# مستقبل الكهرباء في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

International Energy Agency

# INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 32 Member countries, 14 Association countries and beyond.

**IEA Member countries:**

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
Germany
Greece
Hungary
Ireland
Italy
Japan
Korea
Latvia
Lithuania
Luxembourg
Mexico
Netherlands
New Zealand
Norway
Poland
Portugal
Slovak Republic
Spain
Sweden
Switzerland
Republic of Türkiye
United Kingdom
United States

The European Commission also participates in the work of the IEA

**IEA Accession countries:**

Brazil
Chile
Colombia
Costa Rica
Israel
Romania

**IEA Association countries:**

Argentina
China
Egypt
India
Indonesia
Kenya
Morocco
Nigeria
Senegal
Singapore
South Africa
Thailand
Ukraine
Viet Nam

This publication, as well as any data and map included herein, are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Source: IEA.
International Energy Agency
Website: www.iea.org

# ملخّص

تقوم هذه الدراسة بتحليل الطلب على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA) وتطوّره حتّى عام 2035. لطالما كانت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حجر الأساس لإمدادات الطاقة العالمية. لكنّ المنطقة أصبحت بسرعة عنصراً محورياً في قصة الطلب العالميّ على الطاقة، وخاصةً في ما يتعلّق باستخدام الكهرباء. إنّ النموّ السريع للسكان والتحضّر، وارتفاع درجات الحرارة كلّها عوامل تدفع إلى زيادة الطلب على الكهرباء. منذ عام 2000، أصبحت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من بين أكبر المسهمين في نموّ الطلب العالميّ على الكهرباء.

إنّ مناخ المنطقة، والذي يتميّز بالحرارة الشديدة ونقص المياه؛ يعني أنّ أنظمة الكهرباء الموثوقة والمرنة أصبحت ضروريةً لتلبية الطلب المتزايد على التبريد وتحلية المياه. يوفّر تقرير التوقّعات هذا نظرةً إقليميةً شاملةً غير مسبوقة على أنماط الطلب على التبريد وتحلية المياه، بما في ذلك بيانات على مستوى كلّ دولة.

ستكون الطريقة التي تلبّي بها الدول في المنطقة هذا الطلب المتزايد ذات آثار عميقة على مستقبل المنطقة الاقتصاديّ وأيضاً على أسواق الطاقة العالمية. كما يستكشف هذا التقرير التحدّيات والفرص للاستجابة المستدامة لنموّ الطلب على الكهرباء، من خلال دراسة إمكانات السياسات والتدابير المتعلّقة بجانبي العرض والطلب.

IEA. CC BY 4.0.

# الشكر والتقدير، المساهمون، والاعتمادات

أجريت هذه الدراسة بقيادة مشتركة من فريق آفاق الطاقة العالمية (WEO) في مديرية الاستدامة والتكنولوجيا والتطلعات (STO) ومكتب العلاقات العالمية للطاقة (GER)، بالتعاون مع مديريات ومكاتب أخرى في الوكالة الدولية للطاقة (IEA).

تم إعداد الدراسة وتوجيهها من قبل برنت وانر، رئيس وحدة قطاع الطاقة، وعلي صفّار، رئيس قسم أوروبا والشرق الأوسط وأفريقيا وأمريكا اللاتينية. وكان المؤلفون الرئيسيون والمنسقون للتحليل هم ياسمين أرسلان (إمدادات الكهرباء)، أنتوني فوترين (الطلب على الكهرباء)، ونديم أبي لمة (النظرة الإقليمية العامة).(

وكان من المساهمين الرئيسيين في إعداد التقرير: ياسمينا عبد الإله (الطاقة المتجددة)، جولي دالار (النمذجة الزمنية بالساعة)، مايكل درتيل (الشبكات)، إريك فابوتسي (إمدادات الكهرباء)، سانغيثا هارمسن (الطلب على الكهرباء)، نيكولاوس باباستيفاناكيس (النمذجة الزمنية بالساعة)، ريوتا تانيغوتشي (السياسات)، وماثيو فان دير بويرن (الوضع الراهن.)

وشملت المساهمات الأخرى كلّاً من: أوسكاراس ألساوسكاس، أليساندرو بلازي، آني بيرغيه، خوسيه ميغيل برموديز مينينديز، ماثيو برييز، إيرين جام، نوهو ديارا، موسى إردوغان، إنسا هانشوش، جيروم هيير، مارتن كوبيرس، رينا كواهاتا، أليكس مارتينوس، بيترو رينالدي، ماكس شونفيش، أوليفييه سوسفيلد، كورتني توريش، وجاك وارشيه.

قدّمت داريا أوستابشوك وماريامار ديالو دعماً أساسياً. كما توجّه الشكر إلى مكتب الاتصالات والرقمنة في وكالة الطاقة الدولية على مساهمتهم في إعداد التقرير. وكان آدم ماجوي المحرّر اللغوي للنص.

نتقدّم بجزيل الشكر إلى وزارة الطاقة في سلطنة عمان، وبشكل خاص إلى الدكتور فراس العبدواني على دعمه المتواصل، ولا سيما في تنظيم الورشة التقنية الإقليمية في مسقط، عمان. كما نعرب عن امتناننا لمجلس مجان للاستشراف والشؤون الإستراتيجية والطاقة، وكذلك لميناء صحار والمنطقة الحرة لدورهم المحوري في إعداد هذا التقرير، بما في ذلك الورشة التقنية التي شاركوا في تنظيمها ودعمها .

ونود أن نعرب عن خالص شكرنا للدكتور عبد الله العبري، وداوود الأنصاري، وعبد الرحمن بابورايك، وسلطان الجلنداني.

IEA. CC BY 4.0.

قدّم عدد من كبار الإداريين والعديد من الزملاء الآخرين في وكالة الطاقة الدولية ملاحظات وتعقيبات قيّمة. ومن بين هؤلاء بشكل خاص: ماري وارلك، لورا كوتزي، تيم غولد، تيمور غول، توريل بوسوني، دينيس هيسلينغ، بابلو هيفيا-كوتش، تاي-يون كيم، كريستوف ماكغليد، برايان ماذرواي، ستيفاني بوكير، جيثرو مولن، أوفه ريمه، ودانييل ويتزل .وقد قدّم كلّ من مكتب المستشار القانوني، ومكتب الإدارة والتنظيم، ومركز بيانات الطاقة في وكالة الطاقة الدولية دعماً مستمراً أثناء إعداد التقرير. كما دعم IEA Clean Energy Transitions Programme، وهو المبادرة الرئيسية الهادفة إلى تحويل نظام الطاقة العالمي لتحقيق مستقبل آمن ومستدام للجميع، هذا التحليل.

المراجعون النظراء والمشاركون في الورشة التقنية:

قدّم عدد من كبار المسؤولين الحكوميين من مختلف أنحاء منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، إلى جانب خبراء دوليين، مساهماتهم ومراجعتهم للمسودات الأولية من التقرير. وكانت ملاحظاتهم واقتراحاتهم ذات قيمة كبيرة.

| | |
|---|---|
| عبد العزيز الشالبي | الهيئة العامة للبيئة، الكويت |
| عبد الله العبري | ميناء صحار والمنطقة الحرة، عمان |
| عبد الله شريقي | هيئة تنظيم الخدمات العامة (APSR)، عمان |
| عبد الرحيم ب. البرعم | وزارة الطاقة والمعادن، عمان |
| عبد الرحمن بابورايك | مجلس مجان |
| أحمد عبد المجيد | EDF |
| أحمد العبري | هايدروم، عمان |
| أحمد الفلاسي | دائرة الطاقة أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة |
| أحمد الهتروشي | شركة الهندسة والتكنولوجيا المتكاملة |
| عائشة السريحي | وزارة الاقتصاد، عمان |
| المختار السيفي | SIPC |
| علي السماوي | المنتدى الدولي للطاقة (IEF) |
| علي مشرف | وزارة الكهرباء والطاقة والمياه، اليمن |

IEA. CC BY 4.0.

| | |
|---|---|
| عمار ناجي | شركة هيتاشي للطاقة |
| بدر ناصر الشقصي | مجلس التعاون لدول الخليج العربية (GCC-STAT) |
| كارلوس ترافيسيدو | دائرة الطاقة أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة |
| داوود الأنصاري | مجلس مجان |
| فراس أ. العبدواني | وزارة الطاقة والمعادن، عمان |
| هيثم العميري | ميناء صحار والمنطقة الحرة، عمان |
| حنين أحمد | وزارة الطاقة والثروة المعدنية، الأردن |
| هشام تشكندي | ACWA Power |
| هلال العدوي | SIPC، عمان |
| هيروشي هاسيغاوا | منظمة التجارة الخارجية اليابانية (JETRO) |
| هشام الريامي | شركة نقل الكهرباء العمانية (OETC)، عمان |
| هيتيش شاه | شركة الهندسة والتكنولوجيا المتكاملة |
| إسماعيل العرفي | الأمانة العامة لمجلس الوزراء، عمان |
| جواد الخراز | شبكة خبراء الطاقة والمياه والمناخ (WECEN) |
| كريم بن عمران | وزارة الطاقة، المغرب |
| كريم الجندي | معهد كربون |
| مارك أيوب | الجامعة الأميركية في بيروت، لبنان |
| ماريا محمد | وزارة الكهرباء، العراق |
| مريم الهاشمي | وزارة الطاقة والمعادن، عمان |
| ميشيل فرح | دايكن الشرق الأوسط وأفريقيا |
| معاذ النيس | معهد شنايدر إلكتريك لأبحاث الاستدامة |
| محمد أ. الحاج | مكتب رئيس الوزراء، ليبيا |

IEA. CC BY 4.0.

| | |
|---|---|
| محمد عيسى | وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، مصر |
| محمد البادي | SIPC |
| محمد الهاشمي | OQ للطاقة البديلة |
| محمد الكلباني | هيئة تنظيم الخدمات العامة (APSR) |
| مهند الهنائي | وزارة الطاقة والمعادن، عمان |
| ريسم كامن | بيرو فيريتاس |
| راضية سدوي | اللجنة الاقتصادية والاجتماعية التابعة للأمم المتحدة لغرب آسيا |
| روهان لوبو | سيمنس للطاقة |
| سعيد السالمي | مركز عمان للحياد الصفري |
| سالم الغيتي | ميناء صحار والمنطقة الحرة |
| شون راتكا | اللجنة الاقتصادية والاجتماعية التابعة للأمم المتحدة لغرب آسيا |
| سوهس ديشباندي | ABB |
| تاكافومي أوميا | وزارة الخارجية اليابانية |
| ياسين قشيرقا | GE Vernova |
| زينة العجيلي | سفارة اليابان، عمان |
| حسام محمد | وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، مصر |
| عبد الله النحاس | الشركة الوطنية للكهرباء، الأردن |
| ستيفن بيرله | GIZ |
| سالم الحاجرف | معهد بيكر |
| جيسيكا عبيد | استشارية مستقلة |
| لوري هايتايان | معهد حوكمة الموارد الطبيعية (NRGI) |

IEA. CC BY 4.0.

| | |
|---|---|
| زهير حمدي | المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREEE) |
| إيفا مارش | منظمة الهجرة الدولية (IOM) |
| كيت دوريـــان | استشارية مستقلة |
| يوسف العبد الله | معهد الكويت للأبحاث العلمية، الكويت |
| هاري إستيبانيان | استشاري مستقل |
| إيزابيل جيركنز | مجموعة إيليا |
| بركات أحمد | التحالف الدولي للطاقة الشمسية |
| فريد ياسين | مبعوث المناخ السابق، العراق |
| عدنان شهاب الدين | مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت |
| كامل بن ناصر | طاقة نوماديا |
| هرميت باوا | شركة هيتاشي للطاقة |
| نوي فان هولست | استشاري مستقل |

يعكس هذا العمل وجهات نظر أمانة وكالة الطاقة الدولية، لكنه لا يعبّر بالضرورة عن آراء الدول الأعضاء في الوكالة أو أي جهة ممولة أو داعمة أو متعاونة محددة. ولا تقدم وكالة الطاقة الدولية أو أي جهة ممولة أو داعمة أو متعاونة ساهمت في إعداد هذا العمل أي تعهد أو ضمان، صريح أو ضمني، فيما يتعلق بمحتوى هذا العمل (بما في ذلك اكتماله أو دقته)، ولن تكون مسؤولة عن أي استخدام له أو الاعتماد عليه .هذا المستند وأي خريطة واردة فيه لا تخل بوضع أو سيادة أي إقليم أو بتحديد الحدود الدولية أو تسميتها، ولا باسم أي إقليم أو مدينة أو منطقة.

IEA. CC BY 4.0.

# جدول المحتويات

**الملخص التنفيذي..... 13**

حجر الزاوية في إمدادات الطاقة العالميّة، وركيزة متزايدة للطلب..... 13
التبريد وتحلية المياه: ركيزتان مزدوجتان لنموّ الطلب المتسارع على الكهرباء..... 13
يهيمن الغاز الطبيعي والنفط على مزيج الكهرباء في المنطقة اليوم..... 14
من المتوقع أن يستمر التوسع في استخدام الغاز الطبيعي، مدعوماً بالطاقة الشمسية..... 15
الطاقة النووية تكتسب زخماً متزايداً على المستوى الإقليمي..... 15
تعزيز أمن الكهرباء يعتمد على الشّبكات والتّخزين ومحطّات الطّاقة الحراريّة المرنة..... 16
تحسين الكفاءة من شأنه أن يكبح نموّ الطلب ويعزّز قوّة أنظمة الطّاقة الكهربائيّة..... 16
تتزايد الحاجة إلى الاستثمارات في قطاع الكهرباء..... 16
قد تتحمّل الدول التي تتخلّف عن تحقيق أهداف خفض توليد الكهرباء بالنفط تكلفة كبيرة..... 17
يمكن أن يؤدي تحقيق الطّموحات الوطنية إلى تسريع وتيرة التنويع بشكل أكبر..... 17
الخيارات السياسية هي التي ستحدد المسار في المستقبل..... 18

**الفصل الأوّل: الوضع الراهن..... 19**

نظرة عامة..... 19
الاقتصاد والديموغرافيا والمناخ..... 20
النموّ الاقتصاديّ..... 20
إعانات الوقود الأحفوريّ..... 23
الديموغرافيا..... 27
تغيّر المناخ وارتفاع درجات الحرارة..... 28
ارتفاع درجات الحرارة..... 28
شحّ المياه..... 30
النزاعات ونزوح السكان..... 33
الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا..... 38
إجمالي الطلب على الطاقة..... 38
الانبعاثات..... 39
إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة..... 40

IEA. CC BY 4.0.

الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ..... 45
الطلب على الكهرباء ..... 45
إمدادات الكهرباء ..... 50
نظرة عامّة ..... 50
الوقود الأحفوريّ في قطاع الكهرباء ..... 54
مصادر الكهرباء منخفضة الانبعاثات ..... 57
فواقد الشبكة ..... 62
الاستثمار في قطاع الطاقة ..... 64
انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون من قطاع الطاقة ..... 66

**الفصل الثاني: المسارات المتعلّقة بطلب الكهرباء وإمداداتها في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ..... 68**

أيّ طريق من هنا؟ ..... 68
السيناريوهات ..... 68
التوقّعات السكّانية والاقتصادية الكلّية ..... 75
تكاليف التكنولوجيا النظيفة ..... 77
توقّعات الطلب على الكهرباء ..... 81
نموّ الطلب على الكهرباء ..... 81
احتياجات الطاقة حسب القطاع: دور الكهْربة ..... 84
المباني ..... 84
النقل ..... 86
تطوّر الطلب على الكهرباء بحسب الاستخدام النهائيّ ..... 87
مشروعات الطلب على الكهرباء على مستوى الدول الرئيسة ..... 91
توقّعات إمدادات الكهرباء ..... 94
توليد الكهرباء ..... 94
قدرة الطاقة الكهربائية ..... 98
نظرة عامة ..... 98
قدرات الطاقة المتجددة والطاقة النووية ..... 101
أمن الكهرباء ..... 104
ملاءمة نظام الطاقة الكهربائية ..... 104
المرونة ..... 105
الشبكات ..... 108
الاستثمار في قطاع الكهرباء ..... 109
استهلاك وانبعاثات الوقود الأحفوريّ في قطاع الكهرباء ..... 111

IEA. CC BY 4.0.

**الفصل الثالث: تصميم أنظمة طاقة صالحة للمستقبل..... 115**

تسعة عوامل حيوية ..... 115
1. كيف يمكن لأنظمة الكهرباء أن تبقى متوازنة مع ارتفاع حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح؟..... 116
موازنة نظام الكهرباء في الشرق الأوسط ..... 116
موازنة نظام الكهرباء في شمال أفريقيا ..... 118
2. ما دور التبريد في نمو الطلب الأقصى؟ ..... 121
من المتوقع أن يرتفع الطلب على التبريد بشكل حاد بحلول عام 2035 ..... 123
يعدّ التبريد المحرك الرئيسي وراء نمو الطلب الأقصى على الكهرباء حتى عام 2035 ..... 125
يمكن لعمليات التبريد أن تدعم دمج الطاقة المتجددة، مما يوفر إمكانية لزيادة مرونة النظام ..... 126
3. كيف يمكن لفرص تعزيز الكفاءة في المباني أن تساعد في إدارة نمو الطلب على الكهرباء؟..... 128
تلعب الكفاءة دورًا أساسيًا في إدارة نمو الطلب على الكهرباء. ..... 129
يمكن أن تؤدي نظم البناء ومعايير كفاءة الأجهزة دورًا رئيسيًا في تشكيل آفاق الكفاءة في مختلف أنحاء المنطقة. 131
4. كيف ستؤثر تقنيات تحلية المياه الجديدة وتزايد شح المياه على الطلب على الكهرباء؟ ..... 134
تتحول تقنيات تحلية المياه إلى خيارات كهربائية أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة، يمكنها استخدام طاقة أقل بمقدار عشرة أضعاف. ..... 135
قد تتضاعف قدرة تحلية المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا أربع مرات بحلول عام 2035، بينما ينمو الطلب على الطاقة بوتيرة أبطأ بفضل الاعتماد المتزايد على الكهرباء..... 137
تعزى الزيادة السريعة في الطلب على تحلية المياه إلى تفاقم شح المياه والاستخراج غير المستدام للمياه الجوفية غير المتجددة. ..... 140
تختلف أنماط استخدام المياه، وقدرات التحلية، واحتياجات الطلب المستقبلية اختلافًا كبيرًا من دولة إلى أخرى.. 141
5. ما الدور الذي تلعبه شبكات الربط الكهربائي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا؟ ..... 143
نظرة عامة على شبكات الكهرباء الإقليمية القائمة ..... 143
التحديات والعوائق أمام الربط الكهربائي ..... 145
المبادرات والمنظمات الإقليمية الرئيسية ..... 146
نظرة مستقبلية حول شبكات الكهرباء وروابط الربط الكهربائي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا..... 148
6. ما هي الأطر والسياسات الحكومية التي تدفع نشر الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا؟..... 152
لقد استخدمت الطاقة المتجددة في البداية لتعزيز أمن الطاقة، لكنها أصبحت في السنوات الأخيرة جزءًا أساسيًا من أهداف التنمية الاقتصادية ومكافحة تغير المناخ. ..... 152
المزادات التنافسية هي الأداة السياسية الرئيسية لنشر الطاقة المتجددة ..... 155
يحتاج تصميم المزادات والأنظمة التنظيمية والترخيص إلى تحسين لتسريع عملية النشر ..... 158
7 .هل يمكن للطاقة النظيفة أن تحفّز التنمية الصناعية في المنطقة؟ ..... 160
اقتصادات المنتجين ..... 161
مستوردو الطاقة الصافية ..... 165
8. ما الدور الذي يمكن أن تلعبه توليد الطاقة الموزعة في تعزيز القدرة على الصمود في المناطق ما بعد النزاع؟ ..... 167

IEA. CC BY 4.0.

الحلول قصيرة الأجل للمناطق ما بعد النزاع: حالة أوكرانيا ..... 168
توليد الطاقة الموزعة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ..... 170
9. ما الأثر الذي يمكن أن يحدثه ازدياد الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة في حجم صادرات النفط والغاز؟ ..... 174
الأثر على الإيرادات ..... 178
إمكانية تحويل تكلفة حرق الوقود إلى صادرات عالية القيمة ..... 179

IEA. CC BY 4.0.

# الملخص التنفيذي

## حجر الزاوية في إمدادات الطاقة العالميّة، وركيزة متزايدة للطلب

تمر منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA) بلحظة محورية في مسيرتها ضمن قطاع الطاقة. فقد كانت المنطقة لفترة طويلة حجر الزاوية في النظام العالميّ للطاقة. في عام 2024، قامت بتزويد أكثر من 30٪ من النفط العالميّ وما يقرب من 20٪ من الغاز الطبيعيّ على مستوى العالم. وفي الوقت ذاته، تبرز المنطقة كمركز رئيس لنموّ الطلب على الكهرباء، وذلك بفعل التوسّع السكّانيّ السريع، التحضّر المتزايد، ارتفاع مستويات المعيشة، وضغوط المناخ المتسارعة. بين عامي 2000 و2024، تضاعف الطلب على الكهرباء ثلاث مرّات، إذ زاد بمقدار أكثر من 1,000 تيراواط ساعة (TWh). وهذا جعل منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ثالث أكبر مسهم في نموّ الطلب العالميّ على الكهرباء بعد الصين والهند. وبالنظر إلى المستقبل، من المتوقّع أن يرتفع الطلب بنسبة إضافيّة قدرها 50٪ بحلول عام 2035، ليضيف ما يعادل الطلب الحاليّ في ألمانيا وإسبانيا مجتمعتين، مع تداعيات كبيرة على أسواق الطاقة.

## التبريد وتحلية المياه: ركيزتان مزدوجتان لنموّ الطلب المتسارع على الكهرباء

إنّ مناخ المنطقة الذي يتميّز بالحرارة الشديدة وندرة المياه؛ يعني أنّ وجود أنظمة كهرباء موثوقة ومرنة أمر بالغ الأهمّية لاستدامة الحياة اليومية. ترتفع درجات الحرارة المتوسّطة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بأكثر من ضعف المعدّل العالمي، كما أنّ درجات الحرارة في الصيف غالباً ما تتجاوز 40 درجةً مئوية. في الوقت الحالي، يشكّل التبريد ما يقرب من نصف الذروة في الطلب على الكهرباء في المنطقة وربع الطلب السنوي على الكهرباء، وهي كمّية تفوق إجماليّ استهلاك الكهرباء في كلّ دول العالم باستثناء 15 دولة فقط. ورغم أنّ امتلاك مكيّفات الهواء مرتفع في دول مجلس التعاون الخليجي، فإنّه لا يزال منخفضاً نسبياً في باقي دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. حتى عام 2035، من المتوقّع أن يكون التبريد هو المحرّك الأكبر لنموّ الطلب على الكهرباء في المنطقة.

IEA. CC BY 4.0.

تواجه منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أيضاً إجهاداً مائياً شديداً، إذ إنّ هناك اختلالاً بين الطلب على المياه العذبة والإمدادات المتجدّدة من المياه يعادل أربعة أضعاف المتوسّط العالمي. سبع من أصل ثماني دول تعدّ الأكثر ضغطاً مائياً في العالم تقع في المنطقة. لتلبية هذا الطلب، أنتجت المنطقة 12 مليار متر مكعّب (bmc) من المياه المحلّاة في عام 2024، وهو ما يعادل التدفّق السنوي لنهر الفرات. من المتوقّع أن تتضاعف هذه الكمّية ثلاث مرّات بحلول عام 2035. وبينما تعتمد معظم عمليّات التحلية اليوم على النفط والغاز، كان آخر استثمار كبير في التحلية الحرارية عام 2018. ومن المتوقّع أن يلبّى النموّ المستقبلي بالكامل من خلال تقنيات التناضح العكسي عالية الكفاءة والمعتمدة كلياً على الكهرباء.

ومن الآن حتى عام 2035، يتوقّع أن يمثّل التبريد والتحلية معاً ما يقارب 40٪ من النموّ المتوقّع في الطلب على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وهو معدّل يفوق المعدّل العالمي بعدّة مرّات. وتشمل المحرّكات الرئيسة الأخرى للزيادة في الطلب النموّ الصناعي، وكهربة قطاع النقل، وتوسّع المدن. كما يتوقع أن تسهم البنية التحتيّة الرقمية الجديدة، بما في ذلك مراكز البيانات، والاهتمام المتزايد بإنتاج الهيدروجين لأغراض التصدير في زيادة الطلب على الكهرباء.

## يهيمن الغاز الطبيعي والنفط على مزيج الكهرباء في المنطقة اليوم

يهيمن الغاز الطبيعي والنفط بشكل كبير على مزيج الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث يمثّلان أكثر من 90٪ من إجمالي الإنتاج. في عام 2024، وفّر الغاز الطبيعي 70٪ من كهرباء المنطقة، وكان المصدر الرئيس لتوليد الطاقة الكهربائية في الجزائر والبحرين ومصر وإيران وعمان وتونس والإمارات العربية المتحدة وقطر. في الوقت نفسه، بلغ إسهام النفط 20٪؛ إذ تطلّب الأمر 1.8 مليون برميل يومياً، ما يعادل الإنتاج الحالي لدولة المكسيك. وبلغت حصّة محطّات توليد الكهرباء التي تعمل بالنفط معدّلات أعلى في الدول الرئيسة المصدّرة للنفط، مثل العراق والسعودية والكويت. وتعزّز هذه الاعتماديّة المرتفعة على النفط والغاز المستويات العالية من الدعم المالي للطاقة في العديد من البلدان، حيث تبقى أسعار الطاقة المحلّية منخفضةً وتشجّع على الاستهلاك المستمر. حتى البلدان المستوردة للطاقة الصافية، مثل مصر ولبنان والمغرب وتونس واليمن، تعتمد بشكل كبير على النفط والغاز وتدعم استخدامهما، ممّا يعكس الاعتماد العميق للمنطقة على مصادر الطاقة الهيدروكربونية في إنتاج الكهرباء. أمّا الفحم فيشكّل أقل من 5٪ من إنتاج الكهرباء في المنطقة، رغم أنّ له دوراً أكبر نسبياً في المغرب.

IEA. CC BY 4.0.

## من المتوقع أن يستمر التوسع في استخدام الغاز الطبيعي، مدعوماً بالطاقة الشمسية

استناداً إلى السياسات الحالية، من المنتظر أن يلبّي الغاز الطبيعي نصف نموّ الطلب على الكهرباء في المنطقة حتى عام 2035، ليظلّ بفارق واسع المصدر الأكبر للكهرباء مع استفادة الدول من الاحتياطيات الوفيرة والبنية التحتية المتطوّرة. خلال العقد القادم، من المتوقّع أن ترتفع القدرة التوليديّة لمحطات الغاز بأكثر من 110 غيغاواط (GW)، لتضاف إلى القدرة التشغيلية البالغة 350 غيغاواط (GW) في عام 2024. إنّ توسّع استخدام الغاز، إلى جانب مصادر أخرى، سيدعم جهود الدول في المنطقة – خصوصاً العراق ولبنان والسعودية – لتقليل استخدام النفط في توليد الكهرباء. وبالتالي، سوف تتراجع حصّة النفط في مزيج الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى 5% فقط بحلول عام 2035.

تشهد الطاقة الشمسية الكهروضوئية نمواً سريعاً في المنطقة، بفعل انخفاض التكاليف، وتوفّر الموارد الطبيعية، وتوافق أوقات الإنتاج مع احتياجات التبريد، إضافة إلى إستراتيجيات الدول لتحرير النفط والغاز لاستخدامات أعلى قيمة أو من أجل التصدير. من المتوقّع أن ترتفع القدرة الكهروضوئية الشمسية عشرة أضعاف حتى عام 2035، بزيادة قدرها 200 غيغاواط (GW). هذا سيؤدي إلى رفع حصة مصادر الطاقة المتجدّدة في إنتاج الكهرباء إلى ربع الإجمالي، بعد أن كانت 6% فقط في عام 2024. كما أنّ انتشار الطاقة الشمسية الكهروضوئية سيعزّز من مرونة النظام الكهربائي في المناطق الخارجة من النزاعات عن طريق تجاوز الاعتماد على شبكات الكهرباء الضعيفة، بما في ذلك لبنان وسورية واليمن.

## الطاقة النووية تكتسب زخماً متزايداً على المستوى الإقليمي

يتّجه توليد الطاقة النووية نحو التوسّع، مع سعي الدول إلى مصادر طاقة موثوقة وميسورة التكلفة، ومنخفضة الانبعاثات؛ لتعزيز أمن الطاقة واستقرار الشبكات الكهربائية. حالياً، هناك خمسة مفاعلات نووية عاملة في المنطقة، من بينها أربعة في دولة الإمارات العربية المتحدة تم تشغيلها في السنوات الخمس الماضية. ويجري حالياً بناء خمسة مفاعلات إضافية – أربعة منها في مصر وواحد في إيران – كما تمضي المملكة العربية السعودية في تطوير خططها لبناء أوّل وحدات نووية لها، وتدرس الإمارات العربية المتحدة توسعة قدراتها النووية بشكل أكبر. ومن المتوقّع أن تتضاعف القدرة النووية في المنطقة ثلاث مرّات بحلول عام 2035 لتصل إلى 19 غيغاواط، ممّا يمثّل تحوّلاً بارزاً في ملامح الطاقة الإقليمية.

IEA. CC BY 4.0.

## تعزيز أمن الكهرباء يعتمد على الشّبكات والتّخزين ومحطّات الطّاقة الحراريّة المرنة

مع ارتفاع الطلب على الكهرباء وتنوّع مزيج الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، سيظل ضمان أمن الكهرباء أمراً ضرورياً. يتطلّب دمج المزيد من الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح وجود أنظمة كهرباء قوية ومرنة وشبكات حديثة وروابط إقليمية وإدارة متقدّمة. ستكون حلول التخزين، بما في ذلك البطاريات، ومرونة جانب الطلب من العناصر الرئيسة لموازنة التغيّر في الإنتاج، فيما ستستمر محطّات الطاقة العاملة بالغاز في دعم كفاءة النظام. مع تقدّم أصول الطاقة الحرارية في العمر، ستؤثّر القرارات الإستراتيجية الخاصة بمستقبله في موثوقية الشبكة. إنّ اتباع نهج متوازن يجمع بين تحسين الشبكات والتخزين والطاقة الحرارية سيكون بالغ الأهمية لضمان أمن الكهرباء.

## تحسين الكفاءة من شأنه أن يكبح نموّ الطلب ويعزّز قوّة أنظمة الطّاقة الكهربائيّة

تعدّ كفاءة الطاقة أداةً أساسية لإدارة نموّ الطلب على الكهرباء، خاصة في المباني. في الوقت الحالي، يقلّ متوسّط تقييم كفاءة جهاز تكييف الهواء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا عن نصف ما هو عليه في الوحدة المتوسّطة في اليابان، على سبيل المثال. يمكن أن يؤدّي تحسين كفاءة أجهزة التكييف إلى تقليل نموّ الطلب وقت الذروة بمقدار 35 غيغاواط بحلول عام 2035؛ أي ما يعادل إجماليّ القدرة الإنتاجية للكهرباء في العراق حالياً. تعمل بعض الدول في المنطقة، مثل الأردن والمملكة العربية السعودية ودولة الإمارات العربية المتحدة، على تعزيز معايير أداء الأجهزة وتقديم حوافز مالية موجّهة؛ للمساعدة في كبح نموّ الطلب وتحسين أمن الكهرباء أيضاً.

## تتزايد الحاجة إلى الاستثمارات في قطاع الكهرباء

تشهد الاستثمارات في قطاع الكهرباء في المنطقة ارتفاعاً ملحوظاً. ففي عام 2024، بلغت هذه الاستثمارات 44 مليار دولار أمريكي، ومن المتوقّع أن تنمو بنسبة 50% بحلول عام 2035. من المنتظر أن تستحوذ مصادر الطاقة المتجدّدة والطاقة النووية على حصة أكبر من هذه الاستثمارات خلال هذه الفترة، جاعلاً منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أكثر تقارباً مع المتوسّط العالمي. تظل الاستثمارات في قدرات محطّات الكهرباء العاملة بالغاز ذات أهمية في المنطقة، ومن المتوقّع أن تمثّل 20% من إجمالي الاستثمارات العالمية في هذا المجال حتى عام 2035. إنّ معالجة الخسائر المرتفعة في الشبكات،

IEA. CC BY 4.0.

وتوسيع الربط الإقليمي، وعملية التحديث تعني أنّ الاستثمارات في الشبكات الكهربائية ستشكّل ما يقرب من 40% من إجمالي استثمارات قطاع الكهرباء خلال العقد القادم.

## قد تتحمّل الدول التي تتخلّف عن تحقيق أهداف خفض توليد الكهرباء بالنفط تكلفة كبيرة

إذا لم تنجح إستراتيجيات التنويع واستمرّ النفط والغاز في السيطرة على مزيج الكهرباء في المنطقة، فسيرتفع الطلب على كلا الوقودين بأكثر من 25% بحلول عام 2035. وفي هذه الحالة، سيكون أكثر من 80% من الزيادة في الطلب على النفط متمركزة في خمس دول: إيران، العراق، الكويت، لبنان، والمملكة العربية السعودية. كما سيتركّز أكثر من 60% من الزيادة في الطلب على الغاز الطبيعي في كلّ من مصر، والمملكة العربية السعودية، والإمارات العربية المتحدة. وسيكون لهذا الأمر تبعات اقتصادية وبيئية؛ إذ ستتراجع عائدات تصدير النفط والغاز بنحو 80 مليار دولار أمريكي في عام 2035، كما سترتفع فواتير الاستيراد بمقدار 20 مليار دولار أمريكي، وسيستمرّ أيضاً ارتفاع انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون.

## يمكن أن يؤدي تحقيق الطّموحات الوطنية إلى تسريع وتيرة التنويع بشكل أكبر

استناداً إلى الزخم الدولي المتزايد – الذي تحفّزه جزئياً قيادة دولة الإمارات العربية المتحدة في مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين (28COP) عام 2023 – حددت ثماني دول في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أهداف صافي انبعاثات صفريّة (وهي البحرين ولبنان والكويت والمغرب وعمان والمملكة العربية السعودية وتونس والإمارات العربية المتحدة)، وانضمّت 14 دولة إلى التعهّد العالمي بشأن الميثان، وهو جهد يهدف إلى خفض انبعاثات الميثان العالمية بنسبة لا تقل عن 30% عن مستويات عام 2020 بحلول عام 2030. سيؤدّي التنفيذ الكامل للالتزامات الوطنية المعلنة من قبل الدول إلى تحويل أنظمة الكهرباء، إذ سيقابل النموّ الأسرع في الطلب استخدام متسارع لمصادر الطاقة المتجددة والنووية، مع تباطؤ في نموّ الغاز الطبيعي – ما سيؤدّي إلى خفض كثافة الكربون في كهرباء المنطقة إلى النصف بحلول عام 2035. ويتطلّب تحقيق هذه الأهداف مضاعفة الاستثمارات في قطاع الكهرباء ثلاث مرات لبناء نظام أكثر تنوّعًا ومرونة واستدامة.

IEA. CC BY 4.0.

## الخيارات السياسية هي التي ستحدد المسار في المستقبل

إنّ الرهانات بالنسبة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مرتفعة. بالنسبة لمنتجي النفط والغاز، فإنّ تنويع مزيج الطاقة يمكن أن يفرج عن كميات أكبر من الهيدروكربونات للتصدير ويعزّز الاستقرار المالي لديهم. في المقابل، يمكن للمستوردين تعزيز أمن الطاقة لديهم وتقليل تعرّضهم لتقلّبات الأسعار العالمية من خلال التوسّع في استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة النووية وكفاءة الطاقة. يمكن لتنويع أنظمة الطاقة أن يدفع بالنموّ الصناعي وتوفير فرص عمل جديدة، إلا أن ذلك سيتطلّب المزيد من الاستثمارات في الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة النووية والشبكات الكهربائية والربط الإقليمي. وستكون الأنظمة التنظيمية المبسّطة والابتكار في تقنيات الطاقة الحديثة أمراً جوهرياً لجذب الاستثمارات الخاصة وتحقيق منافع واسعة النطاق. إنّ القرارات المتّخذة خلال هذا العقد ستحدّد مستقبل الطاقة في المنطقة ومرونتها في مواجهة تغيّر المناخ.

IEA. CC BY 4.0.

# الفصل الأوّل: الوضع الراهن

## نظرة عامة

لقد كانت منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (MENA) لعقود حجر الزاوية في أسواق الطاقة العالمية. تنتج دول عبر المنطقة ثلث نفط العالم وخمس الغاز الطبيعي، وهو ما يمثّل 50% من تجارة النفط و15% من تجارة الغاز على الصعيد العالمي. ومع ذلك، لا يمكن اختزال معادلة الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا في حدود الإنتاج وتصدير الوقود الأحفوري فقط. فالنموّ الديموغرافي والاقتصادي يدفع بوتيرة متسارعة إلى رفع الاستهلاك المحلّي للطاقة. تلبية هذا الطلب بات أمراً ضرورياً، لا سيما مع ارتفاع درجات الحرارة جراء تغيّر المناخ، وما ينتج عنه من ضغوط متزايدة لتبريد أماكن السكن والعمل وتحلية المياه. إنّ الكيفية التي ستلبّي بها المنطقة احتياجاتها المتزايدة من الطاقة في المستقبل سيكون لها تداعيات تتجاوز حدودها بكثير. ومع توقّع ازدياد استهلاك الطاقة المحلّي، ستصبح الكهرباء ركنًا مركزيًّا في تلبية الاحتياجات المتنامية للمنطقة.

يستكشف هذا التقرير الاحتياجات الحالية والمستقبلية للكهرباء، والتي تحرّكها عوامل هيكلية مشتركة، مثل: النموّ السكاني، وارتفاع مستويات المعيشة، وتسارع وتيرة التحضّر، ويحلّل الخيارات المتاحة على جانب الإمداد، مع مراعاة الموارد الخاصة بكل بلد ومنطقة، وكذلك أصول قطاع الكهرباء القائمة، مع تركيزه على 17 دولة هي: الجزائر، البحرين، مصر، الجمهورية الإسلامية الإيرانية (إيران)، العراق، الأردن، الكويت، لبنان، ليبيا، المغرب، عمان، قطر، المملكة العربية السعودية، الجمهورية العربية السورية (سورية)، تونس، الإمارات العربية المتحدة، واليمن [1].

[1] عند الإشارة في هذا التقرير إلى شمال أفريقيا، يشمل ذلك تحديداً الجزائر ومصر وليبيا والمغرب وتونس. أما الإشارة إلى منطقة الشرق الأوسط فتعني البحرين وإيران والعراق والأردن والكويت ولبنان وعمان وقطر والسعودية وسوريا والإمارات العربية المتحدة واليمن.

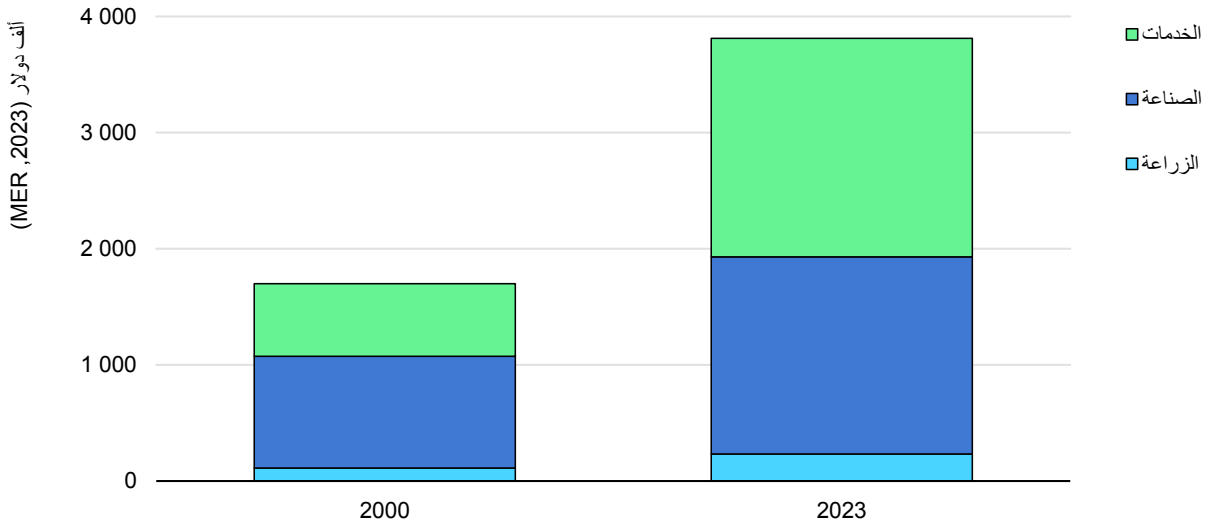
IEA. CC BY 4.0.

# الاقتصاد والديموغرافيا والمناخ

## النموّ الاقتصاديّ

منذ عام 2000، تضاعف حجم اقتصاد منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تقريبًا، حيث نما بمعدل 3.4% سنويًّا، وهو ما يفوق قليلاً المتوسط العالمي البالغ 3.3% عالميًّا. وقد قاد هذا النموّ التوسّع السريع في قطاع الخدمات الذي تضاعف حجمه ثلاث مرات منذ عام 2000. وقد غيّر هذا من هيكل اقتصاد المنطقة، فبينما كانت الصناعة تقليديًّا هي الركيزة الأساسية للإنتاج الاقتصادي، تراجعت حصّتها من 60% إلى 45%، لتحتلّ الخدمات الآن المرتبة الأولى، حيث تشكّل ما يقارب نصف اقتصاد المنطقة.

**الشكل 1.1** حجم الناتج المحلي الإجمالي وتركيبه في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2000 و2023




IEA. CC BY 4.0.

ملاحظة = MER :سعر الصرف في السوق.

المصادر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة استناداً إلى صندوق النقد الدولي (2025)، "آفاق الاقتصاد العالمي: تحديث إبريل 2025" وقسم الإحصاءات بالأمم المتحدة (2025)، "قاعدة بيانات المجاميع الرئيسية للحسابات القومية."

لم يكن النموّ موحّدًا في المنطقة. فقد شكّل مجلس التعاون الخليجي الذي يضم البحرين والكويت وعمان وقطر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة، أكثر من 55% من النمو في المنطقة منذ عام 2000. ويشكّل المجلس الآن معًا 37% من إجمالي الناتج المحلّي للمنطقة، وهو ما يفوق بكثير حصّته من السكان التي تمثّل نحو 12% فقط من إجمالي سكان المنطقة. ويظهر ذلك في وجود تفاوتات كبيرة في مستويات نصيب الفرد من الناتج المحلّي الإجمالي بين

IEA. CC BY 4.0.

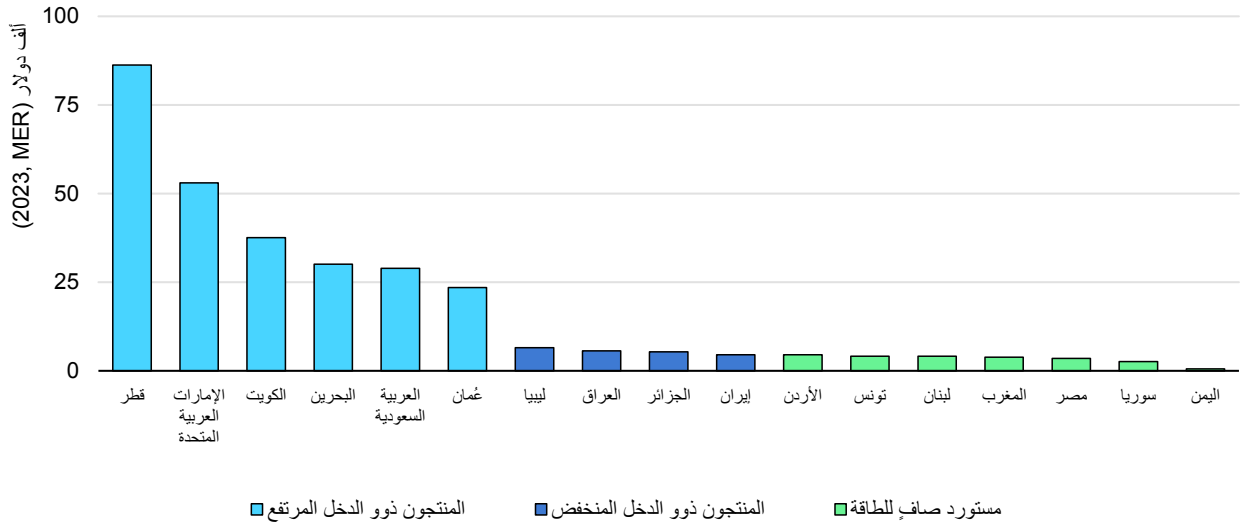
البلدان، حيث يتراوح من 550 دولارًا أمريكيًّا للفرد في اليمن إلى أكثر من 80,000 دولار للفرد في قطر، وهو فجوة لا تقتصر على الاختلافات بين مصدّري النفط والغاز في المنطقة وبين مستورديها الصافين.

ومع ذلك، لم تكن الثروة النفطية والغازية هي العامل الوحيد الذي يحدّد التنمية الاقتصادية بشكل عام. فقد أدّت النزاعات الممتدة وعدم الاستقرار السياسي إلى تقويض الأداء الاقتصادي بشكل كبير في العديد من الدول، وخاصة العراق ولبنان وليبيا وسورية واليمن. ويمكن تقسيم اقتصادات منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى ثلاث فئات رئيسة: مصدّرو الطاقة أو اقتصادات الإنتاج، وتنقسم إلى دول ذات ريع مرتفع للفرد (مثل الكويت وقطر والسعودية والإمارات) ودول منتجة ذات ريع أقل للفرد (والتي غالبًا ما تكون أكثر كثافة سكانية، مثل الجزائر وإيران والعراق، بالإضافة إلى مستوردي الطاقة الصافين).

تستفيد المجموعة الأولى من عوائد كبيرة من الهيدروكربونات، وتحافظ عموماً على أوضاع مالية قوية. وتتمتّع بعض هذه الدول بأعلى مستويات نصيب الفرد من الناتج المحلّي الإجمالي في العالم، وينعكس ذلك أيضًا على مستويات استهلاك الطاقة للفرد، والتي تعدّ من بين الأعلى عالميًّا. باستثناء المملكة العربية السعودية، تمتلك معظم دول هذه المجموعة تعداد سكان صغير نسبيًّا، مع استثناء العمالة الوافدة. أما المنتجون منخفضو الدخل (مثل الجزائر وإيران والعراق)، فيعتمدون كذلك بشكل كبير على صادرات النفط والغاز، لكنّهم لا يتمتعون بالوضع الاقتصادي الكلّي نفسه أو المساحة المالية، ولديهم نموّ سكاني سريع. ويشمل مستوردو الطاقة الصافون مصر والأردن ولبنان والمغرب وسورية وتونس واليمن. وتفتقر هذه الدول إلى موارد هيدروكربونية كبيرة، ممّا يجعلها أكثر عرضة لتقلّبات أسعار الطاقة العالمية، وغالبًا ما تواجه ضغوطًا مالية ومخاوف تتعلّق بأمن الطاقة.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 1.2 نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في دول مجلس التعاون الخليجي وغيرها من بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، عام 2023**




IEA. CC BY 4.0.

ملاحظة: MER = سعر الصرف في السوق.

المصادر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة استناداً إلى صندوق النقد الدولي (2025)، "تحديث آفاق الاقتصاد العالمي: إبريل 2025"، وقسم الشؤون الاقتصادية والاجتماعية بالأمم المتحدة (2024)، "مراجعة آفاق السكان العالمية 2024".

مكّنت عائدات الهيدروكربونات من تحقيق تنمية اقتصادية سريعة، خاصة في النصف الثاني من القرن العشرين، ممّا دعم التقدّم الاجتماعي والاقتصادي والتوسّع الكبير في البنية التحتية. ومع ذلك، فقد خلقت أيضًا اعتمادًا كبيرًا على الوقود الأحفوري في اقتصادات الدول المنتجة، ممّا جعلها عرضة بدرجات متفاوتة لتقلّبات أسعار النفط العالمية. ففي هذه البلدان، تشكّل صادرات النفط والغاز غالبية عائدات الصادرات والإيرادات المالية. ومن أجل تعزيز القدرة على الصمود الاقتصادي وتحقيق التنويع، أطلقت العديد من الدول برامج اقتصادية طموحة، تهدف إلى توسيع القطاعات غير الهيدروكربونية في اقتصاداتها، وجعْلها أقلّ تعرّضًا لتقلّبات أسعار النفط والغاز العالمية. في الوقت نفسه، تهدف هذه البرامج إلى ضمان خلق فرص عمل كافية للأعداد المتزايدة من السكان الشباب نسبيًّا (راجع قسم الديموغرافيا).

تجسّد مبادرات، مثل: رؤية المملكة العربية السعودية 2030، وإستراتيجية "نحن الإمارات 2031" في دولة الإمارات، ورؤية عمان 2040 هذا التحوّل، حيث أصبح التنويع الاقتصادي محور الإستراتيجيات الوطنية في اقتصادات الدول المنتجة. وتتّجه هذه المبادرات واسعة النطاق إلى توجيه الاستثمارات العامة والخاصة نحو تحفيز النموّ الاقتصادي في اقتصادات المنتجين ذوي الدخل المرتفع، ممّا يسهم في زيادة الطلب على الطاقة، وبشكل خاص الكهرباء.

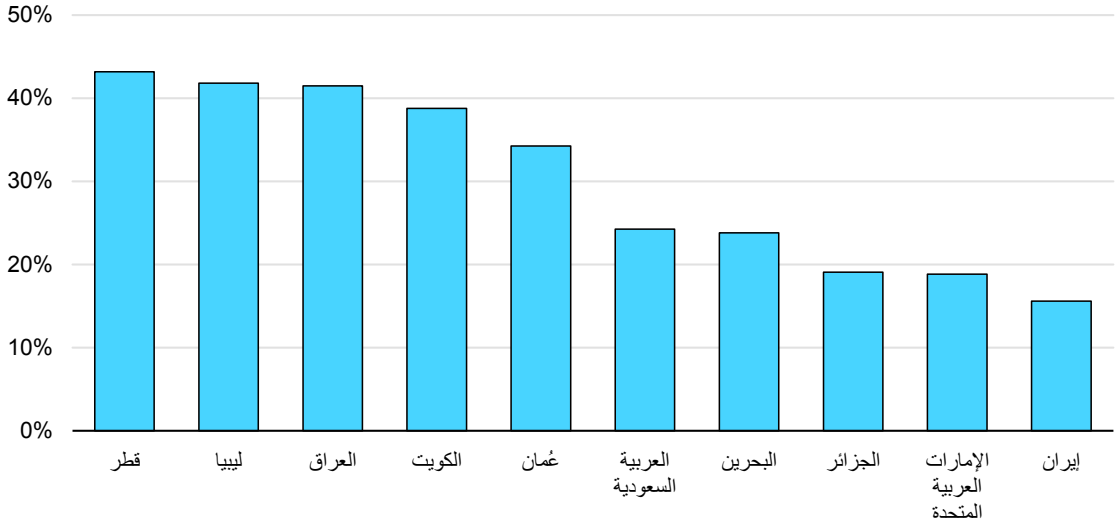
وتتركّز جهود بعض الدول في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بشكل متزايد على الابتكار التقني المتقدّم ضمن جهود التنويع الاقتصادي. ففي دول مجلس التعاون الخليجي، تقوم السعودية والإمارات باستثمارات كبيرة في قطاعات البيانات

IEA. CC BY 4.0.

والذكاء الاصطناعي؛ كجزء من إستراتيجيات التنويع الاقتصادي والتحوّل الرقمي. وقد حدّدت هيئة البيانات والذكاء الاصطناعي السعودية هدفًا قدره 1.9 غيغاواط من سعة مراكز البيانات بحلول عام 2030، مع خطط لرفعها إلى 6.6 غيغاواط بحلول عام 2034. أمّا مكتب الذكاء الاصطناعي في الإمارات، فقد أبرم اتفاقيةً مع الولايات المتحدة؛ لبناء أكبر مجموعة من مراكز بيانات الذكاء الاصطناعي خارج الولايات المتحدة، بسعة إجمالية مخطط لها تبلغ 5 غيغاواط.

وبينما تتركّز معظم الجهود في دول مجلس التعاون، بدأت دول أخرى في المنطقة، مثل مصر والمغرب في التوسّع بالبنية التحتية للذكاء الاصطناعي والبيانات كذلك، حيث تستعد مصر لإنشاء مركز بيانات بسعة تقارب 200 ميغاواط، فيما أعلنت المغرب عن مشروع مركز بيانات متخصّص بالذكاء الاصطناعي بقدرة 500 ميغاواط من خلال تجمّع دولي. ومع توسّع هذه المشاريع، من المتوقع أن تصبح بنية الذكاء الاصطناعي والبيانات من أهم المحرّكات لاستهلاك الطاقة في المنطقة.

**الشكل 1.3 إيرادات النفط والغاز كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي في بعض الاقتصادات المختارة، 2023**




IEA. CC BY 4.0.

ملاحظات: الإيرادات المتأتية من النفط والغاز الطبيعي هي المكاسب الاقتصادية الناتجة عن استخراج الموارد الهيدروكربونية، وتحتسب على أنها الفرق بين قيمتها السوقية الدولية والتكلفة الإجمالية للإنتاج. وقد تؤثر الإعانات المحلية على كيفية استخدام هذه الإيرادات، لكنها لا تقلل من حجم الإيرادات المتولدة.

## إعانات الوقود الأحفوريّ

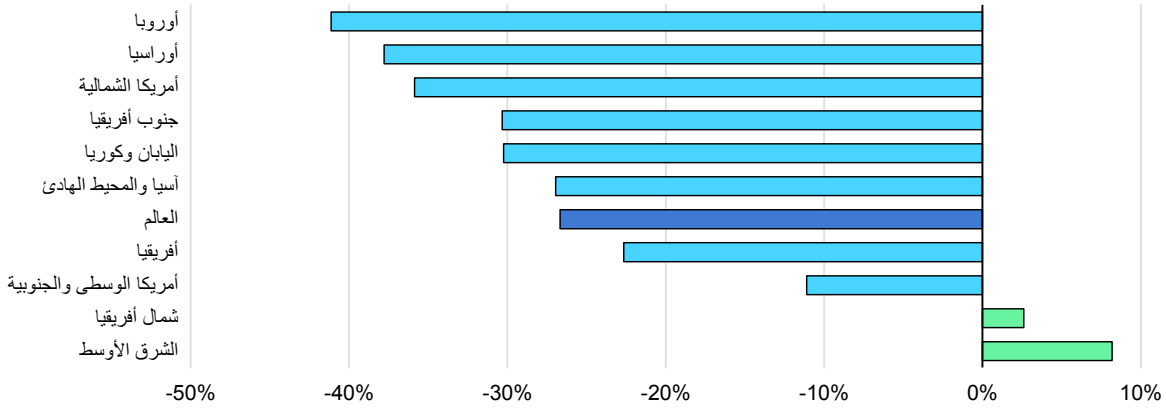
تلعب تكاليف الطاقة دورًا حاسمًا في تحديد القدرة التنافسية الاقتصادية للدول. تسعى دول العالم كافة إلى الحصول على طاقة آمنة وموثوقة وميسورة التكلفة لدعم النشاط الاقتصادي. ويبرز ذلك بشكل خاص في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، حيث استفادت الاقتصادات المنتجة من ثرواتها من الوقود الأحفوري لتطوير قطاعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، كصناعات البتروكيماويات والصلب والألمنيوم والصناعات ذات الصلة. كما استفادت القطاعات غير الصناعية، بما في ذلك

IEA. CC BY 4.0.

المباني وقطاع النقل، من إمدادات آمنة من المنتجات النفطية والغاز الطبيعي لأغراض التدفئة والكهرباء ووقود النقل. وغالبًا ما تدعم السياسات الحكومية هذا التوفّر الواسع للطاقة من خلال إبقاء أسعار الطاقة منخفضة نسبيًّا. وتعدّ منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا من بين المناطق التي لديها أعلى مستويات دعم الوقود الأحفوري في العالم، ما يؤدي في كثير من الأحيان إلى انخفاض أسعار الطاقة المحلّية مقارنة بالأسعار المرجعيّة.

تحدث إعانات استهلاك الوقود الأحفوري عندما تحفظ أسعار المستهلكين أقل من الأسعار المرجعية التي تم تعديلها، عند الحاجة، لتكاليف النقل وضريبة القيمة المضافة. وبينما يمكن أن تساعد بعض الإعانات على تحقيق أهداف اجتماعية – مثل تحسين الوصول إلى وسائل الطبخ النظيفة – فإنّ معظمها يشجع الاستخدام غير الأمثل للوقود الأحفوري. ومع ذلك، فإنّ هيمنة اقتصادات المنتجين، حيث ينظر إلى الوقود الأحفوري؛ باعتباره ثروة وطنية في الناتج الاقتصادي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، إلى جانب اعتمادها على القطاعات كثيفة الاستهلاك للطاقة لدفع النمو، يفسّران جزئيًّا ارتفاع كثافة الطاقة في الناتج المحلي الإجمالي في المنطقة. ومن عام 2000 إلى عام 2023، تبرز منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا باعتبارها المنطقة الوحيدة التي يتطلّب فيها إنتاج وحدة من الناتج المحلّي الإجمالي طاقةً أكبر في عام 2023 مقارنة بعام 2000، حتى عند مقارنتها مع الاقتصادات الناشئة كثيفة الاستخدام للطاقة. وهذه الظاهرة لافتة بشكل خاص؛ نظرًا لأنّ الكثير من النموّ الاقتصادي للمنطقة خلال تلك الفترة نتج عن قطاعات أقل استهلاكًا للطاقة، أبرزها قطاع الخدمات.

**الشكل 1.4 التغير في كثافة استهلاك الطاقة لكل وحدة ناتج محلي إجمالي في مناطق مختارة، 2000–2023**




IEA. CC BY 4.0.

ملاحظة: تم الحساب بناءً على الناتج المحلي الإجمالي المعبر عنه بأسعار القوة الشرائية.

استفاد المستهلكون السكنيّون في جميع أنحاء المنطقة أيضًا من انخفاض أسعار الطاقة، والتي غالبًا ما تحدّد أقل من الأسعار المرجعية. وبينما أدّى هذا دورًا مهمًّا في دعم الرفاه الاجتماعي، فإنّ غياب إشارات الأسعار الواضحة في كثير من

IEA. CC BY 4.0.

البلدان قد زاد من نموّ الطلب على الطاقة، وفي بعض الحالات أدى إلى الضغط على المالية العامة. خلال العقد الماضي، أنفقت المنطقة ما متوسّطه 250 مليار دولار سنويًّا على إعانات الوقود الأحفوري، وهو مبلغ يقارب مجموع الناتج المحلّي الإجمالي لعام 2024 لكلّ من البحرين والأردن وسلطنة عمان وتونس مجتمعة. وشكّلت إعانات الكهرباء وحدها أكثر من 80 مليار دولار، شملت الجزائر والبحرين ومصر وإيران والعراق والكويت وليبيا وعمان وقطر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة. وقد بلغ إجمالي إعانات الكهرباء نحو 50 مليار دولار سنويًّا بين عامي 2010 و2015، قبل أن يصل إلى أدنى مستوى خلال العقد في عام 2016 ليقلّ عن 35 مليار دولار. إلا أن هذا المبلغ ارتفع فجأة ليصل إلى أكثر من 140 مليار دولار في عام 2022.

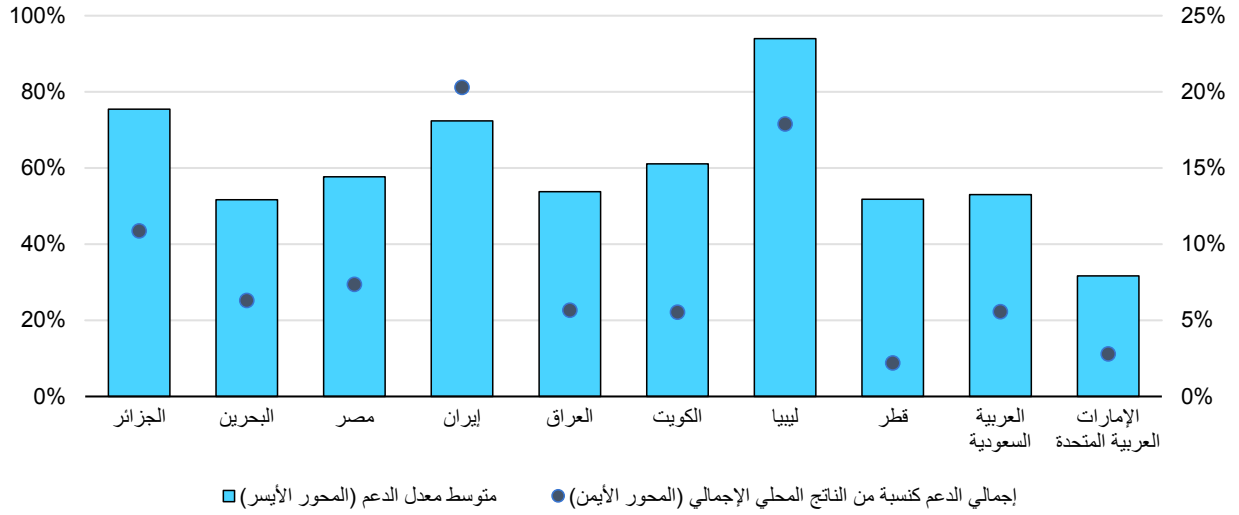
في العديد من الاقتصادات الناشئة والنامية، بما في ذلك تلك الموجودة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، غالبًا ما لا تستطيع شركات الكهرباء تغطية تكاليف التشغيل وسداد الديون؛ لأنّ أسعار التجزئة تحفظ منخفضةً لأسباب تتعلق بالقدرة على تحمّل التكاليف. وبينما لا تعدّ التعرفة العامل الوحيد، فإنّ الحفاظ على أسعار التجزئة منخفضةً بشكل غير مستدام يؤدي غالبًا إلى نقص واسع في الإيرادات. وينتج عن ذلك دورة تعاني فيها الشركات من سداد التزاماتها المالية، وجذب الاستثمارات لمشاريع الطاقة النظيفة، والحفاظ على جودة الخدمة، ممّا يؤدي في النهاية إلى تراكم الديون، ويتطلّب المزيد من الإعانات الحكومية. ويعدّ حجم إعانات الوقود الأحفوري، بما في ذلك الكهرباء، مقارنةً بإجمالي الناتج الاقتصادي، كبيرًا في بعض الدول، حيث بلغ نحو 20% من الناتج المحلي الإجمالي في إيران عام 2023 ونحو 10% في الجزائر ومصر، رغم أن مصر كانت مستوردًا صافيًا للطاقة في ذلك العام.

ومع ذلك، هناك اتجاه متزايد نحو إصلاحات دعم الطاقة في العديد من دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، ممّا يشير إلى تحوّل إيجابي نحو تسعير أكثر استدامة للطاقة. لكنْ على الرغم من الأثر الإيجابي قصير المدى على المالية العامة للدول، من الضروري أن يتم اقتران إصلاحات الدعم بإجراءات فعّالة لإعادة توزيع اجتماعي، تحمي الأسر منخفضة الدخل من ارتفاع أسعار الطاقة. فالتجارب مثل برنامج التحويلات النقدية "تكافل وكرامة" في مصر ساعدت على تقليل دعم الطاقة من خلال دعم الأسر ذات الدخل المحدود. وفي الأردن، بعد إلغاء دعم الطاقة بدءًا من عام 2018، طبّقت الحكومة نظام تحويلات نقدية، وأنشأت نظام تحويلات نقدية شاملًا؛ لحماية الأسر من ارتفاع الأسعار، بما في ذلك أسعار الغذاء.

IEA. CC BY 4.0.

في البلدان التي تعتمد بشكل كبير على المولّدات الخاصة، مثل العراق ولبنان، غالبًا ما تواجه الأسر تكاليف طاقة أعلى بكثير. ويكون تأثير الصدمة أشد في الدول التي لا يزال فيها المستهلكون السكنيّون يعتمدون على مولّدات الديزل، والتي شكّلت أكثر من 20% من إمدادات الكهرباء في العراق و80% في لبنان. في عام 2021، واجه لبنان تداعيات اقتصادية نتيجة خفض إعانات الكهرباء. وجاء هذا الإصلاح في ظل الانهيار المالي الذي بدأ عام 2019 وقلّل من قدرة البلاد على استيراد الوقود. ونتيجة لذلك، تأثر كلّ من إنتاج الكهرباء الرسمي وغير الرسمي (عبر مولدات الديزل)، وكاد أن يؤدي ذلك إلى إغراق البلاد في الظلام لأسابيع.

**الشكل 1.5 معدل الدعم وإجمالي قيمة الدعم كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي في دول مختارة، عام 2023**




IEA. CC BY 4.0.

ملاحظة: يشير معدل الدعم إلى نسبة أسعار الوقود الأحفوري إلى الأسعار في الأسواق الدولية (بما في ذلك الكهرباء المولدة من الوقود الأحفوري).

بالنسبة للمنتجين، يتّخذ مفهوم تكلفة الفرصة البديلة شكل فقدان عائدات التصدير من كميات النفط والغاز التي يتم تداولها بأقل من قيمتها السوقية، وتخصيص المواد الخام للصناعات ذات القيمة المضافة، وتقليل القدرة المحتملة على الاستثمار. أما بالنسبة لمستوردي الطاقة الصافين، فإنّ دعم الوقود المستورد يقيّد أمنهم الطاقي وقدرتهم على الاستثمار في مصادر الطاقة المحلية، ويزيد أيضًا من تعرّض موازينهم المالية لتقلّبات سوق الطاقة.

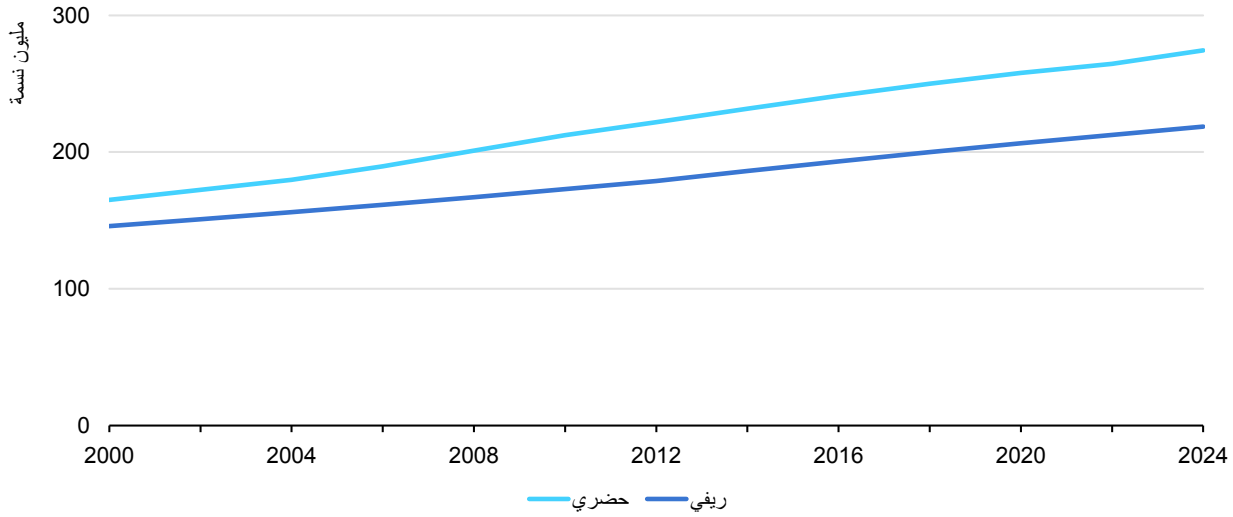
IEA. CC BY 4.0.

# الديموغرافيا

تلعب الاتجاهات الديموغرافية المتسارعة دورًا محوريًّا في تشكيل مستقبل الطاقة في المنطقة. ويتجلّى ذلك في ثلاثة مجالات رئيسة: معدّل نموّ السكان، ومتوسّط أعمار السكان، والزيادة المستمرة في نسبة سكان المدن في جميع أنحاء المنطقة.

فمنذ عام 2000، نما عدد سكان منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بمعدّل يقارب ضعف المتوسط العالمي – بنسبة 61% مقابل 31% – بزيادة تقارب 175 مليون نسمة خلال هذه الفترة، ليتجاوز مجموع السكان حاجز الـ 500 مليون نسمة. ويعيش معظم هؤلاء اليوم في المدن، حيث وصلت نسبة التحضّر إلى ثلثي مجموع السكان، بعد أن كانت نحو 58% في عام 2000.

**الشكل 1.6 عدد سكان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (الحضر والريف)، خلال الفترة 2000–2025**




IEA. CC BY. 4.0.

المصادر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة (IEA) استنادًا إلى بيانات إدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية التابعة للأمم المتحدة (2024)، مراجعة توقعات السكان في العالم لعام 2024

من الأمور الحاسمة، أن سكان المنطقة يعدّون من الفئة الشابة نسبيًّا، إذ تبلغ نسبة من هم دون الثلاثين عامًا 55%، ممّا يجعل منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ثاني أصغر منطقة في العالم، من حيث متوسط الأعمار، بعد أفريقيا جنوب الصحراء. ويبلغ متوسط العمر 22 عامًا؛ أي أقل بست سنوات من المتوسط العالمي، ممّا يسلّط الضوء بوضوح على قضية التوظيف. وبالفعل، مع وصول معدّلات البطالة بين الشباب إلى نحو 25%، وهي الأعلى في العالم وتساوي ضعف

IEA. CC BY 4.0.

المعدل العالمي، تظل مسألة "الزيادة الشبابية" والبطالة من الأولويات القصوى لمعظم دول المنطقة، في ظل استمرار التحدّيات الهيكلية في سوق العمل. تشمل هذه التحدّيات محدودية دور القطاع الخاص في توفير فرص العمل، وانخفاض معدّلات مشاركة النساء في القوى العاملة، واستمرار الطابع غير الرسمي لمعظم الأسواق في المنطقة. وقد أدت التحسينات في الوصول إلى التعليم إلى أن زهاء 60% من السكان باتوا يحملون على الأقل شهادة التعليم الثانوي الأدنى، وأن عدد الأشخاص الذين سيدخلون سوق العمل سيواصل الارتفاع. باستثناء أفريقيا جنوب الصحراء، تعتبر منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا هي المنطقة الوحيدة المتوقع أن تشهد زيادة في قوة العمل الشبابية بين عامي 2023 و2050. ويبقى أحد أبرز التحدّيات التي تواجه دول المنطقة هو إيجاد سبل للاستفادة من هذه القوى العاملة الشابة الكبيرة في تحقيق النمو الاقتصادي المستقبلي.

## تغيّر المناخ وارتفاع درجات الحرارة

### ارتفاع درجات الحرارة

تتأثر منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بشكل غير متناسب بتغيّر المناخ، حيث ترتفع درجة حرارتها بمعدّل يبلغ ضعفًا ونصف المتوسط العالمي، في حين تشهد بعض المناطق الفرعية، مثل أجزاء من شبه الجزيرة العربية الوسطى، زيادات في درجات الحرارة تصل إلى ثلاثة أضعاف هذا المعدل. بين عامي 1980 و2023، ارتفعت درجات الحرارة الإقليمية بمتوسط يقدّر بـ 0.46 درجة مئوية لكل عقد، ممّا أدى إلى زيادة ملحوظة في ما يعرف بأيام درجة التبريد، وهو مؤشّر يدل على مدى ارتفاع متوسط درجة الحرارة اليومية. وعند القياس بالنسبة إلى عتبة قاعدية تبلغ 21 درجة مئوية، فإنّ عدد أيام درجة التبريد الآن أعلى بنسبة 40% ممّا كان عليه في عام 2000. ويعكس ذلك زيادة كبيرة في تعرّض سكان المنطقة لدرجات الحرارة المرتفعة، ويؤثر بشكل مباشر في الطلب على الطاقة ومرونة البنية التحتية في جميع أنحاء المنطقة. وحيث إنّ استخدام أجهزة التكييف يرتبط مباشرة بعدد أيام درجة التبريد، فإن هذه الاتجاهات تبرز التأثير المتزايد لارتفاع درجات الحرارة في الطلب على الطاقة، لا سيما الكهرباء.

بالإضافة إلى التأثير الواضح في الطلب على الطاقة والكهرباء، تؤثر درجات الحرارة المرتفعة أيضًا بشكل سلبي في جانب الإمداد، إذ يمكن لارتفاع درجات الحرارة المحيطة أن يقلل بشكل كبير من كفاءة محطات الطاقة الحرارية، ويؤدي إلى انخفاض إنتاج الطاقة في وقت يصل فيه الطلب إلى ذروته بسبب الحرارة. ويظهر هذا بشكل خاص في توربينات الغاز ذات

IEA. CC BY 4.0.

الدورة المفتوحة، والتي تشكّل ما يقارب 20% من إنتاج الكهرباء في المنطقة، حيث تعتمد على تدفّق الهواء البارد لمنع ارتفاع درجة حرارتها. كما تؤدي درجات الحرارة المرتفعة بشكل مباشر إلى انخفاض أداء نقل الكهرباء، مما يفاقم القيود على الإمداد في أثناء فترات ذروة الطلب.

كانت هذه العوامل واضحة في العراق الذي شهد في يونيو 2022 انهيارًا كارثيًّا للشبكة الكهربائية بالكامل، عندما تجاوزت درجات الحرارة 51 درجة مئوية، ما أدى إلى انقطاع الكهرباء عن ملايين السكان في محافظات الجنوب: البصرة وذي قار وميسان. وأصبحت حالات انقطاع الكهرباء خلال شهور الصيف أكثر شيوعًا، مما يسلّط الضوء على الضغط الكبير على منظومة الطاقة. وفي ضوء ذلك، قامت الحكومة العراقية في يونيو 2024 بتقليص ساعات العمل في القطاع العام؛ لحماية الموظفين من الحرارة الشديدة، ولترشيد استهلاك الكهرباء خلال ساعات الذروة. كما أن شركات النفط العاملة في البلاد قدّمت سياسة "أيام العلم البنفسجي"، لمنع إرسال العمال إلى الحقول، عندما يكون الجو شديد الحرارة. وفي معظم دول الخليج، حيث تعتبر درجات الحرارة الصيفية الشديدة أمرًا معتادًا، تلزم قوانين العمل بوقف الأعمال الخارجية (التي تزاول في أماكن مكشوفة)، بمجرد تجاوز درجات الحرارة عتبات معينة، وعادة ما يحدث ذلك في منتصف اليوم خلال أشهر الصيف الأكثر حرارة. تهدف هذه القوانين إلى حماية العمال، خصوصًا العاملين في قطاع الإنشاءات والقطاعات الميدانية الأخرى غير المنشآتية، من التعرّض الخطر للحرارة، رغم أن تطبيقها يختلف من مكان لآخر.

تسبّب الحر الشديد في ضغوط متزايدة على البنية التحتية الحيوية، حتى في الدول التي كانت تتمتع عادةً بأنظمة مستقرة. ففي صيف عام 2024، شهدت مصر موجة حر شديدة أدت إلى انقطاعات واسعة النطاق في الكهرباء، حيث ارتفعت درجات الحرارة إلى ما فوق 50 درجة مئوية باتجاه الحدود الجنوبية. أدى ارتفاع الطلب على التبريد، بالتزامن مع نقص الغاز، إلى انقطاع الكهرباء بشكل متكرّر في أنحاء البلاد، وامتد لفترات تصل إلى 6 ساعات يوميًّا، ممّا فاقم الأثر السلبي للحرارة. واستجابة لذلك، طبّقت الحكومة جداول لتقنين الكهرباء؛ بهدف تقليل الضغط على الشبكة التي كانت بالفعل مثقلة بالأعباء.

