دائـــرة الـطـاقـة
DEPARTMENT OF ENERGY



النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة في إمارة أبوظبي 2050

التقرير (الإصدار 1)
يوليو 2023

استعراض مسارات أبوظبي
نحو الحياد المُناخي

الملخص التنفيذي

مقدمة: أعدَّت دائرة الطاقة تقريرًا باسم "النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة في إمارة أبوظبي 2050" (التقرير). وقد جاء هذا التقرير بعد مشاورات مُكثّفة مع **نحو خمس عشرة (15)** جهة معنية في الإمارة. **ويُعد هذا التقرير بمثابة وثيقة إرشادية تُلقي الضوء على** الإجراءات التي يُمكن لمتخذي القرار تطبيقها لتحقيق المستهدفات الوطنية للحياد المُناخي بحلول عام 2050 **من دون فرض أي تدابير ملزمة.** كما يستعرض التقرير أيضًا **تصورات للوضع المستقبلي المتوقع لقطاعات النقل، والمباني، والصناعة، والكهرباء** إذا ما تبنّت أبوظبي سياسات أعلى طموحًا ترمي إلى تحقيق الحياد المُناخي. ويتناول التقرير جميع ناقلات الطاقة وعناصر الطلب على الطاقة في إمارة أبوظبي، إضافةً إلى طرح مجموعة من التوقعات والافتراضات المرتبطة بالسياسات المتّبعة، وذلك وفق سيناريوهات **نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة** الذي يُعرف أيضًا باسم **مُكعَّب الطاقة**.

السيناريوهات: يضع التقرير **ثلاثة سيناريوهات مختلفة يمكن مقارنتها** على أساس " النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة"، يتمثَّل أولها في استمرار ***الأعمال وفق المعتاد*** فيما **يَستهدف السيناريوهان** الآخران **تحقيق مستهدفات الحياد المُناخي** بحلول عام 2050. إلَّا أنَّ السيناريوهات الثلاثة تتأثر بعاملين رئيسيين، هما: **مستوى الطموح على صعيد السياسات، و افتراضات التطور التكنولوجي.**

الافتراضات على صعيد السياسات فيما يتعلق بالسيناريوهات المطروحة في تقرير النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة:

السيناريو	وصف السيناريو	الافتراضات الرئيسية
1 السياسات الحالية	1.1 رسم **السياسات المستقبلية** استنادا إلى **الالتزامات الحالية المقررة والمعتمدة**[1] 1.2 **التحسين** التدريجي **للتقنيات المتطورة** 1.3 **التطبيق المحدود** أو عدم تطبيق **التقنيات المتطورة** والاتجاهات الناشئة	**الكهرباء**: استخدام متوسط لمصادر الطاقة المتجددة **الصناعة**: استخدام الغاز الطبيعي[2] في التدفئة دون تقنية التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه **النقل**: تحديد مزيج الطاقة وفق المتطلبات الاقتصادية **المباني**: مبادرات إدارة جانب الطلب[3] المخطط لها
2 الحياد المناخي الحياد المناخي بحلول 2050	2.1 اتباع **سياسات طموحة** لتحقيق أهداف الحياد المُناخي بحلول عام 2050، مع مراعاة **أجندة التنويع الاقتصادي** 2.2 **مستوى متوسط من التطور التكنولوجي** وتحوُّل محدود لاستخدام الكهرباء والوقود المنخفض الكربون والاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة. 2.3 **تسريع وتيرة نشر تقنيات الحد من الانبعاثات** لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	**الكهرباء**: استخدام واسع النطاق للغاز الطبيعي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه[4] **الصناعة**: التحوُّل لاستخدام الكهرباء والوقود المنخفض الكربون مع استخدام واسع النطاق **لتقنيات التقاط الكربون** واستخدامه وتخزينه **النقل**: التحوُّل لاستخدام الكهرباء والوقود المنخفض الكربون **المباني**: مبادرات إدارة جانب الطلب[3] المخطط لها
3 نموذج التحوُّل التكنولوجي الحياد المناخي بحلول 2050	3.1 اتباع **سياسات طموحة للغاية** لتحقيق أهداف الحياد المُناخي بحلول عام 2050 3.2 **تسريع مستوى التطور التكنولوجي** بما يسمح بالتحوُّل واسع النطاق نحو استخدام الكهرباء والوقود منخفض الكربون مع تكثيف جهود تبني الطاقة الجديدة 3.3 **استخدام متوسط لتقنيات الحد من الانبعاثات** لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.	**الكهرباء**: تبني مصادر الطاقة المتجددة (5والطاقة النووية على نطاق واسع **الصناعة**: التحوُّل لاستخدام الكهرباء والوقود المنخفض الكربون مع استخدام متوسط لتقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه **النقل**: التحوُّل لاستخدام الكهرباء والوقود المنخفض الكربون **المباني**: توسيع نطاق جهود كفاءة الطاقة

ملاحظة: 1) يستند السيناريو إلى السياسات الحالية والسياسات قيد التطوير اعتبارًا من عام 2022 ؛2) الغاز الطبيعي؛ 3) إدارة جانب الطلب؛ 4) تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه؛ 5) الطاقة المتجددة؛ 6) الكفاءة

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي 2022

السياسات: أطلقت أبوظبي مجموعةً من **اللوائح التنظيمية والسياسات لتسريع وتيرة إزالة الكربون في دولة الإمارات، ومن بينها** «*السياسة التنظيمية لشهادات الطاقة النظيفة*»، و«*سياسة الهيدروجين المنخفض الكربون*» (مسودة)، و«*سياسة إنتاج الطاقة من النفايات*»، و«*السياسة التنظيمية الخاصة بالبنية التحتية لشحن المركبات الكهربائية*»، و«*المستهدفات الاستراتيجية للطاقة النظيفة لعام 2035 لإنتاج الكهرباء في إمارة أبوظبي*»، و«*استراتيجية أبوظبي لإدارة جانب الطلب وكفاءة الطاقة 2030*» وغيرها.

ولكن **يتعيّن تبنّي سياسات أعلى طموحًا في مجال الطاقة لتحقيق مستهدفات الحياد المُناخي.** وفي هذا السياق، يطرح التقرير مجموعة من السياسات المرتقبة لتشجيع ودعم إزالة الكربون في أبوظبي، مثل سياسة **نشر السيارات العاملة بالوقود النظيف** لقطاع النقل، وسياسات **كفاءة الطاقة وزيادة الاعتماد على الكهرباء** لقطاع المباني، وسياسة **التحوُّل إلى الوقود المنخفض الكربون** لقطاع الصناعة، و**مستهدفات الطاقة النظيفة حتى عام 2050** لقطاع الكهرباء.

ويتمثل الهدف الشامل لإطار السياسات العامة الذي أعدته دائرة الطاقة في إعداد **توجُّه شامل، ولكن غير ملزم** لتحقيق مستهدفات الحياد المُناخي، وهو **نهج مرن وقابل للتكيف** ويتعين مراجعته وتعديله لمواكبة تقدم إمارة أبوظبي في مسارها نحو تحقيق مستهدفات الحياد المُناخي.

نتائج التقرير: لأغراض النمذجة، اعتُمِدت **بعض الافتراضات على صعيد السياسات وتمَّ تبني مستويات مختلفة من الطموح** لرسم الوضع المستقبلي المتوقع لمختلف القطاعات في أبوظبي في عام 2050. فالسيناريوهات الخاصة بالحياد المُناخي ونموذج التحوُّل التكنولوجي تفترض **إزالة الكربون على نحو تدريجي من قطاعات الطلب والكهرباء** لتحقيق مستهدفات الحياد المُناخي بحلول عام 2050. ويمكن تحقيق ذلك عبر **زيادة الاعتماد على الكهرباء، والوقود النظيف** (مثل الهيدروجين والوقود الحيوي)، وتقنيات **التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.**

