منظمة الأقطار
العربية المصدرة
للبترول (أوابك)

تقرير متابعة فصلية حول

مستجدات الطاقات الجديدة والمتجددة وقضايا تحولات الطاقة وتغير المناخ

الربع الثاني
2025

OAPEC Oapec Oapec @OAPEC1 OAPEC1 OAPEC ORG

منظمة الأقطار
العربية المصدرة
للبترول(أوابك)

تقرير متابعة فصلية حول

مستجدات الطاقات الجديدة والمتجددة وقضايا تحولات الطاقة وتغير المناخ

الربع الثاني
2025

إعداد
ماجد إبراهيم عامر
خبير اقتصادي

مراجعة
عبد الفتاح العريفي دندي
مدير الإدارة الاقتصادية
والمشرف على إدارة الإعلام والمكتبة

إعتماد
المهندس جمال عيسى اللوغاني
الأمين العام

تقديم

مع تطور صناعة الطاقة وتزايد الاهتمام بالطاقة المتجددة والنظيفة والمستدامة واستحداث كثير من التشريعات البيئية الصارمة والاهتمام بقضايا البيئة وتغير المناخ، برزت تحديات جديدة للدول الأعضاء في المنظمة. وقد كان لزاماً على الأمانة العامة للمنظمة من توسيع دائرة متابعتها الدورية لتشمل التطورات في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة، وقضايا تحولات الطاقة وتغير المناخ، الى جانب الاستمرار في متابعتها الدورية لأخر المستجدات المتعلقة بالأوضاع البترولية العالمية.

يذكر أنه كان في السابق يتم تناول التطورات في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة، وقضايا تحولات الطاقة وتغير المناخ ضمن تقرير المتابعة الربع سنوية للأوضاع البترولية العالمية، وقد أرتأي من المناسب إعتباراً من الربع الأول من عام 2025، أن يتم إعداد تقرير متابعة منفصل يتم من خلاله استعراض آخر المستجدات المتعلقة بالمحاور سالفة الذكر.

يتناول **المحور الأول** من التقرير التطورات في مجال الطاقات الجديدة والمتجددة، وخصص **المحور الثاني** لاستعراض الهيدروجين كوقود للمستقبل، وسيتطرق **المحور الثالث** الى آخر المستجدات المتعلقة بقضايا تحولات الطاقة بما في ذلك وضع المعادن الحرجة والسيارات الكهربائية والطاقة النووية، أما **المحور الرابع والأخير** فقد كرس لتناول آخر المستجدات المتعلقة بقضايا البيئة وتغير المناخ.

وتأمل الأمانة العامة للمنظمة، أن يقدم هذا التقرير صورة واضحة لآخر المستجدات التي تشهدها صناعة الطاقة العالمية، وأن يجد المختصون في هذا التقرير إضافة جديدة وقيمة وما يسعون إليه من فائدة.

والله ولي التوفيق ،،،

الأمين العام

جمال عيسى اللوغاني

	قائمة المحتويات	رقم الصفحة
المحور الأول	**التطورات في قطاع الطاقات المتجددة**	**5**
	▪ النمو التسارع في قطاع الطاقات المتجددة	6
	▪ البنية التحتية لمشروعات الطاقة المتجددة في مواجهة تغير المناخ	8
	▪ الطاقة الشمسية الكهروضوئية: نمو متسارع وتنافس عالمي	10
	المملكة العربية السعودية ورؤية 2030: ريادة الطاقة الشمسية الكهروضوئية	12
المحور الثاني	**الهيدروجين كوقود للمستقبل**	**14**
	▪ التوقعات المستقبلية للتجارة العالمية من الهيدروجين الأخضر ومشتقاته	16
	سيناريو تساوي المتوسط المرجح لتكلة رأس المال	16
	سيناريو تباين المتوسط المرجح لتكلة رأس المال	18
المحور الثالث	**تحولات الطاقة**	**21**
	▪ تحولات الطاقة أساس للاستقرار الاقتصادي	22
	▪ التطورات في الطاقة النووية	25
	▪ التطورات في المعادن الحرجة	31
	▪ تحولات سياسة الطاقة الأمريكية	35
	▪ مراكز البيانات وتحولات الطاقة	40
المحور الرابع	**التطورات المتعلقة بتغير المناخ**	**48**
	▪ مؤتمر "Bonn" لتغير المناخ	49
	▪ الذكاء الاصطناعي كأداة للعمل المناخي	51
	▪ المناخ العالمي يدخل مرحلة حرجة جديدة	52
	▪ مخاطر صناعة التكرير الأمريكية بسبب موسم الأعاصير في عام 2025	53
ملاحق التقرير:		
الملحق (1)	**أهم المؤتمرات الدولية التي تناولت الواقع والآفاق المستقبلية لموضوع تحولات الطاقة**	**56**
الملحق (2)	**جدول تصنيف مؤشرات التحول في مجال الطاقة لعام** 2025	**81**
مراجع التقرير		**83**

المحور
الأول

التطورات في قطاع الطاقات المتجددة

المحور الأول: التطورات في قطاع الطاقات المتجددة

تقديم

شهدت مصادر الطاقات المتجددة اهتماماً متنامياً على المستوى العالمي في السنوات الأخيرة، مدفوعة بالحاجة الملحة لمواجهة التغير المناخي. وتشمل هذه المصادر الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة المائية، والكتلة الحيوية، وغيرها. وتعد هذه المصادر عنصراً محورياً في جهود التحول نحو مستقبل منخفض الكربون. ومع التقدم التكنولوجي وتراجع تكاليف الإنتاج، أصبحت الطاقات المتجددة خياراً استراتيجياً للعديد من الدول لتأمين احتياجاتها من الطاقة، وتعزيز أمنها الطاقي، ودعم نموها الاقتصادي المستدام. وتشير التوقعات إلى أن حصة الطاقة المتجددة من المزيج العالمي للطاقة ستستمر في الارتفاع بشكل كبير خلال العقود المقبلة، لا سيما مع تعهدات مؤتمر الأطراف "COP28" بزيادة القدرات العالمية المركبة للطاقة المتجددة بمقدار ثلاث مرات بحلول عام 2030.

- **النمو المتسارع في قطاع الطاقات المتجددة**

توسع قطاع الطاقات المتجددة بشكل ملحوظ خلال الربع الثاني من عام 2025، مدفوعاً باستثمارات كبيرة وسياسات داعمة. وفي هذا السياق، واصلت الطاقة الشمسية ريادتها في نمو مصادر الطاقة النظيفة عالمياً، حيث قامت **الصين** بإضافة 93 جيجاوات من الطاقة الشمسية في مايو 2025، أي ما يعادل "100 لوح شمسي كل ثانية تقريباً"، لترتفع قدرة الصين من الطاقة الشمسية إلى حوالي 1 تيراواط – أي نحو 50% من الإجمالي العالمي. وفي **الولايات المتحدة الأمريكية**، وفرت الطاقة النظيفة (من مصادر الطاقة المتجددة والنووية) غالبية الكهرباء لمدة ثلاثة أشهر متتالية خلال الفترة (مارس – مايو) 2025، وذلك للمرة الأولى على الإطلاق، حيث تم تحقيق إنتاج قياسي من مزارع الطاقة الشمسية في شهر مايو 2025. وشهدت **الهند** ارتفاعاً حاداً في إضافة قدرات الطاقة المتجددة في شهر يونيو 2025 بإجمالي 7.3 جيجاوات، وجاء هذا الارتفاع بشكل رئيسي من مشروعات الطاقة الشمسية التي أضافت نحو 5.4 جيجاوات. وتواصل **دول أوروبا** سعيها إضافة قدرة قياسية تبلغ نحو 89 جيجاوات من الطاقة المتجددة في عام 2025، بما في ذلك 70 جيجاوات من الطاقة الشمسية و19 جيجاوات من طاقة الرياح، على الرغم من التحيات التي تواجهها الصناعة.

أما فيما يخص طاقة الرياح، فقد طورت **الصين** توربين رياح عائم بقدرة تصل إلى حوالي 17 ميجاواط، وهو الأكبر من نوعه، ويُتوقع أن يُحدث هذا النموذج تطوراً كبيراً في الكفاءة وتكلفة الإنتاج مستقبلاً. كما وضعت الصين حجر الأساس لأكبر سد لإنتاج الطاقة الكهرومائية في العالم بقدرة إنتاجية 300 مليار كيلوواط/ساعة سنوياً.

وواصلت العديد من الدول العربية سياساتها نحو دعم الطاقات المتجددة استناداً إلى نهج تنويع الاقتصاد. فعلى سبيل المثال ولا الحصر، وقعت **شركة أرامكو السعودية** اتفاقيات لتطوير خمس محطات للطاقة الشمسية الكهروضوئية ومحطتين لطاقة الرياح، بطاقة إجمالية تصل إلى حوالي 15 جيجاواط، وبقيمة استثمارية إجمالية تبلغ نحو 8.3 مليار دولار. وأعلنت **جمهورية مصر العربية** بدء بناء مصنع لإنتاج مكونات الألواح الشمسية باستثمارات تبلغ حوالي 200 مليون دولار في المنطقة الاقتصادية لقناة السويس، بطاقة إنتاجية أولية 2 جيجاواط سنوياً، وافتتحت **دولة الإمارات العربية** في شهر يونيو 2025 أول محطة طاقة شمسية بإمارة الشارقة تصل قدرتها الإنتاجية إلى حوالي 60 ميجاوات على مساحة 850 ألف متر مكعب. واعلنت **دولة الكويت** أنها تعتزم البدء في تنفيذ مشروع الشقايا لإنتاج الطاقة الكهربائية خلال العام الحالي 2025، بطاقة إجمالية 4800 ميجاوات، وتمثل نحو 26 إلى 27% من إجمالي إنتاج الكهرباء. وأطلقت **المملكة المغربية** أول مشروع لطاقة الرياح البحرية، بقدرة إنتاجية متوقعة تبلغ 1000 ميجاواط.

وعلى الرغم من هذا الزخم الإيجابي، إلا أن قطاع الطاقات المتجددة واجه عدة تحديات خلال الربع الثاني 2025، أبرزها عدم الاستقرار السياسي والتنظيمي في بعض الأسواق. حيث تأثرت مشروعات الطاقة المتجددة الأمريكية بقانون "One, Big, Beautiful Bill Act" الذي يُخفض بشكل حاد إمكانية الحصول على إعفاءات ضريبية بنسبة 30% لمشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والتي كان من المقرر أن تستمر حتى عام 2032، مما قد يؤدي إلى انخفاض قدره 300 جيجاوات من سعة الكهرباء في الولايات المتحدة الأمريكية، مع ارتفاع الطلب لأول مرة منذ عقدين، مدفوعاً بنمو مراكز البيانات والذكاء الاصطناعي، وفقاً لتوقعات شركة "Energy Innovation" للأبحاث. كما تسببت القيود التجارية الأمريكية في ارتفاع تكاليف بعض التقنيات الخاصة بالطاقة الشمسية والبطاريات. في حين، ما زال التمويل هو التحدي الرئيسي لتطوير قطاع الطاقات المتجددة في بعض الدول النامية، حيث أدت الظروف المالية الصعبة، بما في ذلك ارتفاع أسعار الفائدة

والتضخم وتقلبات أسعار صرف العملات وأعباء الديون، إلى صعوبة الحصول على رأس المال. كما أدى ارتفاع تكاليف التشغيل وعدم اليقين في العوائد إلى ضيق هوامش الأرباح، مما زاد من تقويض ثقة المستثمرين.

- **البنية التحتية لمشروعات الطاقة المتجددة في مواجهة تغير المناخ**

شهد العالم في العقود الأخيرة تزايداً ملحوظاً في شدة وتكرار الظواهر الجوية المتطرفة، وهو ما عزز المخاطر التي تواجهها أنظمة الطاقة المتجددة حول العالم. حيث أصبحت منشآت الطاقة الشمسية الكهروضوئية وتوربينات الرياح عرضة لهذه التغيرات المناخية بشكل متزايد، الأمر الذي يهدد كفاءتها واستدامتها ويضع استقرار أنظمة الكهرباء العالمية أمام تحديات كبيرة. في هذا السياق، تبرُز البنية التحتية باعتبارها أداة جوهرية لتعزيز مرونة مشروعات الطاقة المتجددة، حيث تشمل منظومة متكاملة من المعايير والاختبارات والشهادات والقياس والاعتماد، والتي تضمن أن تكون تلك المشروعات مصممة ومنفذة وفق مواصفات دولية دقيقة تُتيح لها مواجهة الظروف الجوية القاسية، مثل معيار "IEC 61215" للألواح الشمسية ومعيار "IEC 61400" لتوربينات الرياح، إلى جانب إجراءات الاختبار والتصديق التي تقلل من احتمالات الأعطال وتزيد من موثوقية هذه الأنظمة.

تبدأ عملية مواجهة الظواهر الجوية بتقييم المخاطر بشكل دقيق، اعتماداً على مزيج من البيانات التاريخية والنماذج المناخية المستقبلية (مثل بيانات وكالة ناسا والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ وقواعد البيانات الوطنية)، إضافة إلى القياسات الميدانية للموقع. وتتيح تلك الأدوات تحديد أبرز المخاطر المتوقعة التي قد تواجه مشروعات الطاقات المتجددة، سواء كانت مرتبطة بدرجات الحرارة المرتفعة أو الرطوبة أو التآكل الملحي أو الرياح العاتية أو العواصف الترابية والصواعق. أما في مرحلة تصميم التدابير الوقائية، فهناك مجموعة من الإجراءات التي تبدأ من اختيار مواقع المشروعات الأكثر أماناً من الناحية المناخية، ووصولاً إلى تبني حلول تقنية مثل أنظمة التبريد أو الطلاء المقاوم للتآكل، إلى جانب اعتماد طرق تشغيل وصيانة تقلل من المخاطر مثل التنظيف الدوري للألواح الشمسية في المناطق الصحراوية.

وتظهرتلك التحديات بشكل خاص في مشروعات الطاقة الشمسية الكهروضوئية، حيث تؤدي الحرارة المرتفعة إلى انخفاض كفاءة الألواح وإجهاد المواد المكونة لها، بينما يؤدي تراكم الغبار

والأملاح في المناطق الصحراوية والساحلية إلى إنخفاض الإنتاجية بنسبة تصل إلى 15% شهرياً، إذا لم تتم عملية التنظيف بشكل منتظم. كما أن الثلوج تتسبب في كسر الزجاج وتلف الهياكل المعدنية، فيما يؤدي التعرض للأشعة فوق البنفسجية لفترة زمنية طويلة إلى تسريع تدهور المكونات البلاستيكية. وتُشكل الرطوبة والأمطار تحدياً إضافياً في المناطق الساحلية، إذ تسبب التآكل وتعطل المكونات الكهربائية والإلكترونية.

ولا تقل التحديات تعقيداً بالنسبة لمشروعات طاقة الرياح، حيث تمثل الأعاصير والعواصف تهديداً مباشراً لأبراج التوربينات وشفراتها، بينما يقلل الجليد من كفاءتها ويزيد من احتمالات الأعطال الميكانيكية. كما تشكل الصواعق السبب الأكبر لفترات التوقف غير المخطط لها مزارع طاقة الرياح، وتؤدي الرطوبة العالية إلى تسريع التآكل في المكونات.

ومن الناحية الاقتصادية، يُحقق الاستثمار في تدابير البنية التحتية لمشروعات الطاقات المتجددة مكاسب طويلة المدى تفوق تكاليفه الأولية. حيث تتمكن المشروعات التي تتبنى تلك التدابير من تحقيق معدلات عائد أعلى نتيجة انخفاض تكاليف الصيانة والإصلاح وتقليل فترات التوقف، فضلاً عن تعزيز ثقة المستثمرين وخفض تكاليف التأمين. وعليه يجب إعطاء أولوية خاصة لمرحلة البناء والتشغيل، من خلال إجراء اختبارات قبول المصنع للمكونات الأساسية تحت إشراف أطراف مستقلة لضمان مطابقتها للمواصفات القياسية، والمراقبة المستمرة للأداء والظروف الجوية، والصيانة الوقائية، وهي عناصر رئيسية للحفاظ على كفاءة مشروعات الطاقات المتجددة وتقليل المخاطر.

لا شك أن تعزيز البنية التحتية لمشروعات الطاقات المتجددة العالمية لم يعد خياراً، بل أصبح ضرورة، حيث إن المخاطر المناخية تتزايد بشكل كبير، بالتوازي مع تزايد الاهتمام العالمي بمصادر الطاقة المتجددة. ومن ثم، فإن دمج معايير الجودة والاختبارات والشهادات في جميع مراحل دورة حياة مشروعات الطاقات المتجددة، لا سيما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، يمثل الضمان الحقيقي لتحقيق استدامة تلك المشروعات، وحماية الاستثمارات، وتعزيز ثقة الأسواق، ودعم مسار التحول نحو طاقة نظيفة ومرنة قادرة على التكيف مع واقع مناخي متغير باستمرار.

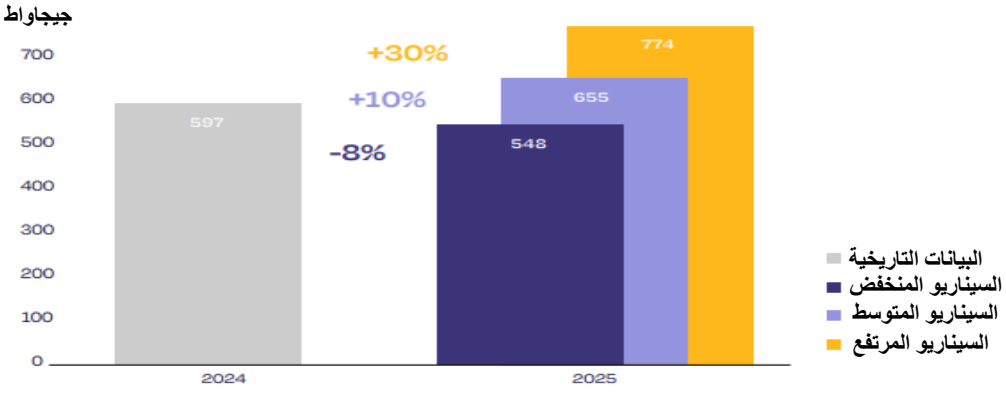
- **الطاقة الشمسية الكهروضوئية: نمو متسارع وتنافس عالمي**

شهدت وتيرة نشر الطاقة الشمسية الكهروضوئية تسارعاً غير مسبوق خلال الأعوام الأخيرة، فبينما استغرق الأمر ما يقرب من 70 عاماً منذ بداية تسويق الخلايا الشمسية في عام 1954 وحتى الوصول إلى سعة 1000 جيجاواط (1 تيراواط) في عام 2021، شهد عامي 2023 و2024 إضافة نحو 449 جيجاواط و597 جيجاواط على التوالي، ليصل إجمالي السعة العالمية التراكمية للطاقة الشمسية الكهروضوئية المُركبة نحو 2.2 تيراواط بنهاية عام 2024.

ومع ذلك، لا تزال تلك السعة موزعة جغرافياً بشكل غير متساوي، حيث تُهيمن منطقة آسيا والمحيط الهادئ على المشهد العالمي، باستحواذها على نحو 1.4 تيراواط، أي ما يعادل 63% من الإجمالي العالمي، تُنتج الصين وحدها نحو 1 تيراواط من الطاقة الشمسية المتصلة بالشبكة. ومن حيث قدرة الطاقة الشمسية للفرد، تجاوزت ثلاث دول – أستراليا وهولندا وألمانيا – معدل 1 كيلوواط للفرد، وهو مستوى مرتفع مقارنة بالمتوسط العالمي البالغ 276 واط للفرد، بينما لا تزال أوروبا تستحوذ على أعلى نسبة تركيب للطاقة الشمسية للفرد تبلغ 480 واط للفرد.

ويمثل عام 2025 مرحلة محورية لصناعة الطاقة الشمسية الكهروضوئية العالمية، حيث يستمر نمو إضافات الطاقة الشمسية مدعوماً بشكل رئيسي من الصين، التي تتمتع بقدرة تنافسية نتيجة تكاليفها التشغيلية المنخفضة نسبياً. ومن المتوقع ارتفاع قدرات الطاقة الشمسية الكهروضوئية عالمياً بمعدل 10% لتصل إلى 655 جيجاواط في عام 2025، وفقاً للسيناريو المتوسط لشركة "SolarPower Europe". ويأتي ذلك عقب النمو الاستثنائي بنسبة 85% خلال عام 2023، والنمو المعتدل بنسبة 33% في عام 2024. غير أن هذا المسار لا يخلو من المخاطر، حيث يمكن أن يؤدي تغير السياسات في أكبر سوقين، الصين والولايات المتحدة إلى كبح النمو، كما قد يؤدي عدم تطبيق أطر سياسات فعالة على مستوى دول الاتحاد الأوروبي إلى انكماش السوق. وبناء على ذلك، سيتراجع معدل النمو السنوي إلى 8%، وفقاً للسيناريو المنخفض. في حين، سيؤدي انخفاض أسعار المنتجات واستمرار الحوافز السياسية في الصين، إلى ارتفاع معدل النمو السنوي ليصل إلى 30%، وفقاً للسيناريو المرتفع.

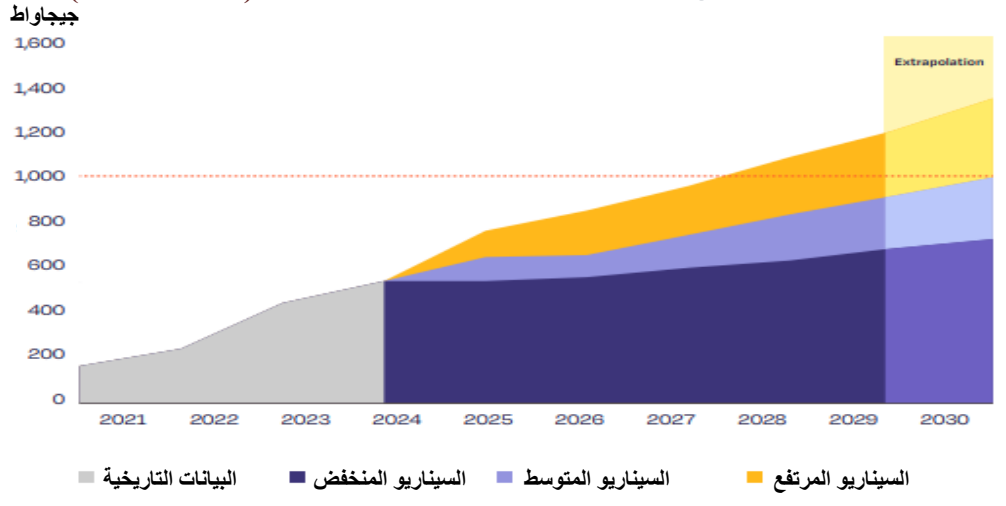
سيناريوهات السوق العالمية للطاقة الشمسية الكهروضوئية، (2024 – 2025)



المصدر: SolarPower Europe, Global Market Outlook for Solar Power 2025-2029.

وعلى المدى البعيد، يتوقع أن يواصل السوق العالمي للطاقة الشمسية مساره التصاعدي حتى عام 2029، بدعم من الطلب المتزايد على الكهرباء في القطاعات المختلفة وتعزيز أمن الطاقة، لتصل إضافات الطاقة الشمسية إلى نحو 930 جيجاواط وفقاً للسيناريو المتوسط، وقد تتجاوز مستوى 1.2 تيراواط وفقاً للسيناريو المرتفع. ويُمكن أن يُصبح السوق العالمي للطاقة الشمسية قادراً على إضافة 1 تيراواط سنوياً بحلول عام 2030.

سيناريوهات السوق العالمية للطاقة الشمسية الكهروضوئية، (2025 – 2030)

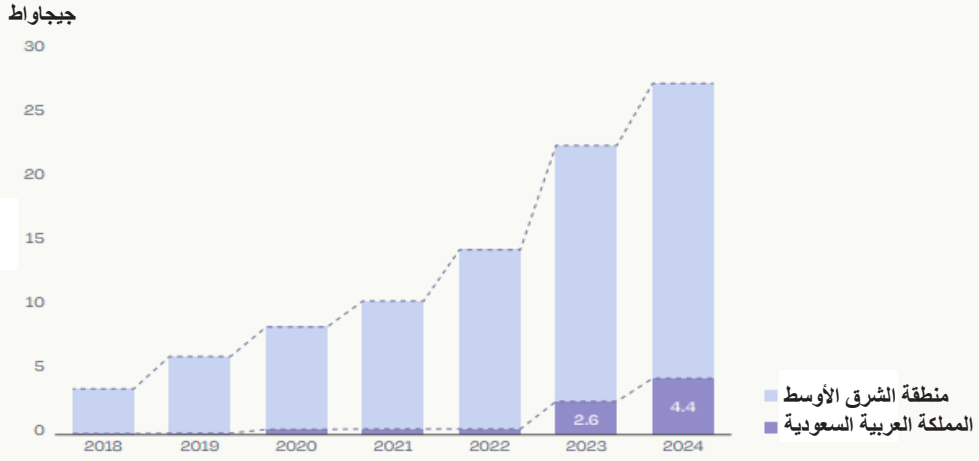


المصدر: SolarPower Europe, Global Market Outlook for Solar Power 2025-2029.

المملكة العربية السعودية ورؤية 2030: ريادة الطاقة الشمسية الكهروضوئية

برزت العديد من الدول العربية كلاعبين رئيسين في الاهتمام العالمي بالطاقة المتجددة، مع تركيز كبير على تطوير الطاقة الشمسية الكهروضوئية. فعلى سبيل المثال، بلغ إجمالي القدرة المركبة للطاقة الشمسية في السعودية نحو 4.3 جيجاواط في نهاية عام 2024، مسجلة زيادة ملحوظة بنسبة تقترب من 66% مقارنة بعام 2023.

الطاقة الشمسية الكهروضوئية التراكمية في المملكة العربية السعودية، (2018 – 2024)



المصدر: SolarPower Europe, Global Market Outlook for Solar Power 2025-2029.

ويُعزى ذلك النمو بشكل رئيسي إلى مشروعات ضخمة مثل محطة "سدير" للطاقة الشمسية الكهروضوئية (1.5 جيجاواط) التي تم تشغيلها في عام 2023، ومشروع "الرس 1" للطاقة الشمسية (700 ميجاواط) الذي تم ربطه في عام 2024، ومنشأة للطاقة الشمسية بقدرة 2 جيجاواط بالقرب من مدينة الطائف. علاوة على ذلك، يجري تطوير مشروعات أخرى بإجمالي قدرة 5.5 جيجاواط، من المقرر الانتهاء منها بحلول عام 2027. ومع تنفيذ البرنامج الوطني للطاقة المتجددة (NREP) والاستثمارات في مبادرات الهيدروجين الأخضر، تُنوع المملكة مزيجها من الطاقة بوتيرة سريعة، وتُرسخ مكانتها الرائدة في مجال الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط.

وترتكز طموحات السعودية في مجال الطاقة المتجددة على استراتيجية رؤية 2030، التي تسعى إلى تعزيز استدامة الطاقة. وفي هذا الإطار، تهدف المملكة إلى الوصول إلى حوالي

58.7 جيجاواط من قدرة توليد الطاقة المتجددة بحلول عام 2030، مع مساهمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية بنحو 40 جيجاواط. وقد تعهدت المملكة بتحقيق صافي انبعاثات كربونية صفري بحلول عام 2060، مما يؤكد التزامها طويل الأمد بالاستدامة. ولتحقيق هذه الأهداف الطموحة، تعمل على تكثيف الاستثمار في البنية التحتية للطاقة المتجددة. وقد أعلن مكتب تطوير مشاريع الطاقة المتجددة عن خطط مستقبلية لزيادة متطلبات المحتوى المحلي لمشروعات الطاقة الشمسية الكهروضوئية. بالإضافة إلى ذلك، تخطط المملكة لطرح 20 جيجاواط من مشروعات الطاقة المتجددة سنوياً لضمان التوسع المستمر في قطاع الطاقة النظيفة.