في شهر مايو 2025، وبسبب الارتفاع غير المعتاد في درجات الحرارة التي تجاوزت 50 درجة مئوية، قامت الكويت بجدولة انقطاعات كهربائية في 51 منطقة جغرافية، شملت الاستخدامات الصناعية والزراعية والسكنية. وقد طبّقت وزارة الكهرباء والماء والطاقة المتجدّدة على المستهلكين تقنينًا مبرمجًا للكهرباء على امتداد شهري أبريل ومايو ويونيو 2025، مع توقع

IEA. CC BY 4.0.

استمرار هذا التقنين حتى نهاية الصيف. وجاء ذلك بعد أول برنامج لخفض الأحمال، والذي تم تنفيذه في البلاد عام 2024. ويعدّ هذا البرنامج مثالًا ممتازًا ليس فقط على الارتفاع المؤقت في استهلاك الكهرباء خلال الصيف، ولكن أيضًا على تزايد الطلب الهيكلي والإمدادات التي تجد البنية التحتية الحالية صعوبة في مواكبتها.

تشهد المنطقة حوادث مماثلة، حيث اضطرت عدة دول إلى تقنين الكهرباء؛ بسبب موجات الحر الشديدة في فصل الصيف. وقد أصدر المسؤولون الكويتيون مؤخراً بيانات يعزون فيها هذا التقنين إلى آثار تغيّر المناخ والتأثيرات الجذرية التي يحدثها في قطاع الطاقة، مشدّدين على الحاجة إلى برامج منتظمة لتخفيض الأحمال الكهربائية.

## شحّ المياه

تعدّ منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا أكثر مناطق العالم معاناةً من شحّ المياه، إذ لا تمتلك سوى 1% من الموارد المائية العذبة في العالم، رغم أنها تضم أكثر من 6% من سكانه. ويزيد تغيّر المناخ من الضغط على موارد المياه، من خلال زيادة تكرار الجفاف وتكراره في أنحاء المنطقة. وتشمل العوامل الأخرى التي تفاقم الوضع تحدّيات تتعلّق بإدارة تدفّق الأنهار في بلدان، مثل: مصر وإيران والعراق والأردن. علاوة على ذلك، فإن التسعير المنخفض المستمرّ للمياه والطاقة في بعض أجزاء المنطقة قد شجع على الاستخدام غير الكفء للمياه، وأسهم في مستويات غير مستدامة من السّحب من المصادر غير المتجدّدة.

من أجل تخفيف أزمة المياه وتلبية الطلب المتزايد على المياه، تعتمد الدول بشكل متزايد على تحلية المياه؛ كمصدر رئيس للمياه العذبة. واعتبارًا من عام 2023، شكّلت تحلية المياه ما نسبته 4% من إجمالي الطلب على الطاقة، وأنتجت نحو 11 مليار متر مكعّب من المياه سنويًّا، أي ما يعادل قرابة 3.5% من إجمالي السّحب السنوي للمياه العذبة في المنطقة. ويمثّل ذلك أكثر من 40% من إجمالي القدرة العالمية المركبة لتحلية المياه، ويتطلّب استخدام كميات كبيرة من الطاقة.

تمثّل منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا نحو 90% من الطاقة الحرارية المستخدمة لتحلية المياه على مستوى العالم. إنّ طبيعة الاستهلاك الكثيف لرأس المال والطاقة في بنية التحلية التحتية، إلى جانب الاعتبارات المناخية، تفسّر لماذا تتركّز القدرات الحالية في اقتصادات مجلس التعاون الخليجي الستة. غير أنه، ومع تفاقم أزمة شحّ المياه على نحو أوسع، تتزايد

IEA. CC BY 4.0.

مشاريع التحلية في مختلف أنحاء المنطقة، ولا سيما في بلدان مثل الجزائر والمغرب (راجع الفصل الثالث، "كيف ستؤثر تقنيات التحلية الجديدة وزيادة الضغوط المائية في الطلب على الكهرباء؟")

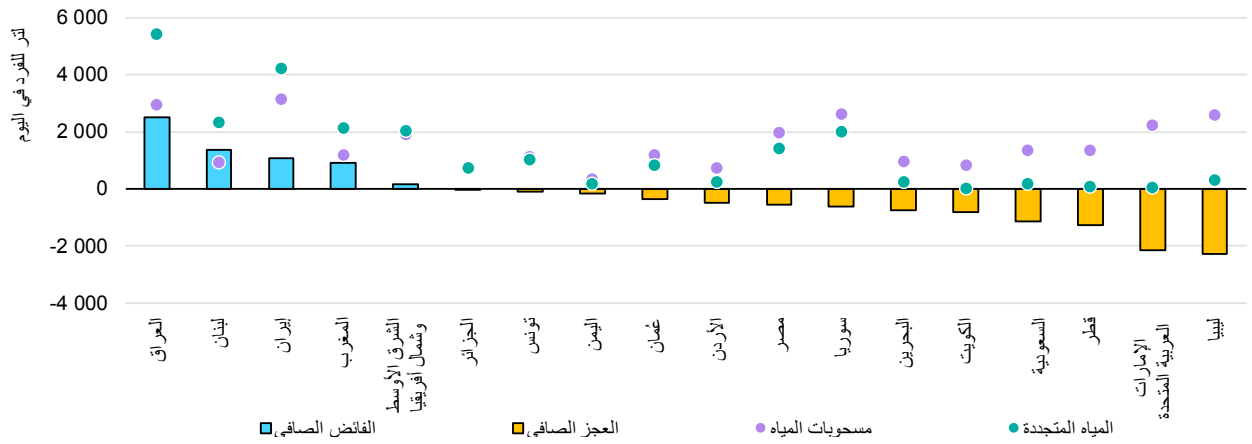
تحلية المياه عملية كثيفة الاستهلاك للطاقة، حيث تمثّل تكاليف الطاقة ما يصل إلى 50٪ من إجمالي مصاريف التحلية. يمكن أن تستهلك المنشآت الحالية ما بين 3 إلى 6 كيلوواط ساعة من الكهرباء لكلّ متر مكعّب من المياه المنتجة، وذلك اعتماداً على تقنية التحلية والمياه المغذّية وعوامل أخرى، بالإضافة إلى كميات أكبر بكثير من الطاقة الحرارية المستخدمة في تقنيات التحلية الحرارية. لقد أدى انخفاض أسعار الهيدروكربونات، إلى جانب الاستخدام الواسع النطاق لمحطّات التوليد المشترك للطاقة والمياه، إلى الاعتماد الكبير تاريخيًّا على التحلية الحرارية القائمة على الوقود الأحفوري في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

على الرغم من أن إنتاج الكهرباء في المنطقة لا يزال يعتمد بشكل كبير على النفط والغاز، فإن دمج الطاقة المتجددة في عمليات التحلية يوفّر مزايا إستراتيجية، فهو يقلّل من تكاليف التشغيل، ويخفّض الانبعاثات، ويحرّر الهيدروكربونات للتصدير في اقتصادات المنتجين. أما بالنسبة للمستوردين الصافين، فإن استخدام مصادر الطاقة المتجددة لتحلية المياه يمكن أن يسهم في تقليص فاتورة استيراد الطاقة. ومع تزايد الطلب على المياه وقدرات التحلية، سيكون التحوّل نحو مصادر الطاقة الأكثر استدامة أمرًا أساسيًّا لضمان الكفاءة والمرونة على المدى الطويل.

تعدّ تقنيات الأغشية، وخاصة التحلية بواسطة التناضح العكسي، الأنظمة الأكثر انتشاراً لتحلية المياه في العالم، إذ تمثّل أكثر من 70٪ من القدرة المركّبة عالميًّا. وقد حصلت هذه التقنيات مؤخراً على الحصة الأكبر من توسعات القدرة على التحلية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وتتميّز هذه الأنظمة التي تعمل بالكهرباء بأنها أكثر كفاءة في استخدام الطاقة، ويمكن دمجها بسهولة أكبر مع مصادر الطاقة المتجددة، على عكس الأنظمة المعتمدة على الوقود الأحفوري.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 1.7 توافر المياه في مجموعة مختارة من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، عام 2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: الشرق الأوسط وشمال أفريقيا = الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

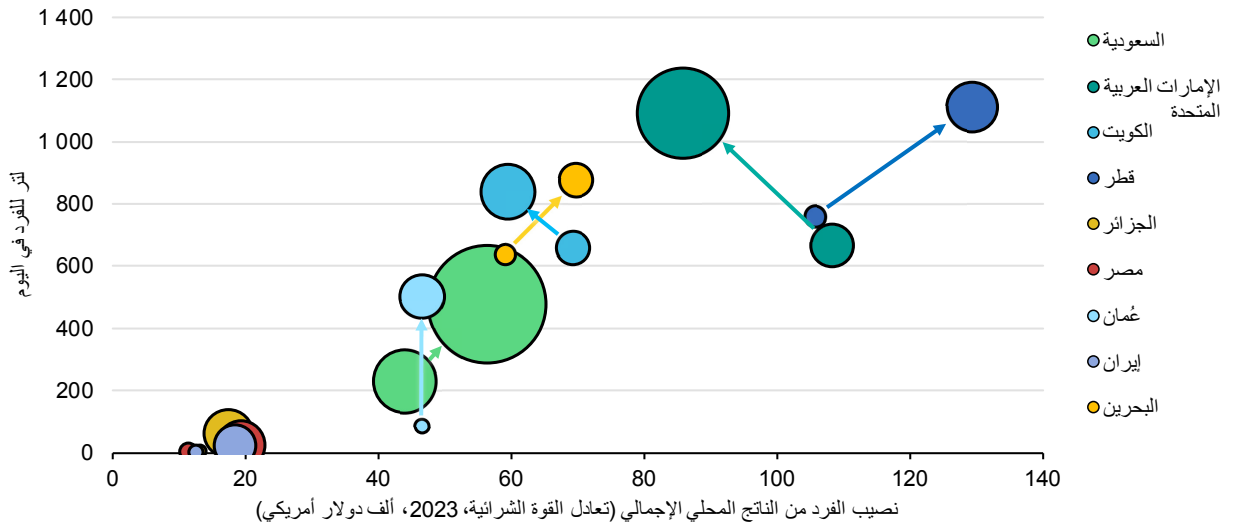
المصدر: تحليل وكالة الطاقة الدولية بناءً على بيانات من قاعدة بيانات أكواستات (FAO AQUASTAT) التابعة لمنظمة الأغذية والزراعة.

في معظم دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، يستأثر القطاع الزراعي – بشكل رئيس – بالطلب على المياه العذبة، ثم تأتي بعده الاستخدامات البلدية والصناعية. إن تزايد وتيرة موجات الجفاف وشدّتها في المنطقة يزيد من محدودية توفّر المياه العذبة لتلبية الطلب الحالي. وباستثناء إيران والعراق، فإن جميع دول المنطقة تقع دون الحد الأدنى لتعريف منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة لمستوى الإجهاد المائي.

في بعض البلدان التي تعاني حاليًّا من عجز مزمن في المياه العذبة، أو التي شهدت عجزاً في السنوات الأخيرة، توسّعت قدرة التحلية بشكل كبير. فعلى سبيل المثال، زادت قدرة التحلية في المملكة العربية السعودية أكثر من ثلاثة أضعاف بين عامي 2000 و2023، فيما زادت تقريباً بمقدار خمسة أضعاف في دولة الإمارات العربية المتحدة خلال الفترة نفسها. كما شهد البلدان أيضاً ارتفاعاً حاداً في قدرة التحلية للفرد، حيث تضاعفت في المملكة العربية السعودية، وارتفعت بنسبة 50% في دولة الإمارات العربية المتحدة خلال هذه الفترة.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 1.8 القدرة المركبة لتحلية المياه مقارنة بنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي لعدد من الدول المختارة، عامي 2000 و2023.**




IEA. CC BY. 4.0.

المصدر: تحليل وكالة الطاقة الدولية استناداً إلى بيانات من GWI DesalData

على الرغم من تركّز القدرة على التحلية في دول مجلس التعاون الخليجي، بدأت إضافات جديدة للقدرة على التحلية تظهر في شمال أفريقيا، في دول مثل الجزائر. كما أن مشاريع توسعة القدرة على التحلية آخذة في النموّ في مناطق أخرى من الإقليم الفرعي.

## النزاعات ونزوح السكان

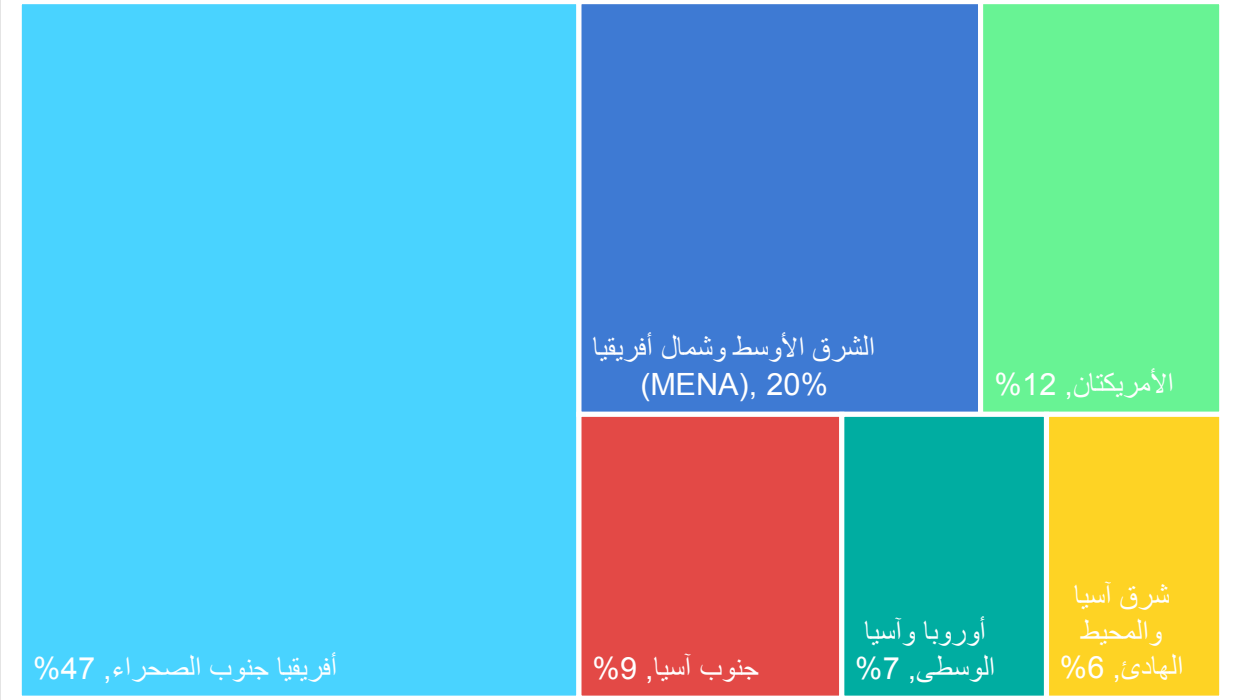
شهدت خمس على الأقل من أصل سبع عشرة دولة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا نزاعًا مسلّحًا خلال السنوات العشرين الماضية. وبالإضافة إلى المآسي الإنسانية والأضرار المادية، أدت هذه النزاعات إلى شلّ البنية التحتية للطاقة وإعاقة الاستثمارات الأساسية وأعمال الصيانة في أصول حيويّة، مثل محطّات الطاقة وشبكات الكهرباء، وخصوصاً في العراق ولبنان وليبيا وسورية والضفة الغربية وقطاع غزة واليمن. وفي بعض الحالات [2]، مثل العراق، أتاح تحسّن الاستقرار في السنوات الأخيرة تنفيذ استثمارات مهمة في مشاريع التقاط الغاز والبنية التحتية للكهرباء والتكرير، رغم استمرار التحدّيات الكبيرة.

[2] لا تشمل هذه الدراسة السلطة الفلسطينية، لكن الحرب الجارية هناك أثرت بشكل كبير على الدول المجاورة، وخاصة مصر والأردن ولبنان وسوريا، بما في ذلك من منظور الطاقة

IEA. CC BY 4.0.

تسبّبت النزاعات والعنف أيضاً في نزوح سكان جماعي واسع النطاق، ممّا أدى إلى تفاقم التحدّيات المتعلّقة بالحصول على الكهرباء. ومن الأمثلة الحديثة على ذلك الحرب الجارية في غزة، والتي تركت مئات الآلاف من الناس بلا إمكانية الوصول إلى الخدمات الأساسية، بما في ذلك الكهرباء. معظم النازحين في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا هم أشخاص نازحون داخليًّا. حتى نهاية عام 2024، كان هناك أكثر من 16 مليون نازح داخلي في المنطقة، وقد نزح تقريبًا جميعهم بسبب النزاعات والعنف، وهو ما يمثّل خمس سكان العالم من النازحين داخليًّا.

**الشكل 1.9 التوزيع الإقليمي للأشخاص النازحين داخليًا، 2024**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعني MENA الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وفقًا لمبادئ التوجيه بشأن النزوح الداخلي، فإن الأشخاص المشردين داخليًا هم أشخاص أو مجموعات من الأشخاص الذين اضطروا أو اجبروا على الفرار أو مغادرة منازلهم أو أماكن إقامتهم المعتادة، وخصوصًا نتيجة أو لتجنب آثار النزاع المسلح، أو حالات العنف المعمم، أو انتهاكات حقوق الإنسان، أو الكوارث الطبيعية أو التي يسببها الإنسان، والذين لم يعبروا حدودًا دولية معترفًا بها. وتشمل تصنيفات المفوضية السامية للأمم المتحدة لشؤون اللاجئين (UNHCR) حسب البلد: إسرائيل، وموريتانيا، والسلطة الفلسطينية، لكنها تستثني إيران. ونتيجة لعملية التقريب، لا يتطابق المجموع الكلي مع مجموع الأرقام الفردية.

المصدر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة بناءً على بيانات من مركز رصد النزوح الداخلي (2025) (IDMC)، التقرير العالمي عن النزوح الداخلي 2025. مركز رصد النزوح الداخلي.

من منظور الطاقة، تظهر آثار نزوح السكان بوضوح في اضطراب أنماط توزيع الكهرباء والقدرة المحدودة على إيصال الكهرباء إلى شرائح واسعة من السكان، ممّا يخلق تحدّيات كبيرة في الوصول إلى الكهرباء. وتقدّر المنظمة الدولية للهجرة أن 94% من النازحين الذين يعيشون في المخيّمات حول العالم لا يمكنهم الوصول بشكل فعلي إلى الكهرباء، في حين يعتمد 81% منهم على أنواع وقود بسيطة للطهي. ورغم أن هذه النسبة تستند إلى مسوح أجريت على مخيّمات اللاجئين في أفريقيا

IEA. CC BY 4.0.

جنوب الصحراء، فإن معظم اللاجئين في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا يقطنون المناطق الحضرية حيث يكون الوصول إلى الكهرباء أفضل نسبيًّا.

بينما لا تتوفّر بيانات دقيقة حول نسبة الأشخاص النازحين الذين يواجهون محدودية أو عدم الحصول على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، تشير التقييمات لمستوى الدول إلى وجود تحدّيات كبيرة في الحصول على الطاقة، ولا سيما في ما يتعلّق بالكهرباء. في حالة سورية، أفاد 30% من المواقع التي تم تقييمها بأن لديها إمكانية للوصول إلى الكهرباء العامة، ولكن أكثر من 80% من تلك المواقع يتوفّر فيها أقل من 4 ساعات كهرباء يوميًّا. والأكثر إثارة هو أن ما يقرب من 20% من المخبرين الرئيسيين [3] أفادوا بعدم وجود أي استخدام للكهرباء العامة أو الخاصة على الإطلاق. إن عدم القدرة على معالجة هذا التحدّي يحدّ من فرص التعافي الاقتصادي ويولّد مخاطر تتعلّق بالسلامة. وعلى المدى البعيد، قد يتأخّر أيضاً احتمال عودة النازحين السوريين داخليًّا إلى مناطقهم الأصلية، إذا لم تتم استعادة الخدمات الأساسية مثل الكهرباء. يختلف الوضع بين الدول، فعلى سبيل المثال، في الأردن حيث يقيم غالبية النازحين كلاجئين في المناطق الحضرية، تبقى مسألة الحصول على الكهرباء مرتبطة بقدرة الأسر على دفع تكاليفها أكثر ممّا هي مرتبطة بمشكلة الإمداد نفسه. وتبرز هذه الأمثلة مدى تفاوت ظروف الحصول على الكهرباء عبر المنطقة.

نتيجة النزاعات وعدم الاستقرار بعد النزاع وتحدّيات الحوكمة، لا تزال عدة دول في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تعاني من اضطرابات في إمدادات الكهرباء. لقد واجهت كلّ من العراق ولبنان وليبيا وسورية واليمن نقصًا مزمنًا في الطاقة الكهربائية، ما يؤثر بشكل كبير في قدرة السكان على الحفاظ على مستويات كافية من الراحة

الحرارية، ويقوّض القدرة التنافسية الاقتصادية. وتقدّر دراسة أجرتها الوكالة الدولية للطاقة حول الأثر الاقتصادي لنقص الكهرباء في العراق، أن انقطاع الكهرباء وحده كلّف الاقتصاد أكثر من 95 مليار دولار، خلال فترة خمس سنوات بين عامي 2014 و2020.

إن غياب إمدادات الشبكة الكهربائية المستقرة أدى إلى توسّع شبكات التوليد الكهربائي غير الرسمية في العديد من البلدان. وتعتمد هذه الشبكات بشكل أساسي على مولّدات الحي العاملة بالديزل، والتي وفّرت ما يتراوح بين 20 إلى 75% من

[3] يقوم المخبرون الرئيسيون العاملون مع المنظمة الدولية للهجرة بجمع معلومات عن المجتمعات، بما في ذلك بيانات تتعلق بإمكانية الحصول على الطاقة.

IEA. CC BY 4.0.

إمدادات الكهرباء في العراق — مع ارتفاع الطلب الحاد خلال أشهر الصيف — وأكثر من 80% من إمدادات الكهرباء في لبنان اليوم. وقد أدى هذا الاعتماد الواسع على التوليد غير الرسمي إلى نشوء أخطار جسيمة تتهدّد السلامة. فعلى سبيل المثال، في مارس 2024، اندلع حريق في مولّد كهربائي داخل أحد المباني في طرابلس بلبنان، ما أدى – مع الأسف – إلى وفاة خمسة أطفال. وتم الإبلاغ عن حوادث مماثلة في جميع أنحاء المنطقة خلال السنوات الأخيرة.

يسهم التوليد غير الرسمي للطاقة بشكل كبير أيضاً في تلوّث الهواء عبر منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. تسجّل المدن الكبرى بشكل متكرّر تراكيز من الجسيمات الدقيقة (2.5PM) تفوق بكثير الحدّ الأعلى الموصى به من قبل منظمة الصحة العالمية، والبالغ 5 ميكروغرام/متر مكعّب كمعدل سنوي. فعلى سبيل المثال، في عام 2024، بلغت المستويات المتوسّطة في بغداد 40.5 ميكروغرام/متر مكعّب، ووصلت في القاهرة إلى 39.9 ميكروغرام/متر مكعّب، وسجّلت دبي 33.4 ميكروغرام/متر مكعّب. وتعدّ هذه القيم أعلى من إرشادات منظمة الصحة العالمية بمقدار يتراوح بين خمسة إلى عشرة أضعاف، ممّا يبرز مدى خطورة تحدّيات جودة الهواء الحضري في المنطقة.

علاوة على ذلك، أدى ارتفاع معدّلات التوليد الكهربائي غير الرسمي إلى تأثير سلبي في قدرة الأسر على دفع تكاليف الكهرباء. تراوحت بدلات اشتراكات مولّدات الأحياء في العراق بين 600 إلى 1200 دولار أمريكي لكل ميغاواط/ساعة، وهي من بين الأعلى عالميًّا، وتدفع هذه المبالغ بالإضافة إلى فواتير الخدمات الرسمية. أما في لبنان، فتتراوح بدلات الاشتراكات بين 400 إلى 500 دولار أمريكي لكل ميغاواط/ساعة، ممّا يشكّل عبئًا كبيرًا على الأسر التي تعاني أساساً من ضغوط اقتصادية.

تفرض هذه التعريفات عبئًا ماليًّا ثقيلًا على الأسر والشركات، إذ غالباً ما تكون فواتير الكهرباء غير الرسمية قائمة على رسوم ثابتة بدلاً من الاستهلاك الفعلي للكهرباء. وهذا يعني أنه غالبًا لا يوجد حافز فعلي لتحقيق كفاءة في النظام، ويشجع على الاستخدام الكامل للكهرباء المتعاقد عليها، حتى عندما لا تكون هناك حاجة إليها. واستجابة لمثل هذه التحدّيات، عمدت دول مثل الأردن والمغرب مؤخرًا إلى إدخال تعريفات تعتمد على أوقات الاستخدام، وأبدت استعدادها لتطبيق مرونة الطلب الصناعي والثالثي (التجاري والخدمي). وتهدف هذه الإجراءات إلى تقليل الأحمال القصوى على الشبكة وتعزيز مرونة النظام بشكل عام، ممّا يمثّل تحوّلاً نحو استخدام أكثر ديناميكية وكفاءة للطاقة.

IEA. CC BY 4.0.

**الصندوق 1.1 إنتاج الكهرباء خارج الشبكة على نطاق واسع: فرصة أم تحد؟**

شهدت المنطقة في السنوات الأخيرة تصاعدًا في تبنّي أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية خارج الشبكة لإنتاج الكهرباء. وقد كان هذا النموّ مدفوعًا بانخفاض أسعار الألواح الشمسية والرغبة في تحسين موثوقية الإمداد، وتقليل الاعتماد على كلّ من الشبكة العامة ومولّدات الأحياء، وكذلك في تقليص فواتير الكهرباء على المدى المتوسط. ويعود هذا النموّ بشكل كبير إلى مبادرات القطاع الخاص مع دعم مالي حكومي محدود نسبيًّا. ونتيجة لذلك، جاء انتشار هذه الأنظمة بشكل متفرّق، وغالبًا ما اقتصر على الأسر والشركات ذات الدخل المرتفع التي تقوى على تحمّل التكاليف الأوليّة للاستثمار. فعلى سبيل المثال، شهد لبنان زيادة هائلة في قدرة الطاقة الشمسية خارج الشبكة، خاصة في القطاع السكني، حيث تضاعفت هذه القدرة تقريبًا عشر مرات بين عامي 2020 و2024 [4]. وقد حدث هذا النموّ في ظل الانهيار الاقتصادي الذي أعقب الأزمة المالية عام 2019، حيث جرى تقليص الدعم الحكومي للكهرباء ورفع التعريفات، في حين منعت الأوضاع المالية في البلاد قدرتها على استيراد المنتجات النفطية التي يعتمد عليها بشكل شبه كلّي في التوليدين النظامي وغير النظامي للطاقة. وقد بلغ سعر الميغاواط ساعة للتوليد غير النظامي نحو 600 دولار أمريكي في ذروة الأزمة عام 2021.

بالإضافة إلى ذلك، تمتلك أنظمة الطاقة الشمسية خارج الشبكة هذه، إمكانات كبيرة غير مستغلّة يمكن أن تقدّم المزيد من الكهرباء من خلال تحسين التخطيط ودمج الأنظمة بعضها ببعض. حتى الآن، كان انتشار هذه الأنظمة مدفوعًا في الغالب بتبنّي المستهلكين الأفراد، ممّا أدى إلى وجود أنظمة قائمة بذاتها ومجزّأة، غالبًا ما تفتقر إلى البطاريات أو الاتصالات مع الأنظمة المجاورة. ونتيجة لذلك، يجب استهلاك الكهرباء فور توليدها، ممّا يقيّد كلًّا من العرض والطلب.

يمكن أن يسهم التخطيط الحكومي الموجّه والدعم، مثل الحوافز لتخزين البطاريات، وشبكات الكهرباء المصغّرة، والربط مع الأنظمة المجاورة، في تحقيق التوافق بين الإنتاج والاستهلاك من خلال التخزين وإدماج الشبكات المحلّية. وقد أدى التزايد غير المنسّق في القدرة الكهربائية خارج الشبكة إلى حدوث فائض في الإنتاج، حيث لا يتم استهلاك كل الكهرباء المنتجة فعليًّا. وتشير بعض التقديرات إلى أن نحو 1 تيراواط ساعة من الكهرباء تضيع سنويًّا في لبنان.

[4] هذه الأرقام تقديرية في غياب إحصاءات حديثة وموثوقة.

IEA. CC BY 4.0.

ويمكن أن يؤدي الربط بين ألواح الطاقة الشمسية على الأسطح الموجودة خارج الشبكة إلى مضاعفة أمن الطاقة في مجتمع معيّن بمقدار أربعة أضعاف. بالإضافة إلى ذلك، فإن محدودية المساحات المتوفرة وعدم وجود حوافز مالية للأسر ذات الدخل المنخفض يمثّلان عائقًا إضافيًّا أمام نموّ هذا القطاع. يمكن أن يسهم التخطيط الحكومي المستهدف والدعم، مثل الحوافز لتخزين البطاريات وشبكات الكهرباء المصغّرة والربط مع الأنظمة المجاورة، في مواءمة الإنتاج مع الاستهلاك عبر التخزين ودمج الشبكات المحلّية. وقد أدى الارتفاع غير المنسّق في القدرة الكهربائية خارج الشبكة إلى حدوث فائض في الإنتاج، إذ لا يتم استهلاك كل الكهرباء المولّدة. وتقدّر بعض المصادر أن نحو 1 تيراواط ساعة من الكهرباء تفقد سنويًّا في لبنان. إن الربط بين ألواح الطاقة الشمسية الموجودة على الأسطح خارج الشبكة يمكن أن يضاعف أمان الطاقة في مجتمع معيّن أربع مرات. كما أن محدودية المساحات المتاحة وعدم وجود حوافز مالية للأسر منخفضة الدخل يضعان مزيداً من القيود على إمكانيّات النموّ.

يمكن دراسة الانتقال نحو حلول بلديّة أو مجتمعيّة لتحسين الاستفادة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية خارج الشبكة في لبنان، أو في بلدان أخرى تواجه اضطرابات في إمدادات الكهرباء، في المستقبل. ولم يتم بعد الاستفادة الكاملة من النماذج الهجينة، مثل شبكات الكهرباء المصغّرة المرتبطة بالشبكة وخطط الطاقة الافتراضية، في حين أن نمو الطاقة خارج الشبكة سيستفيد من إدماجه في أطر التخطيط الوطنية بهدف تعزيز بنية شبكات النقل. كما يجب معالجة تحدّيات أخرى، مثل الوصول إلى المنتجات والخدمات ذات الجودة، كما هو الحال في سورية واليمن.

# الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

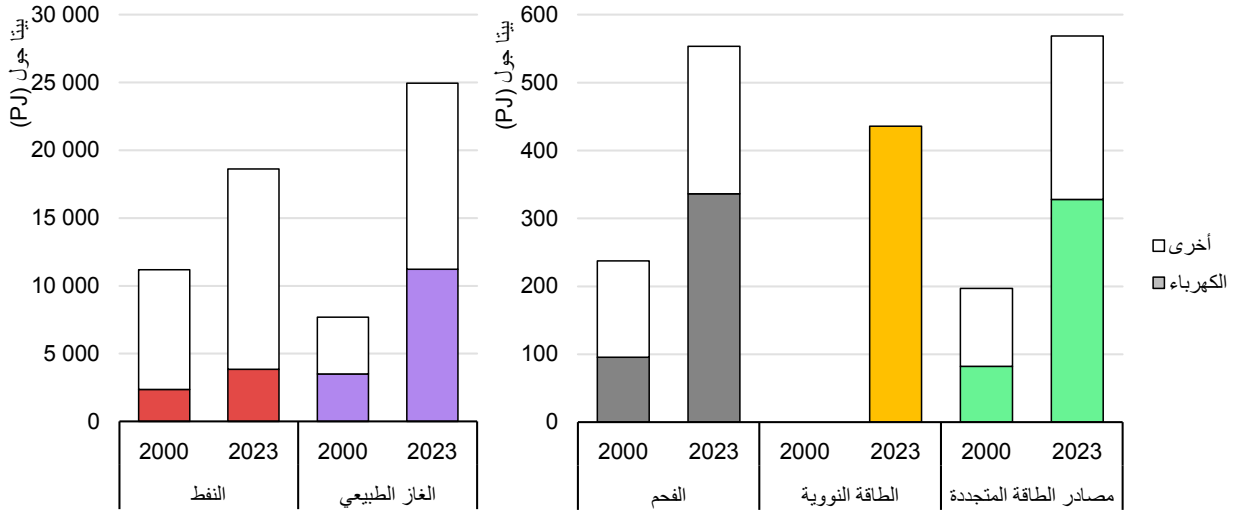
## إجمالي الطلب على الطاقة

لقد تضاعف الطلب على الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أكثر من مرتين خلال العقدين الماضيين، بمعدل نموّ سنوي متوسّط بلغ 3.7% من عام 2000 إلى عام 2023، وهو تقريبًا ضعف المعدل العالمي الذي يبلغ 1.9% خلال الفترة نفسها. تمثّل الوقودات الأحفورية أكثر من 95% من مزيج الطاقة الكلّي في المنطقة، ويقود هذا المزيج الغاز الطبيعي بنسبة 55%، يليه النفط بنسبة تزيد عن 40%، فيما يسهم الفحم بنسبة 1% فقط. وقد شهد كلّ نوع من أنواع

IEA. CC BY 4.0.

الوقود الأحفوري نموًّا خلال العقدين الماضيين؛ فقد تضاعف الطلب على الغاز الطبيعي ثلاث مرات، وتضاعف الطلب على الفحم أكثر من مرتين، وزاد استخدام النفط بمقدار الثلثين. كما شهدت مصادر الطاقة منخفضة الانبعاثات نموًّا سريعًا أيضًا، إذ تضاعفت أربع مرات منذ عام 2000، على الرغم من أن حجمها الإجمالي لا يزال صغيرًا جدًّا نسبيًّا. وتمثّل الطاقة المتجددة الآن 1% من إجمالي الطلب على الطاقة، وتتصدّرها الطاقة الحيوية والطاقة المائية والطاقة الشمسية. كما تشكّل الطاقة النووية أيضًا 1% من إجمالي الطلب على الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

**الشكل 1.10 إجمالي الطلب على الطاقة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2000 و2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: PJ = بيتاجول.

لقد كان قطاع الكهرباء عاملًا رئيسًا في نموّ إجمالي الطلب على الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. فعلى مدى العقدين الماضيين، شكّل هذا القطاع ما يقرب من 40% من نموّ إجمالي الطلب على الطاقة في المنطقة. إن زيادة استخدام الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء أسهمت بنسبة 20% من نموّ الطلب الكلّي على النفط، وأكثر من 40% للغاز الطبيعي، و75% للفحم، وأكثر من 65% بالنسبة للطاقة المتجددة، وكل الزيادة التي طرأت على الطاقة النووية.

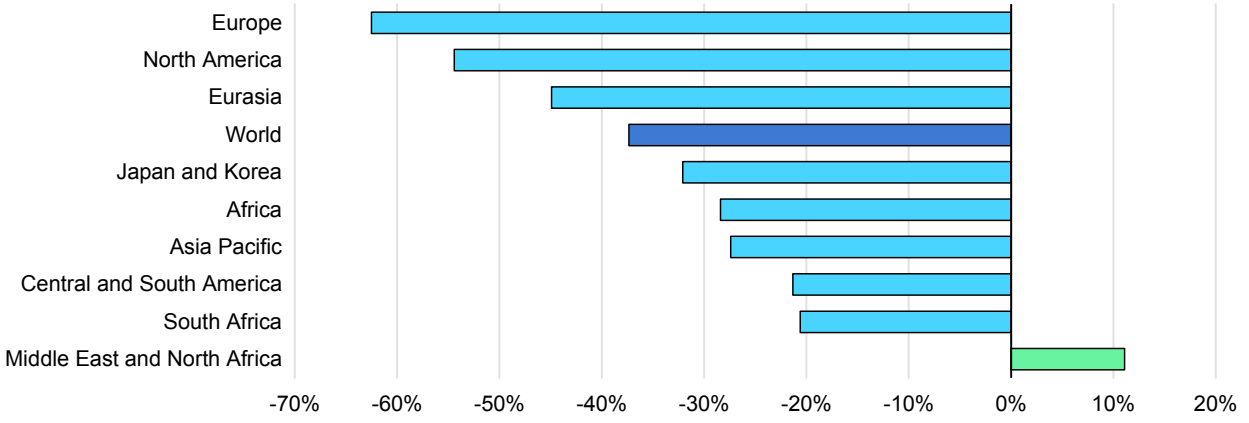
## الانبعاثات

لقد صاحب الارتفاع السريع في الطلب على الطاقة زيادة ملحوظة في كثافة الانبعاثات المرتبطة بالناتج المحلّي الإجمالي. فعلى مدى الفترة من 1990 إلى 2023، ارتفعت كثافة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة من الناتج المحلّي الإجمالي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بنسبة 11%، وذلك مقارنة بانخفاض عالمي بمعدل 37% خلال الفترة نفسها.

IEA. CC BY 4.0.

وهذا يعني أن المنطقة أنتجت المزيد من الانبعاثات مقابل كل وحدة من الناتج المحلّي في وقت شهدت معظم مناطق العالم الأخرى انخفاضاً في هذه الكثافة.

**الشكل 1.11 تغير كثافة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بالنسبة للناتج المحلي الإجمالي في مناطق مختارة، 1990-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تم الحساب على أساس الناتج المحلي الإجمالي معبراً عنه بمعيار تعادل القوة الشرائية.

## إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة

لقد شهد إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة نموًّا سريعًا في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، متجاوزًا المعدل العالمي. ووفقًا لقطاعات الاستخدام النهائي، كان القطاع الصناعي هو المحرّك الرئيس لهذا النمو، إذ يمثّل حاليًّا 37% من الاستهلاك النهائي، يليه قطاع المباني بنسبة 30%، ثم قطاع النقل بنسبة 27% [5]. وعلى الرغم من أن قطاع الخدمات شهد أقوى نموّ اقتصادي في المنطقة منذ عام 2000، فإن اعتماده الأكبر على الكهرباء حسّن كفاءته الطاقويّة وخفّض حصّته في الاستهلاك النهائي للطاقة.

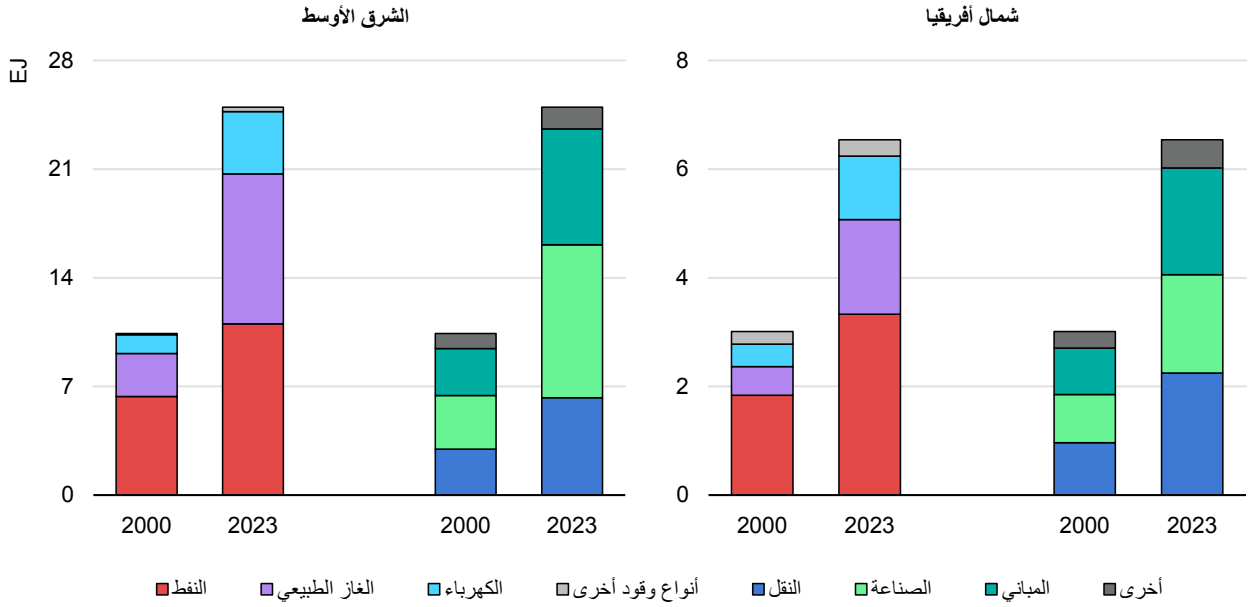
يظلّ النفط مصدر الطاقة الرئيس، إذ يشكّل 46% من إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة في عام 2023. ويأتي الغاز الطبيعي بعده مباشرة، إذ يشكّل 36% من الاستهلاك النهائي. وبذلك يشكّلان معًا أكثر من 80% من الاستهلاك النهائي الإقليمي، وهي إحدى أعلى النسب في العالم. ويقارن ذلك بالمعدل العالمي، إذ يتم تلبية 55% فقط من الاستهلاك

[5] يتم تصنيف التحلية ضمن المباني طوال التقرير.

IEA. CC BY 4.0.

النهائي عالميًّا من خلال النفط والغاز [6]. أما استخدام الفحم في الاستهلاك النهائي فهو هامشي، حيث يبلغ نحو 0.7% في الشرق الأوسط و1.6% في شمال أفريقيا.

**الشكل 1.12 إجمالي الاستهلاك النهائي حسب نوع الوقود والقطاع في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2000-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: EJ = إكسا جول.

ارتفعت نسبة الكهرباء في إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة بمقدار أربع نقاط مئوية بين عامي 2000 و2023، لتصل إلى 16.4%. ورغم أن هذه الزيادة كبيرة، مدفوعة بتحسّن مستويات المعيشة وزيادة الوصول إلى خدمات التبريد، فإنها ما تزال أقل بكثير من المعدل العالمي البالغ 20.5% في عام 2023. وتعدّ منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من بين المناطق ذات أقل معدلات الكهرباء، إذ تأتي فقط أعلى من الاتحاد الروسي (روسيا)، ومنطقة بحر قزوين، وأفريقيا جنوب الصحراء.

لقد ازداد الطلب بشكل كبير في جميع قطاعات الاستخدام النهائي خلال هذا القرن، وهو ما يعكس التحوّلات الهيكلية والاجتماعية والاقتصادية. ويظلّ القطاع الصناعي أكبر القطاعات استهلاكاً للطاقة، إذ تضاعف الطلب فيه تقريبًا ثلاث مرات، ويعزى ذلك أساساً إلى التوسّع الصناعي المستمر وزيادة الإنتاج. كما شهد قطاع النقل تضاعفًا في استهلاك الطاقة، جرّاء زيادة ملكيّة المركبات وارتفاع معدلات التنقّل. كذلك تضاعف استهلاك الطاقة في القطاع السكني أكثر من الضعف بفعل

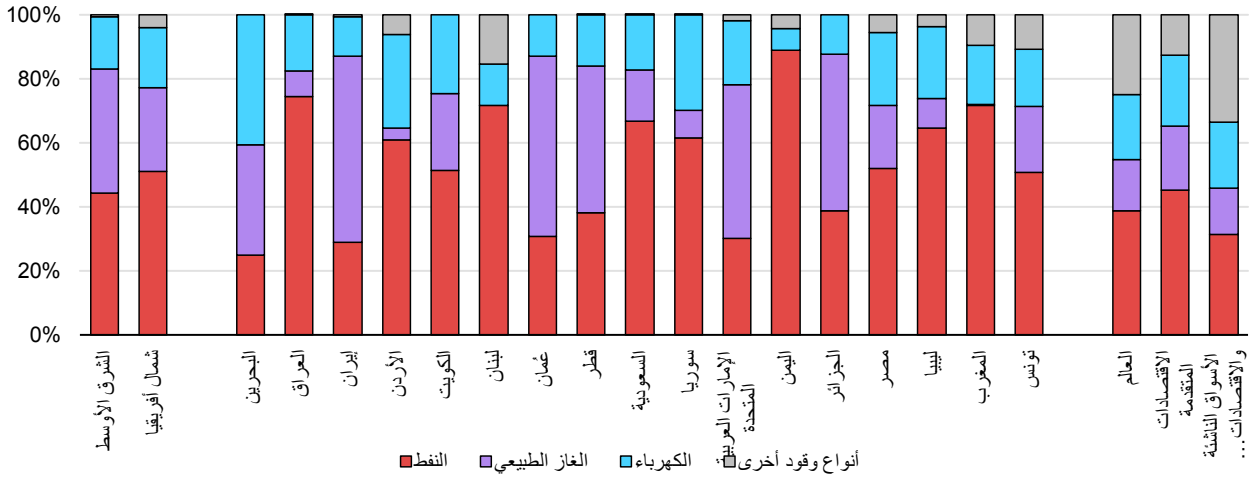
[6] يمكن العثور على مزيد من التفاصيل حول التوازن بين إنتاج واستهلاك النفط والغاز في الفصل الثالث، القسم "9. ما التأثير الذي يمكن أن يحدثه ارتفاع الطاقة المتجددة على حجم صادرات النفط والغاز؟"

IEA. CC BY 4.0.

النمو السكاني وارتفاع المداخيل. أما قطاع الخدمات التجارية والعامة، فقد سجّل أسرع معدل نموّ نسبي، حيث تضاعف استهلاكه للطاقة تقريباً ثلاث مرات، تزامناً مع التوسّع السريع في البنية التحتية والأنشطة الاقتصادية القائمة على الخدمات.

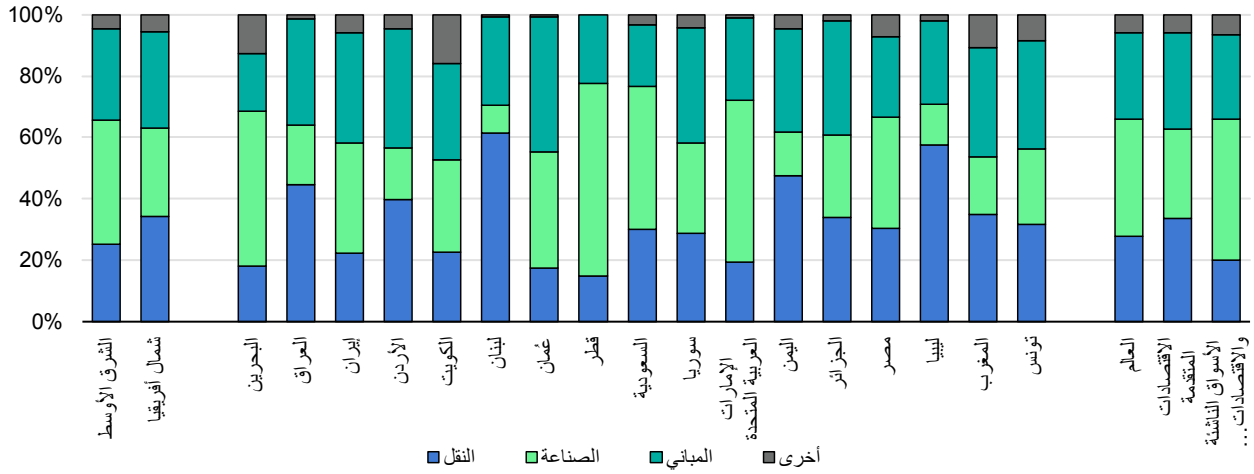
تختلف أنماط استخدام الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بشكل واسع من دولة لأخرى. هناك سبع دول تتجاوز فيها حصة النفط والغاز في الاستهلاك النهائي المتوسّط الإقليمي البالغ 82%. ففي الجزائر واليمن وإيران، تصل هذه الحصة إلى نحو 90%، مع كون الباقي في الغالب كهرباء. وتعد البحرين الدولة ذات الحصة الأدنى؛ بنسبة 59%، وهي لا تزال تزيد على المتوسط الخاص باقتصادات الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية بأكثر من عشر نقاط مئوية. وفي بعض الدول يكون النفط هو الوقود السائد، وغالباً ما يعود ذلك إلى الحصة الكبيرة لقطاع النقل ضمن الاستهلاك النهائي، كما هو الحال في لبنان وليبيا واليمن.

**الشكل 1.13 إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة حسب نوع الوقود، والقطاع، والدولة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ومناطق مختارة، 2023**






IEA. CC BY 4.0.




IEA. CC BY. 4.0.

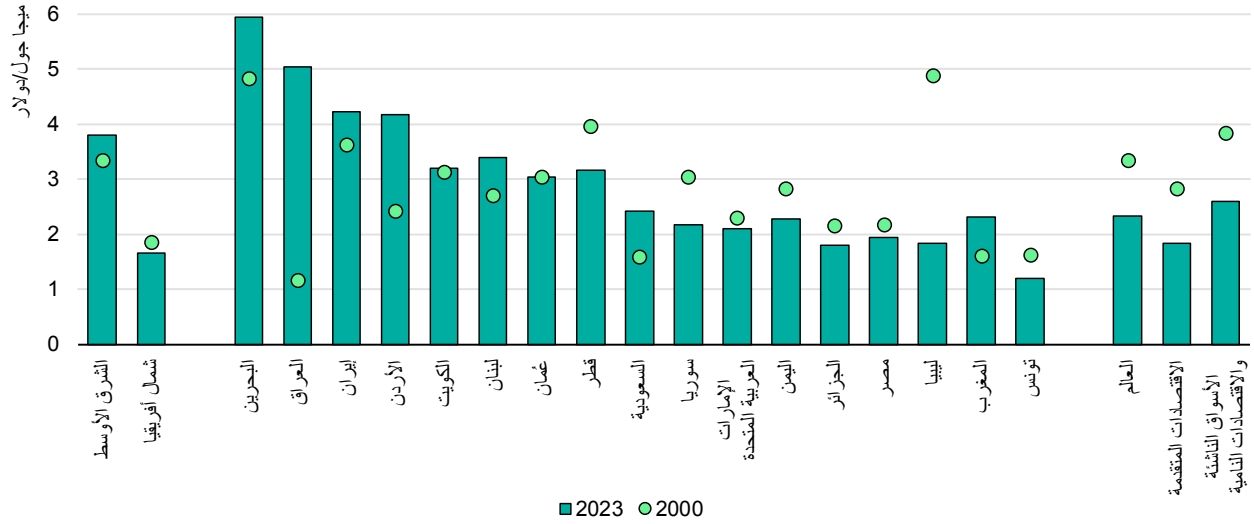
ملاحظة: AE = الاقتصادات المتقدمة؛ EMDE = اقتصادات الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية.

وبالمثل، هناك ست دول تقلّ معدلات الكهرباء فيها عن متوسّط معدل الكهرباء الإقليمي البالغ 16.4%. وتبلغ نسبة الكهرباء في اليمن بالكاد نصف المتوسّط الإقليمي، حيث تقدّر بنحو 7% فقط، فيما تقع معدلات الجزائر ولبنان وعمان وإيران جميعها بين 12% و13%. وفي المقابل، هناك ست دول في المنطقة تتجاوز معدلات الكهرباء فيها المعدل العالمي. ويمكن تفسير ذلك في بعض الحالات بارتفاع حصّة قطاع المباني، ضمن الاستهلاك النهائي، والطبيعة الاستثنائية لاستهلاك الطاقة لأغراض التبريد.

تعدّ منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا السوق الكبرى الوحيدة على مستوى العالم التي شهدت زيادة في كثافة الطاقة منذ عام 2000. ففي حين انخفضت كثافة الطاقة بنسبة 10% في شمال أفريقيا، تم تعويض ذلك بزيادة قدرها 14% في الشرق الأوسط. وفي جميع أنحاء المنطقة، فإن الدول الست الأعلى كثافة في الطاقة عام 2023 هي أيضاً تلك التي ارتفعت فيها هذه الكثافة منذ عام 2000، في حين أن جميع الدول الأخرى (باستثناء اليمن والجزائر) نحتْ الاتجاه المعاكس.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 1.14 كثافة الاستهلاك النهائي الإجمالي حسب الدولة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2000-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: AE = الاقتصادات المتقدمة؛ EMDE = اقتصادات الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية؛ MJ = ميجا جول.

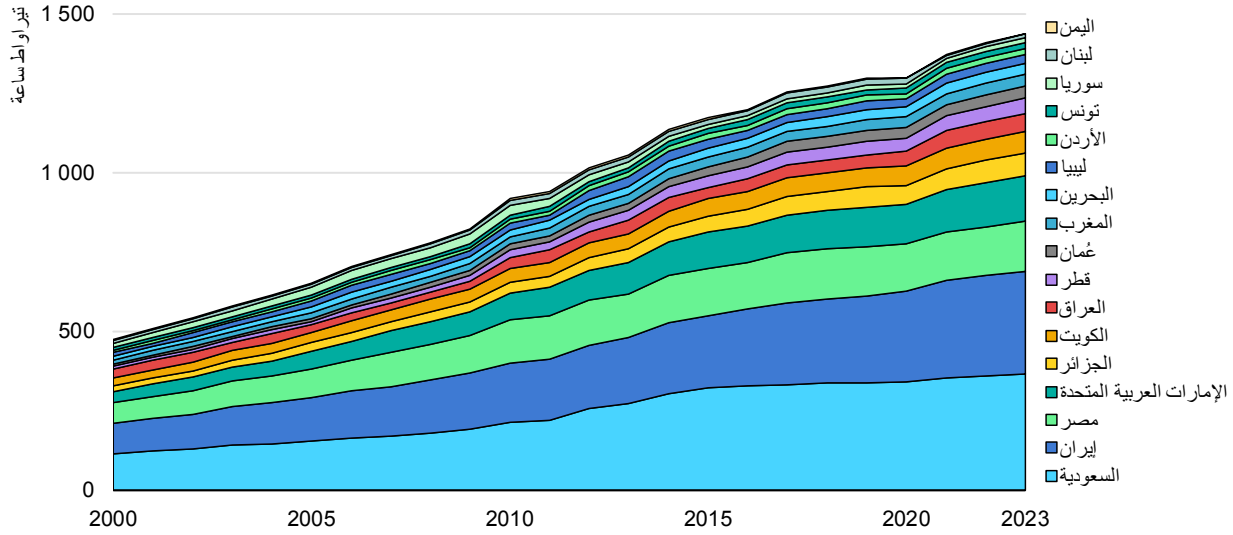


IEA. CC BY 4.0.

# الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

## الطلب على الكهرباء

**الشكل 1.15 الطلب على الكهرباء في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب الدولة، 2000-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

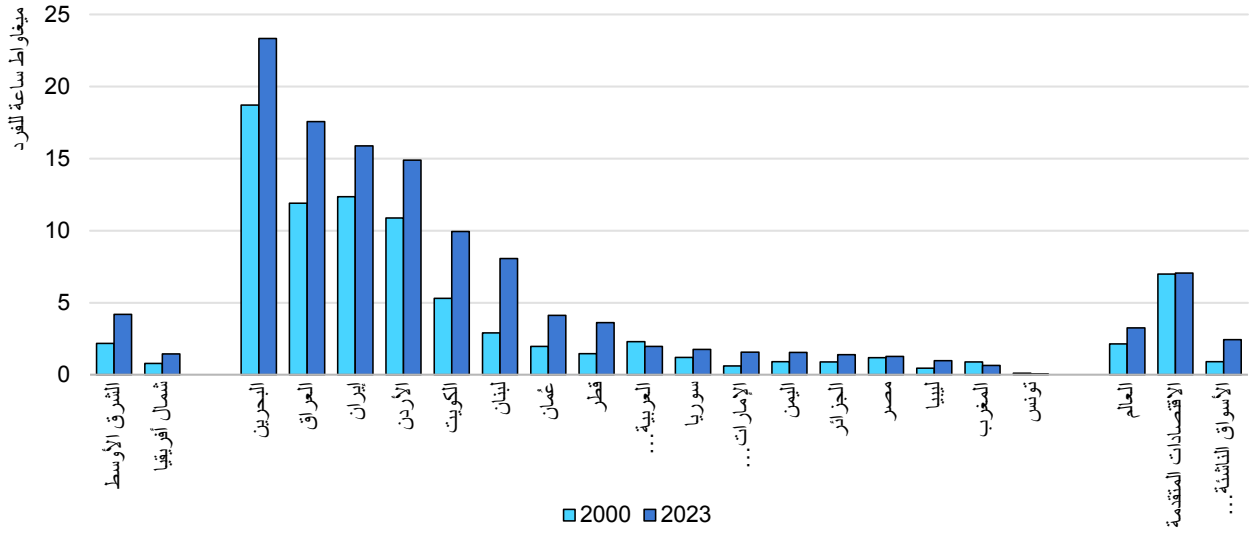
منذ عام 2000، تضاعف الطلب على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ثلاث مرات، حيث بلغ 1,440 تيراواط/ساعة في عام 2023 ونما بمعدل سنوي قدره 5%، وهو أعلى بكثير من المتوسط العالمي البالغ 3%. من إجمالي النمو الذي بلغ نحو 1,000 تيراواط/ساعة، استحوذت أربع دول وحدها على 70% من الزيادة: أسهمت كلّ من المملكة العربية السعودية وإيران بنسبة 25%، فيما أسهمت مصر والإمارات العربية المتحدة بنسبة 10% لكلّ منهما، وهذه النسب تعادل تقريبًا إسهامها في الطلب الإقليمي على الكهرباء في عام 2023. في المقابل، فإنّ حصّة الدول الإحدى عشرة – ذات الاستهلاك الكهربائي الأقل – لا تزيد عن 20% من الطلب على الكهرباء في المنطقة.

منذ عام 2000، شهدت معظم دول المنطقة نموًّا سنويًّا متوسطًا في الطلب تراوح بين 4% و6%، باستثناء قطر وعمان حيث وصل النموّ لديهما إلى نحو 8%. سجل العراق وتونس نموًّا بنحو 3% فقط، فيما بقي النمو في سورية ولبنان واليمن أقل من 1%.

IEA. CC BY 4.0.

على أساس الفرد الواحد، يختلف الطلب على الكهرباء بشكل كبير بين دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. بينما يبلغ متوسط الطلب في المنطقة 3 ميغاواط/ساعة للفرد، وهو أقل من المتوسط العالمي البالغ 3.3 ميغاواط/ساعة للفرد، يمكن أن يكون الطلب السنوي للفرد في بعض البلدان أعلى بثماني مرات من المتوسط الإقليمي، وأدنى بنسبة لا تتجاوز 2% من ذلك المتوسط. وتحوز البحرين واليمن هذه الأرقام القصوى، لكنّها ليست حالات معزولة . هناك ست دول يتجاوز فيها الطلب للفرد المتوسّط المسجّل في الاقتصادات المتقدمة، فيما هناك تسع دول دون المتوسّط المسجل في اقتصادات الأسواق الناشئة والنامية. وترجع هذه التفاوتات عادةً إلى الاحتياجات العالية للكهرباء في بعض الاستخدامات النهائية (مثل التحلية) مع وجود عدد سكان صغير، أو عدم الاستقرار المحلّي، وهي أنماط لا يلاحظ وجودها عادةً في مناطق أخرى.

**الشكل 1.16 الطلب على الكهرباء للفرد في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب الدولة، 2000-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: AE = الاقتصادات المتقدمة؛ EMDE = اقتصادات الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية.

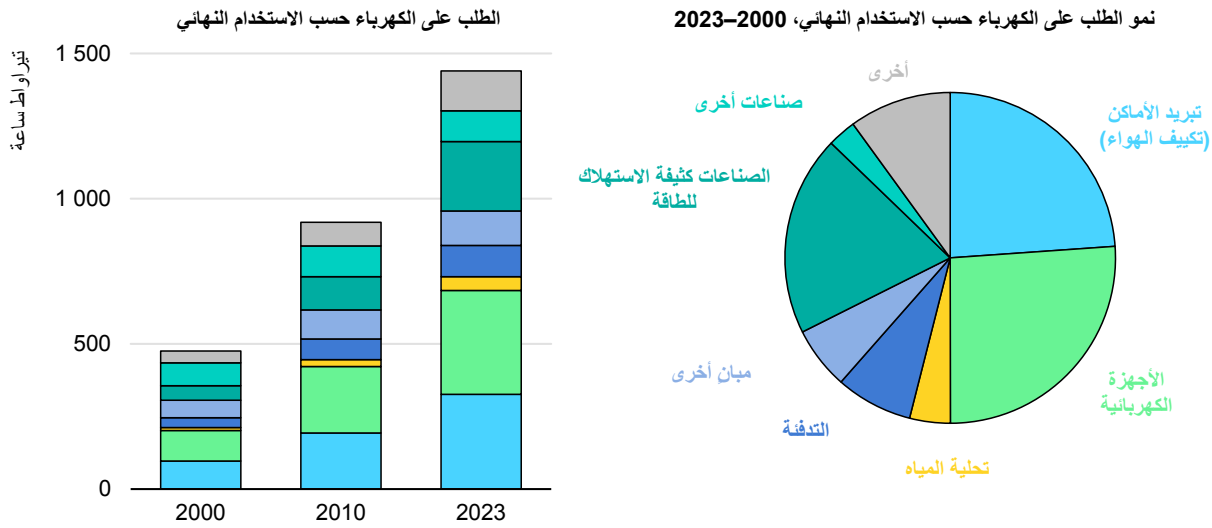
على المستوى القطاعي، شكّلت المباني ثلثي الطلب النهائي على الكهرباء في عام 2023، تلتها الصناعة بنسبة 24%. وفي المطلق، تضاعف الطلب على الكهرباء من قطاع المباني بين عامي 2000 و2023 ليصل إلى 960 تيراواط/ساعة في 2023، مدفوعاً بالنموّ السريع في الطلب على التبريد والأجهزة المنزلية. تجاوز الطلب على تبريد المساحات 320 تيراواط/ساعة في عام 2023؛ أي ما يمثّل 23% من إجمالي الطلب على الكهرباء في المنطقة.

IEA. CC BY 4.0.

منذ عام 2000، تضاعف الطلب على أجهزة التكييف أكثر من ثلاث مرات، وهو منحى مشابه لجميع الأجهزة المنزلية. ويقدّر أن نحو 27% من الأسر في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا باتت تمتلك أجهزة تكييف؛ أي ما مجموعه قرابة 40 مليون وحدة تكييف. مع ذلك تختلف مستويات الكفاءة بشكل كبير، إذ إن الكثير من الوحدات لا تغطّيها معايير الأداء الدنيا للطاقة (MEPS)، ما يبرز وجود إمكانات كبيرة لتحسين كفاءة الطاقة. وفي المقابل، وضعت العديد من دول المنطقة إستراتيجيات وتوجّهات خاصة بكفاءة الطاقة، إلى جانب الأطر التنظيمية والمؤسسات ذات الصلة.

حتى عام 2023، بقي الطلب على الكهرباء من مراكز البيانات منخفضًا نسبيًّا، إذ بلغ أقل من 1% من إجمالي الطلب على الكهرباء. بيد أن هذا الطلب من المتوقع أن يرتفع في السنوات القادمة مع سعي دول الخليج لتنفيذ خطط لتطوير البنية التحتية لمراكز البيانات، مدفوعاً بتوسّع الخدمات الرقمية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي.

**الشكل 1.17 الطلب على الكهرباء ونمو الطلب حسب الاستخدام النهائي في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2000-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

النموّ السريع في الطلب على الكهرباء يفرض ضغوطًا متزايدة على أنظمة الطاقة في جميع أنحاء منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث ارتفع كلّ من المتوسّط والأحمال القصوى بشكل حادّ في السنوات الأخيرة. يجري تجاوز مستويات الطلب القصوى القياسية تقريباً كل عام، ولا سيما خلال أشهر الصيف. فعلى سبيل المثال، في يوليو (تموز) 2024، بلغ الحمل الأقصى في الجزائر مستوى قياسيًّا تجاوز 19 جيجاواط. تواجه سلطنة عمان والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة تحدّيات مماثلة، غير أن الطلب المتوسط والأقصى تم تلبيتهما بشكل موثوق حتى الآن.

IEA. CC BY 4.0.

في عام 2024، اضطرت عدة دول منتجة للطاقة في المنطقة، من بينها مصر وإيران والعراق والكويت، إلى تطبيق إجراءات فصل الأحمال لمواجهة فترات الذروة في الطلب. وقد اقتربت شبكة الكهرباء العراقية من الانهيار، في حين قامت مصر وإيران والكويت بتنفيذ عمليات قطع دورية للتيار الكهربائي. أصبحت حالات الانقطاع أطول وأكثر تكراراً، ولا سيما خلال أشهر الصيف، وأيضاً في أثناء الشتاء حين يرتفع الطلب على التدفئة، كما هو الحال في إيران.

**الصندوق 1.2**

اعتبارًا من عام 2023، لا يزال أكثر من 10 ملايين شخص في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا محرومين من الحصول على الكهرباء؛ أي ما يعادل 2% من السكان. يعيش معظم من لا تتوفّر لديهم الكهرباء في مناطق نائية أو ريفية، حيث يمثل هؤلاء 90% من السكان المحرومين من الكهرباء.

على مدار العقدين الماضيين، أحرزت المنطقة تقدّمًا كبيرًا في توسيع نطاق الحصول على الكهرباء. من بين إحدى عشرة دولة في المنطقة كان لديها عدد كبير من السكان المحرومين من الكهرباء في عام 2000، استطاعت ثماني دول تحقيق الوصول الشامل بحلول عام 2024. ومع ذلك، لا تزال الدول الثلاث المتبقية، وهي ليبيا وسورية واليمن، غير قادرة على تحقيق الوصول الشامل بحلول عام 2030 في ظل الاتجاهات والسياسات الحالية.

تظلّ عملية تمديد خطوط الربط النهائية تحدّيًا كبيرًا، خاصة في المناطق المهمّشة اقتصاديًّا أو التي يصعب الوصول إليها لوجستيًّا أو تلك المتضرّرة من النزاعات. والسياق الجيوسياسي الحالي في المنطقة من شأنه أن يعمّق ضعف الاعتمادية، مع ازدياد خطر استهداف البنية التحتية للطاقة جراء النزاعات.

خلال العقود الماضية، واجهت الدول المتأثّرة بالنزاعات انتكاسات كبيرة في مجال الحصول على الكهرباء؛ بسبب تضرر البنية التحتية ونزوح السكان واستمرار حالة عدم الاستقرار. فعلى سبيل المثال، انخفض معدل الحصول على الكهرباء في سورية من 93% في عام 2000 إلى 89% في عام 2020، حيث تراجع إنتاج الطاقة المتاحة في 2022 إلى 38% فقط من مستويات ما قبل النزاع؛ أي أقل بكثير من احتياجات البلاد. وبالمثل، انخفض مستوى الوصول إلى الكهرباء في ليبيا من شبه الشمولية في عام 2000 إلى نحو 70% في عام 2020، مع انخفاض إنتاج الطاقة إلى النصف خلال الحرب الأهلية. أما اليمن فقد شهد ارتفاع نسبة وصول الكهرباء من قرابة 60% في عام 2010 إلى أكثر من

IEA. CC BY 4.0.

80% في السنوات الأخيرة، ويرجع ذلك في الغالب إلى أنظمة الطاقة الشمسية خارج الشبكة والمبادرات المدعومة من الجهات المانحة.

لا تزال الاعتمادية تمثّل تحدّيًا جوهريًّا في المنطقة، حتى في بعض البلدان التي تحقق الوصول الشامل. ففي عام 2024، في المناطق السورية التي تعمل فيها منظمة أوكسفام، كان نحو 5.3 ملايين شخص يتلقّون أقل من ساعتين من الكهرباء يوميًّا من الشبكة العامة. وبالمثل، فقد تراجعت جودة واعتمادية الكهرباء في الشبكة اليمنية بشكل حادّ، وظلّ الوصول إليها محدودًا ودون مستويات ما قبل النزاع. وقد شكّل إغلاق محطة كهرباء مأرب في مارس 2015 — وهي الأكبر في البلاد، وكانت مسؤولة عن إمداد معظم مناطق اليمن بالطاقة — انتكاسةً كبيرة لقطاع الكهرباء الوطني. حتى بعض المناطق التي تحقّق إمكانية الوصول الشامل للكهرباء تواجه مستويات منخفضة ومستدامة في الاعتمادية على الإمدادات. ففي عام 2024، واجه العراق حالات انقطاع يومية للكهرباء تجاوزت سبع ساعات في معظم المناطق، ويعزى ذلك إلى الطلب المرتفع ونقص الوقود؛ نتيجة الواردات الكبيرة من الدول المجاورة لتشغيل محطّات الطاقة.

ولمعالجة الفجوات المتبقية في إمكانية الوصول، خاصة في الدول الهشّة والمجتمعات الريفية، لا بدّ من وضع الخطط التنفيذية الأولوية لإعادة تأهيل البنية التحتية المتضررة للطاقة، بما يشمل إعادة بناء محطّات الكهرباء وشبكات النقل والتوزيع لاستعادة الخدمات الأساسية. ويجب أن تمتدّ الجهود أيضًا إلى توسيع الربط النهائي للمناطق المحرومة والمتضررة من النزاعات عبر تعزيز القدرات المؤسّسية وضمان الاستثمار المستدام، مثل استثمار قطر بقيمة 7 مليارات دولار لدعم الشبكة في سورية. وفي المناطق التي تغيب عنها الشبكة العامة أو يصعب تمديدها، فإن تعميم حلول الطاقة المتجددة اللامركزية مثل الشبكات المصغّرة وأنظمة الطاقة الشمسية المنزلية يمكن أن يعزز مرونة النظام أمام الأخطار الطبيعية والاعتماد على الوقود. كما أن بناء المرونة في أنظمة الكهرباء وتضمين آليات التخطيط الشامل من الأمور الأساسية لضمان عدم تخلّف أيّ أحد عن الركب مع تقدّم المنطقة نحو كهربة شاملة.

IEA. CC BY 4.0.

# إمدادات الكهرباء

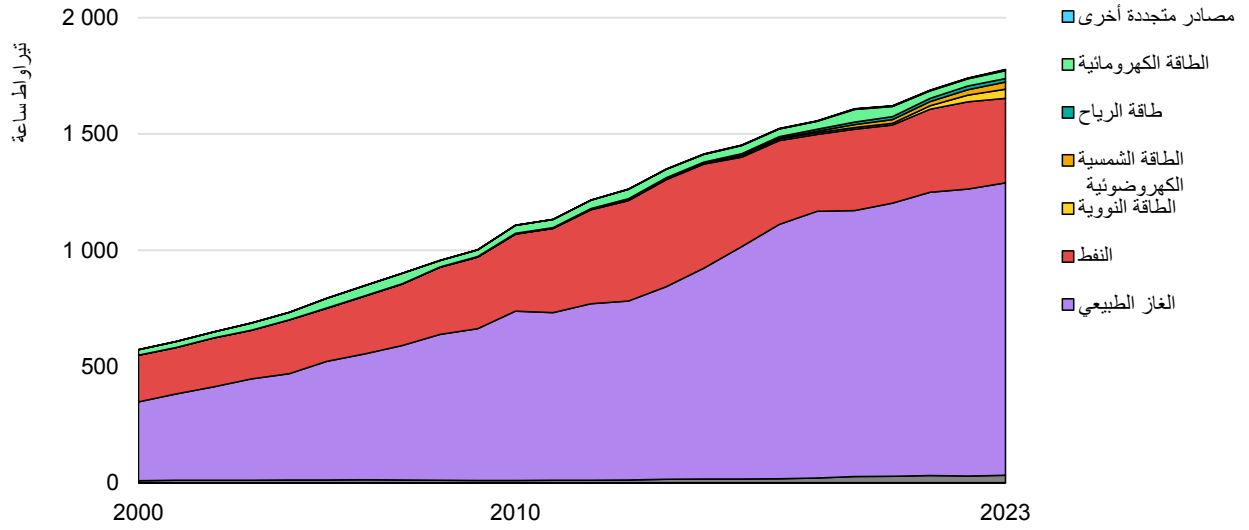
## نظرة عامّة

في عام 2023، هيمن الوقود الأحفوري على مزيج الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث شكّل ما يقرب من 95% من الإجمالي. كان الغاز الطبيعي أكبر مصدر للكهرباء (بنسبة 71% من الإجمالي)، يليه النفط (20%). أمّا الفحم فقد وفّر أقلّ من 2% من إجمالي الكهرباء في المنطقة. وبلغت نسبة مصادر الطاقة المتجددة 5%، منها 2% من الطاقة الكهرومائية و2% من الطاقة الشمسية الكهروضوئية و1% من طاقة الرياح. وبلغت حصّة الطاقة النووية أكثر بقليل من 2% من إجمالي إمدادات الكهرباء.

منذ عام 2000، ظلّ مزيج الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا معتمدًا بدرجة كبيرة على الوقود الأحفوري. فقد تضاعف توليد الكهرباء من الغاز الطبيعي أكثر من ثلاث مرات خلال هذه الفترة، وظلّ أكبر مصدر للكهرباء سنويًّا، حيث تراوح بين 59% و74% من إجمالي الإنتاج السنوي. أمّا توليد الكهرباء من النفط فقد تضاعف تقريباً خلال العقدين الماضيين، وظلّ باستمرار ثاني أكبر مصدر، حيث بلغت أعلى حصّة له في عام 2014 (34%) وأدناها في عام 2023 (20%). أدّت مصادر الطاقة المتجددة، وبشكل رئيس الطاقة الكهرومائية، دوراً مكمّلاً طوال الوقت، إلا أن الحصّة لم تكن أعلى ممّا هي عليه اليوم.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 1.18 توليد الكهرباء في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب المصدر، 2000-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تشمل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى الطاقة الشمسية المركّزة، والطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية.

خلال السنوات الخمس الماضية، بدأ مزيج الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا يتغيّر. فعلى الرغم من أن الغاز الطبيعي شهد أكبر زيادة، إذ وفّر نصف الطلب الجديد بالكامل، كانت الطاقة النووية ثاني أكبر مسهم، حيث زادت أكثر من خمسة أضعاف بين عامي 2018 و2023. كما تسارع نموّ مصادر الطاقة المتجددة، وفي مقدّمتها الطاقة الشمسية الكهروضوئية، إذ زاد إنتاجها بمقدار خمسة أضعاف، فيما زاد نموّ طاقة الرياح بنسبة 80%. وبالمجمل، أسهمت المصادر منخفضة الانبعاثات في تلبية 30% من نموّ الطلب على الكهرباء خلال هذه الفترة.

