.01.012>
13. Fixsen, A., (2016). KPF Proposes Mile-High Skyscraper. *Architectural Record*, 204(3), 28. Retrieved from <https://www.architecturalrecord.com/articles/11529-kpf-proposes-mile-high-skyscraper>

14. Glaser, P. E., Maynard, O. E., Mackovciak, J., & Ralph, E. L. (1974). Feasibility Study of a Satellite Solar Power Station. NASA CR-2357, NTIS N74-17784. Cambridge, MA: Little (Arthur D.), Inc. Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19750015611.pdf>
15. Goi, C.L., (2017). The Impact of Technological Innovation on Building a Sustainable City. *International Journal of Quality Innovation*, 3(6), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40887-017-0014-9>
16. Grena, R., (2013). Solar Balloons as Mixed Solar-Wind Power Systems. *Solar Energy*, 88, 215-226. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.11.021>
17. Guillemoles, J.F. (2015). Solar Energy Aims for the Sky. <https://news.cnrs.fr/opinions/solar-energy-aims-for-the-sky-0>; accessed on 12 November, 2019.
18. Hannon, J. and Zaman, A.U., (2018). Exploring the Phenomenon of Zero Waste and Future Cities. *Urban Science*, 2(90), 1-26. <https://doi.org/10.3390/urbansci2030090>
19. Interior Design School Daily (2012). Futuristic City in the Sky. <https://blog.academyart.edu/futuristic-city-in-the-sky/>; accessed on 27 October, 2019.
20. Jones, J., (2011). World's Tallest Building Must Be More Than Tall. *Civil Engineering* (08857024), 81(9), 16–17. Retrieved from <https://cedb.asce.org/CEDBsearch/record.jsp?dockey=0283102>
21. Kleinedler, S., Spitz, S., Pickett, J. P. et al. Eds. (2005). *The American Heritage: Guide to Contemporary Usage and Style*. Boston, NY: Houghton Mifflin, Retrieved from <https://zourpri.files.wordpress.com/2014/01/the-american-heritage-guide-to-contemporary-usage-and-style-2005.pdf>
22. Lam, C.W., James, J.T.; McCluskey, R. and Hunter, R.L., (2004). Pulmonary Toxicity of Single-Wall Carbon Nanotubes in Mice 7 and 90 Days After Intratracheal Instillation. *Toxicological Sciences*, 77(1), 126-134. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfg243>
23. Iijima, S., Brabec, C., Maiti, A. and Bernholc, J., (1996). Structural Flexibility of Carbon Nanotubes. *The Journal of Chemical Physics*, 104(5), 2089-2092. <https://doi.org/10.1063/1.470966>
24. Lushnikova, A. and Zaoui, A., (2018). Influence of Single-Walled Carbon Nanotubes Structure and Density on the Ductility of Cement Paste. *Construction and Building Materials*, 172, 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.244>
25. Malott, D., Robertson, L., Hiei, K. and Werner, H., (2015). Next Tokyo 2045: A Mile-High Tower Rooted in Intersecting Ecologies. *CTBUH Journal*, (II), 30-35. Retrieved from <http://global.ctbuh.org/resources/papers/download/2335-next-tokyo-2045-a-mile-high-tower-rooted-in-intersecting-ecologies.pdf>
26. Moldovan, I. M. and Moldovan, S. V., (2012). Mega-Structures, Super Tall Buildings, Ultra Highrise Buildings. In: *4th international conference civil engineering - science and practice*, Žabljak, Montenegro, 20-24 February, 2012, pp. 939–946. Cetinje: Central National Library of Montenegro. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/308098809_MEGA-STRUCTURES_SUPER_TALL_BUILDINGS_ULTRA_HIGHRISE_BUILDINGS
27. Oxford Advanced Learner's Dictionary, OALD (2019). Definition of Hyper. https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/hyper_1; accessed on 4 October, 2019.