ويُعد الدافع الأول للتوسع السريع في استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية في السعودية هو وفرة مواردها الشمسية، حيث تشهد بعضاً من أعلى مستويات الإشعاع الشمسي على المستوى العالمي، والتي تتراوح بين 2000 إلى 2500 كيلوواط/ساعة/متر مربع، مما يجعلها موقعاً مثالياً لمنشآت الطاقة الشمسية واسعة النطاق. أما الدافع الثاني فيتمثل في السياسات والحوافز الحكومية، حيث يوفر البرنامج الوطني للطاقة المتجددة خارطة طريق منظمة لتطوير الطاقة الشمسية، في حين تشجع حوافز مثل المزايا الضريبية ومبادرات السندات الخضراء والدعم التمويلي الاستثمار في هذا القطاع. ويُعد انخفاض تكلفة وحدات الطاقة الشمسية، مدفوعاً بالتقدم التكنولوجي ووفورات الحجم، دافعاً رئيسياً آخر للطاقة الشمسية في السعودية. علاوة على ذلك، تُمكن الشراكات الدولية الاستراتيجية مع شركات الطاقة العالمية، من نقل التكنولوجيا وتسريع تنفيذ المشروعات.

وبالنظر إلى الآفاق المستقبلية، لا يزال قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في السعودية واعداً للغاية، مع دعم قوي واستثمارات كبيرة تدفع عجلة النمو المستمر. ومن المتوقع أن تُسرع المملكة من وتيرة تحولها نحو مصادر الطاقة المتجددة خلال الفترة (2025 – 2029)، مع توقعات بتطوير قدرة إنتاجية تبلغ نحو 130 جيجاواط من الطاقة المتجددة بحلول عام 2030. وستكون هناك حاجة إلى إضافات سنوية تبلغ حوالي 20 جيجاواط لتحقيق ذلك الهدف.

ومن المتوقع أن تؤدي الجهود المبذولة لإنشاء مرافق محلية لتصنيع الألواح الشمسية ومكوناتها إلى تقليل الاعتماد على الواردات وخلق فرص اقتصادية جديدة. كما يتوقع أن تُعزز مبادرات السندات الخضراء وشراكاتها مع شركات الطاقة العالمية الاستثمار في الطاقة الشمسية الكهروضوئية وغيرها من تقنيات الطاقة المتجددة في السعودية.

المحور
الثاني

الهيدروجين كوقود للمستقبل

المحور الثاني: الهيدروجين كوقود للمستقبل

تقديم

حظى الهيدروجين باهتمام عالمي متزايد، كأحد الركائز الأساسية في التحول إلى الطاقة النظيفة والمستدامة على المستوى العالمي. ويمثل الهيدروجين الذي يمكن إنتاجه بطرق مختلفة تشمل الاعتماد على الطاقة المتجددة والغاز الطبيعي، مصدراً واعداً للطاقة يمكن استخدامه في مجموعة واسعة من التطبيقات، بدءاً من إنتاج الكهرباء والنقل وصولاً إلى الصناعات الثقيلة. ومع تزايد الدعوات للحد من الانبعاثات الكربونية، أصبح الهيدروجين من الحلول الاستراتيجية لدعم انتقال الاقتصاد العالمي إلى مسار منخفض الكربون. وتشير التوقعات إلى أن الطلب العالمي على الهيدروجين سيشهد نمواً كبيراً خلال الأعوام المقبلة، حيث يُتوقع أن يتضاعف بحلول عام 2030.

- **التوقعات المستقبلية للتجارة العالمية من الهيدروجين الأخضر ومشتقاته**

يشهد قطاع الطاقة العالمي تحولاً ملحوظاً مدفوعاً بضرورة مواجهة التغيرات المناخية والالتزام بأهداف اتفاق باريس، إلى جانب السعي لضمان أمن الطاقة بأسعار معقولة لجميع دول العالم. وفي هذا السياق، يبرز الهيدروجين الأخضر، المنتج عن طريق التحليل الكهربائي باستخدام مصادر الطاقة المتجددة، كأحد أبرز الحلول الاستراتيجية لتحقيق الحياد الكربوني وخفض الانبعاثات في القطاعات التي يصعب خفض بصمتها الكربونية، مثل صناعات الأسمنت والصلب والكيماويات، حيث يمكن استخدامه كوقود نظيف أو مادة أولية خالية من الكربون. ولا يقتصر دور الهيدروجين الأخضر على كونه ناقلاً للطاقة، بل يتعدى ذلك ليصبح أساساً لإنتاج مجموعة من المشتقات ذات القيمة التجارية الكبيرة، مثل الأمونيا والميثانول، يمكن أن تُستخدم محلياً أو تُصدر إلى الأسواق العالمية، وهو ما يفتح آفاقاً جديدة للتجارة العالمية في مجال الطاقة منخفضة الكربون.

هذا وقد ركز تقرير **"إمكانات تجارة الهيدروجين الأخضر والسلع ذات الصلة"** الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) على تحليل الإمكانات التقنية والاقتصادية لتجارة الهيدروجين الأخضر العالمية حتى عام 2050، وذلك عبر نماذج محاكاة تعتمد على تحسين التكاليف على المستوى العالمي، مع الأخذ في الاعتبار بعدة عوامل من أهمها، توافر مصادر الطاقة المتجددة، وتكاليف البنية التحتية، وقيود الموارد الأولية اللازمة للإنتاج. تضمن التقرير سيناريوهين رئيسيين،

السيناريو الأول: تساوي المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (Same WACC[1])، وهو يفترض أن جميع الدول لديها تكلفة رأسمالية موحدة، مما يتيح إبراز الميزة التنافسية للدول التي تمتلك أفضل الموارد الطبيعية المتجددة، وتوافر مواد مثل خام الحديد (اللازم لإنتاج حديد الاختزال المباشر[2]) والكربون الحيوي (اللازم لإنتاج الميثانول)، وتكاليف الاستثمار المحلية التنافسية بشكل عام. وفي الوقت نفسه، يمثل القرب من مراكز الطلب المحتملة دوراً مهماً، ويوفر ميزة تنافسية بفضل انخفاض تكاليف نقل الهيدروجين والسلع الأخرى. أما **السيناريو الثاني: تباين المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال (Differentiated WACC)**، فهو يفترض اختلاف التكلفة الرأسمالية وفقاً للمخاطر الاقتصادية والمالية لكل دولة. وتجدر الإشارة إلى أن التوقعات في كلا السيناريوهين لا تشمل الاستثمارات اللازمة لتطوير موانئ جديدة، بل تفترض استخدام الموانئ القائمة، مع التركيز على تحسين البنية التحتية لأسطول الشحن ومرافق التخزين.

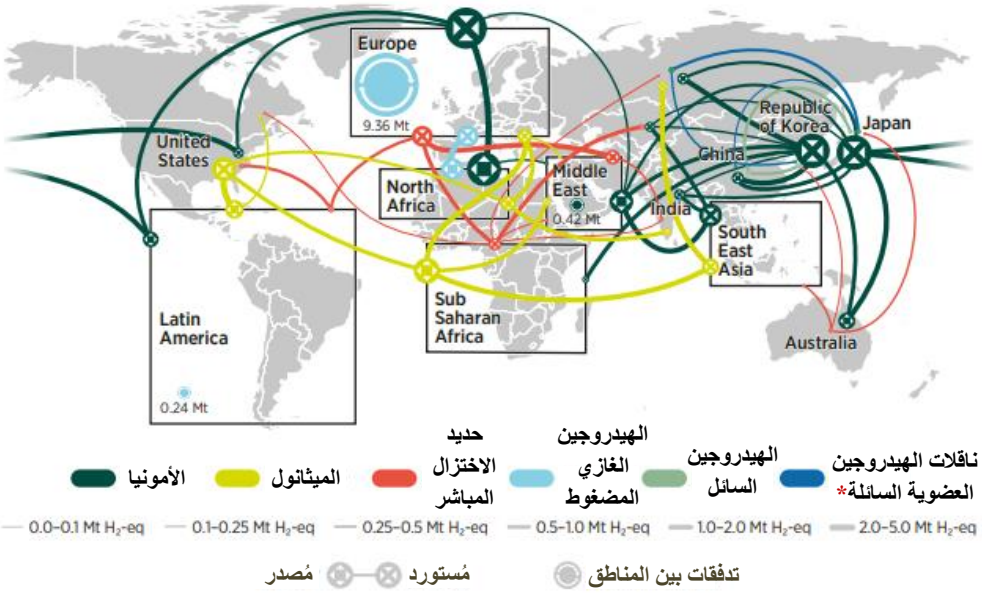
سيناريو تساوي المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال

أظهرت نتائج **سيناريو تساوي المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال** أن التجارة العالمية للهيدروجين الأخضر ومشتقاته ستمثل نحو 20% من إجمالي الطلب على الهيدروجين البالغ نحو 260 مليون طن مكافئ بحلول عام 2050. ووفقاً للتوزيع الجغرافي، برزت كل من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وأمريكا اللاتينية، وأفريقيا جنوب الصحراء كأهم المصدرين على مستوى العالم، نظراً لوفرة موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح فيها، إلى جانب توفر المواد الأولية مثل خام الحديد والكربون الحيوي. وعلى الجانب الآخر، برزت أوروبا واليابان وكوريا الجنوبية وجنوب شرق آسيا كمناطق تعتمد بدرجة رئيسية على الاستيراد لتلبية احتياجاتها، في حين يتوقع أن تكون الصين والهند والولايات المتحدة الأمريكية هي الأكثر احتمالاً لتحقيق الاكتفاء الذاتي في ظل امتلاكها موارد كافية للإنتاج المحلي. ومن المتوقع أن يكون الاتحاد الأوروبي أحد أهم مراكز الطلب على الهيدروجين ومشتقاته، وستكون منطقة شمال أفريقيا – التي تضم الجزائر ومصر وليبيا والمغرب وتونس هي المُصدر الرئيسي إلى الاتحاد الأوروبي بحلول عام 2050.

[1] weighted average cost of capital.
[2] الحديد الناتج عن عملية الاختزال المباشر لخام الحديد، وهي عملية يتم فيها إزالة الأكسجين من خام الحديد باستخدام الهيدروجين.

وعلى مستوى المشتقات، يتوقع أن تسجل تجارة **الأمونيا** أعلى نسبة بلغت نحو 30% من إجمالي الطلب العالمي (سيتم تلبية 70% من الطلب من خلال الإنتاج المحلي)، وتُعد أفريقيا وأستراليا وأمريكا اللاتينية والشرق الأوسط المصدرين الرئيسيين، بينما تُعد أوروبا واليابان وكوريا الجنوبية ودول جنوب شرق آسيا المستوردين الرئيسيين. يليها تجارة **الميثانول** بنسبة 18%، ويتوقع أن تستورد الولايات المتحدة الأمريكية الميثانول من أمريكا اللاتينية، وأوروبا من أفريقيا، وجنوب شرق آسيا من أفريقيا ودول أوروآسيا. وتجارة **الهيدروجين الغازي المضغوط** (غاز الهيدروجين المُخزن تحت ضغط عالي) بنسبة 14.4% يتم معظمه عبر خطوط أنابيب – لا سيما في أوروبا وشمال إفريقيا. وفيما يتعلق بتجارة **حديد الاختزال المباشر** باستخدام الهيدروجين الأخضر، من المتوقع أن يكون الشرق الأوسط وأمريكا اللاتينية وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى هي المناطق المصدرة الرئيسية.

تدفقات التجارة العالمية للهيدروجين الأخضر ومشتقاته في عام 2050،
وفقاً لسيناريو تساوي المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال



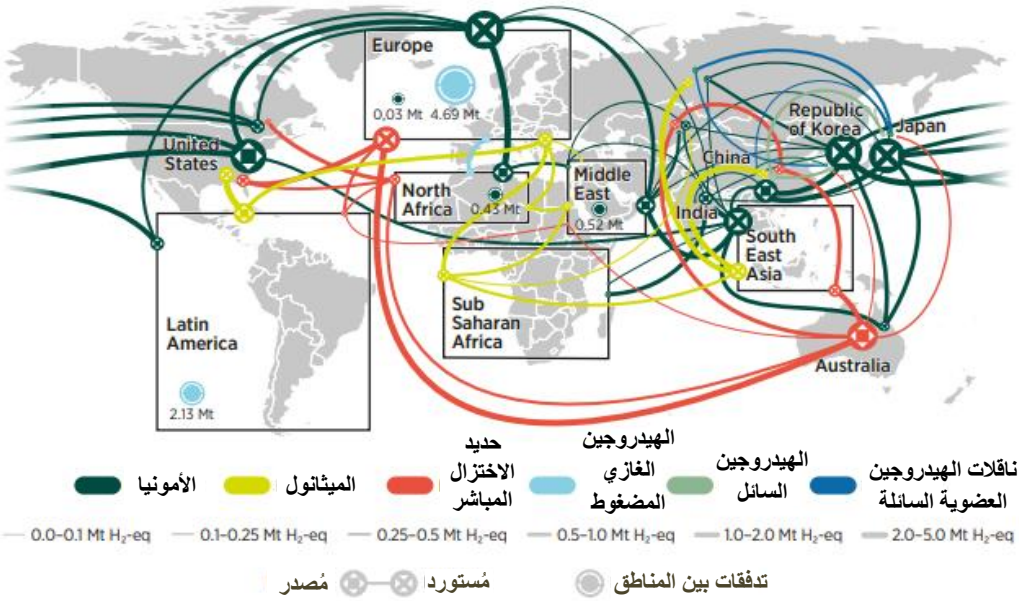
* مركبات عضوية يمكنها امتصاص وإطلاق الهيدروجين من خلال التفاعلات الكيميائية، مما يتيح تخزين ونقل كميات كبيرة من الهيدروجين بكفاءة وأمان، وعن طريق عكس التفاعل الكيميائي، يتم إطلاق الهيدروجين من المادة الحاملة.

المصدر: تقرير "إمكانات تجارة الهيدروجين الأخضر والسلع ذات الصلة"، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة.

سيناريو تباين المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال

أظهرت نتائج **سيناريو تباين المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال**، تغيراً ملحوظاً في خارطة التجارة العالمية، حيث برزت كل من أستراليا والصين والولايات المتحدة الأمريكية كأكبر المصدرين، بالاستفاده من استقرار البيئة المالية وانخفاض تكاليف التمويل. وارتفعت نسبة تجارة **الأمونيا** إلى 35%، وستكون الصين والولايات المتحدة الأمريكية، وإلى حد ما شمال إفريقيا، أبرز المُصدّرين. بالنسبة لمنطقة شمال إفريقيا، يُعزى ذلك إلى قربها من الطلب الأوروبي، وافتراض أن بعض الدول، مثل المغرب، لديها تكاليف رأسمالية تنافسية مقارنة بالموردين المحتملين الآخرين. ويتوقع أن تُصدر الولايات المتحدة الأمريكية كميات كبيرة إلى اليابان وكوريا الجنوبية وأوروبا. وفي المقابل، انخفضت نسبة تجارة **الميثانول** إلى 14% نتيجة ارتفاع الإنتاج المحلي في بعض المناطق وتقليص الاعتماد على الاستيراد، ومن المتوقع أن تكون إفريقيا والصين وأمريكا اللاتينية ودول أوراسيا أبرز المُصدرين. وتشمل الشراكات التجارية المحتملة التي يُمكن أن تتطور شراكات بين الولايات المتحدة الأمريكية وأمريكا اللاتينية، وجنوب شرق آسيا مع الصين ودول أوراسيا، وأوروبا مع أمريكا اللاتينية وأفريقيا. أما نسبة تجارة **حديد الاختزال المباشر** فقد شهدت زيادة ملحوظة إلى حوالي 21%، ويتوقع أن تُصبح أستراليا أكبر مُصدر له، تليها الولايات المتحدة الأمريكية والصين، بفضل انخفاض تكلفة رأس المال وتوافر المواد، مما يمنحهم ميزة تنافسية مقارنة بالشرق الأوسط وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. وفي هذا السياق، يتوقع أن تستحوذ أستراليا والولايات المتحدة الأمريكية على نحو 80% من إجمالي الصادرات العالمية. أما منطقة الشرق الأوسط، التي كان أكبر مُصدّر لحديد الاختزال المباشر في سيناريو تساوي المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال، فيتوقع أن تُصبح مكتفية ذاتياً، حيث سيتم تلبية الطلب من خلال الإنتاج المحلي، مع استيراد خام الحديد من أفريقيا وأستراليا.

تدفقات التجارة العالمية للهيدروجين الأخضر ومشتقاته في عام 2050،
وفقاً لسيناريو تباين المتوسط المرجح لتكلفة رأس المال



المصدر: تقرير "إمكانات تجارة الهيدروجين الأخضر والسلع ذات الصلة"، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة.

وتُظهر التوقعات المستقبلية أبعاداً جيوسياسية هامة، إذ يمكن أن تعيد رسم خارطة تجارة الطاقة العالمية عبر إدخال دول جديدة إلى قائمة كبار المصدرين للطاقة، لا سيما من الدول النامية. حيث يُمكن لبعض الدول في أفريقيا وأمريكا اللاتينية، التي تساهم بنسبة محدودة في الاقتصاد العالمي وأقل من 2% في صادرات النفط والغاز، أن يصبحوا لاعبين رئيسيين في تجارة الطاقة منخفضة الكربون إذا توفرت لها التمويلات بأسعار فائدة منخفضة. ومن جهة أخرى، فإن الدول المستوردة مثل اليابان وكوريا الجنوبية وأوروبا ستستفيد من تنويع مصادر الإمداد وتعزيز أمن الطاقة من خلال عقود طويلة الأجل مع تلك الدول. غير أن تحقيق هذه الإمكانات يتطلب جهوداً سياسية وتنظيمية كبيرة، تشمل وضع أطر قانونية واضحة وشهادات اعتماد دولية تضمن أن المنتجات المصدرة خالية من الانبعاثات الكربونية، إلى جانب تطوير أسواق لتجارة هذه السلع المشتقة نفسها، وليس فقط للهيدروجين النظيف. كما يحتاج الأمر إلى تعزيز التعاون الدولي لتمويل البنية التحتية للنقل والتخزين،

وإقامة شراكات صناعية بين المنتجين والمستهلكين، مع الحرص على ألا يؤثر التصدير على تلبية الاحتياجات المحلية من الطاقة ولا على خدمات أساسية مثل الكهرباء والمياه.

الجدير بالذكر أن الدول العربية تتميز بموارد وفيرة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ما يتيح لها القدرة على إنتاج الهيدروجين الأخضر بتكلفة تنافسية على المستوى العالمي، ويمكنها استخدامه لإزالة الكربون من الصناعات المحلية كثيفة الانبعاثات، سواء من خلال الاستخدام المباشر، أو من خلال إنتاج مشتقات قائمة على الهيدروجين الأخضر مثل الأمونيا. وإضافة إلى الأبعاد البيئية، يمثل تطوير اقتصاد للهيدروجين الأخضر فرصة كبيرة للدول العربية، حيث يمكن جذب استثمارات أجنبية مباشرة، وتوفير فرص عمل نوعية، وتحسين الميزان التجاري عبر إحلال الواردات، وتحقيق قيمة مضافة من خلال تصدير منتجات منخفضة الكربون بالاستفادة من موقعها الجغرافي الذي يمنحها ميزة تنافسية كمصدر رئيسي للهيدروجين ومشتقاته – لا سيما إلى الأسواق الأوروبية التي تشهد طلباً متزايداً على الطاقة النظيفة.

خلاصة القول، لن يكون الهيدروجين الأخضر ومشتقاته مجرد وسيلة لتحقيق الحياد الكربوني، بل يمثل فرصة اقتصادية وجيوسياسية لإعادة تشكيل أسواق الطاقة العالمية. والنجاح في هذا المسار يعتمد على مدى قدرة الدول على الاستثمار في البنية التحتية، وخفض تكاليف التمويل، ووضع سياسات وتشريعات محفزة، مع ضمان أن تحولات الطاقة ستكون عادلة وشاملة، بحيث تحقق مكاسب مشتركة للدول المنتجة والمستهلكة على حد سواء، وتدعم أهداف التنمية المستدامة على المدى الطويل.

المحور
الثالث

تحولات الطاقة

المحور الثالث: تحولات الطاقة

تقديم

برزت تحولات الطاقة كأحد أهم القضايا الجوهرية على الساحة العالمية، في ظل تنامي جهود التصدي لتغير المناخ والسعي لتحقيق التنمية المستدامة. وتشمل تلك التحولات تحديث البنية التحتية، وتعزيز كفاءة الطاقة، وزيادة الاهتمام بمصادر الطاقة المتجددة، وتطوير تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينة. ومع تنامي الالتزامات الدولية بخفض الانبعاثات وتحقيق الحياد الكربوني، أصبحت تحولات الطاقة من المسارات الاستراتيجية لضمان أمن الطاقة ودعم النمو الاقتصادي منخفض الكربون. وتشير التقديرات إلى أن الاستثمارات العالمية في تقنيات الطاقة النظيفة ستواصل الارتفاع خلال العقد الحالي، مدفوعة بتقدم التكنولوجيا والسياسات المناخية الطموحة.

▪ تحولات الطاقة أساس للاستقرار الاقتصادي

تشهد أنظمة الطاقة العالمية تحديات متزايدة في ظل تسارع التغيرات المناخية، والتقدم التكنولوجي، وتفاقم التوترات الجيوسياسية، ما يستدعي إعادة صياغة شاملة لكيفية إنتاج الطاقة واستهلاكها وإدارتها. حيث ارتفع الطلب العالمي على الطاقة إلى أعلى مستوى له على الإطلاق، مدفوعاً بتوسع تطبيقات الذكاء الاصطناعي ومراكز البيانات، بالتوازي مع تسجيل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أعلى مستوياتها عند 37.8 مليار طن، على الرغم من النمو الكبير في استخدام مصادر الطاقة المتجددة، وهو ما يُنذر بخطر يهدد مستقبل التحول نحو أنظمة طاقة مستدامة. مع الأخذ في الاعتبار بأن العالم لا يمر بعملية موحدة لتحول الطاقة، ولكنه يشهد تحولات متعددة الاتجاهات والسرعات، تُعيد تشكيل كيفية إنتاج الطاقة واستهلاكها وإدارتها، في ظل ضغوط متزايدة لتوفير أنظمة طاقة منخفضة الانبعاثات، وموثوقة، وميسورة التكلفة.

وفي هذا السياق، يشير تقرير "تعزيز التحول الفعال في مجال الطاقة 2025" الصادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي إلى أن مؤشر انتقال الطاقة Energy Transition Indicator (ETI) شهد تحسناً عالمياً في عام 2024 بنسبة 1.1% مقارنة بالعام السابق، وهو ضعف متوسط الزيادة المسجلة خلال الأعوام الثلاثة الماضية. حيث تحسن أداء أنظمة الطاقة العالمية، لا سيما في جانب تحقيق عدالة الطاقة – نتيجة انخفاض الأسعار وإصلاحات الدعم، واستمر تحسن مؤشرات الاستدامة،

في حين ظل أمن الطاقة يعاني من ركود بسبب ضعف التنويع واعتماد العديد من الدول على الاستيراد. أما فيما يخص جاهزية دول العالم لتحولات الطاقة، فقد سجلت أبطأ معدل نمو لها مُنذ 10 أعوام إذ لم يتجاوز المعدل 0.8%. ورغم أن الاستثمارات العالمية في مجال الطاقة النظيفة تجاوزت مستوى 2 تريليون دولار، إلا أنها لا تزال بعيدة عن المستوى المطلوب لتحقيق أهداف الحياد المناخي، والمقدر بحوالي 5.6 تريليون دولار سنوياً حتى عام 2030.

ومن بين 118 دولة شملها التقرير **(الملحق 2)**، أحرزت نحو 65% منها تقدماً في مؤشر تحول الطاقة (ETI)، غير أن نسبة الدول التي نجحت فعلياً في تحقيق تقدم بجميع الأبعاد الثلاثة – الأمن والعدالة والاستدامة – لم تتعدى نسبة 28%، وهو ما يعكس تفاوتاً كبيراً في وتيرة عملية تحول الطاقة بين الدول. حيث تصدرت كل من السويد وفنلندا والدنمارك الترتيب العالمي بفضل بنيتها التحتية القوية، واعتمادها على مصادر طاقة نظيفة متنوعة، واستقرار سياساتها بعيدة المدى. في حين تمكنت الصين من تحقيق أفضل تصنيف لها على الإطلاق بوصولها إلى المرتبة 12 عالمياً، بدعم من قدراتها الابتكارية واستثماراتها الكبيرة في مجال الطاقة النظيفة. كما تمكنت الولايات المتحدة الأمريكية من تحسين ترتيبها نتيجة تعزيز أمن الطاقة ورفع مستوى الاستدامة، فيما سجلت الهند تقدماً في مجالات كفاءة الطاقة وزيادة الاستثمارات وتصدرت البرازيل دول أمريكا اللاتينية، محققة تقدماً مضطرداً في تبني الطاقة النظيفة.

أما فيما يخص أداء الدول العربية، فقد أظهرت بعض دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تقدماً ملحوظاً في مؤشر عدالة الطاقة، حيث ساهمت سياسات دعم أسعار الطاقة في تحسين مستوى الوصول إلى الطاقة بأسعار معقولة، لا سيما في دول مجلس التعاون الخليجي. في حين لا تزال تواجه معظم دول المنطقة تحديات هيكلية كبيرة لتحقيق تحولات الطاقة، تتعلق بالتنوع والاستدامة وتحديث البنية التحتية، مما يتطلب جهوداً مضاعفة للتغلب على فجوات التمويل، خاصة في ظل ارتفاع تكلفة رأس المال في الأسواق الناشئة التي تصل إلى سبعة أضعاف ما هي عليه في الاقتصادات المتقدمة. والجدير بالذكر أن **الإمارات العربية المتحدة** سجلت أعلى نسبة تحسن في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، بزيادة بلغت 7.9% في مؤشر تحول الطاقة، مما يعكس نهجاً متكاملاً في إصلاح السياسات وتوسيع البنية التحتية. وقد أسهم الدعم الحكومي، والتوسع في مشروعات الطاقة الشمسية والطاقة النووية، في تحسين الأداء على مختلف أبعاد المؤشر. وأظهرت **المملكة العربية السعودية**

تقدماً ملحوظاً في مجال أمن الطاقة، بدعم من التوسع السريع في قدرات الطاقة المتجددة، حيث تعمل المملكة على تنفيذ مشروعات ضخمة للهيدروجين الأخضر، وطاقة الرياح، والطاقة الشمسية ضمن إطار "رؤية عام 2030"، التي تسعى إلى تقليل الاعتماد على النفط وتنويع مصادر الطاقة. واحتلت كل من **دولة قطر وسلطنة عُمان** مواقع متقدمة ضمن أفضل خمس دول عالمياً في مؤشر عدالة الطاقة، ويعود ذلك إلى وفرة الموارد الطبيعية والدعم المستمر لأسعار الوقود، مما يضمن وصول الطاقة بأسعار منخفضة إلى مختلف شرائح المجتمع. وفي خطوة مهمة من شأنها تنويع مصادر الطاقة، بدأت قطر بدمج الطاقة الشمسية في مزيجها الوطني. وتعمل **جمهورية مصر العربية** على تعزيز مكانتها كمركز إقليمي للطاقة من خلال استقطاب استثمارات ضخمة في قطاع الهيدروجين الأخضر، وشهدت تحسناً في الوصول إلى الطاقة، وتوسعاً في قدرات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وتواصل **المملكة المغربية** تأكيد موقعها الريادي في دمج الطاقات المتجددة ضمن مزيج الطاقة الوطني، بفضل استثمارات كبيرة في مشروعات الطاقة الشمسية المركزة وطاقة الرياح. فيما واصلت **المملكة الأردنية** سياسات تحرير سوق الكهرباء، ووسعت نطاق الاستثمار في الطاقة الشمسية، خاصة على مستوى المنازل والمباني، مما ساهم في تحسين الكفاءة وتقليل الاعتماد على الواردات. وتمتلك **دولة الكويت** فرصاً كبيرة في مجال الطاقة الشمسية، ويمكن أن تستفيد من خبراتها الكبيرة في البنية التحتية النفطية لتطوير سلاسل إمداد للهيدروجين أو الأمونيا النظيفة على المدى الطويل. ويمكن أن تستفيد **دولة ليبيا** من المساحات الصحراوية الشاسعة لتطوير مشروعات طاقة شمسية ضخمة، والاستثمار في تحديث الشبكات، وتقليل الفاقد، وتنويع مصادر الطاقة. كما أن قربها الجغرافي من أوروبا يمنحها ميزة استراتيجية محتملة في تصدير الكهرباء النظيفة مستقبلاً، خاصة ضمن شبكات الربط الإقليمي.