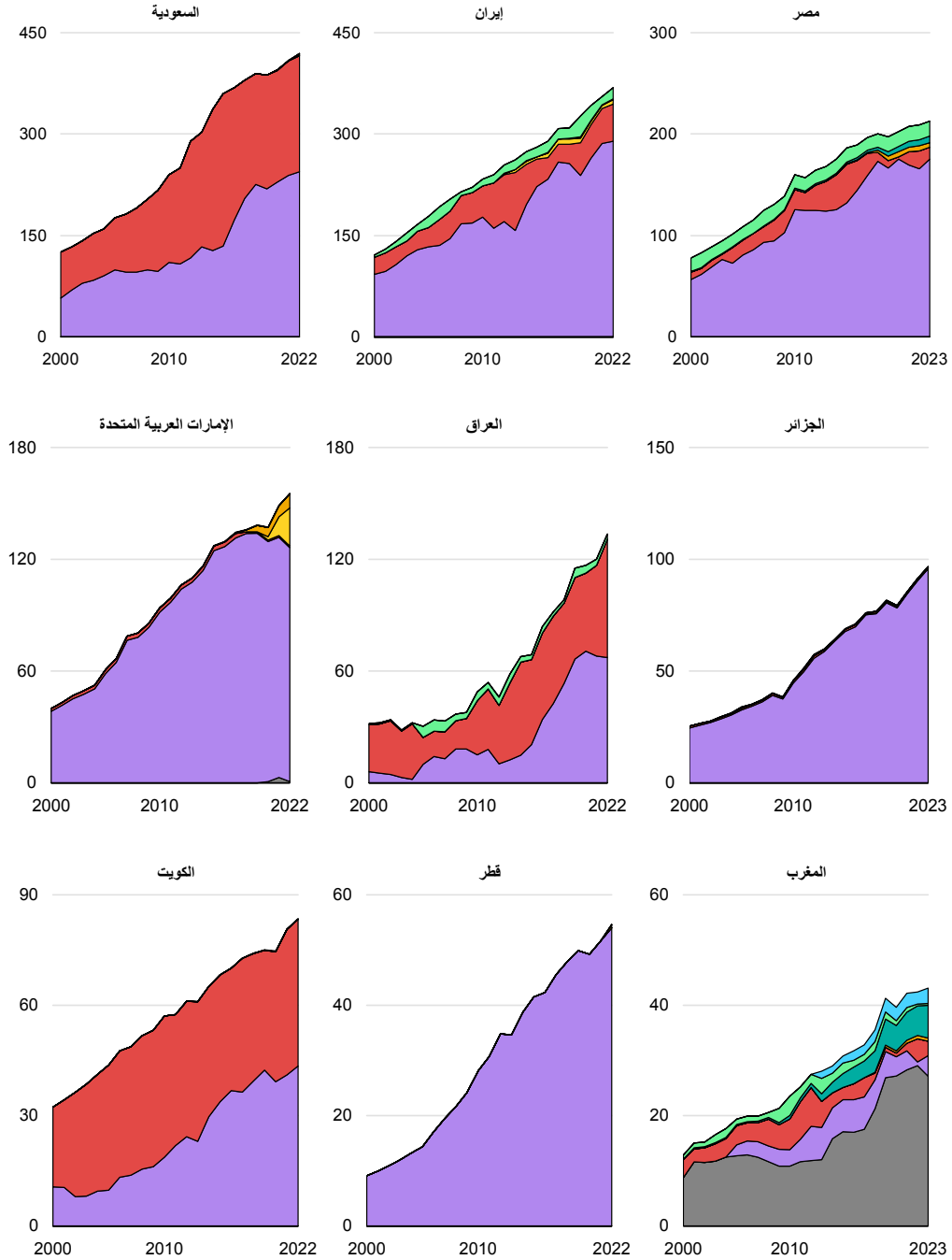
منذ عام 2000، اتّبعت دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مسارات مختلفة في تشكيل مزيج الكهرباء لديها، بناءً على تباين الموارد الطبيعية والأولويات السياسية ومستوى التنمية الوطنية. لكنّ السمة المشتركة في معظم الدول، هي أن الطلب على الكهرباء قد ارتفع بشدة، حيث غالباً ما تضاعف ثلاث مرات خلال العقدين الماضيين؛ بسبب النموّ السكاني السريع، والتحضّر، والتطوّر الصناعي. في المقابل، شهدت الدول التي تعرّضت لنزاعات طويلة الأمد — خصوصًا لبنان وسورية واليمن — تراجعًا حادًّا في الطلب على الكهرباء؛ بسبب تدمير البنية التحتية والمصاعب الاقتصادية ونزوح السكان.

لمواكبة الطلب المتزايد، توسّعت أغلبية دول المنطقة في توليد الكهرباء من مصادر الوقود الأحفوري. ومع ذلك، بدأت بعض الدول في تغيير المسار. ففي الإمارات العربية المتحدة، فاق النموّ المشترك لمصادر الطاقة المتجددة والطاقة

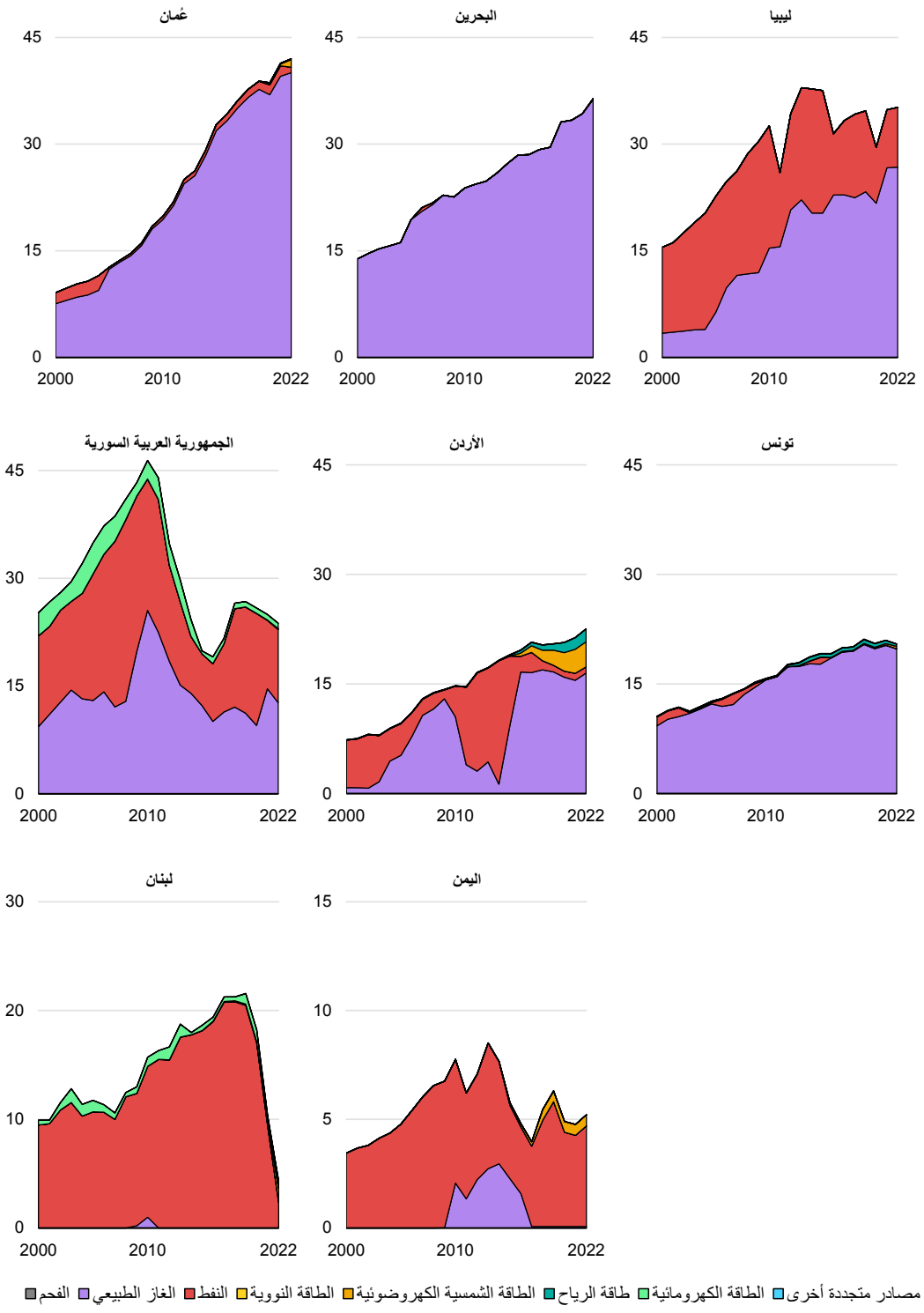
IEA. CC BY 4.0.

النووية وتيرة نموّ الطلب خلال السنوات الأخيرة، ما قلّل الاعتماد على الوقود الأحفوري في قطاع الكهرباء. كما حقّقت مصر والمغرب تقدّمًا ملحوظًا في زيادة حصّة الطاقة المتجددة، الأمر الذي أدّى إلى إبطاء نموّ توليد الكهرباء من النفط والغاز.

**الشكل 1.19 توليد الكهرباء (تيراواط/ساعة) في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب الدولة ونوع الوقود، 2000-2023**




IEA. CC BY 4.0.




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تشمل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى الطاقة الشمسية المركّزة، والطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية.

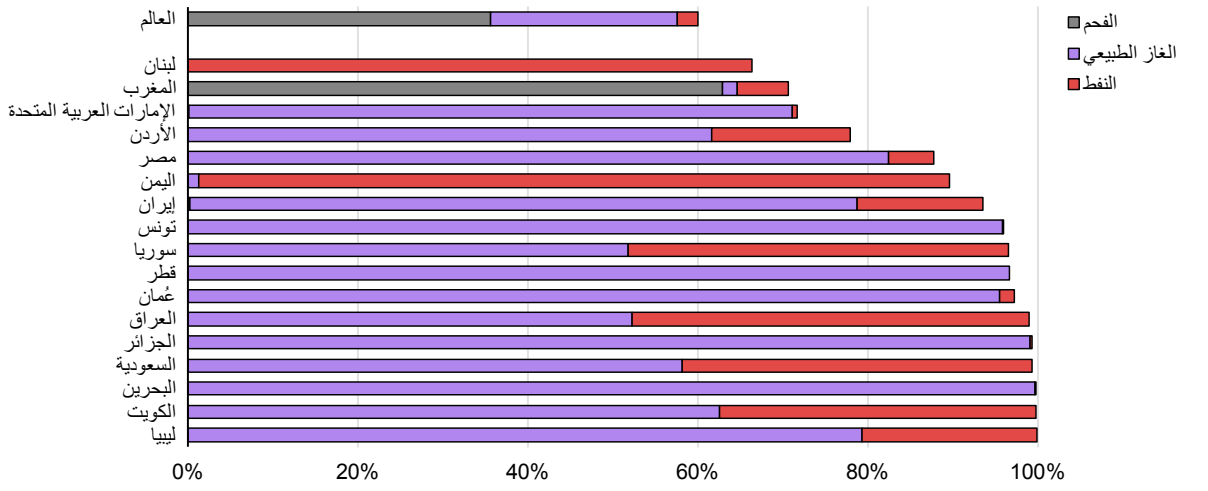


IEA. CC BY 4.0.

## الوقود الأحفوريّ في قطاع الكهرباء

في جميع الدول الست عشرة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وفّرت أنواع الوقود الأحفوري ما بين 66% و100% من توليد الكهرباء في عام 2023. ثلاث دول – البحرين والكويت وليبيا – اعتمدت على الوقود الأحفوري في توليد قرابة 100% من الكهرباء لديها، فيما تجاوزت سبع دول أخرى نسبة 95%، وهي الجزائر، العراق، عمان، قطر، المملكة العربية السعودية، سورية، وتونس. أمّا الدول الأكثر اعتمادًا على الغاز الطبيعي في توليد الكهرباء فكانت الجزائر، البحرين، عمان، قطر، وتونس، حيث تعتمد كلّ منها على الغاز في أكثر من 95% من إجمالي الكهرباء. أمّا في ما يخص حصة النفط في مزيج الكهرباء لعام 2023، فقد كانت الأعلى في اليمن (88%)، لبنان (66%)، العراق (47%)، سورية (45%)، والسعودية (41%). أمّا الفحم، فلم يكن له دور مهم إلا في بلد واحد فقط ضمن المنطقة، وهو المغرب، حيث بلغت نسبته أكثر من 60% من إجمالي الكهرباء المولّدة.

**الشكل 1.20 حصة الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء حسب الدولة، 2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: يشمل النفط الصخر الزيتي.



IEA. CC BY 4.0.

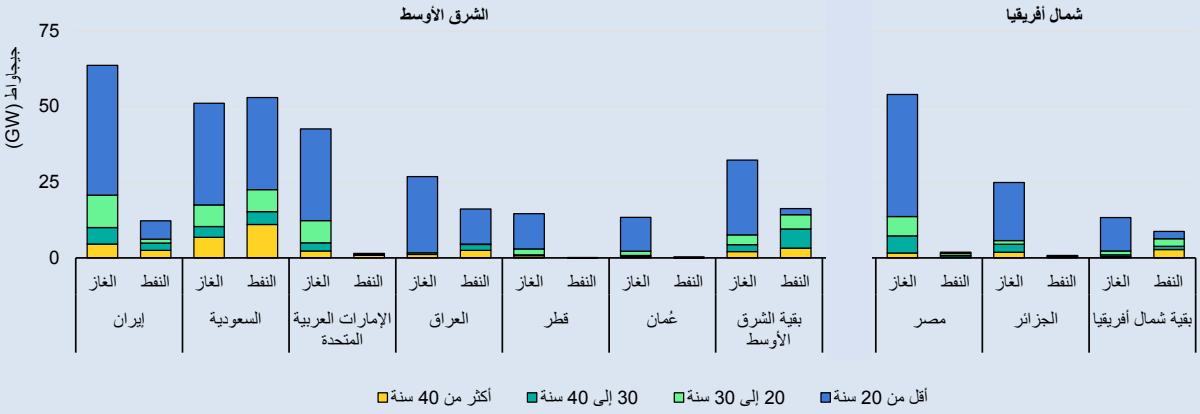
### الصندوق 1.3 عمر أسطول الغاز الطبيعي والنفط في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

تمثّل التركيبة العمرية لمحطّات الطاقة الحرارية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا عاملًا محوريًّا في تحديد آفاق قطاع الكهرباء. حتى عام 2023، كانت محطّات توليد الكهرباء المعتمدة على الغاز الطبيعي والنفط لا تزال تشكّل الركيزة الأساسية لإمدادات الكهرباء، حيث تدعمها قدرات توليد ضخمة تتجاوز كلّ منها 50 جيجاواط في بلدان مثل مصر وإيران والمملكة العربية السعودية. والجدير ذكره، أن السعودية وحدها تتخطّى هذا الحدّ في ما يتعلّق بمحطّات التوليد العاملة بالنفط. نسبة كبيرة من هذه المنشآت لا تزال حديثة نوعًا ما: إذ يبلغ عمر نحو 75% من قدرة التوليد بالغاز و40% من قدرة التوليد بالنفط أقلّ من 20 سنة. ونظرًا لأن مثل هذه المحطّات غالبًا ما تعمل لأكثر من 40 سنة، فإن معظم أسطول هذه المحطّات لا يزال يمتلك فترة تشغيلية طويلة، ممّا يؤكد قيمتها الإستراتيجية المستمرة في تلبية الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية.

في الوقت نفسه، تواجه المنطقة تحدّيات متزايدة ناتجة عن شيخوخة البنية التحتية. إذ إن ما يقارب 45 جيجاواط من قدرات التوليد بالغاز الطبيعي و40 جيجاواط من قدرات التوليد بالنفط قد تجاوزت 30 سنة من العمر، وهي تقترب من نهاية عمرها الفني. يبرز هذا الأمر بشدة في المملكة العربية السعودية، حيث مضى أكثر من 20% من قدرات التوليد بالنفط، وأكثر من 10% من قدرات التوليد بالغاز، علمًا أن العمر الافتراضي لهذه القدرات يصل إلى أكثر من 40 سنة خدمة. ومع اقتراب هذه الوحدات القديمة من التقاعد، يتعيّن على دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا الاختيار بين تمديد عمر المحطّات القديمة من خلال إعادة التأهيل أو استبدالها بتقنيات حديثة أكثر كفاءة وذات انبعاثات أقل قدر الإمكان. وتسلّط هذه المعضلة الضوء على صعوبة تحقيق التوازن في المنطقة بين الحفاظ على إمدادات كهرباء موثوقة وميسورة التكلفة، وبين التقدّم نحو نظام طاقة أكثر استدامة وتنوّعًا.

IEA. CC BY 4.0.

## عمر محطات توليد الكهرباء العاملة بالغاز الطبيعي والنفط في دول مختارة من منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2023




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تشمل منطقة الشرق الأوسط الأخرى كلاً من البحرين، والأردن، والكويت، ولبنان، وسوريا، واليمن. وتشمل منطقة شمال أفريقيا الأخرى ليبيا، والمغرب، وتونس.

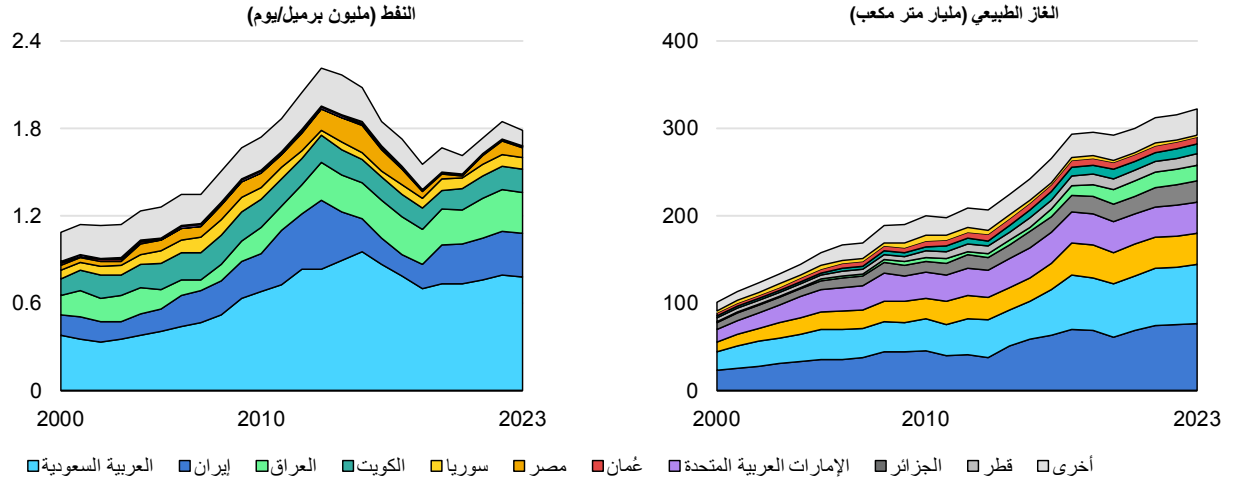
المصادر: تحليل IEA استناداً إلى Global Energy Monitor (2025), Global Oil and Gas Plant Tracker database، و S&P Global (2025), Power Plant Units database of S&P Capital IQ Pro, S&P Global Market Intelligence platform.

على الرغم من تراجع الحصة النسبية للنفط في إنتاج الكهرباء، فإن استهلاكه المطلق لا يزال كبيراً. وقد بلغ توليد الكهرباء باستخدام النفط ذروته في أوائل العقد الثاني من الألفية عند أكثر من 2.2 مليون برميل يومياً، ثم انخفض إلى نحو 1.5 مليون برميل يومياً في وقت لاحق من العقد، لكنه عاد بعد ذلك إلى مسار تصاعدي ليصل إلى نحو 1.8 مليون برميل يومياً في عام 2023، حيث تمثل أربع دول (إيران، العراق، الكويت، والمملكة العربية السعودية) ما نسبته 85% من استخدام النفط في قطاع الكهرباء. يعد أحد الدوافع الرئيسة لهذا الاتجاه هو ذروة الطلب الموسمية على الكهرباء، ولا سيما خلال أشهر الصيف عندما يرتفع الطلب على التبريد وتتراجع إمدادات الغاز نتيجة القيود في الإنتاج أو الالتزامات التصديرية. في مثل هذه الحالات، تلجأ عدة دول إلى حرق النفط أو استخدام كميات أكبر من زيت الوقود. ومن النتائج الإضافية، وإن كانت أقل انتشاراً على مستوى المنطقة، زيادة استخدام المولدات الصغيرة التي تعمل بالديزل – وغالباً ما تكون غير رسمية – في البلدان التي تعاني من ضعف القدرة على التوليد أو محدودية شبكة الكهرباء. وعلى الرغم من أن هذا النمط لا يمثل المنطقة بأكملها، فإنه يسلط الضوء على التحديات التي تواجهها بعض السياقات المحددة حيث يؤدي نقص البنية التحتية إلى الاعتماد على حلول مكلفة وأقل كفاءة.

IEA. CC BY 4.0.

اتجاه أكثر أهمية تمثل في الارتفاع الكبير في استخدام الغاز الطبيعي. ففي كثير من الحالات، قدمت الحكومات الغاز بوصفه بديلاً أرخص وأكثر كفاءة، مدعوماً بالاحتياطيات الإقليمية والتوسع في البنية التحتية. وبناءً على ذلك، فقد تضاعف استخدام الغاز الطبيعي في توليد الكهرباء أكثر من ثلاث مرات خلال العقدين الماضيين. وتستحوذ أربع دول — مصر، إيران، المملكة العربية السعودية، والإمارات العربية المتحدة — على ثلثي إجمالي الغاز الطبيعي المستخدم في قطاع الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا عام 2023.

**الشكل 1.21 استهلاك النفط والغاز الطبيعي في توليد الكهرباء حسب الدولة، 2000-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

## مصادر الكهرباء منخفضة الانبعاثات

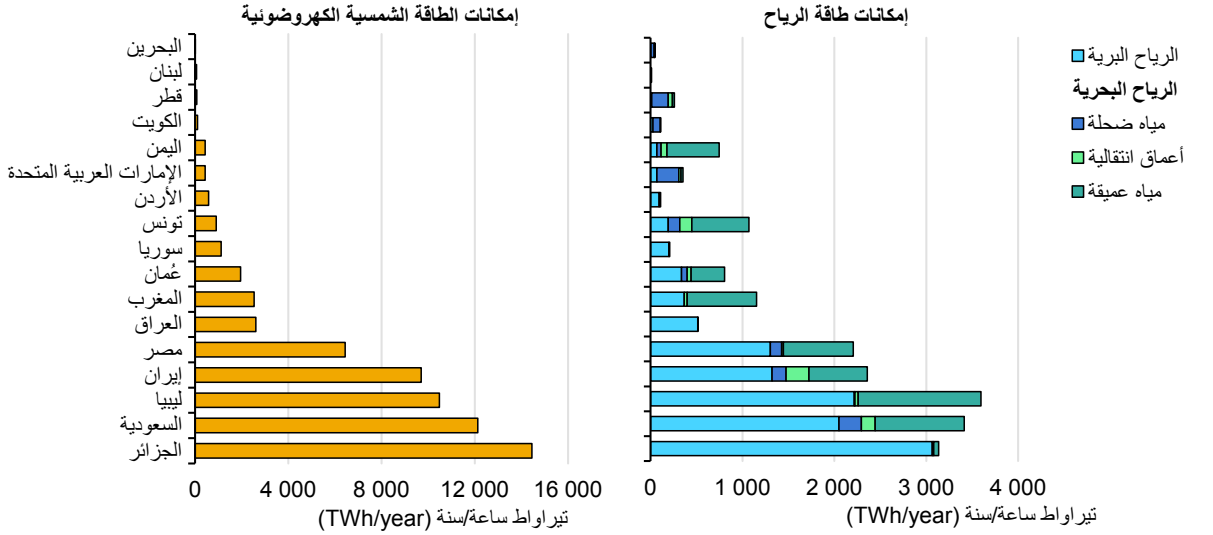
تتمتّع منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ببعض من أكثر الظروف ملاءمة في العالم لتوليد الكهرباء من مصادر متجددة، خاصة الطاقة الشمسية وأيضًا طاقة الرياح. وبالنسبة للطاقة الشمسية، تستفيد المنطقة، كونها تقع في الحزام الشمسي، من أحد أعلى مستويات الإشعاع الشمسي، ممّا يجعلها واحدة من أغنى المناطق بالطاقة الشمسية على مستوى العالم. كما أن موارد الرياح واعدة، حيث تتخطّى سرعات الرياح في العديد من المناطق الساحلية والمرتفعة بشكل مستمر معدلات، تتراوح ما بين 7 إلى 9 أمتار في الثانية على ارتفاع 100 متر، ممّا يجعلها مثالية لإنشاء محطّات طاقة رياح كبيرة على نطاق المرافق العامة.

وقد أجريت دراسة شاملة لتقييم الإمكانات النظرية لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح (سواء في البر أو البحر)، باستخدام بيانات مكانيّة عالية الدقة مضمّنة مع طبقات من القيود، مثل استخدام الأراضي، وعمق المياه،

IEA. CC BY 4.0.

والأداء الخاص بالتقنيات المختلفة. وتدمج المنهجية نماذج عوامل السعة، وصلاحية الأرض، وتحديد مناطق الاستبعاد بهدف تقدير القدرة السنوية المحتملة للتوليد.

**الشكل 1.22 الإمكانات السنوية للطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح حسب الدولة**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تعرّف فئات أعماق طاقة الرياح البحرية كما يلي: الضحلة = من 0 إلى 40 متراً؛ الانتقالية = من 40 إلى 60 متراً؛ العميقة = من 60 إلى 1,000 متر.

المصدر: تحليل IEA استناداً إلى Basimile et al. (2025), What is the cost and potential of low carbon electricity transition in the MENA region?

تقدّر الدراسة، أن الطاقة الشمسية الكهروضوئية يمكن أن تولّد ما يصل إلى 65,000 تيراواط/ساعة سنويًّا، وهو رقم يفوق بكثير الطلب المتوقّع على الكهرباء في المنطقة. تتصدر الجزائر القائمة بإمكانية توليد تبلغ 14,446 تيراواط/ساعة سنويًّا، تليها المملكة العربية السعودية (12,132 تيراواط/ساعة سنويًّا)، ثم ليبيا (10,477 تيراواط/ساعة سنويًّا). تعكس هذه الأرقام ارتفاع مستوى الإشعاع الشمسي واتّساع المساحات المتاحة من الأراضي.

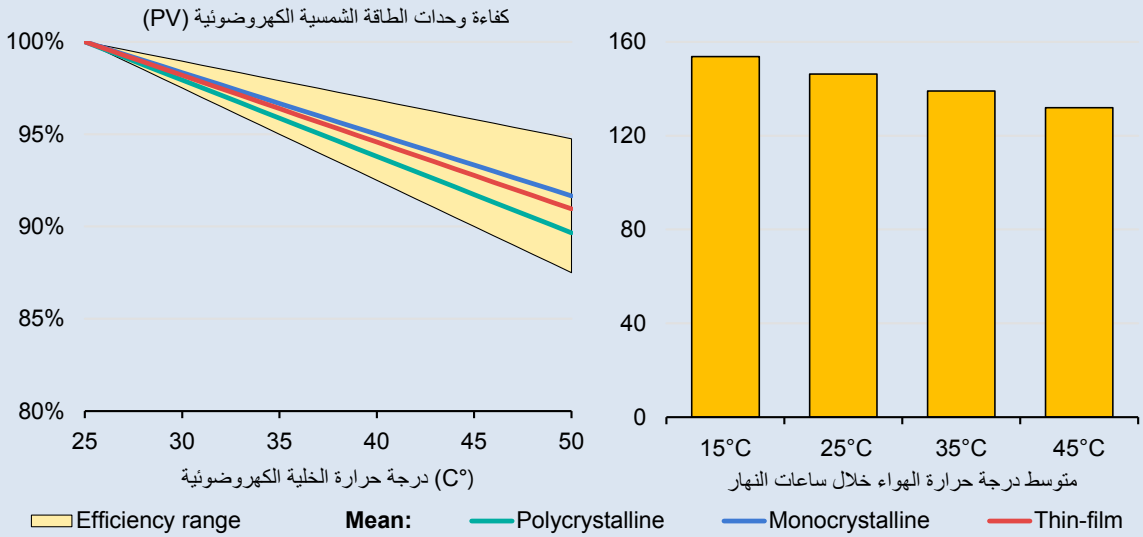
IEA. CC BY 4.0.

### الصندوق 1.4 أداء الألواح الشمسية الكهروضوئية في ظروف درجات الحرارة المرتفعة

تتأثر العمليات الفيزيائية التي تشكّل أساس إنتاج الطاقة في الخلايا الشمسية الكهروضوئية (PV) بشكل جوهري بدرجة الحرارة، حيث ينخفض أداء الخلايا الشمسية عندما تتجاوز حرارة الخلية 25 درجة مئوية. تؤدي درجات الحرارة العالية إلى انخفاض الجهد داخل الخلايا، وهو ما يفوق زيادة التيار الكهربائي، ممّا يؤدي في النهاية إلى انخفاض القدرة الإنتاجية. يلخّص هذا التأثير عبر علاقة خطّية تقريبيّة تقاس بمعامل حرارة الخلية، ويعرّف بأنه نسبة الفاقد من القدرة القصوى للإنتاج عند كلّ درجة مئوية إضافية.

تختلف حساسية تقنيات الخلايا الشمسية الكهروضوئية لهذه الظاهرة، وتتراوح قيمة معامل الحرارة ما بين -0.2% إلى -0.5% مع كل درجة مئوية إضافية، وتظهر الخلايا أحاديّة البلّورة (monocrystalline) أداءً أفضل في ظروف درجات الحرارة المرتفعة. فعلى سبيل المثال، يمكن لارتفاع درجة حرارة الهواء بمقدار 10 درجات مئوية، أن يقلّل من كفاءة الخلية بنسبة 3.3% ويخفّض الإنتاج السنوي بمقدار 7.2 جيجاواط-ساعة لمحطة بقدرة 100 ميجاواط أحادية البلّورة، مع ثبات بقية العوامل.

**تأثير درجات الحرارة على كفاءة وحدات الطاقة الشمسية الكهروضوئية وإنتاجها السنوي**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تم الحصول على خسائر كفاءة الوحدات مقابل درجة حرارة الوحدة من مراجعة المواصفات الفنية للمصنعين. تشير القدرة الإنتاجية السنوية إلى محطة طاقة شمسية بقدرة 100 ميجاواط في مصر، بافتراض ثبات جميع العوامل الأخرى ودون أخذ التوقفات التشغيلية أو القيود الإنتاجية بعين الاعتبار.

المصدر: ENF (accessed 2025), Solar Panel Global Database.

IEA. CC BY 4.0.

تعتمد درجة حرارة الخلية على الظروف المحيطة (درجة الحرارة، سرعة الرياح، معامل الانعكاس البيئي، والإشعاع الشمسي)، وكذلك على المواد المكوّنة للخلية، وتصميم الوحدة والمحطة. تتوافق الكثير من المواقع ذات أعلى إمكانات للطاقة الشمسية أيضاً مع بعض من أكثر المواقع حرارة على الكوكب. لذا لا يمكن التقليل من أهمية اختيار الموقع، وتدابير التكيّف مع الظروف المحلّية، والحد من ارتفاع درجات الحرارة. تم بالفعل تنفيذ بعض التدابير، فيما لا تزال تدابير أخرى موضوع بحث نشط. هناك تركيز كبير حاليًّا على تحسين تصميم الخلايا والمواد، فعلى سبيل المثال تظهر الخلايا من النوع N حساسية أقلّ تجاه الحرارة. بعض طرائق التبريد باتت مفهومة جيدًا، مثل التبريد عبر الحمل الحراري للرياح أو التبريد بالماء، وقد تم اختبارها في المغرب أو الإمارات العربية المتحدة، في حين يجري استكشاف طرائق أكثر ابتكارًا، مثل استخدام المواد المتغيّرة الطور (PCM)، الأنظمة الهجينة في ماليزيا، أو الطلاءات العاكسة في أستراليا. الكثير من هذه التدابير لا يزال بانتظار الاستخدام الواسع النطاق.

تحمل طاقة الرياح أيضاً إمكانات واعدة كبيرة، إذ يبلغ إجمالي الإمكانات البرية والبحرية معاً نحو 20,000 تيراواط/ساعة سنويًّا في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. تمثّل الرياح البرية 60% من هذه الإمكانات، حيث تتصدر الجزائر وليبيا والمملكة العربية السعودية بفضل سرعات الرياح الملائمة وتوفّر مساحات واسعة من الأراضي تدعم إنشاء محطّات عالية الإنتاجية. أمّا إمكانات الرياح البحرية فتمثّل حجمًا أقل إجمالًا، وتقع ثلاثة أرباع هذه الإمكانات في مناطق المياه العميقة (من 60 إلى 1,000 متر). توفّر هذه المناطق أعلى إنتاج نظري، لكنّها تتطلب تقنيات توربينات الرياح العائمة التي لا تزال في مراحلها الأولى، ولم تستخدم على نطاق واسع بعد في المنطقة. وعلى النقيض من ذلك، فإن المناطق البحرية الضحلة (من 0 إلى 40 متراً) والمناطق الانتقالية (من 40 إلى 60 متراً) تعدّ أكثر سهولة من حيث الوصول إليها، كما أنها مناسبة للتقنيات الراسخة. وتتمتّع بلدان، مثل قطر وتونس والإمارات العربية المتحدة بإمكانات كبيرة في هذه المناطق.

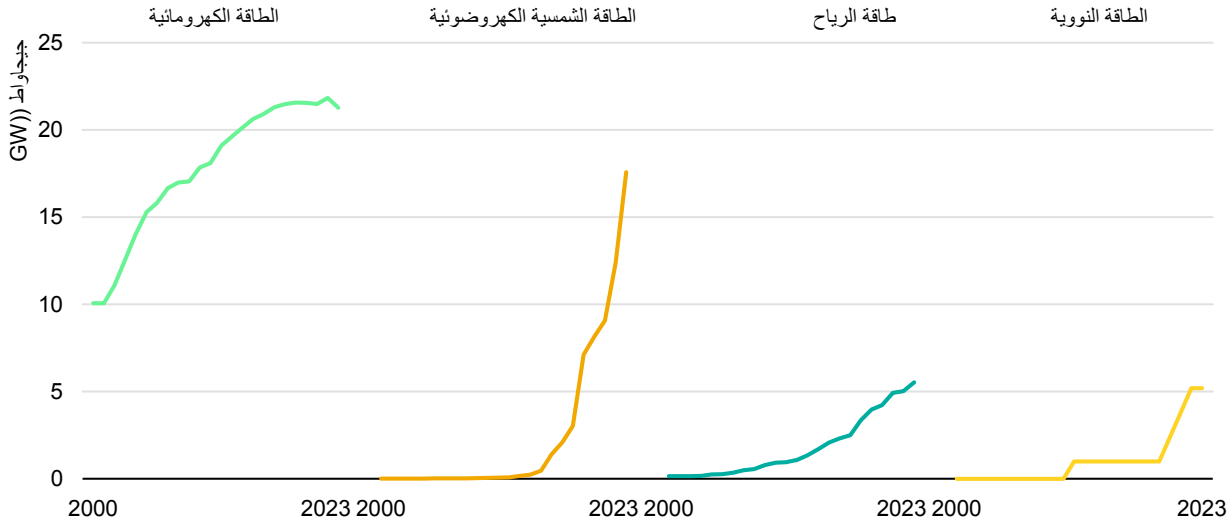
لقد أدت سياسات الدعم التي تستند إلى الاستفادة من الإمكانات التقنية الهائلة، إلى زيادة كبيرة في مصادر الكهرباء منخفضة الانبعاثات على مدى العقدين الماضيين، مع نموّ ملحوظ في الطاقة الشمسية الكهروضوئية، وطاقة الرياح، والطاقة النووية، والطاقة الكهرومائية. لقد تضاعفت القدرة الإنتاجية للطاقة الكهرومائية أكثر من مرتين منذ عام 2000، لتصل إلى أكثر من 21 جيجاواط في عام 2023. وانطلقت الطاقة الشمسية الكهروضوئية في السنوات الأخيرة، مرتفعة من 3

IEA. CC BY 4.0.

جيجاواط في 2018 إلى 18 جيجاواط في عام 2023، وذلك بشكل رئيس عبر مشاريع كبيرة على نطاق المرافق العامة. كما استمرت طاقة الرياح في النموّ بشكل ثابت، من خلال المشاريع البرية فقط، متجاوزة 5 جيجاواط بحلول عام 2023.

لقد حقّقت الطاقة النووية أيضاً تقدّمًا ملحوظًا، حيث تم تشغيل أول مفاعل في إيران عام 2011. وتعتبر دولة الإمارات العربية المتحدة في طليعة الدول المطوّرة للطاقة النووية في المنطقة، فقد قامت بتشغيل أكثر من 4 جيجاواط من السعة بين عامي 2020 و2022 من خلال مفاعلات براكة 1-3، وبدأ تشغيل براكة 4 في عام 2024. هذه التطورات، إلى جانب السعة النووية الموجودة في إيران، ترفع إجمالي السعة النووية في المنطقة إلى ما يزيد قليلاً عن 5 جيجاواط، ممّا يمثّل تنويعًا إستراتيجيًّا في مزيج توليد الطاقة، ويعزز التوجّه العام نحو مصادر الطاقة المتجددة.

**الشكل 1.23 التوسع في القدرة الإنتاجية للطاقة الكهرومائية، والطاقة الشمسية الكهروضوئية، وطاقة الرياح، والطاقة النووية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2000-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

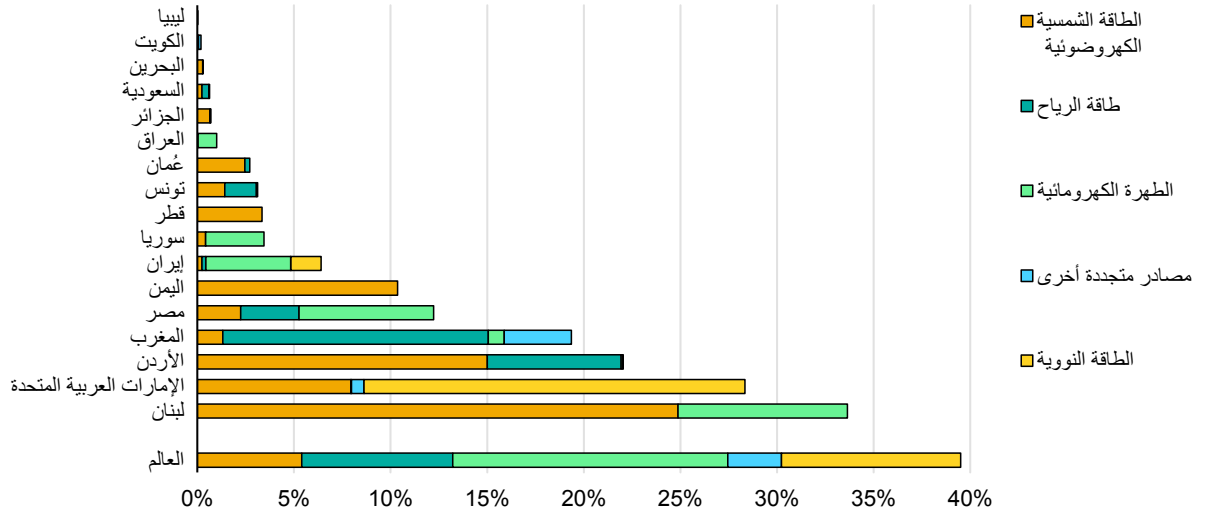
في عام 2023، تباينت حصة مصادر الكهرباء منخفضة الانبعاثات بشكل واسع بين دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ففي دول مثل البحرين والكويت وليبيا، بقي إسهام هذه المصادر أقل من 0.5%، فيما سجّلت دول أخرى حصصًا كبيرة، مثل الإمارات العربية المتحدة والأردن، حيث بلغت نسبة الإسهام أكثر من 25% و20% على التوالي.

تصدرت الأردن والمغرب المنطقة في مجال الكهرباء المتجددة، حيث زوّد كلًّا منهما بنحو 20% من إجمالي الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة. في الأردن، تمثّل الطاقة الشمسية الكهروضوئية 15% من المزيج الكهربائي، وهي من أعلى النسب على مستوى العالم، فيما تؤدي طاقة الرياح دورًا رئيسًا في المغرب وتسهم أيضاً بنسبة 15%. تبعت المغرب كل من مصر واليمن

IEA. CC BY 4.0.

بحصص بارزة، في حين أسهمت مصادر الطاقة المتجددة في معظم الدول الأخرى بنسبة 5% أو أقل. كما سجّل لبنان إسهامًا معتبرًا من الطاقة المتجددة في عام 2023، على الرغم من أن إجمالي إنتاج الكهرباء هناك كان منخفضًا جدًّا.

**الشكل 1.24 حصة مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية في توليد الكهرباء حسب الدولة، 2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تشمل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى الطاقة الشمسية المركّزة، والطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية.

بينما كانت الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح أكثر مصادر الكهرباء المتجددة بروزًا، لعبت الطاقة الكهرومائية دورًا في دول، مثل مصر وإيران والعراق ولبنان وسورية، رغم أن حصّتها ظلّت أقل من 10% من الإمدادات بشكل ثابت. وكانت الطاقة النووية أكثر وضوحاً في الإمارات العربية المتحدة، حيث شكّلت 20% من إنتاج الكهرباء، فيما كان دورها في إيران أقلّ بكثير، مقارنة بالمعدل العالمي البالغ 9%.

## فواقد الشبكة

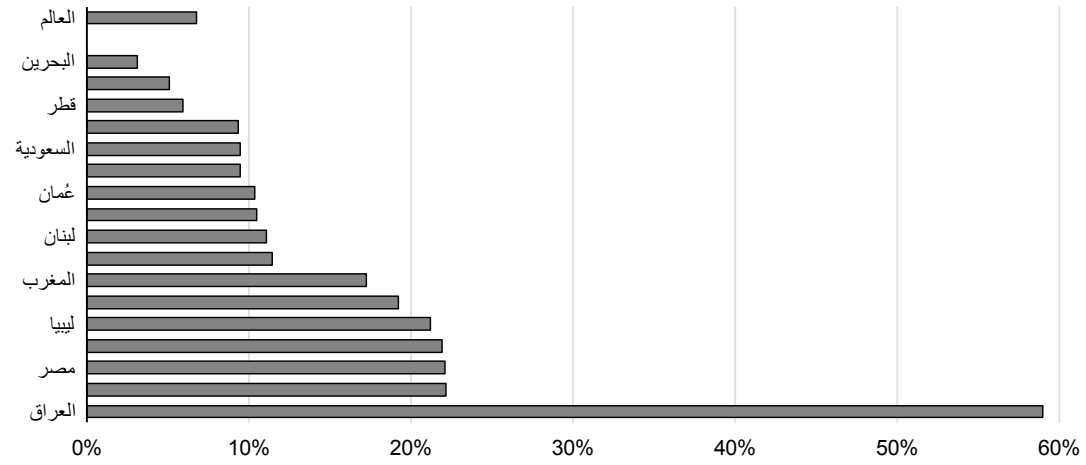
بينما توسّع توليد الكهرباء في جميع أنحاء المنطقة، لم تستطع البنية التحتية لشبكات النقل والتوزيع في العديد من الأماكن مواكبة هذا التوسّع، ممّا أدّى إلى خسائر مستمرة ومشكلات في الاعتمادية تقوّض الفوائد الناتجة عن زيادة الإمدادات. في عام 2023، بلغ متوسّط خسائر النقل والتوزيع في أنحاء المنطقة 15% من إجمالي الكهرباء المولّدة؛ أي ما يعادل أكثر من 260 تيراواط ساعة، وهو رقم يتجاوز إجمالي إمدادات الكهرباء في مصر. وترجع هذه الخسائر إلى مزيج من أوجه القصور الفنية، مثل الموصّلات ذات الحجم غير الكافي، والمحوّلات المحمّلة بشكل زائد، والبنية التحتية المتقادمة. بالإضافة إلى ذلك، تلعب طوبولوجيا الشبكة دورًا في ذلك: فكلما زاد طول الخطوط الفرعية وتدنّى جهدها الفرعي، زادت التيارات وبالتالي

IEA. CC BY 4.0.

ارتفعت الخسائر. كما أن العوامل غير الفنية، بما في ذلك التعدّي على شبكات الكهرباء، وضعف العدّادات، وضعف تطبيق القوانين، تزيد من تفاقم المشكلة.

نحو نصف الدول تعاني من خسائر كهربائية تتراوح بين نقطتين إلى خمس نقاط مئوية أعلى من المتوسط العالمي. ولا يوجد سوى قلّة من الدول، مثل البحرين وقطر ودولة الإمارات العربية المتحدة، حافظت على مستويات خسائر أقل من المعيار العالمي البالغ 7%. ويعزى هذا النجاح في الغالب إلى بنيتها التحتية الحديثة، وإدارة الشبكات المتقدمة لديها، والشبكات الكثيفة والمتداخلة بشكل جيد. في المقابل، لا تزال العديد من الدول الأخرى تواجه تحدّيات أكبر بكثير، حيث تتجاوز الخسائر لديها ضعف المتوسط العالمي. في العراق، تعدّ الخسائر من بين الأعلى عالميًّا، حيث لا يتم توصيل أو احتساب قرابة 60% من الكهرباء المولّدة للمستخدمين النهائيين. وتبرز هذه الكفاءة المنخفضة بشكل حادّ الحاجة الماسّة للاستثمار في إعادة تأهيل وتحديث شبكة الكهرباء، وهو أولوية رئيسة حدّدها تقرير وكالة الطاقة الدولية بعنوان: "قطاع الطاقة في العراق: خارطة طريق إلى مستقبل أكثر إشراقًا".

**الشكل 1.25 متوسط خسائر الكهرباء حسب الدولة، 2023**




IEA. CC BY. 4.0.

تنعكس هذه العواقب على الاقتصاد العراقي بأكمله؛ إذ يعتبر نحو 67% من شركات الكهرباء عقبة رئيسة، ويعتمد ما يقارب 80% منها على مولّدات احتياطية. ورغم أن هذه المولّدات ضرورية من أجل الاستمرارية، فإنها تفرض تكاليف مرتفعةً للوقود والصيانة، تثقل كاهل الشركات والأسر. وتبلغ الخسائر في مصر وسورية وتونس نحو 20% أو أكثر، ممّا يضعها في مصاف الأنظمة الأقل كفاءة في المنطقة. وفي تونس، يشير أكثر من نصف الشركات إلى الكهرباء باعتبارها عائقًا أساسيًّا، ما يعكس المشكلات المستمرة في جودة الإمدادات والاعتمادية.

IEA. CC BY 4.0.

إن تقليل خسائر الكهرباء لا يعدّ مجرد معالجة فنية، بل يمثّل أولوية اقتصادية إستراتيجية. إذ يوفّر تقليل الخسائر أحد أكثر السبل فعالية من حيث التكلفة، في تعزيز أمن الطاقة، وتخفيض الانبعاثات، وتحسين النتائج لكلّ من المستهلكين وشركات المرافق. ومع تصاعد الطلب وزيادة ضغط التغيّر المناخي، سيبقى التصدّي لمشاكل عدم كفاءة النقل والتوزيع أمرًا محوريًّا لبناء أنظمة طاقة مرنة وفعّالة وميسورة التكلفة في جميع أنحاء منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

## الاستثمار في قطاع الطاقة

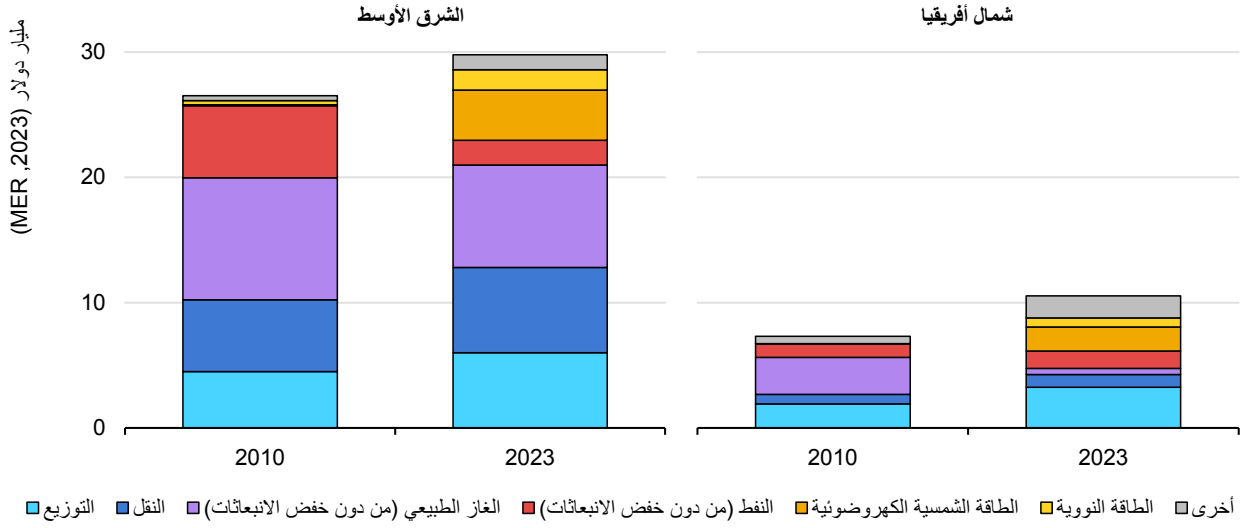
لقد نما الاستثمار في قطاع الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بنسبة تقترب من 20% منذ عام 2010، ليصل إلى 40 مليار دولار أمريكي في عام 2023، ويعود ذلك إلى ازدياد الاستثمار في الطاقة النظيفة مع انخفاض تكاليف تكنولوجيا مصادر مثل الطاقة الشمسية الكهروضوئية. كما ارتفع الاستثمار في الطاقة النووية في كلّ من الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، مع بدء تشغيل المفاعلات التجارية بنجاح في دولة الإمارات العربية المتحدة. وفي عام 2023، شكّلت استثمارات الطاقة النظيفة أكثر من 20% و40% من إجمالي الاستثمارات في قطاع الطاقة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على التوالي. وعلى الرغم من انخفاض الاستثمار بشكل كبير مقارنة بمستواه في عام 2010، ظلّ الغاز الطبيعي والنفط يشكّلان نحو 35% و20% من إجمالي الاستثمارات في قطاع الطاقة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في عام 2023 على التوالي، ولا يزالان يمثّلان الأساس لمزيج الطاقة الإقليمي. سيتيح هذا التنويع المستمر في استثمار قطاع الطاقة، لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا فرصة البدء في الاستفادة من إمكاناتها الكبيرة في مجال الطاقة النظيفة، مع ضمان أمن الطاقة في ظلّ مواصلة ارتفاع الطلب على الكهرباء.

لقد ارتفع الاستثمار في شبكات النقل والتوزيع – والتي شكّلت نحو 40% من إجمالي الاستثمارات في قطاع الطاقة في كلّ من الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في عام 2023 – بشكل ملحوظ مقارنة بمستويات عام 2010. وكما هو موضّح في تقرير "شبكات الكهرباء والتحوّلات الآمنة للطاقة"، ينبغي تسريع وتيرة الاستثمار في الشبكات لمواكبة زيادة الطلب على الكهرباء، ولا بد من تنويع أنظمة الطاقة لاستيعاب النموّ، وذلك عبر إدخال مصادر الطاقة المتجددة المتغيّرة. ونظراً لتطلّعات المنطقة نحو الطاقة النظيفة وتزايد الضغط على الشبكات بسبب الأحداث المناخية المتطرفة، فإن الترابطات الكهربائية بين دول المنطقة ستكون إضافة ضرورية لهذه الأنظمة الكهربائية. (راجع الفصل ٣، الفقرة ٥. "ما الدور الذي تلعبه الترابطات بين الشبكات الكهربائية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا؟").

IEA. CC BY 4.0.

كما أشار صندوق 1.1، تحتضن المنطقة أيضًا عددًا متزايدًا من أنظمة الطاقة الموزّعة خارج الشبكة، بيد أن خطط الاستثمار فيها تبقى غير متكافئة وغير منسّقة. وقد جاءت هذه الأنظمة في الأساس نتيجة دفع شركات النفط والغاز للاستفادة من تنافسيّة الطاقة الشمسية الكهروضوئية مقارنةً بتوليد الكهرباء بالديزل، وخصوصًا في المناطق التي تواجه تحدّيات في موثوقية الإمداد، مثل لبنان واليمن.

**الشكل 1.26 الاستثمار في توليد الكهرباء حسب النوع في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2010 و2023**



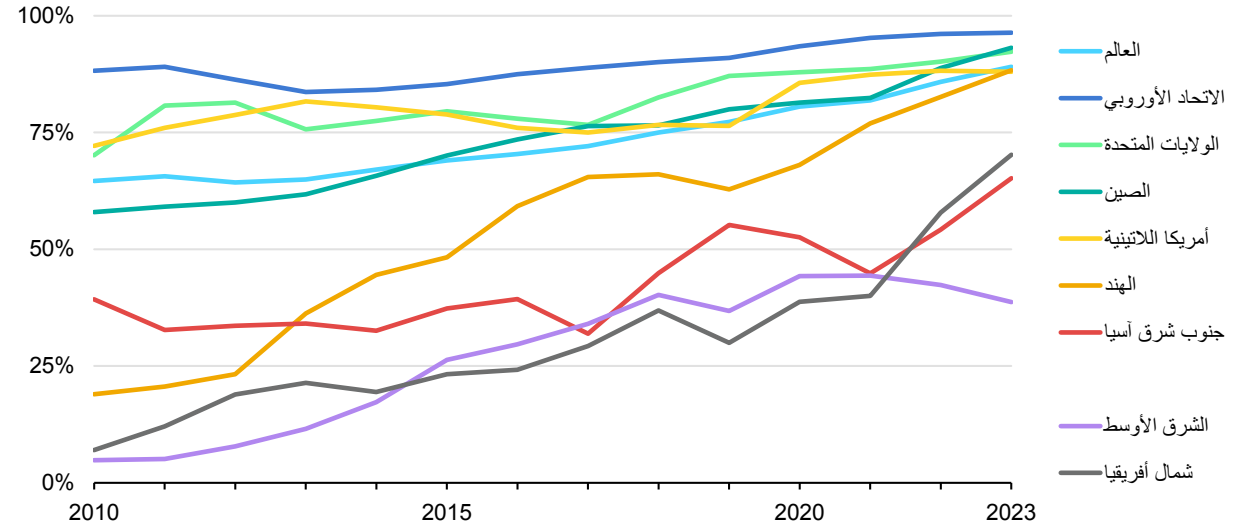

IEA. CC BY. 4.0.

MER = سعر الصرف في السوق.

خلال العقد الماضي، ارتفعت حصة الاستثمارات في تقنيات توليد الطاقة – باستثناء الاستثمارات في شبكات النقل والتوزيع – المخصّصة للتقنيات منخفضة الانبعاثات في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بشكل ملحوظ. وبحلول عام 2023، ارتفعت هذه الحصص من نحو 10% في عام 2010 إلى 40% في الشرق الأوسط و70% في شمال أفريقيا، لتصل إلى مستويات مماثلة لتلك المسجلة في جنوب شرق آسيا. ومع ذلك، وبالمقارنة مع العديد من المناطق الأخرى، لا تزال بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تستثمر نسبةً أقل من إجمالي استثمارات قطاع الطاقة في تقنيات منخفضة الانبعاثات مقارنة بالمتوسط العالمي الذي بلغ نحو 90% في عام 2023. ففي مناطق أخرى، مثل جمهورية الصين الشعبية (المشار إليها في ما بعد بـ"الصين")، والاتحاد الأوروبي، والولايات المتحدة، باتت حصة الاستثمار في تقنيات منخفضة الانبعاثات أعلى بكثير بالفعل.

IEA. CC BY 4.0.

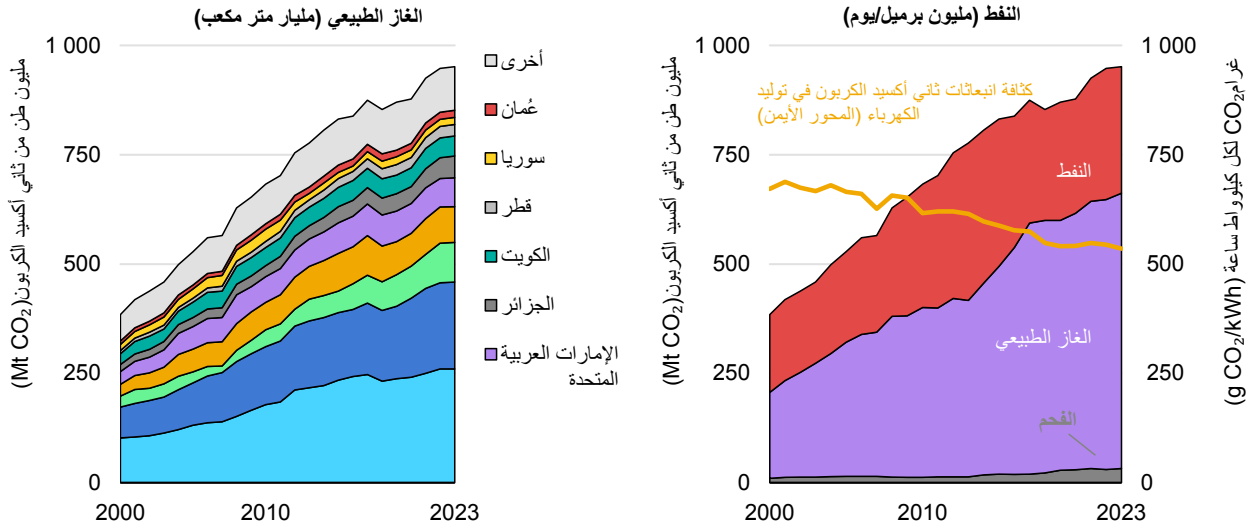
**الشكل 1.27 حصة استثمارات توليد الكهرباء في التقنيات منخفضة الانبعاثات حسب مناطق مختارة، 2010-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

## انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون من قطاع الطاقة

**الشكل 1.28 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع الكهرباء في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب الدولة ونوع الوقود، 2000-2023**




IEA. CC BY. 4.0.

منذ عام 2000، تضاعفت انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون الناتجة عن قطاع الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، لتتجاوز 950 مليون طن في عام 2023. تعدّ المملكة العربية السعودية وإيران أكبر مصدرين للانبعاثات، إذ تشكّلان معاً نحو نصف إجمالي انبعاثات المنطقة. وبينما تتصدّر هاتان الدولتان من حيث الإجمالي المطلق، فقد ارتفعت الانبعاثات

IEA. CC BY 4.0.

بشكل كبير في معظم أنحاء المنطقة، نتيجة النموّ السريع في الطلب على الكهرباء والاستمرار في الاعتماد على الوقود الأحفوري في توليد الطاقة.

يعدّ توليد الكهرباء باستخدام الغاز الطبيعي المصدر الرئيس لانبعاثات قطاع الطاقة في المنطقة، حيث يسهم بنحو ثلثي الإجمالي. أما توليد الكهرباء باستخدام النفط فيمثّل نحو 30%، فيما يسهم الفحم بنسبة تقل عن 5%. ومنذ عام 2000، تضاعفت الانبعاثات الناتجة عن الغاز الطبيعي ثلاث مرات، ممّا يعكس دوره المتزايد في تلبية الطلب على الكهرباء. كما ارتفعت الانبعاثات الناتجة عن توليد الكهرباء بواسطة النفط إلى أكثر من 60%، ورغم أن الفحم لا يزال جزءًا ثانويًّا من المزيج، فإن الانبعاثات المرتبطة به زادت بشكل كبير، إذ تضاعفت ثلاث مرات، وإن كان ذلك انطلاقًا من قاعدة منخفضة.

على الرغم من الارتفاع الكلّي في الانبعاثات، فقد انخفضت كثافة الكربون في توليد الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بشكل مطّرد، من نحو 700 غرام من ثاني أوكسيد الكربون لكل كيلوواط/ساعة في عام 2000 إلى أكثر من 500 غرام لكل كيلوواط/ساعة في عام 2023. ويعزى هذا التحسّن إلى تزايد حصة الغاز الطبيعي الذي يعدّ أكثر كفاءة ويطلق كميةً أقلّ من ثاني أوكسيد الكربون لكلّ وحدة كهرباء مقارنة بالنفط أو الفحم. إذ يمكن لمحطّات توليد الطاقة الحديثة التي تعمل بالغاز أن تحقّق كثافات انبعاث أقل من 400 غرام من ثاني أوكسيد الكربون لكل كيلوواط/ساعة، في حين غالبًا ما تتجاوز محطّات النفط والفحم 900 غرام لكل كيلوواط/ساعة.

IEA. CC BY 4.0.

# الفصل الثاني: المسارات المتعلّقة بطلب الكهرباء وإمداداتها في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

## أيّ طريق من هنا؟

### السيناريوهات

تبحث التوقّعات الموضّحة في هذا الفصل المسارات الممكنة لأنظمة الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حتى عام 2035، والروافع التي يمكن لصنّاع القرار الاعتماد عليها للوصول إليها، إضافة إلى تداعيات تلك الخيارات على أسواق الطاقة والأمن والانبعاثات.

تعتمد هذه التوقّعات على سيناريوهات تقرير آفاق الطاقة العالمية لعام 2024:

سيناريو السياسات المعلنة (STEPS) يهدف إلى إعطاء مؤشّر لاتجاه تطوّر نظام الطاقة وفق السياسات الحالية، وذلك بناء على مراجعة تفصيلية لكلّ قطاع في ما يتعلق بالطاقة والمناخ والسياسات الصناعية المرتبطة به.

سيناريو التعهّدات المعلنة (APS) يأخذ في الاعتبار كلّ الالتزامات المتعلقة بالطاقة والمناخ التي أعلنتها الحكومات والصناعات، بما في ذلك الإسهامات المحدّدة وطنيًّا (NDCs)، وأهداف إزالة الكربون الطويلة الأمد، بالإضافة إلى الأهداف الوطنية في ما يخص توفير الكهرباء والطهي النظيف. ويفترض السيناريو أنّ كل هذه الالتزامات ستتحقّق بالكامل وفي الموعد المحدّد.

وتشمل هذه السيناريوهات أحدث بيانات الأسواق وتكاليف الطاقة، كما أنها ترتكز إلى أحدث التوقّعات المتعلقة بالتوجّهات الاقتصادية والديموغرافية.

IEA. CC BY 4.0.

## الجدول 2.1 افتراضات السياسات الشاملة للمناطق والدول المختارة حسب السيناريو

| الشرق الأوسط | | |
|---|---|---|
| **السيناريو** | **القطاع** | **السياسات والاهداف** |
| سيناريو السياسات المعلنة | سياسات / أهداف شاملة متداخلة | • البحرين: خفض الانبعاثات بنسبة 30% بحلول 2035، مذكور في الاستراتيجية الوطنية للطاقة.<br>• الكويت: إعلان الوصول إلى الحياد الكربوني في قطاع النفط والغاز بحلول 2050 والقطاعات الأخرى بحلول 2060.<br>• قطر: اللائحة التنفيذية لقانون حماية البيئة، تتضمن لوائح ومعايير الميثان.<br>• المملكة العربية السعودية: تطبيق جزئي لرؤية السعودية 2030.<br>• الإمارات العربية المتحدة: قانون المحافظة على الموارد البترولية، يتضمن قيوداً على حرق أو تنفيس غاز الميثان. |
| | الطلب (النقل/الصناعة/المنشآت) | • المملكة العربية السعودية: معايير متوسط اقتصاد وقود الشركات (CAFE) للفترة 2024-2028.<br>• المملكة العربية السعودية: الحد الأدنى لمعايير أداء الطاقة (IE3 (MEPS للمحركات الكهربائية الصناعية (2018).<br>• قطر: برنامج تمويل الطاقة النظيفة والصديقة للبيئة، يقدم قروضاً منخفضة الفائدة للمنشآت الصغيرة والمتوسطة التي تقوم بتجديدات كفاءة الطاقة (2023).<br>• المملكة العربية السعودية: تحديث الحد الأدنى لمعايير أداء الطاقة (MEPS) لمكيفات الهواء في المباني (2021).<br>• الإمارات العربية المتحدة: لائحة المباني الخضراء الوطنية التي تحدد الحد الأدنى من المعايير للمباني الجديدة (2021). |
| | الطاقة | • إيران: هدف لزيادة حصة الطاقة النووية إلى 20 GW بحلول 2040.<br>• الأردن: استراتيجية الطاقة 2020-2030 تضع هدفاً لحصة 31% من مصادر الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء، أي ما يعادل 3.2 GW من القدرة المركبة. |

IEA. CC BY 4.0.

| | | |
|---|---|---|
| | | • لبنان: 30% على الأقل من قدرة التوليد من مصادر متجددة بحلول 2030 (بيان السياسة اللبناني).<br>• قطر: زيادة حصة الطاقة المتجددة إلى 18% من مزيج الطاقة بحلول 2030 (الاستراتيجية الوطنية للطاقة المتجددة). |
| سيناريو التعهدات المعلنة | سياسات / أهداف شاملة متداخلة | • أهداف صافي انبعاثات صفرية بحلول 2050 في لبنان والإمارات العربية المتحدة وعمان؛ والمملكة العربية السعودية والبحرين والكويت تستهدف 2060.<br>• عشر دول (البحرين، العراق، الأردن، الكويت، لبنان، عمان، قطر، المملكة العربية السعودية، الإمارات العربية المتحدة، واليمن) موقعة على تعهد الميثان العالمي.<br>• ست شركات نفط وطنية في المنطقة وقعت على ميثاق إزالة الكربون للنفط والغاز.<br>• أربع دول (البحرين، العراق، عمان، والمملكة العربية السعودية) تؤيد مبادرة التخلص من الحرق الروتيني للغاز بحلول 2030.<br>• عمان: تحديث المساهمات المحددة وطنياً ( (NDC 2023))، من 7% إلى 21% خفضاً للانبعاثات بحلول 2030 مقارنة بسيناريو العمل كالمعتاد. |
| | الطلب (النقل/الصناعة/المنشآت) | • قطر: خطط لتحويل 35% من أسطول السيارات و 100% من الحافلات العامة إلى كهربائية بحلول 2030.<br>• الإمارات العربية المتحدة: زيادة حصة المركبات الكهربائية (EVs) إلى 50% من إجمالي الأسطول بحلول 2050.<br>• المملكة العربية السعودية: هدف صندوق الاستثمارات العامة لاستثمار 20 مليار دولار أمريكي للمشاريع المستدامة، بما في ذلك المباني الخضراء.<br>• الإمارات العربية المتحدة: هدف لخفض استهلاك الطاقة في المباني بنسبة 40% بحلول 2050 مقارنة بعام 2019. |
| | الطاقة | • العراق: خطط لإضافة 12 GW من الطاقة الشمسية الكهروضوئية و 1.25 GW من طاقة الرياح بحلول 2030. |

IEA. CC BY 4.0.

| | | |
|---|---|---|
| | | • الكويت: إعلان زيادة حصة إنتاج الطاقة المتجددة إلى 30% بحلول 2030 و 50% بحلول 2050.<br>• عمان: السعي للوصول إلى 60% من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج إمدادات الطاقة بحلول 2034 (الاستراتيجية الوطنية لسلطنة عمان للانتقال المنظم إلى الحياد الصفري).<br>• المملكة العربية السعودية: رؤية السعودية 2030 تضع هدفاً لزيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة إلى 50% من مزيج الكهرباء بحلول 2030.<br>• الإمارات العربية المتحدة: استراتيجية الطاقة المحدثة 2050 لدولة الإمارات تهدف إلى مضاعفة حصة الطاقة المتجددة ثلاث مرات بحلول 2030. |
| **شمال افريقيا** | | |
| سيناريو السياسات المعلنة | سياسات / أهداف شاملة متداخلة | (لا يوجد أي عنصر مدرج في هذا السيناريو) |
| | الطلب (النقل/الصناعة/المنشآت) | • المغرب: اعتمد المعيار الأوروبي 6 للمركبات الخفيفة المستعملة عند استيرادها (2023)<br>• مصر: حدّثت معايير كفاءة الطاقة للمحركات الصناعية (2023)<br>• مصر: حدّثت معايير كفاءة الطاقة لمكيفات الهواء ومضخات الحرارة (2022)<br>• المغرب: حدّث معايير كفاءة الطاقة لمكيفات الهواء (2025) |
| | الطاقة | • الجزائر: يحدد برنامج الطاقة المتجددة هدفًا يتمثل في تحقيق نسبة 27% من توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2030؛ كما يهدف إلى زيادة قدرات الطاقة المتجددة إلى حوالي 22 غيغاواط بحلول عام 2030<br>• ليبيا: تهدف الإستراتيجية الوطنية للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة 2023-2025 إلى زيادة حصة الطاقة المتجددة إلى 20% بحلول عام 2035<br>• المغرب: تحدد الإستراتيجية طويلة الأمد منخفضة الكربون هدفًا بزيادة حصة الطاقة المتجددة إلى 52% من القدرة الكهربائية بحلول عام 2030 |

IEA. CC BY 4.0.

| | | |
|---|---|---|
| | | • تونس: هدف بزيادة حصة الطاقة المتجددة إلى 30% من مزيج الكهرباء |
| سيناريو التعهدات المعلنة | سياسات / أهداف شاملة متداخلة | • أهداف الوصول إلى صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050 في المغرب وتونس<br>• أربع دول (مصر، ليبيا، المغرب وتونس) من الدول الموقعة على تعهد الميثان العالمي<br>• شركتان وطنيتان للنفط في المنطقة وقعتا على ميثاق إزالة الكربون في قطاع النفط والغاز<br>• دولتان (مصر والمغرب) تؤيدان مبادرات القضاء على الحرق الروتيني للغاز بحلول عام 2030 |
| | الطلب (النقل/الصناعة/المنشآت) | • مصر: مشروع تحديث السكك الحديدية الوطنية<br>• المغرب: خارطة طريق للمركبات الكهربائية تتضمن أهدافاً لنشر المركبات الكهربائية ونقاط الشحن<br>• المغرب: خطة إستراتيجية السكك الحديدية المغربية لتطوير وتحسين الشبكة |
| | الطاقة | • مصر: المساهمة المحددة وطنياً المحدّثة الثانية لعام 2023، التي تستهدف تحقيق نسبة 42% من مصادر منخفضة الانبعاثات في مزيج الكهرباء بحلول عام 2030 |

لطالما شكّل الوقود الأحفوري، ولا سيما النفط والغاز الطبيعي، الأساس لأنظمة الطاقة واقتصادات منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. بيد أن هناك زخمًا سياسيًّا متزايدًا عبر المنطقة نحو تنويع مزيج الكهرباء من خلال المصادر المتجددة ومنخفضة الانبعاثات. وفي السنوات الأخيرة، أطلقت عدة دول سياسات وأهدافًا جديدة لتسريع هذا التحول، مثل الإستراتيجية الوطنية للطاقة المتجددة في قطر، وتحديث إستراتيجية الإمارات للطاقة 2050 في دولة الإمارات العربية المتحدة، والإستراتيجية الوطنية للطاقة وكفاءة الطاقة 2023-2025 في ليبيا. وبينما تسعى معظم الدول التي لديها أهداف للطاقة المتجددة إلى زيادة حصتها من الطاقة المتجددة (سواء في السعة أو في التوليد) ليصل إلى نحو 20% إلى 40% بحلول عام 2030، وضعت المغرب، وعمان، والمملكة العربية السعودية أهدافًا أكثر طموحًا وصلت إلى 52% بحلول عام 2030 (المغرب)، و60% بحلول عام 2034 (عمان)، و50% بحلول عام 2030 (السعودية). كما كان مؤتمر الأطراف الثامن والعشرون (28COP) الذي استضافته دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 2023، محطة بارزة في دفع هذا

IEA. CC BY 4.0.

التحول قدمًا. وقد أيدت خمس دول في المنطقة – الأردن، وعمان، وتونس، والإمارات العربية المتحدة، واليمن – التعهّد في مؤتمر 28COP بمضاعفة القدرة العالمية للطاقة المتجددة ثلاث مرات بحلول عام 2030.

باعتبارها مصدرًا قابلًا لتوجيه الطاقة الكهربائية منخفضة الانبعاثات والمتوفرة على مدار الساعة، تحظى الطاقة النووية باهتمام متزايد في العديد من الدول. فقد أعلنت إيران عن طموحها لزيادة القدرة النووية إلى 20 جيجاواط بحلول عام 2040، فيما تواصل دولة الإمارات العربية المتحدة توسعة استخدام هذه التكنولوجيا. وتعمل بعض الدول حاليًّا على إدخال الطاقة النووية لأول مرة ضمن إمدادها الكهربائي. كما أن المملكة العربية السعودية تدرس أيضاً استخدام الطاقة النووية لتنويع مزيج الكهرباء لديها.

تعمل العديد من الدول في أنحاء المنطقة على دمج تقنيات التقاط واستخدام وتخزين الكربون (CCUS) ضمن إستراتيجياتها الوطنية لإزالة الكربون بهدف معالجة الانبعاثات في القطاعات التي يصعب تقليلها. فقد وضعت المملكة العربية السعودية وشركات النفط الوطنية في دولة الإمارات العربية المتحدة وكذلك قطر أهدافًا سنوية طموحة لالتقاط الكربون بمقدار 44 مليون طن من ثاني أوكسيد الكربون سنويًّا، و10 ملايين طن سنويًّا، و6-8 ملايين طن سنويًّا على التوالي. وتدعم هذه الجهود أطر تنظيمية ناشئة وخطط وطنية لمشاريع CCUS ومبادرات لمشاركة البنية التحتية. كما تشجّع الحكومات على تسعير الكربون وتطوير مراكز CCUS إقليمية لتعزيز استثمار القطاع الخاص والتعاون الإقليمي.

تقنيات التقاط واستخدام وتخزين الكربون (CCUS) تعمل حاليًّا في ثلاث منشآت رئيسة في المنطقة: مشروع الغاز الطبيعي المسال في رأس لفان بقطر (2.1 مليون طن من ثاني أوكسيد الكربون سنويًّا)، ومشروع الحقن المحسّن للنفط بثاني أوكسيد الكربون في منطقة العثمانية بالسعودية (0.8 مليون طن سنويًّا)، ومصانع الإمارات لصناعة الحديد في الإمارات العربية المتحدة (0.8 مليون طن سنويًّا). وعلى الرغم من أن التوسّع كان تدريجيًّا، فإن وتيرته تتسارع. وعلى مدى السنوات الخمس الأخيرة، تم الإعلان عن أكثر من 20 مشروعًا تجاريًّا جديدًا. فإذا اكتمل تنفيذ جميع المنشآت المعلن عنها بحلول عام 2030، فقد تصل القدرة الإقليمية على الالتقاط إلى نحو 25 مليون طن من ثاني أوكسيد الكربون سنويًّا، نصفها تقريبًا في طور التشغيل أو اتخذ قرار استثماري نهائي بشأنه. وبينما لم يكن قطاع الطاقة الكهربائية بعد محورًا رئيسًا لنشر تقنيات CCUS في المنطقة، إلا أن أمامه فرصًا قوية بالنظر إلى هيمنة محطات توليد الطاقة بالوقود الأحفوري داخل مزيج الكهرباء.

IEA. CC BY 4.0.

في ظلّ الزخم المتزايد للطاقة المتجددة والكهرباء منخفضة الانبعاثات، ظهرت موجة من المبادرات في جميع أنحاء المنطقة لدعم الجهود الرامية إلى تقليل الأثر المناخي المترتّب على إنتاج الوقود الأحفوري. وبالإضافة إلى التطوّرات التنظيمية في قطر ودولة الإمارات العربية المتحدة، فقد وقّعت حتى أغسطس 2025 أربع عشرة دولة في المنطقة على التعهّد العالمي بشأن الميثان. وتشمل هذه الدول: البحرين، مصر، العراق، الأردن، الكويت، لبنان، ليبيا، المغرب، عمان، قطر، المملكة العربية السعودية، تونس، الإمارات العربية المتحدة، واليمن. وتتسبّب هذه الدول بأكثر من 50% من انبعاثات الميثان الناتجة عن الطاقة في المنطقة، وقد التزمت مجتمعةً بخفض انبعاثات الميثان مع حلول عام 2030 بنسبة لا تقل عن 30% مقارنة بمستويات عام 2020.

لقد تطورت أيضًا الالتزامات المناخية متوسّطة وطويلة الأمد في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. فقد تعهّدت ثماني دول بالوصول إلى صافي انبعاثات صفري بحلول عام 2050 أو 2060، وتمثّل هذه الدول مجتمعةً نحو 40% من الناتج المحلي الإجمالي للمنطقة، ولها حصة مماثلة من الانبعاثات المرتبطة بالطاقة. وبالمجمل، قدّمت 14 دولة من أصل 17 أول إسهاماتها المحددة وطنيًّا (NDCs)، وقامت 11 دولة بتحديث إسهاماتها منذ تقديمها الأولي، بما في ذلك تقديم دولة الإمارات العربية المتحدة النسخة الثالثة من إسهامها (3.0 NDC) في عام 2024. ومع ذلك، فإن معظم دول المنطقة – باستثناء الإمارات العربية المتحدة – قد وضعت أهدافها للتخفيف بناءً على سيناريوهات الأعمال المعتادة الافتراضية (business-as-usual)، ممّا يسمح بزيادة الانبعاثات المطلقة عمّا هي عليه حاليًّا، مع متوسّط نموّ سنوي قد يصل إلى 2% خلال الفترة من 2024 إلى 2030.