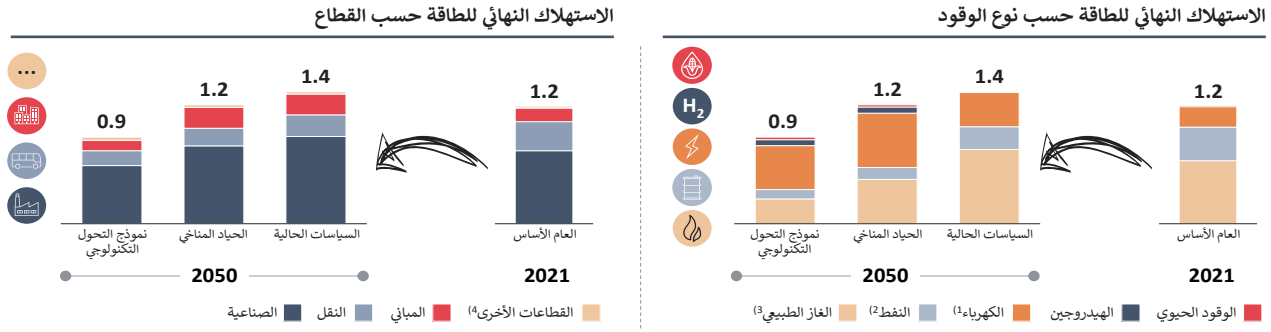
التغيّرات في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع [% مقارنةً بعام 2021][1]:

	الكهرباء			الصناعة[2]			النقل			المباني		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
السياسات الحالية	%38-	%57-	%48-	%5-	%2-	%2	%29-	%53-	%70-	%28	%33	%43
الحياد المناخي	%41-	%95-	%100-	%16-	%64-	%100-	%30-	%71-	%100-	%27	%22-	%100-
نموذج التحول التكنولوجي	%38-	%95-	%100-	%18-	%76-	%100-	%30-	%81-	%100-	%20	%52-	%100-

ملاحظة: 1) استنادًا إلى التصميم الحالي للسيناريوهات وافتراضات السياسة المنمذجة (قد تتغير تبعًا للأهداف المحددة المتفق عليها في عناصر السياسات)؛ 2) يشمل القطاع الصناعي قطاع النفط والغاز.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي، 2022.

الاستهلاك النهائي للطاقة في أبوظبي (إكساجول):



ملاحظة: 1) تشمل جميع مصادر توليد الكهرباء، مثل الغاز الطبيعي، والطاقة الشمسية الكهروضوئية، والطاقة النووية، وتحويل النفايات إلى طاقة؛ 2) المنتجات النفطية والبترولية؛ 3) لا يشمل الغاز الطبيعي المستخدم في توليد الكهرباء؛ 4) تشمل القطاعات الأخرى تبريد المناطق ومعالجة المياه.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

تحليل القطاعات: ومع تحقيق مُستهدفات الحياد المُناخي في المستقبل، فمن المنتظر أن **تتحوّل** جميع قطاعات الطلب **من الاعتماد على الوقود الأحفوري إلى مزيج أكثر تنوعًا من جانب الإمداد.**

النقل: سيجري خفض الانبعاثات تدريجيًا من قطاع النقل البري عبر **زيادة استخدام المركبات العاملة بالوقود النظيف والتحوُّل إلى وسائل النقل العام.**

المباني: يُتوقَّع تبنّي سياسات جديدة لضمان **عدم تجاوز حصة غاز البترول المسال والغاز الطبيعي** المستخدم في المباني نسبة **1%** من مزيج الوقود في عام 2050.

الصناعة: سيكون لزيادة الاعتماد على **الكهرباء**، وتحسين **كفاءة الطاقة، وتقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه**، والتحوّل إلى **الهيدروجين** دور أساسي في إزالة الكربون من قطاع الصناعة.

الكهرباء: من المتوقع أن تنخفض الانبعاثات في قطاع الكهرباء عن طريق استخدام مصادر **الطاقة المتجددة، والطاقة النووية، والغاز الطبيعي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.**

الرؤية المستقبلية للحياد المُناخي في قطاعات النقل والمباني والصناعة والكهرباء:



المصدر: دائرة الطاقة -أبوظبي، 2022

الآفاق المستقبلية: تسعى أبوظبي إلى تعزيز **سبل التعاون والتنسيق مع الجهات الحكومية والوزارات** على مستوى الإمارة والمستوى الوطني لبلورة موقفها إزاء سياساتها وأهدافها نحو تحقيق مستهدفات الحياد المُناخي. ويُمكن تحديد **أهداف سياسات أبوظبي** بعد إجراء تقييم تفصيلي للآثار المتوقعة منها، وذلك حرصًا على وضع السياسات واللوائح التنظيمية الملائمة وتسهيل المناقشات مع الشركاء.

جدول المحتويات

1. الهدف والمُحدّدات **7**

2. نظرة إلى الوضع الراهن في أبوظبي **8**

3. الالتزام بتحقيق الحياد المُناخي **9**

4. مقدمة عن النظرة المستقبلية للحياد المُناخي في أبوظبي **10**

5. نبذة عن سيناريوهات النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة في أبوظبي **11**

6. إطار السياسات العامة لتحقيق الحياد المُناخي **13**

6-1. السياسات الحالية 13

6-2. السياسات المستقبلية 15

7. نتائج النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة في إمارة أبوظبي **23**

7-1. أبرز التغيرات المرتقبة في نظام الطاقة 23

7-2. الالتزام بأهداف الحياد المُناخي 23

7-3. أثر تحوُّل الطاقة على أبوظبي 24

8. تداعيات الحياد المُناخي في أبوظبي **26**

8-1. النقل 27

8-2. المباني 29

8-3. الصناعة 31

8-4. الكهرباء 33

9. التحديات أمام المسار نحو الحياد المُناخي **36**

10. ا الآفاق المستقبلية **37**

الملحق 1: مسرد المصطلحات **38**

الملحق 2: قائمة التعريفات **38**

الملحق 3: لمحة عامة عن القطاعات الرئيسية والفرعية المشمولة بالتحليل **42**

الملحق 4: منهجية تقييم الأثر **43**

قائمة الرسوم التوضيحية

الشكل 1: الاستهلاك النهائي للطاقة في أبوظبي في عام 2021 (إكساجول)	8
الشكل 2: التزامات الحياد المُناخي على مستوى العالم في عام 2022	9
الشكل 3: مُكعَّب الطاقة	10
الشكل 4: الافتراضات على مستوى السياسات لسيناريوهات النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة	11
الشكل 5: الاستهلاك النهائي للطاقة في أبوظبي (إكساجول)	23
الشكل 6: إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أبو ظبي (ميجاطن)	23
الشكل 7: التغيّرات في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع [% مقارنةً بعام 2021]	24
الشكل 8: أثر سيناريوهات تقرير النظرة المستقبلية على المؤشرات الستة الرئيسية للإمارة	24
الشكل 9: متوسط تكلفة إنتاج وحدة الطاقة الواحدة	25
الشكل 10: تصوُّرات الحياد المُناخي لقطاعات النقل والمباني والصناعة والطاقة	26
الشكل 11: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل (ميجاطن)	27
الشكل 12: النظرة المستقبلية لقطاع النقل 2050	28
الشكل 13: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع المباني (ميجاطن)	29
الشكل 14: النظرة المستقبلية لقطاع المباني 2050	30
الشكل 15: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الصناعة (ميجاطن)	31
الشكل 16: النظرة المستقبلية لقطاع الصناعة 2050	32
الشكل 17: النظرة المستقبلية لقطاع الكهرباء 2050	33
الشكل 18: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الكهرباء (ميجاطن)	34
الشكل 19: النظرة المستقبلية لقطاع الكهرباء 2050	35
الشكل 20: المعوقات والممكّنات في المسار نحو الحياد المُناخي	36
الشكل 21: لمحة عامة عن القطاعات الرئيسية والقطاعات الفرعية المشمولة بالتحليل	42
الشكل 22: مؤشرات الأداء الرئيسية ومعايير التقييم	43

قائمة الجداول

الجدول 1: السياسات واللوائح التنظيمية الداعمة لإزالة الكربون في أبوظبي (الحالية وقيد التطوير اعتبارًا من عام 2022)	13
الجدول 2: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المُناخي (قطاع النقل)	15
الجدول 3: أهم الافتراضات على مستوى السياسات ومستويات الطموح لكل السيناريو (قطاع النقل)	16
الجدول 4: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المُناخي (قطاع المباني)	17
الجدول 5: أهم الافتراضات على مستوى السياسات ومستويات الطموح لكل السيناريو (قطاع المباني)	17
الجدول 6: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المُناخي (قطاع الصناعة)	18
الجدول 7: أهم الافتراضات على مستوى السياسات ومستويات الطموح لكل السيناريو (قطاع الصناعة)	19
الجدول 8: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المُناخي (قطاع الكهرباء)	19
الجدول 9: أهم الافتراضات على مستوى السياسات ومستويات الطموح لكل السيناريو (قطاع الكهرباء)	20
الجدول 10: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المُناخي (الغاز والسوائل)	20
الجدول 11: أهم الافتراضات على مستوى السياسات ومستويات الطموح لكل السيناريو (الغاز والسوائل)	20
الجدول 12: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المُناخي (السياسات الشاملة)	21
الجدول 13: أهم الافتراضات على مستوى السياسات ومستويات الطموح لكل السيناريو (السياسات الشاملة)	22
الجدول 14: قائمة الاختصارات	38