ورغم التقدم العالمي المحرز في مجال تحولات الطاقة، لا تزال الفجوة التمويلية قائمة بين الاحتياجات والاستثمارات المطلوبة، إذ يذهب أكثر من 90% من إجمالي الاستثمارات العالمية في الطاقة النظيفة إلى الاقتصادات المتقدمة والصين مُنذ عام 2021، على الرغم من أن نسبة 80% من نمو الطلب المستقبلي على الطاقة سيأتي من الدول النامية، ما يعكس خللاً هيكلياً يجب معالجته لضمان تحقيق تحولات طاقة عالمية عادلة وفعالة. وقد أكد التقرير على أن هناك خمس قوى اقتصادية كبرى وهي الصين، والولايات المتحدة الأمريكية، والاتحاد الأوروبي، واليابان، والهند، تؤدي دوراً حاسماً

في تشكيل تحولات الطاقة العالمية، حيث تستهلك تلك الدول نصف الطاقة العالمية وتنتج ثلثي الانبعاثات الكربونية.

خلاصة القول، يُحدد تقرير "تعزيز التحولات الفعالة في مجال الطاقة" خمس أولويات رئيسية لتعزيز أنظمة الطاقة المستقبلية، تتضمن: أولاً، تبني سياسات مستقرة ومرنة لجذب الاستثمارات. ثانياً، تحديث شبكات الطاقة والربط الإقليمي. ثالثاً، الاستثمار في الكفاءات البشرية. رابعاً، تسريع تسويق التكنولوجيا النظيفة لا سيما في القطاعات صعبة خفض الانبعاثات، خامساً، زيادة تدفقات رأس المال نحو الدول النامية. ويؤكد التقرير أن تحقيق النجاح في تحولات الطاقة يتطلب توافق الطموحات مع الإمكانات التنفيذية، من خلال تبني خطط واقعية، وضخ استثمارات طويلة الأجل، ووضع أطر تنظيمية موثوقة. فتحولات الطاقة الفعالة لم تعُد مجرد مسألة بيئية، بل أصبحت تمثل الأساس للاستقرار الاقتصادي.

▪ التطورات في الطاقة النووية

تسعى العديد من دول العالم إلى إعادة النظر في الطاقة النووية كجزء من مزيج الطاقة، لا سيما في ظل الطلب المتزايد على الطاقة وضرورة تحقيق هدف صافي الانبعاثات الصفرية. وعلى المستوى العالمي، تُعد الطاقة النووية ثاني أكبر مصدر للكهرباء منخفضة الانبعاثات بعد الطاقة الكهرومائية، إذ تنتج أكثر من 2800 تيراواط ساعة سنوياً من خلال نحو 440 مفاعلاً عاملاً في 31 دولة، وهو ما يعادل تجنب انبعاث نحو 1.5 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً.

ورغم أن حصة الطاقة النووية من إنتاج الكهرباء عالمياً استقرت عند حوالي 10% خلال العقد الأخير، إلا أن التوجهات الإقليمية تختلف، فقد شهدت الاقتصادات المتقدمة ذروة في حصة الطاقة النووية قبل نحو 25 عاماً، حيث كانت توفر نسبة تتراوح ما بين (20 – 30%) من الكهرباء في أوروبا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية. أما في روسيا والصين والأسواق الناشئة الأخرى، فقد زادت حصة الطاقة النووية بمرور الوقت.

وتعتمد العديد من الدول بشكل كبير على الطاقة النووية في مزيج الكهرباء لديها في الوقت الحالي، حيث تتجاوز حصتها 60% في فرنسا وسلوفاكيا، وتصل إلى الثلث أو أكثر في نحو

عشـر دول أخرى. ومن الأمثلة البارزة، دولة الإمارات العربية المتحدة، التي أصـبحت حديثاً من بين أكبر 20 دولة في العالم من حيث نسبة الكهرباء المنتجة من الطاقة النووية، إذ وصلت إلى نحو 25%، رغم أنها لم تكن تمتلك أي مفاعل قبل عقد من الزمن. وهناك أكثر من 40 دولة أخرى حول العالم لديها خطط لتوسيع دور الطاقة النووية، منها 10 دول لا تمتلك مفاعلات عاملة بعد. على سبيل المثال، لا توجد مفاعلات عاملة حتى الآن في جنوب شرق آسيا، لكن هناك خطط وسياسات في بعض الدول، حيث تستهدف إندونيسيا بدء تشغيل أول مفاعل في منتصف ثلاثينيات القرن الحالي، وحددت الفلبين أهدافاً لعام 2032 وأخرى طويلة المدى حتى عام 2050، كما عدلت فيتنام خطة تطوير قطاع الكهرباء لتتضـمن هدفاً بإضـافة ما بين 10.5 إلى 14 جيجاواط من الطاقة النووية بحلول عام 2050. مما قد يساهم في وصول قدرة الطاقة النووية في منطقة جنوب شرق آسيا إلى ما بين 20 إلى 30 جيجاواط، تغطي ما يصـل إلى 7% من نمو الطلب على الكهرباء خلال الخمسـة والعشـرون عاماً المقبلة، وفقاً لتوقعات وكالة الطاقة الدولية.

بشـكل عام، تشـير التوقعات إلى أنه في حال تم تنفيذ الخطط والسـياسـات الحالية على المستوى العالمي، فإن القدرة النووية العالمية ستتضـاعف بحلول عام 2050. وسيتم تحقيق ذلك عبر ثلاثة مسـارات رئيسـية: **أولاً**، تمديد عمر المفاعلات الحالية: وهو خيار منخفض التكلفة نسـبياً. **ثانياً**، بناء مفاعلات كبيرة جديدة: وهي المشـروعات الحالية قيد الإنشـاء. **ثالثاً**، إدخال المفاعلات المعيارية الصـغيرة (SMRs)[3]: والتي يُتوقع دخول أولى وحداتها التجارية الخدمة بحلول عام 2030، مع تزايد الإنشـاءات في ثلاثينيات وأربعينيات القرن الحالي، لا سـيما وأنها قد تكون خياراً مناسـباً من حيث المرونة وتقليل المخاطر المالية للعديد من دول العالم.

تجدُر الإشـارة إلى أنه من أبرز التحديات التي واجهتها مشـروعات الطاقة النووية في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية خلال العقد الماضـي، هي تأخر تنفيذ الإنشـاءات وارتفاع التكاليف، حيث بلغ متوسط التأخير نحو 8 أعوام، وتجاوزت التكاليف التقديرية بنسبة تصل إلى نحو 250%، خاصة في المفاعلات الجديدة التي كانت نماذج أولية أو التي تم إعادة تصـميم بعض مكوناتها بعد حادثة

[3] تُعرّف المفاعلات الصـغيرة المعيارية (SMRs) بأنها مفاعلات نووية تنتج 300 ميجاواط من الكهرباء أو أقل، مُصـممة بتقنية معيارية باستخدام تصنيع الوحدات في المصانع، سعيًا لتحقيق وفورات الإنتاج التسلسلي وقصر الفترات الزمنية التي يستغرقها البناء.

فوكوشيما في اليابان عام 2011. هذا وتتطلب مشروعات المفاعلات النووية الكبيرة عادة فترات تطوير طويلة تصل إلى 10 أعوام قبل بدء البناء، إضافة إلى فترة بناء قد تمتد إلى عقد آخر، مما يعني أن الفترة الزمنية من قرار الإنشاء إلى التشغيل قد تصل إلى نحو 20 عام في بعض المشروعات. وهذا التأخير ينعكس مباشرة على الفترة الزمنية اللازمة لاسترداد الاستثمار، التي قد لا تتحقق إلا بعد 30 عام من قرار البناء.

وهنا يأتي دور المفاعلات المعيارية الصغيرة، التي تهدف إلى تقليل مدة التطوير والإنشاء عبر التصنيع في المصانع بدلاً من الموقع، والتوحيد القياسي للتصميمات، مما قد يخفض الفترة الزمنية التي يستغرقها البناء إلى 5 أعوام أو أقل، ويقلص فترة استرداد الاستثمار بمقدار 10 أعوام أو أكثر، ويجعل تلك المشروعات أكثر جاذبية لرؤوس الأموال. ومن المميزات الإضافية للمفاعلات المعيارية الصغيرة هو إمكانية تركيبها بسهولة أكبر في المواقع الصناعية القديمة بدلاً من محطات الطاقة التي تعمل بالفحم المتوقفة عن العمل، والتي نادراً ما تكون وحداتها كبيرة جداً.

يذكر أنه لا يوجد حتى الآن سوى عدد محدود من المفاعلات النووية المعيارية الصغيرة قيد التشغيل في الصين وروسيا، وهي ليست من التصميمات التجارية التي يتوقع أن تسود خلال العقد المقبل. وتشير التقديرات إلى أن قدرتها قد تصل إلى حوالي 120 جيجاواط بحلول عام 2050، أي ما يعادل حوالي ألف مفاعل صغير، باستثمارات تراكمية تقترب من 700 مليار دولار. ويتم تطوير تلك المفاعلات في عدة أسواق رئيسية وهي، **الصين** التي تطور ثلاثة تصميمات مختلفة وتسير بوتيرة سريعة، **والولايات المتحدة** التي تشهد اهتماماً كبيراً من شركات التكنولوجيا والذكاء الاصطناعي، في ظل السعي لتأمين مصادر كهرباء مستقرة لمراكز البيانات، **وعدد من دول الاتحاد الأوروبي** التي أدرجت المفاعلات النووية المعيارية الصغيرة في خطط الطاقة المستقبلية، فضلاً عن **الهند والمملكة المتحدة** اللتان تدرسان بناء تلك المفاعلات لتوليد الكهرباء وخفض الانبعاثات من القطاعات الصناعية. وتشير التقديرات إلى أن تكلفة بناء أول مفاعلات معيارية صغيرة ستكون أعلى من تكلفة المفاعلات الكبيرة المبنية في الوقت المحدد وضمن الميزانية. لكن يُتوقع أن تنخفض التكاليف بسرعة مع تكرار الإنتاج، لتصبح في نطاق تنافسي مقارنة بتقنيات أخرى مثل الطاقة الكهرومائية أو الفحم المزود بتقنيات احتجاز الكربون، وأقل من تكلفة الطاقة الشمسية أو الرياح عند إضافة التخزين.

هذا وقد تم الإشـــارة في نهاية شـــهر مايو 2025 إلى دخول أول مفاعل نووى صـــغير تجارى في العالم – مفاعل "Linglong-1" المرحلة النهائية من التركيب في مقاطعة "Hainan" الصـــينية، ونظراً لحجمه الصغير وقدرته على توفير الطاقة بأمان وثبات، فقد أطلق عليه أسم "بنك الطاقة النووية - nuclear power bank". ومن المتوقع أن يلعب ذلك المفاعل دوراً رئيســـياً في خفض انبعاثات الكربون في الصـين، حيث يتيح حجمه الصـغير اسـتخدامه في العديد من المواقع، بما في ذلك المناطق الصـــناعية ومناطق التعدين التي تســـتهلك كميات كبيرة من الطاقة. ويمكن لمفاعل "Linglong-1" إنتاج 125 ألف كيلوواط من الكهرباء، أي حوالي 1 مليار كيلوواط/ساعة سنوياً، وهو ما يكفي لتزويد نحو 1 مليون شـــخص بالطاقة. ومن خلال اســـتبدال الطاقة التي تعتمد على الفحم بالطاقة النووية من مفاعل "Linglong-1"، ستُخفض الصين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي 880 ألف طن سنوياً، وهو ما يعادل زراعة 7.5 مليون شجرة.

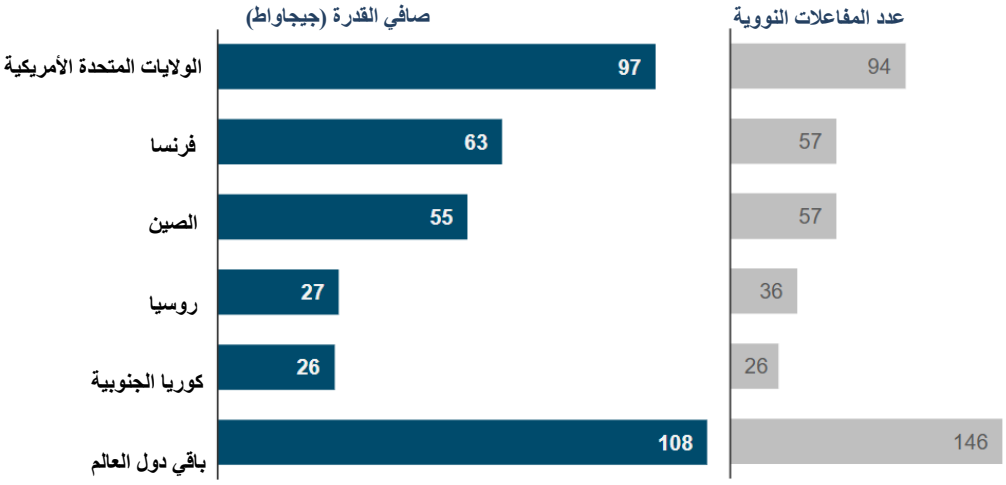
وأعلنت وزارة الطاقة **الأمريكية** في شـــهر أبريل 2025 عن برنامج لتســـريع تقييم تصـــاميم المفاعلات النووية المتقدمة خارج المختبرات الوطنية بهدف بلوغ التشـــغيل التجريبي لأول ثلاثة منها بحلول 4 يوليو 2026. كما تم اتخاذ قرار بتســـهيل اختبار المفاعلات المعيارية الصـــغيرة من خلال تراخيص خاصـــة. وأعلنت ولاية "New York" عن خطط لبناء محطة طاقة نووية تجارية جديدة، تُضـــيف ما لا يقل عن 1000 ميجاواط من الطاقة لتلبية الطلب المتزايد من مراكز البيانات وغيرها. وفي **كندا**، أصـدرت اللجنة الكندية للسـلامة النووية ترخيصـاً لبناء أول مفاعل نووي صـغير من طراز BWRX-300 في مقاطعة "Ontario"، في أول خطوة عملية نحو اســـتغلال مفاعلات "SMRs" تجارياً، ضـــمن خطة لبناء أربعة مفاعلات مماثلة في نفس الموقع. وأعلنت **المملكة المتحدة** في شـــهر يونيو 2025 عن اختيار شـــركة "Rolls-Royce SMR" كشـــريك لبناء أول مفاعلاتها النووية المعيارية الصـغيرة، في إطار الاسـتراتيجية الحكومية الصـناعية الحديثة التي تشـمل تقديم دعماً بأكثر من 2.5 مليار جنيه إسترليني، للاستثمار في إنشاء مفاعلات معيارية صغيرة قادرة على تزويد حوالي 3 مليون منزل بكهرباء نظيفة وآمنة. وبدأت **المفوضـية الأوروبية** في شـهر أبريل 2025 مشـاورات لتحديث برنامجها النووي بهدف تقييم متطلبات الاســـتثمار في الطاقة النووية – بما في ذلك المفاعلات المعيارية الصـــغيرة والمفاعلات التقليدية. وأبرم **البنك الدولي** اتفاقية شـــراكة مع الوكالة الدولية

للطاقة الذرية في شـــهر يونيو 2025، تهدف لدعم الدول التي تختار إدراج الطاقة النووية ضـــمن خطط التنمية، بعد حظر اســـتمر عقوداً، من خلال تقديم الخبرة، ودعم إطالة عمر المفاعلات الحالية، وتطوير تقنيات جديدة مثل المفاعلات المعيارية الصغيرة، ويُنظر إلى تلك الشراكة على أنها تحول في التوجه العالمي من تمويل الطاقة النووية، خاصة للدول النامية.

يُذكر أن هناك خمس دول فقط تستحوذ على أكثر من ثلثي إجمالي قدرة توليد الكهرباء النووية على مستوى العالم، حيث تمتلك الولايات المتحدة الأمريكية أكبر قدرة، تليها فرنسا والصين وروسيا وكوريا الجنوبية، وفقاً لبيانات الوكالة الدولية للطاقة الذرية حتى شـــهر يونيو 2025. أما من الناحية التكنولوجية، فما زالت الصـين وروسـيا في صـدارة السـوق العالمية، لكن من المتوقع أن يتنوع ذلك المشـــهد مع دخول الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا وكوريا الجنوبية واليابان كموردين نشـــطين، خاصة في مجال المفاعلات المعيارية الصغيرة.

وفي هذا الســـياق، تجدُر الإشـــارة إلى أن تطوير محطات الطاقة النووية لتوليد الكهرباء لأغراض تجارية في **الولايات المتحدة الأمريكية** بدأ في أواخر خمسينيات القرن الماضـي، مع تشـغيل محطة "Shipping port" للطاقة الذرية في ولاية "Pennsylvania". وقد شُـيدت معظم قدرة توليد الطـاقـة النوويـة العـاملـة في الولايـات المتحـدة بين عـامي 1967 و1990. وتُعد الولايـات المتحـدة الأمريكية أكبر مُنتج للكهرباء النووية في العالم، حيث تُشـغل شـركات الكهرباء الأمريكية 94 مفاعلاً نووياً في الوقت الحالي، تولد كهرباء نووية بلغت كميتها 782 جيجاواط/ســـاعة، أي ما يعادل 19% من إجمالي توليد الكهرباء في الولايات المتحدة الأمريكية خلال عام 2024.

القدرة العالمية للطاقة النووية وعدد المفاعلات النووية، (يونيو 2025)



المصدر: الوكالة الدولية للطاقة الذرية وإدارة معلومات الطاقة الأمريكية.

وتمتلك **فرنســـا** ثاني أكبر عدد من المفاعلات النووية في العالم، وهو الأكبر في أوروبا، حيث يضـم 57 مفاعلاً (تم بناء 52 مفاعلاً نووياً بين عامي 1975 و1990) بإجمالي قدرة توليد مثبتة تبلغ نحو 63 جيجاواط. وقد بلغت كمية الكهرباء المولدة من المفاعلات النووية في فرنســـا أكثر من 320 جيجاواط/ساعة في عام 2023، وهو ما يُمثل نحو 65% من إجمالي توليد الكهرباء في فرنسا.

وتتمتع **الصـــين** بأســـرع معدل نمو للطاقة النووية في العالم، حيث بلغ عدد المفاعلات النووية العاملة 57 مفاعلاً منذ عام 1991، بلغ انتاجها أكثر من 433 جيجاوات/ســـاعة خلال عام 2023، أي ما يُعادل 5% من إجمالي توليد الكهرباء في الصين. وقد حصلت الصين على تكنولوجيا الكهرباء النووية من دول أخرى مثل فرنسا وكندا وروسيا. وقد هيمنت تصميمات الصين وروسيا على أكثر من 80% من مشروعات المفاعلات الجديدة خلال الأعوام الثمانية الماضية، كما تعمل الصين حالياً على إنشـــاء 28 مفاعلاً نووياً جديداً بقدرة إجمالية تبلغ 30 جيجاوات. وبمجرد اكتمالها، من المتوقع أن تتجاوز القدرة النووية المُركبة للصين قدرة فرنسا.

وتُعد **روسيا** أكبر مورد لتقنيات توليد الطاقة النووية في العالم، وهي تُشغل 36 مفاعلاً نووياً بقدرة إجمالية مُركبة تبلغ 27 جيجاوات، فضلاً عن 4 مفاعلات أخرى قيد الإنشاء بقدرة إجمالية تبلغ 4 جيجاوات. وتعمل شركة الطاقة النووية الروسية الحكومية "Rosatom"، على تحديث مفاعلاتها من وحدات "RBMK" الأصغر حجماً إلى وحدات "VVER-1000" و"VVER-1200" الأكبر حجماً والأكثر كفاءة. كما بدأت **كوريا الجنوبية** في تطوير برنامجها للطاقة النووية خلال سبعينيات القرن الماضي، وهي تشغل 26 مفاعلاً نووياً في الوقت الحالي، بالإضافة إلى مفاعلين آخرين قيد الإنشاء. هذا وتُعد شركة "كوريا للطاقة الكهرومائية والنووية"، مورداً نووياً دولياً، حيث قامت ببناء محطة براكة للطاقة النووية في الإمارات العربية المتحدة، وستكون المورد لتوسعة محطة "Dukovany" للطاقة في جمهورية التشيك.

بناء على ما تقدم، تمثل الطاقة النووية خياراً إستراتيجياً محورياً لتعزيز أمن الطاقة العالمي وتحقيق أهداف خفض الانبعاثات. ورغم ما تواجهه من تحديات زمنية ومالية وتقنية، فإن التطور المستمر في تصميم المفاعلات، ولا سيما المفاعلات المعيارية الصغيرة، يفتح آفاقاً جديدة لتبني حلول أكثر مرونة وكفاءة وملائمة لاحتياجات دول العالم. ومن ثم، فإن نجاح خطط التوسع في الطاقة النووية على المستوى العالمي والإقليمي سيتوقف على مدى استدامة الدعم السياسي، وتوفير الأطر التمويلية الملائمة، وتعزيز الشراكات التقنية، إلى جانب ضمان أعلى معايير السلامة والأمان النووي، بما يضمن تحقيق أقصى استفادة من هذا المصدر الحيوي في مسار التحولات نحو أنظمة طاقة منخفضة الانبعاثات وتتسم بالاستقرار.

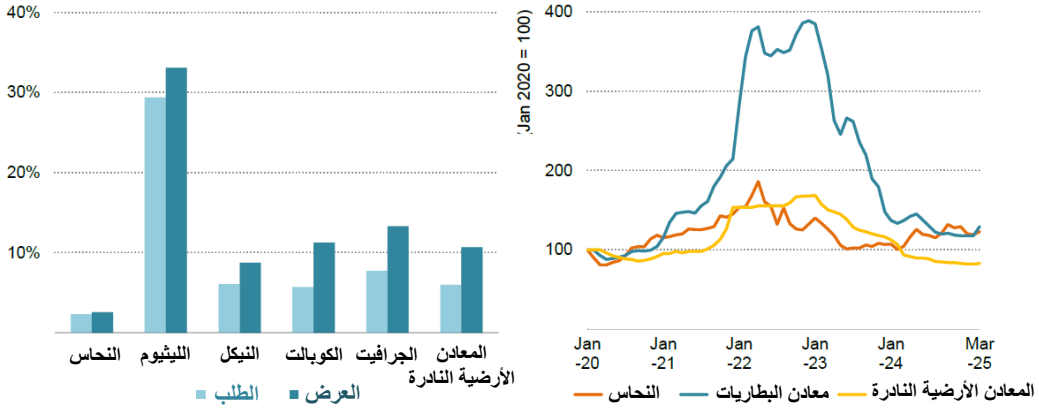
▪ التطورات في المعادن الحرجة

أصبحت المعادن الحرجة اللازمة لتحولات الطاقة مثل الليثيوم والنيكل والكوبالت والجرافيت والنحاس والعناصر الأرضية النادرة الأخرى، محوراً رئيسياً في سياسات الطاقة والتجارة العالمية، ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى أهميتها البالغة في صناعة السيارات الكهربائية، وشبكات الكهرباء، وتقنيات الطاقة المتجددة. وفي هذا السياق، استمر النمو القوي في الطلب العالمي على المعادن الحرجة خلال عام 2024، مدفوعاً بالتوسع الملحوظ في تطبيقات الطاقة، إلا أن الارتفاع الكبير في الإمدادات،

لا سيما من الصين وإندونيسيا والكونغو الديمقراطية، ساهم في فرض ضغوط على الأسعار لتتجه نحو الانخفاض، عقب الارتفاعات الكبيرة التي شهدتها خلال عامي 2021 و2022.

وقد ارتفع الطلب العالمي على الليثيوم في عام 2024 بنسبة بلغت نحو 30% مقارنة بالعام السابق، وهو معدل يتجاوز بشكل كبير متوسط النمو خلال العقد الماضي الذي لم يتجاوز 10% سنوياً. كما ارتفع الطلب على النيكل والكوبالت والجرافيت والعناصر الأرضية النادرة بنسبة تراوحت بين 6 إلى 8%، في حين شهد الطلب على النحاس نمواً بلغ نحو 3% بفضل الاستثمارات الكبيرة في شبكات الكهرباء – لا سيما في الصين. هذا وتجدُر الإشارة إلى أن نحو 85% من النمو في الطلب على المعادن المستخدمة في صناعة البطاريات، مثل الليثيوم، جاء من تطبيقات الطاقة، مما يعكس الدور المحوري للطاقة في تشكيل اتجاهات أسواق تلك المعادن.

متوسط النمو السنوي للطلب والعرض بين عامي 2021 و2024، وتطورات الأسعار للمعادن المختارة

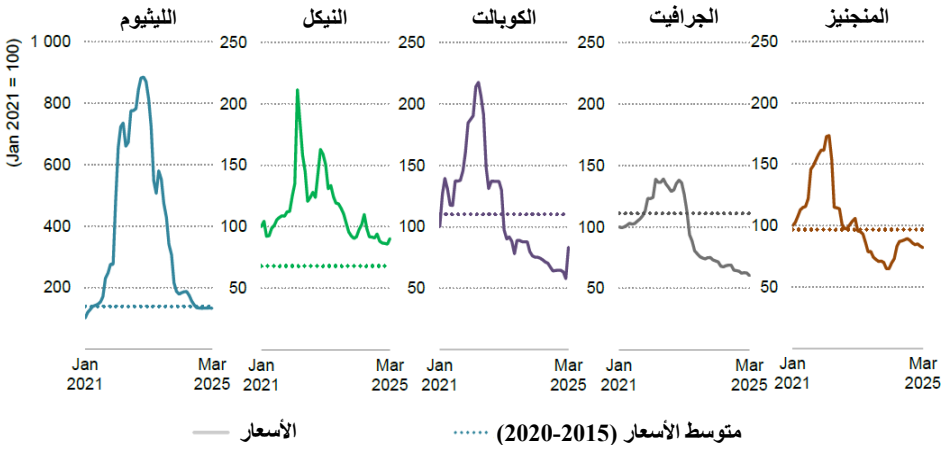


المصدر: IEA, Global Critical Minerals Outlook 2025.