لقد تطوّرت أيضًا الالتزامات المناخية متوسطة وطويلة الأمد في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. فقد تعهّدت ثماني دول بالوصول إلى صافي انبعاثات صفري بحلول عام 2050 أو 2060. وتحوز هذه الدول مجتمعةً نحو 40% من الناتج المحلي الإجمالي للمنطقة وحصّةً مماثلة من الانبعاثات المرتبطة بالطاقة. وبالمجمل، قدّمت 14 دولة من أصل 17 أولى إسهاماتها المحددة وطنيًّا (NDCs)، وقامت 11 دولة بتحديث إسهاماتها منذ تقديمها الأولي، بما في ذلك النسخة الثالثة من الإسهامات المحددة وطنيًّا (3.0 NDC) التي قدمتها دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 2024. ومع ذلك، فإن معظم دول المنطقة – باستثناء الإمارات العربية المتحدة – قد وضعت أهدافها للتخفيف بناءً على سيناريوهات الأعمال المعتادة الافتراضية (business-as-usual)، ممّا يسمح بزيادة الانبعاثات المطلقة عمّا هي عليه حاليًّا، مع متوسط نموّ سنوي قد يصل إلى 2% خلال الفترة من 2024 إلى 2030.

IEA. CC BY 4.0.

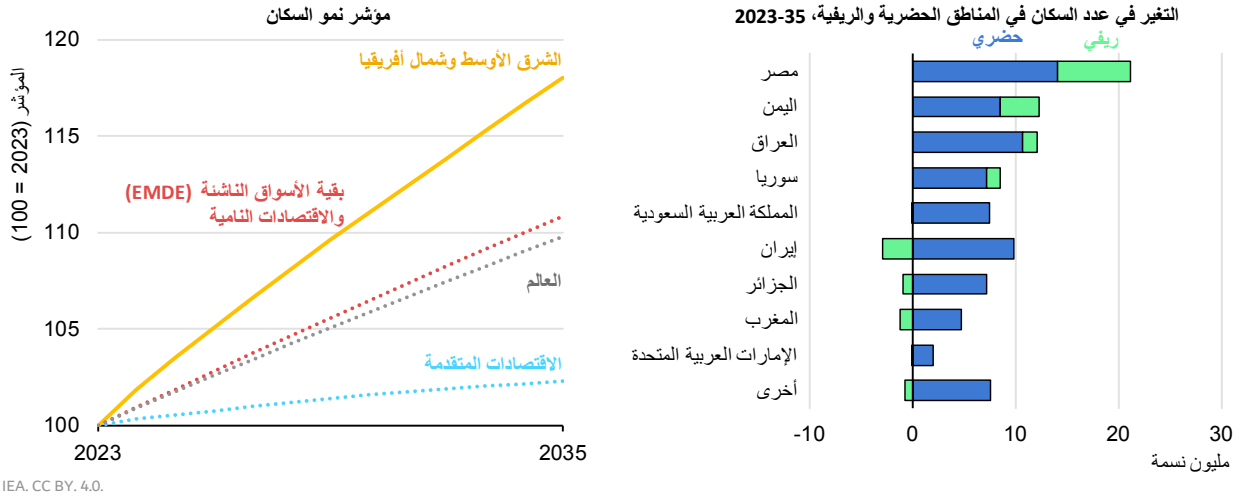
## التوقّعات السكّانية والاقتصادية الكلّية

بحلول عام 2035، من المتوقع أن يرتفع عدد سكان منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من زهاء 485 مليون نسمة في عام 2023 إلى 570 مليون نسمة، وذلك بناءً على التقديرات المتوسطة للأمم المتحدة حول السكان. يمثّل هذا الارتفاع نحو 10% من نموّ سكان العالم خلال تلك الفترة؛ أي أن واحدًا من كلّ عشرة أشخاص يضافون إلى سكان العالم سيكون من هذه المنطقة. وبمعدل نموّ سنوي يبلغ 1.4%، تصنّف منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ضمن المناطق الأسرع نموًّا في العالم، إذ إن معدل نموّها يقارب ضعف المتوسط العالمي. من المتوقع أن تسهم أربعة بلدان فقط (مصر، العراق، سورية واليمن) بأكثر من 60% من إجمالي النموّ السكاني في المنطقة. وتواجه هذه الدول أيضًا نقصًا في الطاقة الكهربائية، كما أنها الوحيدة في المنطقة التي يتوقّع أن تستمر فيها زيادة عدد السكان في المناطق الريفية، بخلاف الاتجاه السائد في بقية المنطقة.

تستوعب المناطق الحضرية بالفعل ما يقرب من ثلثي سكان منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، ومن المتوقع أن تشهد غالبية النموّ السكاني المرتقب. فمن الآن وحتى عام 2035، يتوقّع أن تستوعب المدن في جميع أنحاء المنطقة ثمانين مليون نسمة إضافيين. ومع تزايد المخاطر المناخية، ستصبح الاستثمارات الإستراتيجية في البنية التحتية الحضرية – بما في ذلك المباني الموفرة للطاقة وأنظمة النقل العام الكهربائية – ضروريةً لتحقيق وفورات كبيرة في استخدام الطاقة وضمان القدرة على الصمود على المدى البعيد.

IEA. CC BY 4.0.

## الشكل 2.1 نمو السكان حسب التصنيف الاقتصادي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2023-2035




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تشير اختصار EMDE إلى الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية.

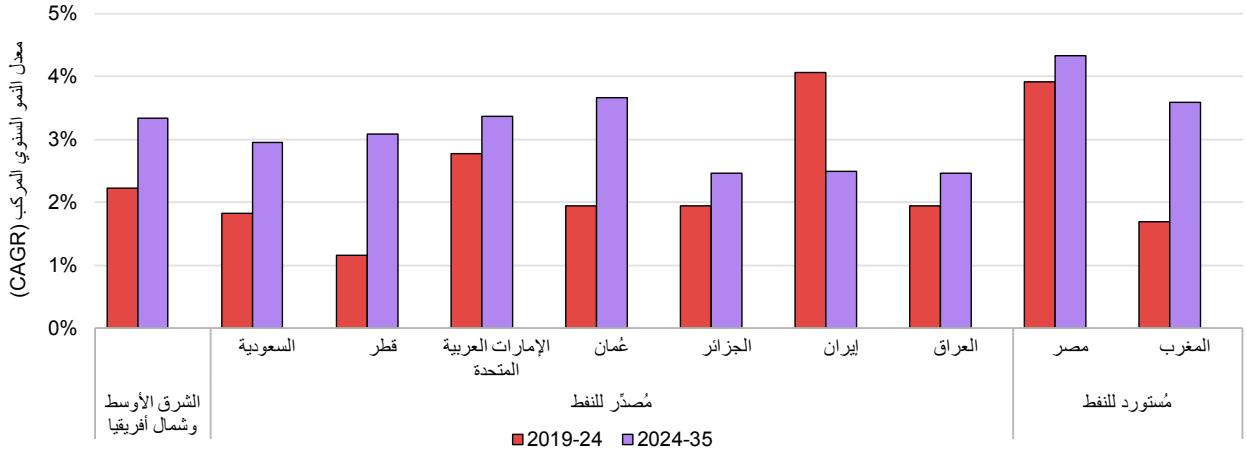
المصدر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة استناداً إلى بيانات إدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية للأمم المتحدة (2024)، النسخة المحدّثة لعام 2024 من "آفاق السكان في العالم".

من المتوقع أن تدخل اقتصادات منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مرحلة انتعاش بعد فترة اتّسمت بتحدّيات متداخلة، شملت التوتّرات الجيوسياسية، واضطرابات التجارة العالمية، والجمود الهيكلي. ومن المتوقع أن يرتفع نموّ الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي في المنطقة إلى متوسط 3.3% سنويًّا خلال الفترة حتى عام 2035، مقارنة بمتوسط 2.2% فقط خلال السنوات الخمس الماضية، وذلك نتيجة لتراجع الضغوط التضخمية واستمرار تنفيذ إستراتيجيات التنويع الاقتصادي.

ومع ذلك، فإن توقّعات النموّ الاقتصادي الكلّي تتفاوت بشكل كبير بين المناطق الفرعية. فمن بين الدول المصدّرة للنفط، من المتوقع أن تقود اقتصادات مجلس التعاون الخليجي مرحلة التعافي، مدعومةً بنشاط قوي في القطاعات غير النفطية، وخاصة في كلّ من عمان وقطر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة، حيث يتوقّع أن يتراوح متوسط معدل النموّ خلال الفترة حتى عام 2035 بين 3.0% و3.7%. وعلى النقيض من ذلك، تواجه بعض الدول المصدّرة للنفط من خارج مجلس التعاون الخليجي، مثل الجزائر وإيران، آفاقاً أقلّ تفاؤلًا مع توقّع نموّ يبلغ نحو 2.5% فقط، نتيجة الضغوط المالية، والتقدّم المحدود في الإصلاحات الهيكلية، وفي حالة إيران بسبب استمرار تأثير العقوبات الدولية.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 2.2 متوسط النمو السنوي للناتج المحلي الإجمالي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وبعض الدول المختارة، 2019-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تشير MENA إلى منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. تم الحساب بناءً على الناتج المحلي الإجمالي المعبّر عنه بدولار الولايات المتحدة لعام 2024 وفقًا لمعايير تعادل القوة الشرائية.

المصادر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة استنادًا إلى صندوق النقد الدولي (2025)، "تحديث آفاق الاقتصاد العالمي: أبريل 2025"، وأكسفورد إيكونوميكس (2025)، "قاعدة بيانات الاقتصاد العالمي من أكسفورد إيكونوميكس، تحديث أبريل 2025".

تظهر التوقّعات أيضًا تباينًا بين اقتصادات الدول المستوردة للنفط. فدول مثل مصر والمغرب تستفيد من الطلب المحلّي القوي وتدفّقات الاستثمار الخارجي، فيما لا تزال دول أخرى تكافح آثار النزاعات وارتفاع أعباء الديون. وفي الدول الهشّة والمتأثرة بالصراعات، مثل لبنان وليبيا وسورية واليمن، من المتوقع أن يتحسّن النشاط الاقتصادي لكنّه يبقى ضعيفًا، إذ يعتمد التعافي بشكل كبير على الاستقرار السياسي.

# تكاليف التكنولوجيا النظيفة

من المتوقع أن تواصل تقنيات الكهرباء النظيفة انخفاضها على منحنى التكلفة على مستوى العالم، بما في ذلك في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

من المتوقع أن ينخفض متوسّط تكلفة الكهرباء المكافئة (LCOE) [7] لمحطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق إلى أقل من 30 دولارًا لكل ميغاواط ساعة بحلول عام 2035؛ أي بانخفاض قدره 40% مقارنة بمستويات عام 2023. ويعزى هذا الانخفاض بشكل أساس إلى تراجع تكاليف رأس المال المبدئي بنسبة متوقعة تبلغ 45% لتصل إلى

[7] يقيس متوسط تكلفة توليد الكهرباء خلال فترة حياة أصل الطاقة. يشمل ذلك تكاليف رأس المال، والوقود، والتشغيل والصيانة، والانبعاثات الكربونية، وتكاليف إزالة الأصول.

IEA. CC BY 4.0.

420 دولارًا لكل كيلوواط، إلى جانب التحسينات في كفاءة الوحدات وأنظمة التتبع. ومن المتوقع أن تشهد طاقة الرياح البرية انخفاضًا أكثر تواضعًا في التكاليف، حيث سيتراجع متوسط تكلفة الكهرباء المكافئة عالميًّا بأقل من 10% بحلول عام 2035. ومع ذلك، فإن تقييم تنافسية تقنيات الطاقة يتطلّب النظر إلى ما هو أبعد من التكاليف وحدها، كما يتم ذلك من خلال تطبيق تكلفة الكهرباء المكافئة المعدّلة بالقيمة في نموذج الطاقة والمناخ العالمي.

**الصندوق 2.1 تكلفة الكهرباء المكافئة المعدّلة بالقيمة كمؤشّر قوي على القدرة التنافسية.**

تشكّل تكلفة الكهرباء المكافئة (LCOE) معيارًا يدمج جميع التكاليف المباشرة المرتبطة بتقنية معينة – بما في ذلك تكاليف الإنشاء، والتمويل، والوقود، والكربون، والصيانة. ويمثّل هذا المعيار متوسّط تكلفة إنتاج كلّ وحدة من الكهرباء طوال العمر الافتراضي للتقنية، ولهذا فهو يستخدم بشكل واسع لتقييم القدرة التنافسية على أساس التكلفة لمختلف تقنيات توليد الطاقة الكهربائية، ممّا يوفّر نقطة مقارنة مبنيّة فقط على التكلفة. بيد أن هذا المؤشّر لا يأخذ في الحسبان التأثيرات في النظام الكهربائي الشامل أو التفاعلات معه، كما أنه لا يشير بالضرورة إلى الخيار الأقل تكلفة للنظام ككل. ولتجاوز هذا القيد، طوّرت وكالة الطاقة الدولية (IEA) مؤشّر تكلفة الكهرباء المكافئة المعدّلة بالقيمة (VALCOE)، وهو معيار أكثر شمولًا للقدرة التنافسية، فهو يجمع بين تكلفة التقنية (LCOE) وقيمة ثلاث خدمات رئيسة تقدّمها التقنية للنظام الكهربائي – الطاقة، والمرونة، والسعة – وذلك بالاستناد إلى نمْذجة تفصيلية بالساعة لطلب وعرض الكهرباء، وهو جزء مهم من نموذج الطاقة والمناخ العالمي للوكالة.

تختلف احتياجات أنظمة الطاقة اعتماداً على مزيج التوليد، وأنماط الطلب، ومستوى اختراق مصادر الطاقة المتجددة. ومع استمرار ارتفاع نسب الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، تميل قيمة الطاقة المولّدة من هذه المصادر إلى الانخفاض مقارنة بمتوسط النظام، فيما تميل قيمة المرونة إلى الارتفاع. كلا الاتجاهين يسلّطان الضوء على أهمية النظر إلى ما هو أبعد من تكلفة الكهرباء المكافئة وحدها لتحديد القدرة التنافسية.

يعدّ مؤشر تكلفة الكهرباء المكافئة المعدّلة بالقيمة (VALCOE) جزءًا من مجموعة أوسع من المؤشرات التي تتجاوز الـ LCOE، وتشمل تكلفة النظام المكافئة التقليدية ومقاييس الربحية والتحليل التقليدي للتكاليف والفوائد. وعلى الرغم من أن VALCOE يوفّر معيارًا أوسع للقدرة التنافسية مقارنةً بالـ LCOE، فإنه لا يتضمن تكلفة الانبعاثات



IEA. CC BY 4.0.

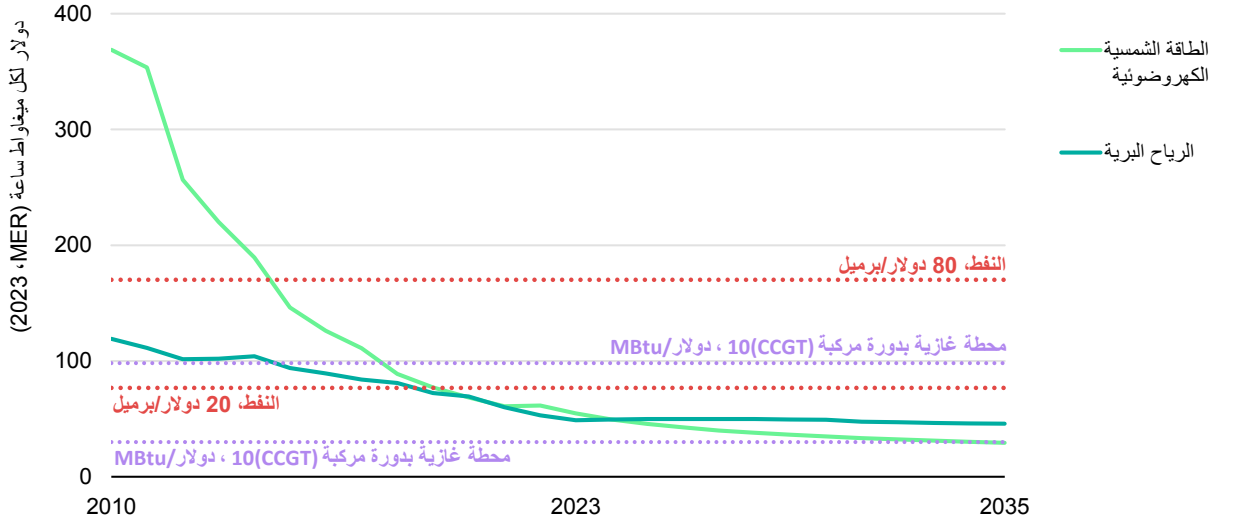
الناتجة من توليد الطاقة التي لم يتم تسعيرها في السوق، كما لا يشمل التكاليف المتعلقة بالشبكات الكهربائية؛ لأن هذه التكاليف ترتبط تحديدًا بالموقع وتتأثر بمزيج توليد الطاقة.

تتراوح التكاليف المتعلقة بالشبكات الكهربائية بين 10% و30% من إجمالي تكاليف نظام الكهرباء في الاقتصادات الكبرى اليوم، وتميل إلى الزيادة مع ارتفاع حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، وتكون هذه العلاقة غير خطّية، إذ ترتفع التكاليف بمعدل أسرع مع الحصص الأعلى من مصادر الطاقة المتجددة المتغيّرة. تشمل هذه التكاليف الإضافية التي تتعلق بالشبكة تكاليف النقل، مثل توسيع الخطوط لربط مشاريع الرياح والطاقة الشمسية الجديدة (والتي غالبًا ما تكون أبعد من الشبكة القائمة، خاصة بالنسبة لمحطّات الرياح البحرية)، وتكاليف التعزيز أو التحديث، وكذلك تكاليف شبكة التوزيع. مثل هذه التكاليف المتعلقة بالشبكة لا يتم احتسابها ضمن مؤشر LCOE أو VALCOE، إذ لا يمكن احتسابها بشكل صحيح إلا من خلال تقييمات شاملة لتكاليف النظام.

لقد أدّت برامج المزادات للطاقة الشمسية الكهروضوئية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا باستمرار إلى تحقيق بعض أدنى أسعار العطاءات المسندة على مستوى العالم، ومع ذلك، يجب ألّا ينظر إلى هذه الأسعار في المزادات على أنها تعادل تلقائيًّا متوسط تكلفة الكهرباء المكافئة (LCOEs). بينما تمثّل تكلفة الكهرباء المكافئة متوسّط تكلفة الإنتاج عبر مجموعة متنوّعة من المشاريع ذات الظروف المختلفة، تعكس أسعار المزادات عادةً العطاءات الأكثر تنافسية من مشاريع ضخمة رائدة، وغالبًا ما تتمتع بظروف مؤاتية للغاية. فعلى سبيل المثال، تم منح مشاريع في دولة الإمارات العربية المتحدة بسعر 14 دولارًا لكل ميغاواط ساعة لسعة 1.8 غيغاواط، وفي المملكة العربية السعودية بسعر 12.9 دولارًا لكل ميغاواط ساعة لسعة 2 غيغاواط. وبينما يمكن عزو هذه الأسعار المنخفضة إلى الظروف الجيدة للإشعاع الشمسي والانخفاض في التكاليف، فمن المرجّح أن عوامل أخرى متعلقة بكل بلد لعبت دورًا كذلك، منها انخفاض تكاليف العمالة، وتوفّر الأراضي المناسبة وشروط التمويل المؤاتية، وملكية الدولة للأراضي أو البنية التحتية (راجع الفصل الثالث، القسم "٦. ما الأطر السياساتيّة التي تعزز نشر الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا؟")

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 2.3 تكاليف الكهرباء المستوية من الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح مقارنةً بتوليد الكهرباء بالاعتماد على النفط والغاز، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعني CCGT محطة توربينات الغاز ذات الدورة المركّبة؛ MBtu تعني مليون وحدة حرارية بريطانية؛ وMER تعني سعر الصرف في السوق. تم افتراض عوامل قدرة بنسبة 50% لكلّ من محطات الغاز ذات الدورة المركبة وتوليد الكهرباء بالنفط.

المصادر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة (IEA) استنادًا إلى IEA (2024)، *توقعات الطاقة العالمية 2024*، وIEA (2025)، مرصد تكلفة رأس المال، ووكالة الطاقة المتجددة الدولية (2024) (IRENA)، تكاليف توليد الطاقة المتجددة في عام 2023.

تلعب السياسات دورًا حاسمًا في تسريع التوسّع في استخدام التقنيات المبتكرة وفي خفض تكاليف التمويل، والتي يمكن أن تشكّل ما بين 20% إلى 50% من التكلفة المستوية للطاقة (LCOE) لمشروعات الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق الجديدة. كما أن العقود طويلة الأجل الخاصة بمخرجات الإنتاج، مثل تلك التي تمنح غالبًا من خلال آليات المزادات، تحسّن من وضوح الإيرادات على المدى الطويل، ويمكن أن تساعد على خفض تكاليف التمويل.

ومع هذه الحدود من التكاليف، أصبحت تقنيات الكهرباء النظيفة أكثر جاذبية لإنتاج الكهرباء، إذ تقدّم بدائل تنافسية من حيث التكلفة مقارنة بتوليد الكهرباء من الغاز، حتى في حالة انخفاض أسعار الغاز إلى دولار أمريكي واحد لكل وحدة حرارية بريطانية (USD 1/MBtu). ونتيجة لذلك، توجد فرص كبيرة لاستبدال الوقود الأحفوري في المنطقة، مع خفض تكاليف منظومة الكهرباء في الوقت ذاته. يتزايد الزخم لتطوير الطاقة النووية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث تتصدّر مصر ودولة الإمارات العربية المتحدة هذا المسار. فإلى جانب محطة براكة للطاقة النووية في دولة الإمارات، تعمل مصر على تسريع وتيرة بناء محطة الضبعة، بهدف الشروع في إنتاج الوحدة الأولى في الربع الرابع من عام 2027، واستكمال جميع الوحدات الأربع بين عامي 2028 و2029، مع إمكانية الوصول إلى القدرة التشغيلية الكاملة بحلول عام 2030. ويتميّز المشروعان بمفاعلات مياه مضغوطة كبيرة الحجم، وتقدّر التكلفة المستوية للطاقة (LCOE) لكليهما في حدود 90

IEA. CC BY 4.0.

إلى 100 دولار أمريكي لكل ميغاواط ساعة، استنادًا إلى افتراض تكاليف تمويل تبلغ 5%. وعلى الرغم من أن التكلفة المستوية للطاقة أعلى نسبيًّا مقارنة بمصادر الطاقة المتجددة، فإن الطاقة النووية توفّر خيارًا يمكن تشغيله عند الطلب، ومنخفض الانبعاثات، قادرًا على تعزيز أمن الطاقة.

قد تمثّل المفاعلات النووية الصغيرة المعيارية، والتي غالبًا ما تبلغ سعاتها 300 ميغاواط أو أقل، خيارًا جذابًا أيضًا في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ومع توقّع بدء تشغيل أول المفاعلات التجارية بحلول عام 2030، تتوفّر إمكانات كبيرة لهذه التكنولوجيا، في ظل سعي الصين وأوروبا وروسيا والولايات المتحدة إلى تطويرها محليًّا وخارجيًّا. ويمكن أن يسهم التطوير الناجح للمفاعلات النووية الصغيرة المعيارية، كما ورد في تقرير "الطريق إلى عصر جديد للطاقة النووية"، في خفض تكاليفها بسرعة لتصبح مماثلةً لتكاليف المفاعلات كبيرة الحجم، ممّا يوسّع السوق بشكل أكبر.

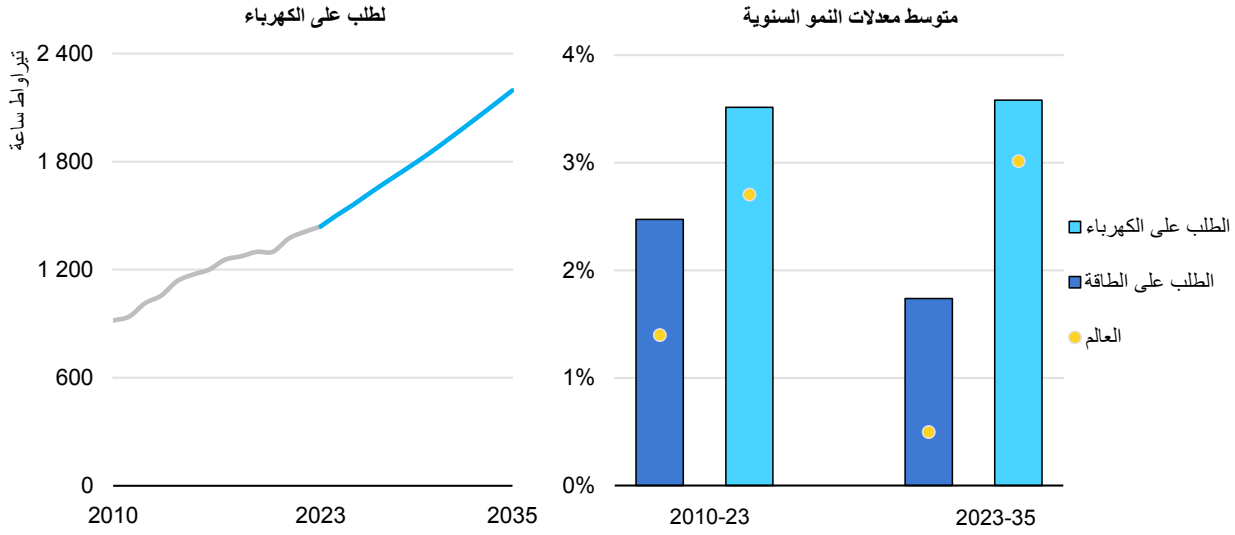
# توقّعات الطلب على الكهرباء

## نموّ الطلب على الكهرباء

من المتوقع أن ينمو الطلب على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بسرعة كبيرة، حيث سيرتفع بمعدل سنوي متوسط يبلغ 3.6% خلال الفترة من 2023 إلى 2035، وفقًا لسيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، وذلك بدفع من زيادة عدد السكان، ونموّ الناتج المحلي الإجمالي، وارتفاع مستويات كهْربة الاستخدامات النهائية للطاقة. ويشبه هذا المعدل المتوسط وتيرة النموّ منذ عام 2010، والتي بلغت نحو 3.5%، ولكنّه يمثّل تسارعًا كبيرًا مقارنة بالسنوات الأخيرة، إذ تباطأ نموّ الطلب على الكهرباء منذ عام 2017 ليصل إلى معدل سنوي متوسط قدره 2.3%. ويتناقض هذا الاتجاه مع نموّ الطلب الإجمالي على الطاقة في المنطقة، والمتوقع أن يتباطأ من 2.5% منذ عام 2010 إلى أقل من 2% خلال الفترة من 2023 إلى 2035.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 2.4 طلب الكهرباء ومتوسط معدلات النمو السنوية لطلب الكهرباء والطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في سيناريو السياسات المعلنة، 2010-2035**

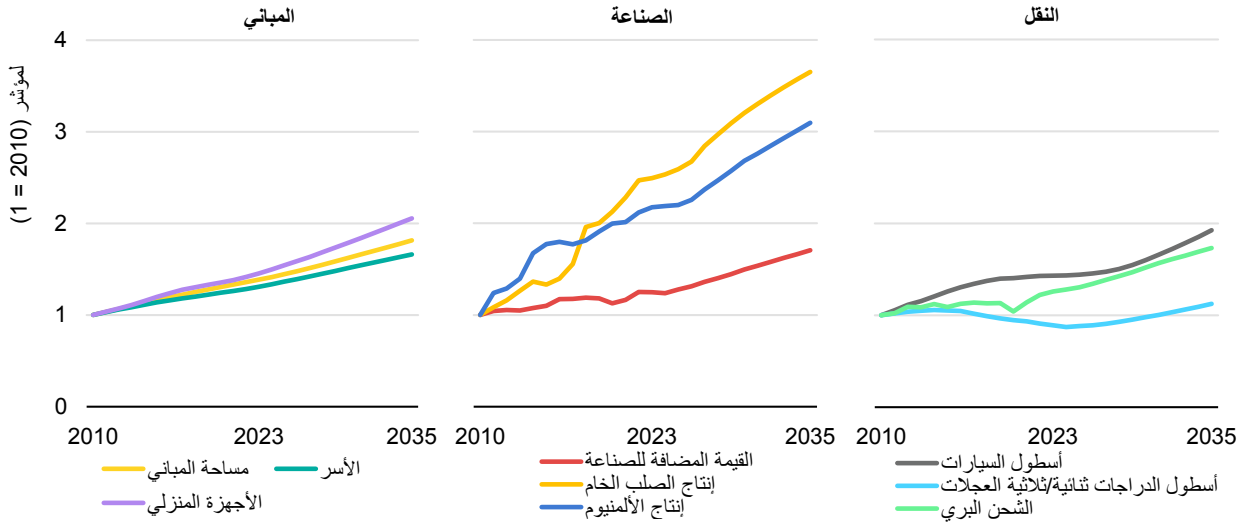



IEA. CC BY. 4.0.

يتركّز الطلب على الكهرباء في المنطقة، والذي بلغ أكثر من 1,400 تيراواط ساعة في عام 2023، بشكل كبير في قطاع المباني الذي استحوذ على ثلثي الإجمالي، في حين شكّل قطاع الصناعة ربع الطلب تقريبًا. أما الاستخدامات الأخرى، مثل النقل والزراعة، فمثّلت الجزء المتبقي. ومن بين الزيادة المطلقة في الطلب على الكهرباء بين عامي 2023 و2035، والتي تبلغ نحو 760 تيراواط ساعة وفقًا لسيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، يظلّ قطاع المباني الأكثر إسهامًا، إذ يمثّل نحو 70% من النموّ (بزيادة سنوية متوسطة تبلغ 3.7%). أمّا قطاع الصناعة، فيزداد طلبه على الكهرباء بوتيرة أبطأ، مسهمًا بما يقرب من 15% من إجمالي الزيادة في المنطقة حتى عام 2035. ويزداد الطلب في قطاع النقل بسرعة أكبر بكثير، بزيادة سنوية تفوق 20%، غير أن معدل النموّ ينطلق من قاعدة أكثر انخفاضًا بكثير.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 2.5 نمو محفّزات الأنشطة المختارة حسب القطاع في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

يعزى الارتفاع الكلّي في الطلب على الطاقة إلى عدة عوامل، من بينها زيادة عدد السكان ونموّ الناتج المحلّي الإجمالي. وهناك أيضًا عوامل إضافية تسهم في ارتفاع الطلب في كلّ قطاع رئيس من قطاعات الاستخدام النهائي:

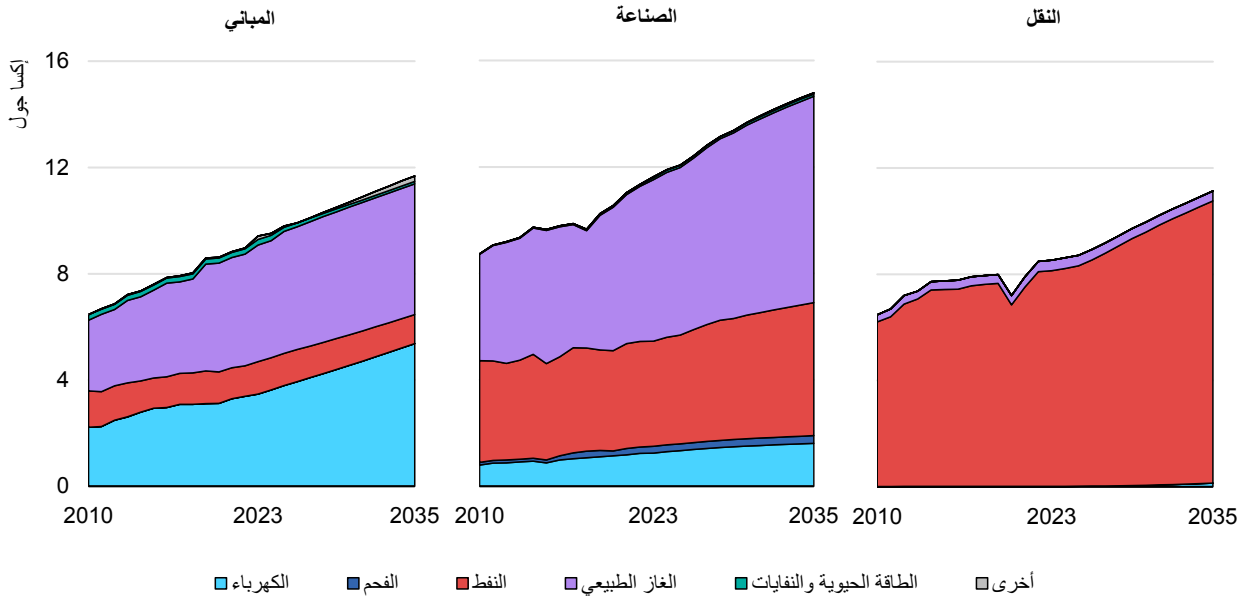
- يشهد قطاع المباني زيادات مستقرة نسبيًّا في العوامل المحرّكة الرئيسة، وذلك نظرًا لعمر المباني والمعدات الطويل. ومع ذلك، فإن مخزون الأجهزة المنزلية مثل أجهزة التلفزيون وأدوات التنظيف، أخذ يتضاعف أكثر من مرتين منذ عام 2010، ويتوقّع أن يستمر على هذا النحو حتى عام 2035 ،وفقًا لسيناريو السياسات المعلنة (STEPS).
- في قطاع الصناعة، ينمو إنتاج الصلب الخام والألمنيوم في المنطقة بأكثر من ثلاثة أضعاف منذ عام2010 ، ويتوقّع أن يستمر في ذلك حتى 2035، وهذا المعدل أسرع بكثير من القيمة المضافة الإجمالية للصناعة، ما يسهم بشكل كبير في زيادة الطلب على الكهرباء.
- أما في قطاع النقل، فمن المتوقع أن يتسارع نموّ كلّ من عدد السيارات الخاصة وحجم الشحن البري في المنطقة بين عامي 2024 و2035.

IEA. CC BY 4.0.

# احتياجات الطاقة حسب القطاع: دور الكهْربة

يستمر دور الكهرباء في تلبية احتياجات الطاقة بالنموّ في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ووفقًا لسيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، من المتوقع أن ترتفع حصة الكهرباء من إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة من 14% في عام 2010 إلى 19% في عام 2035. وتعزّز هذا الاتجاه عدة عوامل، بدءًا من تزايد الطلب على الأجهزة المنزلية والتبريد في المباني، مرورًا بتنامي كهْربة العمليات الصناعية، ووصولاً إلى الاستخدام المتزايد للكهرباء في قطاعات النقل ومراكز البيانات. وعلى الصعيد العالمي، من المتوقع أن ترتفع حصة الكهْربة إلى مستوى أعلى، لتصل إلى 26% بحلول عام 2035، ممّا يشير إلى وجود مجال أمام المنطقة للمضي بوتيرة أسرع. كما أن بعض بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا لديها أهداف طموحة لتطوير بنية تحتية على نطاق واسع ومدن ذكية تعتمد بشكل أكبر على الكهرباء.

**الشكل 2.6 مصادر الطاقة حسب القطاع في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في سيناريو السياسات المعلنة، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

## المباني

يعدّ قطاع المباني في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا القطاع الأعلى في استهلاك الكهرباء النهائي، كما يمتلك أعلى معدل كهْربة، حيث يصل إلى نحو 40%. إلا أن هذه الأرقام تخفي وراءها تباينًا أكبر على مستوى الاستخدامات النهائية والدول المختلفة. تاريخيًّا، كان نموّ الطلب على الكهرباء في المباني يعزى بالأساس إلى زيادة اقتناء الأجهزة والمكيّفات

IEA. CC BY 4.0.

الهوائية (AC)، والتي ارتفعت بنسبة تقارب 50% منذ عام 2010، بالإضافة إلى ارتفاع مستويات الدخل. ومن المتوقع أن يستمر هذا المنحى؛ إذ يرجّح أن يؤدي التوسّع في التبريد والأجهزة إلى إضافة أكثر من 300 تيراواط ساعة من الطلب على الكهرباء بين عامي 2023 و2035 وفقًا لسيناريو السياسات المعلنة (STEPS).

تتم عمليات الطهي وتسخين المياه وتدفئة المساحات حاليًّا تقريبًا بشكل حصري باستخدام الوقود الأحفوري الذي يلبّي ما يقرب من 90% من الطلب على هذه الاستخدامات النهائية. ووفقًا لسيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، فإن كهْربة هذه المجالات تتسارع بوتيرة متباطئة؛ فبعد أن كانت الكهْربة تبلغ 9% في عام 2010، من المتوقع أن ترتفع إلى 12% في عام 2035. أما بالنسبة للإضاءة، فقد كان النفط يمثّل 8% من الطلب عليها في عام 2000، لكن هذه النسبة انخفضت إلى النصف لتصل إلى 4% مع تزايد معدلات الوصول إلى الكهرباء، والتي تجاوزت عتبة الـ 95%.

على مستوى الدول، تختلف الصورة بشكل كبير، ويرجع ذلك أساسًا إلى خصائص درجات الحرارة المحلّية ومتطلّبات التدفئة أو التبريد. ففي قطر والإمارات العربية المتحدة، يتم تلبية أكثر من 90% من الطلب على الطاقة في المباني بواسطة الكهرباء، مدفوعًا بالحاجة الكبيرة للتبريد، فيما تسجل إيران والجزائر معدلات تقارب 20% فقط، مع استهلاك كبير للغاز الطبيعي مخصص لتدفئة المساحات والمياه (انظر الفصل الثالث: "كيف يمكن لفرص الكفاءة في المباني أن تساعد على إدارة نمو الطلب على الكهرباء؟").

تعدّ تحلية المياه التي تصنّف ضمن قطاع المباني، من بين القطاعات الأكثر استهلاكًا للطاقة، إذ تستحوذ على أكثر من 13% من الطلب في هذا القطاع. تاريخيًّا، كانت معدلات الكهْربة في مجال التحلية منخفضةً جدًّا في المنطقة، وعلى عكس معظم مناطق العالم الأخرى، اعتمدت عمليات التحلية في الغالب على الغاز الطبيعي والنفط. لكنّ الأمور بدأت تتغير الآن، فقد تم تركيب آخر محطة تحلية حرارية كبرى في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في عام 2018. وارتفعت نسبة الكهربة في التحلية من 8% في عام 2010 إلى 15% في عام 2023، ومن المتوقع أن تتسارع وتيرة الارتفاع لتصل إلى 36% بحلول عام 2035، مسهمةً في 20% من إجمالي نمو الطلب على الكهرباء في المباني (انظر الفصل الثالث: "كيف ستؤثر التقنيات الجديدة لتحلية المياه وتزايد الإجهاد المائي في الطلب على الكهرباء؟").

IEA. CC BY 4.0.

## الصناعة

في السنوات الأخيرة، كان نموّ الطلب على الكهرباء في قطاع الصناعة، خصوصًا في منطقة الشرق الأوسط، مدفوعًا بالصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، ولا سيما الألمنيوم والحديد والصلب. ويعزى إلى هذه الصناعات وحدها اليوم ثلثا الطلب الصناعي على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وقد مثّلت تقريبًا كامل الزيادة في الطلب الصناعي على الكهرباء منذ عام 2010 (120 تيراواط ساعة). ويكمن وراء هذا الاتجاه النموّ الكبير في إنتاج الألمنيوم والصلب، حيث تضاعف إنتاجهما أكثر من مرتين خلال الفترة نفسها، مدفوعًا بتطورات في البنية التحتية والتجارة، بما في ذلك زيادة صادرات الألمنيوم من الشرق الأوسط وجهود المنطقة لتقليل الاعتماد على واردات الصلب.

تتمتّع منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بموقع متميّز – سواء في صناعة الصلب أو الألمنيوم – يخوّلها الاستفادة من إمكاناتها الواسعة في توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة. ويمكن أن يوفّر ذلك فرصًا للمنطقة لإنتاج مواد منخفضة الانبعاثات قابلة للتصدير إلى أسواق تمتلك معايير صارمة في ما يتعلق بكثافة الكربون. في الوقت الحالي، لا تزال كثافة الانبعاثات الناجمة عن الكهرباء المنتجة من الشبكة مرتفعة عادة، لكن هناك خيارات مثل اتفاقيات شراء الطاقة المباشرة (PPAs) أو حتى تشغيل وحدات إنتاج الألمنيوم وأفران القوس الكهربائي مباشرة بالطاقة المتجددة، والتي يمكن أن تسهم في تقليل الانبعاثات غير المباشرة. وتتضمّن الأنشطة في هذا المجال، كخطوة أولى، لجوء شركة الإمارات العالمية للألمنيوم إلى استخدام الكهرباء من محطة للطاقة الشمسية في الإمارات العربية المتحدة عبر نظام الاعتمادات.

## النقل

لا تزال وسائل النقل في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تعتمد بشكل رئيس على الوقود المشتق من النفط، لكن هناك بعض المؤشرات التي تدل على تزايد تبنّي الكهربة تدريجيًّا. ويرجع هذا الاتجاه جزئيًّا إلى قطاع النقل البري وارتفاع انتشار المركبات الكهربائية (EVs). وقد كان الإقبال على اقتناء المركبات الكهربائية الخاصة بطيئًا نسبيًّا في المنطقة، إذ ارتفعت حصتها من مبيعات السيارات الجديدة من 0.1% في عام 2020 إلى نحو 2% في عام 2024. نتيجة لهذا الإقبال المحدود، ظلّت نسبة السيارات الكهربائية من إجمالي أسطول المركبات الخاصة أقل من 0.2% في عام 2024؛ أي أقل بأكثر من 20 مرة مقارنة بالمتوسط العالمي البالغ 4.2%، ونحو نصف المعدل في اقتصادات الأسواق الناشئة والنامية باستثناء الصين. ومع ذلك، هناك دلائل على تنامي اقتناء السيارات الكهربائية في بعض الدول، ففي الأردن وصلت حصة

IEA. CC BY 4.0.

مبيعات المركبات الكهربائية إلى أكثر من 50%، في حين قاربت في الإمارات العربية المتحدة 15% في عام 2024. كما تشهد المنطقة بعض مؤشرات الدعم السياساتي لتشجيع هذا التحول، فالإمارات العربية المتحدة وضعت برامج للتحفيز على اقتناء بعض أنواع المركبات الكهربائية، فيما تخطط حكومة المملكة العربية السعودية لتدشين البنية التحتية الخاصة بالشحن.

يشهد قطاع السكك الحديدية في المنطقة أيضًا تقدّمًا في مجال الكهربة. ومن بين التطورات البارزة في هذا المجال مشروع السكك الحديدية عالية السرعة في المغرب، والذي يجري العمل على توسعته، بالإضافة إلى [مشروعات المترو الحديثة في المملكة العربية السعودية]، بما في ذلك شبكة الرياض الجديدة التي تم افتتاحها مؤخرًا. وعلى الرغم من أن هذه المشاريع في حدّ ذاتها لا تعدّ من بين المشاريع الأعلى استهلاكًا للكهرباء، فإنها يمكن أن تدعم التحوّل في أنماط النقل بعيدًا عن السيارات والحافلات. وهناك أيضًا مشروعات سكك حديد عالية السرعة ومترو قيد التخطيط أو الإنشاء، بما في ذلك في البحرين ومصر وإيران والعراق وقطر والسعودية، وهي تسهم في زيادة استهلاك الكهرباء في قطاع السكك الحديدية في الشرق الأوسط ضمن سيناريو تسريع التحوّل APS.

## تطوّر الطلب على الكهرباء بحسب الاستخدام النهائيّ

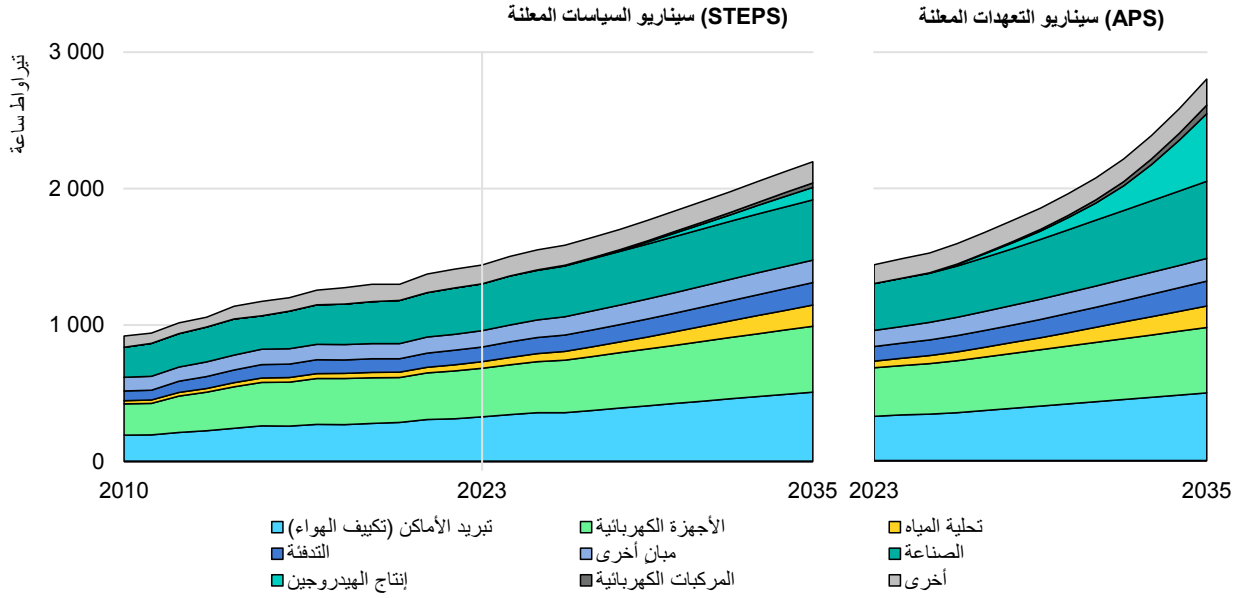
منذ عام 2023 والطلب الإجمالي على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا آخذ بالنموّ بحدود 750 تيراواط ساعة، ويتوقّع أن يستمر على هذا النحو حتى عام 2035، بحسب سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، وذلك نتيجةً للتأثير المشترك لنموّ السكان والاقتصاد، وزيادة الكهربة في مختلف القطاعات، وإضافة استخدامات نهائية جديدة. ويقابل هذا النموّ جزئيًّا التحسينات في كفاءة استخدام الطاقة، والتي يمكن أن يكون لها تأثير كبير في قطاعات مثل التبريد والأجهزة المنزلية في المباني (انظر الفصل الثالث: "كيف يمكن لفرص الكفاءة في المباني أن تساعد على إدارة نموّ الطلب على الكهرباء؟").

من المتوقع أن يكون قطاع المباني المحرّك الأكبر لنموّ الطلب على الكهرباء حتى عام 2035 وفقًا لسيناريو السياسات المعلنة (STEPS). فمن إجمالي نموّ الطلب على الكهرباء في المنطقة، يأتي 40% من الزيادة في الطلب على تبريد المساحات والأجهزة المنزلية، حيث يضيف التبريد نحو 175 تيراواط ساعة للطلب، فيما تضيف الأجهزة المنزلية نحو 130

IEA. CC BY 4.0.

تيراواط ساعة. كما تؤدي التحوّلات التقنية إلى مضاعفة الطلب على الكهرباء المستخدمة في التحلية ثلاث مرات تقريبًا بحلول عام 2035، بزيادة تزيد على 100 تيراواط ساعة. ويؤدي تنامي سعة وحدات التحليل الكهربائي إلى ارتفاع حادّ في استخدام الكهرباء لإنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات، من مستوى قريب من الصفر اليوم إلى ما يقارب 100 تيراواط ساعة في عام 2035 حسب سيناريو السياسات المعلنة. ويسهم توسّع القاعدة الصناعية وزيادة الكهربة في نموّ قدره نحو 75 تيراواط ساعة في الطلب على الكهرباء للصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة.

**الشكل 2.7 طلب الكهرباء حسب الاستخدام النهائي في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2010-2035**



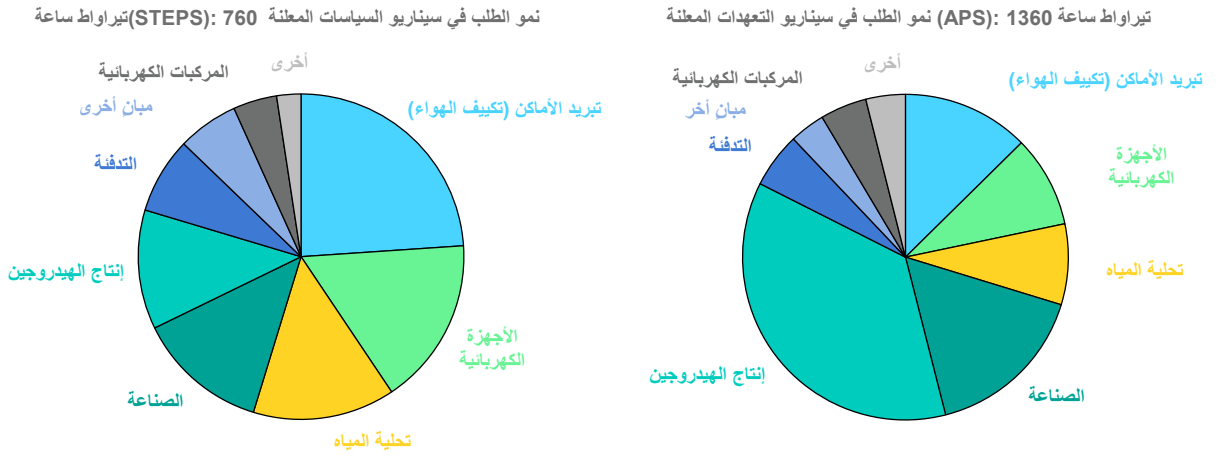

IEA. CC BY. 4.0.

ينمو الطلب الإجمالي على نحو أسرع وملحوظ في سيناريو تسريع التحول (APS)، حيث يسجّل نموّ يزيد على 1,350 تيراواط ساعة منذ عام 2023، ويتوقّع أن يستمر حتى 2035. وتؤدي معدلات التحسّن الأسرع في الكفاءة إلى انخفاض النمو في بعض القطاعات، مثل تبريد المساحات والأجهزة المنزلية في المباني. إلا أن هذا الانخفاض يقابله ويزيد عليه التأثير الناتج عن تسارع الكهربة في العديد من الاستخدامات النهائية الأخرى في الصناعة والنقل والمباني. كما أن النموّ المتوقّع الأسرع بكثير في سعة وحدات التحليل الكهربائي يجعل إنتاج الهيدروجين يشكّل ما يقارب 40% من إجمالي نموّ الطلب على الكهرباء خلال هذه الفترة.

IEA. CC BY 4.0.

شهدت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في السنوات الأخيرة خططًا واسعة وطموحة لتوسيع إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات. ولا تزال هذه التطورات تخضع لقدر كبير من عدم اليقين، لكنّها تحمل إمكانية إحداث نموّ كبير في الطلب على الكهرباء. وتستفيد المنطقة من ظروف ملائمة لإنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي بالتوازي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه (CCUS)، كما تتمتّع بموارد ممتازة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية ورياح جيدة لإنتاج الهيدروجين عبر التحليل الكهربائي باستخدام الكهرباء المتجددة. وبفضل انخفاض تكلفة الكهرباء المتجددة، تعتبر تكاليف إنتاج الهيدروجين المتجدد في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من بين الأدنى في العالم.

**الشكل 2.8 حصة نمو طلب الكهرباء حسب الاستخدام النهائي في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2023-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة، وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة.

تضم المنطقة أكبر مشروع للهيدروجين الكهربائي في العالم وصل إلى مرحلة اتّخاذ قرار الاستثمار النهائي، وهو مشروع نيوم للهيدروجين الأخضر بطاقة تحليل كهربائي تبلغ 2.2 غيغاواط. وهناك العديد من المشاريع الأخرى قيد التطوير. واستنادًا إلى المشاريع المعلنة، يمكن أن تصل السعة الإجمالية لوحدات التحليل الكهربائي في المنطقة إلى 60 غيغاواط بحلول عام 2030، على الرغم من أن نصف هذه المشاريع لا يزال في مراحل تطوير مبكرة جدًّا، ولم تتجاوز المشاريع التي دخلت حيّز التنفيذ أو بلغت قرار الاستثمار النهائي حجم 2.5 غيغاواط فقط.

في سيناريو تسريع التحوّل (APS)، تصبح منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا منتجًا رئيسًا للهيدروجين منخفض الانبعاثات، إذ يصل إنتاجها إلى 16 مليون طن بحلول عام 2035؛ أي ما يعادل 20% من الإنتاج العالمي للهيدروجين

IEA. CC BY 4.0.

منخفض الانبعاثات. وسوف يشكّل الهيدروجين الكهربائي المنتج من الكهرباء المتجددة نحو 75% من هذا الإنتاج في عام 2035، مع سعة تحليل كهربائي مركّبة تبلغ 140 غيغاواط. ويصدّر ثلاثة أرباع الهيدروجين منخفض الانبعاثات على شكل أمونيا أو وقود هيدروكربوني اصطناعي أو هيدروجين عبر الأنابيب إلى أوروبا، حيث تستخدم هذه المشتقات لاحقًا في صناعة الأسمدة والشحن البحري وتوليد الطاقة.

تعدّ مراكز البيانات من الاستخدامات الجديدة للكهرباء التي تشهد توسّعًا في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وعلى الرغم من أنها تستأثر بأقل من 1% من الطلب على الكهرباء في المنطقة في الوقت الحالي، فإن هناك العديد من المشاريع الكبرى قيد التطوير.

**الصندوق 2.2 الطلب على الكهرباء من مراكز البيانات في الشرق الأوسط**

يستضيف الشرق الأوسط حاليًّا نحو 750 ميغاواط من السعة المركبة لمراكز البيانات التجارية (أي الاستضافة المشتركة والحوسبة فائقة الحجم)، ما يمثّل نحو 1% من الإجمالي العالمي. ومع ذلك، هناك بعض عدم اليقين بشأن هذه الأرقام. تعمل عدة حكومات في منطقة الخليج بنشاط على تعزيز توطين مراكز البيانات، وتشير الإعلانات الأخيرة إلى وجود اهتمام كبير بالمنطقة. ويعود ذلك إلى عدة أسباب، منها الرغبة في تحقيق الفوائد الاقتصادية الناتجة عن توسّع القطاعات الرقمية وقطاع الذكاء الاصطناعي، إذ تعدّ مراكز البيانات عاملًا ممكّنًا رئيسًا في هذا السياق. كما تشكّل سيادة البيانات دافعًا مهمًّا آخر.

فعلى سبيل المثال، أنشأت كلّ من عمان والمملكة العربية السعودية مناطق اقتصادية خاصة لمراكز البيانات والبنية التحتية الرقمية، بهدف جذب الاستثمارات من خلال تقديم حوافز مالية وإجرائية وحوافز تتعلق بأسعار الكهرباء. كما توجد في عدة دول في الشرق الأوسط هيئات استثمار عامة كبيرة تملك قدرات مالية قوية لدعم مشاريع مراكز البيانات. وتعدّ أسعار الطاقة المنخفضة أيضًا مصدرًا رئيسًا للميزة التنافسية في قطاع مراكز البيانات بالمنطقة. ومع ذلك، فإن مراكز البيانات كثيفة رأس المال لدرجة أن الاستهلاك السنوي للكهرباء عادةً ما يسهم بأقل من 5% من التكاليف المعدّلة لها. ويحتمل أن يكون الوصول السريع للطاقة وربطات الشبكة عاملاً مهمًّا بقدر أسعار الكهرباء.

IEA. CC BY 4.0.

تشير الإعلانات الأخيرة إلى احتمال حدوث نموّ كبير في سعة مراكز البيانات في الشرق الأوسط. فقد كان المناخ الحار في المنطقة يشكل تقليديًّا عائقًا أمام مراكز البيانات التقليدية، لكن التقنيات الأكثر كفاءة في التبريد السائل، المطلوبة لرفوف الذكاء الاصطناعي، بدأت تقلّل من تأثير هذا العامل في قرارات اختيار المواقع، ولا سيما بالنسبة لمراكز البيانات المخصصة للذكاء الاصطناعي. في مايو 2025، أعلنت شركة الاتصالات الإماراتية 42G عن إنشاء مجمع لمراكز البيانات بسعة 5 غيغاواط، تشمل مرحلته الأولى تطوير 1 غيغاواط. كما أعلنت شركة الذكاء الاصطناعي السعودية HUMAIN، المملوكة لصندوق الاستثمارات العامة، عن مشاريع بسعة تعادل 1 غيغاواط. وإذا تحقّقت هذه المشاريع الضخمة، فقد تعزز توقّعات الطلب على الكهرباء من مراكز البيانات عشرة أضعاف. ورغم غموض جداول التنفيذ ووتيرة التشغيل، فإن هذه المشاريع تبيّن الاهتمام المتزايد وجاذبية المنطقة في القطاع الرقمي.

## مشروعات الطلب على الكهرباء على مستوى الدول الرئيسة

يتزايد عدد المشاريع واسعة النطاق التي من شأنها إعادة تشكيل الطلب على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بشكل كبير. وتشمل هذه المشاريع: مراكز البيانات، وبنية تحتية للمركبات الكهربائية، ومحطات تحلية المياه، ومنشآت إنتاج الهيدروجين، ومراكز صناعية وغيرها. يقدّم الجدول 2.2 لمحة إيضاحية (غير شاملة) عن بعض المشاريع الحديثة والمخطّط لها، ويبيّن التحول الديناميكي الذي تشهده المنطقة نحو الكهربة، حتى في التطبيقات كثيفة الاستهلاك للطاقة. ومن المنتظر أن تسهم مثل هذه التطورات بشكل ملموس في زيادة استهلاك الكهرباء في السنوات القادمة.

IEA. CC BY 4.0.

**الجدول 2.2 المشروعات والأهداف الرئيسية لطلب الكهرباء على مستوى الدول في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا**

| الدولة | المشروع | التاريخ | الوصف |
|---|---|---|---|
| إيران | مركز بيانات | 2025 | تخطط إيران لإطلاق أول مركز بيانات يعتمد على وحدات معالجة الرسومات بحلول عام 2025. |
| | نقل المياه | 2027 | ستنقل المرحلة الثانية من مشروع نقل مياه الخليج الفارسي 200 مليون متر مكعب سنوياً من المياه المحلاة لمسافة 730 كم. |
| العراق | الهيدروجين | 2025 | من المقرر إنشاء محطة هيدروجين منخفضة الانبعاثات ومنشأة للطاقة الشمسية لصالح شركة مصافي الجنوب. |
| | السكك الحديدية | 2028 | يعمل العراق على تمديد وتحديث السكك الحديدية الممتدة من ميناء الفاو إلى تركيا، مع التخطيط لإنجاز المرحلة الأولى بحلول 2028. |
| الأردن | التحلية | 2029 | سيزود مشروع تحلية ونقل المياه من العقبة إلى عمّان 300 مليون متر مكعب سنوياً لثلاثة ملايين شخص بحلول عام 2029. |
| | المركبات الكهربائية | 2030 | خطط لنشر أكثر من 1000 نقطة شحن للسيارات الكهربائية في جميع أنحاء الأردن بحلول 2030. |
| عمان | الصناعة والتعدين ومركز البيانات | 2025 | تعتزم سلطنة عمان ربط مشاريع بارزة كثيفة الاستهلاك للطاقة بالشبكة الوطنية خلال السنوات الثلاث القادمة (قطاعات الصناعة، النفط والغاز، التعدين، الطاقة وتعدين العملات الرقمية.( |
| | المركبات الكهربائية | 2025 | تخطط السلطنة لمضاعفة عدد محطات الشحن إلى 300 بحلول 2025. كما يجري تحويل 25% من أسطول سيارات الأجرة إلى كهربائية بحلول 2025. |
| | الهيدروجين | 2030 | أعلنت شركةHydrom ، منسق مشاريع الهيدروجين الأخضر في عمان، توقيع عقدين جديدين لمشاريع هيدروجين منخفضة الانبعاثات. |
| السعودية | المركبات الكهربائية | 2030 | يهدف صندوق الاستثمارات العامة إلى إنتاج 500 ألف سيارة كهربائية سنوياً وتركيب 5000 شاحن سريع في المملكة بحلول 2030. |
| | الهيدروجين | 2026 | تبني السعودية أكبر مصنع في العالم لإنتاج الأمونيا القائمة على الهيدروجين منخفض الانبعاثات في نيوم، باستخدام 4 جيجاواط من الطاقة المتجددة لإنتاج 600 طن هيدروجين يومياً بحلول 2026. |
| الإمارات | مركز بيانات | 2025 | مشروع مركز بيانات كبير بمرحلة أولى بطاقة 1 جيجاواط، مع توسيع حتى 5 جيجاواط، ينفذه شركة الذكاء الاصطناعي الإماراتية.G42 |
| | المركبات الكهربائية | 2030 | تهدف الإمارات إلى تركيب 1000 نقطة شحن للسيارات الكهربائية بحلول 2030. |
| | التحلية | 2025 | سيقوم مصنع التحلية M2 بطريقة التناضح العكسي بإنتاج 550 ألف متر مكعب يومياً لخدمة 210 آلاف منزل. |

IEA. CC BY 4.0.

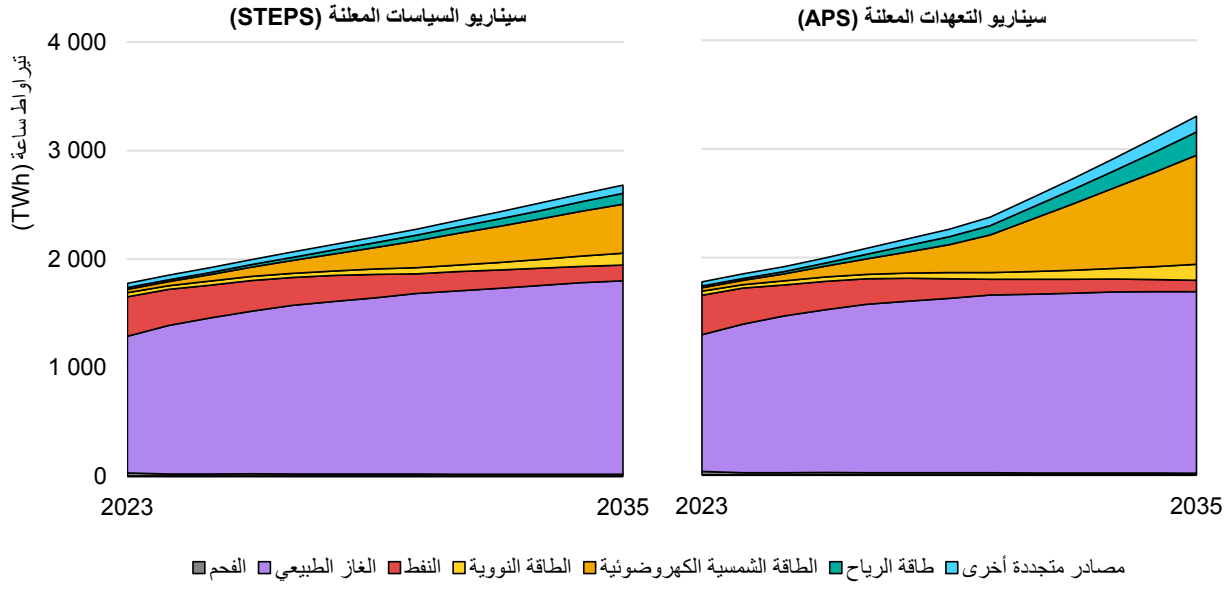
| | | | |
|---|---|---|---|
| | التحلية | 2027 | تقوم شركتا أكوا باور وهيئة كهرباء ومياه الشارقة ببناء مشروع المياه المستقل بحمرية، حيث تبلغ الطاقة الإنتاجية 272 ألف متر مكعب يومياً بحلول عام 2027. |
| | الهيدروجين | 2031 | تستهدف استراتيجية الهيدروجين في الإمارات إنتاج 1.4 مليون طن سنوياً من الهيدروجين منخفض الانبعاثات بحلول 2031، مع توسيع الإنتاج إلى 15 مليون طن سنوياً بحلول 2050. |
| الجزائر | التحلية | 2030 | سيتم بناء سبع محطات تحلية جديدة خلال الفترة 2025-2030. |
| | المركبات الكهربائية | 2030 | تخطط الجزائر لتركيب 30 ألف محطة شحن منزلية بحلول 2030. |
| المغرب | التحلية | 2030 | خطة لبناء تسع محطات تحلية جديدة بحلول 2030 بهدف إنتاج 1.7 مليار متر مكعب سنوياً. |
| | المركبات الكهربائية | 2026 | إعلان عن تركيب 2500 محطة شحن جديدة بحلول 2026. |
| | الأمونيا الخضراء | 2032 | يهدف المغرب لإنتاج 3 ملايين طن أمونيا خضراء سنوياً بحلول 2032. |
| | مركز بيانات | 2026 | أعلنت شركة تقنية أمريكية ناشئة توقيع مذكرة تفاهم لإنشاء مركز بيانات بسعة 386 ميجاواط ومركز للذكاء الاصطناعي في تطوان. |
| مصر | التحلية | 2025 | ستبني مصر 15 محطة تحلية بسعة إجمالية 3.35 مليون متر مكعب سنوياً بحلول 2025، بهدف الوصول إلى 8.85 مليون متر مكعب سنوياً بحلول 2050. |
| | السكك الحديدية | 2025 | تمتد شبكة السكك الحديدية عالية السرعة في مصر لمسافة 1825 كم وستربط 60 محطة في جميع أنحاء البلاد. |
| | المركبات الكهربائية | 2025 | تعمل مصر على إنشاء شبكة تضم حوالي 3000 محطة مزدوجة. |
| | الهيدروجين | 2029 | مشروع هيدروجين منخفض الانبعاثات جديد لإنتاج 50 ألف طن من الهيدروجين و250 ألف طن من الأمونيا سنوياً. |

IEA. CC BY 4.0.

# توقّعات إمدادات الكهرباء

## توليد الكهرباء

**الشكل 2.9 توليد الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب المصدر في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة. تشمل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى الطاقة الكهرومائية، والطاقة الشمسية المركّزة، والطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية.

من المتوقع أن يرتفع إجمالي توليد الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بنحو 50% خلال الفترة من 2023 إلى 2035 في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، ليصل إلى ما يقارب 2,700 تيراواط ساعة. وتستمر مصادر الوقود الأحفوري في توفير الجزء الأكبر من الكهرباء في المنطقة، على الرغم من أن حصتها من إجمالي الإنتاج ستنخفض من أكثر من 90% في عام 2023 إلى نحو 75% بحلول عام 2035. ويظل الغاز الطبيعي أكبر مصدر للكهرباء في المنطقة، حيث ترتفع كميات التوليد منه بنسبة 40% حتى عام 2035، رغم تراجع حصته من الإجمالي قليلًا. أما التوليد من النفط فينخفض بنسبة 60% ليشكّل فقط 5% من إجمالي توليد الكهرباء. ويبقى توليد الكهرباء من الفحم أقل من 2% من مزيج الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

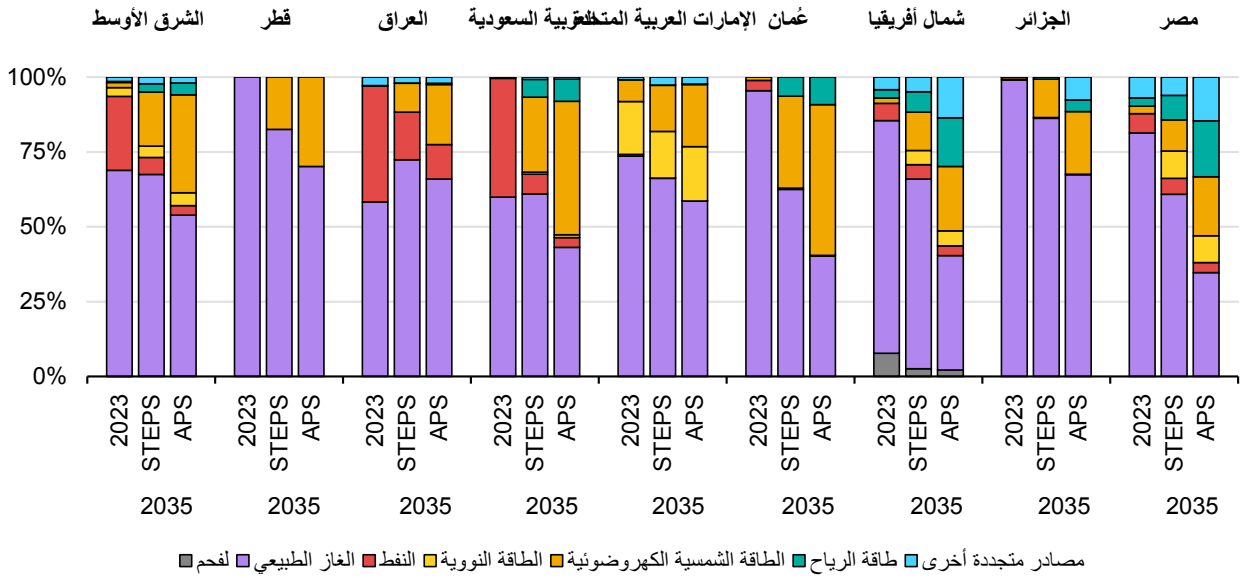
IEA. CC BY 4.0.

تلبّي مصادر الكهرباء منخفضة الانبعاثات الجزء الأكبر من نموّ الطلب على الكهرباء خلال الفترة حتى عام 2035 وفقًا لسيناريو السياسات المعلنة (STEPS). وستتصدّر الطاقة الشمسية الكهروضوئية هذا النموّ، حيث ستزداد بنحو خمسة عشر ضعفًا بين عامي 2023 و2035، وتمثّل نحو 50% من إجمالي الزيادة في إنتاج الكهرباء في المنطقة. وتسهم طاقة الرياح ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى - مثل الطاقة الكهرومائية والطاقة الشمسية المركزة (CSP) والطاقة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية - مجتمعةً في تلبية أكثر من 10% من إجمالي النموّ. كما تسهم الطاقة النووية في هذا النموّ، حيث يرتفع إنتاجها إلى أكثر من ضعفيْن ونصف حتى عام 2035. وبشكل إجمالي، ترتفع حصة مصادر الكهرباء منخفضة الانبعاثات من 7% في عام 2023 لتصل إلى نحو 25% بحلول عام 2035.

في سيناريو تسريع التحول (APS)، حيث يتم تنفيذ السياسات والخطط والطموحات على مستوى الدول بشكل كامل وفي الوقت المحدّد، تنمو مصادر الكهرباء منخفضة الانبعاثات بوتيرة أسرع وأكثر، وتكاد تواكب الزيادة السريعة في كهربة الاستخدامات النهائية. ويرتفع إنتاج الكهرباء من الغاز الطبيعي بنسبة الثلث حتى عام 2035 ويظلّ المصدر الأكبر للكهرباء في المنطقة، فيما ينخفض التوليد من النفط بشكل أسرع نتيجة استبداله بمصادر أخرى. وتنمو الطاقة الشمسية الكهروضوئية بأكثر من ثلاثين ضعفًا حتى عام 2035 في سيناريو APS، لتشكّل ما يقرب من ثلث إجمالي توليد الكهرباء في عام 2035. ومع النموّ الإضافي لطاقة الرياح والمصادر المتجددة الأخرى والطاقة النووية، تصل حصة مصادر الكهرباء منخفضة الانبعاثات إلى نحو 50% بحلول عام 2035.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 2.10 مزيج توليد الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا والدول المختارة في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2023 و2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة. تشمل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى الطاقة الكهرومائية، والطاقة الشمسية المركّزة، والطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية.

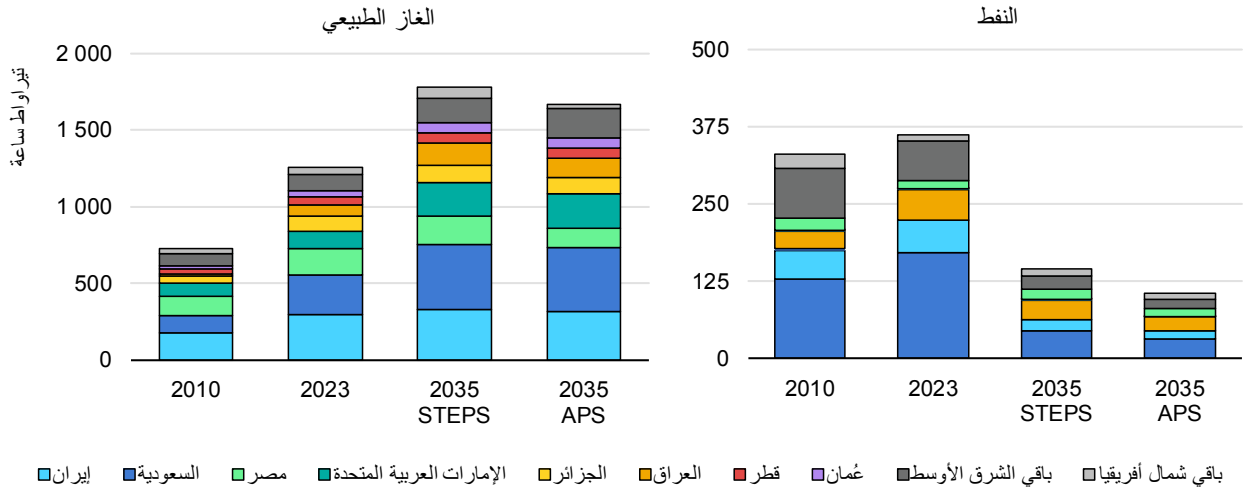
في جميع أنحاء الشرق الأوسط، من المتوقع أن يصبح مزيج توليد الكهرباء أكثر تنوّعًا بحلول عام 2035. ففي سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، تظلّ حصة الغاز الطبيعي من توليد الكهرباء مستقرة تقريبًا على مستوى المنطقة ككل، لكنها تنخفض في عدة دول رئيسة، مثل عمان وقطر والإمارات العربية المتحدة. وتحافظ المملكة العربية السعودية، ثاني أكبر مستهلك للغاز في المنطقة، على حصة مستقرة من الغاز. ويرتبط تغيّر دور الغاز في بعض الدول بالانتشار السريع لتقنيات منخفضة الانبعاثات، بصدارة الطاقة الشمسية الكهروضوئية، إلى جانب إسهامات متنامية لطاقة الرياح، خاصةً في عمان والسعودية. كما يتوسّع دور الطاقة النووية، وبشكل واضح في دولة الإمارات العربية المتحدة. ونتيجة للجهود السياسية المتضافرة، يشهد التوليد القائم على النفط انخفاضًا كبيرًا، خصوصًا في العراق والسعودية. أما في سيناريو تسريع التحول (APS)، فهذه الاتجاهات تتسارع مع نموّ أسرع للطاقة المتجددة، لتحلّ محلّ النفط وتنخفض حصة الغاز الطبيعي نحو نصف إجمالي توليد الكهرباء بحلول عام 2035.