28. Ozer, E., (2014). Mutualistic Relationships versus Hyper-Efficiencies in the Sustainable Building and City, *Urban Ecosystems*, 17(1), 195-204. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0309-0>
29. Pickett S.T.A. and Cadenasso, M.L., (2008). Linking Ecological and Built Components of Urban Mosaics: An Open Cycle of Ecological Design. *Journal of Ecology*, 96(1), 8-12. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01310.x>
30. Prakash Rao, D. S., (2009). Structural Engineering Education in the Twenty-First Century. In: M.M. Larrondo Petrie, M. Bermudez, J.D. Texier and I. Esparragoza (eds.), *7th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology 'LACCEI'*, San Cristóbal, Venezuela, 2-5 June, 2009, pp. WE1-1–WE1-9. Boca Raton, Florida: LACCEI Inc. Retrieved from <http://www.laccei.org/index.php/publications/laccei-proceedings>
31. Rahnama, M.R. and Shaddel, L., (2015), Evaluation of Sustainability and the Optimal Population Based on Water Resources in Mashhad. *Geographical Urban Planning Research*, 3(2), 123-143. Retrieved from https://jurbangeo.ut.ac.ir/article_55739_bac08315504b10a666d40841b83ce580.pdf
32. Riffat, S., Powell, R. and Aydin, D., (2016). Future Cities and Environmental Sustainability. *Future Cities and Environment*, 2(1), 1-23. <https://doi.org/10.1186/s40984-016-0014-2>
33. Risen, C., (2013). The Rise of the Supertalls. *Popular Science*, 282(3), 54-61. Retrieved from <https://www.popsci.com/technology/article/2013-02/rise-supertalls/>
34. Rochte, R. (2012). High Altitude Balloons at GPA. <http://arhab.blogspot.com/>; accessed on 18 November, 2019.
35. Shepherd, J.G., & Working Group on Geoengineering the Climate (2009). *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty* (RS Policy document, 10/29). London: The Royal Society. Retrieved from https://eprints.soton.ac.uk/156647/1/Geoengineering_the_climate.pdf
36. Siegel, F. R. (2019). Foundations for a Land-Use Planning Project Determine Sustainability. In: *Cities and Mega-Cities: Problems and Solution Strategies*. Cham: Springer International Publishing AG, pp. 7–14. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93166-1_2
37. Sun, J., Liu, C. and Qin, M. (2015). Capture Wind: A Wind Farm in the Tropopause. <http://www.evolo.us/capture-wind-a-wind-farm-in-the-tropopause/>; accessed on 8 July, 2019.
38. Takabatake, H., Kitada, Y., Takewaki, I., & Kishida, A. (2019). Structural Properties of High-Rise Buildings. In: H. Takabatake, et al. (eds.), *Simplified Dynamic Analysis of High-Rise Buildings*. Basel: Springer Nature, pp. 1–14. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7185-1_1
39. The University of Tennessee (2019). West Tennessee Solar Farm, Future of Solar. <https://solarfarm.tennessee.edu/education/future/>; accessed on 30 November, 2019.
40. Toshkov, T. (2012). City in the Sky - Concept Architecture. <https://idi.net.in/city-in-the-sky-concept-architecture.html>; accessed on 12 August, 2019.
41. Wang, X., Van Dam, K.H., Triantafyllidis, C., Koppelaar, H.E.M. and Shah, N., (2019). Energy-Water Nexus Design and Operation Towards the Sustainable

- Development Goals. *Computers & Chemical Engineering*, 124, 162-171.
<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.02.007>
42. Wells, M. (1981). *Gentle architecture*. New York, NY: McGraw-Hill. Retrieved from https://www.goodreads.com/book/show/1050835.Gentle_Architecture
43. World Bank (2016). *High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy*. Washington, DC: World Bank Group. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23665>
44. Yeang, K. (2007). *Eco-Skyscrapers*. Mulgrave: Images Publishing Group. Retrieved from <http://edijan.smc.rgeos.pw/pNPide0c-1DqUnh/>

حصاد المؤتمر

رسائل المؤتمر

عقد مؤتمر "الطاقة والتنمية المستدامة" ست جلسات على مدار يومين، تناولت قضايا استدامة الطاقة والتنمية من واقع خبرات دولية وإقليمية، والطاقة في إطار المتغيرات العالمية والإقليمية، ومستقبل الطاقة المتجددة عالمياً وإقليمياً، ونظم الطاقة المستدامة، وقضايا الطاقة وتغير المناخ، وتخطيط الطاقة في مصر.