وفي المقابل، ارتفعت الإمدادات العالمية من المعادن الحرجة بشكل كبير وبوتيرة أسرع من الطلب العالمي، مما ساهم في تراجع الأسعار – لا سيما للمعادن المستخدمة في صناعة البطاريات. حيث انخفضت أسعار الليثيوم بأكثر من 80% منذ عام 2023 بعد أن كانت قد ارتفعت بمقدار ثمانية أضعاف في عامي 2021 و2022، كما تراجعت أسعار كل من الجرافيت والكوبالت والنيكل بنسب تراوحت بين 10 إلى 20%، وكان المنجنيز هو الاستثناء الوحيد، حيث ارتفعت أسعاره نتيجة اضطرابات الإمدادات في أستراليا والجابون وزيادة الطلب. أما أسعار الألومنيوم والنحاس والزنك،

فقد شهدت تعافياً في عام 2024 مدفوعة بزيادة الطلب الصناعي وتراجع المخزونات والتوقعات بشأن الانتعاش الاقتصادي في الصين، في حين ارتفعت أسعار القصدير والفضة بشكل ملحوظ بفعل عوامل مرتبطة بقطاع الإلكترونيات والطاقة الشمسية.

اتجاهات الأسعار لبعض معادن البطاريات المختارة



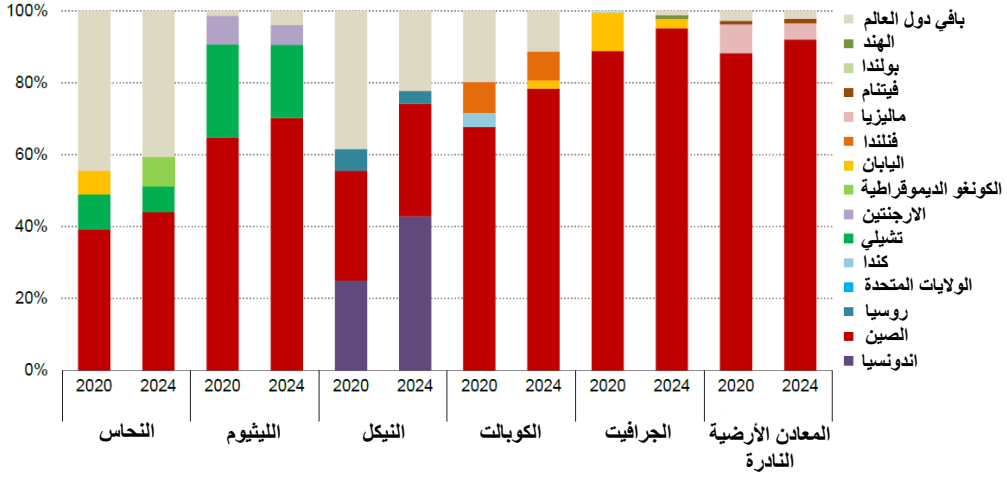
المصدر: IEA, Global Critical Minerals Outlook 2025.

وتشـــير التوقعات إلى نمو الطلب العالمي على المعادن الحرجة الرئيســـية المرتبطة بالطاقة بشكل سريع في كافة السيناريوهات المستقبلية، مع استحواذ قطاع الطاقة النظيفة على الحصة الأكبر. حيث يتوقع نمو الليثيوم بمقدار خمســة أضــعاف حتى عام 2040، وفقاً لسـيناريو السـياسـات المعلنة لوكالة الطاقة الدولية، بينما يتوقع أن يتضاعف الطلب على الجرافيت والنيكل. كما سيشهد الطلب على الكوبالت والعناصر الأرضية النادرة نمواً ملحوظاً بنسبة تتراوح بين 50 – 60% بحلول عام 2040. ويتوقع نمو الطلب العالمي على النحاس بنســبة 30%. هذا ويُعزز اســتخدام البطاريات في المركبات الكهربائية نمو الطلب على الليثيوم والجرافيت والنيكل والكوبالت. وفي الوقت نفسه، يُسهم التوسع في الشـــبكات الكهربائية والمعدات الصـــناعية في زيادة الطلب على النحاس. ومن المتوقع أن تكون الإمدادات من النيكل والكوبالت والجرافيت والعناصر الأرضية النادرة قادرة على تلبية الطلب، إذا تم تنفيذ المشـروعات المعلنة في مواعيدها. ويظل النحاس التحدي الأكبر، حيث يُتوقع أن يشـهد فجوة في الإمدادات تصل إلى نحو 30% بسبب تراجع جودة الخامات وارتفاع تكاليف الاستثمار وطول الفترات

الزمنية اللازمة لتطوير المناجم، إضافة إلى ندرة الاكتشافات الجديدة. كما أن النمو السريع في الطلب على الليثيوم قد يؤدي إلى فجوة في الإمدادات خلال ثلاثينيات القرن الحالي.

وتجدر الإشارة إلى زيادة التركيز الجغرافي لكافة المعادن الحرجة خلال الأعوام الأخيرة، لا سيما النيكل والكوبالت. هذا وتستحوذ الصين على الحصة الأكبر من الكوبالت والجرافيت والعناصر الأرضية النادرة – مع امتلاكها أصولاً كبيرة في دول أخرى، وتسيطر إندونيسيا على النيكل، وباستثناء الليثيوم الذي شهد مساهمة كبيرة من منتجين جدد مثل الأرجنتين وزيمبابوي.

التوزع الجغرافي للإنتاج العالمي من المعادن الحرجة



المصدر: IEA, Global Critical Minerals Outlook 2025.

وقد أعلن الاتحاد الأوروبي في الرابع من يونيو 2025 عن 13 مشروعاً خارجياً جديداً لزيادة إمداداته من المعادن الحرجة الضرورية للحفاظ على تنافسيته في تحولات الطاقة. ويأتي ذلك عقب قرار الصين في أبريل 2025 بفرض قيود على تصدير مغناطيسات المعادن النادرة التي تسيطر على أكثر من 90% من الإنتاج العالمي، مما أضطر بعض شركات صناعة السيارات إلى وقف الإنتاج جزئياً. ومن المقرر أن تُركز 10 مشروعات جديدة على المعادن الحرجة المستخدمة في بطاريات المركبات الكهربائية، بما في ذلك الليثيوم والكوبالت والمنجنيز والجرافيت. كما أعلنت الكونغو الديمقراطية في أواخر شهر يونيو 2025 تمديد حظر صادرات الكوبالت لمدة ثلاثة شهور. ومن

جانبها، أعلنت الولايات المتحدة الأمريكية في الأول من يوليو 2025 عن إطلاق مبادرة المعادن الحرجة مع أستراليا والهند واليابان، تهدف إلى التعاون لتأمين وتنويع سلاسل توريد تلك المعادن.

بناء على ما تقدم، تمثل أسواق المعادن الحرجة عنصراً استراتيجياً في عملية التحولات العالمية نحو الطاقة النظيفة، حيث تتشابك العوامل الاقتصادية والجيوسياسية والتكنولوجية بشكل معقد. فالطلب المتسارع مدفوعاً بتوسع تطبيقات الطاقة المتجددة والمركبات الكهربائية، يقابله سباق عالمي لتأمين الإمدادات وتنويع مصادرها، في ظل تركز الإنتاج في عدد محدود من الدول وهيمنة قوى رئيسية على سلاسل الإمدادات. وعلى الرغم من أن بعض المعادن الحرجة تُظهر وفرة نسبية في المدى القريب، إلا أن التحديات المرتبطة بالقيود الجيوسياسية، قد تشكل اختبارات حاسمة لقدرة العالم على تلبية احتياجات تحولات الطاقة المستقبلية. ومن ثم، فإن تعزيز الاستثمارات في الاستكشاف والتقنيات الجديدة لإعادة التدوير، إلى جانب الشراكات العالمية، سيظل ركيزة رئيسية لضمان استدامة أسواق المعادن الحرجة، وتجنب اختناقات قد تعرقل مسار التحول نحو اقتصاد منخفض الكربون.

▪ تحولات سياسة الطاقة الأمريكية:

قانون "فاتورة واحدة، كبيرة، وجميلة[4] - "One, Big, Beautiful Bill Act

تشهد سياسة الطاقة الأمريكية مُنذ بداية عام 2025، تحولاً جذرياً يعكس تغيراً في الأولويات الاستراتيجية، سواء على الصعيد الاقتصادي أو الأمني. فقد أصدر الرئيس الأمريكي أوامره التنفيذية التي تضمنت إعلان حالة طوارئ وطنية في قطاع الطاقة، والانسحاب من اتفاقية باريس للمناخ، والتراجع عن تشجيع صناعة السيارات الكهربائية، وإيقاف مزادات مشروعات طاقة الرياح البحرية. كما أمر بتسريع الإجراءات الخاصة بمنح التراخيص لمحطات توليد الكهرباء والنفط والغاز. ويُمثل **مشروع قانون "فاتورة واحدة، كبيرة، وجميلة"** ومعه الأوامر التنفيذية الأخرى التي أصدرها الرئيس الأمريكي، إعادة توجيه التركيز إلى نهج واقعي يقوم على تعزيز الاستغلال الأمريكي لمصادر الطاقة الأحفورية، بحيث يشمل توسيع عمليات التنقيب والإنتاج، وتسهيل التراخيص البيئية، وتوجيه التمويل إلى البنية التحتية للغاز الطبيعي والفحم والطاقة النووية، إضافة إلى تعزيز المعادن الحرجة.

[4] يقع مشروع قانون "فاتورة واحدة، كبيرة، وجميلة" في 1038 صفحة تتناول جميع القطاعات الاقتصادية، ويمكن الإطلاع على تفاصيله من خلال الرابط: https://www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/1/text.

ويؤكد هذا التحول أن الولايات المتحدة الأمريكية، قد اختارت تفضيل ضمان أمن الطاقة على الالتزامات المناخية، في ظل التحديات الجيوسياسية والاقتصادية المتسارعة. وهو ما يتجلى في سحب وتقليص الحوافز الضريبية والدعم المؤسسي عن مشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وتخزين البطاريات والهيدروجين الأخضر، رغم أنها كانت حتى وقت قريب جزءاً أساسياً من الرؤية المستقبلية الأمريكية للحد من انبعاثات الكربون وتحقيق الحياد المناخي.

وفي هذا السياق، يذكر أن سياسة الطاقة الأمريكية شهدت في الثاني والعشرون من مايو 2025 نقلة نوعية أثارت جدلاً واسعاً، تمثلت في إقرار مجلس النواب مشروع قانون يحمل أسماً غير مألوف في الخطاب التشريعي، وهو **"فاتورة واحدة، كبيرة، وجميلة"** الذي حصل على تأييد 215 نائباً مقابل 214 صوتاً معارضاً، ما يعكس الانقسام العميق داخل المشهد السياسي الأمريكي تجاه قضايا الطاقة وتغير المناخ. فبينما يروج أنصار القانون الجديد له باعتباره وسيلة لترشيد الإنفاق العام وتحقيق الأمن الطاقي للولايات المتحدة الأمريكية، عبر تعزيز الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية مثل النفط والغاز الطبيعي، يرى المعارضون لهذا القانون أنه يشكل تهديداً مباشراً للبيئة والاقتصاد والتنمية المستدامة.

يتضمن مشروع القانون الجديد عدد كبير من التعديلات والإلغاءات لأحكام قائمة ضمن قوانين بيئية واقتصادية مهمة، وعلى رأسها **قانون خفض التضخم الأمريكي Inflation Reduction Act** الصادر في عام 2022، والذي يُعد حجر الزاوية في الاستراتيجية الأمريكية للتحول إلى الطاقة النظيفة. حيث يشمل نطاق التعديلات إجراءات صارمة وغير مسبوقة ضد الحوافز الضريبية والدعم المالي الذي استفادت منه قطاعات الطاقة النظيفة منذ إقرار قانون خفض التضخم، مما قد يؤثر سلباً على عدد من البرامج، أبرزها صندوق خفض غازات الاحتباس الحراري، ومبادرات تقليص تلوث الهواء، وبرامج خفض انبعاثات الديزل. كما يتضمن إنهاء الحافز الضريبي الممنوح للسيارات الكهربائية بقيمة 7500 دولار بحلول نهاية عام 2025، وإلغاء الحوافز الضريبية للاستثمار والإنتاج التي استفادت منها مشروعات إنتاج الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وتخزين البطاريات، والهيدروجين الأخضر. وإلزام المطورين ببدء بناء مشروعات الطاقة النظيفة الجديدة في غضون 60 يوماً من تاريخ إقرار القانون، وتقديم الموعد النهائي للتشغيل إلى عام 2028، كشرط للحصول على الإعفاءات

الضريبية، مما يعني أن آلاف المشروعات المستقبلية لن تكون مؤهلة للحصول على الدعم الفيدرالي، ويشكل ذلك تحولاً جوهرياً في سياسة الطاقة الأمريكية.

وفي المقابل، يُقدم القانون الجديد دعماً كبيراً لمشروعات الوقود الأحفوري، لا سيما مشروعات الغاز الطبيعي. ومن بين البنود البارزة، فرض رسوم جديدة على صادرات وواردات الغاز مع الدول غير المرتبطة باتفاقيات تجارة حرة مع الولايات المتحدة، وتوفير تمويل حكومي لضمانات قروض مشروعات خطوط أنابيب الغاز المسال الممتدة من ولاية ألاسكا. فضلاً عن تسهيل عمليات منح التصاريح لمشروعات الغاز الطبيعي، واعتبار بعض مشروعات خطوط أنابيب النفط مؤهلة للحصول على التصاريح بموجب نفس الأنظمة المبسطة التي تنطبق على مشروعات الغاز الطبيعي. وتؤكد هذه التدابير مجتمعة على التوجه الأمريكي الجديد نحو الاعتماد على الوقود الأحفوري كمصدر استراتيجي للطاقة خلال المرحلة المقبلة. كما يُقدم مشروع القانون دعماً لمطوري الطاقة النووية بمنحهم موعداً نهائياً لبدء العمل بحلول نهاية عام 2028 للتأهل للحصول على إعفاءات ضريبية.

وتشير بعض التوقعات إلى أن هذا القانون الجديد سيكون له أثراً اقتصادياً سلبياً في المدى المتوسط والطويل. فقد كانت الحوافز الضريبية التي أقرها قانون خفض التضخم الأمريكي هي أحد الأسباب الرئيسية لاستقطاب أكثر من 160 مليار دولار من الاستثمارات خلال عامين فقط، بالإضافة إلى توفير مئات آلاف من الوظائف في قطاع الطاقة النظيفة. وسيؤدي إقرار القانون بشكل نهائي إلى خسارة 250 ألف وظيفة في قطاع الطاقة الشمسية وحده، وفقاً لشركة "Jefferies" الرائدة عالمياً في مجال الخدمات المصرفية الاستثمارية وأسواق رأس المال، مع توقعات بتوقف أو انسحاب العديد من الشركات العاملة في تصنيع الألواح الشمسية والبطاريات. كما حذرت رابطة صناعات الطاقة الشمسية الأمريكية من أن مشروع القانون الجديد قد يؤدي إلى موجة من إغلاق المصانع وتسريح العاملين. ومن جهة أخرى، شهدت أسهم شركة Sunrun، الرائدة في تركيب أنظمة الطاقة الشمسية، هبوطاً غير مسبوق بنسبة 37% بعد تمرير القانون في مجلس النواب، وحذرت الشركة من أن هذا القانون سيزيد من تكلفة الكهرباء على المستهلك الأمريكي.

وقد تسبب مشروع **قانون "فاتورة واحدة، كبيرة، وجميلة"** في نشوب خلاف علني حول سياسات الطاقة المتجددة ودعم السيارات الكهربائية، بين الرئيس الأمريكي وإيلون ماسك –

رئيس شـــركة "Tesla" – الذي أعلن اســـتقالته من قيادة هيئة الكفاءة الحكومية لترشـــيد الإنفاق في الإدارة الأمريكية. حيث انتقد ماسك مشروع القانون، معترضـاً على احتوائه على بنود تراها شركات الطاقة النظيفة والمركبات الكهربائية بأنها غير مبرره وضـد مصـلحة الاقتصـاد الأمريكي المسـتقبلي، شـــملت تقليص الحوافز، في مقابل إبقاء الدعم لقطاع النفط والغاز، واصـــفاً ذلك بالظلم الصـــارخ. ومن جانبه، دافع الرئيس الأمريكي عن مشـروع القانون واصـفاً إياه بأنه "أكبر تخفيض ضـريبي في تاريخ الولايات المتحدة الأمريكية". وانعكس هذا الخلاف على أسـهم شـركة "Tesla"، حيث انهارت بنسبة نحو 14% في جلسة تداول واحدة، مما أسفر عن خسارة 150 مليار دولار من قيمتها السوقية.

أما فيما يخص الأضـــرار البيئية المحتملة لهذا القانون الجديد، فتشـــير التقديرات إلى أن إلغاء الحوافز الحكومية الممنوحة لمشروعات الطاقة النظيفة سيساهم في تأخير أو إلغاء أكثر من 70% من المشـــروعات المســـتقبلية التي كانت ســـتدخل في شـــبكة الكهرباء الأمريكية خلال العقد القادم، وفقاً لتقديرات مجموعة روديوم البحثية. وفي هذا السـياق، تجدُر الإشـارة إلى أن مشـروعات الطاقة النظيفة لعبت دوراً رئيســـياً في تقليص اعتماد الولايات المتحدة الأمريكية على الفحم والغاز الطبيعي في توليد الكهربـاء، ومكنتهـا من خفض الانبعـاثـات الكربونيـة بشـــكـل كبير خلال الأعوام الأخيرة. وبالتالي، فإن التراجع المفاجئ عن هذه السياسات، قد يؤدي إلى ارتفاع معدل الانبعاثات الكربونية مرة أخرى، ويهدد التزامات الولايات المتحدة الأمريكية ضـــمن اتفاق باريس لتغير المناخ. كما يُتوقع أن يؤدي إلغاء برامج مثل تخفيض انبعاثات الديزل وصـــندوق خفض التلوث في المجتمعات الفقيرة، إلى تدهور جودة الهواء، لا سيما في المناطق الصناعية والحضرية التي تعاني بالفعل من نسب عالية من التلوث البيئي.

من جهة أخرى، يتضـمن القانون الجديد بنداً ينص على منع المشـروعات التي تحصـل على "مساعدات مادية" من جهات أجنبية محظورة – مثل الصين – من الاستفادة من الاعتمادات الضريبية، بداية من عام 2026. ويُنظر إلى هذا البند على أنه محاولة من جانب الإدارة الأمريكية لتقليص الاعتماد على الصـين في سـلاسـل التوريد المرتبطة بقطاع الطاقة الشـمسـية والبطاريات. ولكن في الواقع، تعتمد غالبية المشروعات الأمريكية على استيراد مكونات أساسية مثل الزجاج المستخدم في الألواح الشـمسـية، والكوبالت، والليثيوم، وهي معادن تستحوذ الصـين على نسـبة كبيرة من إنتاجها.

وبالتالي فإن هذه القيود ستؤدي إلى إقصاء فعلي لتلك المشروعات من برامج الدعم، مما سيقلص القدرة التصنيعية المحلية، ويزيد التكاليف على المستثمرين الأمريكيين.

ولم تتوقف التغيرات في سياسة الطاقة الأمريكية عند الجانب التشريعي فقط، بل تبعتها إجراءات تنفيذية، تمثلت في **إعلان وزارة الطاقة الأمريكية في 31 مايو 2025**، عن إلغاء 24 منحة ضمن برامج الطاقة النظيفة بقيمة 3.7 مليار دولار، مرتبطة بمشروعات لم تكن مجدية اقتصادياً أو لا تضمن عائداً استثمارياً مرضياً من أموال دافعي الضرائب. وشملت المشروعات الملغاة مبادرات كُبرى، مثل منحة لشركة إكسون موبيل لتحويل استخدام الوقود من الغاز الطبيعي إلى الهيدروجين، ومشروع أسمنت منخفض الكربون بتمويل 500 مليون دولار.

يذكر أن الرئيس الأمريكي أصدر في الثامن من شهر أبريل 2025، أمراً تنفيذياً بإنعاش صناعة الفحم النظيفة والجميلة في الولايات المتحدة، في إطار السعي إلى ضمان الازدهار الاقتصادي وتعزيز الأمن القومي وخفض تكاليف المعيشة. حيث أشار الأمر التنفيذي إلى أن الفحم يتمتع بوفرة عالية وتكلفة منخفضة، ويمكن الاعتماد عليه في جميع الظروف المناخية، فضلاً عن كونه مصدر للطاقة في قطاع الصناعة. كما أكد الأمر التنفيذي على أن موارد الفحم الأمريكية تُقدر قيمتها بتريليونات الدولارات، وأن لها القدرة ليس فقط على تحقيق الاستقلال الطاقي، بل أيضاً على دعم حلفاء الولايات المتحدة الأمريكية من خلال التصدير، وإمكانية استخدام الفحم لمواجهة الارتفاع المتوقع في الطلب على الكهرباء الناتج عن انتعاش الصناعات المحلية وبناء مراكز البيانات المعتمدة على الذكاء الاصطناعي. ومن ثم، سيتمتع الفحم بالامتيازات التنظيمية ذاتها التي تُمنح للمعادن الاستراتيجية، في خطوة تهدف إلى ترسيخ أولوية إنتاجه وتداوله ضمن سياسة الطاقة الأمريكية.

ويشجع الأمر التنفيذي أيضاً على الاستخدام الموسع للإعفاءات البيئية لتسريع الموافقات على مشروعات الفحم، عبر تفعيل استثناءات التصنيف البيئي بموجب قانون السياسة البيئية الوطنية الأمريكي. كما يربط بين صناعة الفحم وصناعة الفولاذ، عبر دراسة وتقييم مدى إمكانية اعتبار الفحم المعدني المستخدم في صناعة الفولاذ "مادة حيوية" أو "معدن استراتيجي"، والعمل على إدراجه ضمن القوائم الوطنية الأمريكية للمعادن الحرجة التي صدر بشأنها أيضاً إلى جانب الطاقة النووية أوامر تنفيذية من قبل الرئيس الأمريكي خلال شهر مايو 2025.

وبناءً على ما تقدم، فإن مشروع **قانون "فاتورة واحدة، كبيرة، وجميلة"** هو إعلان رسمي بأن حقبة الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية قد دخلت بالفعل مرحلة من التباطؤ، مقابل صعود حقبة جديدة تستند إلى موارد الطاقة التقليدية، والتوسع في مشروعات النفط والغاز والفحم والطاقة النووية، والاهتمام المتزايد بالمعادن الحرجة. وستتوقف الآثار النهائية لهذا لقانون على ما إذا كانت التعديلات المنتظرة ستنجح في تخفيف حدة الانعكاسات المحتملة. وحتى ذلك الحين، يبقى قانون "فاتورة واحدة، كبيرة، وجميلة "شاهداً على التغير المتسارع الذي تشهده أولويات سياسة الطاقة الأمريكية مُنذ بداية عام 2025.

▪ مراكز البيانات وتحولات الطاقة:

البنية الرقمية في مواجهة تحديات الاستهلاك والاستدامة

شهد الذكاء الاصطناعي (AI)[5] تطوراً كبيراً جعله في صدارة الاهتمامات الاقتصادية والسياسية حول العالم، إذ تحول من مجال أكاديمي ضيق إلى صناعة عالمية تبلغ قيمتها تريليونات الدولارات. في المقابل، فإن هذا التقدم التكنولوجي الهائل يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالطاقة، ولا سيما الكهرباء، سواء من حيث الحاجة إلى إمدادات ضخمة لتشغيل مراكز البيانات التي تُستخدم لتدريب وتشغيل نماذج الذكاء الاصطناعي، أو من حيث إمكانياته في تحسين كفاءة استخدام الطاقة. وقد تضخمت حركة البيانات الرقمية بما يقارب عشرين ضعفاً مُنذ عام 2010، ويقود هذا النمو المتسارع إلى زيادة هائلة في الاعتماد على مراكز البيانات، وهي المنشآت التي تستضيف الخوادم وأجهزة التخزين والشبكات اللازمة لمعالجة وتخزين البيانات، ومن ثم ارتفع الطلب على الطاقة لتشغيل مراكز البيانات بشكل ملحوظ.

وفي هذا السياق، تجدُر الإشارة إلى أن مراكز البيانات التي تُعد العمود الفقري للذكاء الاصطناعي تستهلك كميات ضخمة من الكهرباء، حيث أن مركز بيانات واحد فقط قد يستهلك طاقة تعادل ما تستخدمه 100 منزل من الكهرباء، وقد يصل استهلاك مراكز البيانات الحديثة من الطاقة إلى ما يعادل 20 ضعف هذا العدد، مما دفع العديد من دول العالم إلى إعادة النظر في بنيتها التحتية للطاقة، حيث سيكون توفير إمدادات كهرباء بأسعار معقولة وموثوقة ومستدامة عاملاً حاسماً في تطوير الذكاء

[5] الذكاء الاصطناعي: هو علم صنع آلات قادرة على تعلم أداء المهام التي تتطلب تقليدياً الذكاء البشري.

الاصطناعي، وستكون الدول القادرة على توفير الطاقة اللازمة بالسرعة والحجم والتكلفة الأنسب للاستفادة من هذا التطور، في موقع الريادة في حقبة الذكاء الاصطناعي القادمة.

التقدم السريع في الذكاء الاصطناعي وتطوير مراكز البيانات

شهد الذكاء الاصطناعي قفزات تقنية هائلة في الأعوام الأخيرة، حيث أصبحت نماذج الذكاء الاصطناعي واسعة النطاق قادرة على أداء مهام معقدة مثل الترجمة وتوليد الصور وتحليل البيانات الاستقصائية وتعزيز البحث العلمي. وفي الوقت نفسه، أصبح توليد وإطلاق هذه النماذج يتم أساساً في مرافق حوسبة عالية الأداء في مراكز البيانات الحديثة التي تتكون من صفوف من الخوادم عالية الكفاءة ومزودة ببطاقات تسريع متطورة لتدريب ونشر نماذج الذكاء الاصطناعي. صاحب ذلك التطور تدفق استثمارات عالمية ضخمة، حيث تضاعفت تلك الاستثمارات تقريباً منذ عام 2022 لتصل إلى حوالي 500 مليار دولار في عام 2024، وارتفعت القيمة السوقية للشركات المرتبطة بالذكاء الاصطناعي في مؤشر ستاندرد آند بورز 500 بنحو 12 تريليون دولار خلال نفس الفترة، وقد أدت هذه الطفرة الاستثمارية إلى تزايد المخاوف بشأن ارتفاع الطلب على الكهرباء.

استهلاك الطاقة في مراكز البيانات

يُقدر إجمالي استهلاك مراكز البيانات العالمية من الطاقة بنحو 415 تيراواط/ ساعة من الكهرباء في عام 2024، أي ما يعادل حوالي 1.5% من إجمالي استهلاك الكهرباء العالمي خلال نفس العام. ورغم أن هذا المستوى يبدو محدوداً نسبياً، فإن استهلاك مراكز البيانات ارتفع بمعدل 12% سنوياً على مدى الأعوام الخمس الأخيرة، أي بما يفوق أربعة أضعاف معدل نمو استهلاك الكهرباء الإجمالي. ومن المتوقع أن يتضاعف استهلاك مراكز البيانات من الكهرباء ليصل إلى حوالي 945 تيراواط/ساعة بحلول عام 2030، وهو مستوى يزيد قليلاً عن إجمالي الاستهلاك الحالي من الكهرباء في اليابان – ثالث أكبر اقتصاد عالمي ، كما أنه يزيد عن مما تستهلكه صناعات إنتاج الألمنيوم والصلب والأسمنت والمواد الكيميائية وجميع السلع الأخرى كثيفة الاستهلاك للطاقة مجتمعة. ورغم اتساع نطاق عدم اليقين بعد عام 2030، إلا أنه من المتوقع ارتفاع استهلاك مراكز البيانات العالمية من الكهرباء إلى حوالي 1200 تيراواط/ساعة بحلول عام 2035.