وفي شمال أفريقيا، يبرز اتجاه مماثل نحو تنويع مزيج الكهرباء، حيث تتراجع حصة الغاز الطبيعي في التوليد بشكل ملحوظ في دول مثل الجزائر ومصر، رغم حدوث بعض الزيادات المطلقة. كما تشهد مصر نموًّا كبيرًا في إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح والطاقة النووية، ممّا يدعم التحول الأوسع نحو تقنيات منخفضة الانبعاثات، مع بقاء الطاقة الشمسية الكهروضوئية

IEA. CC BY 4.0.

محورًا رئيسًا في دول هذا الإقليم الفرعي. وترتكز هذه التحولات على أطر سياساتيّة داعمة وتتوافق مع أهداف أوسع لأمن الطاقة والاستدامة. وفي كلّ من سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو تسريع التحول، يستمر التوليد القائم على النفط في تراجعه السريع ليصبح مسهمًا هامشيًّا بحلول عام 2035. أما في سيناريو تسريع التحول، فتهبط حصة الغاز الطبيعي من التوليد في شمال أفريقيا إلى ما دون 40% مع سعي الإقليم لتحقيق أهداف أوسع لإزالة الكربون.

**الشكل 2.11 توليد الكهرباء من الغاز الطبيعي والنفط حسب الدول المختارة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة. تشمل منطقة الشرق الأوسط الأخرى كل من البحرين، الأردن، الكويت، لبنان، سوريا، واليمن. وتشمل منطقة شمال أفريقيا الأخرى ليبيا، المغرب، وتونس.

في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، يزداد توليد الكهرباء من الغاز الطبيعي بمقدار 520 تيراواط ساعة بين عامي 2023 و2035 في منطقتي الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وتوجد في المنطقة دول عدة تصنّف من بين أكبر عشر دول منتجة للغاز الطبيعي في العالم، مثل الجزائر وإيران وقطر والمملكة العربية السعودية، والتي ستستأثر مجتمعةً بأكثر من 40% من استهلاك الغاز الطبيعي مع حلول عام 2035 ضمن السيناريو ذاته. وعلى الرغم من أن وتيرة النموّ أقل حدة في سيناريو تسريع التحول (APS)، لا يزال توليد الكهرباء من الغاز الطبيعي يرتفع بنحو الثلث مقارنة بعام 2023، الأمر الذي يبرز أهمية هذا الوقود في إمدادات الكهرباء بالمنطقة.

من المتوقع أن ينخفض توليد الكهرباء من النفط في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بنسبة 60% مع حلول عام 2035 في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، مع حدوث انخفاضات حادة في منطقة الشرق الأوسط. ففي المملكة العربية السعودية، يتراجع استخدام النفط بمقدار ثلاثة أرباع، ممّا يسهم في انخفاض إجمالي الطلب الإقليمي على النفط

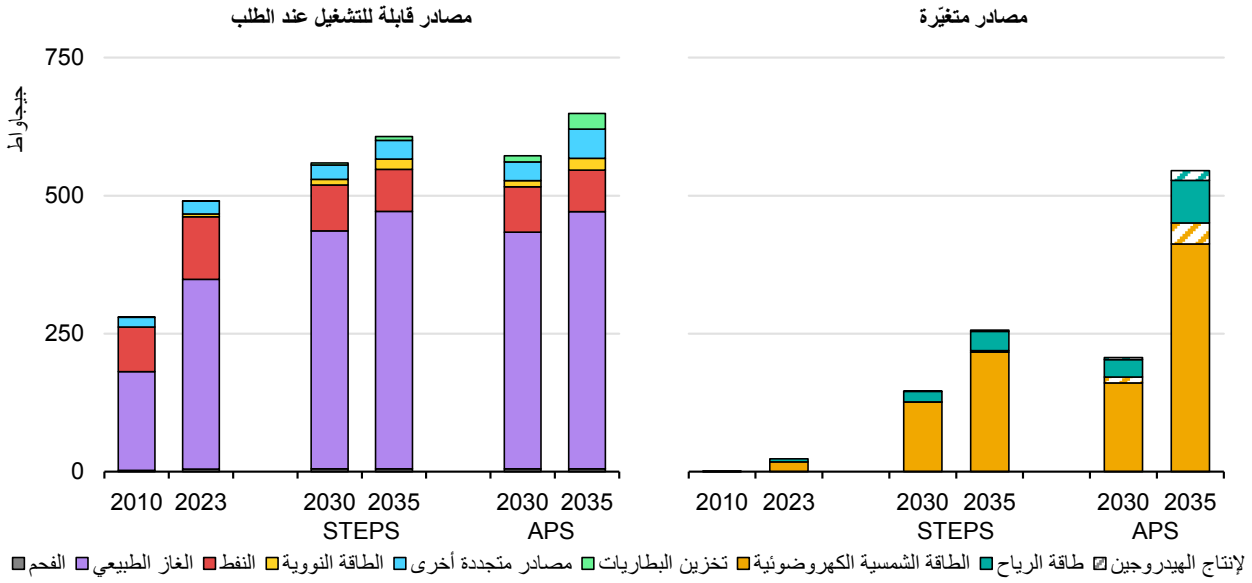
IEA. CC BY 4.0.

بنسبة 60% مقارنة بمستويات عام 2023. وجاء ذلك بعد عقد اتّسم بتقلّبات في استهلاك النفط، حيث شهدت كبريات الدول المستهلكة مثل إيران والسعودية تقلّبات كبيرة في الطلب قبل أن يستقر نسبيًّا في السنوات الأخيرة. وعلى الرغم من هذا المنحى الانحداري، تظلّ درجة الاعتماد على النفط في المنطقة أعلى بكثير من المتوسط العالمي، إذ يمثّل النفط 20% من مزيج الكهرباء في 2023 مقابل 3% فقط عالميًّا، وتستأثر المنطقة بنحو نصف استخدام النفط في القطاع الكهربائي عالميًّا. أما في سيناريو تسريع التحوّل (APS)، فيتسارع التحوّل عن النفط أكثر، ليهبط التوليد الكهربائي بالاعتماد على النفط بنسبة 70% بين 2023 و2035.

## قدرة الطاقة الكهربائية

### نظرة عامة

**الشكل 2.12 القدرة المركبة لمصادر الكهرباء القابلة للتوليد عند الطلب والمتغيرة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2015-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة. تشمل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى الطاقة الكهرومائية، والطاقة الشمسية المركّزة، والطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية.

في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، تستمر القدرات المركبة لمصادر الطاقة القابلة للتصرّف في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بالنموّ بشكل مطّرد حتى عام 2035، مع حفاظها على دورها كعمود فقري لنظام الطاقة الإقليمي.

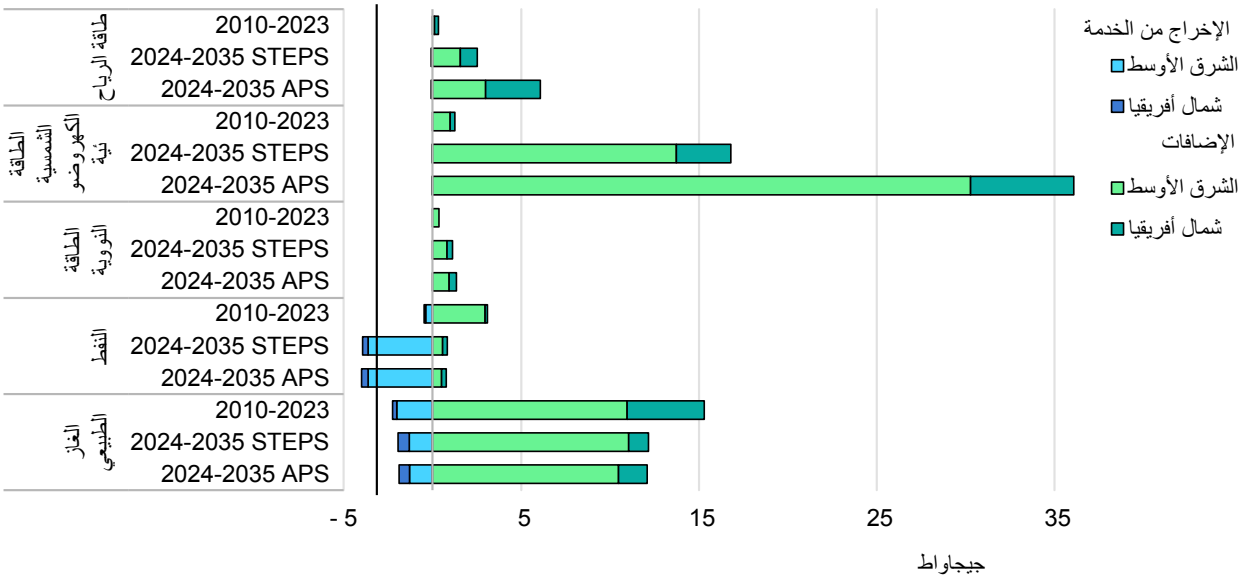
IEA. CC BY 4.0.

ويتبوّأ هذا النموّ الغاز الطبيعي الذي شكّل غالبية الإضافات في طاقة التوليد القابلة للتصرف خلال العقد الماضي ويواصل التوسّع. بالإضافة إلى الغاز الطبيعي، تظهر الطاقة النووية كمصدر قابل للتصرّف يكتسب أهمية متزايدة، ممّا يسهم في التنويع وإزالة الكربون. كما يبدأ تخزين البطاريات في لعب دور داعم، لا سيما في إطار سيناريو تسريع التحول (APS)، من خلال تعزيز مرونة النظام وتسهيل دمج مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة.

تشهد قدرة الطاقة المتجددة المتغيّرة نموًّا قويًّا حتى عام 2035، حيث تهيمن الطاقة الشمسية الكهروضوئية على الإضافات بفعل الإمكانات الاستثنائية لمورد الطاقة الشمسية في المنطقة. وتسهم طاقة الرياح أيضًا بشكل ملحوظ، ليصل إجمالي القدرة المتجددة المتغيّرة في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS) إلى نحو 250 غيغاواط. ويعكس هذا النموّ تركيز المنطقة المتزايد على الطاقة منخفضة الانبعاثات، رغم أن وتيرته تتسارع بشكل أكبر في سيناريو تسريع التحول (APS)، حيث تزيد القدرة المركّبة بأكثر من ضعف مقارنةً بالسيناريو الأول. وفي سيناريو APS، يعزى جزء من التوسّع المتسارع إلى الطموحات المتعلقة بزيادة إنتاج الهيدروجين، ما توضحه مشاريع رائدة، مثل مشروع عمان للهيدروجين الأخضر، ومشروع را للأمونيا الخضراء، والمبادرات ضمن خطة نيوم، والتي تظهر التزام المنطقة بالاستفادة من الطاقة المتجددة في إزالة الكربون وتطوير الصناعة.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 2.13 الإضافات السنوية المتوسطة في القدرة المركبة وحالات الإحالة إلى التقاعد بحسب التكنولوجيا المختارة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة، وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة.

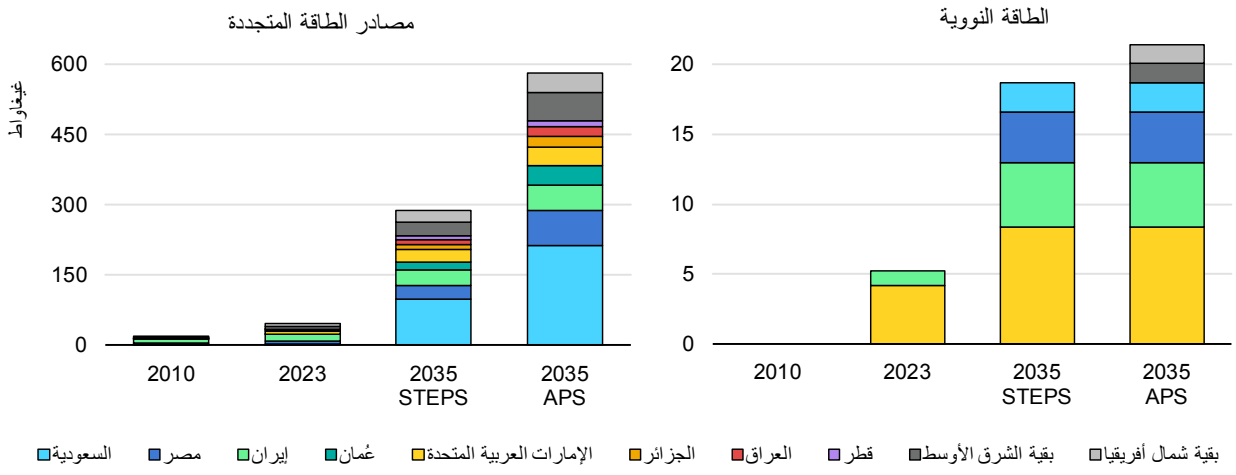
خلال الفترة حتى عام 2035، تتسارع إضافات القدرة الإجمالية في قطاع الطاقة الكهربائي بمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بشكل ملحوظ، حيث يتم إضافة أكثر من 30 غيغاواط سنويًّا في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS). وتأتي قرابة 60% من هذه الإضافات من الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، في تطوّر كبير مقارنة بالعقد الماضي الذي شهد إضافات سنوية أقل، وتهيمن فيه الطاقة الناتجة من الغاز الطبيعي والنفط بنسبة 90% على القدرات الجديدة. وفي الوقت نفسه، من المتوقع أن تتراجع القدرات القائمة على النفط في كلا السيناريوهين، حيث تتجاوز وتيرة إخراج المحطات من الخدمة في الشرق الأوسط معدل بناء محطات جديدة في مناطق أخرى. أمّا بالنسبة للغاز الطبيعي، فستستمر إحالة محطات الغاز إلى التقاعد حتى عام 2035 في كلا السيناريوهين، لكنها ستكون أبطأ من العقد الماضي وتفوقها بكثير الإضافات الجديدة للقدرة، خاصة في الشرق الأوسط. وفي منطقة الشرق الأوسط، يظل معدل الإضافات مستقرًا حتى عام 2035 عبر السيناريوهات، فيما تشهد شمال أفريقيا تراجعًا كبيرًا مقارنة بالعقد السابق. وفي الوقت ذاته، من المتوقع أن تشهد مصادر الطاقة المتجددة. بما فيها الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح إلى جانب الطاقة النووية. زيادات كبيرة في كلّ من الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، بمعدل يتجاوز عشرة أضعاف ما تحقّق من نموّ في العقد الماضي.

IEA. CC BY 4.0.

## قدرات الطاقة المتجددة والطاقة النووية

تواصل القدرة على إنتاج الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا توسّعها السريع حتى عام 2035 في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، حيث تصل القدرة المركبة للطاقة المتجددة إلى قرابة 300 غيغاواط. ويأتي هذا النموّ استنادًا إلى زخم قوي على مدى عقد من الزمن، تضاعفت خلاله القدرة مقارنة بعام 2010 لتصل إلى نحو 50 غيغاواط بحلول 2023، بقيادة دول مثل مصر وإيران والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة. وتتصدّر طاقتا الرياح والشمسية – بما يشمل الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة (CSP) – قائمة المشاريع الجديدة، مع دعم من مصادر متجددة أخرى. ومن المشاريع البارزة مزرعة الرياح المصرية في الزعفرانة بقوة 500 ميغاواط – إحدى أوائل مشاريع الطاقة المتجددة في المنطقة – ومجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية في الإمارات الذي تبلغ قدرته حاليًّا 3 غيغاواط مع خطط للتوسّع إلى 5 غيغاواط. كما تحتل السعودية موقع الريادة في هذا المضمار، بإضافة ما يقارب 100 غيغاواط من الطاقة المتجددة في سيناريو STEPS، وقد دشنت بالفعل في عام 2024 أكبر مشروع للطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق في المنطقة، وهو مشروع الشعيبة 2 بقدرة 2 غيغاواط. وفي سيناريو تسريع التحول (APS)، يتسارع نشر الطاقة المتجددة بشكل أكبر، لتقترب القدرة التشغيلية من 600 غيغاواط بحلول عام 2035.

**الشكل 2.14 القدرة المركبة للطاقة المتجددة والطاقة النووية في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

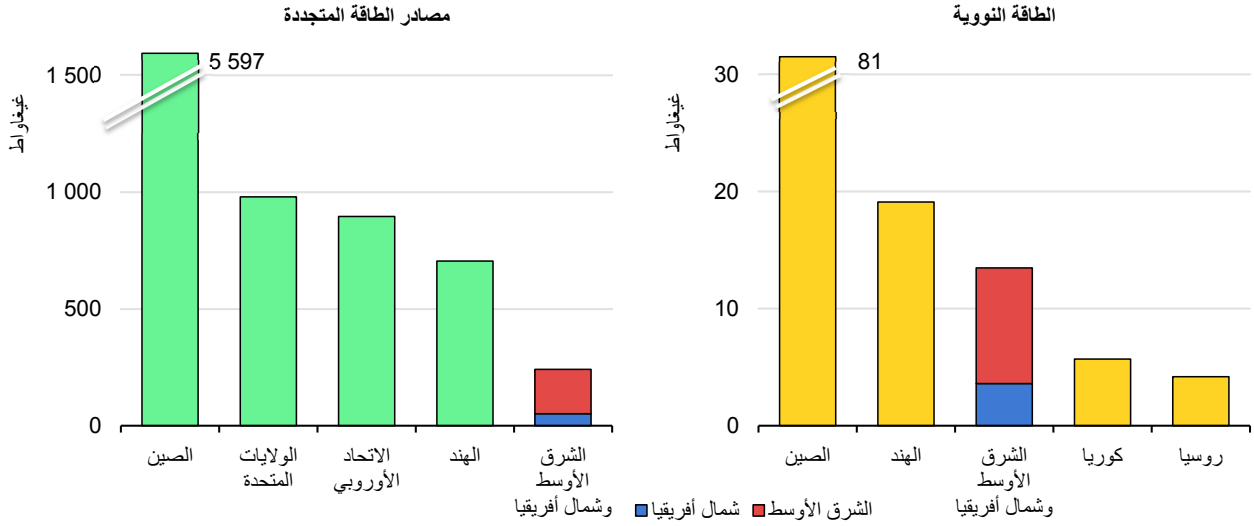
ملاحظات: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة. تشمل منطقة الشرق الأوسط الأخرى البحرين، الأردن، الكويت، لبنان، سوريا واليمن. وتشمل منطقة شمال أفريقيا الأخرى ليبيا، المغرب وتونس.

IEA. CC BY 4.0.

تشهد الطاقة النووية أيضًا نموًّا كبيرًا في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من عام 2023 حتى عام 2035، لتصل إلى نحو 20 غيغاواط في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS). ويقود هذا التوسّع التطوير المستمر في إيران والإمارات العربية المتحدة، إلى جانب الانتهاء من مشاريع جديدة مثل محطة الضبعة النووية في مصر والقدرات المخطّط لها في المملكة العربية السعودية. أما في سيناريو تسريع التحول (APS)، فتتوسّع القدرة النووية بوتيرة أسرع قليلاً، مما يعكس اهتمام دول إضافية بتطوير أول مفاعلاتها النووية.

تبرز منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا كمسهم رئيس في التحول العالمي بمجال الطاقة، حيث يضعها التوسّع السريع في تقنيات الطاقة منخفضة الانبعاثات في مصاف المناطق الأكثر طموحًا على مستوى العالم. فمن المتوقع أن تصبح المنطقة، في مجال الطاقة المتجددة، خامس أكبر إقليم عالميًّا من حيث نموّ القدرات بحلول عام 2035. ومن المنتظر أن يتركّز هذا النموّ بشكل كبير في منطقة الشرق الأوسط التي ستستحوذ على أكثر من ثلاثة أرباع إجمالي الإضافات في المنطقة.

**الشكل 2.15 التوسع في قدرة توليد الكهرباء منخفضة الانبعاثات في أبرز خمس مناطق عالمية في سيناريو السياسات المعلنة، 2023-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

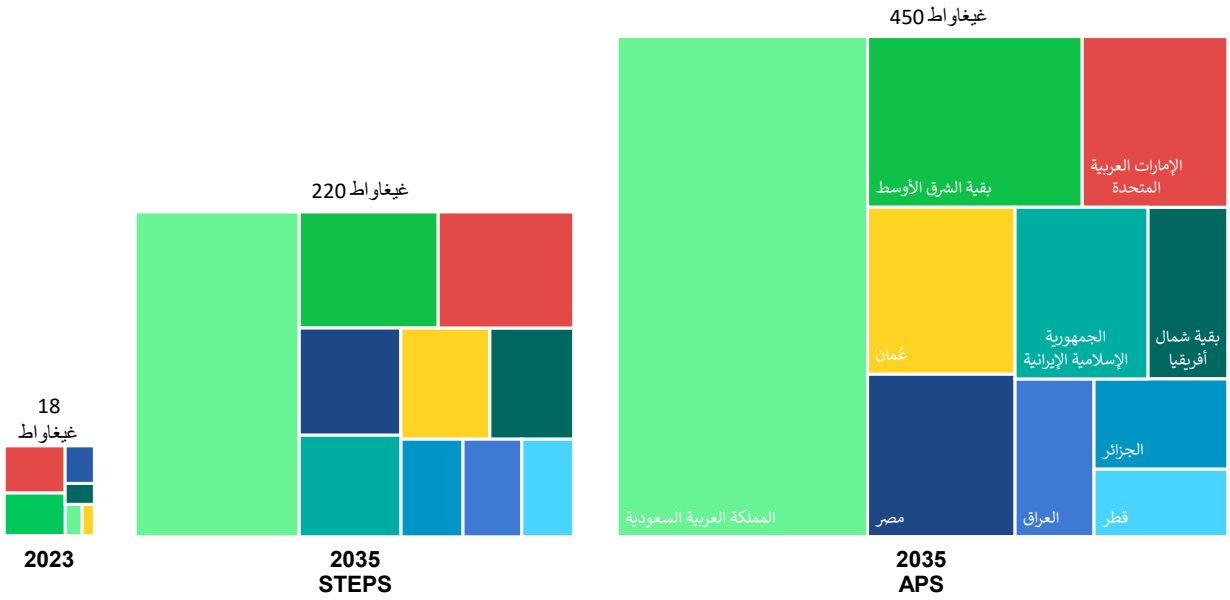
ملاحظة: تعني MENA منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.



IEA. CC BY 4.0.

وفي الوقت ذاته، من المتوقع أن تحتل منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المرتبة الثالثة عالميًّا من حيث نموّ القدرة النووية بحلول عام 2035. حيث ينتظر أن تشهد المنطقة توسّعًا يزيد على 13 غيغاواط، لتأتي خلف الصين والهند فقط في مجال تطوير الطاقة النووية، الأمر الذي يعزز التزامها العام تجاه قطاع كهرباء أكثر تنوّعًا وأكثر انخفاضًا في الانبعاثات.

**الشكل 2.16 القدرة المركبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب الدول المختارة في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2023 و2035**




IEA. CC BY. 4.0

ملاحظات: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة. تشمل منطقة الشرق الأوسط الأخرى البحرين، الأردن، الكويت، لبنان، سوريا واليمن. وتشمل منطقة شمال أفريقيا الأخرى ليبيا، المغرب وتونس.

من المتوقع أن تنمو القدرة المركبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بأكثر من اثني عشر ضعفًا بين عامي 2023 و2035، لتصل إلى 220 غيغاواط في عام 2035 في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS). ويعود ذلك إلى النموّ القوي في عدة دول نتيجة الدعم السياساتي وتراجع تكاليف التكنولوجيا. وتستأثر المملكة العربية السعودية وحدها بأكثر من ثلث هذا النمو حتى عام 2035 ضمن السيناريو، إلى جانب إسهامات كبيرة من مصر وعمان والإمارات العربية المتحدة. وفي سيناريو تسريع التحول (APS)، يتحرك التوسع في الطاقة الشمسية الكهروضوئية بوتيرة مضاعفة ليصل إلى 450 غيغاواط من القدرة المركبة بحلول عام 2035؛ أي بزيادة قدرها خمسة وعشرون ضعفًا عن مستويات 2023.

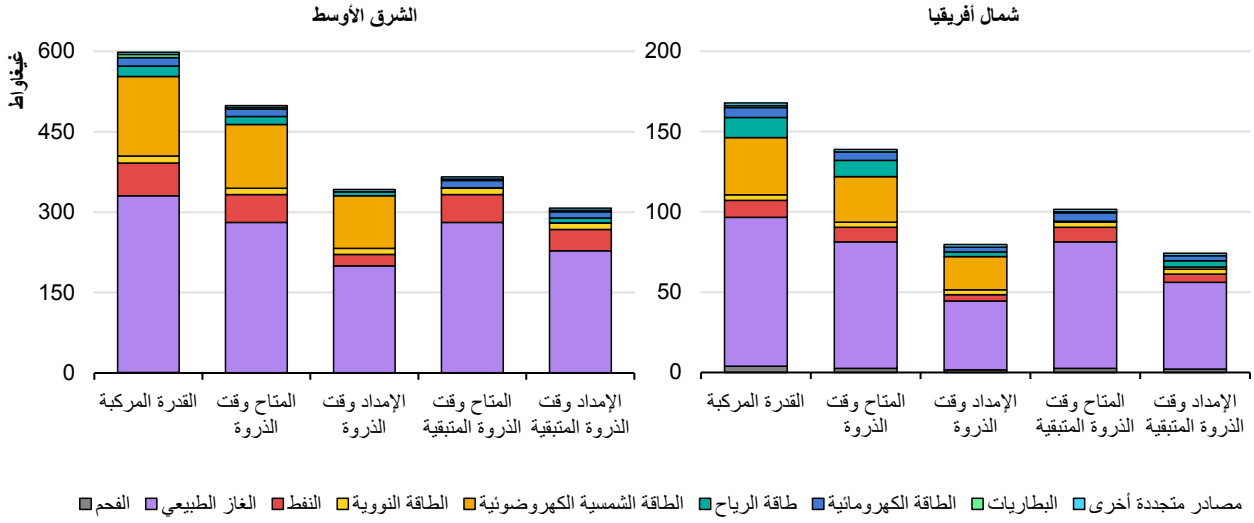
IEA. CC BY 4.0.

# أمن الكهرباء

يعتبر أمن الكهرباء – أي القدرة على ضمان إمدادات كهرباء موثوقة ومستقرة وبأسعار معقولة في جميع الأوقات – عنصرًا أساسًا لعمل أنظمة الطاقة الحديثة. ويتطلّب ذلك ليس فقط تلبية الطلب بشكل مستمر وصولاً إلى الثانية، بل أيضًا الحفاظ على استقرار النظام تحت ظروف تزداد تعقيدًا باستمرار. وفي منطقتي الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث تتسارع وتيرة الكهربة وتتوسّع مشاريع الطاقة المتجددة بسرعة، يزداد بروز عنصرين رئيسين لأمن الكهرباء: الملاءمة (adequacy) التي تضمن وجود سعة كافية لتلبية الطلب وقت الذروة، والمرونة التي تمكّن النظام من الاستجابة لتقلّبات الطلب والإنتاج من مصادر متجددة متغيّرة. كما أن ضمان التوازن المستمر بين العرض والطلب سيتوقف أيضًا على وجود شبكات كهرباء آمنة ومرنة ومدارة بذكاء، قادرة على التكيّف مع التحديات المستجدة.

## ملاءمة نظام الطاقة الكهربائية

**الشكل 2.17 القدرة المركبة وإمدادات الكهرباء خلال فترات الذروة وفترات الذروة المتبقية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في سيناريو السياسات المعلنة، 2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعرّف ساعات الذروة بأنها أعلى 100 ساعة من حيث استهلاك الكهرباء (بما في ذلك تفعيل الاستجابة للطلب وشحن التخزين). وتعرّف ساعات الذروة المتبقية بأنها أعلى 100 ساعة من حيث الحمل المتبقي (الطلب غير المحسن على الكهرباء مطروحًا منه التوليد غير القابل للت dispatch من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، وطاقة الرياح، والطاقة الكهرومائية للجريان السطحي).

يتطلّب التحوّل نحو الطاقة المستدامة ومصادر الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا توافر إمدادات كهرباء موثوقة، حتى مع تزايد الطلب وتفاقم التحديات البيئية.

IEA. CC BY 4.0.

تقليديًّا، كان تقييم الساعات الحرجة المتعلقة بملاءمة أنظمة الطاقة يركّز على ضمان وجود هامش سعة كاف لتلبية ذروة الطلب الإجمالي. لكن مع تصاعد نسبة مصادر الطاقة المتجددة المتغيّرة مثل الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، باتت أكثر الساعات حرجةً من ناحية الملاءمة تتوافق مع فترات ارتفاع الطلب المتبقّي؛ أي إجمالي الطلب مطروحًا منه توليد المتجددة. وكلما زادت حصة المتجددة، انتقلت مخاطر الملاءمة إلى أوقات يكون فيها الطلب مرتفعًا وتوفّر المتجددة منخفضًا. في هذه الساعات، غالبًا ما تعمل وحدات التوليد القابلة للتصرّف وقد لامست حدود طاقتها القصوى. وتحدث ساعات الذروة الإجمالية وساعات الذروة المتبقية في أوقات مختلفة من اليوم؛ إذ دائمًا ما تحين ساعات الذروة الإجمالية بحدود منتصف النهار، عندما يكون إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية قويًّا، ويتحوّل الطلب المرن لاستغلال الكهرباء الوفيرة والرخيصة. وفي المنطقة، يسهم الطلب على أجهزة التبريد في بلوغ هذه الذروة عند حلول الظهر. أما ذروة الطلب المتبقي فعادة ما تكون في المساء الباكر، حينما يكون إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية قد انخفض فيما يظلّ الطلب على الكهرباء ذا أهمية.

خلال ساعات الذروة التي غالبًا ما تحين مع حلول منتصف النهار، تتجاوز السعة المتاحة الطلب بفارق يبلغ 1.45 في الشرق الأوسط و1.75 في شمال أفريقيا. ويأتي نحو ثلث الإمدادات خلال هذه الفترة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية في كلتا المنطقتين. وتصل حصة التوليد من الوقود الأحفوري إلى 50% خلال هذه الساعات، وهي أقل من الحصة المتوسطة في مزيج الكهرباء والبالغة 70-75%، حيث تعمل محطات توليد الكهرباء بالغاز الطبيعي بمرونة أكبر لتعويض توفّر الطاقة الشمسية الكهروضوئية خلال هذه الساعات.

خلال الساعات التي يبلغ فيها الحمل المتبقي ذروته، وغالبًا ما تكون في المساء الباكر، يكون توليد الطاقة المتجددة متاحًا بدرجة أقل، ويضطر النظام للاعتماد على مصادر أخرى لتلبية الطلب على الكهرباء. وتلبّي محطات الكهرباء العاملة بالغاز الطبيعي والنفط أكثر من 85% من الطلب في الشرق الأوسط و80% في شمال أفريقيا خلال هذه الساعات. ويبلغ هامش السعة في أثناء ساعات الذروة المتبقية 1.2 في الشرق الأوسط و1.35 في شمال أفريقيا.

## المرونة

تحدّد احتياجات المرونة قدرة أنظمة الكهرباء على ضمان إمداد موثوق وفعّال من حيث التكلفة، مع إدارة التغيّر وعدم اليقين في كلّ من الطلب والتوليد عبر جميع الأطر الزمنية ذات الصلة (بدءًا من احتياجات التعديل القصير من ساعة إلى

IEA. CC BY 4.0.

ساعة، وصولًا إلى تحقيق التوازن الموسمي عبر أسابيع). وتهيمن محطات توليد الكهرباء العاملة بالنفط والغاز على أنظمة الكهرباء الحالية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، إذ توفّر تقريبًا كلّ المرونة التشغيلية للنظام. مع ذلك، تمثّل الموارد الشمسية الوفيرة في المنطقة فرصة إستراتيجية لتنويع مزيج التوليد. ويمكن لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية أن يقلّل من الاعتماد على الوقود الأحفوري، بشرط إدارة المحطات بطريقة أكثر مرونة لاستيعاب التغيّر في إنتاج الطاقة الشمسية. وتؤدي درجات الحرارة المرتفعة، الشائعة في المنطقة، إلى تقليل كفاءة التوليد الحراري القابل للتصرّف. وفي هذا السياق يمكن الاستفادة من إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية خلال الساعات الأكثر حرارة في اليوم لتخفيف العبء عن المحطات الحرارية وتعزيز مرونة النظام الكهربائي. وتم تناول هذه الديناميكيات وآثارها في تخطيط الطاقة بمزيد من التفصيل في الفصل الثالث (انظر الفصل الثالث، القسم "1. كيف يمكن أن تبقى أنظمة الكهرباء متوازنة مع تصاعد حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح؟").

**الصندوق 2.3 تطوّر تخزين البطاريات في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا**

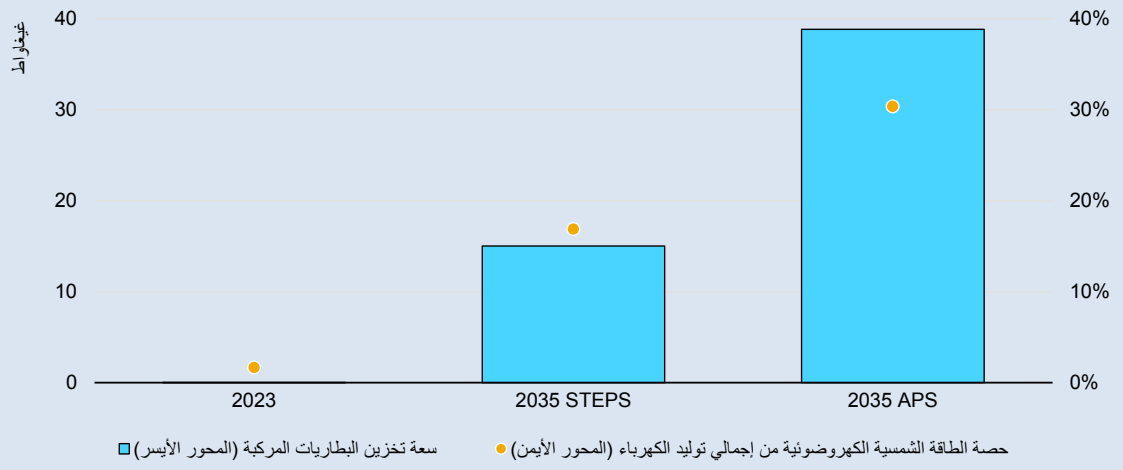
يمكن لتخزين البطاريات أن يوفّر المرونة قصيرة الأجل، وخدمات الدعم المساندة، والسعة المضمونة، وخدمات إدارة ازدحام الشبكة في أنظمة الطاقة الكهربائية التي تتزايد فيها حصة مصادر الطاقة المتجددة المتغيّرة. وخلال العقد الماضي، أدت التحسينات التكنولوجية، وتزايد وفورات الحجم، وتكثيف المنافسة إلى انخفاض تكاليف الاستثمار الأولي في مشاريع تخزين البطاريات بنسبة تزيد على 90%. ففي عام 2024 وحده، انخفضت التكاليف بنحو 20% مقارنة بالعام السابق، مدفوعةً بنموّ القدرة التصنيعيّة الذي فاق الطلب، خاصةً في الصين، بالإضافة إلى انخفاض أسعار الليثيوم بأكثر من 80% عن ذروتها في عام 2022. أدى هذا الانخفاض في التكاليف، إلى جانب تعدّد استخدامات تقنيات تخزين البطاريات، إلى زيادة الاهتمام بهذه التقنية وإطلاق موجة من مشاريع تخزين الطاقة بالبطاريات على مستوى المرافق في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وفي عام 2024، ارتفعت القدرة المركّبة لتخزين البطاريات في المنطقة بنحو 1 غيغاواط؛ أي بزيادة عشرة أضعاف مقارنة بعام 2023.

تصدرت المملكة العربية السعودية المشهد؛ إذ دشّنت أول مشروع تخزين بطاريات على مستوى المرافق في عام 2024. وفي أوائل عام 2025، دخل مشروع تخزين الطاقة في بيشة بطاقة 500 ميغاواط و2,000 غيغاواط ساعة –

IEA. CC BY 4.0.

أحد أكبر مشاريع تخزين البطاريات على مستوى المرافق عالميًّا – حيّز التشغيل. وتوجد عدة مشاريع ضخمة أخرى قيد التطوير بمراحل مختلفة، وتستهدف المملكة نشر 48 غيغاواط ساعة (ما يعادل 12 غيغاواط عند متوسط مدة تخزين 4 ساعات) من بطاريات المرافق بحلول 2030. كما يتم بشكل متزايد ربط المحطات الشمسية مباشرة بالبطاريات. ففي يناير 2025، أطلقت الإمارات العربية المتحدة مشروعًا ضخمًا يدمج محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية مع البطاريات، يضم مزرعة شمسية بقوة 5.2 غيغاواط و19 غيغاواط ساعة من التخزين، مصمّمة لتوفير قدرة تصل إلى 1 غيغاواط طوال اليوم، على مدار 24 ساعة. وتشيّد دول أخرى في المنطقة، مثل مصر والمغرب، مشاريع لحلول تخزين بطاريات على مستوى المرافق في مراحل تطوير مختلفة.

**الطاقة التخزينية المركّبة للبطاريات وحصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في مزيج الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 2023 و2035**




ملاحظات: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة.

يظهر تسارع وتيرة الإضافات في نموّ القدرة الإجمالية المركّبة لتخزين البطاريات على مستوى المنطقة، لتصل إلى 7 غيغاواط بحلول عام 2035 في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS) وإلى قرابة 30 غيغاواط في سيناريو تسريع التحول (APS). ويعزى ارتفاع قدرة البطاريات بشكل رئيس للحاجة إلى دمج الحصص المتزايدة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية في أنظمة الكهرباء بالمنطقة (انظر الشكل أعلاه).

IEA. CC BY 4.0.

تتمثّل المرونة التي توفّرها البطاريات في قدرتها على نقل توليد الكهرباء من فترات الفائض إلى فترات تكون فيها الأحمال المتبقية مرتفعة. وبما أن تصميم البطاريات يركّز بشكل أساس على التخزين قصير المدى، فهي مناسبة بشكل خاص لتسوية الدورة اليومية لتوليد الكهرباء المعتمد على الطاقة الشمسية الكهروضوئية. إذ يمكن شحنها في أثناء ذروة إنتاج الطاقة الشمسية خلال النهار وتفريغها عند ارتفاع الطلب المتبقي، مع حلول المساء حينما يتوقف إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية. بالإضافة إلى نقل الطاقة، توفّر تقنيات تخزين البطاريات مجموعةً واسعة من الخدمات لأنظمة الكهرباء، بما في ذلك تقديم خدمات الدعم المساند والسعة المضمونة لضمان موثوقية إمدادات الطاقة في أثناء تلبية ذروة الطلب المتبقي. وإذا تم توزيع البطاريات بشكل إستراتيجي عبر الشبكات، يمكن أن تقدّم خدمات إدارة الازدحام، الأمر الذي يسمح بتأجيل الاستثمارات في البنية التحتية للنقل والتوزيع، خاصة في المناطق التي يتباطأ فيها توسّع شبكات الطاقة مقارنة بنموّ مصادر الطاقة المتجددة المتغيّرة وسرعة كهربة الاستخدامات النهائية. وفي الاقتصادات الناشئة ذات الشبكات الكهربائية الأضعف، من المرجح أن تستخدم البطاريات بشكل متزايد لتقديم الخدمات الأساسية إلى جانب نقل الطاقة، وللإسهام في زيادة موثوقية الإمدادات، بتوفير إمكانيات مثل التشغيل دون شبكة (black-start)، وفصل الشبكة (islanding)، واستقرار الشبكة على المستوى المحلّي.

## الشبكات

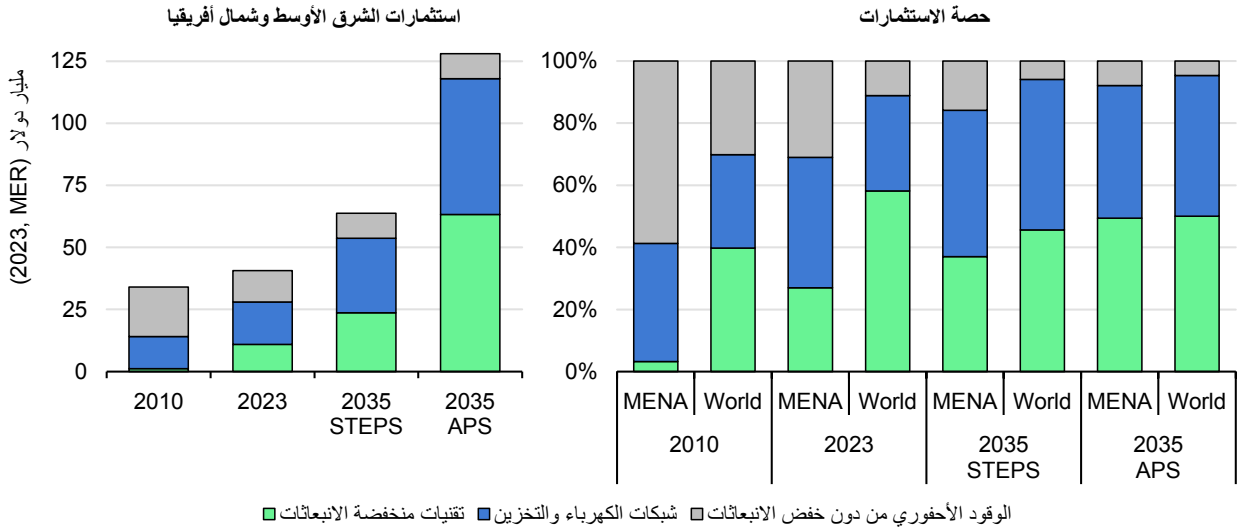
تعدّ التحسينات الكبيرة في الشبكات ضرورية لدعم تسارع عملية الكهربة وتوسّع الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. يجب أن تتوسّع شبكات النقل والتوزيع لربط مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية الريادية والموزعة، إلى جانب مشاريع طاقة الرياح، بمراكز الطلب. ويمكن أن يقلّل الربط بين الدول والإقليم من الاعتماد على مصادر أخرى للمرونة ويعزز تكامل النظام (انظر الفصل الثالث، القسم "5. ما دور الروابط الشبكية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا؟"). ومع ذلك، فإن مشاريع بنية الشبكات معقدة، وخصوصًا مشاريع النقل، ويمكن بسهولة أن تستغرق أكثر من عقد لتصبح تشغيلية. وهي مدة تفوق بكثير مدة تطوير مشاريع الطاقة المتجددة. ما يخلق مخاطرة حصول تأخير في ربط القدرات الجديدة. لذا فإن التحرّك المبكر والتخطيط الشامل أمران بالغا الأهمية. وإلى جانب خطوط النقل والمحوّلات، هناك حاجة للاستثمار في التحوّل الرقمي والشبكات الذكية وتقنيات الإلكترونيات القوية المتقدّمة لتعزيز

IEA. CC BY 4.0.

التحكّم والاستقرار والكفاءة، وبالتالي تمكين دمج أفضل لمصادر الطاقة المتجددة المتغيّرة، وتطوير الشبكات بطريقة أكثر تحديدًا وفعالية من حيث التكلفة.

## الاستثمار في قطاع الكهرباء

**الشكل 2.18 الاستثمار في قطاع الكهرباء حسب النوع في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

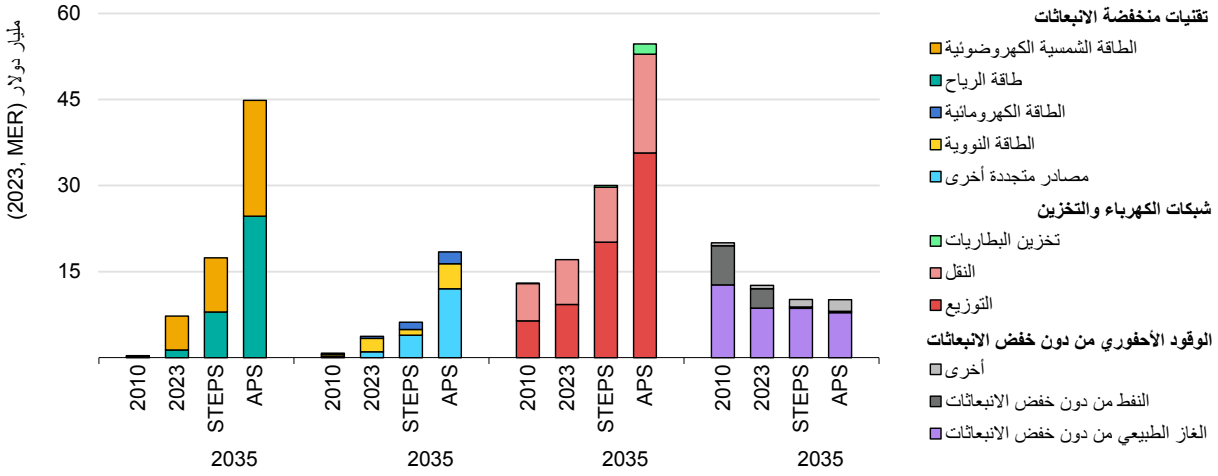
ملاحظات: تعني MER سعر الصرف في السوق؛ تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ تعني APS سيناريو التعهدات المعلنة؛ تعني MENA منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وتشمل المصادر منخفضة الانبعاثات الطاقة المتجددة والطاقة النووية.

في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، من المتوقع أن يرتفع الاستثمار في قطاع الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من 40 مليار دولار أمريكي في عام 2023 إلى أكثر من 60 مليار دولار في عام 2035، بزيادة نسبتها 50%. ويتّجه الاستثمار بعيدًا عن الوقود الأحفوري غير المضبوط نحو تقنيات منخفضة الانبعاثات، وشبكات الكهرباء، وتقنيات التخزين. وتمثّل التقنيات منخفضة الانبعاثات أكثر من 35% من إجمالي استثمارات قطاع الكهرباء، فيما تشكّل الشبكات والتخزين ما يقرب من 50%. وينخفض الاستثمار في قدرة الوقود الأحفوري غير المضبوط إلى ما يزيد قليلاً عن 15% بحلول عام 2035. في سيناريو تسريع التحول (APS)، يرتفع الاستثمار في تقنيات منخفضة الانبعاثات ليبلغ نصف إجمالي إنفاق قطاع الكهرباء.

IEA. CC BY 4.0.

تاريخيًّا، تخلّفت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا عن الاتجاهات العالمية في ما يخص الاستثمار في تقنيات الطاقة منخفضة الانبعاثات. ففي عام 2010، لم تكن هذه التقنيات تشكّل سوى نسبة ضئيلة من الإنفاق الإقليمي، مقارنةً بنحو 40% عالميًّا. وبحلول عام 2023، ارتفعت حصة المنطقة إلى نحو 30%. وفي سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، تتجاوز الحصة 35% بحلول عام 2035، فيما يظل الاستثمار في الشبكات الكهربائية والتخزين متماشيًا تقريبًا مع المتوسّطات العالمية. أما في سيناريو تسريع التحول (APS)، فتبلغ حصة الاستثمار في تقنيات منخفضة الانبعاثات في المنطقة مستويات مماثلة للمعدلات العالمية بحلول عام 2035.

**الشكل 2.19 الاستثمار في قطاع الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب التكنولوجيا في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعني MER سعر الصرف في السوق؛ تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ تعني APS سيناريو التعهدات المعلنة. تشمل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى الطاقة الشمسية المركّزة، والطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية. وتشمل الفئة الأخرى الفحم غير المخفّض النسبة والانبعاثات والنفايات غير المتجددة.

في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، تتجاوز الاستثمارات في تقنيات الطاقة منخفضة الانبعاثات في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا 20 مليار دولار أمريكي في عام 2035؛ أي أكثر من ضعف مستواها في عام 2023. ويقود هذا النموّ كلّ من الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، والتي تتجاوز استثماراتهما معًا 15 مليار دولار أمريكي، متجاوزة بذلك مستويات الاستثمار الأخيرة في محطات توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري. ومع مرور الوقت تصبح الاستثمارات في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح أكثر توازنًا، بخلاف عام 2023 الذي كان فيه نحو 70% من إجمالي الاستثمار في الطاقة المتجددة منْصبًّا على الطاقة الشمسية الكهروضوئية. وتجتذب الطاقة الكهرومائية وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة مزيدًا من الاستثمارات أيضًا حتى عام 2035. كما تستمر الاستثمارات في الطاقة النووية، مع حفاظها على الزخم الأخير

IEA. CC BY 4.0.

وإسهامها في تحقيق مزيج كهربائي أكثر تنوّعًا. أما في سيناريو تسريع التحول (APS)، فيبلغ الاستثمار المجمّع في الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح بحلول 2035 نحو 45 مليار دولار أمريكي؛ أي بأضعاف مضاعفة عن الاستثمار في محطات الوقود الأحفوري.

يزداد الاستثمار في البنية التحتية لشبكات النقل والتوزيع بمعدل ثلاثة أرباع في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS) حتى عام 2035، ليصل إلى 30 مليار دولار لتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء وتعزيز أمن الطاقة. ويلعب تحديث الشبكات وحلول التخزين دورًا متناميًا في دعم مرونة النظام الكهربائي. أما في سيناريو تسريع التحول (APS)، فتتضاعف استثمارات الشبكات أكثر من ثلاثة أضعاف مستويات عام 2023 بحلول عام 2035، في انعكاس لتزايد الحاجة إلى دمج القدرات المتجددة المتوسّعة.

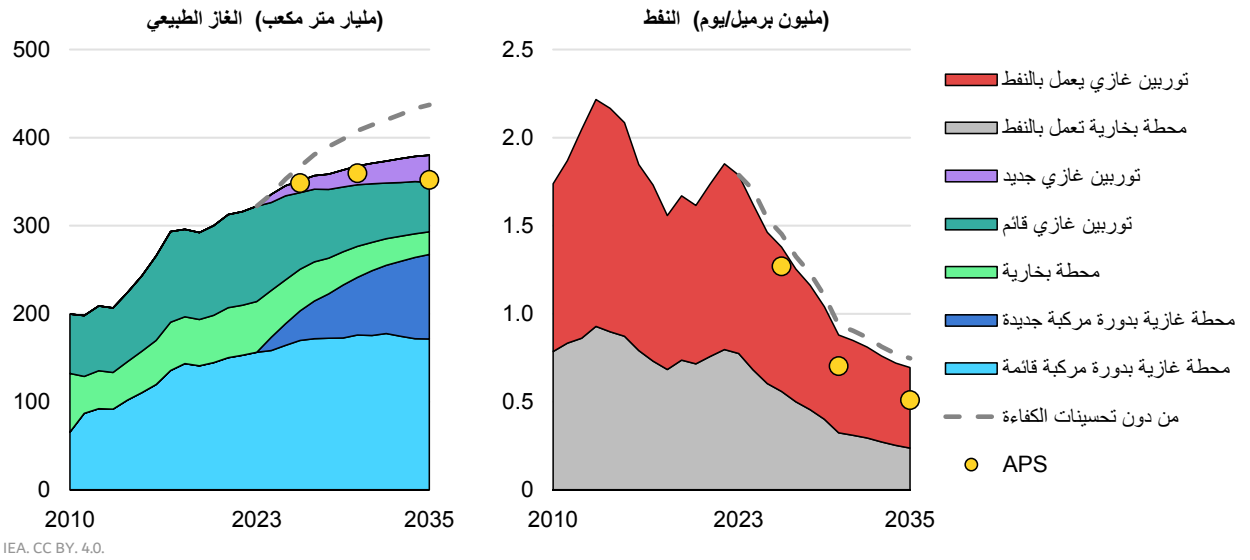
في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، تستمر الاستثمارات في الوقود الأحفوري غير المضبوط في التراجع، خاصة في ما يتعلق بالنفط، في حين تبقى الإنفاقات على الغاز الطبيعي مستقرة إلى حد كبير، الأمر الذي يعكس استمرار دوره في مزيج الطاقة في المنطقة. أما في سيناريو تسريع التحول (APS)، فتتشابه الاستثمارات في الوقود الأحفوري غير المضبوط مع مثيلاتها في السيناريو السابق، ويعود ذلك إلى وجود مشاريع قيد التطوير بالفعل.

## استهلاك وانبعاثات الوقود الأحفوريّ في قطاع الكهرباء

بينما يتوقّع أن ينمو توليد الكهرباء من الغاز الطبيعي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بنسبة تزيد على 40% بحلول عام 2035 في إطار سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، تلعب تحسينات الكفاءة دورًا حاسمًا في الحدّ من الارتفاع المقابل في استهلاك الغاز، حيث يرتفع الاستهلاك بأقل من 20% ليصل إلى 380 مليار متر مكعب بحلول عام 2035. ويعود هذا الاعتدال بشكل كبير إلى الانتشار الواسع لتقنيات توربينات الغاز ذات الدورة المركّبة عالية الكفاءة (CCGT) والتحسينات في توربينات البخار والغاز التقليدية.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 2.20 استهلاك الغاز الطبيعي والنفط في توليد الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب السيناريو، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تعني GT توربينات الغاز؛ وتعني CCGT توربينات الغاز ذات الدورة المركبة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة.

يظهر هذا الاتجاه بالفعل اليوم، حيث توجد عدة مشاريع رئيسة في المنطقة – على سبيل المثال، مشروع مصر العملاق ومحطة الحمريّة ذات الدورة المركّبة في الإمارات العربية المتحدة – تعدّ من بين المشاريع الأكثر كفاءة في العالم. ونتيجة لذلك، من المتوقع أن تتحسّن كفاءة أسطول محطات توليد الكهرباء العاملة بالغاز في المنطقة من 40% إلى 48%. ومع ذلك، إذا لم تتحقّق المكاسب المتوقّعة في الكفاءة، فقد يرتفع استهلاك الغاز بنحو 85 مليار متر مكعب. وللمقارنة، بلغ متوسط صادرات قطر السنوية من الغاز الطبيعي المسال نحو 100 مليار متر مكعب في السنوات الأخيرة، ما يؤكد أهمية استمرار الاستثمار في التقنيات المتقدمة والفعالة.

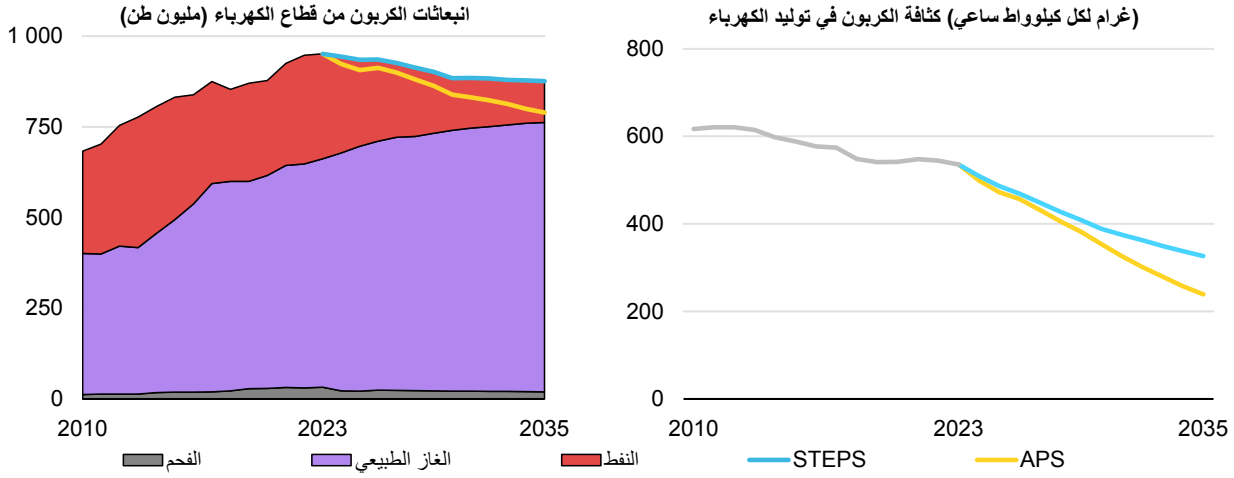
في ما يخص النفط، يمثّل استمرار التحوّل بعيدًا عن استخدامه في توليد الكهرباء بمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تغيّرًا هيكليًّا كبيرًا في مشهد الطاقة. فمن المتوقع أن ينخفض استهلاك النفط في قطاع الكهرباء بحلول عام 2035 بنسبة تقارب 60% مقارنة بالمستويات الحالية؛ أي بما يعادل انخفاضًا قدره 1.1 مليون برميل يوميًّا. وتصل آثار هذا التحوّل إلى ما هو أبعد من التوازنات المحلّية للطاقة؛ إذ يمكن إعادة توجيه الكميات المتحرّرة من النفط إلى الأسواق الدولية، مما قد يزيد من كمية الصادرات ويحقق عدة مليارات دولار سنويًّا من الإيرادات الإضافية للدول المنتجة (انظر الفصل الثالث، القسم "9. ما تأثير نموّ الطاقة المتجددة في صادرات النفط والغاز؟").

IEA. CC BY 4.0.

في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، من المتوقع أن تنخفض الانبعاثات في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بنسبة تقارب 10% بحلول عام 2035 مقارنة بمستويات عام 2023. ويتحقّق هذا الانخفاض رغم ارتفاع الانبعاثات الناتجة عن توليد الكهرباء بالغاز، إذ يعوّض هذا الارتفاع جرّاء التراجع الكبير في الانبعاثات المرتبطة بالنفط.

يحدث هذا التراجع رغم توسّع الطلب على الكهرباء في المنطقة بنسبة 55% خلال الفترة نفسها. ولتحقيق ذلك، من المتوقع أن ينخفض متوسط كثافة انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون من توليد الكهرباء من أكثر من 530 غرام ثاني أوكسيد الكربون لكلّ كيلوواط ساعة في عام 2023 إلى أقل من 330 غرام ثاني أكسيد الكربون لكل كيلوواط ساعة بحلول عام 2035. أما في سيناريو تسريع التحول (APS) الذي تحقّق فيه الدول الوطنية أهدافها بإزالة الكربون، فتنخفض الانبعاثات إلى أقل من 800 مليون طن بحلول 2035؛ أي أقل بنسبة 10% مقارنة بسيناريو السياسات المعلنة (STEPS).

**الشكل 2.21 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الكهرباء حسب نوع الوقود، وكثافة ثاني أكسيد الكربون في توليد الكهرباء في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2010-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

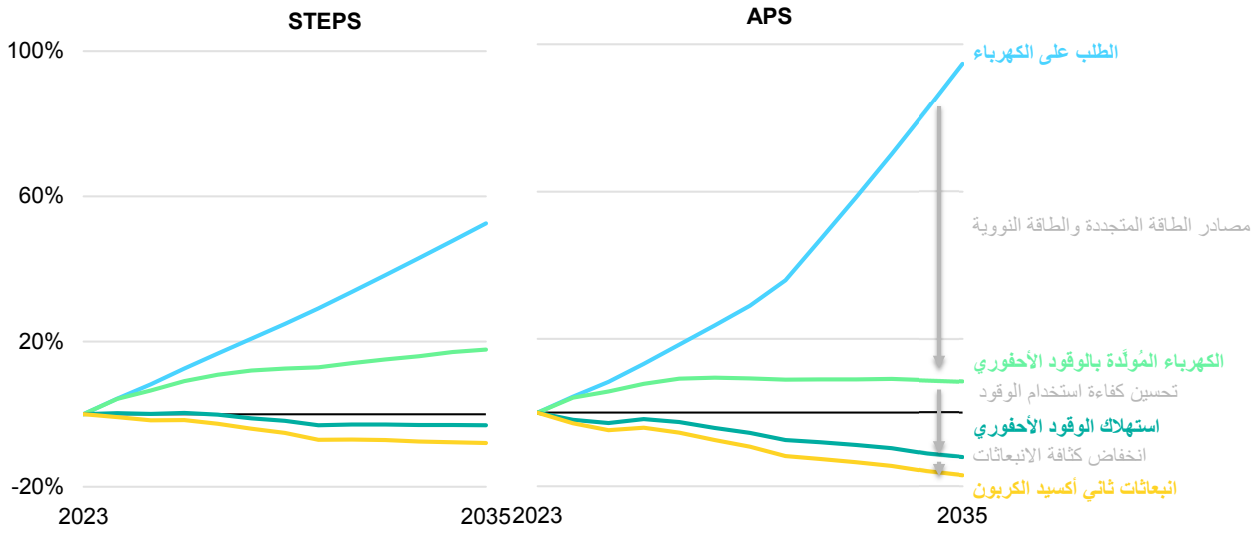
ملاحظة: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة.

يعود هذا التحسّن في انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون إلى عملية فك الارتباط المكوّنة من ثلاث مراحل في أنظمة الكهرباء بمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ففي سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، يضمن تنويع مزيج إمدادات الكهرباء – من خلال دمج المزيد من مصادر الطاقة المتجددة وزيادة القدرة النووية بحلول عام 2035 – أن يؤدي نموّ الطلب على الكهرباء بنسبة 55% إلى زيادة بنسبة 20% فقط في توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري. وتعمل تدابير الكفاءة، مثل التحوّل من التوليد القائم على النفط غير الكفؤ إلى محطات الغاز الأكثر كفاءة، على تحويل هذا النموّ إلى انخفاض بنسبة

IEA. CC BY 4.0.

5% في استهلاك الوقود الأحفوري. وتضاعف المزيد من الانخفاضات في كثافة الانبعاثات من هذه الآثار، ليكون الناتج في المجمل تراجعًا بنسبة 10% في الانبعاثات ذات الصلة. أما في سيناريو تسريع التحول (APS)، فيكون أثر الفك أكبر بكثير؛ حيث تؤدي التحولات الأسرع على مستوى المنطقة إلى تراجع الانبعاثات بنسبة 20%، رغم أن الطلب على الكهرباء يقترب من الضعف.

**الشكل 2.22 الفصل بين نمو الطلب على الكهرباء واستهلاك الوقود الأحفوري والانبعاثات المرتبطة بثاني أكسيد الكربون في توليد الكهرباء في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2023-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة.



IEA. CC BY 4.0.

# الفصل الثالث: تصميم أنظمة طاقة صالحة للمستقبل

## تسعة عوامل حيوية

يعد تصميم أنظمة الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا برؤية مستقبلية أمرًا بالغ الأهمية لضمان توفير طاقة موثوقة وبأسعار معقولة، مع التوافق مع أهداف خفض الانبعاثات الكربونية على نطاق أوسع. لدعم هذا الهدف، يستعرض هذا الفصل تسعة عوامل رئيسية حيوية لجعل أنظمة الطاقة مقاومة للتقادم المستقبلي. وتشمل هذه العوامل جوانب من الطلب على الكهرباء مثل التبريد، وتحلية المياه، وكفاءة الاستخدام، إلى جانب عناصر جانب الإمداد مثل دمج حصص متزايدة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. كما يأخذ التحليل في الاعتبار أهمية تعزيز الترابط بين شبكات الكهرباء، وإطار السياسات القوي، وإعادة بناء البنية التحتية للطاقة في البيئات ما بعد النزاعات. مجتمعة، تشكل هذه العناصر أساسًا لأنظمة كهرباء مستدامة ومرنة بالمنطقة. وفي ذلك، يسعى الفصل للإجابة عن الأسئلة التالية:

1. كيف يمكن لأنظمة الكهرباء أن تبقى متوازنة مع ارتفاع حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح؟
2. ما دور التبريد في نمو الطلب الأقصى على الكهرباء؟
3. كيف يمكن لفرص الكفاءة في المباني أن تساعد في إدارة نمو الطلب على الكهرباء؟
4. كيف ستؤثر التقنيات الجديدة لتحلية المياه وتزايد الضغوط المائية على الطلب على الكهرباء؟
5. ما الدور الذي تؤديه الترابطات في شبكات الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا؟
6. ما أطر السياسات التي تدفع بنشر الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا؟
7. هل يمكن للطاقة النظيفة أن تحفّز التنمية الصناعية في المنطقة؟
8. ما الدور الذي يمكن أن تؤديه توليدات الطاقة الموزعة في تعزيز المرونة في المناطق ما بعد النزاعات؟
9. ما الأثر الذي قد يحدثه ارتفاع حصة الطاقات المتجددة على حجم صادرات النفط والغاز؟

IEA. CC BY 4.0.

# 1. كيف يمكن لأنظمة الكهرباء أن تبقى متوازنة مع ارتفاع حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح؟

مع ارتفاع حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، يصبح الحفاظ على التوازن بين إجمالي إمدادات الكهرباء والطلب على الكهرباء في جميع الأوقات أكثر تحديًا. سيتعين على محطات الطاقة القابلة للتحكم أن تعمل بمرونة أكبر لاستيعاب التغيرات في إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية، خاصة في فصل الشتاء عندما يظل إنتاج الطاقة الشمسية في منتصف النهار مرتفعًا رغم انخفاض الطلب العام على الكهرباء. ومن خلال تعديل عملياتها، يمكن لهذه المحطات دمج توليد الطاقة المتجددة وضمان نظام كهربائي مستقر وآمن.

بالإضافة إلى ذلك، يوفر نمو الطاقة الشمسية الكهروضوئية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا فرصة لمعالجة الزيادة في الطلب الأقصى الناتج عن احتياجات التبريد بكفاءة، دون زيادة الضغط على محطات الطاقة القابلة للتحكم. ويكتسب ذلك أهمية خاصة نظرًا لحرارة مناخ المنطقة، التي يمكن أن تؤثر سلبًا في أداء محطات الطاقة الحرارية. كما أن تلبية متطلبات المرونة المتزايدة تتطلب تعزيز بنية شبكة الكهرباء التحتية. ففي حين تظل مرونة محطات الطاقة القابلة للتحكم أمرًا أساسيًا، فإن دمج الطاقة المتجددة بنجاح يعتمد بالقدر نفسه على توسيع شبكات الكهرباء وتحديثها، وتمكين المرونة من جانب الطلب، ونشر حلول التخزين. فشبكة كهربائية قوية هي العمود الفقري لنظام طاقة موثوق ونظيف.

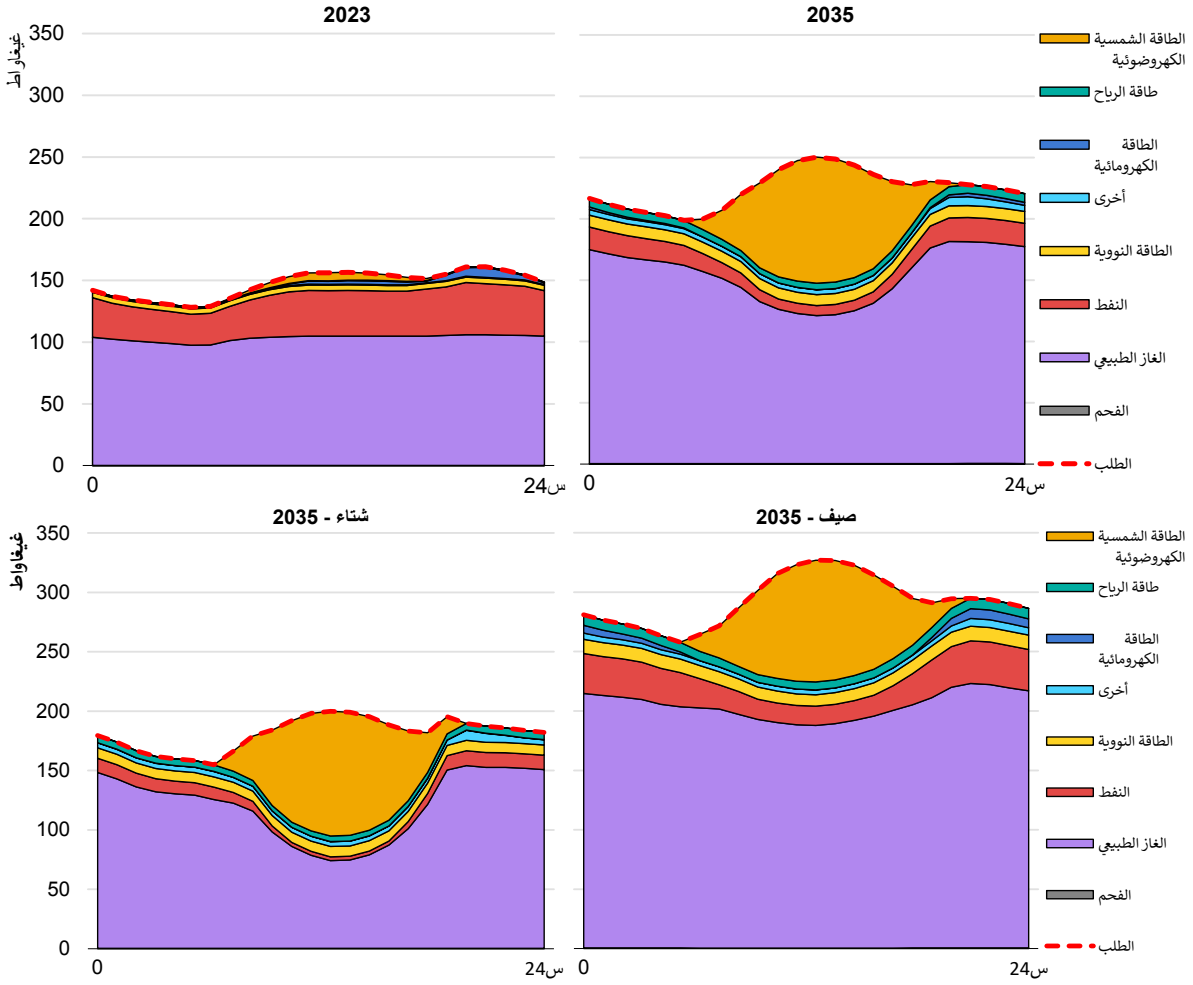
## موازنة نظام الكهرباء في الشرق الأوسط

في عام 2023، يتبع استهلاك الكهرباء في الشرق الأوسط في الغالب أنماطًا يومية معتادة، حيث يصل الطلب الأقصى في وقت المساء المبكر. يهيمن الوقود الأحفوري على نظام الطاقة، إذ يوفّر نحو 95% من الكهرباء، في حين يساهم الغاز الطبيعي بنسبة تتراوح بين 65% و75% من الإمداد في كل ساعة من ساعات اليوم في المتوسط. ويتشكل الطلب بدرجة كبيرة نتيجة احتياجات التبريد، ولا سيما في فصل الصيف، مما يؤدي إلى تباين موسمي واضح. وتزداد معدلات توليد الكهرباء من الغاز الطبيعي والنفط خلال الأشهر الحارة، رغم أن ارتفاع درجات الحرارة المحيطة قد يقلل من كفاءة المحطات. وتبرز هذه الأنماط الاعتماد القائم على الوقود الأحفوري والمؤشرات المبكرة على الضغوط التي تواجهها محطات التوليد القابلة للتحكم في ظروف الطقس القاسية.

IEA. CC BY 4.0.

بحلول عام 2035، ينمو نظام الطاقة في المنطقة بنسبة 75% في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، بما في ذلك إضافة 160 غيغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية و120 غيغاواط من قدرات توليد الكهرباء المعتمدة على الغاز الطبيعي. يعيد هذا التحول تشكيل الحمل المتبقي، إذ تلبي الطاقة الشمسية الكهروضوئية بشكل متزايد الطلب النهاري – بما يصل إلى 50% في فصل الشتاء – مما يتطلب من محطات الغاز الطبيعي تقليل تشغيلها أثناء ذروة إنتاج الطاقة الشمسية، ثم زيادته مع تراجع الإنتاج في المساء. تعمل هذه المحطات ضمن نطاق تشغيل أوسع وبعامل قدرة متوسط أعلى مقارنة بعام 2023. وفي فصل الصيف، يتيح ارتفاع الطلب على التبريد دمجًا أفضل للطاقة الشمسية الكهروضوئية، التي يمكن أن توفر ما يصل إلى 30% من الإمدادات، مما يخفف العبء عن محطات توليد الكهرباء العاملة بالغاز.

**الشكل 3.1 متوسط إمدادات الكهرباء اليومية حسب المصدر في منطقة الشرق الأوسط في سيناريو السياسات المعلنة، 2023 و2035**



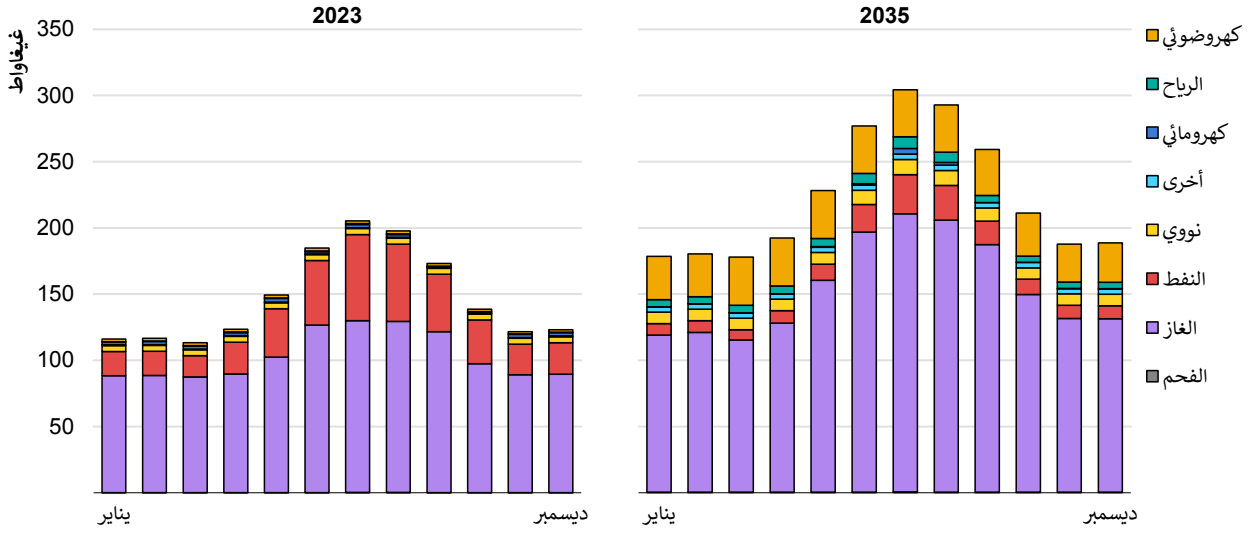

IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: يشمل مصطلح الشرق الأوسط كلاً من البحرين، إيران، العراق، الأردن، الكويت، لبنان، عمان، قطر، المملكة العربية السعودية، سوريا، دولة الإمارات العربية المتحدة، واليمن.



IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 3.2 متوسط إمدادات الكهرباء الشهرية حسب المصدر في منطقة الشرق الأوسط في سيناريو السياسات المعلنة، 2023 و2035**




IEA. CC BY. 4.0

ملاحظة: يشمل مصطلح الشرق الأوسط البحرين، إيران، العراق، الأردن، الكويت، لبنان، عمان، قطر، المملكة العربية السعودية، سوريا، الإمارات العربية المتحدة، واليمن.