وخلصت الأوراق المقدمة والمناقشات التي دارت على مدار اليومين إلى مجموعة من الرسائل، أهم هذه الرسائل ما يلي:

1- قضايا عامة

- عدم توافر مصادر من الطاقة التقليدية تكفي سكان العالم وفقاً لأنماط الاستهلاك الحالية، مما يتطلب التكامل بين مصادر الطاقة المختلفة، التقليدية والمتجددة، وكذلك التكامل بين الاستراتيجيات القطاعية، والتعاون والتنسيق بين جميع الأطراف ذات الصلة، سواء حكومية أو قطاع خاص، أو محلية أو إقليمية أو عالمية.
- اتباع التفكير المنظومي، واستخدام الأدوات المستحدثة في علوم المنظومات، وذلك بهدف التعامل السليم مع عمليات الطاقة سواء في التحليل أو التصميم أو التشغيل أو استشراف المستقبل. وتطبيقاً لذلك تبرز أهمية ربط قطاع الطاقة بكافة متغيرات الاقتصاد الكلي في إطار شامل، ودمج الابتكارات في شكل منظومي متكامل.
- الترابط القوي بين الطاقة والمياه، الذي يتطلب استخدام الموارد بكفاءة، وتطبيق التكنولوجيات التي تساعد على رفع كفاءة الاستخدام، والتحول إلى استخدام الطاقة المتجددة، وإيجاد آليات فعالة بشكل منظومي لمزيج الطاقة، والمياه، والغذاء، بحيث يكون هناك إطار مؤسسي على مستوى الدولة يمكن تنفيذه في إطار زمني محدد.
- تتطلب الإدارة الجيدة لقطاع الطاقة في ضوء التطورات المستجدة إجراء تحسينات مستمرة في كفاءة إنتاج واستخدام الطاقة، وتطوير سوق الطاقة، وتنقيف المواطنين وزيادة الوعي، فضلاً عن تطوير تكنولوجيا المعلومات والتكنولوجيا الذكية. ويتطلب ذلك اعتماد الأكواد ذات الصلة وتفعيل القائم منها مثل كود تحسين كفاءة الطاقة في المباني، بالإضافة إلى تطوير تقنيات ونظم الكفاءة للتطبيقات المختلفة في المباني والنقل والصناعة.
- يتطلب الانتقال لسوق تنافسي حقيقي في مجال خدمات الطاقة الكهربائية، إشراك القطاع الخاص في العمليات الإنتاجية من خلال المزيد من السياسات التحفيزية، وذلك بغرض

تقديم الطاقة الكهربائية بأسعار تنافسية، تعمل على دفع النمو الصناعي من ناحية، وتوفير حافز للاستثمار في قطاع الطاقة من ناحية أخرى، وكذلك تقديم سعر أفضل للمواطن. ويتطلب ذلك وضع آلية واضحة لتسعير الطاقة بعد انتهاء برنامج إلغاء الدعم، بما يحافظ على الأبعاد الاجتماعية، وخلق بيئة تنافسية في ذات الوقت.

- التوجه نحو توطين صناعة التقنيات والمعدات ذات الصلة بالطاقة، خاصة الطاقة المتجددة، والعمل على توسيع أسواقها، لخلق فرص عمل إضافية ومتنوعة، وزيادة العوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتحويل في نظام الطاقة المصري. وكذلك التوجه نحو تحلية المياه الزاخرة بتكلفة أقل من تحلية مياه البحر المالحة، بإنشاء محطات صغيرة في الوادي، يمكن تمويلها من كل من الحكومة، والقطاع الخاص، والصناديق السيادية، والجهات الدولية. ويمكن في هذا السياق مراجعة ودعم برامج التعاون العربي، والدولي لتعميق التصنيع المشترك.

- الانتقال من الحديث عن عرض الطاقة إلى مناقشة القضايا المتعلقة بالطلب على الطاقة، وأمن الطاقة، مثل تصحيح هيكل استهلاك الطاقة الكهربائية في مصر، حيث أن القطاع العائلي هو القطاع الأعلى استهلاكاً للطاقة الكهربائية، وليس القطاع الصناعي، وأن دخل الفرد هو العامل الأكثر تأثيراً على هذا الاستهلاك، مع انخفاض المرونة السعرية بدرجة كبيرة، مما يُشير إلى أن سياسة رفع أسعار الطاقة الكهربائية ليست هي السياسة الوحيدة لترشيد استهلاك القطاع العائلي من الطاقة الكهربائية.