التوزيع الجغرافي والقطاعي لاستهلاك الطاقة في مراكز البيانات

استحوذت الولايات المتحدة الأمريكية على الحصة الأكبر من استهلاك الكهرباء في مراكز البيانات العالمية خلال عام 2024 بلغت 45%، تليها الصين بحصة 25%، ثم أوروبا بحصة 15%. وتشير التوقعات إلى أن الصين والولايات المتحدة الأمريكية سيتحوذا على ما يقارب نحو 80% من نمو استهلاك الكهرباء في مراكز البيانات العالمية حتى عام 2030، حيث سيرتفع استهلاك الولايات المتحدة الأمريكية بنحو 240 تيراواط/ساعة (130%) مقارنة بمستوى عام 2024، وسيرتفع استهلاك الصين بنحو 175 تيراواط/ساعة (170%)، كما يتوقع أن يرتفع الاستهلاك في أوروبا بأكثر من 45 تيراواط/ساعة (70%)، وفي اليابان سيرتفع استهلاك الكهرباء في مراكز البيانات بحوالي 15 تيراواط/ساعة (80%).

أما المناطق الأخرى، فما زالت حصة مراكز البيانات صغيرة نسبياً، حيث تستحوذ على أقل من 10% من سعة مراكز البيانات العالمية، رغم أنها تضم نصف مستخدمي الإنترنت عالمياً، ما يعكس فرصة سانحة "للقفز الرقمي" إن توفرت السياسات المناسبة. حيث يتوقع أن تشهد هي الأخرى نمواً سريعاً في هذا القطاع، مما قد يؤهلها للعب أدوار متزايدة الأهمية في المشهد العالمي المستقبلي لمراكز البيانات. فعلى سبيل المثال، من المتوقع أن يتضاعف الطلب على الكهرباء في مراكز البيانات في منطقة جنوب شرق آسيا بحلول عام 2030، بدعم من مراكز البيانات الإقليمية الضخمة في سنغافورة وجنوب ماليزيا.

وفيما يخص التوزيع القطاعي، تشترك خدمات الحوسبة السحابية العملاقة (Hyperscalers) مثل منصات Amazon Web Services وGoogle Cloud في قيادة نمو الطاقة المستهلكة. حيث أظهرت الدراسات أن هذه المنصات تلبي الجزء الأكبر من الطلب المتزايد من مراكز البيانات المهيأة لدعم نماذج الذكاء الاصطناعي الكبيرة. كما أعلنت شركات تكنولوجيا كبرى عن استثمارات ضخمة في البنية التحتية السحابية، مثل مجموعة علي بابا الصينية التي ستقوم باستثمار نحو 53 مليار دولار في تطوير مرافق الحوسبة السحابية ومراكز البيانات في الأعوام الثلاثة المقبلة.

وتساهم قطاعات أخرى مثل الإعلام الرقمي والتجارة الإلكترونية والخدمات المالية في الطلب المتزايد على مراكز البيانات، لكنها أقل تأثيراً في استهلاك الطاقة مقارنة بشركات الحوسبة السحابية الضخمة.

مصادر الطاقة المستخدمة في مراكز البيانات

تعتمد مراكز البيانات العالمية على مزيج متنوع من مصادر الطاقة. ومن المتوقع أن تُلبي مصادر الطاقة المتجددة – لا سيما طاقة الرياح والطاقة الشمسية – نصف النمو العالمي في طلب مراكز البيانات، مُضيفة نحو 450 تيراواط/ساعة حتى عام 2035، مدعومة بتخزين الطاقة والشبكات الكهربائية الأوسع واستراتيجيات شركات التكنولوجيا التي تفضل العقود طويلة الأمد، ولكن إطلاق هذه الإمكانات سيتطلب استثمارات ضخمة، لا سيما في موازنة الطبيعة المتقطعة لمصادر الطاقة المتجددة مع دورات الحوسبة غير المرنة للذكاء الاصطناعي. وسيظل الغاز الطبيعي – لا سيما في الولايات المتحدة الأمريكية، لا غنى عنه على المدى القريب إلى المتوسط، حيث يتوقع أن يساهم بحوالي 175 تيراواط/ساعة لتلبية طلب مراكز البيانات. كما يتوقع أن تُساهم الطاقة النووية بنفس القدر تقريباً من توليد الطاقة لتلبية طلب مراكز البيانات، لا سيما في الصين واليابان والولايات المتحدة الأمريكية، وستدخل أولى المفاعلات النووية المعيارية الصغيرة حيز التشغيل بحلول عام 2030. ومن الجدير بالذكر أن بعض الشركات الكبرى في مجال التكنولوجيا، مثل شركة "Google" وضعت أهدافاً صارمة لاستخدام مصادر الطاقة الخالية من الكربون في مراكز البيانات، كما أعلنت شركة "Amazon" مشروعات لربط مرافقها بمحطات الطاقة النووية، واتفقت شركة "Microsoft" على شراء الكهرباء المولدة من الطاقة الحرارية الأرضية والهيدروجين النظيف والطاقة النووية المتطورة.

تأثير مراكز البيانات على شبكات الكهرباء وأمن الطاقة

يمثل الانتشار السريع لمراكز البيانات تحديات كبيرة لشبكات الكهرباء. فهذه المراكز، بصفتها "مستهلكات صناعية" كبيرة الحجم، تتركز غالباً في مواقع محدودة، مما يعرضها لضغوط البنية التحتية. فعلى سبيل المثال، يتركز ما يقرب من نصف سعة مراكز البيانات الأمريكية في خمس مناطق فقط، مما يؤدي إلى تكثيف الضغوط على شبكات النقل والتوزيع. هذا وتواجه نحو 20% من

مشروعات مراكز البيانات العالمية المُخطط لها تأخيرات مُحتملة بسبب قيود الشبكة الكهربائية، حيث تشهد الاقتصادات المتقدمة مثل الولايات المتحدة الأمريكية وأجزاء من أوروبا تاخيرات تتراوح ما بين 4 إلى 8 أعوام لربط الشبكات الجديدة، وتُؤدي الاختناقات في سلاسل الإمدادات للأجهزة الأساسية – بما في ذلك المحولات الكهربائية كبيرة الحجم، والتوربينات الغازية ومعدات الشبكات الأخرى – إلى طول فترات تنفيذ المشروعات وعدم ضمان مهلة التسليم. ولذا، اتجه بعض مشغلي مراكز البيانات إلى مواقع جغرافية تتمتع بشبكات كهرباء فائقة القوة أو إلى إنشاء وحدات توليد احتياطية مدعومة بالغاز الطبيعي أو البطاريات ضمن مرافقهم للتحكم في الطلب، بل وحتى إلى استخدام أنظمة التحكم في الطلب للمساهمة في استقرار الشبكة العامة.

ومن جانب آخر، يعيد تطور مراكز البيانات رسم أولويات أمن الطاقة. فمن ناحية، يؤدي تزايد الاعتماد على النظام الرقمي في إدارة شبكات الكهرباء إلى رفع مخاطر الأمن السيبراني، حيث تضاعفت الهجمات الإلكترونية على مرافق الطاقة بنحو ثلاثة أضعاف خلال الأعوام القليلة الماضية وباتت أكثر تطوراً بفضل أدوات الذكاء الاصطناعي التي تعتبر في الأصل من الأدوات الهامة لتعزيز أمن الشبكات ومواجهة هذه الهجمات، عبر تحليل قواعد البيانات الضخمة لرصد المخاطر والتنبؤ بها. كما إن ارتفاع الطلب على الطاقة في مراكز البيانات يمثل مخاوف بشأن سلاسل الإمدادات العالمية، لا سيما في ظل الحاجة المتزايدة إلى المعادن الحرجة مثل "الجاليوم" المستخدم في صناعة رقائق المعالجات، والذي تستحوذ الصين وحدها على نحو 99% من إجمالي إنتاجه العالمي، مع توقع أن يصل الطلب على هذا المعدن من مراكز البيانات إلى أكثر من 10% من الإنتاج العالمي بحلول عام 2030. وبشكل عام، يجب تطوير استراتيجية أمن رقمي متكاملة لحماية البنية التحتية للطاقة من التهديدات السيبرانية، بما في ذلك نشر نظم إنذار مبكرة وتقنيات الذكاء الاصطناعي لضمان المراقبة المستمرة.

تجدُر الإشارة إلى تطوير عدة مشروعات حلولاً للاستفادة من الحرارة الزائدة في مراكز البيانات. حيث قامت مدينة "ستوكهولم" – عاصمة السويد في عام 2024، باستخدام حرارة مركز بيانات كبير لتدفئة نحو 10 آلاف شقة سكنية، وهو ما يمثل حوالي 10% من حاجة المدينة للحرارة. وفي ألمانيا، تم تركيب مراكز بيانات داخل توربينات رياح لتشغيلها مباشرة بطاقة الرياح المولدة،

مما يمكن تشـــغيل ثلث مراكز البيانات المحلية دون المرور بالشـــبكة الوطنية. كما يتم التركيز على تطبيق تقنيات تبريد متطورة وأنظمة اســـتعادة الحرارة من الأجهزة في مراكز البيانات، وذلك لزيادة وفورات الطاقة الإجمالية وخفض التكاليف التشغيلية.

دور الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة وخفض الانبعاثات

يشـكل الذكاء الاصـطناعي، رغم اسـتهلاكه للطاقة، أداة هامة لتحسـين كفاءة الأنظمة وخفض الانبعاثات. فقد بدأت شـركات الاتصـالات والطاقة في توظيف تقنيات الذكاء الاصـطناعي في إدارة الشبكات وتحسين العمليات الإنتاجية. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام نماذج ذكية للتنبؤ بالاختلالات في تدفق التيار الكهربائي وإدارة الطلب، مما قد يقلص فترات انقطاع الشـبكة بنسـبة تصـل إلى 50% ويسـتغل مئات الجيجاوات من الطاقة غير المسـتخدمة. وفي القطاع الصـناعي، تؤكد الدراسـات أن أنظمة الذكاء الاصـطناعي للتحكم والتحسين في مصـانع البتروكيماويات والمناجم والتصـنيع يمكن أن تحقق وفورات في الطاقة تفوق اسـتهلاك دولة مثل المكسـيك. كما باتت تقنيات الاسـتشـعار الذكية مدعومة بالذكاء الاصـطناعي تكتشـف تسـريبات الميثان في حقول النفط وتحسـن كفاءة الحفر والبنية التحتية، مما يُســهم في تقليل الغازات المســببة لظاهرة الاحتباس الحراري. وفي هذا الســياق، تجدُر الإشارة إلى أهمية تعزيز السياسات التحفيزية لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين كفاءة الطاقة. يتضمن ذلك تقديم حوافز للشركات التي توظف خوارزميات ذكية في إدارة المباني والنقل والصناعة، وإدماج هذه التقنيات ضمن معايير كفاءة الطاقة.

وعلى صـــعيد مراكز البيانات نفســـها، قامت بعض شـــركات التكنولوجيا باســـتخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات. فعلى سبيل المثال، طبق فريق بحث تابع لشركة "Google" نموذجاً تعليمياً ليُقلل استهلاك الطاقة في أنظمة التبريد داخل مراكز الشركة بنسبة تصل إلى 40%، ومن المتوقع أن تحذو شـركات تكنولوجيا أخرى حذوها بتطبيق خوارزميات ذكية لضـبط درجة الحرارة واستهلاك الطاقة بما يتكيف مع الأحمال المتغيرة في الوقت الفعلي. وبشكل عام، تشير التقديرات إلى أن التطبيقات الحالية للذكاء الاصـــطناعي في القطاعات المختلفة يمكن أن تؤدي إلى خفض الانبعاثات العالمية بحوالي 5 – 10% من إجمالي انبعاثات قطاع الطاقة بحلول 2030.

تحديات البنية التحتية والمهارات وسلاسل الإمدادات

يواجه دمج الذكاء الاصطناعي ومراكز البيانات تحديات كبيرة في البنية التحتية، حيث يتطلب تخطيط وإنشاء شبكات الكهرباء وتوسعة خطوط النقل فترة زمنية طويلة، في حين يمكن بناء مركز بيانات جديد خلال فترة زمنية قصيرة. وبالتالي، يتطلب النمو السريع وضع خطط مستقبلية لتطوير الشبكات بما يتوافق مع هذا الطلب. وفيما يخص التبريد والإمداد الكهربائي، تحتاج مراكز البيانات إلى موارد مائية وبنية تبريد فعالة، مما قد يشكل عبئاً إضافياً في المناطق ذات موارد المياه المحدودة أو المناخ الحار.

وعلى صعيد القوى البشرية العاملة، تتطلب التكنولوجيا المتقدمة في مراكز البيانات مهارات تقنية متخصصة، ومن ثم باتت هناك حاجة ملحة لتوفير برامج تدريب وتعليم متخصصة بهدف معالجة النقص الموجود في التخصصات الدقيقة المطلوبة. ويمكن تحقيق ذلك من خلال دعم برامج تعليمية موجهة لتنمية المهارات الرقمية المرتبطة بالطاقة والذكاء الاصطناعي. حيث أن تعزيز التدريب المهني في تخصصات مثل الحوسبة وتحليلات البيانات، والهندسة الكهربائية يضمن وجود جيل قادر على بناء وتشغيل مراكز البيانات بكفاءة.

يأتي ذلك إلى جانب المخاوف بشأن نقص الإمدادات لبعض المكونات الإلكترونية الرئيسية المستخدمة في مراكز البيانات، حيث تعتمد تقنيات الذكاء الاصطناعي بشكل كبير على رقائق حوسبة متطورة، ومن ثم فإن حدوث أي اضطرابات جيوسياسية أو قيود على التصدير من شأنه أن يؤخر بناء مراكز البيانات، كما أن الاعتماد على معادن نادرة مثل الجاليوم والليثيوم والكوبر يثير المخاوف من تقلب الأسعار ومخاطر نقصها، مما يحتم تطوير إجراءات للتنويع وإعادة التدوير الآمن لهذه المواد.

من جانب آخر، ترتبط الزيادة الكبيرة في استهلاك الطاقة بتحديات بيئية ملحوظة، حيث تمثل مراكز البيانات وشبكات الاتصالات المرتبطة بها نحو 1% من انبعاثات الغازات الدفيئة العالمية المتعلقة بالطاقة. ومع استمرار النمو المتوقع، يمكن أن تصبح البصمة الكربونية لهذ القطاع كبيرة جداً، وتشير بعض التقارير أن قطاع مراكز البيانات قد ينتج نحو 2.5 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2030، وهو ما يعادل نحو 40% من انبعاثات الولايات المتحدة الأمريكية السنوية. بالإضافة إلى ذلك، توجد تحديات بيئية أخرى، تكمن في استهلاك مراكز البيانات لكميات

كبيرة من المياه في أنظمة التبريد، ومساهمتها في توليد كميات من النفايات الإلكترونية نتيجة لتجديد الأجهزة بشكل دوري. وهنا تبرُز ضرورة تطوير معايير موحدة للإفصاح عن استهلاك الطاقة وانبعاثات مراكز البيانات والذكاء الاصطناعي، بما يعزز الشفافية ويحفز إجراءات خفض البصمة الكربونية في هذا القطاع.

خلاصة القول، أصبحت مراكز البيانات جزءاً لا يتجزأ من البنية التحتية الحيوية للاقتصاد العالمي الرقمي، وسيستمر دورها في النمو مع توسع الذكاء الاصطناعي والخدمات الرقمية المصاحبة. غير أن الحفاظ على استدامة هذا النمو يتطلب تنسيقاً كبيراً بين شركات التكنولوجيا، والحكومات العالمية، وموردي الكهرباء، لضمان توفير مصادر طاقة نظيفة وموثوقة، إلى جانب تطوير حلول مبتكرة لخفض استهلاك الكهرباء وتحسين الكفاءة التشغيلية، لا سيما وإن المسار نحو مستقبل رقمي مستدام يعتمد بشكل رئيسي على مراكز بيانات أكثر كفاءة، وأقل استهلاكاً للطاقة، وأكثر اتساقاً مع أهداف المناخ العالمية، ما يجعل مراكز البيانات لاعباً رئيسياً في دفع التحول نحو أنظمة طاقة منخفضة الانبعاثات، ويعكس بوضوح العلاقة التفاعلية بين توسع البنية التحتية الرقمية وتحولات الطاقة العالمية.

ويستعرض الملحق (1) بشيء من التفصيل أهم ما دار في المؤتمرات الدولية التي تناولت الواقع والآفاق المستقبلية لموضوع تحولات الطاقة.

المحور الرابع

التطورات المتعلقة بتغير المناخ

المحور الرابع: التطورات المتعلقة بتغير المناخ

مقدمة

أصبح موضوع تغير المناخ من أبرز التحديات التي تتطلب استجابة منسقة وعاجلة من كافة دول العالم، لا سيما وأنه يمثل تهديداً كبيراً للأمن الاقتصادي والبيئي. ومع سعي دول العالم إلى الامتثال بالاتفاقيات المناخية وتحقيق أهداف الحياد الكربوني، أصبحت سياسات التخفيف من الآثار السلبية لتغير المناخ من الركائز الأساسية في خطط النمو الاقتصادي المستقبلي. وفي هذا السياق، يظل الهدف المناخي العالمي المتمثل في الحد من ارتفاع درجات الحرارة إلى 1.5 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية، هو المحور الرئيسي لكافة الجهود المناخية، وتحقيق ذلك الهدف يتطلب تقليص الانبعاثات بشكل حاد خلال العقود القادمة. هذا وتشير التوقعات إلى أن الاستثمارات العالمية في تقنيات خفض انبعاثات الكربون ستشهد نمواً كبيراً خلال الأعوام القادمة. **وفيما يلي استعراض لأهم المؤتمرات الدولية التي تناولت موضوع تغير المناخ، مع تناول أحدث التطورات المتعلقة بتغير المناخ التي قد يكون لها انعكاسات على بعض القطاعات.**

▪ مؤتمر "Bonn" لتغير المناخ

عُقد مؤتمر "Bonn" لتغير المناخ خلال الفترة (16 – 26) يونيو 2025 بمدينة بون الألمانية، في إطار الاجتماعات النصف سنوية للهيئات الفرعية التابعة لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ، كمحطة تحضيرية رئيسية قبل مؤتمر الأطراف "COP30" المزمع عقده في مدينة "Belem" البرازيلية في شهر نوفمبر 2025. ركز المؤتمر على أجندة واسعة، أبرزها التكيف مع آثار التغير المناخي، وتخفيف الانبعاثات، والتمويل المناخي، والخسائر والأضرار. وتطرقت المناقشات إلى مسار "Baku-Belem" المالي الذي يستهدف تعبئة 1.3 تريليون دولار سنوياً للدول النامية بحلول عام 2030، والإطار العالمي للتكيف ووضع مؤشرات واضحة لقياس التقدم، فضلاً عن قضايا التكنولوجيا، والابتكار المناخي، وبرامج التحولات العادلة للطاقة.

أبرزت المناقشات اختلافات جوهرية بين الدول النامية والمتقدمة حول قضايا التمويل والخسائر والأضرار، وزاد من تعقيد المشهد غياب الولايات المتحدة الأمريكية عن

المشاركة الرسمية في المؤتمر. حيث طالبت الدول النامية بأن تتحمل الدول المتقدمة مسئوليتها عبر توفير تمويل مباشر بموجب اتفاق باريس، غير أن الدول المتقدمة فضلت مقاربة أكثر مرونة تدعو كل من يملك القدرة إلى المساهمة، مما أدى إلى تأخير المفاوضات لمدة يومين، وسط خلاف حول جدول الأعمال، في ظل دعوة الدول النامية إلى تضمين بندين جديدين يركزان على تمويل المناخ من الدول المتقدمة ورفض التدابير التجارية الأحادية الجانب التي تفرضها الدول الصناعية. كما ظل موضوع الخسائر والأضرار عالقاً، ولم يتم التوصل إلى اتفاق بشأن مصادر تمويله أو آليات عمله المستقبلية.

أما على الجانب الإيجابي، تم إحراز تقدم نسبي في مجال التكيف، من خلال تحديد مؤشرات أولية لقياس التقدم المحرز نحو تحقيق الهدف العالمي للتكيف. وفي ملف التخفيف، تم الاتفاق على ضرورة أن تكون المساهمات المحددة وطنياً أكثر توافقاً مع هدف الحد من ارتفاع حرارة الأرض عند مستوى 1.5 درجة مئوية، مع تسريع التنفيذ الميداني لإبقاء أهداف اتفاقية باريس في المتناول. كما تم الاتفاق على رفع ميزانية هيئات المناخ بنسبة 10% لتصل إلى نحو 81.5 مليون يورو للفترة (2026 –2027). كما أُحرز تقدم في موضوع صندوق التكيف، حيث تم الاتفاق على تحويله بالكامل ليصبح تحت مظلة اتفاقية باريس. وتم وضع مسودة خطة عمل للنوع الاجتماعي، حيث أعربت العديد من الأطراف عن التزامها القوي بتقديم خطة عمل طموحة وقابلة للتنفيذ للأعوام القادمة.

وبشكل عام، أظهر مؤتمر "Bonn" لتغير المناخ، استمرار حالة الجمود المزمنة في مسار المفاوضات المناخية. ورغم بعض الإنجازات الجزئية، مثل تعزيز الإطار المؤسسي للتكيف وزيادة الميزانية، إلا أن القضايا الرئيسية كالتمويل ما تزال دون حلول، مع استمرار غياب إرادة سياسية قوية والتزامات مالية ملموسة. وعلى وقع تلك المعطيات، يجب أن يكون مؤتمر "COP30" نقطة تحول لا تقتصر على تحقيق الطموحات فحسب، بل تشمل أيضاً العدالة والإنصاف والتمويل لأولئك الذين يواجهون مخاطر تغير المناخ.

▪ الذكاء الاصطناعي كأداة للعمل المناخي

تُتيح تقنيات الذكاء الاصطناعي إمكانات كبيرة للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. على سبيل المثال، يُمكن للذكاء الاصطناعي أن يُساعد في تقليل هدر الطاقة، وتحسين استهلاكها وتوزيعها، وتحديد مستوى الانبعاثات من العمليات الصناعية. ويمكن لأنظمة إدارة الطاقة المدعومة بالذكاء الاصطناعي تحسين كفاءة الشبكة، والتنبؤ بالطلب على الطاقة، وتحسين نشر مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. كما يُمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي تحليل بيانات النقل لتحسين تدفق حركة المرور وتخطيط المسارات، مما يقلل من استهلاك الوقود والانبعاثات. وبالإضافة إلى ذلك، يوفر الذكاء الاصطناعي تطبيقات واعدة فيما يتعلق بالتكيف مع آثار تغير المناخ، حيث يمكنه تعزيز أنظمة الإنذار المبكر من خلال التنبؤ بالظواهر الجوية المتطرفة مثل الأعاصير والفيضانات والجفاف، مما يتيح إدارة استباقية لمخاطر الكوارث. وعند دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع صور الأقمار الصناعية، يمكن دعم الحفاظ على التنوع البيولوجي، والاستخدام المستدام للمياه، وجهود استصلاح الأراضي.

ولكن على الرغم ذلك، فإن التحيز وعدم المساواة في أنظمة الذكاء الاصطناعي يُشكلان أيضاً مخاطر جسيمة، كما يُثير استهلاك أنظمة الذكاء الاصطناعي للطاقة والمياه مخاوف بشأن الاستدامة، لا سيما في المناطق التي تُعاني بالفعل من نقص الموارد. هذا وتواجه العديد من الدول النامية عوائق كبيرة أمام تبني حلول مناخية قائمة على الذكاء الاصطناعي، حيث تُعيق البنية التحتية الرقمية المحدودة، النشر الفعال لأنظمة الذكاء الاصطناعي. كما تفتقر تلك الدول غالباً إلى إمكانية الوصول إلى بيانات مناخية شاملة وعالية الجودة، وهي أساسية لتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي ودعم اتخاذ قرارات فعالة قائمة على البيانات، لا سيما وأن عدم وجود أطر موثوقة لتبادل البيانات وتدابير للأمن السيبراني، قد يؤدي إلى مخرجات غير دقيقة للذكاء الاصطناعي.

ولإطلاق العنان لفوائد الذكاء الاصطناعي في العمل المناخي في الدول النامية، لا سيما الدول الأقل نمواً والدول الجزرية الصغيرة النامية، تُحدد اللجنة التنفيذية للتكنولوجيا (TEC) التابعة لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ مجموعة من الإجراءات ذات الأولوية المُوصى بها وهي:

- معالجة الفجوة الرقمية من خلال الاستثمار في البنية التحتية وبرامج بناء القدرات في مجال الذكاء الاصطناعي التي تُمكن الخبراء والمؤسسات المحلية.
- توافر البيانات والوصول إليها من خلال تحسين جمع بيانات المناخ ومبادرات البيانات المفتوحة لدعم تطوير نماذج الذكاء الاصطناعي ونشرها.
- تعزيز حوكمة الذكاء الاصطناعي بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ من خلال إنشاء أطر تنظيمية تُعزز الشفافية والإنصاف والتبني الأخلاقي للذكاء الاصطناعي.
- إدارة استهلاك موارد الذكاء الاصطناعي من خلال تعزيز أنظمة الذكاء الاصطناعي الموفرة للطاقة والمياه لضمان الاستدامة.
- تعزيز التعاون العالمي لتبادل المعرفة ومواءمة المعايير ومعالجة الثغرات التنظيمية.

هذا ويمكن أن يساعد تطبيق تلك الإجراءات الدول النامية على تسخير الذكاء الاصطناعي كأداة استراتيجية للنهوض بالعمل المناخي على نطاق واسع. مع الأخذ في الاعتبار بأن تعزيز البنية التحتية الرقمية، وسد فجوات البيانات، واعتماد أطر حوكمة قوية لن يبني القدرات المحلية فحسب، بل سيشجع أيضاً الابتكار والتعاون. وعليه يمكن ضمان المشاركة الكاملة لجميع الدول، لا سميا تلك الأكثر عرضة لتغير المناخ، في جهود المناخ العالمية.

▪ المناخ العالمي يدخل مرحلة حرجة جديدة

تشير أحدث التوقعات الصادرة عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية إلى أن العالم مقبل على مرحلة جديدة من الاضطراب المناخي خلال الفترة (2025 – 2029)، تتجلى أبرز ملامحها في استمرار الارتفاع الحاد في درجات الحرارة العالمية وتزايد تقلبات أنماط الأمطار وذوبان الجليد القطبي بوتيرة كبيرة. فوفقاً للنماذج المناخية، من المرجح أن يتراوح متوسط درجة الحرارة السنوي بين 1.2 و1.9 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية، مع احتمال كبير تتجاوز نسبته 86% أن يشهد العالم سنة واحدة على الأقل يتخطى فيها هذا المتوسط مستوى 1.5 درجة مئوية. وقد رسخت الأعوام الخمس الماضية هذا الاتجاه بشكل واضح، حيث كان عام 2024 هو الأشد حرارة منذ بدء تسجيل البيانات، وشمل الارتفاع في درجات الحرارة معظم مناطق اليابسة، لا سيما في المناطق المدارية وأوروبا وأمريكا الشمالية وأجزاء من آسيا. وفي المقابل، سُجلت برودة نسبية في بعض

مناطق المحيط الهادئ الجنوبي والهند وأجزاء من أمريكا الجنوبية، وهو تباين يعكس التأثير المستمر لظاهرة "La Niña"[6] التي هيمنت على جزء كبير من العقد الأخير.

أما أنماط هطول الأمطار فقد اتسمت بالتباين الحاد، حيث شهدت آسيا ومنطقة الساحل الإفريقي فيضانات وأمطاراً غزيرة، بينما استمرت حالة الجفاف في جنوب إفريقيا وأستراليا وأجزاء من قارة أمريكا الجنوبية. وتُظهر التوقعات أن تلك الاتجاهات ستستمر، مع تسجيل معدلات أمطار أعلى في أوروبا الشمالية وألاسكا وسيبيريا، في حين يتواصل التراجع في منطقة الأمازون، وهو ما يهدد بتفاقم الضغوط على النظام البيئي الأوسع لكوكب الأرض. هذا ويمثل القطب الشمالي الحلقة الأضعف في تغير المناخ، إذ يُتوقع أن تشهد المنطقة خلال فصول الشتاء المقبلة ارتفاع في درجات الحرارة تصل إلى 2.4 درجة مئوية، أي ما يزيد بأكثر من ثلاثة أضعاف عن المتوسط العالمي. هذا الارتفاع المتسارع سيقود إلى ذوبان إضافي ملحوظ للجليد. أما في القطب الجنوبي، فالتوقعات لا تزال أقل وضوحاً، لكنها تشير إلى احتمالات قوية لانخفاض ذوبان الجليد عن مستوياته المعتادة.