## موازنة نظام الكهرباء في شمال أفريقيا

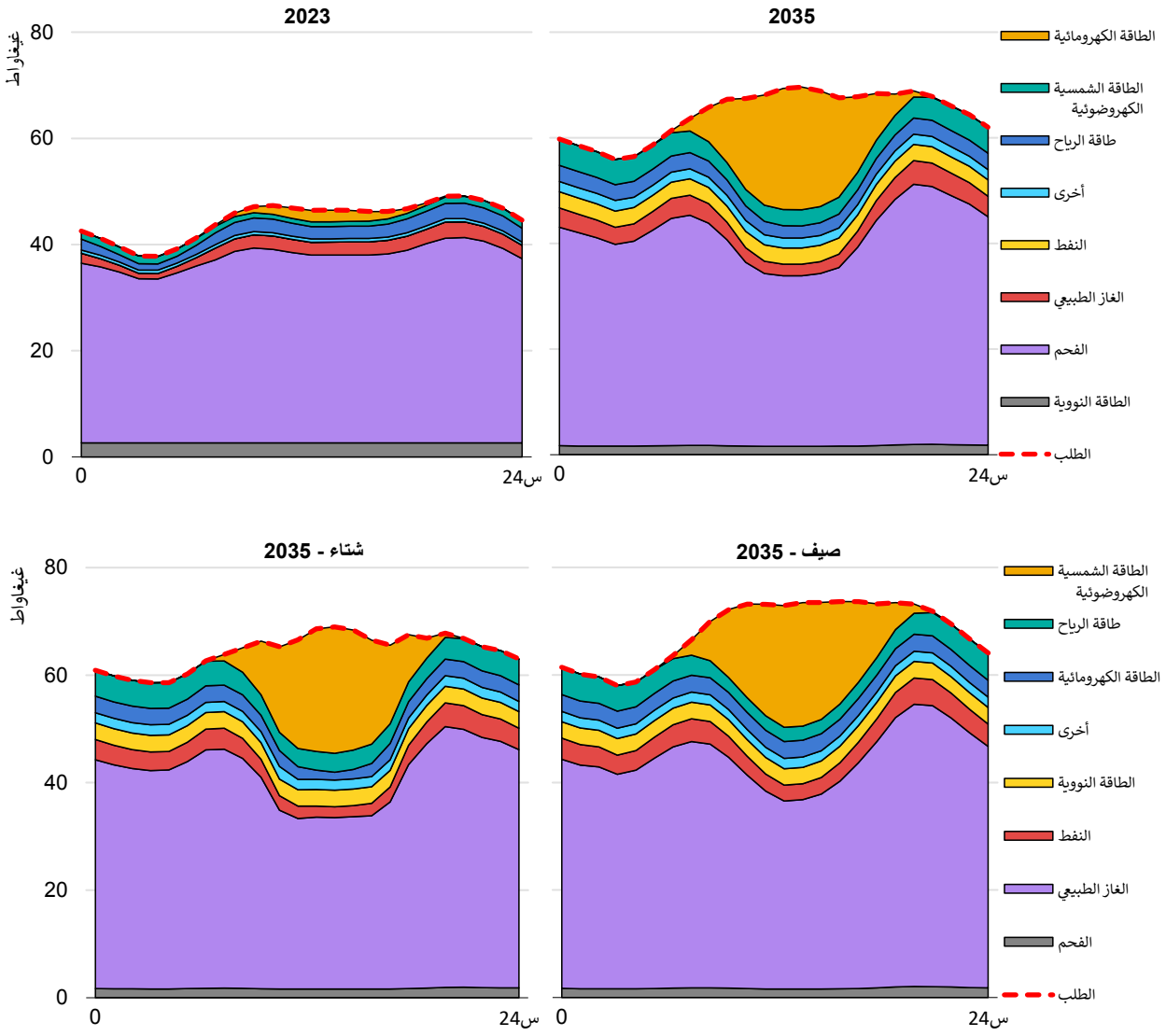
في عام 2023، يتميز مزيج توليد الكهرباء اليومي في شمال أفريقيا بمزيج من الوقود الأحفوري (بنسبة 90% من الإجمالي) ومصادر الطاقة المتجددة. وعلى الرغم من أن المنطقة تظهر تقدمًا في تطوير قدرات الطاقة المتجددة، فإن الوقود الأحفوري ما زال يلعب دورًا رئيسيًا في تلبية إجمالي الطلب على الكهرباء. تتراوح حصة الغاز الطبيعي في الإمداد الكهربائي في كل ساعة بين 75% و80%. ويتمتع نظام الكهرباء في شمال أفريقيا بمزيج إمداد مستقر طوال العام، مع تباينات موسمية محدودة في المتوسط.

بين عامي 2023 و2035، ينمو نظام الطاقة بنسبة 50% مدفوعًا بنمو الطاقة المتجددة، مع زيادات في الطاقة الشمسية الكهروضوئية (37 غيغاواط) وطاقة الرياح (10 غيغاواط). ومع ارتفاع حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح في مزيج الكهرباء، سيصبح إمداد الكهرباء بحلول عام 2035 أكثر اعتمادًا على الظروف الجوية. تبلغ ذروة إنتاج الطاقة الشمسية منتصف النهار، وتعمل محطات الطاقة القابلة للتحكم (ومعظمها تعمل بالغاز الطبيعي) بمرونة أكبر نتيجة لذلك، مع ذروتين يوميتين للتوليد: إحداهما في الصباح والأخرى في أوائل المساء. وبحلول عام 2035، تصبح حصة الغاز الطبيعي في الإمداد الكهربائي لكل ساعة أكثر تقلبًا، حيث تتراوح في المتوسط بين 45% و70%. تحتاج محطات الطاقة الحرارية إلى تعديل إنتاجها بشكل أكثر تكرارًا استجابةً لأنماط الطلب على الكهرباء والإنتاج من الطاقة المتجددة المتغيرة.

IEA. CC BY 4.0.

تؤدي الزيادات في الطلب على التبريد إلى إحداث بعض الموسمية في نظام الطاقة بشمال أفريقيا، لكن التباينات الهيكلية على مدار العام تظل صغيرة نسبيًا.

**الشكل 3.3 متوسط إمدادات الكهرباء اليومية حسب المصدر في منطقة شمال أفريقيا في سيناريو السياسات المعلنة، 2023 و2035**



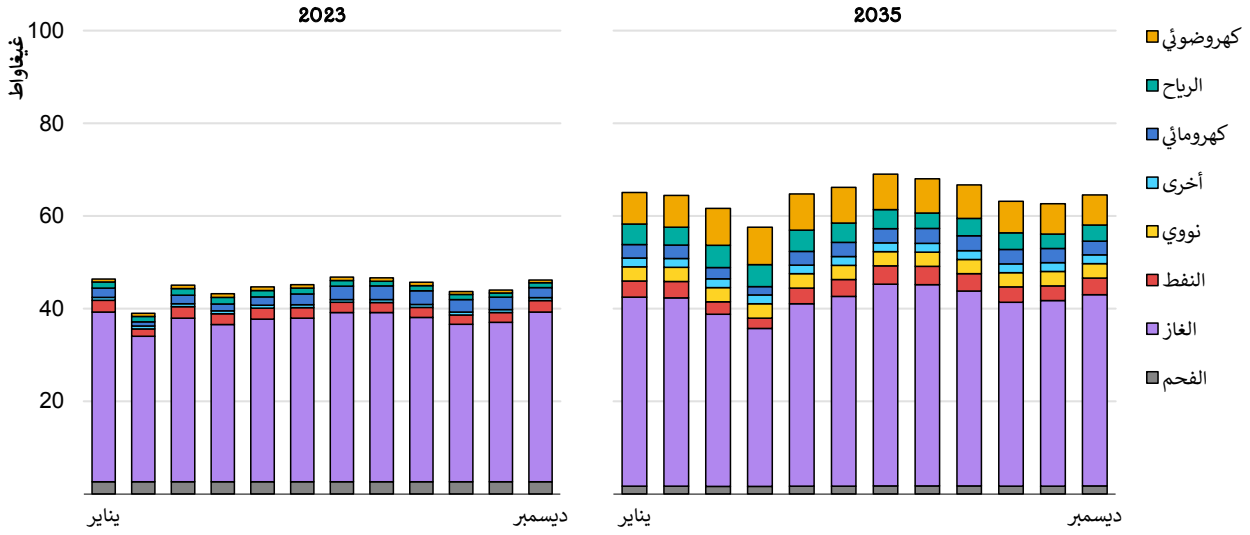

IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: يشمل مصطلح شمال أفريقيا الجزائر، مصر، ليبيا، المغرب وتونس.



IEA. CC BY 4.0.

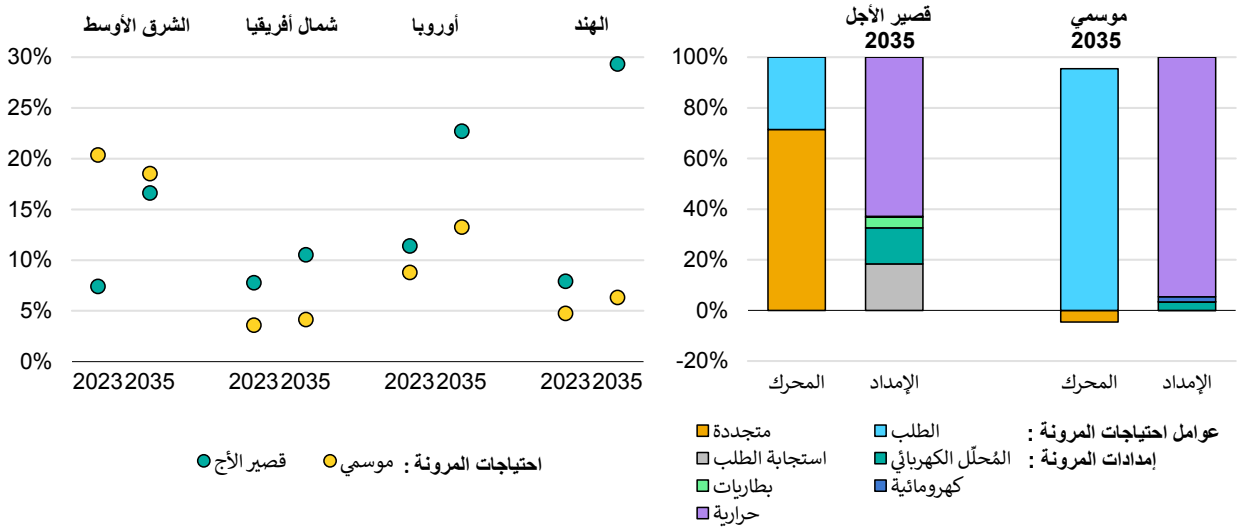
**الشكل 3.4 متوسط إمدادات الكهرباء الشهرية حسب المصدر في منطقة شمال أفريقيا في سيناريو السياسات المعلنة، 2023-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

تعد المرونة أمرًا بالغ الأهمية لأنظمة الكهرباء لأنها تتيح لها موازنة الإمداد والطلب بكفاءة، ودمج مصادر الطاقة المتجددة، والحفاظ على الموثوقية والاستقرار. ويمكن تقييم الحاجة إلى المرونة في أنظمة الكهرباء من خلال دراسة تباين الحمل المتبقي عبر مقاييس زمنية مختلفة، بدءًا من التقلبات على مدار الساعة (المدى القصير) وصولًا إلى التباينات الموسمية.

**الشكل 3.5 احتياجات المرونة (يسار)، محددات احتياجات المرونة وإمداد المرونة حسب المصدر (يمين) في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا والدول المختارة في سيناريو السياسات المعلنة، 2023 و2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعني DSR الاستجابة من جانب الطلب؛ وتعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة. يتم حساب احتياجات المرونة قصيرة الأجل على أنها متوسط التغير في الحمل المتبقي لكل ساعة (الفرق في الحمل المتبقي بين ساعة معينة والساعة السابقة) خلال أعلى 100 ساعة ذات زيادات تصاعدية، مقسومًا على متوسط الطلب الكهربائي لكل ساعة في السنة (لا يشمل شحن البطاريات أو ضخ التخزين أو استهلاك الكهرباء من أجهزة التحليل الكهربائي أو الصادرات الصافية). ويتم تقدير احتياجات المرونة الموسمية عبر حساب الفرق المطلق بين المتوسط الأسبوعي والمتوسط السنوي للحمل المتبقي، مقسومًا على الطلب السنوي على الكهرباء.

IEA. CC BY 4.0.

في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وعلى نطاق أوسع حول العالم، تزداد احتياجات المرونة على المدى القصير بحلول عام 2035، ويرجع ذلك أساسًا إلى ارتفاع حصة إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية وتطور أنماط الطلب على الكهرباء. ومن المتوقع أن تتضاعف احتياجات المرونة قصيرة المدى في شمال أفريقيا وأن تزيد بأكثر من ثلاثة أضعاف في الشرق الأوسط بحلول عام 2035 مقارنة بعام 2023. وتمثل هذه الزيادات ما بين 1.35 إلى 2.2 مرة أكبر من نمو الطلب على الكهرباء، مما يشير إلى أن هذه الأنظمة تتطور بمعدل أسرع من معدل نمو حجمها. وتظهر أوروبا والهند احتياجات أعلى للمرونة قصيرة المدى مقارنة بمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بحلول عام 2035، وذلك نتيجة لارتفاع دمج الطاقة المتجددة.

في الوقت الحاضر، يأتي معظم مقدار المرونة في أنظمة الكهرباء من محطات الطاقة القابلة للتحكم في معظم الأنظمة تقريبًا. وبحلول عام 2035 في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، يظل هذا هو الحال. توفر محطات الطاقة الحرارية أكثر من 60% من احتياجات المرونة قصيرة المدى، وما يقارب 95% من الاحتياجات الموسمية. وبحلول عام 2035، يتوسع نطاق مصادر المرونة قصيرة المدى، حيث تسهم الاستجابة للطلب بنسبة 18%، بما في ذلك من أسطول المركبات الكهربائية المتنامي، وتغطي البطاريات نسبة 4% لتلبية هذه الاحتياجات في المنطقة. كما تساهم وحدات التحليل الكهربائي في تلبية كل من الاحتياجات قصيرة المدى (15%) والموسمية (3%).

تزداد احتياجات المرونة الموسمية بنسبة تفوق 60% في شمال أفريقيا و30% في الشرق الأوسط بحلول عام 2035. ويعدّ الشرق الأوسط صاحب أعلى احتياجات للمرونة الموسمية بين المناطق المختارة حتى عام 2023، وذلك بسبب ارتفاع الطلب على التبريد. ومع ذلك، عند المقارنة مع متوسط نمو النظام، تزداد احتياجات المرونة الموسمية بشكل متناسب مع متوسط الطلب. وبحلول عام 2035، تستمر احتياجات المرونة الموسمية في الشرق الأوسط في النمو، ولكن بمعدل أبطأ قليلًا من معدل زيادة الطلب المتوسط. ويعزى ذلك إلى دمج الطاقة الشمسية الكهروضوئية، التي تتماشى مع أنماط الطلب على التبريد وتساعد في تقليل الحاجة إلى المرونة الموسمية.

## 2. ما دور التبريد في نمو الطلب الأقصى؟

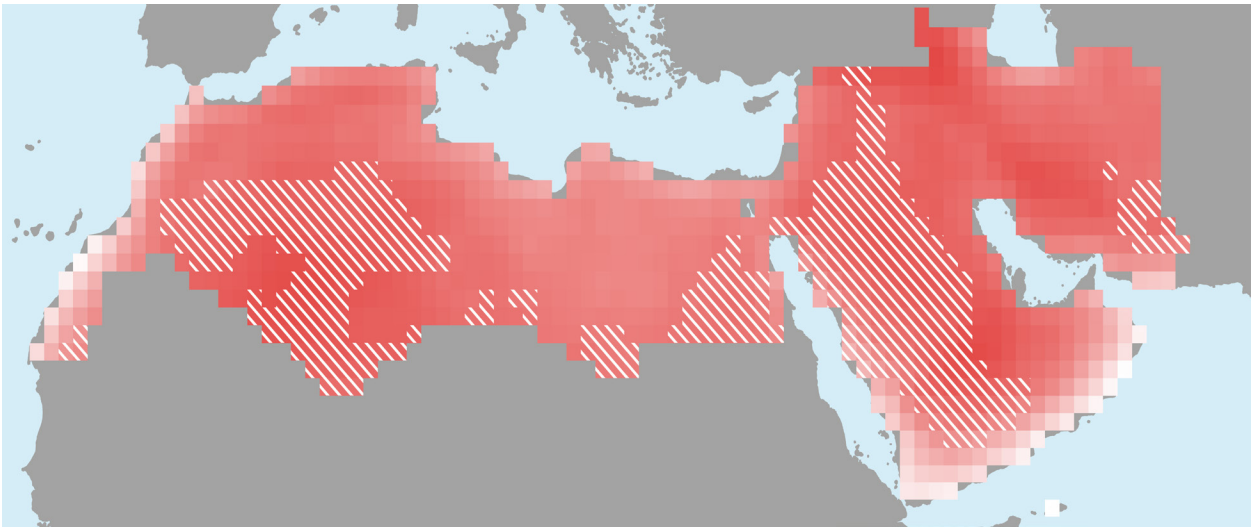
يؤدي مناخ منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، الذي يتميز بدرجات حرارة مرتفعة جدًا خلال النهار في فصل الصيف، إلى طلب كبير ومتزايد على تبريد الأماكن، وهو ما ينعكس بدوره تأثيرًا كبيرًا على استهلاك الكهرباء، وخاصة على إدارة الطلب

IEA. CC BY 4.0.

الأقصى على الكهرباء. تشهد المنطقة بانتظام درجات حرارة صيفية تتجاوز 40 درجة مئوية، وهي من الأعلى عالميًا، مع انخفاض محدود في الليل حين نادرًا ما تنخفض درجات الحرارة دون 25 درجة مئوية. ومع ذلك، تواجه المنطقة أيضًا تباينات موسمية واسعة، حيث تنخفض المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة خلال شهري ديسمبر ويناير بمقدار يتراوح بين 15 إلى 25 درجة مئوية عن ذروة الصيف.

على مدى العقد القادم، من المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة بشكل أكبر في مختلف أنحاء المنطقة، مع زيادة أيام درجات التبريد – وهي مؤشر أساسي على الطلب على التبريد – بنسبة 10%، وهو معدل أسرع مما هو عليه في معظم أنحاء العالم الأخرى. والنتيجة هي ارتفاع درجات الحرارة المتوسطة وزيادة تواتر موجات الحر الشديدة، مما يؤدي إلى موجات حر أكثر تكرارًا. وبما أن ارتفاع درجات الحرارة يرتبط أيضًا بزيادة المخاطر الصحية والوفيات، فإن الحصول على التبريد يعترف به بشكل متزايد باعتباره أولوية حيوية للصحة العامة. تاريخيًا، ارتفع الطلب على التبريد من 190 تيراواط ساعة في عام 2010 إلى نحو 340 تيراواط ساعة اليوم، ومن المتوقع أن يرتفع أكثر ليصل إلى أكثر من 500 تيراواط ساعة بحلول عام 2035 في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، وهو مستوى أعلى من استهلاك فرنسا السنوي للكهرباء.

## الشكل 3.6 التغيرات في متوسط درجة الحرارة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تحت سيناريو SSP2-4.5، 2021-2040



IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تم حساب الزيادة في عدد الأيام التي تتجاوز فيها درجة الحرارة 40 درجة مئوية سنويًا بالمقارنة مع المتوسط للفترة 1995-2014 (الخط الأساسي). يشير سيناريو SSP2-4.5 إلى سيناريو انبعاثات تم استخدامه في التقرير السادس للتقييم الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (AR6)، ويتوافق مع الحد الأعلى لمستويات الانبعاثات المجمعة المحددة في المساهمات المحددة وطنيًا بحلول عام 2030 ويرتبط بتقديرات ارتفاع درجة الحرارة العالمية بحلول عام 2100 إلى حوالي 3 درجات مئوية.

المصدر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة استنادًا إلى [الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (2021)، أطلس الفريق العامل الأول التفاعلي].

IEA. CC BY 4.0.

تؤثر هذه الاتجاهات المناخية بشكل مباشر على أنماط استهلاك الكهرباء في المنطقة، مما يزيد الطلب على التبريد ويبرز الفروق الموسمية. ففي المملكة العربية السعودية، على سبيل المثال، تستخدم أجهزة التكييف بمعدل أقل من 20 ساعة أسبوعيًا في فصل الشتاء، ولكن لأكثر من 60 ساعة أسبوعيًا خلال بقية العام. وعند تقييم الحمل على أساس كل ساعة على مدار العام، يكون الطلب في فصل الصيف أعلى بنسبة 50% من متوسط الشتاء، مما يوضح الصلة القوية بين درجة الحرارة والطلب على الكهرباء. ومع تحطيم أرقام قياسية للطلب الأقصى تقريبًا كل صيف، تظل كفاية النظام – أي ضمان إمكانية تلبية الطلب الأقصى على الكهرباء – تحديًا رئيسيًا لأمن الكهرباء في المنطقة.

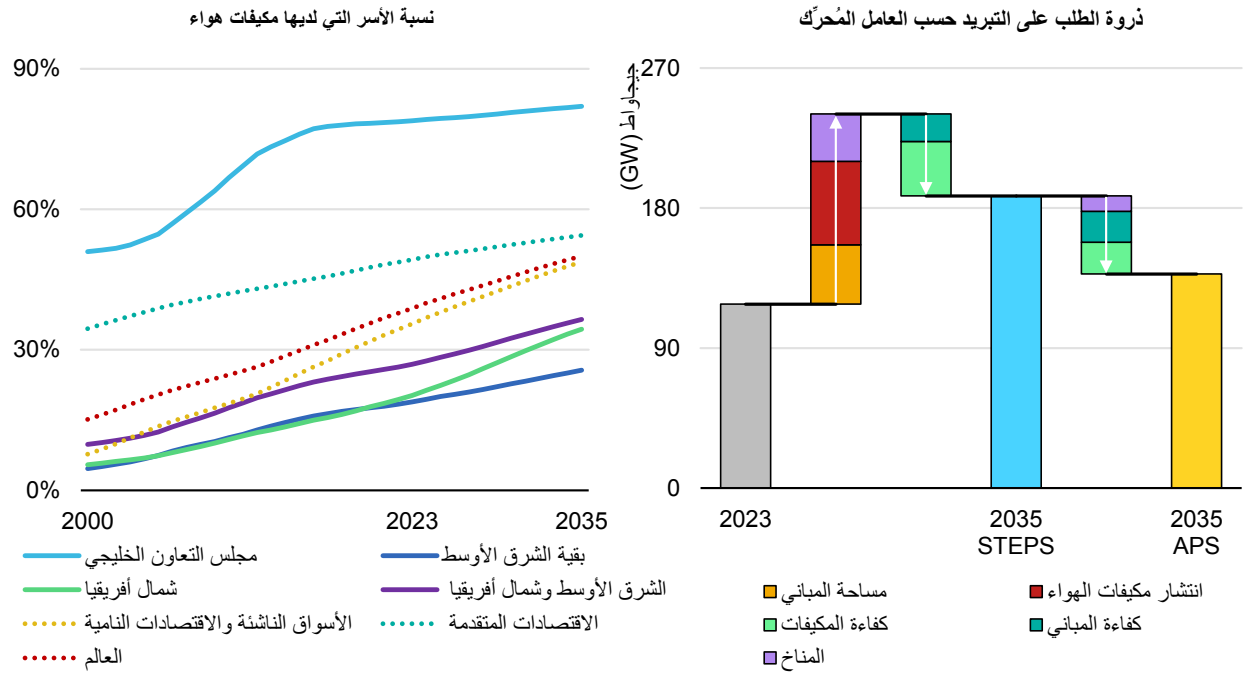
## من المتوقع أن يرتفع الطلب على التبريد بشكل حاد بحلول عام 2035

بلغ الطلب الأقصى على الكهرباء الناتج عن التبريد في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا نحو 120 غيغاواط في عام 2023. وبحلول عام 2035، وبافتراض عدم تحسن عزل المباني أو كفاءة الأجهزة المستخدمة، من المتوقع أن يتضاعف تقريبًا الطلب الأقصى على الكهرباء الناتج عن التبريد.

تفسّر هذه الزيادة السريعة في الطلب بعدة عوامل. أولًا، يزداد عدد الأسر التي تقتني أجهزة تكييف الهواء؛ فبينما بلغت دول مجلس التعاون الخليجي تقريبًا مرحلة الإشباع، حيث تمتلك نحو 80% من الأسر أجهزة تكييف، تستعد بقية دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا لمزيد من النمو. يبلغ متوسط انتشار أجهزة التكييف في المنطقة اليوم نحو 27%، لكن شمال أفريقيا والدول غير الأعضاء في مجلس التعاون الخليجي لا تزال عند مستوى يقارب نصف متوسط الاقتصادات الناشئة والنامية.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 3.7 نسبة الأسر التي تمتلك أجهزة تكييف الهواء وذروة الطلب على التبريد حسب المحرك في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2023-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تعني GCC مجلس التعاون لدول الخليج العربية؛ وتعني Other ME بقية منطقة الشرق الأوسط؛ وتعني MENA منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا؛ وتعني EMDE اقتصاديات الأسواق الناشئة والدول النامية؛ وتعني AE الاقتصادات المتقدمة؛ وتعني AC أجهزة تكييف الهواء؛ وتعني STEPS سيناريو السياسات المعلنة؛ وتعني APS سيناريو التعهدات المعلنة.

قد يتبع نمو امتلاك أجهزة التكييف الاتجاه التاريخي المتمثل في الزيادة المستمرة في الحصول على التبريد، حيث حصل ما معدله 1.1 مليون أسرة على إمكانية التبريد سنويًا منذ عام 2010. أو قد يتسارع هذا النمو أكثر، مدفوعًا بارتفاع الدخل إلى جانب موجات الحر المتكررة، والتي من المتوقع أن تسرّع اعتماد أجهزة التكييف. في تقرير آفاق الطاقة العالمية لعام 2024 (World Energy Outlook 2024)، قدّرنا أن موجات الحر الأكثر تكرارًا والأشد قوة والأطول مدة يمكن أن تزيد الطلب على التبريد بأكثر من 50 تيراواط ساعة في المنطقة، وهو ما يعادل ثلث النمو المتوقع بحلول عام 2035 في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS).

يعدّ التوسع في المساحة البنائية في المنطقة عاملًا آخر يدفع إلى زيادة الطلب على التبريد، حيث من المتوقع إضافة أكثر من 4 مليارات متر مربع بحلول عام 2035 – وهو ما يعادل زيادة بنسبة 30%، أي ما يقارب ضعف معدل نمو السكان. وخلال العقد القادم، بالإضافة إلى زيادة امتلاك أجهزة التكييف، من المتوقع أن تؤدي الزيادات الإضافية في درجات الحرارة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى استخدام أكثر تكرارًا وأشد كثافة لأجهزة التكييف.

IEA. CC BY 4.0.

قد تساعد تحسينات الكفاءة في موازنة هذه الاتجاهات المتنامية جزئيًا. فبحلول عام 2035، من المتوقع أن تكون أجهزة التكييف الجديدة أكثر كفاءة بنسبة 10% مقارنة بالوضع الحالي في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، وترتفع هذه النسبة إلى 15% في سيناريو الطموحات المعلنة (APS)، مما يجعل من الممكن تلبية نفس احتياجات التبريد باستهلاك أقل للكهرباء. وبالاقتران مع تحسين عزل المباني وانخفاض متوقع في معدل ارتفاع درجات الحرارة في سيناريو الطموحات المعلنة، يقلّ نمو الطلب الأقصى على الكهرباء بحلول عام 2035 بأكثر من 50 غيغاواط في سيناريو السياسات المعلنة، وبـ 50 غيغاواط إضافية في سيناريو الطموحات المعلنة (انظر: "كيف يمكن لفرص الكفاءة في المباني أن تساعد في إدارة نمو الطلب على الكهرباء؟").

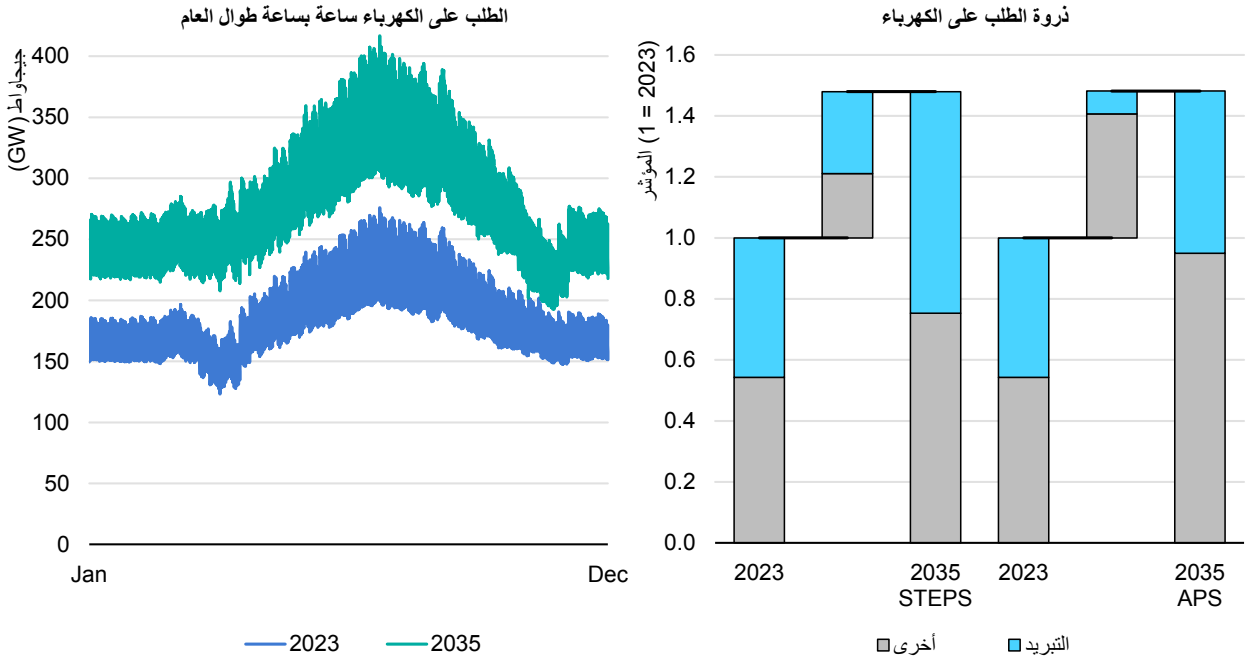
تلعب المعايير الدنيا لأداء الطاقة (MEPS) دورًا رئيسيًا في تنظيم وتحسين كفاءة أجهزة التكييف. ويمكن اتخاذ تدابير أخرى للحد من نمو الطلب الكلي والطلب الأقصى الناتج عن تبريد الأماكن، مثل الترويج لتقنيات تبريد بديلة عالية الكفاءة، وحلول التبريد المركزي، وتصاميم التبريد السلبي من خلال الابتكار المعماري، أو استخدام مواد عاكسة، أو توفير الظل الفعال. ففي دولة الإمارات العربية المتحدة، على سبيل المثال، تحد اللوائح من الحد الأدنى لإعداد درجة الحرارة في أجهزة التكييف السكنية والتجارية إلى 20 درجة مئوية. وقد وضعت عدة دول في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، بما في ذلك مصر والأردن ولبنان والمغرب، خطط عمل وطنية للتبريد أو تعمل على تطويرها. وتساعد هذه الأطر الدول في التعامل مع الطلب المتزايد على التبريد في مختلف القطاعات.

## يعدّ التبريد المحرك الرئيسي وراء نمو الطلب الأقصى على الكهرباء حتى عام 2035

من المتوقع أن يستمر الطلب الأقصى على الكهرباء في الارتفاع بحلول عام 2035 في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، بزيادة قدرها 50% فوق مستويات عام 2023، أي ما يعادل نحو 125 غيغاواط على مستوى المنطقة. يمثل تبريد الأماكن اليوم ما يقرب من نصف الطلب الأقصى، ومن المتوقع أن يحافظ على حصة مماثلة حتى عام 2035. كما يسهم التبريد بأكثر من نصف نمو إجمالي الطلب الأقصى على الكهرباء حتى عام 2035 – أي أكثر من إجمالي إسهامات الاستخدامات الأخرى في قطاعات المباني والصناعة مجتمعة.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 3.8 الملف الزمني للطلب على الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب الساعة، ونسبة التبريد المكافئ من ذروة الطلب على الكهرباء في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، لعامي 2023 و2035.**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: يشير STEPS إلى سيناريو السياسات المعلنة، ويشير APS إلى سيناريو التعهدات المعلنة. تمثل ذروة الطلب متوسط مستوى الطلب خلال أعلى 100 ساعة في السنة من حيث الطلب على الكهرباء. تعكس ملفات الطلب حسب الساعة الانخفاض في الاستهلاك خلال شهر رمضان، الذي صادف شهري مارس–أبريل في عام 2023، ومن المقرر أن يصادف شهر نوفمبر في عام 2035.

يؤدي تركز الطلب على التبريد خلال أشهر الصيف الحارة إلى أن تكون حصته من الطلب الأقصى على الكهرباء أكثر من ضعف حصته من إجمالي الطلب على الكهرباء. ويبرز ذلك الحاجة إلى إدارة الزيادة في الطلب على التبريد لضمان أنظمة كهرباء آمنة ومرنة في المنطقة. في سيناريو الطموحات المعلنة (APS)، تساعد مكاسب الكفاءة الأقوى في تعويض جزء من نمو الطلب على التبريد. ونتيجة لذلك، يكون إسهام التبريد في نمو الطلب الأقصى أقل بكثير (أقل من ثلث إسهامه في سيناريو السياسات المعلنة STEPS)، غير أن ذلك يقابله ارتفاع في إسهام المركبات الكهربائية في الطلب الأقصى، مما يبقي نمو الطلب الأقصى الإجمالي عند مستويات مماثلة.

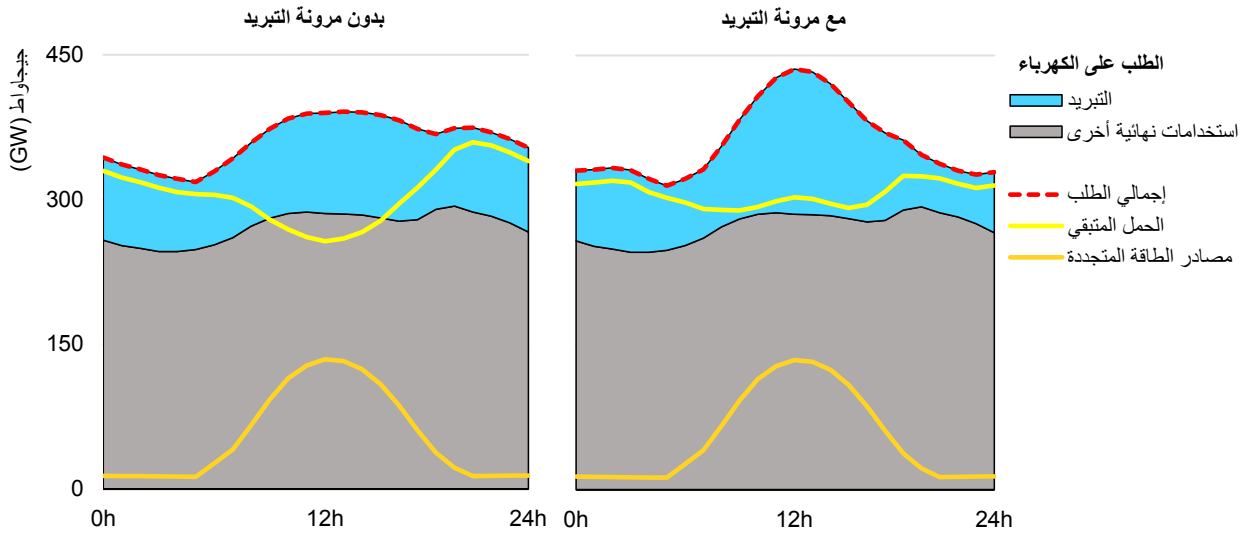
## يمكن لعمليات التبريد أن تدعم دمج الطاقة المتجددة، مما يوفر إمكانية لزيادة مرونة النظام

يعد التبريد محركًا لنمو الطلب الأقصى في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، لكنه يمثل أيضًا فرصة لدعم دمج توليد الطاقة من المصادر المتجددة. يصل الطلب على التبريد إلى ذروته في منتصف النهار، متزامنًا مع الحد الأقصى لإنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية. وبحلول عام 2035، يتطابق منحنى الطلب على التبريد جزئيًا مع إنتاج الطاقة الشمسية

IEA. CC BY 4.0.

الكهروضوئية، مما يخفف جزءًا من الزيادة اليومية الاعتيادية، لكنه لا يعوض بالكامل الزيادة الإجمالية في الإنتاج. ونتيجة لذلك، ينخفض الحمل المتبقي (الطلب على الكهرباء مطروحًا منه إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح) بشكل حاد في منتصف النهار، مما يستدعي من محطات الطاقة القابلة للتحكم تقليل إنتاجها ويزيد من متطلبات مرونة النظام.

**الشكل 3.9 منحنى الحمل اليومي المتوسط في فصل الصيف وإمكانيات المرونة في التبريد ضمن سيناريو السياسات المعلنة لعام 2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: يشير STEPS إلى سيناريو السياسات المعلنة.

يمكن أن يوفر التبريد إمكانات كبيرة لتحقيق المرونة. وبناءً على القصور الحراري للمباني – أي قدرتها على الحفاظ على درجات حرارة داخلية مستقرة نسبيًا، على سبيل المثال من خلال العزل – يمكن تحويل أحمال الطلب خلال اليوم بفترات تتراوح بين عشرات الدقائق وحتى عدة ساعات. كما يمكن لأنظمة التبريد المتقدمة أن تستفيد من أنظمة تخزين حراري، يمكنها استخدام الماء أو المواد الصلبة أو آليات تخزين أخرى لتحويل الأحمال على مدى فترات زمنية أطول بكثير.

عند تفعيل هذه خيارات المرونة، يمكن تحويل استهلاك الكهرباء الإضافي الناتج عن التبريد ليكون أقرب إلى منتصف النهار، مما يتيح الاستفادة من ذروة إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية دون الحاجة إلى مرونة كبيرة من المولدات التقليدية. وبحلول عام 2035 في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، يمكن لمرونة التبريد أن تقلل التفاوتات اليومية في الحمل المتبقي إلى أكثر من النصف، من 100 غيغاواط إلى أقل من 40 غيغاواط. ونتيجة لذلك، تقل الحاجة إلى دورات تشغيل

IEA. CC BY 4.0.

من محطات الطاقة التقليدية، مما يخفض التفاوت اليومي في إنتاجها من أكثر من 30% إلى 12% فقط. وتكتسب هذه المرونة أهمية أكبر في الأنظمة التي تحتوي على حصص أعلى من الطاقة المتجددة، حيث يمكن أن يؤدي الإنتاج الكبير من الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح إلى تقليص الإمداد. وتقلل مرونة التبريد في النهاية من إمكانية التقليص وكذلك من الضغط على الشبكة إذا تم تركيب الطاقة الشمسية الكهروضوئية بالقرب من مراكز الطلب على التبريد. وفي النهاية، يحد تركيب الألواح الشمسية على الأسطح من العبء على الشبكة، بينما يحفّز الأحمال المرنة داخل المبنى على التكيف مع أنماط إنتاج الكهرباء الخاصة به.

## 3. كيف يمكن لفرص تعزيز الكفاءة في المباني أن تساعد في إدارة نمو الطلب على الكهرباء؟

يشكّل قطاع المباني، بما في ذلك القطاعات السكنية والخدمية، حصةً رئيسية من الزيادة في استهلاك الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث يتوقع أن يسهم بما يقرب من 30٪ من النمو المرتقب في الاستهلاك النهائي للطاقة خلال الفترة من 2023 إلى 2035. وتؤدي المباني دورًا أكبر نسبيًا في الطلب على الكهرباء، إذ تستحوذ على ثلثي الطلب الإقليمي في عام 2023. ومن المتوقع أن يساهم الاستخدام المتزايد للكهرباء في المباني — بما في ذلك التدفئة والتبريد والإضاءة والأجهزة الكهربائية، بالإضافة إلى مراكز البيانات ومحطات التحلية — بنسبة 70٪ من نمو الطلب الإقليمي على الكهرباء خلال هذه الفترة. وسيكون الحفاظ على التركيز المستمر على كفاءة الطاقة أمرًا حاسمًا لإدارة هذا النمو.

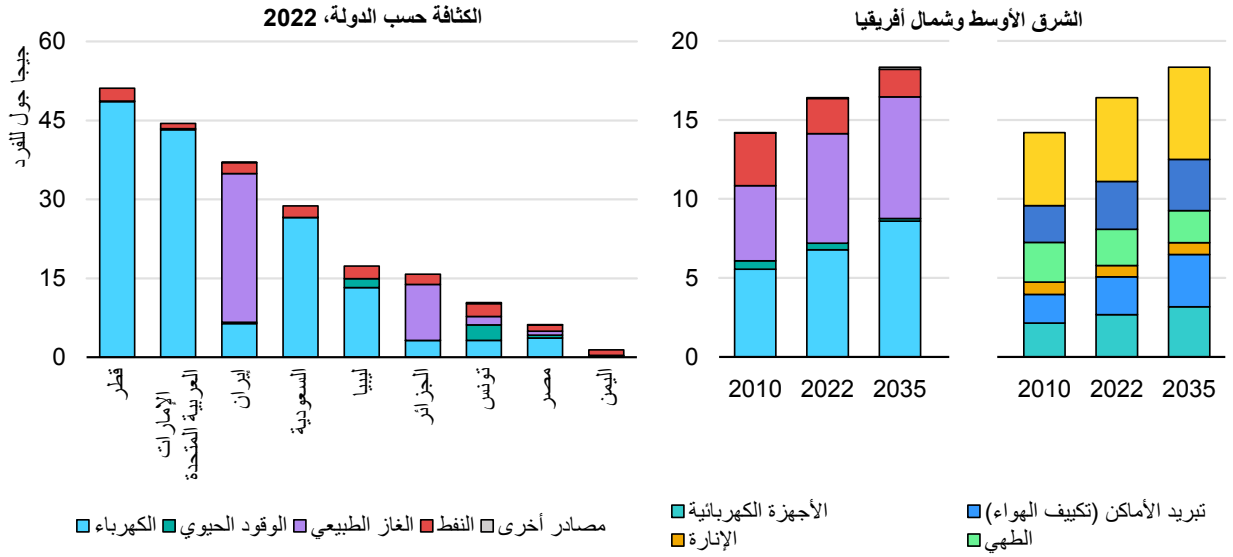
تبلغ كثافة استهلاك الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا نحو 50% أعلى من المتوسط المسجل في المباني في اقتصادات الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية. ومع ذلك، توجد فروق كبيرة في مستويات استخدام الطاقة في المباني بين دول المنطقة. فعند نحو 100 غيغا جول للفرد، بلغ استهلاك الطاقة في المباني في سلطنة عمان نحو ستة أضعاف متوسط المنطقة في عام 2022، في حين كان في اليمن نحو جزء من اثني عشر من المتوسط الإقليمي.

تعد حصة الكهرباء من الطاقة المستهلكة في المباني مرتفعة للغاية في دول مجلس التعاون الخليجي؛ إذ تمت تلبية أكثر من 90% من احتياجات الطاقة في المباني بالكهرباء في كل من البحرين والكويت وقطر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة في عام 2022. وعلى النقيض من ذلك، لا تلبي الكهرباء في إيران سوى 17% من احتياجات قطاع المباني من الطاقة، حيث يغطّى معظم الطلب باستخدام الغاز الطبيعي.

IEA. CC BY 4.0.

ومن بين الاستخدامات المختلفة، يشكّل التبريد والأجهزة المنزلية الحصة الأكبر من استهلاك الكهرباء، حيث يستهلكان معًا أكثر من 70% من الكهرباء المستخدمة في المباني في عام 2023. كما يسهمان بالقدر الأكبر (من حيث القيمة المطلقة) في نمو الطلب حتى عام 2035. أما الطهي والتدفئة والتسخين المائي، فلا تزال إلى حد كبير غير مكهربة، وتعتمد أساسًا على النفط والغاز الطبيعي.

**الشكل 3.10 كثافة استهلاك الطاقة في المباني حسب نوع الوقود والدولة في عام 2022، ومتوسط كثافة الاستهلاك في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب الاستخدام النهائي ونوع الوقود في سيناريو السياسات المعلنة للفترة من 2010 إلى 2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: يشير STEPS إلى سيناريو السياسات المعلنة .تشمل الوقود الحيوي النفايات، وتشمل المصادر الأخرى الفحم والطاقة الشمسية الحرارية. في هذا الشكل، لا تشمل فئة المباني مراكز البيانات ومنشآت التحلية.

## تلعب الكفاءة دورًا أساسيًا في إدارة نمو الطلب على الكهرباء.

يساهم قطاع المباني مساهمة محورية في دفع نمو الطلب على الكهرباء، مما يجعل الكفاءة في استخدام الطاقة محور تركيز رئيسي نظرًا للدور الذي يمكن أن تؤديه في الحد من الزيادات المستقبلية في الاستهلاك.

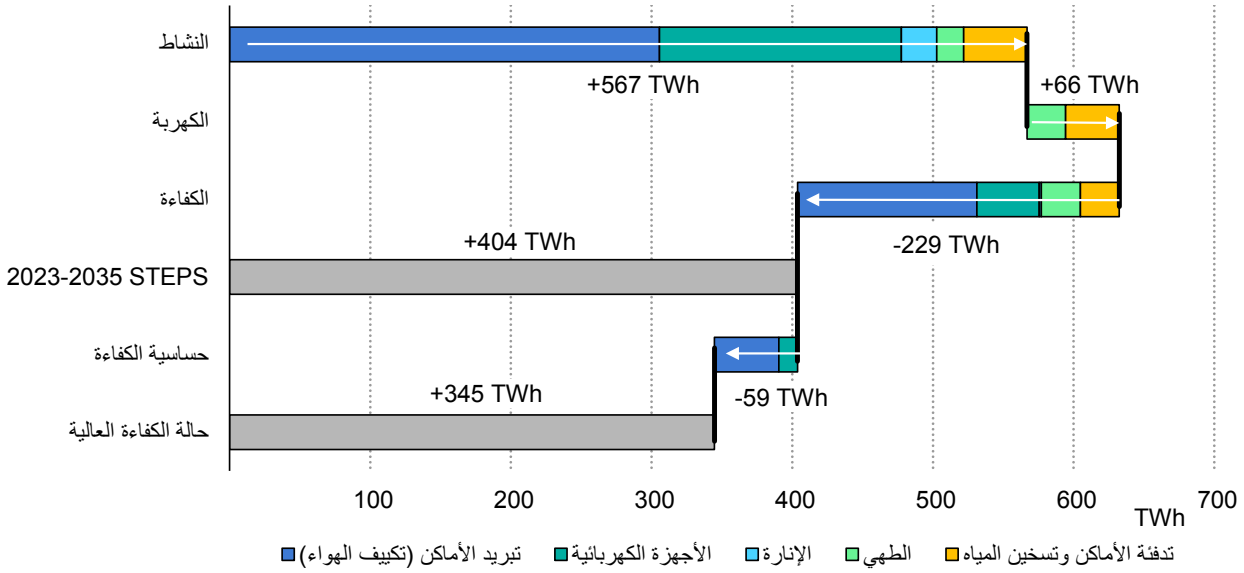
بلغ استهلاك الكهرباء في المباني في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (باستثناء مراكز البيانات وتحلية المياه) نحو 915 تيراواط ساعة في عام 2023. ومن المتوقع أن تؤدي الزيادة في العوامل المحفزة للنشاط — مثل عدد السكان، والمساحات المبنية، ونصيب الفرد من الدخل، وامتلاك المكيفات والأجهزة الكهربائية — إلى دعم نمو يعادل 60% من الطلب الحالي، أي ما يقارب 570 تيراواط ساعة بحلول عام 2035. ويأتي معظم هذا النمو من التبريد (306 تيراواط ساعة)

IEA. CC BY 4.0.

والأجهزة الكهربائية (172 تيراواط ساعة). وترتبط هذه العوامل بارتفاع الطلب على خدمات مثل التبريد، ويمكن تقليل الزيادة المقابلة في الطلب على الطاقة من خلال تحسين الكفاءة.

كما أن زيادة التحول الكهربائي في الطبخ والتدفئة والتسخين المائي تؤدي إلى ارتفاع إضافي في الطلب على الكهرباء حتى عام 2035. ورغم أن هذا التحول يزيد من استهلاك الكهرباء، إلا أنه من المهم ملاحظة أنه يؤدي إلى خفض في إجمالي الطلب على الطاقة، لأن التقنيات الكهربائية — مثل مواقد الطهي — تكون عادةً أكثر كفاءة من التقنيات التي تحل محلها.

**الشكل 3.11 تحليل نمو الطلب على الكهرباء في المباني حسب العوامل المحركة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ضمن سيناريو السياسات المعلنة خلال الفترة 2023–2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: يشير STEPS إلى سيناريو السياسات المعلنة.

تلعب تحسينات الكفاءة دورًا مهمًا في تعويض جزء من النمو المتوقع في الطلب. فمن المقرر أن تؤدي مكاسب الكفاءة إلى تقليل الزيادة في الطلب بنحو 230 تيراواط ساعة بين عامي 2023 و2035، أي ما يزيد على ثلث النمو غير المخفف في سيناريو السياسات المعلنة.(STEPS) علاوة على ذلك، يمكن للتحسينات الأسرع في كفاءة التبريد والأجهزة أن تخفف ما يقارب 60 تيراواط ساعة إضافية من الطلب على الكهرباء، وفقًا لحالة الحساسية عالية الكفاءة المستندة إلى تحليل تقرير توقعات الطاقة العالمية لعام 2024 الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة. ويفترض هذا التحليل تطبيق معايير أداء الطاقة الإلزامية (MEPS)على نطاق واسع إلى جانب برامج وضع الملصقات في الأسواق الناشئة واقتصادات الدول النامية، بما يشجع الشركات المصنعة على توحيد المنتجات عالية الكفاءة والتخلص تدريجيًا من المنتجات غير الكفوءة.

IEA. CC BY 4.0.

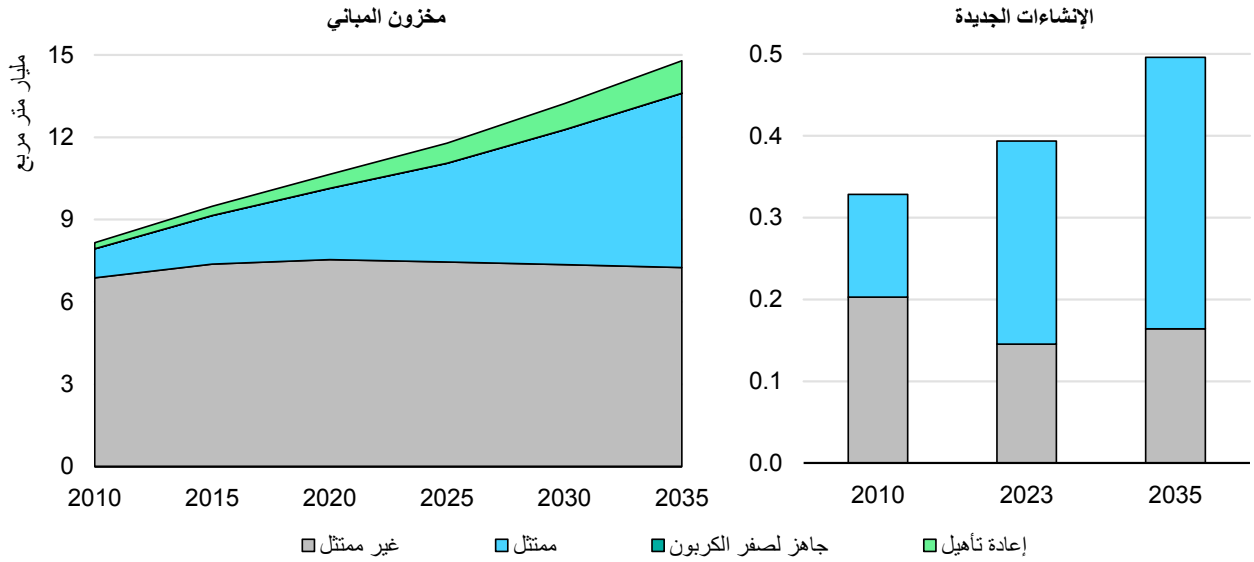
## يمكن أن تؤدي نظم البناء ومعايير كفاءة الأجهزة دورًا رئيسيًا في تشكيل آفاق الكفاءة في مختلف أنحاء المنطقة.

يمكن أن تؤدي السياسات، مثل نظم البناء للمباني الجديدة والمجددة، بالإضافة إلى معايير الأداء وبرامج الحوافز الخاصة بالأجهزة، دورًا رئيسيًا في دعم التقدم في كفاءة استخدام الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ومع ذلك، ونظرًا للتنوع الكبير في مستويات تطور الأسواق الحالية وتنفيذ السياسات عبر البلدان، تختلف مجالات الأولوية للعمل بشكل واسع.

تنمو المساحات المبنية بسرعة في المنطقة. فقد توسعت المساحات السكنية بمعدل سنوي متوسط يزيد على 2.5% خلال الفترة من 2010 إلى 2023، مقارنة بمعدل نمو عالمي يقل عن 2.0% سنويًا خلال الفترة نفسها. ومن المتوقع أن يستمر هذا الاتجاه، حيث يتوقع أن تنمو المساحات السكنية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بنسبة تقارب 2.3% سنويًا خلال الفترة من 2023 إلى 2035، في حين يتباطأ المتوسط العالمي إلى 1.6% سنويًا، لتزداد المساحات السكنية الإجمالية من نحو 11 مليار متر مربع في عام 2023 إلى ما يقرب من 15 مليار متر مربع في عام 2035. لدى العديد من دول المنطقة، وإن لم تكن جميعها، انظمة تنظم الأداء الطاقوي للمباني الجديدة. ونظرًا لسرعة وتيرة البناء، يمكن أن يكون لهذه الانظمة تأثير كبير على الطلب المتوقع على الطاقة لأغراض التدفئة والتبريد خلال هذه الفترة.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 3.12 المباني السكنية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حسب نوع الغلاف الخارجي للمبنى، للمباني القائمة والجديدة، ضمن سيناريو السياسات المعلنة خلال الفترة 2010–2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: يشير STEPS إلى سيناريو السياسات المعلنة.

من المتوقع أن تستمر نسبة المساحات المبنية غير الملتزمة بانظمة البناء في المنطقة بالانخفاض حتى عام 2035، مع تراجع المساحات غير الملتزمة تدريجيًا من حيث الحجم المطلق. ومن المنتظر أن تزداد نسبة البناء الجديد الملتزم بانظمة البناء، إذ ارتفعت نسبة المساحات السكنية الجديدة المزودة بكود طاقة من 38% في عام 2010 إلى 63% في عام 2023، مع توقع مزيد من الزيادة لتصل إلى 67% بحلول عام 2035. كما يتوقع أن يرتفع معدل البناء الجديد السنوي ليصل إلى 500 مليون متر مربع مضافة في عام 2035، مقارنة بـ 390 مليون متر مربع في عام 2023. ومن المتوقع أن يصاحب هذا الارتفاع أيضًا زيادة في حجم البناء غير الملتزم، حيث ترتفع المستوطنات العشوائية بشكل طفيف مع زيادة الإضافات في المساحات المبنية.

على الرغم من أن بعض انظمة البناء في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تستهدف كلاً من البناء الجديد والتجديدات الكبرى، فإن هذه القوانين تغطي عادة المباني التجارية والعامة الكبيرة فقط، مما يحد من تأثيرها في خفض استهلاك الطاقة ضمن سيناريو السياسات المعلنة (STEPS). ويمكن لعمليات التجديد أن تؤدي دورًا أكبر في الحد من الطلب على الطاقة إذا تم توسيع نطاق انظمة البناء ليشمل معظم المباني السكنية التي تخضع للتجديد أو لتغيير الملكية.

IEA. CC BY 4.0.

## الجدول 3.1 السياسات الرئيسية لكفاءة الطاقة في قطاع المباني في بعض الدول المختارة

| الدولة | قوانين البناء | تبريد الأماكن | | التبريد والتجميد | | تسخين المياه | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MEPS | الحوافز | MEPS | الحوافز | MEPS | الحوافز |
| الجزائر | ● | ● | ○ | ● | ○ | ○ | ○ |
| مصر | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ◑ |
| إيران | ● | ● | ○ | ● | ○ | ○ | ○ |
| العراق | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| الأردن | ● | ● | ◑ | ● | ◑ | ○ | ○ |
| لبنان | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ● |
| المغرب | ● | ● | ○ | ● | ○ | ○ | ○ |
| عُمان | ○ | ● | ○ | ● | ○ | ○ | ○ |
| السعودية | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ● |
| الإمارات العربية المتحدة | ● | ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ |

سياسة مُطبَّقة ● مُطبَّقة ○ غير مُطبَّقة

ملاحظات: تشير MEPS إلى معايير أداء الطاقة الدنيا. تشير أكواد البناء إلى المتطلبات الإلزامية المطبقة على الإنشاءات الجديدة.
بالنسبة إلى الحوافز، يشير الرمز (●) إلى حوافز مباشرة للمستهلكين (مثل الحسومات، والإعانات، والمنح)، بينما يشير الرمز (◑) إلى دعم غير مباشر (مثل حوافز المنتجين، والقروض منخفضة الفائدة، وبرامج شركات الخدمات).

تشمل السياسات المتعلقة بالأجهزة الكهربائية المنزلية مثل المكيفات والثلاجات وسخانات المياه الحد الأدنى لمعايير كفاءة الطاقة (MEPS) والحوافز المالية لشراء المعدات الأكثر كفاءة. وفي حين يمكن أن تكون معايير الكفاءة الصارمة كافية لتحقيق مكاسب في الكفاءة في الاقتصادات المتقدمة، فإن الحوافز المالية تميل إلى أن تكون أكثر تأثيرًا في دفع تحسين الكفاءة في الأسواق الناشئة. وقد نفذت عدة دول في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا خلال السنوات الأخيرة برامج دعم، وخطط استبدال للأجهزة القديمة، وائتمانات ضريبية، وقروضًا تفضيلية.

في المملكة العربية السعودية، أطلقت مبادرة استبدال مكيفات النوافذ في عام 2022، والتي تقدم مبلغ 1000 ريال سعودي (267 دولارًا أمريكيًا) لتشجيع المواطنين على استبدال مكيفات النوافذ القديمة وغير الكفوءة بنماذج جديدة عالية الكفاءة. كما قدمت الحكومة السعودية تعريفات كهربائية تفضيلية وائتمانات ضريبية لمضخات الحرارة المساعدة بالطاقة الشمسية. وفي الأردن، يوفر مرفق تمويل الاقتصاد الأخضر خط ائتمان للمؤسسات المالية المحلية، مما يمكّن المستهلكين من الحصول على قروض تصل إلى 120 دينارًا أردنيًا (170 دولارًا أمريكيًا) لشراء المكيفات والثلاجات. أما في دولة الإمارات العربية المتحدة، فتدعم الحكومة الأسر ذات الدخل المنخفض من خلال برنامج للرعاية الاجتماعية يوفر معونة نقدية لمرة واحدة لشراء المكيفات.

IEA. CC BY 4.0.

يزداد عدد دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا التي تنظم مستويات كفاءة المكيفات الجديدة. وكما تمت الإشارة، فعلى الرغم من أن التبريد يمكن أن يسهم بنسبة كبيرة في زيادة الطلب على الكهرباء نتيجة ارتفاع الطلب الأساسي على خدمات التبريد، فإن تحسينات الكفاءة تساعد في الحد بدرجة كبيرة من نمو الطلب على الكهرباء لأغراض التبريد بشكل خاص.

تعد المملكة العربية السعودية من بين دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا الأكثر شمولًا في تطبيق سياسات كفاءة الطاقة في المباني. فإلى جانب انظمة الطاقة الخاصة بالمباني، تمتلك المملكة معايير دنيا للكفاءة في التبريد والتبريد التجاري، وكانت أول دولة في المنطقة تضع معايير كفاءة دنيا لتسخين المياه. كما تعد السعودية مثالًا جيدًا على الديناميكية داخل المنطقة؛ إذ تعود معايير الكفاءة الدنيا للثلاجات وغسالات الملابس إلى عام 2007، لكنها كانت اختيارية في ذلك الوقت. وقد تحسنت صرامة هذه المعايير لاحقًا عبر عدة مراحل من التنفيذ في عامي 2018 و2021، وتمت مراجعتها أخيرًا في العام الماضي، لضمان استمرار تطويرها ودعم تحقيق مزيد من المكاسب في الكفاءة.

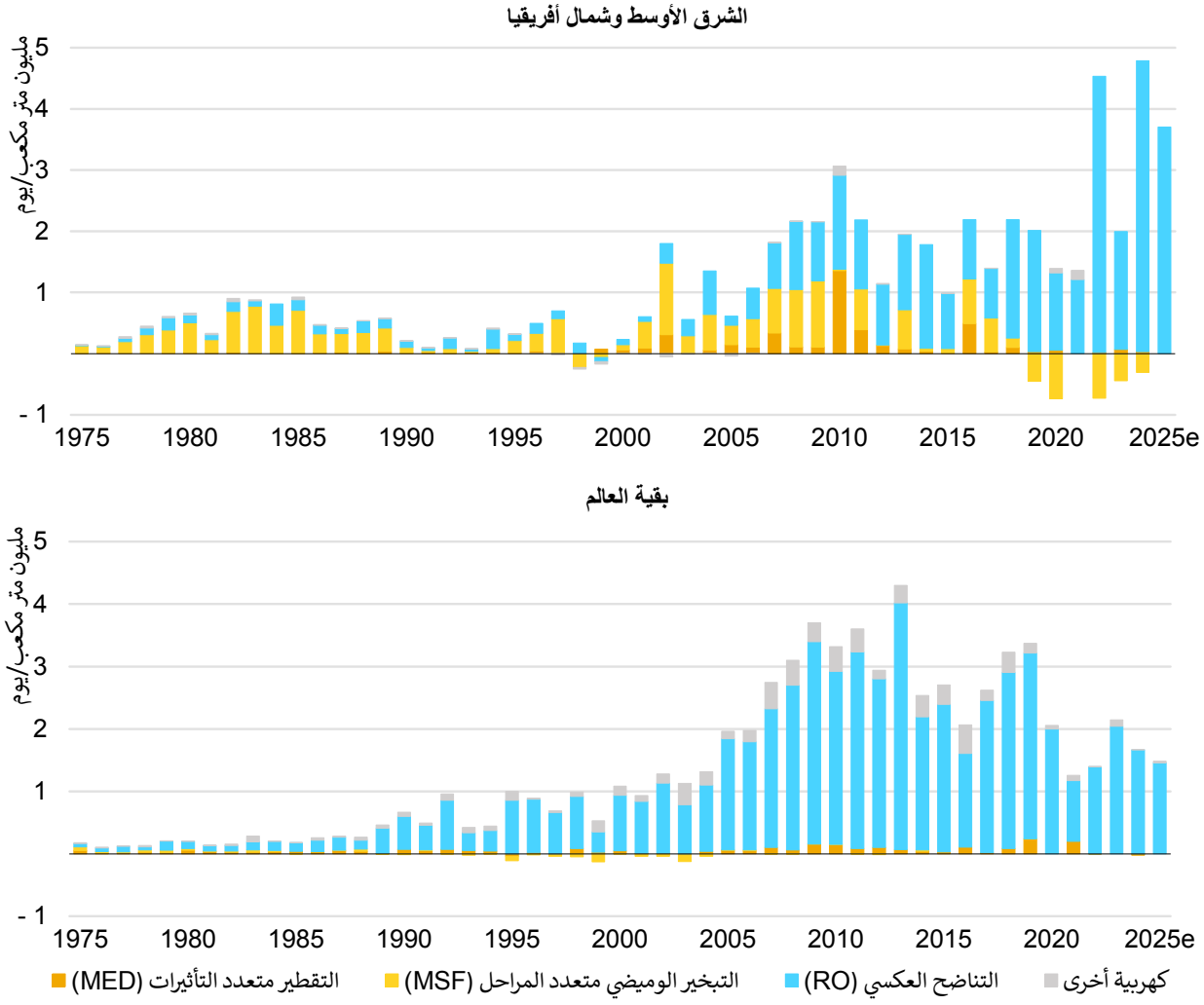
بينما يشهد مشهد سياسات الكفاءة في المنطقة تحسنًا عامًا، لا تزال هناك العديد من الفجوات، كما أن عدة دول لا تمتلك معايير مطبقة أو حوافز مناسبة تشجع على اعتماد التقنيات الكفوءة. وبعد تنفيذ هذه المعايير، يجب تعزيز صرامتها بشكل أكبر لتحقيق وفورات إضافية ودعم أمن نظام الكهرباء.

## 4. كيف ستؤثر تقنيات تحلية المياه الجديدة وتزايد شح المياه على الطلب على الكهرباء؟

تلعب تحلية المياه دورًا كبيرًا في استهلاك الطاقة في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. إذ تقع أكثر من 40% من القدرة العالمية المركبة للتحلية في المنطقة، منها نحو 15% في المملكة العربية السعودية وحدها. ويؤدي تزايد الإجهاد المائي وأنماط الاستخدام غير المستدامة في المنطقة إلى نمو سريع في الطلب على التحلية. وتتمثل عملية التحلية في إزالة الملوحة من مياه البحر لجعلها صالحة للاستهلاك البشري والزراعة والاستخدامات الأخرى، وهي عملية كثيفة استهلاك الطاقة. وتمثل التحلية حاليًا نسبة مهمة من الطلب على الغاز في المنطقة (أكثر من 5% من الطلب على الغاز الطبيعي في عام 2010، انخفضت إلى نحو 4% في عام 2023). وفي السنوات الأخيرة، بدأ إنشاء قدرات تحلية جديدة يعتمد بشكل متزايد على تقنيات التحلية الكهربائية عالية الكفاءة في استخدام الطاقة، وهو تحول من المتوقع أن يعيد تشكيل توقعات الطلب على الطاقة المرتبطة بها بشكل ملحوظ.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 3.13 صافي الإضافات في قدرات تحلية المياه حسب التقنية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وبقية أنحاء العالم، خلال الفترة 1975–2025**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: تقديرات عامي 2024 و2025.

المصدر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة (IEA) استنادًا إلى بيانات GWI DesalData.

## تتحول تقنيات تحلية المياه إلى خيارات كهربائية أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة، يمكنها استخدام طاقة أقل بمقدار عشرة أضعاف.

هيمنت تقنيات التحلية الحرارية مثل التقطير متعدد التأثير (MED) والتقطير الوميضي متعدد المراحل (MSF) تاريخيًا على الحصة الأكبر من القدرة التحلية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. وتعتمد هذه التقنيات في الأساس على الغاز الطبيعي لتوليد الحرارة اللازمة لعمليات التحلية (مع استخدام بعض النفط، خصوصًا في دول الخليج)، إضافةً إلى استخدام كمية من الكهرباء لأغراض الضخ والمعالجة المسبقة واللاحقة للمياه.

IEA. CC BY 4.0.

توجد أكبر مرافق تحلية المياه في العالم في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، وغالبًا ما تكون مرتبطة بإنتاج الكهرباء وتضم مراحل متعددة وأنواعًا مختلفة من الوقود، بل وتجمع أحيانًا بين تقنيات تحلية متعددة في موقع المشروع ذاته. ومن أبرز الأمثلة على ذلك مجمع الشعيبة لتوليد الكهرباء وتحلية المياه في المملكة العربية السعودية الذي يعمل بالنفط، حيث توفر المرحلة الثالثة من المشروع وحدها قدرة تحلية تصل إلى 0.88 مليون متر مكعب يوميًا. كما تجمع المصانع الهجينة بين تقنيات التحلية المختلفة، مثل مشروع رأس الخير في السعودية الذي يضم وحدات من نوع التقطير الوميضي متعدد المراحل (MSF) وأغشية التناضح العكسي، بطاقة إجمالية تتجاوز مليون متر مكعب يوميًا. أما أكبر محطة تحلية حرارية في دولة الإمارات العربية المتحدة، فهي محطة جبل علي M بطاقة 0.636 مليون متر مكعب يوميًا، وتستخدم الغاز وقودًا أساسيًا (مع الديزل كخيار احتياطي)، بينما تستخدم محطة الطويلة في الإمارات مزيجًا من تقنيتي التقطير الوميضي متعدد المراحل والتناضح العكسي.

على مدى العقود الأخيرة، ازدادت حصة تقنيات التحلية المعتمدة على الأغشية التي تعمل بالكهرباء، ولا سيما تقنية التناضح العكسي، بسرعة كبيرة، مما غيّر مشهد التحلية في المنطقة بشكل جذري. وقد تمت إضافة آخر قدرات جديدة من محطات التقطير الوميضي متعدد المراحل (MSF) والتقطير متعدد التأثير (MED) في المنطقة عام 2018. وتشكل محطات التناضح العكسي وغيرها من محطات الأغشية الآن أكثر من 60% من القدرة المركبة في المنطقة، وتشمل جميع الإضافات المتوقعة حتى عام 2035. ومن أمثلة المحطات الكبرى في المنطقة محطة رابغ 3 المستقلة لتحلية المياه التابعة لشركة "أكوا باور" في المملكة العربية السعودية، والتي يمكنها إنتاج 600 ألف متر مكعب يوميًا من المياه المحلاة.

أصبحت تقنيات الأغشية الآن الخيار المفضل بفضل كفاءتها العالية في استهلاك الطاقة، خصوصًا مع تضاعف كفاءة أغشية التناضح العكسي أكثر من مرتين بين عامي 1980 و2008. تستخدم محطات التناضح العكسي لمياه البحر نحو 11 إلى 22 ميغا جول من الطاقة الكهربائية لكل متر مكعب من المياه المحلاة المنتجة (أي ما يعادل 3 إلى 6 كيلوواط ساعة لكل متر مكعب). وتتميز بعض دول المنطقة، مثل العراق والأردن، بحصة أكبر من التحلية باستخدام المياه المالحة الخفيفة، والتي تتطلب نصف كمية الطاقة تقريبًا مقارنة بتحلية مياه البحر باستخدام التناضح العكسي، نظرًا لانخفاض تركيز الأملاح فيها. ويمكن للتطور المستمر في تقنيات الأغشية أن يعزز مكاسب الكفاءة أكثر. فحد الكفاءة الثرموديناميكية لأغشية التناضح العكسي أصبح قريبًا جدًا من التحقيق في الأبحاث المخبرية، إلا أن التحسينات ما زالت تتحقق في المحطات الفعلية على أرض الواقع. فعلى سبيل المثال، يمكن للترشيح النانوي أن يوفر ما يصل إلى 30% من استهلاك الطاقة في

IEA. CC BY 4.0.

عمليات التناضح العكسي عند استخدامه كمرحلة معالجة مسبقة. ومع ذلك، يمكن لعوامل أخرى أن تقلل من كفاءة العملية أو المحطة، مثل ارتفاع ملوحة المياه، أو ازدهار الطحالب الضارة، أو الحاجة لتصريف المياه المالحة (الرجيع الملحي) لمسافات طويلة — وكلها عوامل تنطبق جزئيًا على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، وبخاصة المحطات الواقعة على البحر الأحمر. أما في المناطق ذات الوصول المحدود إلى البحر، فإن ضخ المياه المحلاة إلى مراكز الاستهلاك الداخلية البعيدة يقلل من الكفاءة الإجمالية للنظام.

تختلف كفاءة محطات التحلية الحرارية بدرجة كبيرة، حيث تكون محطات التقطير متعدد التأثير (MED) أكثر كفاءة قليلًا من محطات التقطير الوميضي متعدد المراحل(MSF) ، لكنها قد تستهلك طاقة تزيد بمقدار عشرة أضعاف تقريبًا (حوالي 250 ميغا جول لكل متر مكعب من الماء) مقارنة بمحطات التناضح العكسي لتشغيل عملية التحلية الحرارية الأساسية. كما تتطلب هذه المحطات كميات من الكهرباء لتشغيل مراحل إضافية مختلفة، بما في ذلك سحب المياه، والمعالجة المسبقة واللاحقة، وتصريف المياه المالحة (الرجيع الملحي)، وأنظمة التحكم، وتستهلك عادة ما بين 7 إلى 14 ميغا جول من الطاقة الكهربائية لكل متر مكعب من المياه لهذه الخطوات

## قد تتضاعف قدرة تحلية المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا أربع مرات بحلول عام 2035، بينما ينمو الطلب على الطاقة بوتيرة أبطأ بفضل الاعتماد المتزايد على الكهرباء

من المتوقع أن تستمر قدرة تحلية المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بالنمو السريع خلال العقد المقبل، مع اعتماد شبه كامل على تقنيات الأغشية في هذا التوسع. وقد وضعت عدة دول في المنطقة أهدافًا وطنية طموحة لزيادة قدراتها في مجال التحلية. فعلى سبيل المثال، تهدف المغرب إلى رفع إنتاجها إلى 1.7 مليار متر مكعب سنويًا بحلول عام 2030، ارتفاعًا من نحو 0.32 مليار متر مكعب سنويًا حاليًا. وفي أماكن أخرى من المنطقة، تشمل المشاريع الكبرى المخطط لها أو قيد الإنشاء حاليًا مشروع العقبة–عمّان لتحلية المياه ونقلها، والذي سيزوّد ثلاثة ملايين شخص بـ 300 مليون متر مكعب من المياه سنويًا بحلول عام 2029.

يعرض هذا التقرير حالتين محتملتين لتوقع النمو المستقبلي في الطلب الناتج عن تحلية المياه:

- الحالة الأولى تتوقع نمو قدرات التحلية المركبة استنادًا إلى الاتجاهات الحالية والأهداف والمشاريع قيد التنفيذ، مع استمرار نمو قدرات التحلية إلى ما بعد عام 2035. ويعتمد هذا الإطار في سيناريو السياسات المعلنة (STEPS).

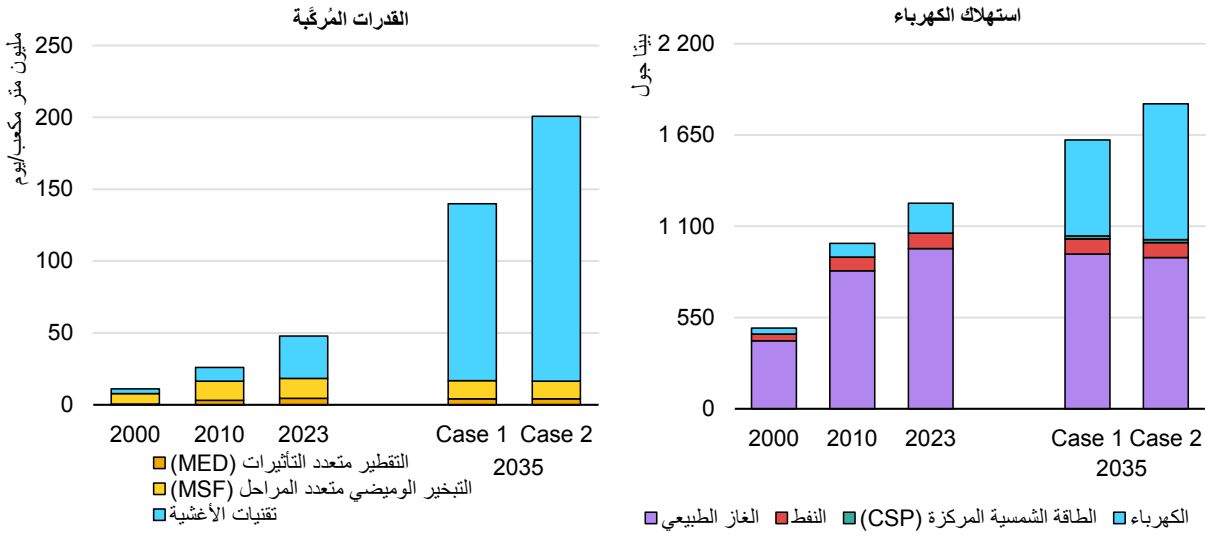
IEA. CC BY 4.0.

- تحاكي الحالة الثانية سيناريو بديلًا يعتمد تسريع وتيرة تبني قدرات التحلية، خصوصًا في المناطق الأكثر معاناة من شح المياه، إلى جانب الإسراع في التخلص من التقنيات الحرارية لصالح تقنية التناضح العكسي الأكثر كفاءة.