1. الهدف والمُحدَّدات

أعدّت دائرة الطاقة تقريرًا باسم "النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة في إمارة أبوظبي 2050 (التقرير)". وقد جاء هذا التقرير بعد مشاورات مُكثَّفة مع الشركاء والجهات المعنية في الإمارة. **ويُعد هذا التقرير بمثابة وثيقة إرشادية** تُلقي الضوء على العديد من الإجراءات والتدابير التي يُمكن لمتخذي القرار تطبيقها لتحقيق مُستهدفات المسار الوطني للحياد المُناخي بحلول عام 2050 **دون فرض أي تدابير ملزمة.** كما يستعرض التقرير **تصورات للوضع المستقبلي المتوقع لقطاعات النقل، والمباني، والصناعة، والكهرباء** إذا ما تبنّت أبوظبي سياسات أعلى طموحًا ترمي إلى تحقيق الحياد المُناخي.

ويتناول التقرير **ثلاثة مسارات مختلفة** مُعدة لنظام الطاقة في الإمارة بحلول عام 2050. ويهدف اثنان منهما إلى تحقيق الحياد المُناخي استنادًا إلى مجموعة من الافتراضات المختلفة على مستوى السياسات المعتمدة والاعتماد على التكنولوجيا. وهذه المسارات ليست بتنبؤات؛ إذ من الصعب وضع التنبؤات في ظلّ ما يكتنف المستقبل من أوجه الغموض وعدم اليقين، وإنَّما تُمثل هذه المسارات محاكاة مدروسة لسيناريوهات افتراضية قائمة على افتراضات تقنية واقتصادية وسياسية تستهدف نظام الطاقة بأكمله في أبوظبي، وترسم خارطة طريق نحو تبني التكنولوجيا، وتستشرف الفرص الاستثمارية التي قد تنشأ عن تحقيق الحياد المُناخي.

ولذلك، فإنَّ النتائج التي يَخلص إليها هذا التقرير أُعدت فقط لتقديم التوجيه والإرشاد **لمتخذي القرار، والمراكز والمؤسسات البحثية**، وأي جهة تُعنى بشؤون الطاقة والمُناخ في الإمارة؛ لاعتماد سياسات هادفة وطويلة الأجل دعمًا لخارطة الطريق نحو الحياد المُناخي في أبوظبي، وللمستهلكين **لفهم تداعيات** السيناريوهات المختلفة وانعكاساتها على اتخاذ القرارات الاستثمارية والاستهلاكية في المستقبل.

ويعرض التقرير أهم القطاعات المستهلكة للطاقة في أبوظبي، وهي النقل، والمباني، والصناعة، والكهرباء[1]، ويكتفي بالإشارة إلى **قطاع المياه** بصورة إجمالية **دون الخوض في تفاصيله**. وسيجري التطرق إلى قطاع المياه بالتفصيل في تقرير "النظرة المستقبلية لقطاع المياه في إمارة أبوظبي 2050" المُقرر إعداده في المستقبل القريب. غير أنَّ هذا التقرير يتناول الجوانب الرئيسية للنظام المائي من جانبَي الإمداد والطلب، وتشمل المخرجات (مثل تكلفة نظام إمداد المياه) وإزالة الكربون من أنظمة المياه عبر اتخاذ تدابير فعَّالة لتطوير نظام الإمداد وإدارة جانب الطلب.

ويخضع التقرير **لقيود** تفرضها عملية **النمذجة**؛ حيث إنَّ الإصدار الحالي من نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة لا يأخذ في الاعتبار سوى الانبعاثات الناتجة عن توليد الطاقة، ولا يشمل مُساهمات قطاعات **الزراعة والمصايد السمكية والنفايات** في انبعاثات الكربون والفوائد المُحققة من اعتماد الحلول المستندة إلى الطبيعة، مثل **أشجار القرم والأراضي الرطبة**. وفي السياق نفسه، يقتصر نطاق التقديرات المتعلقة بانبعاثات قطاع النقل على أنشطة **النقل الجوي والبحري والبري المحلية** فقط.

ويُوفِّر التقرير معلومات عن نتائج نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة وصولًا إلى عام 2050، بيد أنَّ هذه **النتائج** بمثابة **تقديرات**؛ إذ قد يكون الواقع مغايرًا تمامًا نظرًا لتأثره بعدة عوامل، مثل: الطلب على الطاقة، والتطور التكنولوجي، وتكاليف الوقود، واتجاهات السوق، وغير ذلك من العوامل. وحرصًا على الجودة والدقة، وتقديم المعلومات الملائمة لمتخذي القرار، سيجري تحديث هذا التقرير دوريًّا بما يُواكب التغيرات التكنولوجية، وتطوُّر السوق، والأولويات على صعيد السياسات ونتائج الحياد المُناخي المُحققة على مستوى دولة الإمارات، وأحدث الأولويات لإمارة أبوظبي.

[1] انظر الملحق (3) لتفاصيل القطاعات الفرعية.

2. نظرة إلى الوضع الحالي في أبوظبي

استطاعت **إمارة أبوظبي** - منذ تأسيس دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 1971 - التطور سريعًا إلى **اقتصاد صناعي** مستفيدةً من وفرة مواردها الطبيعية. وقد أدى هذا التحوُّل السريع والمُناخ الجاف الذي تتسم به **الإمارة** إلى تسجيل **مستويات عالية نسبيًّا من استهلاك الطاقة** فيها (بلغ نصيب الفرد من الطلب على الطاقة في عام 2021 في أبوظبي نحو 430 جيجاجول (GJ) مقارنةً بنحو 170 جيجاجول في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية[2]).

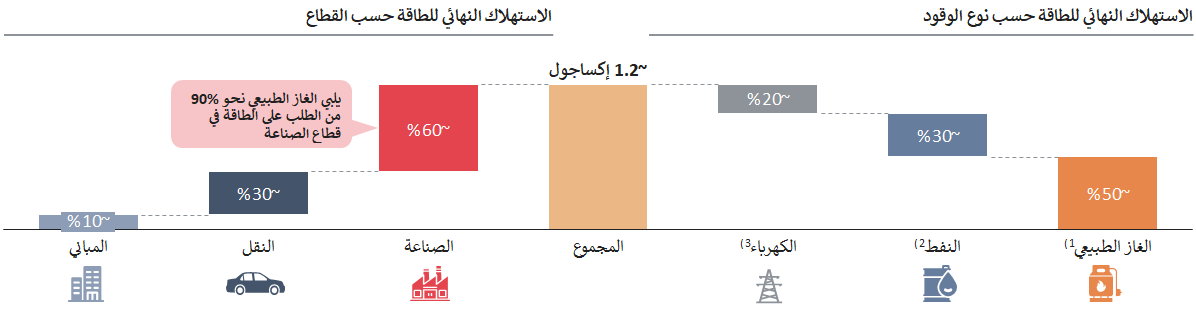
ويُساهم **القطاع الصناعي** بنحو 60%[3] من إجمالي الطلب المحلي على الطاقة، ويستحوذ قطاع الألمنيوم وقطاع النفط والغاز على الحصة الأكبر من الاستهلاك. فيما يستهلك **قطاع النقل** ما يُقارب ثلث الطلب على الطاقة في الإمارة الذي يتأتى من أنشطة النقل البري والجوي والبحري. وأمَّا **المباني السكنية والتجارية** فتعتمد على الأنظمة الكهربائية في معظم احتياجاتها من الطاقة (95%) ولا تُمثِّل سوى 10% فقط من استهلاك الطاقة.