- تتطلب عملية التعافي من آثار جائحة "كوفيد-19" أن يكون هناك تنوع في السياسات والأدوات الاجتماعية، والتعاون الإقليمي، واستخدام الأساليب التكنولوجية الحديثة، وتبادل الخبرات والدروس المستفادة.

2- إتاحة الطاقة

- تمكنت مصر من تأمين التغذية الكهربائية لكافة القطاعات، عن طريق زيادة قدرات محطات إنتاج الكهرباء، وارتفاع كفاءتها، وتحديث وتطوير الشبكات الكهربائية، إلى جانب زيادة الاعتماد على المصادر المتجددة. وارتفعت كفاءة منظومة الطاقة لتبلغ نحو 45.9% في عام 2019/2018، بسبب إنشاء المحطات الجديدة، والصيانة، والاعتماد على الدورة المركبة.

- من أهم التحديات التي تواجه مستقبل صناعة الغاز بأكملها عالمياً، هو تذبذب أسعار الغاز العالمية وزيادة العرض، نتيجة لوجود خطط ضخمة للتوسعات لدى الدول المنتجة،

والتوجه العالمي لإحلال الطاقة المتجددة محل الطاقة التقليدية، مما نتج عنه انخفاض معدلات العائد على الاستثمارات، وبالتالي عزوف بعض جهات التمويل عن منح القروض للاستثمار في أنشطة الغاز الطبيعي.

- تتطلب زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية في قطاعات الاستخدام النهائي، تطوير البنية التحتية، ونظم الإدارة والتحكم لشواحن السيارات الكهربائية، وزيادة استخدام المضخات الحرارية في المباني والصناعة. وكذلك التوجه نحو إنشاء محطات صغيرة الحجم لتوليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة، لما توفره من فرص العمل، وتحسين مستوى المعيشة، وتحويل المستهلك إلى منتج للطاقة، وتخفيض تكلفة البنية الأساسية، وتوطين التكنولوجيا.

3- أمن الطاقة

- هناك معضلة ثلاثية تتعلق بكل من أمن الطاقة، والعدالة في توفير الطاقة، والاستدامة البيئية، وتختلف العلاقة بين هذه الجوانب الثلاثة بين الدول المختلفة. ولقد حققت مصر تقدماً كبيراً في مجال الطاقة خلال الفترة الماضية، مما جعلها تحقق تحسناً في مجال العدالة في توفير الطاقة، إلا أنها ما زالت في وضع متوسط فيما يتعلق بأمن الطاقة والاستدامة البيئية.
- تعظيم الاستفادة من الموارد المتاحة من البترول والغاز الطبيعي لزيادة مساهمة قطاع البترول في الناتج المحلي الإجمالي، وفي تنويع وزيادة الصادرات المصرية، وتنويع مجالات العمالة في القطاع. مع الأخذ في الاعتبار تأثير عوامل متعددة على حجم الطلب على الطاقة في الأجل الطويل، مثل ندرة المياه والغذاء.
- إنجاز المزيد من تطوير وتقوية النظم والشبكات الكهربائية، وربطها بتقنيات تخزين تساعد على تنظيم إمدادها بالكهرباء المنتجة من المصادر المتجددة، ورقمنة نظم التحكم ذات الصلة.
- يتطلب تحويل مصر إلى مركز إقليمي لتجارة الطاقة تطوير تكنولوجيا المعلومات لحماية الشبكات الكهربائية من عمليات القرصنة، وخاصةً مع مشاركة مصر في العديد من مشروعات الربط الكهربائي الإقليمي.