في الحالة الأولى، من المتوقع أن تزيد قدرة تقنيات الأغشية بأكثر من أربعة أضعاف خلال الفترة من 2023 إلى 2035. وخلال الفترة نفسها، تنخفض قدرة التقنيات الحرارية بنحو 10%، حيث تستبدل المحطات الحرارية التي وصلت إلى نهاية عمرها التشغيلي عادةً بتقنيات أكثر كفاءة. ومن عام 2023 إلى عام 2035، يتوقع أن يزداد استهلاك الكهرباء السنوي للتحلية بأكثر من ثلاثة أضعاف في الحالة الأولى، من 50 تيراواط ساعة (180 بيتاجول) إلى أكثر من 160 تيراواط ساعة (580 بيتاجول). أما في الحالة الثانية، فيتوقع نمو إضافي في الطلب على الكهرباء بنحو 67 تيراواط ساعة (240 بيتاجول) بحلول عام 2035.

يبلغ الطلب على الغاز الطبيعي لأغراض التحلية ذروته خلال العقد الحالي، ثم يبدأ بالانخفاض مع خروج المحطات القديمة من الخدمة. ومع ذلك، وبسبب انخفاض كفاءة المحطات الحرارية، سيظل الغاز على الأرجح مصدر الطاقة الرئيسي لعمليات التحلية حتى عام 2035، وخصوصًا في الحالة الأولى.

**الشكل 3.14 القدرات المركبة لتحلية المياه حسب التقنية (يسار) والاستهلاك حسب مصدر الطاقة (يمين) في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، خلال الفترة 2000-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: MED = التحلية متعددة التأثيرات (Multi-Effect Distillation) MSF = التحلية متعددة المراحل بالوميض (Multi-Stage Flash) CSP = الطاقة الشمسية المركزة (Concentrating Solar Power) تشمل التقنيات الغشائية تقنية التناضح العكسي.

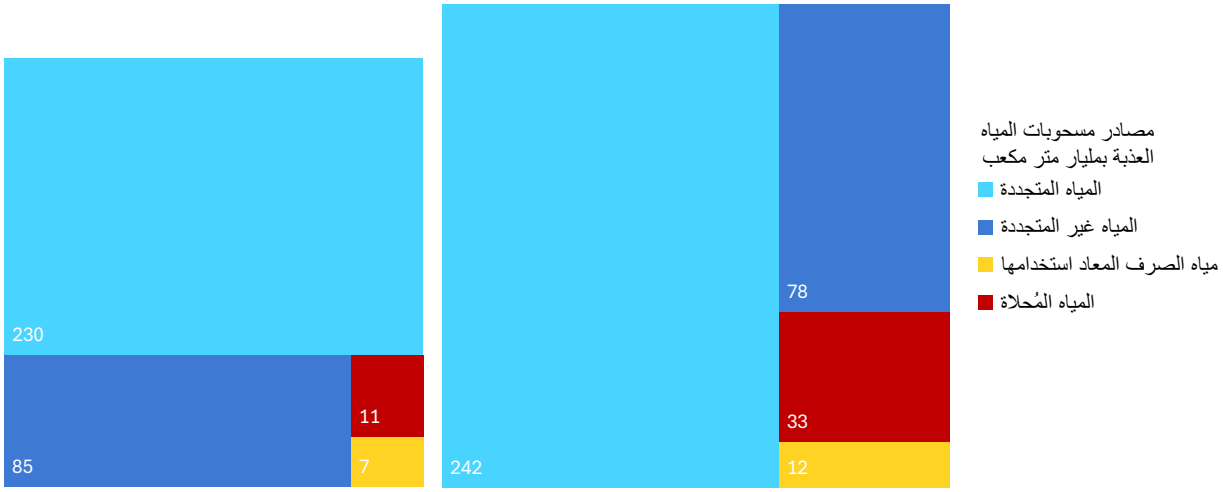
المصدر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة استنادًا إلى بيانات GWI DesalData

IEA. CC BY 4.0.

قد يكون للنمو السريع في تحلية المياه باستخدام تقنيات الأغشية آثار أوسع على الطلب على الكهرباء. فعلى الرغم من أن التحلية لم تستخدم حتى الآن على نطاق واسع ضمن استراتيجيات الاستجابة للطلب، إلا أن لديها القدرة على المساهمة في مرونة الطلب مع توسع قدراتها، خاصة بالتوازي مع ازدياد حصة الطاقة المتجددة المتغيرة. وعندما تدمج محطات التحلية مع مرافق لتخزين المياه، يمكن نقل تشغيلها ليتماشى مع فترات ذروة إنتاج الطاقة، في حين يمكن جدولة أعمال الصيانة وتقليل الإنتاج المائي خلال فترات انخفاض إنتاج الطاقة المتجددة.

قد تواجه الزيادة السريعة في عمليات تحلية المياه في المنطقة بعض العقبات. فالتكلفة تعد عاملًا محتملًا مثبطًا في عدة دول، خاصة في الأماكن التي تواجه قيودًا على الاستثمارات. كما أن الرجيع الملحي المركز، وهو منتج جانبي لعملية التحلية، يمكن أن يسبب أضرارًا بيئية إذا لم تتم إدارته بشكل صحيح. أما البنية التحتية مثل أنظمة التوزيع، إلى جانب القضايا العملية مثل التصاريح وتنظيم قطاع المياه — وكلها عوامل رئيسية تمكّن من تطوير مشاريع التحلية — فلا تزال بحاجة إلى مزيد من التطوير في بعض الدول.

**الشكل 3.15 السحوبات من مصادر المياه العذبة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في سيناريو السياسات المعلنة لعام 2023 (يسار) والمتوقعة لحالة 1 في عام 2035 (يمين)**




IEA. CC BY. 4.0.

المصدر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة (IEA) استنادًا إلى نظام المعلومات العالمي لمنظمة الأغذية والزراعة حول المياه والزراعة (فاو أكواستات) وبيانات GWI DesalData.

IEA. CC BY 4.0.

## تعزى الزيادة السريعة في الطلب على تحلية المياه إلى تفاقم شح المياه والاستخراج غير المستدام للمياه الجوفية غير المتجددة.

تعاني جميع دول منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تقريبًا من درجات متفاوتة من شح المياه، حيث يتجاوز الطلب على المياه في كثير من الأحيان حجم الإمدادات، أو تحدّ جودة المياه المتدنية من إمكانية استخدامها. ومع ذلك، فإن الصورة ليست موحدة؛ إذ تختلف وفرة المياه باختلاف الدول وعبر الزمن. ومع ذلك، فإن ندرة المياه العذبة تدفع نحو استثمارات كبيرة في البنية التحتية المائية في جميع أنحاء المنطقة، وتزداد الحاجة الملحّة للتحرك بسبب النمو السكاني المتوقع، وتغير المناخ وأنماط الطقس، وتصاعد التوترات الجيوسياسية (في ظل استمرار الاعتماد على تدفقات المياه العابرة للحدود).

تبرز أنماط استخدام المياه غير المستدامة الحالية الحاجة إلى مزيد من الاستثمارات. إذ يأتي نحو ربع عمليات سحب المياه في المنطقة من مصادر مياه غير متجددة (وتعرف أيضًا باسم "المياه الأحفورية"). وعلى المدى الطويل، يؤدي هذا الاستخدام إلى استنزاف أنظمة المياه الجوفية العذبة، خاصة في شبه الجزيرة العربية، حيث يتوقع أن تستنفد الأجزاء القابلة للاستغلال من المخزونات الجوفية الرئيسية بالكامل خلال 60 إلى 90 عامًا.

وعلى الرغم من ضخ استثمارات كبيرة في قدرات التحلية وما يصاحبها من استهلاك طاقة مرتفع، فإن المياه المحلاة لا تمثل سوى 3% من كميات المياه المسحوبة في المنطقة حاليًا، ومن المتوقع أن ترتفع إلى 9% بحلول عام 2035. ومع أن التحلية تعد ضرورية لتلبية الاحتياجات الأساسية مثل مياه الشرب والاستخدام البلدي، إلا أنها لا يمكن أن تحل بمفردها مشكلة شح المياه في المنطقة.

يجرى تنفيذ مجموعة واسعة من الاستثمارات في البنية التحتية للمياه، تشمل التحلية، إلى جانب تخزين المياه، وخطوط الأنابيب، ومعالجة مياه الصرف الصحي، وأجهزة قياس المياه، وتحديث المكونات القديمة أو المتسربة. ويمكن للاستثمارات الرامية إلى تحسين البنية التحتية وتقليل التسرب أن تساهم في تلبية احتياجات المياه والمساعدة في الحد من نمو الطلب على التحلية. خلال الفترة بين عامي 2013 و2023، تم منح عقود بقيمة 115 مليار دولار أمريكي لمشاريع البنية التحتية المائية في المنطقة. ومن هذا الإجمالي، بلغت النفقات على مشاريع التحلية مستوى يقارب الإنفاق على معالجة المياه، أي نحو 27 مليار دولار أمريكي. كما يمكن لإجراءات مثل حصاد مياه الأمطار، وزيادة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي، والإدارة المتكاملة للموارد المائية، والاستخدام الأكثر كفاءة للمياه أن تساعد أيضًا في التخفيف من حدة شح المياه.

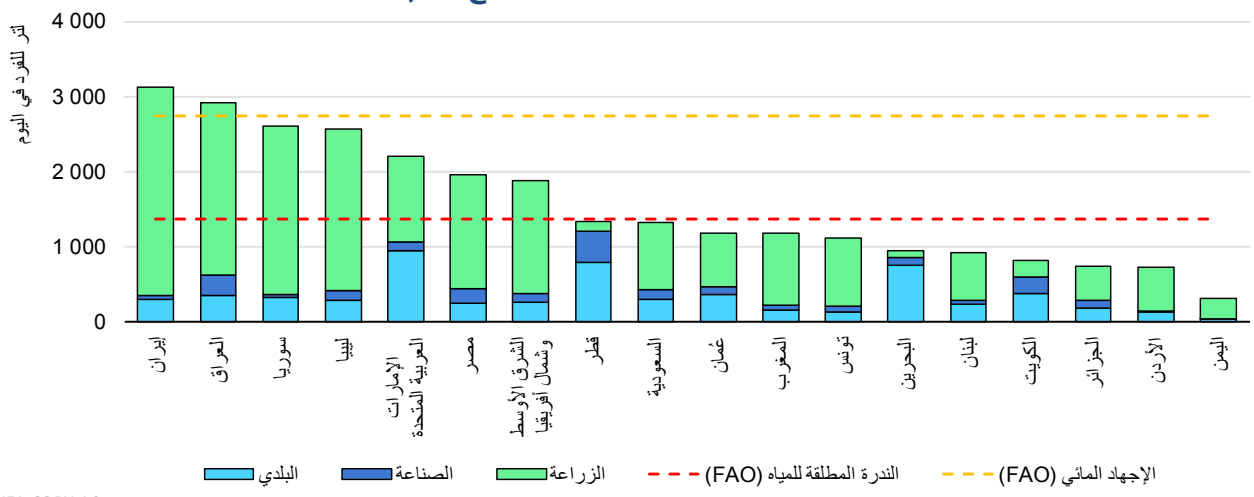
IEA. CC BY 4.0.

## تختلف أنماط استخدام المياه، وقدرات التحلية، واحتياجات الطلب المستقبلية اختلافًا كبيرًا من دولة إلى أخرى.

توجد اليوم اختلافات كبيرة في معدلات استخدام المياه بين دول المنطقة. فمن بين 17 دولة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، هناك 15 دولة يقل فيها نصيب الفرد من سحب المياه عن عتبة الإجهاد المائي التي حددتها منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو). ومن بين هذه الدول، هناك 11 دولة تقع عند مستوى الندرة المطلقة للمياه أو دونه. وفي هذه الدول على وجه الخصوص، من المرجح أن يرتفع الطلب على المياه بشكل كبير مع تطوير وتحسين البنية التحتية لإمداداتها.

يعد القطاع الزراعي عادةً أكبر مستهلك فردي للمياه في معظم دول المنطقة، باستثناء بعض الدول الصغيرة جغرافيًا مثل البحرين وقطر التي تمتلك زراعة محدودة. وبينما تستخدم المياه المحلاة عادة لأغراض بلدية (كمياه الشرب) وصناعية، فإن ارتفاع كفاءة التحلية وانخفاض تكلفتها يفتحان المجال لاستخدامها في الري في بعض الحالات. فعلى سبيل المثال، تعد محطة الدار البيضاء الكبرى لتحلية المياه في المغرب — التي يجري إنشاؤها حاليًا والمقرر بدء تشغيلها في عام 2028 — مشروعًا ضخمًا لإنتاج 300 مليون متر مكعب من المياه سنويًا، سيتم تخصيص 50 مليون متر مكعب منها للاستخدام الزراعي.

**الشكل 3.16 السحوبات اليومية من المياه العذبة حسب البلد والقطاع، لعام 2023**




IEA. CC BY. 4.0.

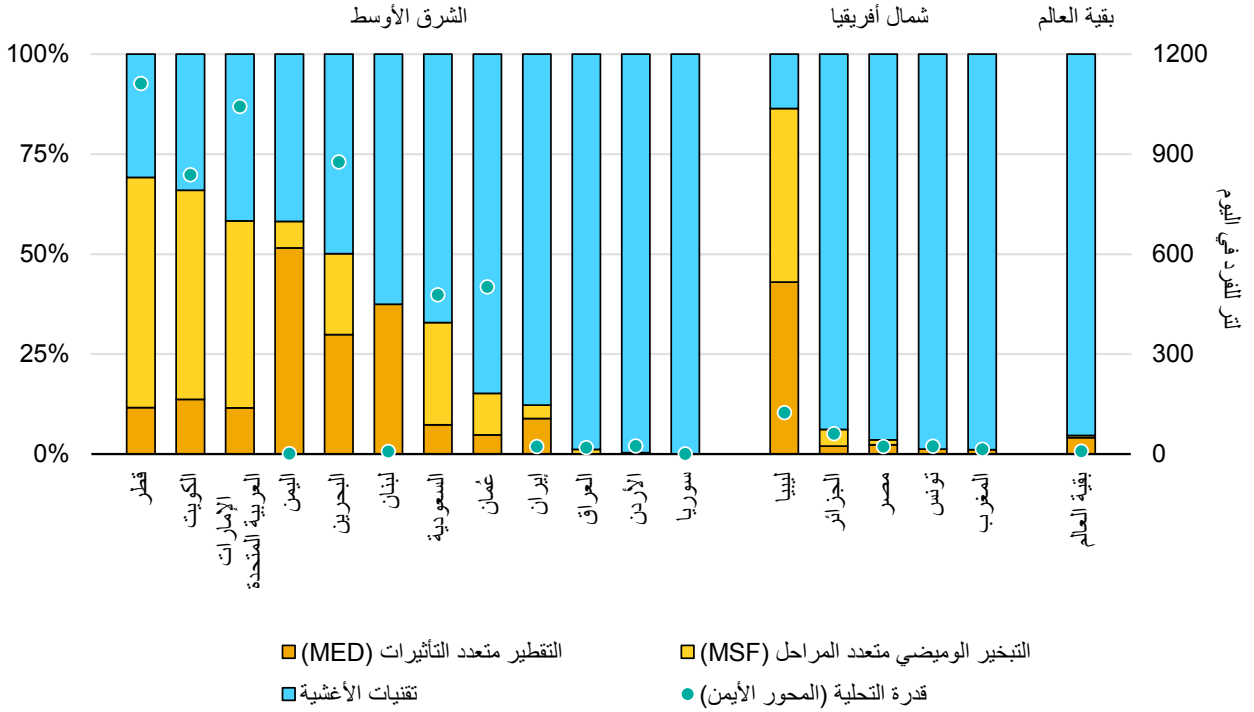
ملاحظات: يشير اختصار MENA إلى منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.
المصدر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة (IEA) استنادًا إلى بيانات نظام الفاو أكواستات ومعهد الموارد العالمية.

تختلف القدرة الإجمالية المركبة لتحلية المياه بشكل كبير بين دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. إذ تستحوذ أربع دول خليجية — السعودية والإمارات والكويت وقطر — على 70% من إجمالي القدرة المركبة في المنطقة، وتشكل السعودية

IEA. CC BY 4.0.

وحدها أكثر من ثلث هذه القدرة. وعلى أساس نصيب الفرد، يكون التباين أكبر بكثير، حيث تتراوح القدرة بين ما يقرب من 500 لتر في اليوم للفرد الواحد إلى أكثر من 1100 لتر في اليوم للفرد بين دول مجلس التعاون الخليجي الست. وفي المقابل، تبقى القدرة في معظم بقية دول المنطقة دون 30 لترًا في اليوم للفرد. كما تختلف مستويات نشر التكنولوجيا الحالية بدرجة كبيرة، إذ تسود تقنيات التقطير الوميضي متعدد المراحل (MSF) والتقطير متعدد التأثير (MED) في عدة دول منتجة للوقود الأحفوري، مثل الكويت وقطر والإمارات واليمن، في حين تمتلك دول أخرى نسبًا أعلى بكثير من القدرة المعتمدة على تقنيات التناضح العكسي التي تعمل بالكهرباء.

**الشكل 3.17 حصص القدرات المركبة لتقنيات تحلية المياه وإجمالي القدرة المركبة لتحلية المياه للفرد حسب الدولة، لعام 2023**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: RoW = باقي أنحاء العالم. تشمل التقنيات الغشائية تقنية التناضح العكسي.

المصدر: تحليل الوكالة الدولية للطاقة استنادًا إلى بيانات GWI DesalData



IEA. CC BY 4.0.

# 5. ما الدور الذي تلعبه شبكات الربط الكهربائي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا؟

تم تطوير أنظمة الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تاريخيًا بشكل منفصل عن بعضها البعض. غير أن تزايد الطلب على الكهرباء، وتنويع مصادر الطاقة — ولا سيما السعي لتحقيق أهداف طموحة في مجال الطاقة المتجددة — وتعزز التعاون الجيوسياسي، كلها عوامل دفعت باتجاه مزيد من التكامل الإقليمي. وتضم المنطقة اليوم عددًا من شبكات الربط الكهربائي القائمة وتلك التي ما زالت قيد التطوير، وتعمل على مستويات مختلفة من حيث النطاق والفعالية. وتشمل هذه الشبكات الإقليمية التي تربط عدة دول، إلى جانب خطوط الربط الثنائي الرئيسية المصممة لتعزيز تبادل الطاقة بين دول محددة.

## نظرة عامة على شبكات الكهرباء الإقليمية القائمة

تمثل شبكة مجلس التعاون الخليجي (GCC Grid) مبادرة مهمة للربط الكهربائي تربط بين أنظمة الطاقة في كل من البحرين، والعراق، والكويت، وعمان، وقطر، والمملكة العربية السعودية، والإمارات العربية المتحدة. وقد أطلقت هذه المبادرة وتدار من قبل هيئة الربط الخليجي التي تأسست عام 2001 بهدف تخطيط وبناء وتشغيل وصيانة بنية الربط التحتية.

قسم المشروع في بدايته إلى ثلاث مراحل. ففي المرحلة الأولى، التي اكتملت عام 2009، أنشأت هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون النظام الشمالي للربط من خلال ربط شبكات الكهرباء في كل من البحرين والكويت وقطر والمملكة العربية السعودية. وشمل ذلك بناء شبكة كهرباء بجهد 400 كيلوفولت تمر عبر الكويت وقطر والسعودية، إضافة إلى مد كابل بحري بقدرة 400 كيلوفولت إلى البحرين، ومحول تيار مباشر عالي الجهد (HVDC) يربط نظام التردد 60 هرتز في السعودية بأنظمة التردد 50 هرتز في باقي دول مجلس التعاون.

أما المرحلة الثانية، التي اكتملت عام 2011، والمرحلة الثالثة، التي اكتملت عام 2014، فقد قامتا بتمديد شبكة الربط لتصل إلى عمان والإمارات العربية المتحدة عبر خط نقل هوائي بقدرة 220 كيلوفولت، مما دمج النظامين الجنوبي والشمالي

IEA. CC BY 4.0.

في شبكة إقليمية موحدة بطول 950 كيلومترًا. وتبلغ القدرة الإجمالية لهذا الربط 2.4 غيغاواط، ويضم خطوط نقل عالية الجهد، ومحطات تحويل، وأنظمة تعويض القدرة التفاعلية، مع اختلاف سعات الربط من بلد لآخر.

تربط شبكة المشرق مجموعة واسعة من الدول، تشمل مصر، العراق، الأردن، لبنان، ليبيا، سوريا، تركيا، الضفة الغربية وقطاع غزة. وقد بدئ الربط في عام 1988 بين مصر والعراق والأردن وسوريا وتركيا، ثم توسع لاحقًا ليشمل ليبيا ولبنان والضفة الغربية وقطاع غزة. وفي البداية، وقعت كل دولة اتفاقية تلتزم فيها بتحديث نظام الكهرباء لديها ليصل إلى معايير دنيا مشتركة. وبعد أربع سنوات، في أكتوبر 1992، وقعت الدول الخمس الأصلية اتفاقية تجارة عامة للمساعدة المتبادلة من خلال تبادل فائض الكهرباء في المنطقة. وتبع ذلك في عام 1996 توقيع اتفاقية للربط الطاقي الإقليمي، تحدد الشروط والأحكام المنظمة لاستخدام الربط الكهربائي بين الدول.

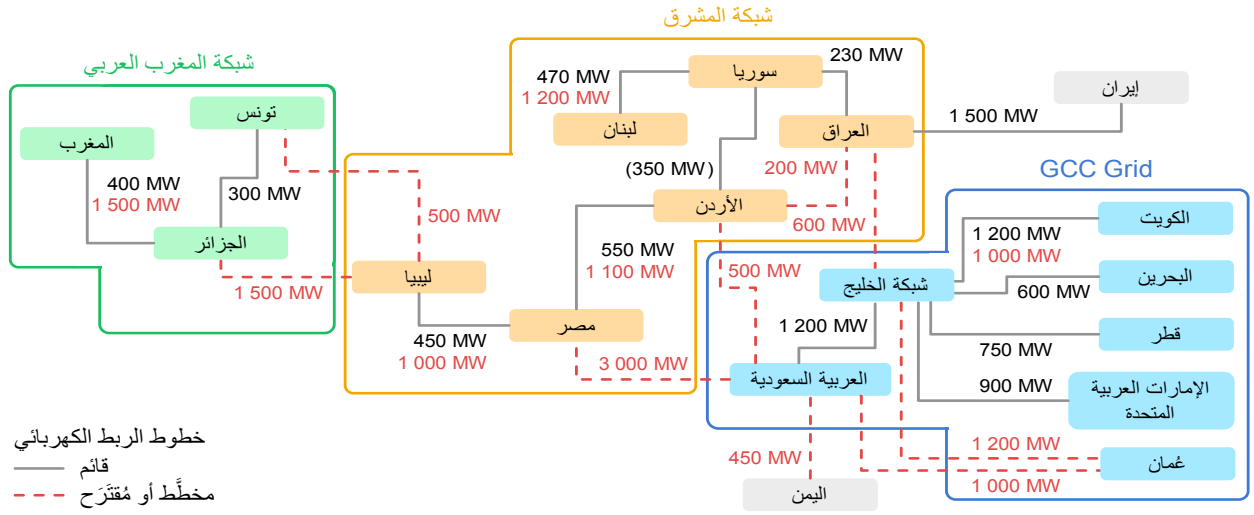
صممت شبكة المشرق لتمكين التشغيل المتزامن وتبادل الكهرباء بين الدول المشاركة، وتعزيز التجارة الاقتصادية في مجال الكهرباء، وتحسين موثوقية أنظمة الطاقة، وتأسيس قاعدة لسوق كهرباء إقليمي في المستقبل. وتستخدم الشبكة بشكل رئيسي خطوط نقل بتيار متناوب بجهد 400 كيلوفولت لدعم عمليات نقل الطاقة عالية السعة وعبر مسافات طويلة. وتعمل الدول المشاركة وفق تردد 50 هرتز، مع استخدام آليات تزامن عند الحاجة. وتعد مصر محورًا رئيسيًا في هذه الشبكة، حيث ترتبط بالأردن وليبيا من خلال خطوط ربط بقدرة 400 كيلوفولت، كما تتصل الأردن بسوريا مما يمد الشبكة باتجاه لبنان والعراق، إلا أن هذا الربط واجه انقطاعات نتيجة عدم الاستقرار الإقليمي.

في شمال إفريقيا، تسهّل شبكة المغرب العربي، التي بدأت في الخمسينيات، تجارة الكهرباء بين الجزائر وليبيا والمغرب وتونس. وفي عام 1997، تم ربطها بشبكة الكهرباء الأوروبية عبر كابلين بحريين بجهد 400 كيلوفولت بين المغرب وإسبانيا، بقدرة إجمالية تبلغ 1.4 غيغاواط، مما أتاح تبادل الكهرباء مع أوروبا ودعم صادرات الطاقة المتجددة في المغرب واستيرادها أثناء ذروة الطلب. وفي عام 2003، وقّعت المفوضية الأوروبية ووزراء الطاقة في دول المغرب العربي بروتوكولًا لإنشاء سوق طاقة إقليمي متكامل مع الاتحاد الأوروبي، استهدف معالجة قضايا التعرفة وشبكات الربط عبر الحدود وآليات التعويض. وبحلول عام 2010، وقّعت "إعلان الجزائر" الذي التزمت فيه دول المغرب العربي بمواءمة الأطر القانونية والتنظيمية والفنية لإنشاء سوق كهرباء شفاف وعادل ومفتوح. ومع ذلك، تراجع تطور السوق عن التوقعات، إذ ظلت أحجام التجارة بين الدول، وخاصة بين المغرب والجزائر، محدودة مقارنة بطاقة الربط المتاحة، التي تعمل أساسًا عند جهد

IEA. CC BY 4.0.

400 كيلوفولت، مع خطوط إضافية بقدرة 220 و90 كيلوفولت توفر مرونة تشغيلية. وتستمر هذه الروابط في خدمة أمن الإمدادات بشكل أساسي أكثر من دعم التبادل التجاري الفعلي للطاقة.

**الشكل 3.18 الربط الكهربائي الحالي والمقترح مستقبلاً حتى عام 2035**




ملاحظة: إن وصلة الربط الكهربائي بين ليبيا ومصر غير نشطة حالياً

إلى جانب شبكات الربط الإقليمية القائمة، تشهد منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إنشاء عدد من خطوط الربط الكهربائي الثنائية. ويعد مشروع الربط الكهربائي بين مصر والمملكة العربية السعودية مثالًا بارزًا على ذلك، إذ يمثل مبادرة رائدة تهدف في المقام الأول إلى تعزيز تبادل الكهرباء بشكل كبير بين هاتين الدولتين الرئيستين في مجال الطاقة، ومن المقرر أن يبدأ تشغيله خلال هذا العام. ويهدف هذا المشروع الطموح إلى تحقيق قدرة تبادل كهربائي إجمالية تبلغ 3 غيغاواط، ويعد أول مشروع ربط مباشر عالي الجهد يعمل بالتيار المستمر على نطاق واسع في المنطقة، حيث يمتد لمسافة تقدّر بنحو 1300 كيلومتر، ومن المتوقع أن يعود بالنفع على أكثر من 20 مليون شخص في كلا البلدين.

## التحديات والعوائق أمام الربط الكهربائي

يواجه توسيع شبكات الربط الكهربائي الإقليمية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا عدة تحديات. إذ تلعب العوامل السياسية والجيوسياسية دورًا مهمًا، حيث تعيق المنافسات القائمة وحالات عدم الاستقرار التعاون بين الدول. ويعتمد نجاح التكامل في سوق الكهرباء على الدعم السياسي والثقة والالتزام طويل الأمد، وهي عوامل يصعب تحقيقها في ظل المشهد السياسي المعقد الذي يميز المنطقة.

IEA. CC BY 4.0.

تشكل التحديات الاقتصادية أيضًا عقبات كبيرة، خاصة بسبب ارتفاع التكاليف الأولية المرتبطة بتطوير البنية التحتية لشبكات الكهرباء. وتتفاقم هذه التحديات بسبب عوامل مثل انخفاض الكثافة السكانية، مما يؤدي إلى وجود مسافات طويلة بين نقاط الشبكة. بالإضافة إلى ذلك، قد تتطلب المعدات والمواد تصاميم أو تحسينات خاصة لتتحمل الظروف الجوية المحلية، بما في ذلك ارتفاع درجات الحرارة والحر الشديد. كما تؤدي إعانات الطاقة، ولا سيما في مجالات الوقود الأحفوري، إلى تشويه الحوافز السوقية وتعقيد التجارة عبر الحدود من خلال خلق مزايا غير عادلة للدول التي تدعم مصادر الطاقة لديها.

قد تعيق التباينات التنظيمية والسياساتية بين الدول التقدم في هذا المجال أيضًا. فسياسات الطاقة المجزأة والأطر التنظيمية المتغيرة تخلق حالة من عدم اليقين لدى المستثمرين، مما يصعّب وضع مسارات واضحة للربط الكهربائي عبر الحدود. والأهم من ذلك هو قدرة مشاريع الربط على الحصول على التمويل البنكي، وهي مسألة تعتمد بدرجة كبيرة على قوة نماذجها التجارية الأساسية. وتشمل الاعتبارات الحاسمة توزيع رسوم النقل، وتحديد الجهة المسؤولة عن تكلفة السعة المحجوزة، ووجود آليات لتخفيف المخاطر المالية. وفي غياب أطر واضحة ومستقرة للعائدات المالية، قد تتراجع ثقة المستثمرين، مما يهدد جدوى مشاريع الربط الكهربائي ذاتها.

من الناحية التقنية، يمكن لاختلاف أكواد الشبكات ومعايير تقنيات الاتصال بين الدول أن يعقد عملية تبادل الكهرباء عبر الحدود بكفاءة. علاوة على ذلك، تعمل الشبكة الكهربائية في المملكة العربية السعودية بتردد 60 هرتز، مما يستلزم استخدام تقنية التيار المستمر عالي الجهد (HVDC) لتمكين الربط مع الشبكات المجاورة التي تعمل بتردد 50 هرتز.

تتزايد المخاوف الأمنية، ولا سيما تلك المتعلقة بالأمن السيبراني، مع ازدياد ترابط الشبكات واعتمادها على التقنيات الرقمية. إذ يمكن أن تؤدي الثغرات في جزء من الشبكة إلى تأثيرات واسعة النطاق، مما يفرض على الحكومات مواجهة التهديدات المتطورة لضمان مرونة البنية التحتية الحيوية للطاقة.

## المبادرات والمنظمات الإقليمية الرئيسية

تضطلع عدة مبادرات ومنظمات إقليمية رئيسية بدور محوري في دفع أجندة الربط الكهربائي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

IEA. CC BY 4.0.

يهدف مشروع سوق الكهرباء العربية المشتركة (PAEM)، الذي تقوده جامعة الدول العربية، إلى إنشاء سوق إقليمية موحدة للكهرباء تشمل جميع الدول العربية. وقد أطلق المشروع في عام 2017 بدعم من البنك الدولي، ويسعى إلى خفض تكاليف الكهرباء، وتعزيز دمج الطاقة المتجددة، وخلق فرص عمل جديدة. تمت المصادقة على الاتفاقيات الأساسية للحوكمة في عام 2024، مع استهداف التنفيذ الكامل بحلول عام 2038. ومن خلال تنسيق خطط التوسع وتحسين استخدام الموارد، يمكن للمشروع أن يقلل بشكل كبير التكاليف الإجمالية، مما يتيح للدول تحسين استثماراتها الموجهة لتلبية ذروة الطلب الوطني. ومن المتوقع أن يوفر هذا التنسيق الإستراتيجي بين 107 و196 مليار دولار أمريكي من تكاليف الأنظمة الكهربائية في المنطقة بحلول عام 2035.

تلعب هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي، التي تأسست عام 2001 وتتخذ من المملكة العربية السعودية مقرًا لها، دورًا رئيسيًا في ربط شبكات الكهرباء في دول المجلس ضمن شبكة موحدة ومرنة منذ عام 2009. وتركز الهيئة على تمكين تجارة الكهرباء بكفاءة، ودمج مصادر الطاقة المتجددة، وتحسين موثوقية واستدامة الطاقة في دول الخليج. وقد أسهمت جهودها في تحقيق وفورات مالية، وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وتعزيز أمن الطاقة الإقليمي.

تأسست مبادرة Med-TSO في عام 2012، وهي تجمع مشغلي شبكات نقل الكهرباء لدول البحر الأبيض المتوسط، وتدعم عمليات دمج الشبكات الإقليمية وتطوير الطاقة المتجددة. وتسعى إلى تعزيز الربط الكهربائي عبر الحدود، وتوحيد المعايير الفنية والتخطيط المشترك من خلال مبادرات مثل "الخطة الرئيسية للبحر الأبيض المتوسط" وبرنامج TEASIMED (الذي يهدف إلى بناء نظام كهرباء متوسطي فعال وكاف ومستدام ومتكامل)، كما تعمل عن كثب مع شركاء إقليميين وأوروبيين من بينهم رابطة منظمي الطاقة لدول البحر المتوسط ورابطة مشغلي شبكات نقل الكهرباء الأوروبية.

كان البنك الدولي أيضًا من أبرز الداعمين لدمج الطاقة الإقليمي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. فقد قدم الدعم المالي والفني لمشاريع مثل مشروع الربط الكهربائي بين إيطاليا وتونس (ELMED)، ولعب دورًا رئيسيًا في دعم سوق الكهرباء العربية المشتركة (PAEM). ومن خلال برنامج إدارة قطاع الطاقة، يعزز البنك أيضًا تكامل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ويبرز أهمية البنية التحتية في هذا المجال.

IEA. CC BY 4.0.

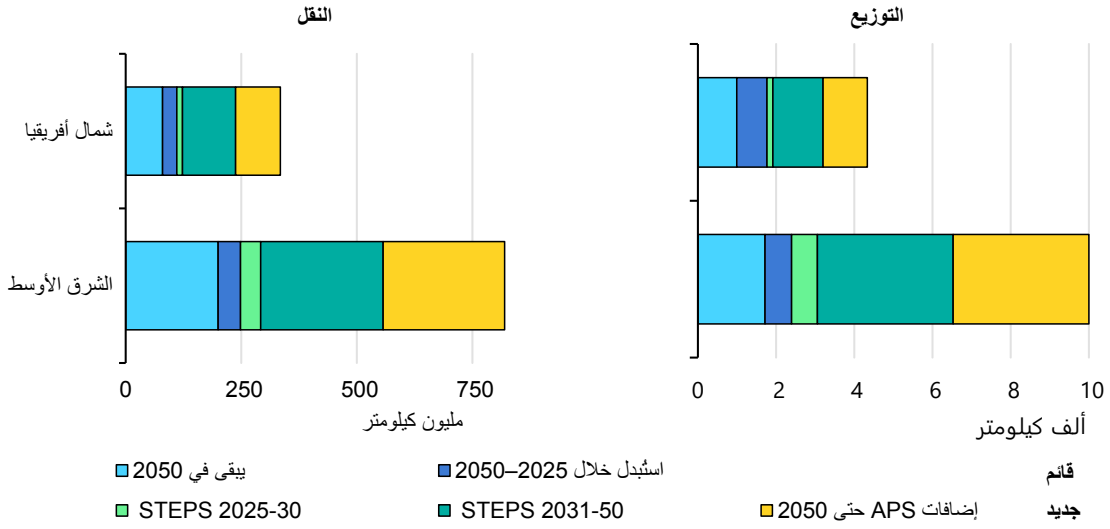
## نظرة مستقبلية حول شبكات الكهرباء وروابط الربط الكهربائي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

من المتوقع أن تتوسع شبكات الكهرباء بشكل كبير حتى عام 2035 لدعم نمو الإمدادات والطلب في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. فعلى مدى العقد الماضي، شهدت المنطقة زيادة هائلة في البنية التحتية الكهربائية، حيث ارتفعت خطوط النقل بنسبة 76% وخطوط التوزيع بنسبة 66%، وهي معدلات تفوق المتوسطات العالمية البالغة 36% و28% على التوالي. وفي حين يتوقع أن يتباطأ هذا النمو خلال العقد القادم، إلا أن وتيرته ستظل قوية؛ إذ يتوقع أن ترتفع خطوط النقل بنسبة تزيد عن 40% وخطوط التوزيع بنسبة 60% تقريبًا في السيناريو المركزي، فيما تشير السيناريوهات الطموحة إلى زيادات أكبر تتعدى 60% للنقل وقرابة 80% للتوزيع. هذا التطور سيواكب التوسع في توليد الكهرباء، وزيادة الطلب نتيجة النمو السكاني والاحتياجات المتزايدة للتبريد وتحلية المياه وتطور البنية الرقمية والصناعية.

شهدت شمال إفريقيا نموًا أكثر اعتدالًا في تطوير شبكات الكهرباء مقارنة بالشرق الأوسط؛ إذ ارتفعت أطوال خطوط النقل والتوزيع بنسبة بلغت نحو 40% خلال السنوات العشر الماضية. أما التوقعات للفترة المقبلة، فتشير إلى تباطؤ وتيرة التوسع في السيناريو المرجعي بزيادة تتجاوز 30% للنقل وما يزيد قليلًا عن 20% للتوزيع؛ أما في السيناريو الطموح، فترتفع هذه النسب لتقترب من 50% للنقل و30% للتوزيع — ورغم ذلك تبقى هذه المعدلات أقل بكثير من معدلات النمو في الشرق الأوسط. في الوقت نفسه، يجلب تغير المناخ مخاطر جديدة على مرونة أنظمة الكهرباء، إذ إن الظواهر الجوية المتطرفة مثل موجات الحرارة الشديدة يمكن أن تخلق تحديات إضافية لاستقرار الشبكة. وهنا تكتسب الشبكات القوية والمتصلة أهمية خاصة لدعم أمن الطاقة وتعزيز التحول نحو مصادر أنظف.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 3.19 تطور الشبكة حسب النوع والمنطقة في سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة، 2025-2050**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: STEPS = سيناريو السياسات المعلنة؛ APS = سيناريو التعهدات المعلنة.

المصدر: تحليل وكالة الطاقة الدولية (IEA) بناءً على تقرير "مشروع الشبكة العالمية" (Global Transmission).

تتواصل الجهود لتعزيز الربط الكهربائي الإقليمي عبر مشاريع مثل سوق الكهرباء العربية المشتركة (PAEM) والتوسع المستمر في شبكة مجلس التعاون الخليجي التي تهدف للوصول إلى قدرة 3.5 غيغاواط. تشمل المشاريع البارزة المخطط لزيادة قدرة الربط بين عمان والشبكة الخليجية إلى 1.7 غيغاواط، وربط الكويت عند 3 غيغاواط، إلى جانب الروابط الجديدة مع العراق.

كما تمهد التوسعات في منطقة المشرق، وخاصة مع العراق، الطريق نحو ربط مستقبلي مع تركيا بسعة تصل حتى 3 غيغاواط، ومع الاتحاد الأوروبي لاحقًا. ويمكن تحقيق هذا الربط بواسطة خطوط التيار المستمر عالي الجهد، أو عبر مشروع "موصل البحر العظيم" وهو مشروع أوروبي ذو أولوية مشتركة. إذ سيربط كابل كهرباء بحري هذه المنطقة بشبكة الكهرباء اليونانية ومنها إلى شبكة الاتحاد الأوروبي الأوسع، وسيبلغ طول الكابل أكثر من 1200 كم بقدرة ابتدائية 1000 ميغاواط قابلة للزيادة إلى 2000 ميغاواط، وقد بدأ البناء في عام 2024 مع توقع التشغيل الكامل بحلول عام 2028.

IEA. CC BY 4.0.

**الجدول 3.2 اختيار موصلات الربط الكهربائي الجاري تنفيذها والمخطط لها.**

| الدول | القدرة (ميغاواط) | تاريخ الإكمال المتوقع |
|---|---|---|
| مجلس التعاون الخليجي ↔ العراق | 600 | 2025 |
| مجلس التعاون الخليجي ↔ الكويت | 3000 | 2025 |
| الأردن ↔ العراق | 200 | 2025 |
| مصر ↔ الأردن | 2000 | 2026 |
| السعودية ↔ عمان | 1000 | 2027 |
| إيطاليا ↔ تونس | 600 | 2028 |
| مصر ↔ ليبيا | 1000 | 2030 |
| الجزائر ↔ ليبيا | 1500 | بحلول 2035 |

وبالمثل، يهدف مشروع ELMED إلى إنشاء خط كهرباء بحري عالي الجهد بطول 200 كم وقدرة 600 ميغاواط بين تونس وإيطاليا، ما يعمق اندماج أسواق الكهرباء بين شمال إفريقيا وأوروبا. وسيسهم الربط بين شبكتي مجلس التعاون الخليجي والمشرق في معالجة أحد التحديات الرئيسة لتجارة الكهرباء داخل الخليج، والمتمثل في تزامن أنماط الأحمال، لا سيما الذروة الصيفية وبعد الظهر. سيسمح الربط بين السعودية ومصر بتبادل الاحتياطي الكهربائي وتبادل الطاقة، بالاستفادة من تعارض دورات الطلب. مشاريع مماثلة مع الأردن والعراق قيد الإنجاز أيضًا، ما يتيح للسعودية تصدير فائض الكهرباء خلال فترات انخفاض الطلب محليًا. وعلى مستوى أكثر شمولًا، تستهدف مبادرة "ممر الهند-الشرق الأوسط-أوروبا الاقتصادي" التي انطلقت في سبتمبر 2023، إرساء منظومة أوسع من الربط في مجالات التجارة والبنية التحتية والطاقة. وتبرز إمكانية الربط الكهربائي بين الهند والشرق الأوسط كجانب جديد من هذه المبادرة. وتشير دراسات مشروع "شمس واحدة، عالم واحد، شبكة واحدة" إلى أن هذا الربط قد يمنح وفرات كبيرة في التكاليف، عبر استغلال وفرة الطاقة الشمسية والرخيصة في الشرق الأوسط لتحل محل مصادر الطاقة الأحفورية في الهند.

IEA. CC BY 4.0.

**الصندوق 3.1 تعد التطورات التكنولوجية المستمرة ضرورية لتحسين كفاءة وموثوقية وأداء شبكات الكهرباء وروابط الربط**

الكهربائي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، لا سيما مع دخول نسب أعلى من الطاقة المتجددة في مزيج الكهرباء.

تكتسب روابط التيار المستمر عالي الجهد أهمية استراتيجية إذ تتيح نقل كميات كبيرة من الكهرباء بخسائر أقل مقارنة بأنظمة التيار المتردد، كما تمكن من تبادل الطاقة بين الشبكات ذات الترددات المختلفة مثل السعودية. وقد جعلت الابتكارات الأخيرة أنظمة التيار المستمر عالية الجهد الأصغر أكثر توفيرًا في التكلفة، مع مزايا تشمل التشغيل الرباعي الاتجاهات للتحكم المرن في القدرة الفعالة والتفاعلية، التنظيم الدقيق للفولتية، المساهمة في معالجة التيارات العابرة لدعم الشبكات الضعيفة، وإمكانية إعادة تشغيل الشبكات بعد الأعطال (black start).

تشمل أنظمة نقل التيار المتردد المرنة مجموعة من التقنيات المصممة لتعزيز دعم القدرة التفاعلية، وتحسين استقرار الشبكة، وزيادة قابلية التحكم ورفع قدرة النقل في أنظمة التيار المتردد. وتعد هذه الوظائف ضرورية لدمج مصادر الطاقة المتجددة المتقلبة، والتوليد الموزع، والأحمال الجديدة. ومن بين التطورات الأخيرة تعزيز دور المعوضات المتزامنة الساكنة في تشكيل الشبكة ودعمها ديناميكيًا وثابتًا، بما في ذلك توفير العطالة الاصطناعية دون الحاجة لماكينات دافعة. وبالمثل، أصبحت محولات أنظمة تخزين الطاقة بالبطاريات مجهزة بوظائف تشكيل الشبكة ودعم العطالة، مما يدعم استقرار الشبكات بشكل أقوى.

تستخدم أنظمة المراقبة واسعة النطاق بيانات متزامنة زمنياً من وحدات قياس الطور لتوفير رؤية حية لحالة الشبكة عبر مساحات واسعة. تعزز هذه الأنظمة اكتشاف الأعطال، والاستقرار، والوعي بالوضع، وهي حاسمة لإدارة أنظمة الطاقة الحديثة والمعقدة. مع تحول الشبكات إلى شبكات ذكية وازدياد نصيب مصادر الطاقة المتجددة والموارد الموزعة، تصبح أنظمة المراقبة واسعة النطاق ضرورية للتنسيق والتحكم الفوري. يتيح دمج الذكاء الاصطناعي مع هذه الأنظمة إجراء تحليلات تنبؤية، واكتشاف أعطال تلقائية، واتخاذ قرارات مثلى. يمكن للذكاء الاصطناعي معالجة كميات هائلة من البيانات للتنبؤ بالاضطرابات، وموازنة العرض والطلب، وزيادة كفاءة التشغيل. معًا، تخلق أنظمة

IEA. CC BY 4.0.

المراقبة واسعة النطاق، والذكاء الاصطناعي، وتقنيات الشبكة الذكية أنظمة طاقة أكثر مرونة وتكيفًا وذكاءً، قادرة على دعم التحول الطاقي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

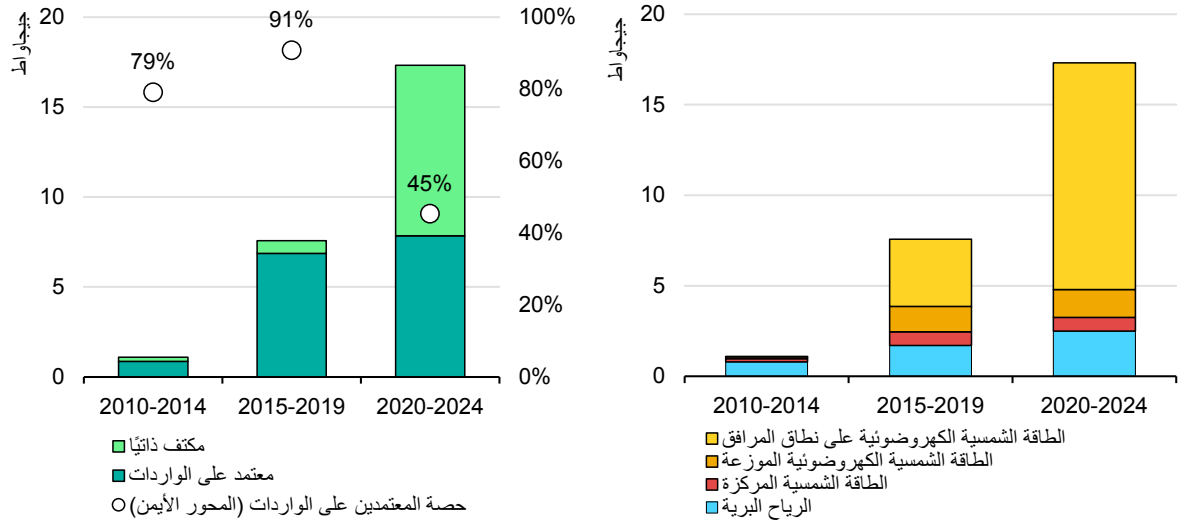
## 6. ما هي الأطر والسياسات الحكومية التي تدفع نشر الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا؟

### لقد استخدمت الطاقة المتجددة في البداية لتعزيز أمن الطاقة، لكنها أصبحت في السنوات الأخيرة جزءًا أساسيًا من أهداف التنمية الاقتصادية ومكافحة تغير المناخ.

كان الهدف الأساسي لسياسات الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تاريخيًا يتمثل في تعزيز أمن الطاقة، مع التركيز على تنويع مصادر قطاع الكهرباء. وقد بدأ نمو الطاقة المتجددة بدفع من الدول التي كانت تعتمد على استيراد الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء، إذ شكلت هذه الدول ما يقرب من 80% من الإضافات الجديدة للطاقة المتجددة غير الكهرومائية بين عامي 2009 و2014. وكان الجزء الأكبر من طاقة الرياح البرية في المغرب، الذي سعى إلى تقليل اعتماده على الفحم المستورد، وتونس التي هدفت إلى تجنب استيراد الغاز الطبيعي. وقد نشر المغرب أيضًا تقنيات الطاقة الشمسية المركزة، وانضمت الإمارات العربية المتحدة إلى هذا المسار سعيًا لتقليل استيراد الغاز الطبيعي. وفي السنوات الخمس التالية، ارتفع نصيب الدول المستوردة للطاقة ليشكل أكثر من 90% من إضافات الطاقة المتجددة، وخاصة مع دخول الأردن ومصر، التي أصبحت حينها مستوردة صافية للغاز الطبيعي. وجاء أكثر من نصف النمو في هذه الفترة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية مع تراجع تكاليفها.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 3.20 الزيادات في قدرات توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة (باستثناء الطاقة الكهرومائية) حسب ملف الدولة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (يسارًا) وحسب التكنولوجيا (يمينًا)**



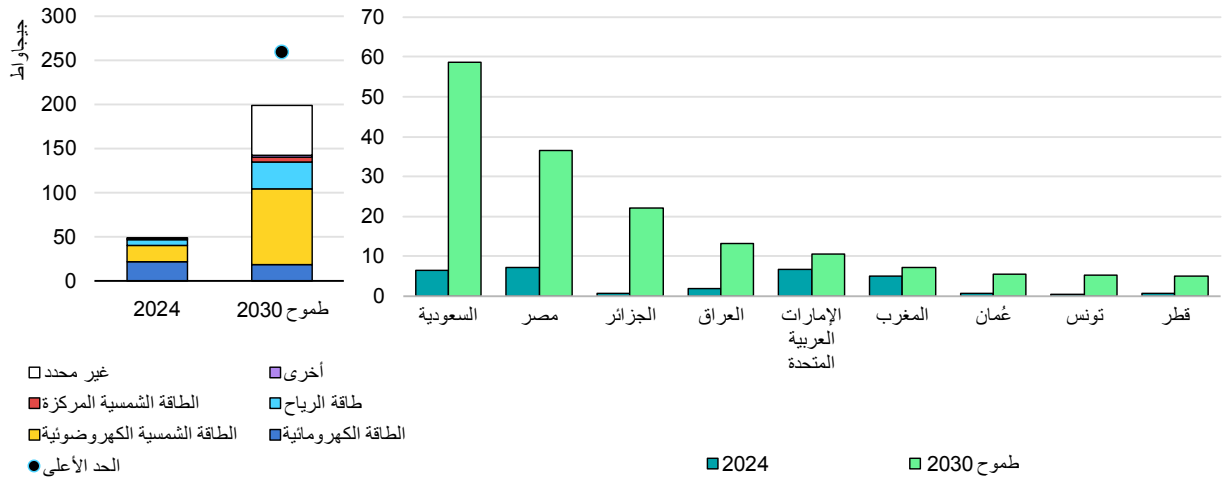

IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تشير عبارة *الدول المعتمدة على الاستيراد* إلى البلدان التي تعتمد في الغالب على إنتاج الكهرباء من وقود أحفوري تكون صافية الاستيراد له. وتشير عبارة *الدول المكتفية ذاتيًا* إلى البلدان التي تعتمد في الغالب على إنتاج الكهرباء من وقود أحفوري تكون صافية التصدير له. بين عامي 2015 و2019، كانت مصر مستوردة صافية للغاز الطبيعي، الذي شكّل ما بين 70% و80% من توليد الكهرباء، ولذلك تدرج ضمن البلدان المعتمدة على الاستيراد خلال هذه الفترة. تبلغ القدرة المركّبة للطاقة الحيوية أقل من 400 ميغاواط، ولذلك لم تدرج في هذا الرسم البياني.

بحلول عام 2020، امتد انتشار مشاريع الطاقة المتجددة ليشمل دولاً لم تعد تعتمد على استيراد الطاقة، بل أصبحت قادرة على تلبية احتياجاتها من الكهرباء المحلية. ففي الفترة ما بين عامي 2020 و2024، جاءت أكثر من 50% من قدرة الطاقة المتجددة الجديدة من السعودية وعمان وقطر ومصر، بعدما كانت تمثل 9% فقط في الفترة 2015-2019. وكان الدافع الأساسي لهذا التحول هو الحاجة إلى الحد من استهلاك الوقود محلياً استجابة للنمو السريع في الطلب على الكهرباء، ما أتاح تحرير مزيد من الوقود للتصدير. إضافة إلى ذلك، أدى انخفاض تكاليف الطاقة الشمسية الكهروضوئية عالميًا إلى جعلها خيارًا أكثر جاذبية وجدوى اقتصادياً مقارنة بتوليد الكهرباء عبر الوقود الأحفوري.

IEA. CC BY 4.0.

**الشكل 3.21 الطموح في قدرات توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2030 حسب التكنولوجيا (يسارًا) وحسب الدول المختارة (يمينًا)**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: تشير عبارة "غير محدد" إلى القدرة التي تم تصنيفها على أنها "متجددة" في الطموحات الوطنية، ولكن لم تخصص لتكنولوجيا محددة.

المصادر: بالنسبة للمملكة العربية السعودية، فإن طموح عام 2030 يتوافق مع إعلان صندوق التنمية الصناعية السعودي عن قدرة متجددة تبلغ 58.5 جيجاواط، إلا أنه تم الإعلان عن خطط لطرح ما يصل إلى 130 جيجاواط ضمن مبادرة السعودية الخضراء التي أطلقت في عام 2021. بالنسبة لمصر، تم حساب القدرة وفقًا لنسبة توليد الكهرباء البالغة 42% في استراتيجية الطاقة المستدامة المتكاملة حتى عام 2035. بالنسبة للجزائر، فإن القدرة من برنامج تطوير الطاقات المتجددة. أما العراق، فمصدر الطموح لعام 2030 هو مؤشر الطاقة العربية المستقبلي لعام 2023. وبالنسبة لدولة الإمارات العربية المتحدة، تم حساب القدرة اعتمادًا على استراتيجية الطاقة الوطنية 2050. أما المغرب، فالقدرة مستمدة من مساهمتها المحددة وطنياً لعام 2021 لدى اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. وبالنسبة لسلطنة عمان، تم تقدير القدرة من بيان الشراء لمدة سبع سنوات لشركة نماء لتوريد الكهرباء والماء (2023-2029). وفي تونس، تم تقدير القدرة من الاستراتيجية الطاقية لتونس حتى عام 2035. أما قطر، فالقيم تقديرية بناءً على الاستراتيجية الوطنية للطاقة المتجددة في قطر.

بحلول نهاية عام 2024، بلغت القدرة الإنتاجية للطاقة المتجددة 48 غيغاواط، موزعة تقريباً بالتساوي بين الدول المعتمدة على الاستيراد وتلك المكتفية ذاتياً. وتخطط منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لتوسيع هذه القدرة إلى 200 غيغاواط بحلول عام 2030. وتشكل الدول المكتفية ذاتياً أكثر من 75% من هذا الطموح، وعلى رأسها المملكة العربية السعودية ومصر والجزائر. ويبرز ذلك ليس فقط الأهمية المتزايدة لأمن الطاقة، بل يعكس أيضاً الفوائد الأوسع التي تتوقعها هذه الدول من مصادر الطاقة المتجددة، مثل تنويع الاقتصاد، وخلق فرص العمل، وتطوير الصناعة، وتقليل الانبعاثات. أما أهداف الكهرباء المتجددة في الدول المستوردة للوقود فهي أكثر تواضعاً من حيث القيمة المطلقة، ويحتمل أن يكون ذلك بسبب انخفاض احتياجاتها من الطلب على الكهرباء مقارنة بالدول المكتفية ذاتياً.

قد يتجاوز الطموح في مجال الطاقة المتجددة 250 غيغاواط إذا أخذت في الاعتبار الخطط الصادرة عن مؤسسات ذات أهداف أوسع. فعلى سبيل المثال، في المملكة العربية السعودية، تتمتع السياسات المناخية بطموحات أعلى في مجال الطاقة المتجددة، إذ تسعى إلى تطوير قدرة تصل إلى 130 غيغاواط من مصادر الطاقة المتجددة، ليس فقط لتقليل

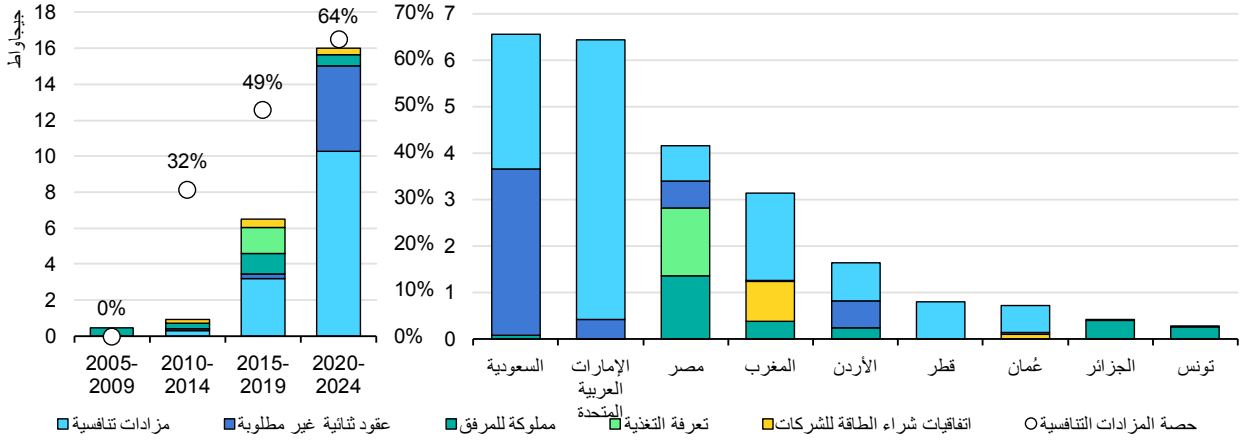
IEA. CC BY 4.0.

الانبعاثات، بل أيضاً لدعم أهداف الاستدامة الأوسع، مثل التشجير وحماية النظم البيئية البرية والبحرية. كما يمكن أن تكون الطموحات أعلى تبعاً لتوقيت الإعلان عن السياسات ومستوى الالتزام السياسي.

## المزادات التنافسية هي الأداة السياسية الرئيسية لنشر الطاقة المتجددة

استخدمت الحكومات مجموعة متنوعة من الأدوات السياسية لتعزيز توليد الكهرباء من مصادر متجددة، إلا أن الأداة الأكثر تطبيقاً كانت المزادات التنافسية، والتي تمثل نحو 60% من إجمالي القدرة المركبة بحلول عام 2024. في هذه المزادات، تدعو الحكومات المطورين لتقديم عروضهم لإنشاء مشاريع طاقة متجددة، وتمنح عقود شراء الكهرباء لأولئك الذين يقدمون أدنى الأسعار. تساعد هذه العملية الحكومات على اكتشاف أسعار السوق، كما تمكّن من تطوير المشاريع بكفاءة من حيث التكلفة.

**الشكل 3.22 إضافات القدرة في مشاريع الكهرباء المتجددة على نطاق المرافق (باستثناء الطاقة الكهرومائية) حسب نوع الشراء خلال الفترة 2010-2024 (يسارًا) وإجمالي السعة حسب الدولة في عام 2024 (يمينًا)**




IEA. CC BY. 4.0.

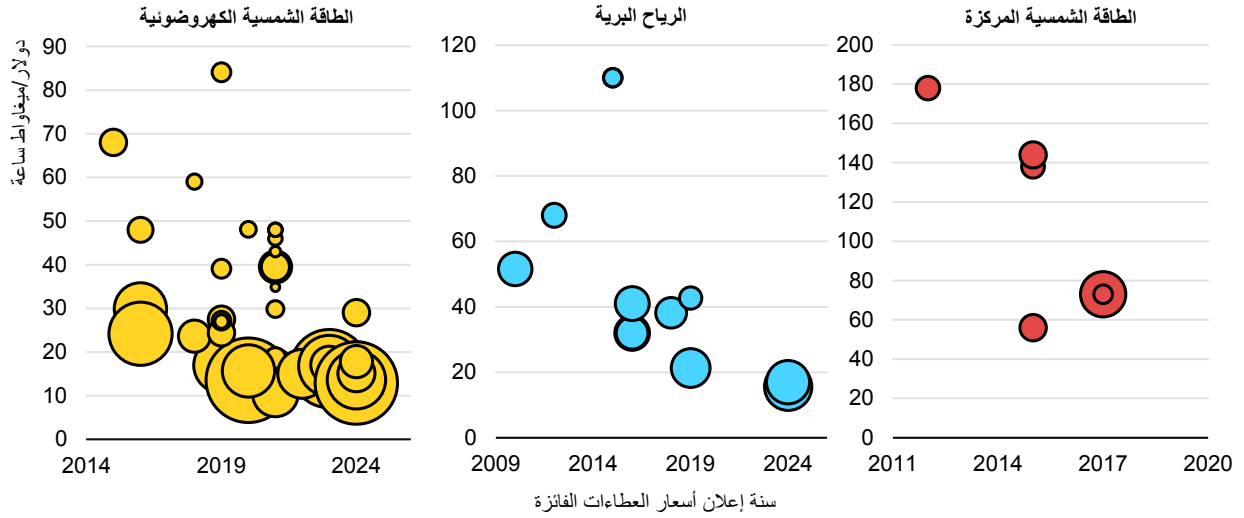
ملاحظات: بيانات إيران مستبعدة من هذا التحليل. EPC تعني الهندسة والمشتريات والبناء. بيانات الطاقة الحيوية مشمولة. تستبعد التحليل محطات التوليد على نطاق المرافق المستخدمة للاستهلاك الذاتي.

منذ إدخالها لأول مرة في المغرب عام 2010، ازداد استخدامها تدريجياً في جميع أنحاء المنطقة. وبين عامي 2015 و2019، تم تأمين ما يقرب من نصف القدرة الجديدة المركبة من الطاقة المتجددة من خلال المزادات التنافسية، بعد اعتمادها في كل من الإمارات العربية المتحدة والأردن ومصر. وارتفعت هذه النسبة إلى الثلثين خلال الفترة من 2020 إلى 2024 مع قيام مزيد من الدول، بما في ذلك عمان وقطر والمملكة العربية السعودية، بتطبيق هذه الآلية.

IEA. CC BY 4.0.

اليوم، تستخدم 13 من أصل 17 دولة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا المزادات التنافسية لتأمين إمداداتها من الطاقة المتجددة، وقد أصبحت هذه المزادات المحرك الأكبر للاستثمار في الطاقة المتجددة في كل من الأردن والمغرب وعمان وقطر والإمارات العربية المتحدة. وتوفر المزادات التنافسية عدة مزايا للحكومات، منها اكتشاف الأسعار، والتحكم في حجم المشاريع، وتحقيق فوائد اجتماعية واقتصادية محتملة عندما تكون مصممة بشكل جيد. ويعد السبب الرئيسي لاستخدامها المتكرر هو قدرتها على مساعدة الحكومات في الحصول على أدنى التكاليف وفقاً لبيئة السوق المحلية، ويتم تحقيق ذلك من خلال المنافسة في تقديم العطاءات التي تدفع المطورين إلى تحقيق أعلى مستويات الكفاءة في التكاليف للفوز.

**الشكل 3.23 أسعار العطاءات المقدمة في المزادات لمشروعات الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق، وطاقة الرياح البرية، والطاقة الشمسية المركزة**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: يمثل حجم الفقاعة حجم المشروع. القيم مدرجة بأسعار اسمية. لا تشمل القيم المشاريع الهجينة (أي الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية المركزة أو غيرها من نظم التخزين). CSP تعني الطاقة الشمسية المركزة.

منذ إدخالها، أسهمت المزادات التنافسية بشكل كبير في خفض الأسعار الممنوحة لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق. فعلى سبيل المثال، انخفضت الأسعار الممنوحة لمشروع بقدرة 200 ميغاواط بنسبة 57%، من 68 دولاراً أمريكياً لكل ميغاواط ساعة في الأردن عام 2016 إلى 29 دولاراً أمريكياً لكل ميغاواط ساعة في تونس عام 2024. بل إن عروضاً أقل من 20 دولاراً لكل ميغاواط ساعة منحت لمشاريع أكبر تتجاوز قدرتها 600 ميغاواط في قطر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة. ويرجع هذا الانخفاض الاستثنائي في الأسعار ليس فقط إلى حدة المنافسة، بل

IEA. CC BY 4.0.

أيضاً إلى وفورات الحجم وانخفاض تكاليف تكنولوجيا الطاقة الشمسية الكهروضوئية. كما انخفض متوسط تكلفة الوحدات بنسبة 86% بين عامي 2014 و2024.

ومع ذلك، فإن الأسعار التي يتم التوصل إليها من خلال المزادات التنافسية تعتمد اعتماداً كبيراً على ظروف السوق المحلية، ولا تعكس بالضرورة التكاليف الحقيقية للمشاريع. فمن المرجح أن العديد من المشاريع التي منحت بأسعار تقل عن 20 دولاراً أمريكياً لكل ميغاواط ساعة تستفيد أيضاً من ملكية حكومية جزئية، ومن توافر أراض وشروط تمويل ميسّرة توفرها الحكومات، وهي عوامل قد لا تتوافر في جميع أسواق المنطقة. إضافة إلى ذلك، لم تنفذ بعد المشاريع الفائزة في المزادات الأولى بالجزائر والعراق وتونس، لذا يبقى من غير المؤكد ما إذا كان من الممكن فعلياً تنفيذ تلك المشاريع بهذه الأسعار المنخفضة.

لقد ساهمت المزادات التنافسية أيضًا في خفض الأسعار الممنوحة لطاقة الرياح البرية والطاقة الشمسية المركزة (CSP)، رغم أن هناك عوامل أخرى تلعب دورًا كذلك. وفي حالة الطاقة الشمسية المركزة، فإن انخفاض الأسعار الذي لوحظ بحلول عام 2017 يعود جزئيًا إلى إدماج أنظمة التخزين الحراري، التي تساعد في تحقيق تكاليف توليد أقل. أما متوسط السعر المرجّح لطاقة الرياح البرية البالغ 16.2 دولارًا أمريكيًا لكل ميغاواط/ساعة في مزاد عام 2024 في المملكة العربية السعودية، فمن المرجح أنه استفاد من ظروف ملائمة تتعلق بالأراضي والتمويل.

إلى جانب المزادات، نفذت الحكومات ممارسات شراء أخرى لتوسيع القدرة على إنتاج الطاقة المتجددة. فقد أصبحت العقود الثنائية غير المطلوبة مسبقًا – أي اتفاقيات شراء الطاقة (PPAs) التي يتم التفاوض بشأنها بشكل مباشر بين منتجي الطاقة المستقلين والمرافق العامة خارج نطاق الدعوات للعطاءات – ثاني أكبر أسلوب للتعاقد في المنطقة. وقد وقّعت المغرب أول عقد ثنائي غير مطلوب مسبقًا للطاقة الشمسية المركّزة (CSP) عام 2011 بقدرة 20 ميغاواط، ومنذ ذلك الحين ازداد عدد العقود وأحجامها. أما في السعودية، فقد كانت أكبر هذه العقود، إذ تم توقيع ثلاثة مشاريع للطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة 2 غيغاواط لكل منها بين عامي 2022 و2024. وتشكل العقود الثنائية غير المطلوبة مسبقًا نصف القدرة المركبة للطاقة المتجددة في البلاد.

تشكل اتفاقيات شراء الطاقة للشركات (Corporate PPAs) نسبة 4% من قدرة الطاقة المتجددة المضافة في المنطقة، إلا أنها تتركز بشكل رئيسي في المغرب، حيث يسمح الإطار التنظيمي الملائم ببيع الكهرباء مباشرة إلى المستهلكين

IEA. CC BY 4.0.

الصناعيين. وقد استخدمت تعرفة التغذية (Feed-in Tariffs) في إيران، ثم طبقت لفترة وجيزة في مصر. ومع ذلك، تخلت مصر عنها بسبب التحديات المتعلقة بتحديد أسعار جاذبة للمطورين. وتمثل ملكية المرافق العامة نسبة 11% من إجمالي المشاريع المنفذة، وهي نموذج الشراء الوحيد الذي تمكن من تنفيذ مشاريع واسعة النطاق في الجزائر وتونس حتى الآن، إذ تواجه كلا الدولتين تأخيرات في تنفيذ المشاريع الناتجة عن أنظمة المزادات التنافسية لديهما.

## يحتاج تصميم المزادات والأنظمة التنظيمية والترخيص إلى تحسين لتسريع عملية النشر

على الرغم من تنوع أدوات السياسات المستخدمة في المنطقة، فإن وتيرة توسيع القدرات المتجددة لا تزال أقل مما هو مطلوب لتحقيق أهداف عام 2030. ويعزى ذلك إلى عدة تحديات تنظيمية وسياسية، من أبرزها طول الجداول الزمنية لتطوير المشاريع المرتبطة بنظام المزادات التنافسية. فمنذ فتح المزاد وحتى تشغيل المشروع، تستغرق مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية عادة بين ثلاث إلى ثماني سنوات، ومشاريع طاقة الرياح بين خمس إلى عشر سنوات، ومشاريع الطاقة الشمسية المركزة نحو خمس إلى ست سنوات. تنجم هذه الفترات الطويلة عن الوقت اللازم لتنفيذ المزاد وتأمين التمويل وتوقيع اتفاقيات شراء الطاقة وبناء المحطة. فعلى سبيل المثال، في مصر، تم إنفاق أكثر من 40% من إجمالي فترة تنفيذ المشروع على مرحلة منح المزاد، بينما مثلت هذه المرحلة في الأردن حوالي 50% من فترة التنفيذ لمشاريع طاقة الرياح.

يعد مستوى خبرة الدولة في عملية المزاد أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر على مدة تنفيذ المزادات. إذ تتضمن المزادات التنافسية عدة خطوات معقدة، منها دعوة تقديم خطابات الاهتمام، وتأهيل المتقدمين مبدئيًا، وتقييم العطاءات، ومنح العقود. وفي البلدان ذات الخبرة المحدودة، يمكن أن تشكل هذه العملية منحنى تعلم حاداً يؤدي إلى فترات تنفيذ أطول.

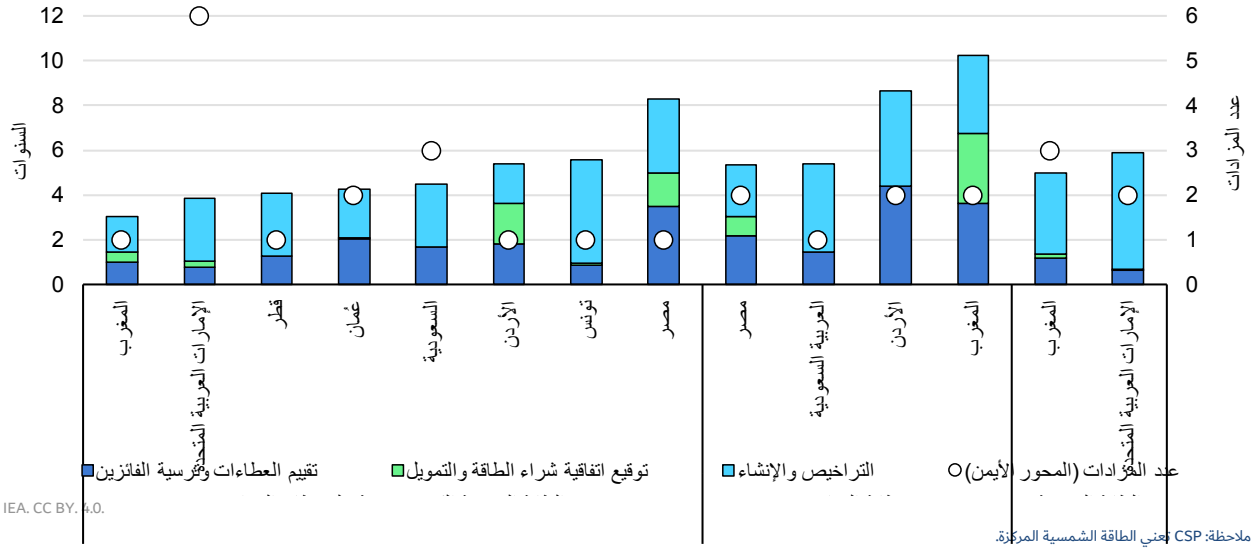
على سبيل المثال، استغرقت عملية تقييم العطاءات واختيار الفائزين في أولى مزادات الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق في الأردن ومصر عامين وثلاثة أعوام على التوالي. كما استغرق المزاد الوحيد لطاقة الرياح في الأردن أكثر من أربع سنوات، بينما لم تقم الجزائر حتى الآن باختيار الفائزين في أي مزاد رغم إصدارها عدة طلبات لتقديم العروض.

ومع ذلك، كلما زادت وتيرة المزادات، اكتسبت الجهات المعنية خبرة وألفة أكبر مع الإجراءات، مما يؤدي إلى تقليص المدد الزمنية. فعلى سبيل المثال، في دولة الإمارات العربية المتحدة، حيث تم تنفيذ ما لا يقل عن ستة مزادات لمحطات طاقة شمسية كهروضوئية على نطاق المرافق، بلغ متوسط مدة تقييم العطاءات تسعة أشهر ونصف فقط، وهي الأسرع في

IEA. CC BY 4.0.

المنطقة. وتشمل العوامل الأخرى التي قد تسهم في طول فترات العطاءات تأمين الأراضي وتقييم قدرة الشبكة على استيعاب الإضافات الجديدة في القدرات.

**الشكل 3.24 متوسط الفترات الزمنية لتطوير المشاريع للقدرات التي تم منحها عبر المزادات التنافسية**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: CSP تعني الطاقة الشمسية المركزة.

بمجرد منح العقود للمزايدين، قد يستغرق تأمين التمويل وتوقيع اتفاقية شراء الطاقة (PPA) بعض الوقت بسبب تصورات المخاطر المرتبطة بالمشروع. فعلى سبيل المثال، استغرق تأمين التمويل وتوقيع اتفاقيات الشراء لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الأردن ما يقارب عامين، وأكثر من ثلاث سنوات لمشاريع طاقة الرياح البرّية في المغرب. أما مشروع الطاقة الشمسية Midelt I في المغرب، فقد استغرق وقتًا أطول، إذ منح في عام 2019 ولم يتم توقيع اتفاقية شراء الطاقة حتى الآن. كما أن بعض الشروط التعاقدية – مثل غياب التحكيم الدولي أو اعتماد العملة المحلية في التسعير – جعلت اتفاقيات الشراء في مصر غير قابلة للدعم المالي، في حين يشير المطورون في العراق إلى أن غياب الضمانات السيادية وآلية ربط الأسعار بالتضخم من الأسباب التي أدت إلى تأخير توقيع العقود في أول مزاد للطاقة في البلاد.

تختلف فترات الترخيص والبناء أيضًا تبعًا للتكنولوجيا والسوق الجغرافية. فمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق يمكن أن تستغرق ما لا يقل عن 1.6 سنة في المشاريع الصغيرة المقامة على مواقع معتمدة مسبقًا في المغرب، لكنها قد تتجاوز أربع سنوات في تونس بسبب تعقيد إجراءات الترخيص. أما مشروع الطاقة الشمسية الكهروضوئية الوحيد على نطاق المرافق الذي تم طرحه في مزاد في مصر، فقد استغرق أكثر من ثلاث سنوات للبناء، إذ أرجأ

IEA. CC BY 4.0.

المطورون شراء المعدات للاستفادة من انخفاض التكاليف. كما يمكن أن تؤدي عوامل إضافية مثل ربط الشبكة والاستحواذ على الأراضي إلى تمديد الجداول الزمنية أيضًا. وتستغرق مشاريع طاقة الرياح البرّية في المتوسط بين ثلاث سنوات ونصف وأربع سنوات للبناء، في حين تستغرق مشاريع الطاقة الشمسية المركزة ما يقارب أربع إلى خمس سنوات ونصف لإتمامها.