وقد سعت إمارة أبوظبي، على مدى العقد المنصرم[4]، لتنويع مزيج الكهرباء عبر بناء العديد من محطات التوليد بالطاقة النظيفة، حيث تُسهم المحطات النووية بما مقداره 5.6 جيجاواط ومحطات الطاقة الشمسية بنحو 3.4 جيجاواط في مزيج الطاقة، وتُشكِّل مجتمعةً ما يزيد على 30%[5] من القدرة الإنتاجية الإجمالية للكهرباء في أبوظبي. وفي نوفمبر 2022، أعلنت دائرة الطاقة عن الإطار التنظيمي «***المستهدفات الاستراتيجية للطاقة النظيفة لعام 2035***» لإنتاج الكهرباء في أبوظبي»، وهو أول إطار تنظيمي **مُلزم قانونًا** للطاقة النظيفة والمتجددة في قطاع الكهرباء في الشرق الأوسط، ويهدف إلى إنتاج 60% من إجمالي الكهرباء في أبوظبي من مصادر نظيفة ومُتجددة بحلول عام 2035 وخفض انبعاثات الكربون بما يصل إلى 75٪[6] لكل ميجاواط/ساعة يُنتجها قطاع الكهرباء في الإمارة (ينتج أطنانًا من ثاني أكسيد الكربون لكل ميجاواط/ساعة).

وقد وضعت إمارة أبوظبي مجموعةً من **اللوائح التنظيمية والتعليمات والسياسات لتسريع وتيرة إزالة الكربون في دولة الإمارات العربية المتحدة، مثل** «*السياسة التنظيمية لشهادات الطاقة النظيفة*»، و«*سياسة الهيدروجين المنخفض الكربون*»، و«*سياسة إنتاج الطاقة من النفايات*»، و«*السياسة التنظيمية الخاصة بالبنية التحتية لشحن المركبات الكهربائية*»، و«*سياسة كفاءة استهلاك الطاقة والمياه في الجهات الحكومية*»، و«*سياسة إدارة المياه في محطات تبريد المناطق*»، و«*سياسة المياه المعاد تدويرها*»، و«*استراتيجية أبوظبي لإدارة جانب الطلب وترشيد استخدام الطاقة*».

وفي عام 2023، **ستستضيف دولة الإمارات الدورة الثامنة والعشرين لمؤتمر الدول الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المُناخ (كوب 28)**، وستعمل دائرة الطاقة - خلال رئاسة الإمارات للمؤتمر- بالتعاون الوثيق مع الجهات المعنية على المستوى المحلي والوطني والعالمي لدفع الجهود العالمية نحو مستقبل أكثر استدامة.

الشكل 1: الاستهلاك النهائي للطاقة في أبوظبي في عام 2021 (إكساجول)



ملاحظة: 1) لا يشمل الغاز الطبيعي المستخدم في توليد الكهرباء؛ 2) المنتجات النفطية والبترولية؛ 3) جميع مصادر توليد الكهرباء، مثل الغاز الطبيعي، والطاقة الشمسية

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي 2022

[2] مصدر بيانات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية هو «المراجعة الإحصائية للطاقة العالمية لعام 2022» الصادرة عن شركة النفط البريطانية «بي بي» (BP).

[3] تمثل القطاعات غير النفطية نحو 35% من إجمالي الطلب المحلي على الطاقة.

[4] يشمل التقرير الفترة الزمنية من عام 2012 حتى عام 2022.

[5] تشمل إجمالي القدرة الإنتاجية لمحطة براكة للطاقة النووية ومحطة الظفرة للطاقة الشمسية الكهروضوئية.

[6] مقارنةً بالمستويات المسجّلة في عام 2016.

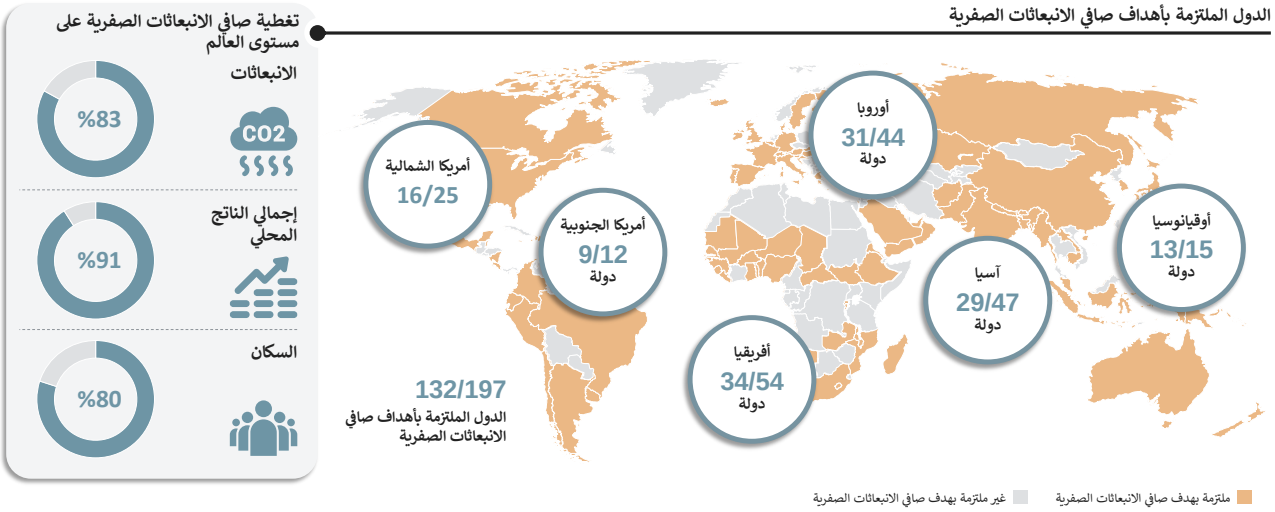
3. الالتزام بتحقيق الحياد المُناخي

يُعدّ تحقيق الحياد المُناخي مطلبًا أساسيًّا لمكافحة تغيُّر المُناخ وضمان الرفاه والازدهار الاجتماعي للأجيال القادمة. وقد شهدت السنوات القليلة الماضية زيادة مُطردة في الاهتمام العالمي بوضع المُستهدفات للوصول إلى صافي الانبعاثات الصفرية وتحقيق الحياد المُناخي. **ففي عام 2019، لم تكن التعهدات الوطنية بتحقيق الحياد المُناخي تتجاوز 16% من إجمالي الناتج المحلي العالمي**، إلاّ أنها ارتفعت ستة أضعاف بين عامَي 2019 و2022 **لتشمل أكثر من 90% من الاقتصاد العالمي**.

وفي أكتوبر 2021، **أصبحت دولة الإمارات أول دولة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا** تُعلن عن مبادرة وطنية لتحقيق الحياد المُناخي (**المبادرة الاستراتيجية لتحقيق الحياد المُناخي بحلول عام 2050**). كما أطلقت الدولة خلال مشاركتها في مؤتمر المناخ (كوب 27) **المسار الوطني للحياد المُناخي 2050** الذي يُحدِّد الطموح المُناخي للدولة بخفض الانبعاثات الكربونية بنسبة 100% بحلول عام 2050 مقارنةً بعام 2019. وفي مارس 2023، وقَّعت حكومات الإمارات السبع **ميثاق حكومات الحياد المُناخي** مؤكِّدةً بذلك التزامها بالإسهام في تحقيق أهداف الحياد المُناخي بحلول عام 2050. وستؤدي أبوظبي، أكبر إمارات الدولة، (نحو 60% من استهلاك الدولة للطاقة) **دورًا قياديًّا** في التحوُّل نحو الحياد المُناخي.

ويعني الوصولُ إلى الحياد المُناخي تحقيقَ أبوظبي التوزان بين كمية انبعاثات الغازات الدفيئة التي تصدرها وكمية الانبعاثات المزالة لمنع تراكمها المستمر في الغلاف الجوي وتفاقم آثار تغيُّر المُناخ. وهو ما يتطلَّب تحوُّل نظام الطاقة في الإمارة نحو **التقنيات المنخفضة والمنعدمة الانبعاثات**، وتحييد أثر الانبعاثات المتبقية بطرق أخرى، مثل عملية إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتخزينه بشكل دائم تحت الأرض.

الشكل 2: التزامات صافي الانبعاثات الصفرية (الحياد المُناخي) على مستوى العالم في عام 2022



المصدر: مبادرة تعقب أهداف الحياد المُناخي 2022 NetZero Tracker[7].

[7] مبادرة تعقب أهداف الحياد المُناخي (NetZero Tracker) مبادرة تعاونية تشارك فيها 4 مؤسسات، هي: مبادرة «أكسفورد نت زيرو» (Oxford Net Zero)، ووحدة بيانات الطاقة والمُناخ، ومجموعة Data-Driven EnviroLab، ومعهد NewClimate Institute.