بشكل عام، تبدو الأعوام الخمس المقبلة مرشحة لأن تشهد استمرار تصاعد درجات الحرارة العالمية، وتغيرات أكثر حدة في أنماط الأمطار، وتراجعاً متسارعاً للجليد القطبي. وهذه الملامح تؤكد أن التغير المناخي لم يعد تحدياً بعيد المدى، بل حقيقة تتطلب من العالم تحركاً عاجلاً للتكيف والتخفيف، وحماية النظم البيئية والاقتصادات والمجتمعات على حد سواء.

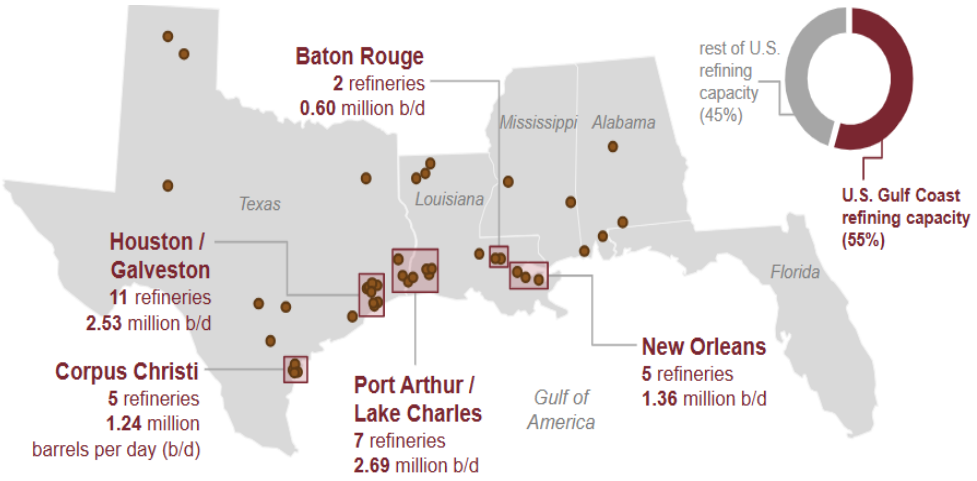
▪ مخاطر صناعة التكرير الأمريكية بسبب موسم الأعاصير في عام 2025

تشير التوقعات إلى أن موسم الأعاصير لعام 2025 سيتجاوز متوسط الفترة (1991 – 2020) بمقدار 17 عاصفة، مقارنة بمتوسط تاريخي بلغ 14 عاصفة. حيث يتوقع أن تشهد الولايات المتحدة ما بين 13 إلى 18 عاصفة (منها 3 إلى 6 عواصف ذات تأثيرات مباشرة) خلال موسم أعاصير الأطلسي لهذا العام الذي يمتد من 1 يونيو إلى 30 نوفمبر، مما يزيد من خطر انقطاع الإنتاج المرتبط بالطقس في صناعة النفط الأمريكية، بما في ذلك انقطاعات محتملة في مصافي التكرير على طول ساحل خليج المكسيك الأمريكي الذي يستحوذ على نحو 55% من إجمالي طاقة التكرير الأمريكية.

[6] واحدة من أهم الظواهر المناخية العالمية المرتبطة بالمحيط الهادئ، وهي تعني التبريد غير المعتاد لسطح مياه المحيط الهادئ، مقارنة بمتوسط درجات

حيث تُواجه تلك المصـــافي خطر حدوث الفيضـــانات أو انقطاع التيار الكهربائي المرتبط بالعواصـــف والأعاصير الكبرى، وعليه يقوم العديد من مُشغلي مصـافي التكرير بإجلاء الموظفين غير الأساسيين وإيقاف الإنتاج بشـكل مؤقت. وقد تُغلق مصـافي التكرير التي تتعرض لأضـرار جسـيمة أو فيضـانات لفترات أطول، مثل مصـــفاة "Alliance" التي أُغلقت بشـــكل دائم خلال عام 2021، عقب أضـــرار جسيمة ناجمة عن إحدى العواصف.

مراكز تكرير البترول في ولايات مختارة على ساحل الخليج الأمريكي، (السعة التكريرية اعتباراً من يناير 2024)



المصدر: EIA, Refining industry risks from 2025 hurricane season, 20 May 2025.

ويُعد موقع العاصـــفة هو العامل الرئيســـي المُحدد لتأثيرها على أســـواق النفط، تليها شـــدتها. ويمكن أن تؤثر الأعاصـــير على الخدمات اللوجســـتية المحلية، والتوزيع، والاســـتهلاك في أي منطقة مُتضـــررة. وفي المناطق التي تواجه إعصـــاراً كبيراً أو حالة طوارئ أخرى، يُمكن أن يؤدي سلوك المستهلك أيضاً إلى زيادات إقليمية في الأسعار، ونقص في الإمدادات المحلية، وتزايد عمليات الشراء بدافع الذعر، وارتفاع حاد في الطلب على الوقود لأغراض الإخلاء. كما يمكن للأعاصير أيضاً أن تُعطل سلاسل توريد المنتجات النفطية. فعلى سبيل المثال، تُشحن إمدادات الوقود في ولاية فلوريدا على متن ســـفن من مصـــافي ســـاحل الخليج، مثل تلك الموجودة في ولاية تكســـاس وولاية لويزيانا، ومن ثم قد تؤدي الأعاصير والعواصف الاستوائية إلى حدوث اضطرابات في عمليات النقل. كما يُمكن

أن تتأثر محطات البيع بالتجزئة بانقطاعات لوجستية أو انقطاعات في التيار الكهربائي، كما حدث أثناء الإعصار "Sandy" في عام 2012.

هذا ومن غير المرجح أن يؤثر مسار إعصار واحد أو عاصفة كبرى على أكثر من مجموعة واحدة من مصافي التكرير على طول ساحل الخليج الأمريكي. ومع ذلك، نظراً لحجم طاقة التكرير الإجمالية في كل منطقة، قد يتم إيقاف تشغيل أكثر من 1 مليون ب/ي مؤقتاً تحسباً لعاصفة كبرى. ولا تعيق الأعاصير في كثير من الأحيان عمليات التكرير في منطقة وسط المحيط الأطلسي، على الرغم من أن أكبر مصفاة على الساحل الشرقي، مصفاة "Bayway" في ولاية نيوجيرسي، تأثرت بإعصار "Sandy" في عام 2012. كما تشكل العواصف المماثلة التي تحد من الواردات إلى ميناء نيويورك خطراً محتملاً على إمدادات النفط الأمريكية.

الملحق (1)

أهم المؤتمرات الدولية التي تناولت الواقع والآفاق المستقبلية لموضوع تحولات الطاقة

أهم المؤتمرات الدولية التي تناولت الواقع والآفاق المستقبلية لموضوع تحولات الطاقة

1. ندوة أوبك الدولية التاسعة

عُقدت ندوة أوبك الدولية التاسعة خلال الفترة (9 – 10) يوليو 2025، في قصر "Hofburg" بالعاصمة النمساوية فيينا، بمشاركة 23 وزيراً ومسؤولاً حكومياً، و 35 من رؤساء الشركات والمؤسسات الوطنية والأقليمية، و 12 رئيساً لمنظمة دولية، وبلغ عدد المتحدثين 71 متحدثاً في ثلاث جلسات وزارية، وسبع جلسات مائدة مستديرة رفيعة المستوى.

عقدت ندوة هذا العام تحت شعار **"رسم المسارات معاً: مستقبل الطاقة العالمية"** للتأكيد على عدم وجود مسار واحد يناسب الجميع لمستقبل الطاقة، وأنه يجب على كل دولة ومجتمع أن يسلك مساره الخاص، مع مراعاة الظروف الوطنية والمسؤوليات المشتركة والمتباينة. وفي هذا السياق، أكد **سعادة السيد/ هيثم الغيص، الأمين العام لمنظمة أوبك** على أن محور جميع المناقشات سيكون حول كيفية تحقيق التوازن بين تحقيق أمن الطاقة، وتعزيز الوصول إليها، وتخفيف وطأة فقر الطاقة مع خفض الانبعاثات.

- **مشاركة أصحاب السمو والمعالي وزراء النفط والطاقة في منظمة أوابك:**

شارك عدداً من أصحاب السمو والمعالي وزراء النفط والطاقة في الجلسة الافتتاحية والجلسات الوزارية، من خلال تقديم وجهات نظرهم في العديد من المواضيع الهامة المطروحة، وذلك على النحو التالي:

1. **الكلمة الافتتاحية لصاحب السمو الملكي الأمير عبد العزيز بن سلمان آل سعود، وزير الطاقة في المملكة العربية السعودية.**

ومن أبرز ما ورد في كلمة صاحب السمو الملكي، ما يلي:

- لا تزال منظمة أوبك توفر منبراً للحوار في عالم هو أحوج ما يكون إليه، وفي خضم التحديات الحالية يجب أن نظل واعين ونركز على مسألة تحول الطاقة، وما تؤدي إليه من تحقيق أمن الطاقة، وتوفرها بأسعار معقولة، وضمان إمكانية الوصول إليها، واستدامتها.
- مع توقع بلوغ عدد سكان العالم نحو 10 مليارات نسمة، وارتفاع الطلب على الطاقة بنسبة تصل إلى 50% بحلول عام 2050، فإن العالم بحاجة إلى مزيج واسع من مصادر الطاقة، وعلى الرغم من توسع مصادر الطاقة فإن النفط والغاز سيظلان عنصرين أساسيين، خاصة في النقل، والصناعات الثقيلة، وتنمية الاقتصادات الناشئة.
- لقد كانت المملكة العربية السعودية ثابتة في رسالتها، وفي تنفيذ سياساتها، وفي تطبيقها على أرض الواقع، فإذا كنت تؤمن بفكرة، عليك أن تنفذها، وإذا نفذتها، فعليك أن تنفذها بشكل سليم. وإذا فشلت في خططك ولم تنجح، فعليك أن تتراجع، وتتوقف مؤقتاً، وتعدل من الخطط ومن ثم تمضي قدماً.
- من الضروري توسيع مفهوم الاستدامة بحيث يتم النظر في الأبعاد الاقتصادية والتجارية، وأمن الطاقة اليوم يعني أيضاً ضمان أن تكون شبكات الكهرباء موثوقة ومرنة، وأن تكون سلاسل الإمداد للمعادن الحرجة مؤمنة، فالعقبات الناتجة عن نقص الاستثمارات والسياسات التقييدية تهدد بتقويض أمن الطاقة وتحولاتها في آن واحد.
- علينا أن نتذكر أننا نعيش على كوكب واحد، وبقاء أحدنا مرهون ببقاء الجميع لذا، لا بد أن يكون التحول شاملاً، ولا ينبغي أن يستثني أحداً. ويجب أن نتذكر دائماً أن حوالي 1.2 مليار شخص يعانون من فقر الطاقة واعتقد أن الرقم الحقيقي قد يكون ضعف أو ثلاثة أضعاف الرقم المعلن.
- يجب أن ندرك أن العالم يتغير بسرعة، وعندما وضعنا اتفاق باريس في عام 2016، لم يُذكر الهيدروجين إلا نادراً، وكانت المعادن الحرجة قضية هامشية، ولم يتوقع أن الذكاء الاصطناعي

ومراكز البيانات ستصبح محركاً رئيسياً للطلب على الطاقة، المستقبل يتطور بسرعة، واستراتيجياتنا يجب أن تواكب هذا التطور.

- إن طريق التحول الناجح في قطاع الطاقة يجب أن يكون مرناً وواقعياً، مستنداً إلى البيانات والتقنيات وقبول جميع مصادر الطاقة، ويجب ألا يكون هذا التحول على حساب النمو الاقتصادي أو القدرة على تحمل تكاليفها، وعلينا أن نأخذ في الاعتبار دائماً الظروف الاقتصادية الفريدة لكل دولة.
- من المشجع أن نرى العديد من الدول تتبنى اليوم نهجاً أكثر واقعية في التعامل مع تحول الطاقة، عبر إعادة تقييم الجداول الزمنية، وتعديل السياسات والتأكيد على دور الهيدروكربونات في دعم أمن الطاقة، ويسر تكلفتها وتنافسيتها.
- الاقتصاديات والابتكار ليسا أيديولوجيا – بل يجب أن نسترشد بهما باعتبارهما خياراً استراتيجياً لأن الأيديولوجيا ستقودنا إلى طريق مسدود.
- ما نحتاجه الآن هو المزيد من التعاون والتكامل، لا العكس، لا يمكننا أن نستمر في حالة الفصل والانقسام ولا أحد منا يمكنه أن يتحمل الانتظار حتى ندرك أننا قد استنفدنا الطاقة.
- أكثر من ملياري إنسان يعتمدون على الوقود التقليدي في الطهي وهو غير آمن ومُلوث، وأقول هذا لأن لدينا فريقاً سعودياً شاباً يعمل بكل جدية في أرجاء أفريقيا وجنوب شرق آسيا، ونتعامل مع الحكومات لإيجاد الحلول، ولا بد أن نتعامل مع هذه القضية لأنها واجب أخلاقي وإنساني.
- أؤكد أن التحول في مجال الطاقة لا يُعد تهديداً للمملكة، بل هو فرصة للابتكار والاستثمار والتنمية الاقتصادية، ونحن في المملكة عازمون على أن نكون نموذجاً يُحتذى، من خلال دعم تحول متوازن وواقعي للطاقة، يعزز النمو الاقتصادي ويضمن أمن الطاقة.

2. كلمة معالي المهندس طارق سليمان الرومي، وزير النفط ورئيس مجلس إدارة مؤسسة البترول، دولة الكويت

أكدت دولة الكويت التزامها بضمان أمن الطاقة في العالم فيما دعت إلى تعزيز الاستثمارات في مشروعات الطاقة المستقبلية وتبني حلول تسهم في خفض الانبعاثات وتعزز التحول نحو منظومة طاقة أكثر كفاءة. جاء ذلك في كلمة ألقاها **معالي المهندس طارق الرومي، وزير النفط ورئيس مجلس إدارة مؤسسة البترول الكويتية**، أشار خلالها إلى أن منظمة أوبك تواصل العمل على استقرار الأسواق عبر تحقيق التوازن بين العرض والطلب وتعزيز الشراكة مع الدول المنتجة من خارج المنظمة من خلال تحالف (أوبك+) بما يساهم في استدامة إمدادات الطاقة.

وفي الجلسة الوزارية الأولى التي عقدت بعنوان (أسواق النفط: أمن الطاقة والنمو والازدهار) شدد معالي الوزير على أهمية استقرار السوق لتحقيق أمن الطاقة ودعم النمو الاقتصادي العالمي مع تأكيد استمرار دور النفط في مزيج الطاقة العالمي خلال العقود المقبلة. كما دعا معاليه إلى تعزيز الاستثمارات في مشروعات الطاقة المستقبلية وتبني حلول تسهم في خفض الانبعاثات وتعزز التحول نحو منظومة طاقة أكثر كفاءة.

وقال معالي وزير النفط الكويتي إن السوق النفطية العالمية تشهد حالة من الاستقرار اللافت مع تسجيل الأسعار ثباتاً نسبياً وازدياداً في معدلات الطلب. وأعرب عن تفاؤله بمستقبل السوق على المديين القريب والمتوسط مشيرا إلى قدرة السوق على استيعاب أي زيادات محتملة في الطلب. وأوضح ان هذا الانطباع يتقاسمه أيضاً غالبية المشاركين في النقاشات التي شهدتها الندوة. وعن الزيادة الأخيرة في الإمدادات التي قامت بها بعض دول مجموعة (أوبك+)، قال معالي الوزير إن هذه الخطوة جاءت نتيجة مخاوف حول مستويات الأسعار لكنها ساهمت في الوقت نفسه بالحفاظ على استقرار الاسعار حيث "لم تكن هناك حاجة حقيقية لضخ كميات إضافية". واعتبر أن هذه المؤشرات تعزز الثقة في قدرة السوق على تحقيق التوازن الذاتي دون الحاجة إلى تدخلات كبيرة داعياً إلى التفاؤل بمستقبل الطاقة على المستوى العالمي. وذكر معالي الوزير ان "السوق في حالة

جيدة وقطاع الطاقة بخير والأسس الحالية للسوق – من حيث التوازن بين العرض والطلب – تبعث على الارتياح رغم صعوبة التنبؤ الدقيق بمستويات الأسعار بالمستقبل" متوقعاً وجود اتجاه صعودي للأسعار في ظل استمرار نمو الطلب.

3. كلمة معالي المهندس سهيل بن محمد فرج فارس المزروعي، وزير الطاقة والبنية التحتية، دولة الأمارات العربية المتحدة

أكد **معالي المهندس سهيل بن محمد فرج فارس المزروعي، وزير الطاقة والبنية التحتية في دولة الأمارات العربية المتحدة،** أهمية دور دولة الإمارات في منظمة أوبك وتحالف "أوبك+"، مشيراً إلى دعم الإمارات لكل قرارات مجموعة "أوبك+"، بهدف تحقيق التوازن والاستقرار في أسواق النفط العالمية. وثمن معاليه رؤية القيادة الرشيدة في تبني سياسة تهدف إلى تعزيز القدرة الإنتاجية للدولة. وقال إن هذه القدرة الإنتاجية للأسواق ستدخل في الوقت المناسب عند احتياج السوق، مؤكداً أن هذا التوسع سيكون له تأثير كعامل مساعد على استقرار الأسواق وأسعار النفط. كما أكد معاليه خلال مشاركته في الجلسة الوزارية الأولى، أن دولة الإمارات تبذل جهوداً كبيرة تفوق تلك التي يبذلها أي منتج آخر في العالم، من أجل تحقيق توازن سوق النفط العالمي.

كما أوضح معاليه الوزير أن قرار خفض الانتاج الطوعي، الذي اتخذ في وقت سابق، قبل عودة "أوبك" مؤخراً إلى زيادة الانتاج، استند إلى فهم دقيق ودراية كاملة بوضع السوق، ودلل على جدوى القرار بعدم حصول زيادة في مخزونات النفط معتبرا أن "عدم زيادة المخزونات تعد بمثابة شهادة على صحة قرار دولة الإمارات" مؤكداً "القرار سليم ولصالح اتزان السوق.". وتناول معاليه أسباب تعاطي دولة الإمارات مع قرارات خفض وزيادة إنتاج النفط، مشيراً إلى أن الدولة تدرك احتياجات سوق النفط بشكل جيد، وتتعاطي بشكل مناسب مع هذه الاحتياجات وبين أن قرار الخفض الطوعي جاء في ظل ظروف معينة، مع إدراك مسبق بأنه سيتم زيادة الإنتاج مجدداً في الوقت المناسب مضيفاً "نحن لدينا مصادرنا لفهم احتياجات السوق"، ولفت إلى أن الاستقرار الذي شهده سوق النفط بمرور الوقت، يؤكد صحة القرار لصالح تعزيز استقرار السوق العالمية.

وعبر معاليه عن ارتياحه لعودة حصة "أوبك" إلى الأسواق تدريجياً، لافتاً إلى عدم تأثيرها سلباً على استقرار الأسعار، الأمر الذي يثبت أن المنظمة ومجموعة "أوبك بلس" كانتا على دراية كاملة باحتياجات السوق. وتوقع أن تزداد حصة المجموعة بفضل الاستثمارات المتوقعة، والدول الأعضاء مثل دولة الإمارات، التي ضخت استثمارات كبيرة لزيادة قدرتها الإنتاجية. كما أوضح أن الزيادات التدريجية في حجم الإنتاج جاءت بشكل مدروس، وكا ن لها دور إيجابي أسهم في تعزيز التوازن واستقرار الأسعار عند مستويات متقاربة، ظلت تقريباً عند المستوى نفسه مع تسجيل ارتفاع طفيف يعكس تحسن الطلب العالمي على النفط.

وثمن معاليه الدور المحوري، الذي يؤديه تحالف "أوبك بلس" في الحفاظ على استقرار سوق النفط العالمي، وقال :"نحن نؤمن بأن هذا التحالف له دور كبير". وأوضح "أن الوزراء واللجان المعنية تجتمع بشكل دوري شهرياً للنظر في احتياجات السوق وتقييمها واتخاذ القرارات المناسبة بشكل جماعي كمجموعة وليس كدول منفردة".

4. كلمة معالي الدكتور خليفة رجب عبد الصادق، وزير النفط والغاز، دولة ليبيا

شارك **معالي الدكتور خليفة رجب عبد الصادق، وزير النفط والغاز، دولة ليبيا**، في الجلسة الوزارية المعنونة: "التمويل لتعزيز الاستثمارات في قطاع الطاقة". تناولت الجلسة التحديات والفرص في جذب الاستثمارات للقطاع، وآليات تمويل الطاقة المستدامة ودور المؤسسات المالية الدولية في دعم مشاريع الطاقة في الدول النامية.

استعرض معالي الوزير خلال مداخلته، التجربة الليبية في تطوير بيئة استثمارية جاذبة، خاصة من خلال جولة العطاء العام للاستكشاف والتطوير التي أطلقتها المؤسسة الوطنية للنفط مؤخراً، إلى جانب جهود ليبيا في تحديث النماذج المالية والتشريعية لجعل القطاع أكثر تنافسية وشفافية. كما أكد معاليه على التزام الدولة الليبية بخطط الانتقال الطاقي وتنفيذ مشاريع لخفض الانبعاثات ودعم الطاقة النظيفة بالتوازي مع تطوير الإنتاج التقليدي.

5. كلمة معالي المهندس كريم بدوي، وزير البترول والثروة المعدنية، جمهورية مصر العربية

شـــارك **معـالي المهنـدس كريم بـدوي، وزير البترول والثروة المعـدنيـة في جمهوريـة مصــر العربية** كمتحدث رئيســي في الجلســة الوزارية المعنونة "مســارات لمشــهد طاقة مرن".

وخلال حديثه، أكد معاليه على أن الطاقة تُعد أمراً بالغ الأهمية للنمو الاقتصـــادي. لافتاً إلى أن جهود مصـر للوصـول إلى مزيج الطاقة الأمثل من خلال اتباع نهج متوازن يجمع بين زيادة معدلات الإنتاج من البترول والغاز وما يرتبط بها من جهود خفض الانبعاثات وإزالة الكربون إلى جانب التوسـع في اسـتخدام مصـادر الطاقة المتجددة والهيدروجين بما يدعم توفير مصادر طاقة مستدامة تسهم في تحقيق أمن الطاقة.

ثم تطرق معاليه إلى الدور المهم والمحوري للتعاون والتكامل الإقليمي والدولي في ضـــمان مسـتقبل طاقة آمن ومسـتدام لافتاً إلى جهود قطاع البترول المصـري في إقامة شـراكات مع مختلف الأطراف المعنيين بصـــناعة الطاقة تقوم على المنفعة المتبادلة وتحقيق المصـــالح المشـــتركة. والتي توجت بالعديد من الشـــراكات الاســـتراتيجية ومشـــروعات الربط البيني في مجال الطاقة مع عدد من الدول مثل قبرص واليونان والســـعودية. وكذلك الشـــراكة مع الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة في مجال إنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، ومجالات خفض الانبعاثات وإزالة الكربون.

وذكر معاليه أن مصر تتبنى استراتيجية شاملة لتعزيز دورها كمركز إقليمي للطاقة، بالاعتماد على موقعها الاســـتراتيجي، والاســـتفادة من مواردها وأصـــولها وما لديها من بنية تحتية متميزة. واستعرض سياسات الإصلاح التي انتهجها القطاع لتشجيع الشركاء على ضخ مزيد من الاستثمارات وجذب مستثمرين جدد والتي تتضـمن تحديث شـروط اتفاقيات الامتياز، وإطلاق حزمة من المحفزات بما يسهم في ضمان استدامة سداد مستحقات الشركاء وتقديم حوافز للإنتاج المضاف لتشجيع الشركاء على تكثيف عمليات البحث والاستكشاف، لافتاً إلى مواصلة العمل مع الشركاء لتطبيق أحدث التقنيات والحلول الرقمية لتعزيز الإنتاج، خاصة في الحقول المتقادمة والمناطق الحدودية.

6. كلمة معالي المهندس حيان عبد الغني السواد، نائب رئيس الوزراء لشؤون الطاقة وزير النفط، جهورية العراق

شارك **معالي المهندس حيان عبد الغني السواد، نائب رئيس الوزراء لشؤون الطاقة، وزير النفط بجهورية العراق** في جلسة حوارية، مشيراً إلى إن ضمان أمن الطاقة في السنوات والعقود المقبلة يتطلب إلتزاما واضحا من الدول لتمويل مشاريع الطاقة بكافة أنواعها ، مشيراً إلى أن الوقود الأحفوري لا يزال يشكل أحد الركائز الأساسية في تلبية الطلب العالمي المتنامي على الطاقة ويشكل أيضا محركاً حيوياً لدعم التوسعات في البنية التحتية ومشاريع الطاقة النظيفة والمستدامة، وخاصة في الدول النامية التي تحتاج إلى دعم اقتصادي لتنمية قطاعات حيوية كالصحة والتعليم والخدمات الأساسية. وأن الاستثمار المستمر في مشاريع إنتاج النفط والغاز يعد عاملاً أساسياً لتحقيق استقرار الطاقة العالمي والنمو الاقتصادي الشامل.

وأشار معاليه إلى أن حجم الاستثمارات الحالي لا يرتقي إلى مستوى الطلب المتوقع لا سيما مع استمرار النمو السكاني والصناعي عالميا، موضحا انه لا بد أن يكون هناك تمويل كافٍ من الدول لضمان تحقيق التوازن بين تأمين الإمداد من مصادر الطاقة التقليدية كالنفط والغاز، وبين أهمية الاستثمار في الطاقة النظيفة. وأضاف معاليه أنه يمكن للحكومات أن تطلق صناديق سيادية مشتركة ومبادرة ضمان المخاطر، وأن توفر حوافز ضريبة لجذب الاستثمارات الخاصة إلى مشاريع الطاقة.

وأوضح معالي الوزير عدداً من المقترحات لتسليط الضوء على توازن العراق بين التزاماته الطاقوية والتحديات الاقتصادية والبيئية ودور العراق المستقبلي في تحقيق أمن الطاقة، تضمنت: **المقترح الأول:** تعزيز مشاريع انتاج النفط والغاز كركيزة لأمن الطاقة العالمي والنمو الاقتصادي المحلي. **والمقترح الثاني:** دور العراق في دعم التحول نحو الطاقة النظيفة من خلال استغلال الغاز المصاحب والطبيعي، ويأتي ذلك ضمن السياق التزامات العراق المناخيه وتحقيق التوازن بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة. **والمقترح الثالث:** ربط عوائد الطاقة بتطوير الاقتصاد العراقي وتوفير

الخدمات الأساسية للمواطن ،موضحا ان أهمية قطاع النفط والغاز في العراق لا تقتصر على كونه مصدرا للعوائد المالية بل يمتد دوره ليكون أداة محورية لتحقيق التنمية الاجتماعية والاقتصادية.