من المرجح أن تظل المزادات التنافسية أداة سياسات رئيسية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ومع ذلك، فإن تقليص فترات تنفيذ المشاريع سيكون أمرًا ضروريًا لتسريع التقدم نحو تحقيق الطموحات طويلة الأجل في مجال الطاقة المتجددة. وتتطلب المجالات التالية اهتمامًا خاصًا:

- تحسين تصميم المزادات: من خلال وضع معايير تأهيل أولي متوازنة، وتحسين خرائط الموارد، و/أو اختيار المواقع المسبقة.
- الحد من المخاطر التعاقدية: عبر توحيد اتفاقيات شراء الطاقة(PPA) ، وضمان أن تكون الشروط قابلة للتمويل وجذابة اقتصاديًا للمطورين.
- ضمان إطار تنظيمي داعم: من خلال توضيح إجراءات الترخيص وسد الثغرات التنظيمية.
- تبسيط إجراءات التصاريح: عبر تسهيل عمليات الترخيص وتقليل العوائق المتعلقة بالحصول على الأراضي.
- تطوير البنية التحتية للشبكات: من خلال ضمان توفر سعة شبكية كافية وبنية تحتية ملائمة لتسهيل الربط.

## 7 .هل يمكن للطاقة النظيفة أن تحفّز التنمية الصناعية في المنطقة؟

يقدّر أن حجم الاستثمار العالمي في الطاقة النظيفة قد اقترب من 3 تريليونات دولار أمريكي في عام 2024. وعلى الرغم من أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا لا تزال تمثل نسبة صغيرة من هذا المبلغ، فإن اقتصاداتها الأكبر قد زادت في السنوات الأخيرة من طموحاتها عبر مجموعة من قطاعات الطاقة النظيفة. وتشمل هذه القطاعات تدابير كفاءة الطاقة، ونشر قدرات توليد الطاقة منخفضة الانبعاثات (مثل الطاقة النووية والمتجددة)، وتطوير أنواع الوقود منخفضة الانبعاثات (مثل الهيدروجين). ولا تزال المنطقة تعتمد على سلاسل التوريد العالمية المركزة للوصول إلى المواد الخام والمكونات

IEA. CC BY 4.0.

المصنعة، وفي بعض الحالات، إلى المهارات المتخصصة. وكما هو الحال في المناطق الأخرى، فإن الاستفادة من القيمة الناتجة عن سلاسل توريد الطاقة النظيفة تعد فرصة اقتصادية كبيرة.

حاليًا، تقع بين 40% و98% من القدرة التصنيعية العالمية للتقنيات والمكونات الرئيسية للطاقة النظيفة في الصين. وبناءً على السياسات الحالية، يمكن أن تتجاوز قيمة صادرات الصين من تقنيات الطاقة النظيفة 340 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2035، أي أكثر من إجمالي عائدات النفط الحالية لكل من المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة مجتمعتين. وبالمثل، فإن احتياطيات ومعالجة العديد من المعادن الحيوية الضرورية للصناعات النظيفة تتركز بدرجة عالية في عدد محدود من الدول. ومع عمل الاقتصادات الكبرى الأخرى على اللحاق بالتطور التكنولوجي وتنويع سلاسل التوريد، تصبح الميزة التنافسية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أكثر جاذبية. فموقعها الاستراتيجي عند تقاطع ثلاث قارات، وتوفر موارد الطاقة وإمكانات التعدين، إلى جانب وجود بنى تحتية حيوية مثل الموانئ والصناعات الموجهة للتصدير، كلها عوامل يمكن استغلالها لدمج المنطقة في سلاسل التوريد العالمية للطاقة. علاوة على ذلك، فإن توفر قوة عاملة شابة وغالبًا ما تكون متعلمة يوفر وفرة من المهارات، بشرط مواءمتها مع متطلبات السوق.

## اقتصادات المنتجين

شهدت منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا نموًا سريعًا منذ عام 2000، حيث تضاعف الناتج المحلي الإجمالي بين عامي 2000 و2023. وقد قادت اقتصادات المنتجين ذات الدخل المرتفع في دول مجلس التعاون الخليجي هذا النمو، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى توسع قطاع الخدمات. وبينما كانت صادرات النفط والغاز على مدى فترة طويلة المحرك الرئيسي للنمو الاقتصادي في اقتصادات المنتجين، تهدف برامج التنويع الاقتصادي واسعة النطاق إلى حماية الاقتصادات المعتمدة على الوقود الأحفوري من صدمات أسواق الطاقة. وأصبح تعزيز الإيرادات غير النفطية سياسة معلنة لدى الدول المنتجة. وفي تقارير سابقة، وخاصة تقرير "الآفاق الاقتصادية للدول المنتجة" الذي أصدرته وكالة الطاقة الدولية عام 2018، تناولت الوكالة المخاطر الناجمة عن تحولات الطاقة، إلى جانب الفرص المحتملة الناتجة عنها، شريطة أن تتم هذه التحولات بطريقة منظمة وعادلة، مع مراعاة الحاجة إلى مسارات متمايزة تعكس الخصوصيات الاقتصادية والسياسية المحلية.

تتضمن أبرز برامج التنويع الاقتصادي في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المنتجة للطاقة تطوير القطاع الصناعي باعتباره محركًا رئيسيًا للنمو المستقبلي. إذ يمنح الحصول على مصادر الطاقة المحلية، سواء من الوقود الأحفوري أو من

IEA. CC BY 4.0.

مصادر الطاقة المتجددة، اقتصادات المنتجين ميزة تنافسية كبيرة من حيث الإمدادات والأسعار معًا. ومن المتوقع أن تستفيد القطاعات الهيدروكربونية وغير الهيدروكربونية من توفر مصادر الطاقة بأسعار معقولة. فعلى سبيل المثال، تؤكد Vision 2030 في المملكة العربية السعودية على أهمية التقدم في سلسلة القيمة من خلال تعزيز الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، مثل الفولاذ والألمنيوم والبتروكيماويات، مما يمكّن البلاد من تحقيق قيمة أكبر من مواردها النفطية.

وكما هو الحال في اقتصادات المنتجين الأخرى في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، تسعى المملكة العربية السعودية إلى الاستفادة من إمكاناتها في مجال الطاقة المتجددة من خلال هدف طموح يقضي بتوليد 50% من كهربائها من مصادر متجددة بحلول عام 2030. وتستهدف دولة الإمارات العربية المتحدة أن تبلغ نسبة توليد الكهرباء منخفضة الانبعاثات لديها 32% بحلول عام 2030، وتشمل هذه النسبة قدرتها النووية التي أضيفت مؤخرًا. ولدى سلطنة عمان هدف مماثل يتمثل في توليد 30% من كهربائها من مصادر متجددة بحلول العام نفسه. صممت هذه الأهداف ليس فقط لإحداث تحول جذري في أنظمة الطاقة لدى الدول المنتجة، بل أيضًا لدعم استراتيجياتها الصناعية. وفي الغالب، تم دمج هذه الأهداف في المساهمات المحددة وطنيًا (NDCs) لكل دولة لتوفير قدر من اليقين الاقتصادي على المدى المتوسط على الأقل.

تجري حاليًا مبادرات صناعية واسعة النطاق تهدف إلى إزالة الكربون من الصناعات الثقيلة من خلال تسريع نشر مصادر الطاقة المتجددة في التجمعات الصناعية الرئيسية [8]. فعلى سبيل المثال، تعمل موانئ الدقم وصحار في سلطنة عمان على بناء شراكات لتزويد مصانع الفولاذ القريبة بالكهرباء المولّدة من مصادر متجددة. كما يقوم كلا الميناءين بتطوير بنية تحتية لدعم إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات، الذي يرتبط بدوره بإنتاج الأمونيا. ومع كون الطاقة منخفضة الانبعاثات تشكل الأساس لهذه الطموحات الصناعية، أصبح التكامل بين رؤى الطاقة والرؤى الصناعية أوثق من أي وقت مضى.

في حين تستفيد اقتصادات الدول المنتجة من إمدادات طاقة موثوقة وبأسعار معقولة، تكمن إحدى مزاياها التنافسية الرئيسية في سلاسل توريد النفط والغاز الراسخة لديها. فالبنية التحتية والأصول والخبرة التقنية التي تم تطويرها على مدى عقود – خلال فترة كانت فيها دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من أبرز موردي الطاقة للأسواق العالمية – توفر أساسًا

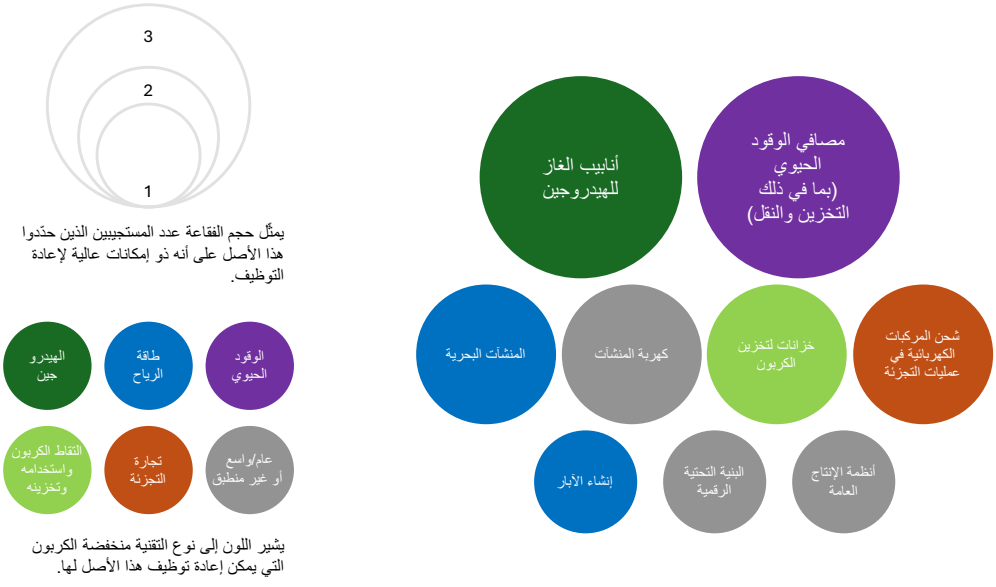
[8] يعتمد إعادة تدوير المواد المرتبطة بالطاقة المتجددة، بما في ذلك مكونات الطاقة الشمسية والرياح، على عمليات كثيفة الاستهلاك للطاقة، وهو مجال تتمتع فيه اقتصادات دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المنتجة بموقع جيد للتنافس.

IEA. CC BY 4.0.

قويًا لاغتنام الفرص الصناعية المستقبلية. وفي عام 2023، نشرت وكالة الطاقة الدولية تقريرًا يركز على سلطنة عمان بعنوان الاستفادة من قدرات الوقود الأحفوري في التحول نحو الطاقة النظيفة ، تناول كيفية مساهمة أصول النفط والغاز القائمة في دعم تطوير سلاسل توريد الطاقة النظيفة والمساهمة في تنويع الاقتصاد بشكل أوسع.

أظهرت الدراسة، التي استندت إلى المسوح الميدانية، أن أصولًا مهمة مثل مصافي الوقود الحيوي أو الخزانات المخصصة لتخزين الكربون تمتلك إمكانات لدعم تطوير الهيدروجين منخفض الانبعاثات في دول مثل سلطنة عمان. علاوة على ذلك، يمكن الاستفادة من المهارات التي تركزت تقليديًا في الصناعات المرتبطة بالنفط والغاز لتحفيز تطوير صناعات مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والهيدروجين منخفض الانبعاثات. فعلى سبيل المثال، تعد الخبرة في الهندسة الكيميائية ذات قيمة خاصة في مختلف مراحل دورة حياة مكونات الألواح الشمسية الكهروضوئية، بما في ذلك تصنيع الخلايا الشمسية وإعادة تدويرها. وبالمثل، يمكن توظيف مهارات الهندسة الحرارية وهندسة الموائع في التطبيقات الصناعية الخاصة بالهيدروجين.

**الشكل 3.25 أصول البنية التحتية التي لديها إمكانية لإعادة الاستخدام بناءً على نتائج الاستبيان**




IEA. CC BY. 4.0.

المصدر: وكالة الطاقة الدولية (IEA)، 2023، "الاستفادة من قدرات الوقود الأحفوري في التحولات نحو الطاقة النظيفة



IEA. CC BY 4.0.

في منطقة يزيد فيها عدد السكان دون سن الثلاثين عن نصف الإجمالي، وتعد معدلات البطالة بين الشباب فيها الأعلى عالميًا، يظل خلق فرص العمل أولوية لاقتصادات الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ومع تسارع وتيرة الاستثمار في الطاقة النظيفة، يتعين على التصنيع أيضًا تجاوز العقبات المرتبطة بتوريد المواد الأساسية وبتكاليف الطاقة والوصول إلى التكنولوجيا والمهارات. ويبرز هذا الأمر بشكل خاص في صناعات مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، حيث تتمتع المنطقة بموقع متميز على طرق التجارة البحرية. ومن خلال تعميق الارتباط بسلاسل التوريد العالمية، يمكن للدول أن تستحوذ على قيمة اقتصادية أكبر وأن توطّن أجزاء من عمليات الإنتاج بما يعزز اقتصاداتها ويسهم في إيجاد محركات جديدة للنمو الاقتصادي.

تسعى اقتصادات الدول المنتجة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى استكشاف سلاسل توريد محلية للمعادن الحيوية من أجل الاستفادة من الاحتياطيات المحتملة لاستخدامها في تطبيقات الطاقة. وعلى الرغم من أن المنطقة ليست حاليًا منتجًا رئيسيًا للمعادن الأساسية في قطاع الطاقة، إلا أن قدرات التعدين متوفرة في كل من الجزائر وإيران وسلطنة عمان والمملكة العربية السعودية. وتعمل هذه الدول جميعها على تسريع أو إطلاق جهود استكشاف جديدة. ففي عام 2023، أعلنت إيران امتلاكها احتياطيات كبيرة من الليثيوم، بينما ناقشت المملكة العربية السعودية وجود رواسب من الليثيوم والعناصر الأرضية النادرة والزنك والنحاس. وفي يناير 2025، أعلنت شركتا Saudi Aramco وMa'aden، كبرى شركات التعدين في السعودية، عن مشروع مشترك بقيمة ملياري دولار أمريكي لإنتاج الليثيوم وتطوير تقنيات من بينها استخراج الليثيوم من المياه المالحة في حقول النفط. وتدعم Vision 2030 السعودية تطوير قطاع التعدين. وفي أواخر عام 2024، أعلنت شركة Mazoon Mining العمانية عن بدء العمل في مشروع النحاس Mazoon ضمن خططها لتطوير إنتاج النحاس واستكشاف معادن حيوية أخرى.

تستثمر الدول الرائدة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، مثل قطر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة، بشكل كبير لتأمين عقود شراء من منتجي التعدين الرئيسيين في دول مثل البرازيل وكندا وجمهورية الكونغو الديمقراطية وإندونيسيا. وقد أنشأ صندوق الاستثمارات العامة، وهو صندوق الثروة السيادي للمملكة العربية السعودية، شركة Manara Minerals كمشروع مشترك مع شركة Ma'aden بهدف الاستحواذ على حصص في مشاريع تعدين خارجية. وقد استحوذت شركة Manara Minerals على حصة تبلغ 10% في شركة Vale Base Metals، وهي شركة تعدين

IEA. CC BY 4.0.

رائدة تعمل في البرازيل وإندونيسيا وغيرها. كما تعمل دول منتجة أخرى، من بينها الجزائر والعراق، على إحياء خططها لتطوير مشاريع الفوسفات وغيرها من المعادن ذات الصلة، لا سيما في حالة الجزائر.

## مستوردو الطاقة الصافية

تحاول الدول المستوردة للطاقة الصافية أيضًا الاندماج في سلاسل القيمة العالمية للطاقة النظيفة من خلال مصادر الطاقة المتجددة أو تعدين المعادن الحيوية. فقد قامت كل من مصر والأردن والمغرب بوضع خطط لتحفيز صناعات التعدين لديها دعمًا لقطاعات صناعية مثل الأسمدة وتصنيع الطاقة النظيفة. فعلى سبيل المثال، يسعى الأردن إلى تطوير إنتاجه من الفوسفات، بينما يهدف المغرب، الذي يعد عملاقًا في إنتاج الفوسفات ويمتلك نحو 70% من الاحتياطيات العالمية، إلى استثمار إنتاجه لتلبية الطلب المستقبلي على مشتقات الفوسفات. كما تسعى مصر إلى تسريع تطوير احتياطياتها من الفوسفات والحديد والزنك.

يعد المغرب مثالًا على قصة نجاح صناعية بارزة. فقد عملت البلاد في السنوات الأخيرة على بناء سلسلة توريد قوية في قطاع السيارات، وهي اليوم تستثمر هذه القاعدة بنجاح لدخول أسواق المركبات الكهربائية عبر ترسيخ مكانتها كمركز لصناعة تلك المركبات. ويقدّر تقرير Energy Technology Perspectives الصادر عن وكالة الطاقة الدولية لعام 2024 أن لدى شمال أفريقيا القدرة على إنتاج ما يصل إلى 3.7 ملايين مركبة كهربائية سنويًا بحلول عام 2035. وقد بلغت صادرات المغرب الصناعية في قطاع السيارات 14 مليار دولار أمريكي في عام 2023. والأهم من ذلك، أن البلاد استطاعت تحفيز نمو شبكة واسعة من المورّدين المحليين. ويوظف هذا القطاع حاليًا نحو 200 ألف شخص، أي ما يعادل 9% من القوى العاملة الصناعية في المغرب، ويساهم بنحو 20% من الناتج المحلي الإجمالي. وتعتمد قدرة المغرب على تطوير قطاع السيارات على مدى قدرته على توطين صناعة المركبات الكهربائية. كما أن توفر احتياطيات كبيرة من الفوسفات يمنح المغرب ميزة مهمة في تطوير تقنيات البطاريات مثل بطاريات فوسفات الحديد والليثيوم. وفي عام 2024، وقّعت الحكومة اتفاقية بقيمة 1.3 مليار دولار أمريكي لإنشاء أول مصنع ضخم في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بالتعاون مع الشركة الصينية-الأوروبية GOTION High Tech لصناعة البطاريات. وتستهدف المرحلة الأولى من المشروع تحقيق قدرة إنتاجية تبلغ 20 غيغاواط/ساعة من خلايا بطاريات المركبات الكهربائية. وسيتغذى المشروع بالطاقة من محطة رياح بقدرة 500

IEA. CC BY 4.0.

ميغاواط مقترنة بنظام تخزين للطاقة بسعة 2000 ميغاواط/ساعة تطوره شركة ACWA Power السعودية للطاقة المتجددة.

تتمثل إحدى القضايا الرئيسية بالنسبة للدول المستوردة للطاقة الصافية في كيفية الحفاظ على قدرتها التنافسية دون التعرض لتقلبات أسعار الطاقة المستوردة، والتي تنطوي أيضًا على مخاطر تتعلق بأمن الإمدادات. فندرة مصادر الطاقة التقليدية المحلية تجعل هذه الدول عرضة للاعتماد على الواردات من الطاقة، سواء من الناحية المادية أو المالية. وتشكل اضطرابات الإمداد وارتفاع فواتير استيراد الطاقة تهديدات مستمرة للتنمية الصناعية طويلة الأجل ولقدرة الاقتصادات على الصمود، بل وللاستقرار الاقتصادي الكلي بشكل عام. وقد حدت تكاليف استيراد الطاقة بشكل كبير من قدرة الدول المستوردة الصافية على الاستثمار في الصناعات المولدة للقيمة. فعلى سبيل المثال، بلغت فاتورة استيراد المنتجات النفطية المكررة في لبنان نحو 5 مليارات دولار أمريكي في عام 2024، أي ما يقارب 25% من الناتج المحلي الإجمالي للبلاد. وفي تونس، بلغت فاتورة الاستيراد الإجمالية 7% من الناتج المحلي الإجمالي في العام نفسه، مع تسجيل الأردن نسبة مماثلة. وسيسهم تطوير مصادر طاقة بديلة ومحلية وآمنة في تعزيز أمن الطاقة لدى هذه الدول وزيادة تنافسيتها الصناعية.

لقد اتخذت الدول المستوردة للطاقة الصافية بالفعل خطوات مهمة لتسريع تطوير قدرات الطاقة المتجددة، التي تجاوزت بالفعل 20% من إجمالي القدرة المركبة في كل من مصر والأردن والمغرب. ومع انخفاض تكاليف مصادر الطاقة المتجددة، ولا سيما الطاقة الشمسية الكهروضوئية، ستعتمد فرص توطين إنتاج الطاقة على الحوكمة الرشيدة، وتوفير رأس المال المطلوب للاستثمار في التوليد والشبكات، بالإضافة إلى الإصلاحات السوقية التي تدعم زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة. إن توسيع نطاق استخدام الطاقة المتجددة وتنويع مزيج الطاقة سيعززان القدرة على الصمود أمام الصدمات الخارجية، كما سيؤديان إلى تحقيق تكاليف طاقة أقل وأكثر استقرارًا.

تتمتع اقتصادات دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا – سواء كانت دولًا منتجة للطاقة أو مستوردة صافية لها – بفرص صناعية متعددة بالنظر إلى الإمكانات الكبيرة للطاقة النظيفة في المنطقة. فهناك العديد من الروابط بين سلاسل توريد الطاقة التقليدية ونظيراتها في مجال الطاقة النظيفة، ومع الاستخدام الاستراتيجي الأمثل لعوامل مثل الموقع الجغرافي والبنية التحتية والقدرات والموارد الطبيعية والبشرية، يمكن لهذه الفرص أن تولد قيمة اقتصادية كبيرة وتساعد في معالجة بعض من أبرز التحديات الاجتماعية والاقتصادية التي تواجه المنطقة.

IEA. CC BY 4.0.

## 8. ما الدور الذي يمكن أن تلعبه توليد الطاقة الموزعة في تعزيز القدرة على الصمود في المناطق ما بعد النزاع؟

تضررت عدة دول بفعل النزاعات، وتكبّدت أضرارًا جسيمة في البنية التحتية الحيوية للكهرباء، بما في ذلك محطات توليد الطاقة وشبكات النقل. وقد أدّى نقص الاستثمارات في فترات الحرب إلى انخفاض الإنفاق على الصيانة وتوسيع الشبكات، مما زاد من تعقيد المشهد. كما أن عوامل أخرى، مثل ضعف الحوكمة وانعدام الرقابة، شجّعت على سرقة الكهرباء والربط غير القانوني بالشبكات، الأمر الذي زاد من اضطراب عملية توزيع الطاقة.

إن التحدي المزدوج المتمثل في نزوح السكان وتضرر البنية التحتية يولد احتياجات طاقية فريدة قد تعجز الأنظمة المركزية عن تلبيتها. وتشكل موارد الطاقة الموزعة – مثل الأنظمة الشمسية الكهروضوئية وتخزين البطاريات والمولدات المتنقلة المتصلة بالشبكات – بديلًا مرنًا يلبي هذه الاحتياجات. وتكون هذه الأنظمة صغيرة النطاق عادة، بقدرات تقل عن 1 ميغاواط، وتقع بالقرب من نقطة الاستخدام، وغالبًا ما تستخدم من قبل الأسر أو الشركات أو المصانع لتغطية احتياجاتها الذاتية من الطاقة. ويمكن أن تلعب دورًا حاسمًا في استعادة الوصول إلى الطاقة في المناطق ما بعد النزاع، وفي الوقت ذاته المساهمة في تعزيز القدرة على الصمود أمام الاضطرابات المستقبلية. وينبغي لاستراتيجيات الطاقة في مرحلة ما بعد النزاع أن تحقق توازنًا دقيقًا بين تلبية الاحتياجات الإنسانية العاجلة وبين اغتنام فرص دعم جهود بناء السلام والتعافي، مع تحسين أمن الطاقة الإقليمي وضمان توفرها بأسعار ميسّرة.

في معظم حالات النزاع في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، ارتبطت الصراعات بحركات هجرة واسعة النطاق، سواء داخلية أو عابرة للحدود. فسواء تعلق الأمر بالنازحين داخليًا أو باللاجئين، فإن نسبة كبيرة من المهاجرين قد انتقلت إلى مناطق حضرية تعاني من ضعف أو انعدام تغطية كهربائية من الشبكة العامة، حيث يتم تلبية الطلب على الكهرباء في الغالب عبر مولدات تعمل بالديزل مرتفعة التكلفة. كما لا تزال العديد من الأسر تفتقر إلى الوصول إلى الكهرباء.

كما ورد في الفصل الأول، فإن الدول التي شهدت صراعات كبرى في الماضي لا تزال تعاني من اضطرابات في أنظمة الكهرباء. ويظهر ذلك بوضوح في كل من العراق ولبنان، حيث تواجه حتى المناطق التي تنعم باستقرار نسبي من الناحية الأمنية تحديات كبيرة في ضمان إمدادات كهرباء موثوقة، وغالبًا ما تضطر إلى الاعتماد على مزوّدي طاقة غير رسميين.

IEA. CC BY 4.0.

## الحلول قصيرة الأجل للمناطق ما بعد النزاع: حالة أوكرانيا

تعد حالة أوكرانيا مثالًا ذا أهمية خاصة، إذ تظهر تأثير موارد الطاقة الموزعة على نظام طاقة تحت ضغط شديد، مما يوفر رؤى قيّمة حول قدرتها على تعزيز مرونة الأنظمة وقوتها. فمنذ الغزو الروسي لأوكرانيا في فبراير 2022، فقدت البلاد أكثر من 50% من قدرتها على توليد الطاقة المركزية، لكنها تمكنت من الحفاظ على إمدادات الكهرباء من خلال النشر السريع لموارد الطاقة الموزعة. وبحلول ديسمبر 2024، كانت أوكرانيا قد ركّبت أكثر من 3.5 غيغاواط من أنظمة الطاقة الشمسية على أسطح المنازل والمباني التجارية (مقارنة بـ 0.6 غيغاواط فقط قبل الغزو)، بالإضافة إلى نشر أكثر من مليون مولد احتياطي بإجمالي قدرة تفوق 15 غيغاواط. وبفضل هذا التصميم اللامركزي، استطاعت أوكرانيا ضمان استمرار إمدادات الكهرباء حتى عندما تعرّضت الأنظمة المركزية الأساسية لأضرار، مما مكّن البنية التحتية الحيوية والخدمات الأساسية من مواصلة العمل رغم الهجمات المستمرة.

ثبت أن هذه الأصول اللامركزية أقل عرضة بكثير لهجمات الصواريخ والطائرات المسيّرة، إذ لم يتضرر سوى 7% من قدرات التوليد اللامركزي مقارنة بـ 51% من البنية التحتية المركزية. ومن الجدير بالذكر أنه رغم استمرار الهجمات الروسية التي تركت أوكرانيا بقدرات محدودة على التوليد المرن، فقد أظهرت أصول الطاقة المتجددة المتغيرة قدرة استثنائية على الصمود، إذ بقيت حصتها في مزيج التوليد مستقرة إلى حد كبير عند 8.7% في عام 2024 مقارنة بـ 9.4% في عام 2021. وحتى وقت إعداد التقرير، كانت معظم موارد الطاقة المتجددة المتغيرة هذه عبارة عن أصول طاقة موزعة، مما يؤكد قدرتها على مقاومة الهجمات الموجهة ضد البنية التحتية للطاقة. أما economic benefits فكانت كبيرة – إذ أسهمت الأنظمة اللامركزية في تقليص تكاليف إعادة الإعمار بنحو 2.2 مليار يورو، كما خفّضت تكاليف تشغيل النظام بنسبة 18% أثناء فترات الأزمة القصوى. وإلى جانب الفوائد الفورية في مجال المرونة، يتماشى التسارع في نشر موارد الطاقة الموزعة في أوكرانيا مع أهدافها طويلة الأجل، إذ تمكنت بالفعل من تحقيق هدفها المتعلق بالطاقة المتجددة لعام 2030 البالغ 8 غيغاواط قبل الموعد المحدد بخمس سنوات، مما يمهّد الطريق لتحقيق أهداف التكامل مع الاتحاد الأوروبي وإزالة الكربون.

من الدروس المستفادة أن توحيد المكونات الأساسية، مثل المحولات والمعدات الأخرى الخاصة بمحطات التحويل، يمكن أن يسرّع بشكل كبير جداول الصيانة والإصلاح ويقلل من نقاط الضعف في سلاسل التوريد. كما يعد تخزين المعدات الاحتياطية وقطع الغيار إجراءً مفيدًا، رغم أن مسألة التوافق الفني قد تشكل تحديًا في بعض الحالات. وقد أدت القيود

IEA. CC BY 4.0.

المفروضة على التصنيع عالميًا ونقص الأيدي العاملة إلى زيادة فترات التنفيذ وارتفاع أسعار المكونات الحيوية مثل المحولات، حيث ارتفعت فترات التوريد لمحولات التوزيع من بضعة أشهر إلى أكثر من عام، وتجاوزت عامين في حالة المحولات الكبيرة.

يمكن لأنظمة الشبكات الصغيرة التي تعتمد على الطاقة الشمسية وتخزين الطاقة، والقابلة للنشر السريع، أن توفر خدمات كهرباء أساسية للسكان النازحين خلال أيام بدلاً من أشهر. كما توفر حلول الطاقة المعتمدة على الحاويات إمكانية الوصول إلى الكهرباء بشكل قابل للتوسع، ويمكن أن تتطور من استجابة طارئة إلى بنية تحتية أكثر ديمومة.

**الجدول 3.3 مقارنة سرعات التنفيذ في مناطق النزاع**

| الحل | السرعة | دراسات حالة |
|---|---|---|
| الألواح الشمسية الكهروضوئية وشبكة البطاريات الصغيرة | ٧-٥٠ يومًا | في اليمن، تم إنشاء شبكة صغيرة للطاقة الشمسية تدار بالكامل من قبل النساء بالقرب من منطقة النزاع (٣٢ كيلومترًا فقط من خط المواجهة)، مما غيّر حياة المجتمع من خلال توفير الكهرباء الموثوقة في منطقة تضررت أو دمرت فيها شبكة الكهرباء التقليدية. |
| الحلول الكهربائية عبر الحاويات | ٥-٧ أيام | يمكن نشر حلول الطاقة المحمولة (الألواح الشمسية والتخزين بالبطاريات) بسرعة في حالات الطوارئ، كما أظهرت منظمات غير حكومية قامت بنقل وتشغيل وحدة تخزين طاقة متنقلة إلى مناطق أزمة خلال أيام. |
| المولدات المتنقلة | حتى ٣ أيام | في الأزمات الإنسانية، يمكن نشر مولدات الديزل بسرعة ولكنها تواجه تحديات كبيرة في توصيل الوقود، كما حدث أثناء إعصار ساندي في الولايات المتحدة حيث فشل أكثر من ٥٠٪ من المولدات في العمل بسبب مشاكل الوصول إلى الوقود. |
| استعادة الشبكة التقليدية | ٤٥-١٨٠ يومًا | في أوكرانيا، رغم التحسن الكبير في قدرة إصلاح المحولات بسرعة، تستغرق استعادة شبكة الكهرباء في مناطق النزاع أشهرًا أو سنوات. وفقًا لبيانات مدرسة الاقتصاد في كييف، تستغرق إصلاحات الأضرار الطفيفة في البنية التحتية للنقل حوالي ١٧ يومًا في المتوسط. |
| إصلاح محطة طاقة مركزية | ١٨٠-٣٦٥+ يومًا | في أوكرانيا، يستغرق تجديد محطات الطاقة الحرارية المتضررة على الأقل ٢٦ أسبوعًا. إعادة بناء محطات الطاقة المركزية المدمرة مثل محطات توليد الطاقة الحرارية أو الكهرومائية قد يتطلب سنوات وتكلفة ووقت يعادل بناء منشآت جديدة. |

المصدر: تحليل وكالة الطاقة الدولية استنادًا إلى وكالة الطاقة الدنماركية (2024)، "دليل التقنيات العاجلة لقطاع الكهرباء الأوكراني"؛ مدرسة الاقتصاد في كييف (2024)، "تقييم الأضرار والخسائر في قطاع الطاقة الأوكراني".

IEA. CC BY 4.0.

## توليد الطاقة الموزعة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

لقد أظهرت استمرارية النزاعات في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا دروسًا مهمة حول دور توليد الطاقة الموزعة. فقد اختلفت هذه النزاعات في طبيعتها ومدتها، مما أدى إلى تفاوت انقطاعات إمدادات الكهرباء بين البلدان. وكان لهذه التباينات آثار مباشرة على تبديل أنواع الوقود واعتماد التقنيات الجديدة. وفي منطقة ما زالت فيها الوقود الأحفوري يهيمن على توليد الكهرباء، شكّلت توافرات الوقود أنماط سلوك المستهلكين وخياراتهم التقنية. ففي بلدان مثل لبنان واليمن، اللذين واجها اضطرابات حادة في إمدادات الكهرباء، شهدت أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية خارج الشبكة انتشارًا واسعًا. أما في المقابل، فقد شهدت ليبيا – رغم سنوات الصراع الطويلة – انقطاعات أقل في إمدادات الوقود، مما أدى، إلى جانب منظومة دعم الطاقة الواسعة، إلى الحدّ من نمو توليد الكهرباء المتجددة الموزعة.

في السنوات الأخيرة، برزت مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة والموزعة كخيار بديل لمواجهة انقطاعات إمدادات الكهرباء. وقد اكتسبت أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزعة زخمًا في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث بلغ إجمالي السعة المركّبة نحو 3 غيغاواط في عام 2024. ورغم أن هذا الرقم يمثل أقل من 1% من إجمالي السعة المتجددة في المنطقة، فإن توزيعها بين البلدان يشير إلى تعدد واسع في الاستخدامات. وتشكل الأنظمة خارج الشبكة نحو 40% من السعة الإجمالية للطاقة الشمسية الموزعة في المنطقة، وتتركز بشكل كبير في لبنان واليمن. في لبنان، دفعت القدرة التنافسية لتكاليف الطاقة الشمسية الكهروضوئية مقارنة بتوليد الكهرباء بالديزل غير النظامي إلى اعتماد واسع النطاق من قبل الأسر، خاصة في ظل تفاقم الأزمات المالية والاقتصادية. وبحلول عام 2024، اقتربت السعة المركّبة للطاقة الشمسية خارج الشبكة من 800 ميغاواط على الأقل، وهو رقم لافت مقارنةً بمحطات التوليد المرتبطة بالشبكة التي تبلغ سعتها 3 غيغاواط. ويشير ذلك إلى أن الطاقة الشمسية الكهروضوئية خارج الشبكة قد تمثل نحو ثلث إجمالي السعة المركّبة في لبنان، رغم أن هذا الرقم يبقى تقديريًا لعدم توفر إحصاءات دقيقة وموثوقة حول هذا الموضوع حتى الآن.

IEA. CC BY 4.0.

**الصندوق 3.2 نشر أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية اللامركزية في اليمن**

تعدّ اليمن أيضًا مثالًا بارزًا للدور الذي يمكن أن يلعبه توليد الكهرباء اللامركزي في المناطق المتأثرة بالنزاعات. فقد ألحق الحرب في البلاد أضرارًا جسيمة بالبنية التحتية الوطنية للكهرباء، إذ تشير التقديرات إلى أن نحو 55% من الأصول تضررت و5% أخرى دمّرت بالكامل. وانخفضت القدرة الإنتاجية من نحو 1500 ميغاواط قبل النزاع إلى نحو 200 ميغاواط فقط في عام 2016، وتراجع الوصول إلى الشبكة الكهربائية من 66% في عام 2014 إلى أقل من 10%، مما جعل اليمن أقل الدول اتصالًا بالكهرباء في منطقة الشرق الأوسط. والأهم من ذلك، أن انهيار الشبكة تزامن مع نقص حاد في الوقود نتيجة القيود الصارمة والسيطرة السياسية على تدفقات المنتجات النفطية المكررة، مما جعل تشغيل مولدات الديزل أمرًا غير ممكن للكثيرين. وردًّا على ذلك، قادت الأسر والأعمال الخاصة ما يشبه «الثورة الشمسية» من الأسفل إلى الأعلى؛ إذ ارتفع عدد أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية المملوكة والمدارة بشكل خاص بمقدار خمسين ضعفًا، لتصبح المصدر الأهم للكهرباء في البلاد. وخلال الفترة بين عامي 2014 و2017، قدّر حجم سوق الطاقة الشمسية في اليمن بنحو مليار دولار أمريكي، وتشير الدراسات الميدانية إلى أن غالبية الأسر – خاصة في المرتفعات الشمالية الغربية الغنية بأشعة الشمس والمعتدلة المناخ – تعتمد اليوم على نوع ما من أنظمة الطاقة الشمسية المستقلة. والمفارقة أن الكثير من المستخدمين السكنيين والتجاريين الذين لم يكن لديهم وصول إلى الكهرباء قبل الحرب، حصلوا عليها لأول مرة عبر الطاقة الشمسية كنتيجة مباشرة للنزاع.

قد دعمت الجهات المانحة الدولية، ولا سيما بعد عام 2016، هذا التطور من خلال تسهيل الحصول على الألواح الشمسية عبر برامج التمويل الصغير والتبرعات. غير أن ذلك أدى إلى زيادة كبيرة في الإمدادات الفردية غير المنظمة وغير الخاضعة للإشراف، في حين لم تطرح حلول على مستوى المجتمعات المحلية – مثل الشبكات المصغّرة التي كان من الممكن أن توفر مستويات أعلى بكثير من الكهرباء. كما لم تستكشف بالقدر الكافي الحلول الوسيطة المحتملة، مثل ما يعرف بشبكات swarm grids (الشبكات العنقودية). ونتيجة لذلك، ما تزال العديد من الأسر تعتمد على أنظمة كهروضوئية ضعيفة الأداء، تعرّضها لخطر التحول إلى أصول عالقة عديمة الجدوى.

ابتداءً من عام 2019، توقفت وتيرة انتشار الطاقة الشمسية نتيجة استمرار ارتفاع تكاليف المعدات، وصعوبات الاستيراد، وضعف معايير الجودة، والنقص الواسع في الفنيين المهرة. وفي ظل غياب الأطر التنظيمية، تراجعت الثقة

IEA. CC BY 4.0.

في حلول الطاقة الشمسية، وعاد المستخدمون الأكثر ثراءً إلى الاعتماد على الشبكات المصغّرة العاملة بالديزل، مما عمّق الفجوات الجغرافية والاجتماعية-الاقتصادية على حد سواء. وتبرز هذه التطورات الحاجة الملحّة إلى أن تعمل السلطات الوطنية والجهات المانحة الدولية ليس فقط على توجيه العمليات التصاعدية بشكل أفضل، بل أيضًا على ضمان اتساق جهود الإغاثة قصيرة الأجل مع الأهداف الوطنية طويلة الأمد في قطاع الطاقة.

كما يتضح من حالتي لبنان واليمن، يمكن لمثل هذه الترتيبات أن تعالج جزئيًا الاضطرابات على المدى القصير، لكنها تظل حلولًا غير مثالية وتنطوي على مخاطر التسبّب في تجزئة لا تتماشى مع تطوير بنية تحتية مستدامة طويلة الأجل. علاوة على ذلك، فإن النسبة غير المتوازنة من القدرات خارج الشبكة تعقّد عملية تخطيط الشبكات المستقبلية وتزيد من تكاليف الدمج، إذ تجعل من الصعب الاستفادة الكاملة من الإمكانات القائمة للطاقة الشمسية الكهروضوئية في تحسين الاستخدام لدى المستهلكين.

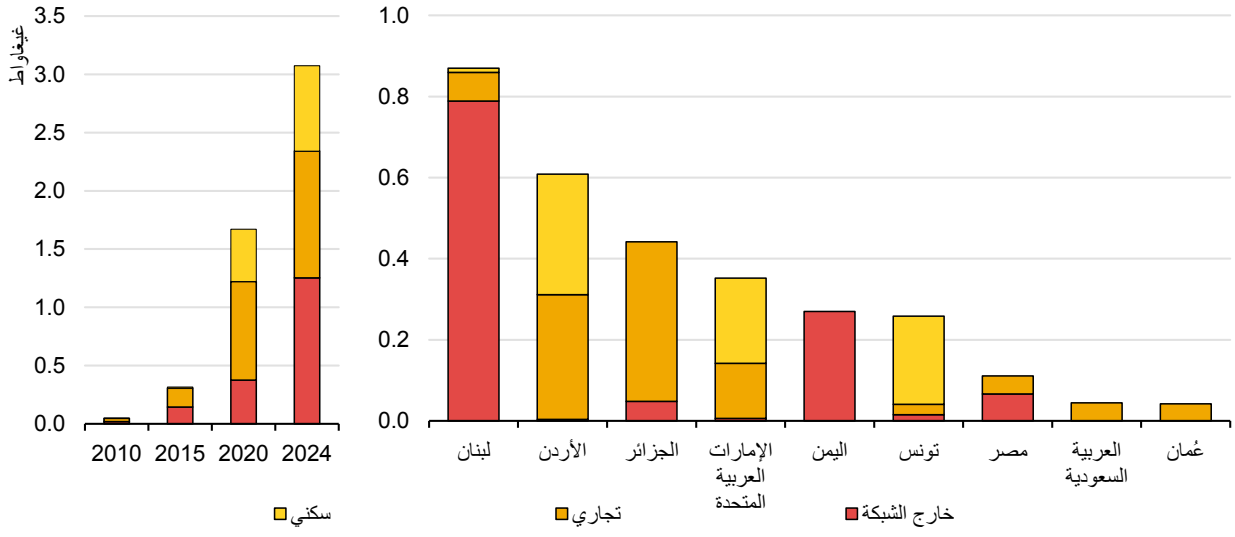
ويمكن التخفيف من مشكلة عدم تطابق الأحمال باستخدام أنظمة التخزين واسعة النطاق، وهو خيار غالبًا ما لا يتوافر في المناطق الخارجة من النزاعات. وفي غياب ذلك، ومع التسليم بأن الأزمات المرتبطة بالإمدادات قد تسرّع من عمليات التحول في أنواع الوقود، فإن على الحكومات عمومًا أن تبادر بسرعة إلى وضع آليات لضمان الجودة والمعايير الفنية وحماية المستخدمين قبل أن تبدأ عنق الزجاجة بالظهور. ويعدّ التوفيق بين الأولويات القصيرة والطويلة الأجل أمرًا أساسيًا لبناء ثقة المستهلكين والحفاظ عليها.

يمكن استنباط حلول لتوليد الطاقة الموزعة في مرحلة ما بعد النزاع من التجارب التجارية والسكنية في أجزاء أخرى من منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. فقد قادت شركات النفط والغاز تطبيقات الطاقة الشمسية الكهروضوئية التجارية، واستطاعت استبدال مولدات الديزل لتلبية احتياجاتها من الكهرباء في مواقع العمل. وفي الوقت نفسه، ازداد استخدام أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزعة على المستوى السكني في المنطقة لتشكل حاليًا نحو ربع إجمالي هذا النوع من الأنظمة، بفضل برامج (صافي القياس).

IEA. CC BY 4.0.

وشجعت كل من الأردن والإمارات العربية المتحدة على الاستهلاك الذاتي للطاقة الشمسية الكهروضوئية بهدف زيادة جاذبيتها لقطاعي الصناعة الصغيرة والخدمات، بينما اعتمدت تونس أدوات سياسة مختلفة من خلال برنامج الحكومة Prosol الذي يقدم إعانات لتكاليف الاستثمار وقروضًا منخفضة التكلفة.

**الشكل 3.26 الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزعة حسب القطاع في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (يسارًا) وحسب الدولة (يمينًا) لعام 2024**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظات: يشير مصطلح "السكني" إلى الأنظمة المربوطة بالشبكة والمركبة في المنازل، وعادةً ما تكون أقل من 10 كيلوواط. يشير مصطلح "التجاري" إلى الأنظمة المربوطة بالشبكة التي تنفذها الصناعة أو القطاعات التجارية. غالبًا ما تكون هذه الأنظمة أقل من 1 ميغاواط، ولكن في بعض الحالات تتجاوز 1 ميغاواط. يشير مصطلح "خارج الشبكة" إلى الأنظمة غير المربوطة بشبكات التوزيع الرئيسية في الدولة ويشمل ذلك الشبكات الصغيرة.

رغم اختلاف الحوافز، سواء كانت ناتجة عن سياسات عامة أو ظروف خاصة، بين بلدان المنطقة، فإن السعة المركّبة لمصادر الطاقة الموزعة ما تزال أقل مما تحقق بالفعل في مناطق أخرى تتمتع بإشعاع شمسي أقل.

يعد الإطار التنظيمي أحد القيود الرئيسية، على الرغم من بعض النجاحات المبكرة التي أشير إليها سابقًا. فليس جميع البلدان تسمح للقطاعين السكني والتجاري بتوليد الكهرباء الخاصة بهما أو بيع الفائض منها إلى الشبكة، وهو عنصر أساسي في إرساء جدوى اقتصادية للاستهلاك الذاتي. وحتى عام 2024، لم تسمح سوى خمس دول ببيع فائض الكهرباء المولّد، ومن بين هذه الدول الثلاث فقط كانت قد وضعت اللوائح اللازمة لتنفيذ هذه السياسة. وحتى في الحالات التي يسمح فيها التشريع بنظام صافي القياس من الناحية النظرية، لا تزال هناك عقبات تنظيمية إضافية، مثل محدودية الوصول إلى شبكة الجهد المنخفض في المغرب [9].

[9] هناك تشريعات قائمة، لكن ما زالت هناك حاجة إلى خطوات تنظيمية إضافية.

IEA. CC BY 4.0.

**الجدول 3.4 سياسات تعويض الكهرباء الفائضة من الاستهلاك الذاتي**

| الدولة | سنة النفاذ | معدل التعويض |
|---|---|---|
| الأردن | 2012 | رصيد تجزئة |
| مصر | 2013 | أسعار تحددها الشركة |
| الإمارات العربية المتحدة | 2015 | رصيد تجزئة |
| المغرب | 2015 | سيتم تحديده |
| السعودية | 2020 | أسعار تحددها الشركة |
| لبنان | 2024 | سيتم تحديده |
| تونس | 2024 | سعر تحدده الشركة |
| البحرين | 2024 | رصيد تجزئة |

يمثّل ضعف الحوافز الاقتصادية للاستهلاك الذاتي أحد العوائق الرئيسية أمام انتشار أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزعة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، ويعود ذلك أساسًا إلى دعم أسعار الكهرباء. إذ تعدّ تعرفة الكهرباء للمستهلكين في المنطقة من بين الأدنى عالميًا، حيث بلغت في عام 2023 نحو 73 دولارًا أمريكيًا لكل ميغاواط-ساعة في المتوسط، وهو مستوى يقل كثيرًا عن المعدلات المسجّلة في الصين وأوروبا واليابان وجنوب أفريقيا والولايات المتحدة. وتؤدي هذه الأسعار المنخفضة إلى تعرفة لا تعكس التكلفة الفعلية، مما يضعف الجدوى الاقتصادية للاستهلاك الذاتي. وتشمل التحديات المالية الإضافية القيود المفروضة على بيع الفائض من الكهرباء إلى الشبكة – كما هو الحال في مصر والمغرب – إلى جانب ارتفاع تكلفة المعدات المستوردة وتكاليف التمويل الباهظة، وكلها عوامل تحدّ من إمكانية تنفيذ المشاريع. وتعد من المبادرات الجديرة بالاهتمام في المنطقة اللوائح المزدوجة في مصر التي تنظّم تجارة الكهرباء بين القطاع الخاص والقطاع الخاص تحت إشراف هيئة تنظيم الكهرباء EgyptERA. وقد شهدت بعض الدول المتأثرة بالنزاعات نموًا سريعًا نسبيًا في هذا المجال، وإن كان لأسباب استثنائية.

## 9. ما الأثر الذي يمكن أن يحدثه ازدياد الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة في حجم صادرات النفط والغاز؟

في حين تؤكد الخطط والسياسات الحالية في مختلف أنحاء المنطقة على تنويع مزيج الكهرباء، بما في ذلك من خلال نشر مصادر الطاقة منخفضة الانبعاثات، فإن أي تأخيرات أو انتكاسات في التنفيذ قد تترتب عليها آثار تتجاوز قطاع الكهرباء نفسه. وتستعرض هذه الدراسة سيناريو حالة الارتفاع في النفط والغاز، الذي يبحث في التبعات المحتملة لمستقبل تعجز

IEA. CC BY 4.0.

فيه منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا عن تسريع وتيرة نشر الطاقة المتجددة والنووية في قطاع الكهرباء. وفي هذا السيناريو، يحافظ على حصة الوقود الأحفوري في مزيج التوليد عند مستوياتها الحالية التي تتجاوز 90% من الإجمالي.

إن استمرار الاعتماد الكبير على النفط والغاز لتلبية النمو السريع في الطلب على الكهرباء سيترك آثارًا كبيرة على استهلاك المنطقة من الوقود الأحفوري في المستقبل. فبدلًا من أن ينخفض استهلاك النفط بمقدار 1.1 مليون برميل يوميًا بين عامي 2023 و2035، سيرتفع استخدام النفط في توليد الكهرباء من 1.8 مليون برميل يوميًا في عام 2023 إلى 2.8 مليون برميل يوميًا في عام 2035. وبالمثل، سيزداد استهلاك الغاز الطبيعي بمقدار 180 مليار متر مكعب ليصل إلى 500 مليار متر مكعب في عام 2035، أي ما يعادل ثلاثة أضعاف النمو المتوقع في سيناريو STEPS (مسار السياسات المخططة).

سيكون لهذه التحولات انعكاسات كبيرة على موازين الطاقة الإقليمية والدولية وعلى حركة التجارة. فقد تشهد الدول المصدّرة للنفط والغاز انخفاضًا في حجم الصادرات والإيرادات، نتيجة توجيه جزء أكبر من الإنتاج لتلبية الطلب المحلي على الكهرباء. أما الدول المستوردة التي تفشل في تنويع مزيج الكهرباء، فستواجه فواتير استيراد طاقة أعلى، مما يزيد من تعرضها لتقلّبات الأسعار ومخاطر الإمدادات. وتؤكد النتائج على الأهمية البالغة لتسريع وتيرة تنويع مزيج الكهرباء في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، سواء المصدّرة أو المستوردة للطاقة، لتجنّب خسارة منتجات تصديرية ذات قيمة محتملة، وضمان عدم تضخم فاتورة الواردات بشكل يثقل كاهل الاقتصادات الوطنية.

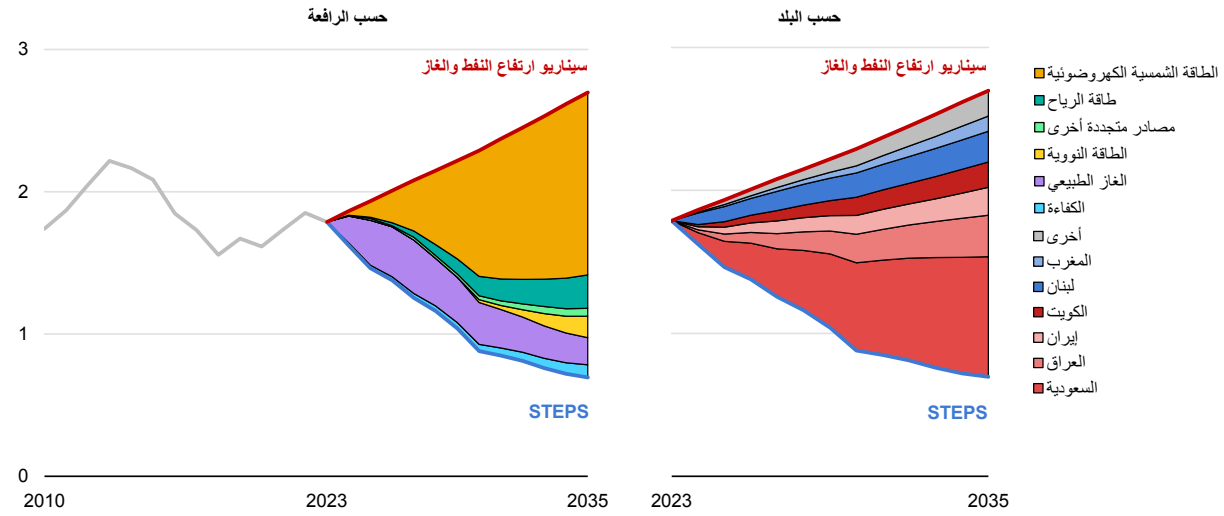
أجري هذا التحليل على أساس كل بلد على حدة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، باستخدام أحدث البيانات التاريخية المتاحة حول توليد الكهرباء حسب نوع الوقود. واستند السيناريو البديل إلى ثلاث فرضيات أساسية، وهي: 1) أن الطلب على الكهرباء سينمو بما يتماشى مع التوقعات في سيناريو STEPS (مسار السياسات المخططة)؛ 2) أن النفط والغاز الطبيعي سيزداد استخدامهما لتلبية نمو الطلب على الكهرباء بنسبة تتناسب مع معدلات استخدامهما الحالية؛ 3) أن محطات توليد الكهرباء العاملة بالنفط والغاز ستحافظ على كفاءتها التشغيلية الحالية.

أتاح هذا النهج تقييمًا تفصيليًا لحجم استهلاك الوقود الأحفوري الذي يمكن تجنّبه بفضل التوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية، إلى جانب دراسة آثار التحول في أنواع الوقود وجهود تحسين كفاءة محطات توليد الكهرباء. وإلى جانب تقدير التغيرات في استهلاك النفط والغاز، تضمّن التحليل أيضًا حسابات حول التحولات الناتجة في

IEA. CC BY 4.0.

عائدات الاستيراد والتصدير لكلّ من النفط والغاز الطبيعي، ما يوفر رؤى أعمق حول الآثار الاقتصادية الأوسع الناجمة عن تباطؤ عملية تحوّل قطاع الطاقة.

**الشكل 3.27 التغير في استخدام النفط لتوليد الكهرباء في سيناريو النفط والغاز المرتفع، مليون برميل يوميًا.**




IEA. CC BY. 4.0.

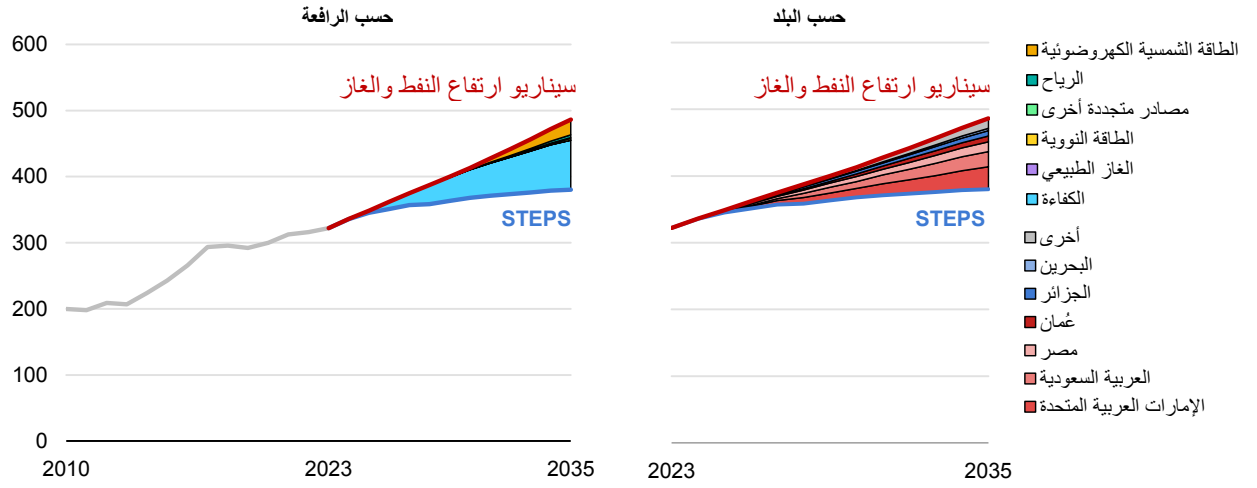
يعزى الاختلاف في استهلاك النفط بين هذا التحليل وسيناريو STEPS (مسار السياسات المخططة) أساسًا إلى الفروق في وتيرة تبنّي تقنيات الطاقة منخفضة الانبعاثات. فالتوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية معًا يؤدي إلى إحلال ما يقارب 1.9 مليون برميل يوميًا من النفط بحلول عام 2035. وتعد الطاقة الشمسية الكهروضوئية المساهم الأكبر بفارق واضح في خفض استخدام النفط في توليد الكهرباء، إذ تمثل أكثر من 60% من إجمالي الفارق – أي ما يقرب من 1.3 مليون برميل يوميًا بحلول عام 2035 – تليها طاقة الرياح والطاقة النووية. كما يسهم التحول من النفط إلى الغاز الطبيعي في تحقيق وفورات سنوية تقدّر بنحو 0.2 مليون برميل يوميًا، في حين تساهم تحسينات كفاءة محطات الكهرباء العاملة بالنفط في خفض إضافي قدره 0.1 مليون برميل يوميًا بحلول عام 2035.

يتركز أكثر من 80% من الزيادة الإضافية في الطلب على النفط ضمن هذا السيناريو في خمس دول فقط: إيران، العراق، الكويت، لبنان، والمملكة العربية السعودية. وتستحوذ المملكة العربية السعودية على النسبة الأكبر من

IEA. CC BY 4.0.

هذه الزيادة – نحو 40% من إجمالي الارتفاع في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا – ما يعكس اعتمادها الكبير على توليد الكهرباء باستخدام النفط واتساع حجم الطلب على الطاقة لديها. كما تشهد كل من إيران والعراق والكويت زيادات كبيرة نتيجة اعتمادها على النفط في قطاع الكهرباء. أما لبنان، فرغم أن الزيادة فيه محدودة من حيث الحجم الإجمالي، إلا أنها تعد ملحوظة نسبيًا بسبب محدودية تنويع مصادر الطاقة فيه.

**الشكل 3.28 التغير في استخدام الغاز الطبيعي لتوليد الكهرباء في سيناريو النفط والغاز المرتفع، مليار متر مكعب**




IEA. CC BY. 4.0.

يتمثل العامل الرئيسي وراء الاختلاف في استهلاك الغاز الطبيعي بين هذا السيناريو وسيناريو STEPS (مسار السياسات المخططة) في غياب التحسينات في كفاءة محطات توليد الكهرباء العاملة بالغاز. إذ تساهم مكاسب الكفاءة هذه في أكثر من ثلثي الفارق، ما يؤدي إلى خفض الطلب على الغاز بنحو 80 مليار متر مكعب بحلول عام 2035. ويعزى الجزء المتبقي من الفجوة إلى التوسع في مصادر الطاقة منخفضة الانبعاثات، وعلى رأسها الطاقة الشمسية الكهروضوئية، التي تحل محل جزء إضافي من التوليد القائم على الغاز. وفي غياب هذه التحسينات، سيرتفع استهلاك الغاز الطبيعي في قطاع الكهرباء في المنطقة بنسبة 55% بحلول عام 2035، وهو معدل يفوق بكثير نسبة النمو البالغة 20% المتوقعة في سيناريو STEPS.

يتركز أكثر من 60% من الزيادة الإضافية في الطلب على الغاز الطبيعي في هذا السيناريو في ثلاث دول فقط: مصر، والمملكة العربية السعودية، ودولة الإمارات العربية المتحدة. وتضم هذه الدول قطاعات كهرباء كبيرة تعتمد على الغاز بشكل رئيسي، وتشهد في الوقت ذاته نموًا سريعًا في الطلب على الكهرباء، مما يجعلها حساسة على نحو خاص تجاه أي

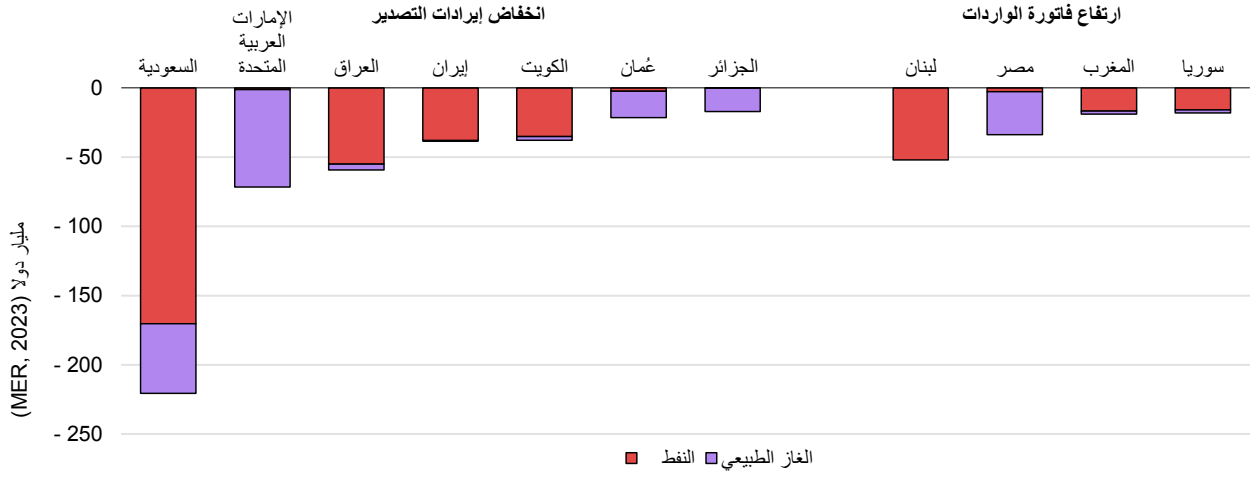
IEA. CC BY 4.0.

تأخير في نشر مصادر الطاقة النظيفة. كما تسجّل زيادات ملحوظة أيضًا في الجزائر وسلطنة عمان، حيث يؤدي الغاز دورًا محوريًا في توليد الكهرباء في ظل ارتفاع الطلب المحلي.

## الأثر على الإيرادات

لطالما كانت عائدات النفط والغاز في اقتصادات دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المنتجة شديدة التقلب، إذ تتأثر بأوضاع الأسواق العالمية المعرضة للصدمات السياسية والاقتصادية. فقد انخفضت الإيرادات إلى أقل من 400 مليار دولار أمريكي في عام 2020 أثناء جائحة كوفيد-19، ثم ارتفعت إلى نحو 1.1 تريليون دولار في عام 2022 عقب الغزو الروسي لأوكرانيا. ووفقًا لتوقعات سيناريو STEPS (مسار السياسات المخططة) في تقرير آفاق الطاقة العالمية 2024، يتوقع أن تنخفض صافي عائدات النفط والغاز بشكل طفيف في المتوسط حتى عام 2035، من نحو 700 مليار دولار في عام 2023، وذلك نتيجة التحولات في الطلب والعرض العالميين. وفي سيناريو الارتفاع في النفط والغاز High Oil and Gas Case الذي تمت نمذجته هنا، حيث يتعثر نشر مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية، يزداد استهلاك الوقود الأحفوري المحلي، ما يؤدي إلى انخفاض حجم الصادرات وتراجع عائدات النفط والغاز بمقدار 480 مليار دولار خلال الفترة حتى عام 2035.

**الشكل 3.29 الخسائر التراكمية في العوائد في بعض الدول المختارة في سيناريو النفط والغاز المرتفع، 2024-2035**




IEA. CC BY. 4.0.

ملاحظة: MER = سعر الصرف السائد في السوق

تتركز أكبر الخسائر في عائدات صادرات النفط والغاز في سيناريو High Oil and Gas Case (الارتفاع في النفط والغاز) في عدد محدود من الاقتصادات المنتجة الرئيسية، ويتأثر كلّ منها بعوامل مختلفة ضمن سيناريو STEPS (مسار السياسات

IEA. CC BY 4.0.

المخططة). فالمملكة العربية السعودية، التي تمتلك طموحات بارزة للقضاء على استخدام النفط في توليد الكهرباء ونشر كميات كبيرة من الطاقة المتجددة، ستكون الأكثر تضررًا من حيث تراجع الإيرادات، نظرًا لأن كميات النفط والغاز التي كان من المفترض الاستغناء عنها ستظل قيد الاستخدام إذا لم تتحقق هذه الطموحات. كما ستشهد كلّ من إيران والعراق وسلطنة عمان خسائر كبيرة أيضًا، ويعزى ذلك في الغالب إلى التوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة لاستبدال الوقود الأحفوري المحلي. أما في دولة الإمارات العربية المتحدة، فمن المتوقع أن يؤدي الجمع بين الطاقة المتجددة والطاقة النووية دورًا محوريًا في خفض الطلب المحلي على الغاز ضمن سيناريو STEPS، ما يجعل غياب هذه التطورات مكلفًا بشكل خاص من حيث خسارة إيرادات التصدير المحتملة.

قد يكون الأثر على الدول المستوردة في المنطقة، مثل الأردن ولبنان، شديدًا بشكل خاص. إذ إن زيادة الاعتماد على النفط والغاز قد تعني أن هذه الدول ستشهد مجتمعةً تضخمًا في فواتير وارداتها بقيمة إضافية تبلغ نحو 140 مليار دولار أمريكي خلال الفترة حتى عام 2035. وغالبًا ما تعاني هذه الدول من قيود مالية وتواجه عجزًا في الموازنات والتجارة، يتأثر بدرجة كبيرة بتكاليف استيراد الوقود الأحفوري. فعلى سبيل المثال، شكّلت مشتريات النفط في لبنان نحو 25% من إجمالي فاتورة واردات البلاد في عام 2024، ومع تراكم تكاليف الاستيراد الإضافية حتى عام 2035، والتي تقدّر بنحو 50 مليار دولار، ستزداد هذه الضغوط المالية بشكل ملحوظ.

تبرز الديناميكيات المختلفة بين الدول المستوردة الصافية والمصدّرة الصافية في المنطقة الحاجة الملحّة إلى تنويع أكبر في مزيج توليد الكهرباء، كما تبيّن كيف يمكن لنشر الطاقة النظيفة أن يدعم الاستقرار المالي في مختلف أنحاء المنطقة.

## إمكانية تحويل تكلفة حرق الوقود إلى صادرات عالية القيمة

تعتمد عدة دول في المنطقة، بما في ذلك بعض أكبر منتجي المواد الهيدروكربونية، بشكل متزايد على واردات زيت الوقود والديزل والغاز الطبيعي وحتى واردات الكهرباء المباشرة لتلبية تزايد الطلب على الطاقة، ولا سيما خلال أشهر الصيف التي يبلغ فيها الاستهلاك ذروته. فعلى سبيل المثال، تعزّز المملكة العربية السعودية إمداداتها المحلية من الوقود من خلال استيراد زيت الوقود لتغطية الارتفاع الموسمي في استهلاك الكهرباء. وتعتمد دولة الإمارات العربية المتحدة على واردات الغاز الطبيعي عبر الأنابيب من قطر. أما العراق، ورغم كونه ثاني أكبر منتج للنفط في المنطقة، فلا يزال يعتمد بشكل كبير على الطاقة المستوردة؛ إذ يشتري الديزل عالي التكلفة لاستخدامه على نطاق واسع في المولدات الصغيرة الخاصة،

IEA. CC BY 4.0.

ويستورد الغاز الطبيعي من إيران المجاورة. ولا يقتصر ضعف هذه الترتيبات على تعرضها للاضطرابات الموسمية، خصوصًا في فترات الذروة داخل إيران، بل إنها أيضًا عرضة لعدم اليقين الجيوسياسي. ويبرز ذلك حاجة المنطقة الملحّة إلى تطوير توليد كهرباء محلي أكثر تنوعًا وكفاءة وأمانًا، سواء في الاقتصادات المنتجة أو في الدول المستوردة للطاقة.

إن الإبقاء على الوضع القائم في ظل تزايد الطلب على الكهرباء في المنطقة يجعل اقتصادات الشرق الأوسط وشمال أفريقيا – سواء المستوردة أو حتى في بعض الحالات المنتجة للطاقة – عرضة لفواتير استيراد أكبر وضغوط مالية متصاعدة. وبالنسبة لبعض الاقتصادات المنتجة التي تواجه قيودًا في الوصول إلى التمويل، فإن ارتفاع الطلب على الكهرباء، وما يقابله من زيادة في استخدام المواد الهيدروكربونية لتوليد الطاقة، سيتطلب ضخّ رؤوس أموال كبيرة للحفاظ على إنتاج النفط والغاز المحلي أو زيادته. ويعدّ ذلك ضروريًا ليس فقط لتلبية الطلب المحلي، بل أيضًا للحيلولة دون تآكل القدرة التصديرية والإيرادات الناتجة عنها.

إن توجيه كميات النفط والغاز بعيدًا عن عمليات توليد الكهرباء منخفضة الكفاءة نحو تطبيقات ذات قيمة أعلى يمكن أن يوفّر مسارات بديلة قوية للتنمية الاقتصادية. فاستثمار الموارد في قطاعات مثل التكرير والبتروكيماويات، ولا سيما عند دمجهما، يتيح إنتاج منتجات ذات قيمة مضافة أكبر مثل البنزين ووقود الطائرات والنفثا والأسمدة والبوليمرات.

فعلى سبيل المثال، تم حرق ما معدله نحو 720 ألف برميل يوميًا من النفط الخام مباشرة في محطات توليد الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بين عامي 2021 و2023. ورغم أن هذا الخام ذو قيمة عالية بحد ذاته وكان من الممكن بيعه في الأسواق الدولية بأسعار تراوحت بين 70 و100 دولار أمريكي للبرميل خلال تلك الفترة – أي ما يعادل تقريبًا 15 إلى 25 مليار دولار سنويًا – فإن تكرير هذا الخام إلى منتجات ذات قيمة مضافة أعلى كان سيحقق عائدات أكبر بكثير.

وبحسب نوع المنتجات وأساليب التكرير وتعقيدها، إضافة إلى فروقات الأسعار السائدة، فإن هذه القيمة الإضافية كانت ستتراوح بين 7 و25 دولارًا لكل برميل، ما كان يمكن أن يولّد قيمة إضافية سنوية تقديرية تتراوح بين 5 و18 مليار دولار. وينطبق الأمر ذاته على زيت الوقود الثقيل المستخدم في توليد الكهرباء في المنطقة، والذي بلغ متوسط استخدامه نحو 710 آلاف برميل يوميًا بين عامي 2021 و2023. فاستثمار القدرات في عمليات المعالجة الهيدروجينية أو التحويل، مثل التكسير الهيدروجيني، يمكن أن يتيح تحقيق إيرادات إضافية، إما من خلال بيع زيت الوقود منخفض الكبريت مباشرة في

IEA. CC BY 4.0.

السوق، أو عبر تحويله إلى منتجات ذات قيمة أعلى. إضافة إلى ذلك، يمكن للغاز أن يستخدم أيضًا كمواد أولية منخفضة التكلفة للصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة مثل الألمنيوم والحديد والصلب والأسمنت، أو كوقود للقطاعات التي يصعب كهربتها، مثل النقل البري لمسافات طويلة والنقل البحري.

علاوة على الضرورة العالمية للحد من تغيّر المناخ والانبعاثات، ينظر بشكل متزايد إلى تقليص توليد الكهرباء من النفط والغاز باعتباره استراتيجية عملية لتخفيف الضغوط المالية الناتجة عن استيراد الوقود واستخدام الموارد الهيدروكربونية المحلية القيّمة في إنتاج الطاقة. وبالنسبة للدول المستوردة الصافية للطاقة، مثل مصر والأردن والمغرب، فإن توسيع القدرات المحلية للطاقة المتجددة يمثل وسيلة ليس فقط لتقليل التعرض لمخاطر الاستيراد، بل أيضًا لخفض فواتير الواردات وتعزيز استقلالية الطاقة. كما يقدّم قطاع الكهرباء في المنطقة فرصة جاذبة لتنويع مصادر الإمداد بالطاقة بعيدًا عن الوقود الأحفوري، واستثمار الإيرادات المحتملة من الصادرات أو الاستخدامات الصناعية، مما يضيف قيمة للاقتصادات المنتجة ويحمي الدول المستوردة للطاقة من اضطرابات الإمداد وتقلبات الأسعار.

على سبيل المثال، تولّد منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حاليًا نحو 360 تيراواط-ساعة من الكهرباء باستخدام النفط الخام ومشتقاته المكرّرة [10]. وسيستلزم إنتاج كمية مكافئة من الكهرباء باستخدام أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية تركيب نحو 205 غيغاواط من القدرة المركبة عند عامل قدرة محافظ يبلغ 20%، أو 164 غيغاواط إذا تم التشغيل عند عامل قدرة أعلى يبلغ 25%. ورغم أن الطاقة الشمسية الكهروضوئية لا يمكنها أن تحل محل جميع خدمات منظومة الكهرباء التي تقدمها محطات التوليد العاملة بالنفط [11]، فإن حجم الكهرباء المنتجة حاليًا من النفط يوفر معيارًا مفيدًا لتقدير تكلفة استبدال كميات النفط المستخدمة في توليد الطاقة. وبافتراض عامل قدرة متوسط، فإن إجمالي الاستثمار المطلوب سيبلغ نحو 115 مليار دولار أمريكي وفق التكلفة الحالية للقدرة المركبة البالغة نحو 615 دولارًا لكل كيلوواط [12]، أو أقل من 70 مليار دولار استنادًا إلى التكلفة المتوقعة التي يتوقع انخفاضها إلى 360 دولارًا لكل كيلوواط بحلول عام 2035.

[10] استناداً إلى 1.8 مليون برميل يومياً من النفط (النفط الخام والمنتجات النفطية) المستخدمة كلقيم في عام 2023

[11] محطات توليد الطاقة التي تعمل بالنفط، بالإضافة إلى توليد الكهرباء، تسهم أيضًا في دعم كفاية نظام الطاقة واستقرار الشبكة من خلال توفير القصور الذاتي بفضل توربيناتها الدوّارة الكبيرة.

[12] تفترض التقديرات نشر أنظمة طاقة شمسية ضوئية واسعة النطاق ومخصصة للخدمات الكهربائية.

IEA. CC BY 4.0.

تكمن أهمية الاستثمار المطلوب لاستبدال محطات توليد الكهرباء العاملة بالنفط بالطاقة الشمسية الكهروضوئية، ليس في حجمه المطلق، بل في سهولة استرداده نسبيًا. فوفقًا لأسعار تصدير النفط السائدة، فإن توجيه 1.8 مليون برميل يوميًا من النفط المستخدم حاليًا لتوليد الكهرباء محليًا نحو الأسواق الدولية سيولّد عائدات كافية لتغطية رأس المال الاستثماري المقدّر بـ 115 مليار دولار أمريكي خلال فترة تزيد قليلًا على عامين، أو ما يعادل إيرادات 25 شهرًا من صادرات كميات النفط المستبدلة [13]. ويجعل ذلك الحساب الاقتصادي لتخصيص جزء من استهلاك النفط المحلي للاستثمار في بناء قدرات الطاقة المتجددة أمرًا لا يقتصر على كونه منطقيًا من الناحية المالية، بل جذابًا واستراتيجيًا أيضًا.

[13] تقدّر فترة الاسترداد من خلال تطبيق أسعار النفط الخام والمنتجات النفطية الدولية لعام 2023 على الكميات المستخدمة في قطاع الكهرباء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في العام نفسه.

IEA. CC BY 4.0.

**International Energy Agency (IEA)**

Arabic translation of *The Future of Electricity in the Middle East and North Africa* (Full report)

لقد حرر هذا التقرير بالرغم من ضمان دقة الترجمة، إلا أنه قد بذل كافة الجهود من أجل باللغة الإنجليزية
تكون هناك بعض الفروق الطفيفة بين هذه النسخة والنسخة الإنجليزية.

For in-text references and sources (hyperlinked), please refer to the original English version of the report.

This work reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of the IEA's individual member countries or of any particular funder or collaborator. The work does not constitute professional advice on any specific issue or situation. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the work's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the work.

Subject to the IEA's Notice for CC-licenced Content, this work is licenced under a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence.

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

IEA Publications
International Energy Agency
Website: www.iea.org
Contact information: www.iea.org/contact

Typeset in France by IEA - Original version: September 2025;
Translation: July 2026.
Cover design: IEA
Photo credits: © Shutterstock