4. مقدمة عن النظرة المستقبلية للحياد المُناخي في أبوظبي

ممّا لا شكَّ فيه أنّ تحقيق **الحياد المُناخي** في أبوظبي بحلول عام 2050 **يُعد هدفًا طموحًا**؛ إذ يتطلّب اعتماد سياسات تنفيذية تختلف تمامًا عن كل ما شهدته الإمارة حتى اليوم (بل على الصعيد العالمي)، كما يصحبه كمّ هائل من التعقيدات والغموض.

وقد وقَّعت حكومات الإمارات السبع، بما فيها إمارة أبوظبي، في مارس 2023 **ميثاق حكومات الحياد المُناخي 2050** الذي جاء تأكيدًا لالتزامها بالإسهام في تحقيق مستهدفات الدولة نحو تحقيق الحياد المُناخي بحلول عام 2050.

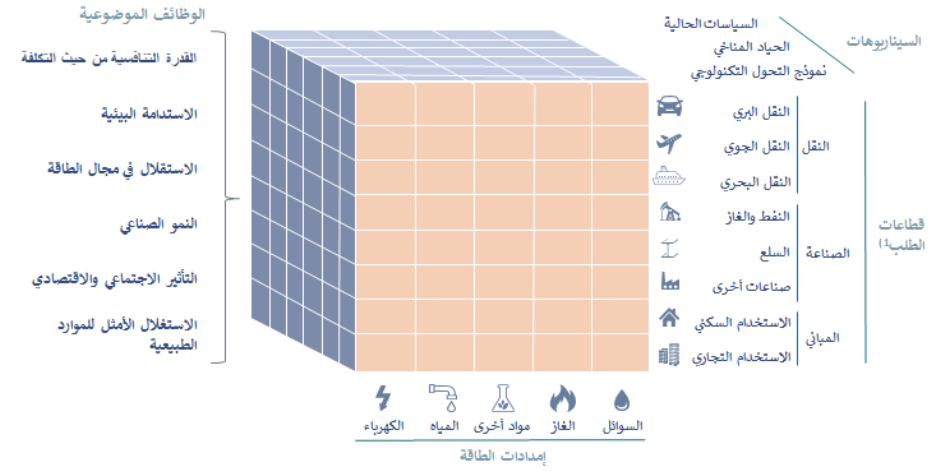
وفي هذا السياق، أصدرت دائرةُ الطاقة في عام 2023 - بوصفها الجهة التنظيمية المختصة بإصدار وتطبيق السياسات واللوائح والتعليمات التي تُنظم عمل قطاع الطاقة - تقريرَ "النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة في إمارة أبوظبي 2050" **الذي يستعرض سيناريوهات مختلفة للسياسات الممكن انتهاجها لدفع الجهود نحو تحقيق هدفنا المشترك لتحوُّل قطاع الطاقة، ألا وهو الحياد المُناخي**، ويتناول جميع ناقلات الطاقة وعناصر الطلب ضمن إمارة أبوظبي، إضافةً إلى تقديم مجموعة من التوقعات والافتراضات حول السياسات المتَّبعة، وذلك وفق سيناريوهات نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة الذي يُعرف أيضًا باسم **مُكعَّب الطاقة** (الشكل 3).

ويهدف التقرير إلى تقديم نظرة مستقبلية للخيارات التي تواجهها أبوظبي فيما يتعلق باستخدام الطاقة وما يترتّب عليها من آثار اجتماعية واقتصادية وبيئية **للجهات الحكومية الوطنية والاتحادية**، وصنَّاع السياسات، والجهات المنظمة، **والشركات الخاصة**، ولا سيما شركات الطاقة (المرافق، النفط والغاز، وغيرها)، والمنشآت الصناعية، والمستثمرين الماليِّين.

وقد طوَّرت دائرةُ الطاقة نموذجَ أبوظبي المتكامل للطاقة من خلال مشاركاتها المُكثفة مع العديد من الجهات المعنية في قطاع الطاقة، وقد خضع النموذج منذ إطلاقه للعديد من التحسينات وعُزِّز بقدرات إضافية، ويتكوَّن من **خمسة أنظمة مختلفة** (هي: الغاز، والسوائل، والكهرباء، والمياه، والطلب والمُخرجات)، بأفق زمني يصل إلى عام 2050[8].

ولأغراض هذا التقرير، تُعَرَّف **مسارات الحياد المناخي** بأنها **طرق وأساليب معقولة ومُتسقة داخليًّا للانتقال من الظروف الحالية إلى الوضع المستقبلي**. والسيناريوهات التي يستعرضها التقرير **ليست بمثابة تنبؤات**؛ إذ من الصعب وضع التنبؤات في ظل ما يكتنف المستقبل من أوجه الغموض وعدم اليقين، وإنما تُمثِّل مسارات **الحياد المناخي** دراسة شاملة **لمجموعة من النتائج والفرص والترتيبات والإجراءات المحتملة** التي قد تنشأ عن السعي إلى الوصول إلى الحياد المُناخي في أبوظبي.

الشكل 3: مُكعّب الطاقة



ملاحظة: 1) راجع الملحق (3) لتفاصيل القطاعات الفرعية.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي 2022.

[8] يشمل نظامُ المخرجات التأثيرَ الاجتماعي والاقتصادي.

5. نبذة عن سيناريوهات النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة في أبوظبي

يضع التقريرُ ثلاثةَ **سيناريوهات مختلفة، ولكن قابلة للمقارنة**، لاستشراف آفاق قطاع الطاقة في أبوظبي. يتمثّل أولها في **استمرار *الأعمال وفق المعتاد*، فيما يستهدف السيناريوهان الآخران تحقيق الحياد المُناخي** بحلول عام 2050. إلَّا أنَّ كلًّا من السيناريوهات الثلاثة يخضع لعاملين رئيسيين لهما تأثيرهما الكبير في تحوُّل قطاعات الطلب والتداعيات الاجتماعية والاقتصادية، وهما مستوى الطموح وافتراضات التطور التكنولوجي.

وتتوقف النظرة المستقبلية التي يقدمها كل سيناريو على الأثر الجماعي المُحقق من السياسات المعتمدة في ست مجالات رئيسية مختلفة هي: **القدرة التنافسية من حيث التكلفة، والاستدامة البيئية، والاستقلال في مجال الطاقة، والنمو الصناعي، والاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية، والتأثير الاجتماعي والاقتصادي.**

والسيناريوهات الثلاثة هي: **السياسات الحالية، والحياد المُناخي، ونموذج التحوُّل التكنولوجي.** ولا يسعى هذا التقرير إلى اقتراح سيناريو مُحدد دون سواه، وإنَّما يطرح **التقرير الخيارات المتاحة لإزالة الكربون.** ويستند كل سيناريو إلى مجموعة فريدة من الافتراضات المتعلقة بنظام الطاقة في أبوظبي، على النحو المُبيَّن في الشكل 4 أدناه.

الشكل 4: الافتراضات على صعيد السياسات فيما يتعلق بالسيناريوهات المطروحة في تقرير النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة

السيناريوهات	وصف السيناريو	الافتراضات الرئيسية
1 السياسات الحالية	1.1 رسم السياسة المستقبلية بناءً على **الالتزامات المحددة والمعتمدة حالياً**[1] 1.2 **التحسين** التدريجي **للتقنيات** الناضجة 1.3 التبني المحدود/عدم تبني التقنيات والاتجاهات الناشئة	**الكهرباء:** استخدام متوسط لمصادر الطاقة المتجددة **الصناعة:** استخدام الغاز الطبيعي في التدفئة دون تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه **النقل:** تحديد مزيج الطاقة وفق المتطلبات الاقتصادية **المباني:** مبادرات إدارة جانب الطلب المخطط لها
2 الحياد المناخي الحياد المناخي بحلول عام 2050	2.1 اتّباع **سياسات طموحة** لتحقيق أهداف الحياد المناخي بحلول عام 2050، أخذًا في الاعتبار أجندة **التنويع الاقتصادي** 2.2 **مستوى متوسط من التطور التكنولوجي** وتحوّل محدود لاستخدام الكهرباء والوقود المنخفض الكربون والاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة 2.3 **تسريع وتيرة نشر تقنيات الحدّ من الانبعاثات** لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	**الكهرباء:** استخدام واسع النطاق للغاز الطبيعي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه **الصناعة:** التحول لاستخدام الكهرباء والوقود المنخفض الكربون؛ استخدام واسع النطاق لتقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه **النقل:** التحول إلى الكهرباء والوقود المنخفض الكربون **المباني:** مبادرات إدارة جانب الطلب المخطط لها
3 نموذج التحول التكنولوجي الحياد المناخي بحلول عام 2050	3.1 تبني **سياسات عالية الطموح** لتحقيق أهداف الحياد المناخي بحلول عام 2050 3.2 **تسريع مستوى التطور التكنولوجي** وتحوّل واسع النطاق لاستخدام الكهرباء والوقود المنخفض الكربون وتكثيف جهود تبني مصادر الطاقة المتجددة 3.3 **استخدام متوسط لتقنيات الحدّ من الانبعاثات** لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	**الكهرباء:** تبني مصدر الطاقة المتجددة والطاقة النووية على نطاق واسع **الصناعة:** التحول لاستخدام الكهرباء والوقود المنخفض الكربون؛ استخدام متوسط لتقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه **النقل:** التحول إلى الكهرباء والوقود المنخفض الكربون **المباني:** توسيع نطاق جهود كفاءة الطاقة