كما أكد معالي الوزير إن من أبرز الأولويات في المرحلة الحالية هو تأمين الطاقة محلياً وذلك من خلال اتخاذ عدد من الإجراءات العاجلة في مقدمتها الاستمرار في الاستثمار في مشاريع استثمار الغاز المصاحب والحد من حرقه وتطوير مشاريع انتاج الكهرباء باستخدام هذا الغاز، إلى جانب تحقيق الاكتفاء الذاتي في تجهيز المنتجات النفطية عبر تطوير المصافي والمجمعات التكريرية، بالإضافة إلى التركيز على تنفيذ المشاريع الاستراتيجية التي تهدف إلى زيادة الإنتاج الوطني من النفط الخام وتعزيز قدرات التصدير ، فضلا عن دعم مشاريع الطاقة المتجددة ضمن مسار التحول نحو مزيج طاقوي مستدام.

- **مشاركة الأمانة العامة لمنظمة أوابك:**

شاركت الأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) في فعاليات الندوة، ممثلة **بسعادة الأمين العام المهندس جمال عيسى اللوغاني**، والسيد/ عبد الفتاح دندي مدير الإدارة الاقتصادية والمشرف على إدارة الإعلام والمكتبة.

تناول الأمين العام عدداً من الموضوعات البارزة خلال مداخلته في المائدة المستديرة رفيعة المستوى السابعة بعنوان **"التعاون لبناء أنظمة طاقة مستقبلية"**، حيث أشار إلى أن قرار المجلس الوزاري لمنظمة الأوابك بتحويل المنظمة إلى منظمة عربية تعنى بجميع مصادر الطاقة جاء بناء على مقترح من المملكة العربية السعودية. وأوضح أن العوامل الرئيسية وراء هذا التحول هي التحول السريع في صناعة الطاقة، وظهور الطاقة النظيفة والمتجددة، والتقدم المحرز في تكنولوجيا الإنتاج، علاوة على التشريعات البيئية الأكثر صرامة.

كما تطرق الأمين العام إلى أمن الطاقة وتحولات الطاقة. ففيما يخص أمن الطاقة، أكد على أن نهج أمن الطاقة ينبغي أن يأخذ في الاعتبار دمج جميع مصادر الطاقة الموثوقة، بما في ذلك النفط والغاز الطبيعي، لضمان الاستقرار والقدرة على تحمل التكاليف. وأنه من المهم دعم الجهود الرامية

إلى زيادة استخدام الطاقة المتجددة، وتحسين كفاءة الطاقة، وتطوير مصادر طاقة جديدة مثل الهيدروجين. كما أوضح أن محدودية مصادر إنتاج المعادن الحرجة تشكل قضية يجب معالجتها لأنها قد تشكل تهديداً لصناعة الطاقة المتجددة. أما فيما يتعلق بتحولات الطاقة، فقد أشار الأمين العام إلى أنه يجب "أن نفهم أن الهدف من التحولات في مجال الطاقة هو خفض الانبعاثات وليس القضاء على الوقود الأحفوري، وبالتالي يجب تضمين جميع مصادر الطاقة في مزيج الطاقة المستقبلي. لذلك، هناك حاجة إلى نهج متوازن لإزالة الكربون والحفاظ على استخدام الوقود الأحفوري مع التحول إلى مزيج طاقة أكثر تنوعًا واستدامة". ودعا الأمين العام إلى التعاون الدولي كونه أمراً حيوياً لتبادل التكنولوجيا وتمويل المشاريع لدعم الدول النامية في عملية انتقالها. كما أكد على أن تحولات الطاقة يجب أن تكون واقعية وعادلة وتدريجية.

وفيما يخص الدور المتوقع أن تلعبه المنظمة الجديدة في بناء أنظمة طاقة جديدة تتماشى مع التحولات التي تشهدها صناعة الطاقة العالمية، قال الأمين العام أن هذا التحول سيؤدي إلى توسيع دور المنظمة للمشاركة في العديد من الأنشطة، مثل تنظيم الفعاليات، وإنتاج أوراق بحثية وتقارير حول كافة مصادر الطاقة وقضايا البيئة والاستدامة بهدف تعزيز الشفافية والاستقرار في سوق الطاقة، والتأكيد على أهمية الاستثمار في جميع مصادر الطاقة لضمان نظام طاقة أكثر نظافة واستدامة وبأسعار معقولة للأجيال القادمة. واختتم الأمين العام مداخلته بالقول أن قضية بناء نظام المستقبل مهمة للغاية وتمثل مسؤولية أخلاقية لجميع دول العالم، ويجب علينا جميعاً العمل على إنشاء نظام طاقة عادل وموثوق به لتلبية الطلب العالمي في المستقبل.

خلاصة القول، أن المناقشات خلال ندوة أوبك الدولية التاسعة أكدت على أن العالم بحاجة إلى جميع مصادر الطاقة وجميع التقنيات لتحقيق أهدافه المستقبلية المستدامة في مجالات أمن الطاقة وخفض الانبعاثات والتنمية الاقتصادية، مع ضرورة توفير استثمارات ضخمة في جميع المراحل لضمان توازن أسواق الطاقة العالمية، مما يتطلب تعزيز التعاون الدولي بين جميع الأطراف الفاعلة من منتجين ومستثمرين ومستهلكين.

2. أسبوع الأبتكار لعام 2025

نظمت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) فعالية **"أسبوع الابتكار لعام 2025"** في مدينة بون الألمانية خلال الفترة من 10 إلى 13 يونيو 2025، تحت شعار "الطاقة المتجددة والرقمنة من أجل مستقبل مستدام"، بمشاركة القادة والخبراء وممثلي قطاع الطاقة المتجددة والأوساط الاكاديمية والشباب وصانعي السياسات، بهدف استكشاف أحدث الابتكارات التي من شأنها دفع عجلة التحولات العالمية في مجال الطاقة وتعزيز التنمية المستدامة، باستخدام تق نيات الطاقة المتجددة والرقمنة. وهدفت هذه الفعالية إلى تسليط الضوء على جانبين، هما: الابتكار في البنية التحتية لمضاعفة مصادر الطاقة المتجددة ثلاث مرات، والحلول القائمة على الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة.

الجلسة الافتتاحية:

حوار رفيع المستوى: الابتكار يُحفز مضاعفة مصادر الطاقة المتجددة 3 مرات لتحقيق نمو مستدام

التزمت دول العالم خلال مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين بمضاعفة قدرة الطاقة المتجددة العالمية ثلاث مرات لتصل إلى نحو 11 ألف جيجاواط على الأقل بحلول عام 2030، مما يُمثل مساراً

حاسماً للحد من الاحتباس الحراري عند 1.5 درجة مئوية. وفي هذا السياق، ناقش الحوار كيفية مساهمة الابتكارات في البنية التحتية، وآليات السوق، والتقنيات الرقمية اللازمة لتسريع التقدم نحو تحقيق ذلك الهدف، مع التركيز على كيفية مساهمة الابتكارات في تسهيل إزالة الكربون من أنظمة الطاقة من خلال حلول قائمة على الطاقة المتجددة تضمن الموثوقية وبأسعار معقولة. حيث أشارت **المديرة بالإنابة لمركز الابتكار والتكنولوجيا التابع للوكالة الدولية للطاقة المتجددة**، إلى أنه ينبغي أن تمتلك جميع المناطق أنظمة طاقة آمنة وبأسعار معقولة، فالطاقة المتجددة هي أرخص أشكال الكهرباء. وبالنظر إلى المستقبل، ينبغي على جميع الدول الاستفادة من الابتكارات للوصول إلى الكهرباء وتطوير إمكاناتها الاقتصادية. ومن جانبه أوضح **المدير العام للوكالة الدولية للطاقة المتجددة**، إن موضوع "الطاقة المتجددة والرقمنة من أجل مستقبل طاقة مستدامة"، هو أمر

أساسي ويأتي في الوقت المناسب. وأضاف أن الابتكار لم يعد خياراً، بل أصبح لا غنى عنه، مؤكداً أن "نطاق التحولات في مجال الطاقة وضرورته الملحة يتطلبان تفكيراً جدياً وأدوات وشراكات جديدة".

وألقى **مسؤول من وزارة الشؤون الاقتصادية والطاقة في ألمانيا**، كلمة رئيسية شدد فيها على التطورات التكنولوجية التي تنطوي على إمكانات تحويلية في دفع عجلة التحولات في مجال الطاقة. وأشار إلى أن نظام الطاقة الفعال يُعد أمراً أساسياً لتحقيق الأهداف في مجال إزالة الكربون، والوصول إلى صافي انبعاثات صفرية، وضمان أمن الطاقة. كما أبرز التركيز الاستراتيجي للدول على تعزيز استقلالية الطاقة. وفي معرض حديثه عن حجم التغيير المطلوب، أكد على أن متطلبات البنية التحتية التي تصاحب التحولات في مجال الطاقة جوهرية وعاجلة، وأنه يُمكن بناء مستقبل طاقة آمن وبأسعار معقولة من خلال الابتكار.

وأكدت **المندوبة الدائمة لدولة الإمارات العربية المتحدة لدى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة**، على أهمية العمل المناخي، لا سيما وأن تغير المناخ لم يعد تهديداً بعيداً، بل واقعاً ملموساً. ومع ذلك، يكمن في هذا التحدي فرصة غير مسبوقة، من خلال الابتكار الذي لم يعد مجرد أمر مرغوب فيه فقط، بل هو ضروري لتشكيل عالم يعتمد على المصادر من الطاقة النظيفة. وأشارت إلى أن "التحولات في مجال الطاقة لم تعد تقتصر على القدرة على توليد الطاقة النظيفة فقط، بل على مدى السرعة والموثوقية والعدالة في إيصالها إلى حيث تشتد الحاجة إليها.

واستعرض **المدير العام لمعهد هندسة الطاقة المتجددة الصيني**، التقدم الملحوظ الذي أحرزته الصين في مجال تحولات الطاقة. وأكد أن نمو مصادر الطاقة المتجددة في الصين ساهم بشكل كبير في تحولات الطاقة العالمية، وحقق ثلاث فوائد رئيسية للمجتمعات المحلية وهي: زيادة فرص العمل، وتحسين مستوى المعيشة، والقضاء على الفقر.

وبشكل عام، ركزت الجلسة الافتتاحية على ضرورة تسريع وتيرة الطاقة المتجددة من خلال الابتكار والرقمنة كمحركين رئيسيين لمستقبل مستدام للطاقة. وتُعد الرقمنة، بما في ذلك استخدام الذكاء الاصطناعي، أمراً بالغ الأهمية لدمج مصادر الطاقة المتجددة في أنظمة الطاقة وقطاعات الاستخدام النهائي، وتعزيز مرونة الشبكة الكهربائية وتمكين إدارتها بذكاء. وأكد المتحدثون على ضرورة

أن يكون الابتكار مرتبطاً بالسياق – بما في ذلك تطوير البنية التحتية في الدول الصناعية والتركيز على توسيع نطاق الوصول إلى الطاقة وبناء أنظمة مرنة في المناطق النامية، فضلاً عن أهمية أن يكون الابتكار منهجياً، لا يقتصر على التكنولوجيا فحسب، بل يشمل أيضاً السياسات ونماذج الأعمال وآليات التمويل وتعاوناً دولياً قوياً وشبكات لتبادل المعرفة للتغلب على متطلبات البنية التحتية الكبيرة.

جلسة حوارية حول: التخطيط للمستقبل، سرديات وسيناريوهات الطلب

أصبح الرصد الدقيق لديناميكيات الطلب على الطاقة أمراً بالغ الأهمية للتخطيط لمستقبل مستدام ومرن مع التحول السريع الذي يشهده مشهد الطاقة العالمي. وفي هذا السياق، هدفت هذه الجلسة إلى تسليط الضوء على المنهجيات التي تدمج الاتجاهات الاجتماعية والاقتصادية، والتحولات السلوكية، والتقنيات الناشئة في سيناريوهات الطاقة، من خلال التعرف على كيفية تطور مفهوم تخطيط الطاقة. حيث تم التأكيد على أن تخطيط جانب الطلب ليس مجرد تعلم من التاريخ فقط، بل هو أساس نظام طاقة منخفض الكربون. وتناول النقاش أهمية العمليات التشاركية والشاملة لتخطيط فعال للطاقة. وسلط الضوء على العنصر البشري في عملية تحولات الطاقة، مشيراً إلى أن جانب الطلب يتعلق بسبل العيش وتطورها أكثر من التكنولوجيا، وإن أفضل طريقة للتنبؤ بالمستقبل هي ابتكاره. وأقر المشاركون بأنه على الرغم من أن الذكاء الاصطناعي سيكون عاملاً غير متوقع يؤثر على الطلب، إلا أنه قد يلعب دوراً هاماً في التنبؤ بالطلب المستقبلي على الطاقة.

جلسة حوارية حول: سد فجوات البنية التحتية لأنظمة الطاقة المتجددة

سلطت الجلسة الضوء على الحاجة الملحة للابتكار المنهجي والاستثمار الاستباقي في شبكات الكهرباء لدعم تسريع نشر الطاقة المتجددة. وتشمل الأولويات الرئيسية التي تم تحديدها توسيع سعة الربط الكهربائي، وتعزيز الرقمنة، ودمج ربط القطاعات، وتمكين مرونة الطلب. وشددت الجلسة على الدور المحوري للتطور التنظيمي، وتبادل البيانات، والتعاون بين أصحاب المصلحة، والدفع نحو بنية تحتية رقمية، وتحسين الشبكات القائمة على الذكاء الاصطناعي، ومعايير سلامة أقوى لتخزين البطاريات على نطاق واسع. كما تم التأكيد على ضرورة أن تكون شبكات المستقبل مرنة وشاملة، ومبنية على الابتكار والتنسيق والتكيف التنظيمي لتمكين انتقال عادل ومستدام للطاقة. فبدلاً من البحث عن حل واحد لنظام الطاقة المتطور، سيتطلب المستقبل نهجاً تعاونياً ينفذ حلولاً مترابطة متنوعة.

جلسة حوارية حول: تحديث شبكات الطاقة لمستقبل متجدد في الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية

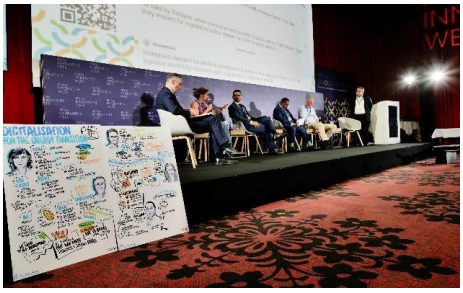
هدفت هذه الجلسة إلى استكشاف كيف يُمكن لتحديث شبكات الطاقة أن يُطلق العنان لإمكانات الطاقة المتجددة في الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية، حيث تُشكل شبكات الطاقة العمود الفقري للتحولات في مجال الطاقة. فقد شهد العالم ارتفاع قياسي في قدرات الطاقة المتجددة خلال الأعوام الأخيرة، بلغت نحو 585 جيجاواط في عام 2024، وهناك حاجة إلى المزيد لتحقيق هدف مضاعفة قدرات الطاقة المتجددة ثلاث مرات بحلول عام 2030. لذلك، تتطلب شبكات الكهرباء توسعاً هائلاً لتلبية احتياجات دمج كميات أكبر من مصادر الطاقة المتجددة. إضافة إلى ذلك، يُعد تحديث الشبكات أمراً أساسياً للاستدامة وتكامل الطاقة المتجددة. وفي هذا السياق، أكد المتحدثون على الحاجة إلى مقاربة تحديث الشبكات بطريقة تضمن عدم إهمال المجتمعات الضعيفة والمحرومة تاريخياً، وأن الاستثمار في شبكات الطاقة يحتاج إلى مضاعفة مقارنة بالمستويات الحالية، ولكن الأهم من ذلك، يجب أن تكون الاستثمارات فعالة قدر الإمكان لتقليل تكاليف الطاقة في نهاية المطاف للمستهلكين.

جلسة حوارية حول: حلول من القاعدة إلى القمة، مجتمعات الطاقة

هدفت هذه الجلسة إلى التعرف على كيف يُمكن لمشروعات الطاقة المتجددة المجتمعية أن تُسرع عملية انتقال الطاقة من خلال تمكين السكان المحليين من ملكية مصادر الطاقة واتخاذ القرارات بشأنها. وركزت المناقشات، على كيفية تغطية مجتمعات الطاقة لسلسلة قيمة الطاقة بأكملها، بدءاً من التوليد المحلي للطاقة والتدفئة والتبريد، ووصولاً إلى خدمات الطاقة مثل التخزين وشحن المركبات الكهربائية، مع توفير المرونة لنظام الطاقة الأوسع. وأكدت على الأهمية الجوهرية للمشاركة المحلية، فالتنمية والتقدم لا يتحققان من تلقاء نفسيهما، بل يتطلبان مشاركة المجتمع. كما تم تسليط الضوء على البعد الاقتصادي لإشراك المجتمع: "إذا بدأ المجتمع باستخدام مشروع الطاقة لتحقيق التنمية الاقتصادية، فإن جميع العناصر الأخرى ستتحقق "، ومن ثم فأن التمكين الاقتصادي يشكل أساساً لمبادرات الطاقة المجتمعية الناجحة. وحدد المشاركون ثلاثة مبادئ أساسية للطاقة المجتمعية وهي: الملكية، والتحكم، والاحتفاظ بالأرباح والفوائد. وخلص النقاش إلى ضرورة تحويل التركيز من تغير المناخ إلى التنمية والفوائد المحلية، حيث إن صياغة الخطاب الصحيح والمقبول يُوجه السياسات، والسياسة الصحيحة تُوجه التمويل.

الجلسة العامة: الرقمنة من أجل تحول الطاقة

تناولت الجلسة العامة كيفية مساهمة الرقمنة كعامل تمكيني تحويلي لتحولات الطاقة، حيث تم التطرق إلى استخدام الابتكارات الرقمية المتطورة، بما في ذلك الذكاء الاصطناعي والشبكات الذكية وأجهزة إنترنت الأشياء والتوائم الرقمية، للبيانات الضخمة لتمكين مراقبة الطاقة في الوقت الفعلي، وأتمتة عملية اتخاذ القرار، وتحسين تكامل الطاقة المتجددة. وفي هذا السياق، أكد المشاركون على أنه "يمكن للحلول الرقمية أن تُطلق العنان لكفاءات غير مسبوقة في أنظمة الطاقة، مما يُعزز فوائد التحول في مجال الطاقة لمختلف الجهات المعنية". وتم الإشارة إلى أنه بحلول عام 2030، سيزداد الطلب على الكهرباء في مراكز البيانات بما يصل إلى نصف الطلب الحالي على الكهرباء في أوروبا، ومن ثم ستصبح الطاقة المتجددة حاسمة لتوفير مصادر الذكاء الاصطناعي. مع التاكيد على أن الرقمنة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي تُسهم في إطلاق قيمة جديدة للنظام، بالنظر إلى تأثيرات الرقمنة والذكاء الاصطناعي على أنظمة الطاقة، بما في ذلك التنبؤ لتعزيز تخطيط الطاقة، وتحسين العمليات، ومراقبة الصيانة التنبؤية، وغيرها.



وأكد **رئيس وحدة الأبحاث والابتكار والتنافسية والرقمنة في المديرية العامة للطاقة بالمفوضية الأوروبية**، على أنه "لا رقمنة بدون طاقة، ولا تحول في مجال الطاقة بدون رقمنة"، وبالتالي، يُعد هذا الموضوع بالغ الأهمية على جدول الأعمال العالمي. واستعرض إجراءات الاتحاد الأوروبي الرامية إلى وضع خارطة طريق تقترح تدابير تستغل فوائد الذكاء الاصطناعي وتُقيم المخاطر. وأشار إلى أنه "بفضل الرقمنة والذكاء الاصطناعي، سيكون هناك نظام طاقة أنظف وأكثر أماناً وبأسعار معقولة أيضاً". وقدم مسؤول من الأمم المتحدة، عرضاً تقديمياً تناول التطبيقات العديدة للرقمنة والذكاء الاصطناعي في نظام الطاقة، حيث يمكن للتوائم الرقمية اختبار أنظمة الطاقة قبل وقوع صدمات حقيقية، ويمكن للذكاء الاصطناعي التنبؤ بأنماط الطقس وتنبيه البنية التحتية المعرضة للخطر إذا لزم الأمر، ويمكن لهذه الحلول أن تساعد في جعل نظام الطاقة ككل أكثر مرونة. وأكد إن

التكنولوجيا وحدها لا تكفي، فالابتكارات تتطلب استثمارات وشراكات ونهجا شاملاً، وينبغي للسياسات أن تعزز بناء القدرات وترعي الأجيال القادمة من رواد الأعمال في مجال التكنولوجيا.

بشكل عام، شددت الجلسة النقاشية على الدور الحاسم لرقمنة نظام الطاقة في تحقيق التحولات في مجال الطاقة، محددة العديد من العوامل الرئيسية المُمكنة وحالات الاستخدام التحويلية. حيث تُعتبر العدادات الذكية أحد تلك العوامل، إلى جانب النشر الأوسع للتقنيات الذكية والبنية التحتية الرقمية. وتُمكن الرقمنة أيضاً من تحسين محافظ الطاقة في الأسواق التي تزداد تعقيداً، والصيانة التنبؤية التي تُحسن الموارد في الشركات، والتنبؤ بشكل أدق بمصادر الطاقة المتجددة المتقطعة. كما تُعزز الرقمنة المرونة عبر الجهات الفاعلة في الشبكة، من الوحدات المركزية إلى تقنيات قطاعات الاستخدام النهائي، مثل المركبات الكهربائية ومراكز البيانات، مما يُساهم في دعم المستهلكين في عملية انتقالهم إلى مرحلة "المنتجين المُستهلكين". بالإضافة إلى ذلك، تُسهل الرقمنة تطوير الشبكات الصغيرة للمجتمعات النائية من خلال تمكين الإدارة المحلية للطلب والعرض والتخزين. ولتسريع هذا التحول، سلط المُشاركون الضوء على ضرورة وجود لوائح مُلائمة للقطاع الرقمي، واعتماد برمجيات مفتوحة المصدر لبناء الثقة وتعميم التكنولوجيا. كما أكدوا على أهمية الاستثمار الكبير في بناء القدرات لسد فجوة المهارات بين خبراء الطاقة والخبراء الرقميين، وتقييم مخاطر الرقمنة، على سبيل المثال من خلال تعزيز الأمن السيبراني.

جلسة حوارية حول: الشباب في تقاطع الذكاء الاصطناعي والطاقة المتجددة في العقد القادم

استعرضت الجلسة الذكاء الاصطناعي وترابطه مع قطاع الطاقة، حيث يتم استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي لجعل أنظمة الطاقة المتجددة أكثر ذكاءً، على سبيل المثال، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي في تشغيل الشبكات الصغيرة أو اكتشاف المشكلات الفنية قبل حدوثها بوقت طويل. ومن ناحية أخرى، يستخدم الذكاء الاصطناعي مراكز بيانات ضخمة تستهلك كميات هائلة من الطاقة، ومن المتوقع أن ينمو الطلب عليها في المستقبل. وركزت المناقشات على الفرص المتاحة للشباب في مجال الرقمنة والذكاء الاصطناعي والتحولات في مجال الطاقة، بالإضافة إلى التحديات التي يواجهها نشر الذكاء الاصطناعي.

جلسة حوارية حول: موارد الذكاء الاصطناعي

تناولت الجلسة كيفية تحويل النمو السريع في الطلب العالمي على الكهرباء في مراكز البيانات، المدفوع بتطور الذكاء الاصطناعي، من تحدٍ يواجه الشبكة الكهربائية إلى فرصة لتسريع نشر الطاقة المتجددة وتحقيق أهداف إزالة الكربون. وفي هذا السياق، تم الإشارة إلى أنه من المتوقع أن تتضاعف احتياجات مراكز البيانات من استهلاك الطاقة خلال الأعوام الخمس المقبلة، وقد تتأثر هذه التوقعات بمدى اعتماد الذكاء الاصطناعي، وكفاءة الأجهزة، وتوافر الشبكة، أو حتى بفجوات المهارات وقيود سلاسل التوريد في المستقبل. كما تم التأكيد على أن "مصدر الطاقة أهم من كمية الطاقة اللازمة". وتُبرز الطاقة المتجددة كحل موثوق وقابل للتطوير. ومع ذلك، قد يؤدي عدم التوافق المحتمل بين توليد الطاقة المتجددة والطلب على مراكز البيانات إلى تقلبات في السوق وزيادة ازدحام شبكة الكهرباء. ويمكن للحلول المبتكرة معالجة تلك المشكلة، بما في ذلك محفظة متنوعة من مصادر الطاقة المتجددة، مع توفير التخزين، على سبيل المثال. ومن بين التحديات التي تمت مناقشتها، موضوع أنظمة الطاقة التي تعتمد بشكل متزايد على الطاقة المتجددة المتغيرة. حيث يكمُن التحدي في أن نمو الطلب يمكن أن يُفاقم ازدحام الشبكة ويُرهق البنية التحتية القائمة. ومع ذلك، طرح المشاركون حلاً لهذه المشكلة، وهو دمج خيارات المرونة، مثل تخزين الطاقة، والاستجابة للطلب، وتحويل الأحمال الزمنية، مما يُساعد في مواءمة عمليات مراكز البيانات مع توليد الطاقة المتجددة وإدارة قيود الشبكة. هذا وغالباً ما تكون مطابقة الطاقة المتجددة السنوية مُضللة، مما يجعل المطابقة بالساعة استراتيجية أكثر دقة وتأثيراً. ومع تضمين التخزين في اتفاقيات شراء الطاقة، فإن تحقيق نسبة مطابقة بالساعة تبلغ حوالي 80% أمر ممكن وتنافسي من حيث التكلفة. بالإضافة إلى ذلك، يُمكن للتعديلات السلوكية واتفاقيات الربط المرنة أن تُسهل عملية التكامل وتُحسن سعة الشبكة الحالية لاستيعاب الطلب المتزايد على الطاقة من مراكز البيانات.

جلسة حوارية حول: الرقمنة من أجل تحولات الطاقة (دراسات حالة)

مع تزايد اعتماد أنظمة الطاقة على مصادر طاقة متجددة متنوعة، يواجه مشغلو الشبكات تحديات معقدة، تشمل الحفاظ على استقرار الإمدادات، وتقليل التخفيضات، وضبط تكاليف الطاقة مع ضمان حصول المستخدمين النهائيين على كهرباء نظيفة وبأسعار معقولة. ولمواجهة هذه التحديات،

استعرضت الجلسة حلولاً رقمية متطورة، بما في ذلك تطبيقات الذكاء الاصطناعي للتنبؤ المستقبلي بالطلب وإمدادات الطاقة المتجددة. كما تم تسليط الضوء على عمليات مُحسنة لأنظمة الطاقة من خلال برامج تقاسم سعة الشبكة، وتقنيات الإدارة عن بُعد لموارد جانب الطلب. حيث يمكن نشر نظام يقرأ بيانات الشبكة في الوقت الفعلي ويطبق خوارزميات متقدمة، مما يساعد التكنولوجيا في تقديم ضعف قدرة النقل الثابتة بشكل فعال في غضون 10 إلى 12 شهر - وهي العملية التي تتطلب عادة حوالي عشرة أعوام لخطوط النقل الجديدة. وتم استعراض النهج الياباني المبتكر لمعالجة ازدحام الشبكة وتسريع تكامل الطاقة المتجددة من خلال توصيلات الشبكة غير الثابتة، والذي بدأ العمل به في أبريل 2024، حيث يُستخدم نظاماً للتنبؤ بالازدحام وإدارته من خلال التحكم في مصادر الطاقة الصغيرة، مما يتيح توصيل المزيد من الشبكات دون الحاجة لتعزيزات مكثفة تستغرق وقتاً طويلاً. ومع ذلك، تواجه التقنيات الرقمية عقبات خاصة، بما في ذلك ضعف الوعي لدى مستهلكي الطاقة.