4- استدامة الطاقة وتغير المناخ

- أن سياسات تغير المناخ الخاصة بالهدف الثالث عشر من الأهداف الأممية للتنمية المستدامة لها تأثير مباشر على العديد من القضايا التي ترتبط بعدد كبير من أهداف التنمية المستدامة، مما يؤكد على التشابكات القوية بين غالبية هذه الأهداف. وفي ذات الوقت، تختلف آثار التغيرات المناخية، وكذلك سياسات مواجهتها، وأيضاً القدرة على الحد من آثارها، من دولة لأخرى.
- التخفيف من الآثار السلبية المتعددة لتغير المناخ يتطلب تكامل العديد من السياسات التي تساعد في تحقيق أهداف متعددة ومتشابهة، بالإضافة إلى الشفافية في متابعة آثار هذه السياسات، ومداها، ومرونتها، وقابليتها للتكيف مع الظروف المحيطة ومتطلبات التغيير. وكذلك يتطلب تضافر الجهود بين المؤسسات المختلفة على كافة الأصعدة الوطنية والإقليمية والعالمية، مما يساعد في التقليل من تكلفة الحد من آثار التغيرات المناخية، التي تكون أكثر تأثيراً على الأسر منخفضة الدخل.
- محدودية قدرة الكرة الأرضية على استيعاب انبعاثات الطاقة، يحتم التحول لاستخدام الطاقة المتجددة. ويشجع على هذا التحول التطورات الكبيرة التي حدثت في أسواق الطاقة، وتناقص أسعار الطاقة المتجددة بنسبة كبيرة خلال العقد الأخير.
- سوف يترتب على اتفاقية باريس لتغير المناخ تغييراً في الأهمية النسبية لأنواع الوقود في استهلاك الطاقة، مما يؤثر على نصيب البترول في استهلاك الطاقة، وهو ما يعني تخفيض إنتاج الدول المنتجة لهذه الأنواع من الوقود، ومن ثم انخفاض دخولها. وبالتالي يتطلب ذلك دعم الدول المنتجة للبترول التي سوف ينخفض دخلها، وخاصة الدول النامية، وهو ما نصت عليه الاتفاقية.
- التركيز على القطاعات والتقنيات ذات التأثير الأعلى في خفض الانبعاثات الكربونية، خاصة خفض استخدامات الفحم، ويتطلب ذلك تطوير سياسات قطاع الطاقة بما يعزز التوجه نحو استخدام الطاقة المتجددة، ورفع كفاءة استخدام الطاقة التقليدية. وذلك عن طريق تحقيق زيادة كبيرة في إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة المتوفرة بكافة أنواعها، وتطوير وتقوية الشبكات الكهربائية وضمان مرونتها باستخدام العدادات الذكية، وبطاريات التخزين، ومحطات الضخ والتخزين، ورقمنة نظم التحكم، وتكثيف برامج إدارة الطلب، بالإضافة إلى أهمية الاستخدام الحراري في الصناعة والمباني.

- التغلب على التحديات التي تعوق تحفيز الاستثمار في الطاقة المتجددة، والمتمثلة في عدم وجود أهداف كمية محددة لاستخدام الطاقة المتجددة في الاستخدام النهائي مثل: مجالات التسخين والتبريد في المباني والمصانع، وكذلك النقل والمواصلات، وتعدد الجهات التي يتعامل معها المستثمر، وقيام هيئة الطاقة المتجددة بدور مطور منافس للمستثمرين غير الحكوميين، وضعف نسب التصنيع المحلي لمعدات الطاقة الجديدة والمتجددة، وارتفاع التكاليف المرتبطة باللوجستيات والنقل، وارتفاع تكلفة تمويل المشروعات الصغيرة والمتوسطة في مجال الطاقة المتجددة. فيمكن أن تقوم هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة بدور الميسر لتسهيل العقبات أمام المستثمرين، إلى جانب قيامها بالتنسيق مع كافة الجهات والمؤسسات الحكومية الأخرى لطرح فرص استثمارية جاهزة بكافة الإجراءات الحكومية، والموافقات، والتراخيص، وبتكاليف نهائية محددة. بالإضافة إلى أهمية استقرار السياسات الاقتصادية المختلفة المحفزة على الاستثمار الخاص، ووضوح القوانين والتشريعات، وتدعيم البحث العلمي والابتكار في مجال تكنولوجيات الطاقة المتجددة، وإعداد الكوادر البشرية للعمل في هذا المجال.

- حققت مصر تقدماً في إصدار أول طرح للسندات الخضراء ذات السيادة العامة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، التي تُستخدم عائداتها في تمويل المشروعات الخضراء الصديقة للبيئة، ولتحقيق أهداف "رؤية مصر 2030"، التي تعطي الأولوية لمشروعات الاستثمار الأخضر.