ملاحظة: 1) يستند السيناريو إلى السياسات الحالية والسياسات قيد التطوير اعتبارًا من عام 2022؛ 2) الغاز الطبيعي؛ 3) إدارة جانب الطلب؛ 4) تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه؛ 5) الطاقة المتجددة؛ 6) الكفاءة.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي 2022.

1. **يعكس سيناريو السياسات الحالية** المسار الحالي الذي تسلكه أبوظبي بناءً على الخطط والسياسات التي التزمت الحكومة بتطبيقها، ويتمثل في نشر تقنيات إزالة الكربون **بأقل تكلفة ممكنة**؛ بما يتيح انتقالًا سلسًا نحو الطاقة النظيفة **دون التصدي الكامل للفجوة بما يحقق الوصول إلى الحياد المُناخي بحلول عام 2050.**

ولكن، ونظرًا للأهمية التي تُوليها دولة الإمارات وإمارة أبوظبي لمسألة تغيُّر المُناخ وما بذلته إمارة أبوظبي من جهود لتحقيق التحوُّل في قطاع الطاقة عبر تطوير السياسات والأدوات التحليلية اللازمة، فسيستمر هذا العمل حتى تحقيق أهداف الحياد المُناخي في عام 2050. ويُمثل سيناريو الحياد المُناخي وسيناريو نموذج التحوُّل التكنولوجي السبيل المحتمل إلى بلوغ هذا الهدف.

2. **سيناريو الحياد المُناخي هو سيناريو لتحوُّل قطاع الطاقة** يتمثل في تطبيق **تدابير وسياسات أعلى طموحًا** من السياسات الحالية لتحقيق الحياد المُناخي بحلول عام 2050 مع مراعاة تحقيق **التوازن** بين **أهداف التنمية المستدامة ونهج التنويع الاقتصادي في أبوظبي.** ويفترض هذا السيناريو مستوًى

متوسطًا من التطور التكنولوجي ويقتصر على مبادرات محدودة النطاق للتحوُّل إلى الوقود منخفض الكربون وزيادة الاعتماد على الكهرباء.

3. يتطلب **سيناريو نموذج التحوُّل التكنولوجي رفع سقف الطموحات في السياسات** المتبعة لتشجيع إزالة الكربون في الإمارة وتحقيق أهداف الحياد المُناخي، غير أنّه يفترض مستويات أعلى من التطور التكنولوجي مقارنةً بسيناريو الحياد المُناخي، ممَّا يسمح بزيادة الاعتماد على الكهرباء، والتحوُّل إلى الوقود منخفض الكربون، وتكثيف جهود تبني الطاقة المتجددة، وتوسيع نطاق الإصلاحات الرامية إلى رفع كفاءة الطاقة، وهو ما يؤدي إلى تجديد وإصلاح شامل لنظام الطاقة في أبوظبي (بما في ذلك الاقتصاد).

6. إطار السياسات العامة لتحقيق الحياد المُناخي

6-1 السياسات الحالية

أدركت دائرة الطاقة، منذ تأسيسها، أنّ الطاقة تُمثل عنصرًا محوريًّا في تحقيق النمو الاقتصادي والتنمية الاجتماعية، وتسعى الدائرة **إلى تحقيق الاستدامة وحماية البيئة**، إضافةً إلى ضمان **سلامة إمدادات الطاقة وموثوقيتها**. وفي ضوء هذه الأهداف، تضع الدائرة سياساتها على ثلاث مراحل (المدى القريب، والمتوسط، والبعيد). وقد بدأت الدائرة منذ عام 2019 **باستخدام نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة بوصفه** أداةً لتقييم أثر السياسات المتّبعة.

وقد أطلقت **الدائرة حديثًا مجموعة من السياسات** في عدد من المجالات الرئيسية، مثل **البنية التحتية لشحن المركبات الكهربائية** لقطاع النقل، واللائحة التنظيمية **لتبريد المناطق** لقطاع المباني، وتوليد الكهرباء لأغراض التوريد الذاتي[9] للقطاع الصناعي (الجدول 1). وفي قطاع الكهرباء، أعدت الدائرة سياستَين لضمان التوجه نحو اعتماد مصادر نظيفة لتوليد الطاقة، هي: «***المُستهدفات الاستراتيجية للطاقة النظيفة 2035***» و«***سياسة إنتاج الطاقة من النفايات***».

هذا بالإضافة إلى مجموعة من السياسات الشاملة لعدة قطاعات، مثل «***استراتيجية إدارة جانب الطلب وترشيد استخدام الطاقة***»، و«***سياسة الهيدروجين منخفض الكربون***»، و«***السياسة التنظيمية لشهادات الطاقة النظيفة***». وتُشكل هذه السياسات أرضية صلبة للمبادرات المستقبلية في مجال التحوُّل إلى الوقود المنخفض الكربون، ورفع كفاءة الطاقة وزيادة الاعتماد على الكهرباء.

الجدول 1: السياسات واللوائح التنظيمية (التعليمات) الداعمة لإزالة الكربون في أبوظبي (الحالية وقيد التطوير اعتبارًا من عام 2022)

القطاع	السياسات واللوائح التنظيمية (التعليمات)	الهدف	الجهة المسؤولة
1. النقل	**1.1 سياسة البنية التحتية لشحن المركبات الكهربائية**[1]	تحديد المبادئ الخاصة بملكية وتركيب وإدارة معدات إمداد المركبات الكهربائية، وإمداد هذه المعدات بالكهرباء، وآلية التسعير للمتعاملين النهائيين	دائرة الطاقة في أبوظبي
	1.2 مؤشرات الأداء الرئيسية لمركز النقل المتكامل لتقييم أثر قطاع النقل في جودة الحياة	تشجيع التوجه نحو استخدام وسائل النقل العام بدلًا من السيارات الخاصة وسيارات الأجرة **8.4%** - حصة وسائل النقل العام في عام 2030 **14.4%** - حصة وسائل النقل العام في عام 2040	مركز النقل المتكامل
	1.3 استراتيجية إدارة حركة التنقل لإمارة أبوظبي	التشجيع على تغيير السلوكيات نحو زيادة استخدام وسائل التنقل المستدامة	دائرة البلديات والنقل
	1.4 خطة النقل البري الشاملة	توفير نظام نقل عالمي متميز ومستدام يواكب السياق الاقتصادي والاجتماعي والثقافي والبيئي لأبوظبي	دائرة البلديات والنقل
	1.5 استراتيجية المركبات المنخفضة الانبعاثات	التشجيع على استخدام المركبات المنخفضة الانبعاثات في الإمارة	دائرة البلديات والنقل
2. المباني	**2.1 اللائحة التنظيمية لنطاق تطبيق تبريد المناطق**	ضمان الاستخدام الأمثل للبنية التحتية للطاقة، وتشجيع تطبيق أنظمة تبريد أكثر كفاءة في المناطق التي من الممكن تطبيقها فيها، إضافةً إلى دعم التوسع في استخدام تطبيق نظام تبريد المناطق في إمارة أبوظبي	دائرة الطاقة في أبوظبي

[9] لا يزال الإطار التنظيمي قيد الإعداد.