جلسة حوارية حول: خلق القيمة محلياً، سلاسل الإمدادات والمهارات

أكد المشاركون في الجلسة على إن تحقيق هدف مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين (COP28) المتمثل في زيادة القدرة العالمية للطاقة المتجددة ثلاث مرات بحلول عام 2030 يتطلب أكثر من مجرد نشر سريع، بل يتطلب أيضاً سلاسل إمدادات محلية مرنة تُحفز النمو الاقتصادي. وفي هذا السياق، تم تناول كيفية تمكين الدول من تعزيز خلق القيمة المحلية عبر سلاسل إمدادات الطاقة المتجددة، مع معالجة النقص الحاد في المهارات الذي يُبطئ تقدم عملية تحولات الطاقة. حيث لا تقتصر تلك التحولات على كمية الجيجاوات المولدة فحسب، بل يتعلق بالأفراد والفوائد التي يحصلون عليها. وبينما تُمثل التحولات في مجال الطاقة تحديات، إلا أن هناك طرق فعالة للتغلب على هذه العوائق الهيكلية ومعالجة اختلالات سوق العمل، ويظل ضمان توفير فرص عمل لائقة ودعم تنوع القوى العاملة أمراً بالغ الأهمية لتحقيق النجاح. كما تم التطرق إلى الاتجاهات الحالية للاستثمار في القدرات التصنيعية الجديدة والفرص الرئيسية لسلاسل القيمة المحلية، مثل تسريع التصنيع وتعزيز الصناعات المحلية، بالإضافة إلى تعزيز القدرة على الصمود في مواجهة انقطاع سلاسل الإمدادات العالمية. وهنا تبرُز أهمية توطين التكنولوجيا والمهارات في المجتمعات المحلية، لبناء أنظمة طاقة مستدامة.

جلسة حوارية حول: تمكين تجارة الجيل القادم في سلاسل قيمة الطاقة المتجددة

هدفت الجلسة إلى استكشاف كيف تُعيد أنماط التجارة الناشئة في أسواق الطاقة المتجددة والهيدروجين تشكيل تجارة الطاقة العالمية، في ظل تكيف الدول مع متطلبات المناخ والظروف الجيوسياسية المتغيرة. وفي هذا السياق، تُنشئ تحولات الطاقة نماذج جديدة، حيث تبرز الدول ذات الموارد المتجددة الوفيرة كمصدرين للطاقة المتجددة والوقود الحيوي ومشتقات الهيدروجين، بينما تعتمد الدول ذات القطاعات الصناعية الكبيرة ولكن الموارد المحدودة بشكل متزايد على الواردات لإزالة الكربون من أنظمة الطاقة الخاصة بها. وأشار المشاركون إلى أنه يجب التأكد من أن سلاسل القيمة الجديدة ليست مستدامة فحسب، بل مرنة أيضاً وتنافسية من حيث التكلفة، وينبغي أن تُبنى التدابير التمكينية لسلاسل القيمة الناشئة على ثلاث ركائز أساسية: البنية التحتية، والأطر المؤسسية، والاعتبارات الاجتماعية. واستعرض **مسؤول من منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية**، توقعات سوق الهيدروجين العالمي، التي تشير إلى ارتفاعه لحوالي 30 مليون طن بحلول عام 2040، مدفوعاً بشكل رئيسي بالأمونيا. ومع ذلك، فإن الشكوك المحيطة بتوقعات الطلب والأسعار تُفاقم المخاطر التي تواجه مشروعات الهيدروجين وتُشكل تحديات تمويلية. وللتغلب على هذه العوائق، يجب أن تُعتمد استراتيجيات فعالة لتخفيف المخاطر، مثل الضمانات، إلى جانب شراكات استراتيجية بين القطاعين العام والخاص تُوازن بين نسب المخاطر والعوائد وتُطلق العنان للاستثمارات واسعة النطاق. هذا وتُدار تجارة الهيدروجين العالمية حالياً كسوق للمشترين، مما يُجبر الدول المُنتجة على الالتزام باللوائح المُتنوعة والمُعقدة للدول المُستوردة. ولإطلاق العنان لإمكانات هذا السوق، لا غنى عن وجود أطر مالية قوية، ومعايير مُوحدة، وعمليات اعتماد مُبسطة. وهنا يبرُز التعاون الدولي كحجر الزاوية للنجاح والحد من المخاطر في الأسواق العابرة للحدود، وبناء الثقة بين أصحاب المصلحة، وتجميع موارد البحث والتطوير، والتطوير المشترك للبنية التحتية الحيوية، والعمل في نهاية المطاف على مواءمة قواعد التجارة وتعزيز الشبكات العالمية. ويُعد اليقين التنظيمي ضرورياً لتحفيز الاستثمارات في البنية التحتية للهيدروجين،

حيث يُبطئ عدم اليقين المستمر المحيط بالتغييرات التنظيمية المحتملة بشكل كبير من تطوير المشروعات ونمو السوق.

كما سلطت الجلسة الحوارية الضوء على الإنجازات التكنولوجية الملحوظة التي حققتها الصين في مجال أجهزة التحليل الكهربائي ومسارات إنتاج الهيدروجين المتنوعة، مما رسخ مكانة الصين كمساهم رئيسي في تطوير تكنولوجيا الهيدروجين العالمية وخفض التكاليف. وأكدت على أهمية التعاون والتنسيق الدوليين لبناء الثقة وتحسين ظروف الاستثمار في سوق الهيدروجين المتطور. ويهدف هذا التعاون إلى جمع المنتجين والمستهلكين معًا لمواءمة المتطلبات، وتشكيل أسواق دولية مناسبة، وإدارة قواعد التمويل والشراء والتجارة.

جلسة حوارية حول: البنية التحتية للوقود المستدام في قطاعي الشحن والطيران

استعرضت الجلسة التطورات في البنية التحتية اللازمة لتوسيع نطاق استخدام الوقود المستدام لإزالة الكربون في قطاعي الطيران والشحن البحري، اللذين يُمثلان معاً ما بين 5% و6% من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية، ويواجهان احتمال مضاعفة نشاطهما بحلول عام 2050. وتم التأكيد على أن الموانئ والمطارات تتحول إلى استخدام أنواع وقود أنظف، مثل الوقود الحيوي، والكهرباء المتجددة، مما يتطلب تحديث البنية التحتية الحالية وبناء أنظمة جديدة لتخزين ونقل وتوريد هذه الأنواع من الوقود. وفي هذا السياق، تم تقديم أربع استراتيجيات أساسية لإزالة الكربون من قطاعي الشحن والطيران وهي: تحسين كفاءة الطاقة، والكهربة، واستخدام الوقود الحيوي، وتطوير الوقود القائم على الهيدروجين. وبالنسبة لقطاع الشحن، قد تشمل أنواع الوقود المستقبلية الأمونيا والوقود الحيوي والميثانول، إلا أن هذه الخيارات أعلى تكلفة بكثير من زيت الوقود الثقيل الحالي. وسلط المشاركون الضوء على التحديات الرئيسية، بما في ذلك الاستثمارات الضخمة في البنية التحتية اللازمة لنقل وتوزيع أنواع الوقود الجديدة، خاصة في قطاع الشحن حيث يُعد تخصص الموانئ ومخاوف السلامة المتعلقة بمواد مثل الأمونيا أمراً بالغ الأهمية. أما في قطاع الطيران، فتكمن الصعوبات في تأمين مواد خام كافية ومستدامة، والتغلب على تكاليف إنتاج الوقود المرتفعة. وتم تناول الرؤى المستقبلية، والتي يتوقع أن تشهد كهربة ناقلات المسافات القصيرة واستخدام الوقود المنتج من الهيدروجين في ناقلات المسافات الطويلة، مع التأكيد على أن جميع مسارات إزالة الكربون ضرورية.

الجلسة الختامية:

التغيير الهيكلي والابتكار من أجل التنمية المستدامة

تناولت الجلسة الختامية الحاجة المُلحة إلى التحول الهيكلي لإطلاق العنان لإمكانات التنمية المستدامة في جميع أنحاء العالم، حيث تُهدد التفاوتات الاستثمارية الكبيرة عملية التحولات العادلة في مجال الطاقة. حيث تم التأكيد على أن نجاح تلك التحولات يعتمد بشكل أساسي على الابتكار النظامي، الذي يشمل التكنولوجيا والسياسات والكوادر البشرية. ويتطلب ذلك تسريع نشر بنى تحتية متنوعة للطاقة المتجددة والوقود المستدام. وتُعد الرقمنة والذكاء الاصطناعي محوريين أساسيين، إذ يُقدمان حلولًا لإدارة الشبكات والتنبؤ بها وتوقع صيانتها، بينما يُمثل النمو السريع لمراكز البيانات تحديات في التخطيط وفرصاً لتوسيع نطاق البنية التحتية لأنظمة الطاقة. وينطوي هذا التحول المُعقد أيضاً على ظهور أسواق دولية للسلع الخضراء، وخاصة الهيدروجين ومشتقاته. وإدراكاً منها لعدم وجود حل واحد يناسب الجميع في عملية تحولات الطاقة، تُقدم مصادر الطاقة المتجددة فوائد مجتمعية وبيئية واسعة تتجاوز مجرد إزالة الكربون.

وقد أبرزت المناقشات حول التحولات العالمية في مجال الطاقة، التحديات الكبيرة التي تواجه تحديث شبكات الطاقة وتوفير الطاقة، وهو ما يستوجب إشراك المجتمع المحلي، وخلق قيمة محلية من خلال الاستخدامات الإنتاجية للطاقة، وتوافق مصادر الطاقة المتجددة مع النهج المجتمعي. كما أكدت على أهمية نماذج التمويل المبتكرة والسياسات الصناعية الإقليمية المشتركة لتعزيز خلق فرص العمل والحلول المحلية، إلى جانب الدور الحيوي للطاقة الحيوية في تحقيق أهداف المناخ. وتم الإشارة إلى أنه في حين أن الاستثمار العالمي في مصادر الطاقة المتجددة يواصل نموه، بمعدل 14% سنوياً مُنذ عام 2018، إلا أن تدفقات الاستثمار تتركز بشكل كبير نحو الاقتصادات المتقدمة. في الوقت نفسه، يُعد الاستثمار في سلاسل الإمدادات أمراً بالغ الأهمية لتقليل الاعتماد على الواردات وتعظيم الفوائد الاجتماعية والاقتصادية.

وتناولت الجلسة الختامية أسباب التوزيع العالمي غير المتناسب في استثمارات الطاقة المتجددة، وضرورة معالجة قضايا تقلبات العملات وتعبئة رأس المال لخطط التنمية الوطنية بدلاً من الاكتفاء بالتمويل القائم على المشروعات، يتضمن ذلك إلغاء الديون وتقديم منح على نطاق واسع للمجتمعات النامية، بدلاً من القروض وأسواق الكربون التي تساهم بشكل رئيسي في استمرار تراكم الديون وعدم المساواة. وفي نهاية المطاف، يجب أن تكون التحولات في مجال الطاقة شاملة، وأن تراعي ضمان عدم تخلف أحد عن الركب، لا سيما وإن تلك التحولات ليس مجرد مسألة تقنية، بل هو في جوهرها إنسانية. فهي لا تقتصر على استبدال الوقود أو زيادة كمية الميجاواط المولدة، إنه تغيير في جوهر نموذج الطاقة.

خلاصة القول، أكدت المناقشات خلال "أسبوع الابتكار لعام 2025" أنه على الرغم من تحول المزاج العالمي من الالتزامات الإيجابية بتحقيق صافي انبعاثات صفرية قبل عامين، إلى التحديات الجيوسياسية الحالية وتنامي حالات عدم اليقين. لا يزال الزخم القوي للطاقة المتجددة قائماً بفضل انخفاض التكاليف، وزيادة الكفاءة، والفوائد الاجتماعية والاقتصادية. **ويمكن إيجاز المخرجات الرئيسية لهذه الفعالية فيما يلي:**

أولاً: الابتكار أكثر من مجرد تكنولوجيا

يجب تناول الابتكار في مجال تحولات الطاقة من منظور منهجي، يتجاوز التكنولوجيا، ليشمل أيضاً السياسات والتنظيم وتصميم السوق وتشغيل النظام. حيث يجب تناول الابتكار بشكل شامل ومتعدد القطاعات، إذ لا يوجد حل واحد يناسب الجميع في مجال الابتكار لتحولات الطاقة.

ثانياً: لا رقمنة بدون طاقة، ولا تحولات طاقة بدون رقمنة

أصبحت التقنيات الرقمية والذكاء الاصطناعي أدوات أساسية لإدارة الطاقة المتجددة المتغيرة، بدءاً من التنبؤ بالطلب والأسعار، وصولاً إلى المرونة وإدارة الشبكات الذكية. كما يمكن لهذه الأدوات أن تُسهم في الصيانة التنبؤية للبنية التحتية للطاقة. ومع ذلك، فإن الطلب المتزايد على الطاقة من مراكز البيانات التي تدعم الذكاء الاصطناعي يطرح تحديات وفرصاً في آن واحد لتخطيط الشبكات وتوسيعها. وهناك حاجة إلى تنسيق دقيق بين الابتكار الرقمي وتطوير البنية التحتية للطاقة، حيث تُعد

الطاقة المتجددة مصدراً رئيسياً لتلبية الطلب المتزايد بشكل موثوق ومستدام. بالإضافة إلى ذلك، ولضمان انتقال عادل، يجب أن يكون الذكاء الاصطناعي بقيادة محلية وشاملاً.

ثالثاً: المجتمعات هي محور التحولات في مجال الطاقة

تُفيد الرقمنة والبنية التحتية للطاقة المتجددة المجتمعات بطرق متعددة، بدءاً من تعزيز الزراعة الريفية في الصين وصولاً إلى بناء مجتمعات الطاقة في كولومبيا وماليزيا. وتُبرز دراسات الحالة هذه الآثار البشرية والبيئية الواسعة لمصادر الطاقة المتجددة. ومع ذلك، تواجه الاقتصادات الناشئة والنامية حاجة مُلحة لتحديث شبكاتها الكهربائية نظراً للطلب المتزايد واستمرار نقص الوصول إلى الطاقة. لذلك، يجب الاستفادة من الابتكار لتجاوز التحديثات التقنية، ليشمل أطراً فعالة للتخطيط والاستثمار، والوصول إلى أدوات الحلول الرقمية ذات الصلة التي تُعزز المرونة، والتركيز على الموثوقية. ولا يقتصر تحديث الشبكة على الوصول إلى التكنولوجيا فحسب، بل يشمل أيضاً العدالة الاجتماعية.

رابعاً: تطوير سلسلة القيمة المحلية يشكل أولوية بالنسبة للاقتصادات النامية

يجب أن تُعطي التحولات في مجال الطاقة المتجددة في الدول النامية الأولوية للتصنيع المحلي، وتنمية المهارات، وخلق فرص العمل، وبناء المرونة الاقتصادية، مدعومة بمجموعة من السياسات التمكينية. حيث إن إعطاء الأولوية لخلق القيمة المحلية لا يُسرّع وتيرة التصنيع فحسب، بل يُعزز أيضاً سلاسل الإمدادات ويعزز استقلالية الطاقة. ويتطلب التقدم الحقيقي تجاوز تركيب الجيجاواط إلى الاستثمار في الأفراد والصناعات والسياسات التي تُمكن المجتمعات والدول على حد سواء. وهنا تبرُز الحاجة إلى سياسات صناعية إقليمية مشتركة للاستفادة من الموارد المشتركة وتحقيق وفورات الحجم لبناء حلول مستدامة ومحلية لقطاعات الطاقة المتجددة في كافة الاقتصادات النامية. ويُعد التنسيق الإقليمي واستراتيجيات التصنيع العابرة للحدود أمراً بالغ الأهمية لتمكين التنمية المحلية للبنية التحتية التكنولوجية.

خامساً: الطاقة هي حافز للنمو الشامل والتنمية الاقتصادية

يتطلب تعزيز التنمية المستدامة، لا سيما في المناطق النائية، أكثر من مجرد توفير الكهرباء. "فالطاقة ليست الغاية، بل التنمية هي الغاية"، ومن ثم فإن تعزيز الحياة الإنتاجية يعني بالتبعية

تعزيز الاقتصادات". لذلك، يجب دمج الوصول إلى الطاقة مع النشاط الاقتصادي المحلي، بما يدعم الزراعة والرعاية الصحية والشركات الصغيرة وسلاسل القيمة التي ترتقي بالمجتمعات. ومع ذلك، يتطلب توسيع نطاق الاستخدامات الإنتاجية تحولاً في المنظور من التركيز على الوصول إلى الطاقة إلى تمكين استخدام طويل الأمد وموثوق للطاقة يتماشى مع أهداف التنمية التي يحددها المجتمع. ويمكن تحويل الطاقة من كونها مجرد خدمة إلى أن تصبح محفزاً للنمو الشامل. ولا يمكن تحقيق ذلك إلا من خلال أطر سياسات داعمة، وتمويل مبتكر، ودعم مباشر للصناعة المحلية.

الملحق (2)

جدول تصنيف مؤشرات التحول في مجال الطاقة لعام 2025

Rank	Country	ETI score (2016-2025)	2025 ETI score	SP[1] ('25)	TR[2] ('25)
1	Sweden		77.5	77.0	78.1
2	Finland		71.8	72.7	70.5
3	Denmark		71.6	70.3	73.7
4	Norway		71.5	75.6	65.3
5	Switzerland		71.0	71.4	70.3
6	Austria		70.6	70.2	71.1
7	Latvia		69.4	70.6	67.6
8	Netherlands		69.2	65.6	74.7
9	Germany		68.8	66.7	71.9
10	Portugal		68.6	70.1	66.4
11	Estonia		68.0	71.8	62.3
12	China		67.5	65.1	71.3
13	Iceland		67.3	70.4	62.6
14	France		67.1	70.3	62.4
15	Brazil		67.0	69.9	62.6
16	UK		66.8	68.4	64.5
17	US		66.8	65.8	68.2
18	Spain		66.6	68.6	63.6
19	Lithuania		66.6	65.9	67.6
20	Israel		66.1	72.2	56.9
21	Chile		65.7	72.0	56.2
22	Slovenia		65.4	69.7	59.0
23	Hungary		65.4	70.0	58.5
24	New Zealand		64.9	70.9	55.9
25	Japan		64.9	66.8	62.0
26	Croatia		64.6	69.6	57.3
27	Greece		64.6	62.6	67.8
28	Belgium		64.0	63.8	64.3
29	Bulgaria		63.7	65.6	60.9
30	Romania		63.7	69.8	54.6
31	Luxembourg		63.3	60.6	67.3
32	Australia		63.0	61.7	64.9
33	Canada		62.8	63.9	61.0
34	Republic of Korea		62.8	63.5	61.7
35	Uruguay		62.5	71.1	49.6
36	Italy		62.4	66.2	56.6
37	Albania		61.5	70.3	48.3
38	Colombia		61.3	67.5	52.0
39	Ireland		61.1	63.5	57.5
40	Czechia		61.1	66.4	53.1
41	Georgia		60.9	66.4	52.6
42	Azerbaijan		60.1	69.1	46.8
43	Poland		59.9	63.4	54.7
44	Costa Rica		59.9	69.5	45.6
45	Slovak Republic		59.8	66.3	50.0
46	Malta		58.8	68.9	43.6
47	Malaysia		58.7	67.5	45.4
48	United Arab Emirates		58.4	62.0	53.1
49	Viet Nam		58.1	66.6	45.2
50	Türkiye		57.9	63.5	49.5
51	Thailand		57.3	65.6	44.9
52	Singapore		57.0	55.9	58.6
53	Peru		56.9	68.3	39.6
54	Panama		56.2	66.8	40.4
55	Mexico		56.0	67.3	39.0
56	Ukraine		55.9	67.9	38.0
57	Argentina		55.6	68.3	36.6
58	Indonesia		55.5	66.8	38.7
59	Cyprus		55.1	58.8	49.5
60	Saudi Arabia		55.0	60.1	47.2
61	Nigeria		54.8	62.5	43.2
62	Tunisia		54.6	59.7	46.9
63	Jordan		54.5	58.9	47.9
64	Namibia		54.4	59.2	47.3
65	Armenia		54.3	63.2	40.8
66	North Macedonia		54.2	62.1	42.4
67	Sri Lanka		54.0	63.5	39.7
68	El Salvador		54.0	69.8	30.3
69	Mauritius		53.9	63.8	38.9
70	Morocco		53.7	58.6	46.4
71	India		53.3	60.4	42.7
72	Bosnia and Herzegovina		53.1	58.9	44.4
73	Cambodia		53.1	61.0	41.2
74	Egypt		53.1	65.9	33.8
75	Qatar		53.0	59.4	43.3
76	Philippines		53.0	62.1	39.3
77	Lebanon		52.9	60.5	41.5
78	Kyrgyz Republic		52.7	58.6	44.0
79	South Africa		52.6	55.2	48.9
80	Paraguay		52.6	66.8	31.4
81	Serbia		52.5	60.2	40.9
82	Oman		52.2	57.0	45.2
83	Montenegro		52.2	58.1	43.2
84	Republic of Moldova		52.1	62.1	37.0
85	Bolivia		51.9	67.4	28.8
86	Bangladesh		51.8	66.0	30.6
87	Ecuador		51.7	65.5	31.0
88	Kenya		50.7	60.9	35.5
89	Algeria		50.7	65.0	29.3
90	Cote d'Ivoire		50.5	62.3	32.7
91	Dominican Republic		50.4	57.6	39.6
92	Angola		50.4	65.7	27.4
93	Cameroon		50.4	63.4	30.8
94	Kazakhstan		50.3	58.8	37.5
95	Tajikistan		50.2	61.3	33.5
96	Gabon		49.8	62.5	30.8
97	Ghana		49.8	62.8	30.3
98	Lao PDR		49.6	54.0	43.0
99	Guatemala		48.7	61.4	29.7
100	Kuwait		48.6	57.7	35.1
101	Pakistan		48.5	55.5	38.1
102	Iran, Islamic Rep.		47.6	58.8	30.8
103	Brunei Darussalam		47.6	57.9	32.1
104	Nepal		47.5	55.1	36.2
105	Bahrain		47.2	54.3	36.6
106	Mozambique		47.1	56.1	33.6
107	Nicaragua		46.8	56.1	32.9
108	Honduras		46.5	57.5	30.0
109	Zambia		46.3	51.8	38.1
110	Senegal		46.1	56.3	30.7
111	Tanzania		46.0	57.3	29.1
112	Ethiopia		45.9	58.3	27.2
113	Zimbabwe		44.8	53.3	32.2
114	Jamaica		44.5	50.8	35.0
115	Mongolia		44.2	53.7	29.9
116	Trinidad and Tobago		44.0	55.2	27.0
117	Botswana		42.8	49.4	32.8
118	Congo, Dem. Rep.		42.4	50.3	30.4

- Emerging Europe
- Middle East, North Africa and Pakistan
- Sub-Saharan Africa
- Latin America and the Caribbean
- Advanced economies
- Emerging Asia

ETI score 2016 — 2025

2025 global average (56.9)

1. System performance 2025; 2. Transition readiness 2025;
Note: Refer to the Appendices section for details on updates and modifications to the methodology.
Source: World Economic Forum.

مراجع التقرير:

المحور الأول: التطورات في الطاقات المتجددة

- Aramco, second quarter and half year 2025 results.
- Energynews, Morocco officially launches its first 1000 MW offshore wind energy project.
- IRENA, Quality infrastructure for renewables facing extreme weather, May 2025.
- LiveScience, China builds record-breaking floating wind turbine — it could change the face of renewable energy.
- Mercomindia, Mena weekly roundup, 30 June 2025.
- Reuters, China embarks on world's largest hydropower dam, capital markets cheer, 21 July 2025.
- Reuters, Clean-energy backers blast US budget bill as a setback, 4 July 2025.
- Reuters, House budget bill effectively halts US clean energy boom, 22 May 2025.
- SolarPower Europe, Global Market Outlook for Solar Power 2025-2029, 6 May 2025.
- Reuters, EU expects to add record renewable capacity in 2025, industry sees headwinds, 10 April 2025.
- ts2.tech, Global Renewable Energy Developments (May–June 2025).
- The Economic Times - India, June renewable capacity addition zooms to 7.3 GW, 9 July 2025.

المحور الثاني: الهيدروجين كوقود للمستقبل

- IRENA, Enabling green hydrogen development: North Africa, June 2025.
- IRENA, potential for green hydrogen and related commodities trade, June 2025.

المحور الثالث: تحولات الطاقة

- Data Center Frontier, From Billions to Trillions: Data Centers' New Scale of Investment, March 2025.
- EIA, Five countries account for 71% of the world’s nuclear generation capacity, 11 August 2025.
- European Commission, Call for evidence on nuclear investment needs launched, ahead of the 2025 Nuclear Illustrative Programme update, 14 April 2025.

- Government of Canada, Commission authorizes Ontario Power Generation Inc. to construct 1 BWRX-300 reactor at the Darlington New Nuclear Project site, 4 April 2025.
- Google Sustainability, Innovating across our operations and supply chain.
- IEA, Energy and AI, World Energy Outlook Special Report, April 2025.
- IEA, energy-system, buildings, data-centres-and-data-transmission-networks.
- IEA, Southeast Asia Nuclear Dialogue Series, Recent Developments and Prospects for Nuclear Power in Southeast Asia, 25 June 2025.
- IEA, Global Critical Minerals Outlook 2025.
- Independent Nuclear News, New York Governor Announces Plans To Build Nuclear Power Plant, 24 June 2025.
- Interesting Engineering, World's first commercial mini nuclear reactor ready to power 526,000 homes in China, 30 May 2025.
- Jefferies Financial Group. Solar Industry Outlook Post-Legislation 2025.
- McKinsey&Company, AI power: Expanding data center capacity to meet growing demand, October 2024.
- Reuters "Trump-Musk row slams Tesla shares, $150 billion in market value wiped out," 5 June 2025.
- Reuters "U.S. Energy Policy Shifts Sharply Toward Fossil Fuels under New House Bill.", 24 May 2025.
- Reuters, Global data center industry to emit 2.5 billion tons of CO2 through 2030, September 2024.
- Scientific American, Data Centers Will Use Twice as Much Energy by 2030—Driven by AI, April 2025.
- Solar Energy Industries Association (SEIA). "SEIA Warns of Risks to Solar Industry under New Energy Legislation.", 20 May 2025.
- The White House. Executive Order 14241: Immediate Measures to Increase American Mineral Production, 8 Apr. 2025.
- The International Telecommunication Union (ITU), Tech sector emissions, energy use grow with rise of AI, June 2025.
- TRELLIS, Amazon, Google and Microsoft signal growing interest in nuclear, geothermal power, July 2024.
- United States Congress. One, Big, Beautiful Bill Act. Passed by U.S. House of Representatives, 22 May 2025. U.S. Congress, Budget and Energy Committees.

- United States Congress. Inflation Reduction Act of 2022. Public Law No: 117-169, 16 Aug. 2022. Congressional Budget Office.
- U.S. Department of Energy. “DOE Cancels 24 Clean Energy Grants Totalling $3.7 Billion.” Department of Energy, 31 May 2025.
- World Economic Forum, Fostering Effective Energy Transition 2025, June 2025.
- World Economic Forum, 4 innovative ways to harness waste data centre energy, February 2024.
- World Nuclear Association, Small Nuclear Power Reactors, 17 June 2025.
- World Nuclear News, US agencies take action to streamline nuclear roll-out, 19 June 2025.
- World Bank Group, IAEA Formalize Partnership to Collaborate on Nuclear Energy for Development, 26 June 2025.

المحور الرابع: التطورات المتعلقة بتغير المناخ

- Carbon Brief, Bonn climate talks: Key outcomes from the June 2025 UN climate conference, 27 June 2025.
- UNCC, Artificial Intelligence for Climate Action, July 2025.
- World Meteorological Organization (WMO), WMO Global Annual to Decadal Climate Update 2025 – 2029.

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)