- زيادة الاستثمار في مجال الطاقة الشمسية كأحد مصادر توليد الطاقة الكهربائية، خاصة مع التراجع الكبير في أسعار الألواح والخلايا الشمسية على المستوى العالمي، قد يسهم في توفير الطاقة الكهربائية بأسعار محفزة لنمو القطاع الصناعي مقارنةً بالأسعار الحالية. وكذلك، من المهم تحفيز إقامة الخلايا الضوئية الصغيرة على أسطح المنازل، والتحول من استخدام السيارة إلى استخدام وسائل النقل الجماعي، والدراجات صديقة البيئة، وتدوير كافة المخلفات، مع العمل على تطوير تكنولوجيات إعادة التدوير، واستخدام المنظومات الحرارية التي تجمع الإشعاع الشمسي، لرفع درجة حرارة المياه، وكذلك استخدام المنظومات الضوئية في تحويل ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة كهربائية.

- تعزيز الروابط الوظيفية والتكامل بين البيئة الطبيعية، والبيئة العمرانية، لتخفيض التأثيرات السلبية لتقنيات البناء الكلاسيكية، وذلك باستخدام الأدوات الذكية المناسبة، والوسائل الصديقة للبيئة، مثل الخلايا الكهروضوئية، ومجمعات الطاقة الشمسية، وأنظمة التدوير البيولوجية، وواجهات المباني ذات الأغشية المزدوجة.

- اعتماد تكنولوجيات الطاقة النظيفة، مثل تكنولوجيات تقليل حرق الغاز، وفصل الكربون وتخزينه (CCS)، وتدعيم إنتاج الوقود الحيوي من الطحالب، بدلاً من المحاصيل الزراعية التي ارتفعت أسعارها بنسبة كبيرة، نتيجة استخدامها في إنتاج الوقود الحيوي.
- لدى قطاع الطاقة المصري فرصة كبيرة للمشاركة في شراكات وتحالفات الهيدروجين، التي ستتيح لمصر أن تكون في طليعة مصدري الهيدروجين الأخضر بحلول نهاية عام 2050.

5- المؤسسات والتنظيم والتشريع

- دمج وزارتي البترول والكهرباء في وزارة واحدة للطاقة لتوحيد الرؤى والأهداف والاستراتيجيات والخطط وبرامج العمل، لتحقيق مزيد من الإنجاز السريع في مجالات الطاقة المختلفة. وكذلك إعادة دراسة وجود كيان مسئول عن تخطيط الطاقة في مصر، يضم كافة الخبرات المطلوبة في تخصصات الاقتصاد والهندسة والقانون والإحصاء والبرمجة وغيرها من التخصصات المطلوبة، ويكون له مرجعية علمية اعتماداً على الخبراء وأساتذة الجامعات وممثلي القطاع الخاص والمجتمع المدني، ويكون من ضمن مسؤولياته:
 - التنسيق والتكامل بين الجهات المختلفة العاملة والمعنية بالطاقة في مصر من جهات إنتاج واستهلاك وتسويق وغيرها.
 - تحديث وتنفيذ استراتيجية الطاقة في مصر.
 - بحث الاتجاهات العالمية في مجال الطاقة.
 - إتاحة البيانات الخاصة بالطاقة وتجميعها وتوثيقها.
 - وضع آليات لأنظمة الطاقة المتجددة الصغيرة، وكفاءة الطاقة، والوقود الحيوي.
 - بحث الأطر التشريعية والتنظيمية المطلوبة لضمان فاعلية قطاع الطاقة في مصر.
 - بحث سبل تعظيم القيمة المضافة في قطاع الطاقة، وزيادة مشاركته في الناتج المحلي الإجمالي، مع ضمان استدامته.
 - خفض الآثار البيئية الناتجة عن قطاع الطاقة، ومتابعة التزامات مصر الدولية في هذا الشأن.
 - التنسيق مع الجهات البحثية بشأن البحث العلمي والدراسات المطلوبة بشأن الطاقة في مصر.
- تعديل القرار بقانون رقم 105 لسنة 2015، لأنه لم يضع سقفاً لاستخدام الفحم، مما نتج عنه تزايد نسب الاعتماد عليه، مما يتطلب تعديل مزيج الطاقة في قطاع الصناعة، وخاصةً بالنسبة لصناعة الاسمنت، بحيث يعاد إدخال الغاز الطبيعي مرة أخرى كمصدر

للطاقة في هذه الصناعة، وأن يتم تخفيض الاعتماد على الفحم تدريجياً، حتى يتم إلغاء الاعتماد عليه نهائياً.