القطاع	السياسات واللوائح التنظيمية (التعليمات)	الهدف	الجهة المسؤولة
	2.2 سياسة كفاءة استهلاك الطاقة والمياه في الجهات الحكومية	الالتزام بترسيخ ثقافة كفاءة الطاقة والمياه في المباني الحكومية لإمارة أبوظبي	دائرة الطاقة في أبوظبي
	2.3 **سياسة إدارة المياه في محطات تبريد المناطق**	تنظيم آلية تحديد مصادر المياه التي يمكن لمورّدي خدمات تبريد المناطق استخدامها	دائرة الطاقة في أبوظبي
3. الصناعة	**1.3 السياسة الإطارية لترخيص وتنظيم توليد الكهرباء لأغراض التوريد الذاتي**	توضيح معايير توليد الكهرباء لأغراض التوريد الذاتي، مثل: الملكية، ونوع الوقود، وتكلفة دعم الشبكة على المستهلك، وتعويض المستهلك لدعم الشبكة وغير ذلك	دائرة الطاقة في أبوظبي
	3.2 استراتيجية أبوظبي الصناعية 2031	تقديم استراتيجية أبوظبي الصناعية بحلول عام 2031، وترتكز على ست مبادرات رئيسية؛ سوف تعمل على دفع عجلة التنمية، وتعزيز الابتكار، وصقل المهارات، وبناء منظومة متكاملة لشركات ومؤسسات التصنيع المحلية، وتسهيل عملية الانتقال إلى الاقتصاد الدائري	دائرة التنمية الاقتصادية في أبوظبي
	3.3 برنامج تحفيز القطاع الصناعي عبر تعرفة الطاقة	دعم المنشآت الصناعية في القطاع الخاص عبر تقديم أسعار تفضيلية للغاز والكهرباء؛ بهدف تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إمارة أبوظبي	مكتب تنمية الصناعة
	3.4 مشروع الاستدامة في القطاع الصناعي	تنفيذ الممارسات والمبادئ التوجيهية للاستدامة الصناعية في القطاع الصناعي في أبوظبي	مكتب تنمية الصناعة
	3.5 الآلية التنظيمية لتحقيق الاقتصاد الدائري	تبني القوانين والسياسات الملائمة لتسريع وتيرة تنفيذ برنامج الاقتصاد الدائري في إمارة أبوظبي	مكتب تنمية الصناعة
	3.6 تصنيع وشراء المنتجات الصديقة للبيئة (المنتجات الخضراء)	تشجيع تصنيع وشراء المنتجات الصديقة للبيئة وضمان تنافسية السوق عن طريق منح الحوافز والتخفيضات الضريبية	مكتب تنمية الصناعة
4. الكهرباء	**4.1 المستهدفات الاستراتيجية للطاقة النظيفة 2035**	تطبيق الإطار التنظيمي في إمارة أبوظبي لتمكينها من تحقيق مستهدفات دولة الإمارات في إزالة الكربون إنتاج **60٪** من الكهرباء من مصادر نظيفة بحلول عام 2035	دائرة الطاقة - أبوظبي
	4.2 إنتاج الطاقة من النفايات	إرساء المبادئ المتعلقة بآلية التخصيص لاسترداد تكلفة إنتاج الطاقة من النفايات	دائرة الطاقة في أبوظبي
5. المياه	**5.1 اللائحة التنظيمية لخدمات صهاريج المياه والصرف الصحي**	وضع التعليمات والمتطلبات التنظيمية الخاصة بنقل مياه الشرب، والمياه غير المخصصة للشرب ومياه الصرف الصحي بواسطة الصهاريج	دائرة الطاقة في أبوظبي
	5.2 سياسة المياه المُعاد تدويرها	تحقيق الاستفادة القصوى من المياه المُعاد تدويرها في إمارة أبوظبي	دائرة الطاقة في أبوظبي
	5.3 سياسة المياه الجوفية في إمارة أبوظبي	ضمان استدامة احتياطات المياه الجوفية الصالحة للاستعمال	عدة جهات5)
6. السياسات الشاملة والمشتركة بين القطاعات [3]	**6.1 استراتيجية أبوظبي لإدارة جانب الطلب وكفاءة الطاقة 2030** [7]	ترشيد استخدام الطاقة والموازنة بين العرض والطلب خفض استهلاك الكهرباء بنسبة 22% بحلول عام 2030 8) خفض استهلاك المياه بنسبة 32% بحلول عام 2030 8)	دائرة الطاقة في أبوظبي

القطاع	السياسات واللوائح التنظيمية (التعليمات)	الهدف	الجهة المسؤولة
	6.2 السياسة التنظيمية لشهادات الطاقة النظيفة	تحديد تعليمات التنفيذ من أجل إعداد خطة شهادات الطاقة النظيفة في الإمارة	دائرة الطاقة في أبوظبي
	6.3 مسوَّدة سياسة أبوظبي للهيدروجين منخفض الكربون المفتوحة للاستشارة العامة	تبنّي إطار عمل واضح وفعَّال لإرساء أسس اقتصاد منخفض الكربون في أبوظبي	دائرة الطاقة في أبوظبي
	6.4 تخزين الطاقة الحرارية	التوسُّع في نشر محطات تبريد المناطق والمزوّدة بأنظمة التخزين الحراري	دائرة الطاقة في أبوظبي
	6.5 استراتيجية التغيّر المناخي لإمارة أبوظبي	تعزيز المرونة في القطاعات الرئيسية وجعل التكيُّف مع تغيُّر المناخ جزءًا لا يتجزأ من خطط الجهات الحكومية	هيئة البيئة - أبوظبي

ملاحظة: 1) تُركز السياسة على البنية التحتية لقطاع النقل وتتضمن مبادرات ذات صلة بقطاع الطاقة؛ 2) معدات شحن المركبات الكهربائية؛ 3) مؤشرات الأداء الرئيسية؛ 4) تبريد المناطق 5) دائرة الطاقة في أبوظبي، هيئة البيئة - أبوظبي، هيئة أبوظبي للزراعة والسلامة الغذائية؛ 6) سياسات شاملة لعدة قطاعات؛ 7) تضم الاستراتيجية 9 برامج (تنظيم المباني، وتحسين معايير وكفاءة الأجهزة، والاستجابة للطلب، وإنارة الطرق، وإعادة تأهيل المباني، والتوعية والتغير السلوكي، وكفاءة استخدام وإعادة استخدام المياه، وتبريد المناطق، وتخزين الطاقة)؛ 8) مقارنةً بعام 2013.

المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022.

6-2. السياسات المستقبلية

يتمثل الهدف الشامل لإطار السياسات العامة الذي وضعته دائرة الطاقة في تسليط **الضوء على التغييرات التنظيمية اللازمة لتحقيق أهداف الحياد المُناخي** التي يناقشها هذا التقرير. والجدير بالذكر أنَّ هذا الإطار يُشكِّل بطبيعته نهجًا مرنًا وقابلًا للتكيف، ويتعين **مراجعته وتعديله لمواكبة تقدم إمارة أبوظبي في مسارها نحو تحقيق الحياد المُناخي.** كما يرسم توجهًا **شاملًا، ولكنه غير مُلزِم لكيفية تحقيق مستهدفات الحياد المُناخي.**

6-2-1 النقل

من المتوقع أن تُساهم السياسات الثلاث التالية في الوصول إلى مستهدفات الحياد المُناخي في قطاع النقل في الإمارة: سياسة نشر المركبات العاملة بالوقود النظيف، وسياسة النقل العام، وسياسة الوقود النظيف للنقل البحري والبري (الجدول 2).

الجدول 2: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المناخي (قطاع النقل)

السياسات واللوائح التنظيمية	الوصف
دعم سياسة نشر المركبات العاملة بالوقود النظيف	تعزيز استخدام **المركبات الكهربائية والهيدروجينية عن طريق منح الحوافز الاقتصادية والضريبية أو فرض القيود** (مثل حظر بيع السيارات العاملة بمحركات الاحتراق الداخلي اعتبارًا من عام 2040 أو فرض شراء الوقود النظيف لأساطيل النقل العام)
سياسة النقل العام	دعم تطوير **البنية التحتية** للنقل العام (مثل: البنية التحتية للسكك الحديدية، ونظام التحكم بالنقل)، إضافةً إلى منح الحوافز **للتشجيع على استخدام وسائل النقل العام** (بما في ذلك تحسين خدمات النقل المتعدد الوسائط والحوافز الاقتصادية)
سياسة الوقود النظيف للنقل الجوي والبحري	تطوير سوق الوقود النظيف لقطاعي النقل الجوي والبحري (بما يشمل: **الوقود الحيوي، والوقود القائم على الهيدروجين، وزيادة الاعتماد على الكهرباء**)

المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022

من المتوقع أن يصحب **سياسةَ نشر المركبات العاملة بالوقود النظيف** العديدُ من التدابير والإجراءات التي تدعم تطوير المركبات النظيفة في الإمارة، وتشمل سيارات الركّاب، والمركبات الخفيفة، والحافلات، والشاحنات الكهربائية، والهيدروجينية. وقد تتضمن هذه التدابير تهيئة البنية التحتية، ومنح الحوافز الاقتصادية والضريبية، وفرض قيود على بيع المركبات التقليدية. ويُتوقع أن تُسهم هذه السياسة في زيادة حصة المركبات النظيفة من إجمالي الأسطول لتتجاوز 55% بحلول 2050.