- استكمال تعديل الإطار التنظيمي لقطاع الطاقة من خلال توضيح دور كل جهة، وضمان عدم تعارض المصالح، وانسيابية الإجراءات، بالإضافة إلى استكمال الإطار التشريعي ليعطي كافة مجالات الطاقة، بما فيها طاقة المخلفات والكتلة الحيوية لتحديد أدوار الأطراف المختلفة (المستثمر، والمحافظة، والشركة الموزعة)، واستكمال التشريعات القانونية للمبادلات عبر الإنترنت، من أجل استخدام التطبيقات التكنولوجية في مجال الطاقة، التي توفر في استهلاك الطاقة.
- بالرغم من استخدام العديد من الآليات التشريعية والتنظيمية لتحقيق تنافسية سوق الطاقة الكهربائي، إلا أن الانتقال إلى سوق تنافسي فعلي قد يستغرق المزيد من الوقت، مع إدخال مبادئ الحوكمة المتمثلة في الشفافية والحيادية وعدم التمييز.
- هناك مستقبل واعد لتطبيقات بلوك تشين (سلاسل الكتل) في إدارة قطاع الطاقة في العديد من المجالات، من أهمها مبادلات الطاقة الكهربائية من خلال العقود الذكية الإلكترونية، والتي تسمح للعميل بالمفاضلة بين العديد من موردي الطاقة، وهو ما يعمل على توفير الطاقة الكهربائية بأسعار تنافسية. كما يجب استخدام تكنولوجيا البلوك تشين كأداة لتسريع تحول الطاقة.

المساهمون في إعداد وتنظيم المؤتمر

رئيس المؤتمر: أ.د. علاء زهران

مقرر المؤتمر: أ.د. نيفين كمال

1. أعضاء اللجنة الاستشارية

- أ.د. إبراهيم العيسوي
- أ.د. محمود عبد الحي
- أ.د. سهير أبو العينين
- د. أنهار حجازي

2. أعضاء اللجنة التنظيمية

- أ.د. هدى النمر
- د. هبة الباز
- د. أحمد رشاد
- د. علي البجلاتي
- د. أحمد سليمان
- د. أسماء مليجي
- أ. محمد حسنين
- أ. شيماء عزب
- أ. آية إبراهيم

3. مقررو الجلسات

- د. هبة الباز
- د. منى سامي
- د. أحمد رشاد
- د. أحمد سليمان
- د. أسماء مليجي

4. أعضاء الهيئة العلمية المعاونة

- أ. مي مصطفى
- أ. ثريا حسين
- أ. دينا قاسم
- أ. نهلة سالم

5. أ. مبروك عبد الحليم - رئيس الإدارة المركزية للشئون المالية والإدارية والهندسية.

6. أ. أبو بكر الصديق - مدير عام الشئون الإدارية.

7. أعضاء المكتب الفني لرئيس المعهد

- أ. سماح غلاب
- أ. مها محمود
- أ. أشرف سعد
- أ. نيرمين أحمد
- أ. هبة كامل

8. مشاركين آخرين من الإدارات المختلفة بالمعهد

• الإدارة العامة للاتفاقيات والمؤتمرات والمهام العلمية

- أ. أمل سرور
- د. طارق طاهر

• الإدارة العامة للبحوث والدراسات العليا

- أ. علا فاروق
- أ. محمد عيد

• إدارة العلاقات العامة

- أ. أحمد عبد المعطي
- أ. محمود عبد المقصود
- أ. سها شلقامي

• الإدارة المركزية لتنظيم المعلومات والتحول الرقمي

- م. حاتم عبد الرحيم
- أ. صفاء محفوظ

• إدارة شئون المقر

• إدارة الأمن