وسوف تضع أبوظبي سياسات وخططًا متنوعة (تشمل **سياسة النقل العام**) لدعم تحوُّل حركة الركاب والشحن إلى النقل العام، وسيكون لهذا التحوُّل أثر ملحوظ على متوسط المسافة المجتازة بالنقل البري التي يُتوقَّع أن تتراجع بنسبة تتراوح بين 36% و44% خلال الفترة الممتدة بين عامي 2021 و2050. وقد تشمل هذه السياسة خططًا لتطوير البنية التحتية (بما في ذلك النقل بالسكك الحديدية) وتدابير اقتصادية.

لا تدخل الانبعاثات الناجمة عن أنشطة الطيران والنقل البحري الدولية ضمن نطاق إمارة أبوظبي وهذا التقرير[10]، غير أنَّ إزالة الكربون من هذين القطاعَين يُعد أمرًا أساسيًّا للوفاء بالالتزامات العالمية بتحقيق الحياد الكربوني؛ وسيزيد من الطلب على أنواع الوقود الجديدة، وكذلك أنواع الطائرات والسفن الجديدة. ولا شكَّ أنَّ تبني **سياسة للوقود النظيف في النقل الجوي والبحري** سوف يُساعد في تطوير السوق المحلية لتلبية الطلب المستقبلي من شركات الطيران والشحن القادمة إلى أبوظبي، وهو ما سيؤدي، بدوره، إلى رفع مساهمة الكهرباء في مزيج الوقود المستخدم في النقل البحري إلى 17%، ومساهمة الوقود الحيوي، والهيدروجين، والكهرباء في مزيج وقود النقل الجوي إلى 50% بحلول عام 2050.

ولأغراض النمذجة، اعتُمدت افتراضات ومستويات مختلفة من الطموح لرسم الوضع المستقبلي المحتمل لقطاع النقل في أبوظبي عام 2050 مع بيان **العناصر الأساسية للسياسات**، مثل: تنويع مزيج الطاقة، ومتوسط المسافة المجتازة، واستخدام الوقود النظيف للنقل الجوي والبحري (الجدول 3).

الجدول 3: أهم الافتراضات على صعيد السياسات ومستويات الطموح لدى كل سيناريو (قطاع النقل)

عناصر السياسات	الهدف: السياسات الحالية	الهدف: الحياد المناخي	الهدف: نموذج التحوُّل التكنولوجي
تنويع مزيج ناقل الحركة	حصة المركبات النظيفة[1] من إجمالي الأسطول في عام 2050: **26%**	حصة المركبات النظيفة من إجمالي الأسطول في عام 2050: **57%**	حصة المركبات النظيفة من إجمالي الأسطول في عام 2050: **59%**
متوسط المسافة المجتازة لكل مركبة	تراجع متوسط المسافة المجتازة بنسبة **36%** من عام 2021 إلى عام 2050	تراجع متوسط المسافة المجتازة بنسبة **36%** من عام 2021 إلى عام 2050	تراجع متوسط المسافة المجتازة بنسبة **44%** من عام 2021 إلى عام 2050
الوقود النظيف للنقل البحري[2]	حصّة الكهرباء **أقل من 1%** من مزيج الوقود في عام 2050	حصّة الكهرباء **17%** من مزيج الوقود في عام 2050	حصّة الكهرباء **17%** من مزيج الوقود في عام 2050
الوقود النظيف للنقل البحري[2]	حصّة الوقود الحيوي، والهيدروجين والكهرباء **أقل من 1%** من مزيج الوقود في عام 2050	حصّة الوقود الحيوي، والهيدروجين والكهرباء **50%** من مزيج الوقود في عام 2050	حصّة الوقود الحيوي، والهيدروجين والكهرباء **51%** من مزيج الوقود في عام 2050

ملاحظة: 1) تشمل المركبات الخفيفة والحافلات والشاحنات الكهربائية والهيدروجينية؛ 2) يُركز التقرير على إزالة الكربون من قطاعَي النقل الجوي والبحري فقط، ممّا يفسِّر تشابه الافتراضات المستهدفة للقطاع بأكمله (الدولي والمحلي) في سيناريوهي الحياد المُناخي.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي 2022.

[10] تقتصر تقديرات الانبعاثات الناتجة عن قطاع النقل على أنشطة النقل الجوي والبحري والبري المحلية فقط.

6-2-2 المباني

يُتوقع أن يُسهم نوعان من السياسات في تحقيق مُستهدفات الحياد المُناخي في قطاع المباني في أبوظبي، هما: سياسات كفاءة الطاقة وزيادة الاعتماد على الكهرباء، وسياسة كفاءة التبريد (الجدول 4).

الجدول 4: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المُناخي (قطاع المباني)

السياسات واللوائح التنظيمية (التعليمات)	الوصف
السياسات المتعلقة بكفاءة الطاقة وزيادة الاعتماد على الكهرباء	زيادة الجهود الرامية إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة عن طريق تطبيق **معايير جديدة للبناء وبرامج لإعادة تأهيل المباني** (تحديث استراتيجية إدارة جانب الطلب **لتقليص الأطر الزمنية وتسريع تحقيق المستهدفات**) إضافةً إلى رفع مستويات زيادة الاعتماد على الكهرباء.
سياسة كفاءة التبريد	التوسع في نشر حلول التبريد التي تمتاز بالكفاءة العالية من حيث استهلاك الطاقة عن طريق إعادة تأهيل المباني وتجهيزها بأنظمة **تبريد المناطق** وفرض القيود وتنظيم الأسعار.

المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022.

وفيما يتعلق بالتحسينات في كفاءة الطاقة في قطاع المباني، فمن المتوقَّع اعتماد برامج طموحة **لإدارة جانب الطلب** تتمحور حول استخدام التقنيات الحديثة، وإعادة تأهيل المباني، وترشيد الاستهلاك، وقد يترافق ذلك مع إعادة هيكلة التعرفة لفئات المتعاملين المختلفة، ممَّا يسمح **بتحسين كفاءة استخدام الطاقة بنسب تتراوح بين 40% و45%**[11] بين عامي 2021 و2050. وبالإضافة لذلك، هناك سياسات لزيادة الاعتماد على الكهرباء والتي ستسهم بدورها في الاعتماد على الكهرباء بصورة أكبر لتتجاوز 99% من إجمالي استهلاك المباني للطاقة.

ويتوقع أن تتبنّى أبوظبي في المستقبل سياسة لتشجيع **استخدام حلول التبريد ذات الكفاءة العالية من حيث استهلاك الطاقة**، ومن شأن ذلك أن يؤدي إلى زيادة ملحوظة في معدل انتشار أنظمة تبريد المناطق ليرتفع من 11% في عام 2021 إلى 30% في عام 2030.

ولأغراض النمذجة، اعتُمدت افتراضات ومستويات مختلفة من الطموح لرسم الوضع المستقبلي المحتمل لقطاع المباني في أبوظبي في عام 2050 مع بيان **العناصر الأساسية للسياسات**، مثل: كفاءة الطاقة، والتحوُّل إلى الوقود المنخفض الكربون، ومعدل انتشار أنظمة تبريد المناطق (الجدول 5).

الجدول 5: أهم الافتراضات على صعيد السياسات ومستويات الطموح لدى كل سيناريو (قطاع المباني)

عناصر السياسات	الهدف: السياسات الحالية	الهدف: الحياد المناخي	الهدف: نموذج التحوُّل التكنولوجي
كفاءة الطاقة	التحسينات في كفاءة الطاقة في القطاع: ~**40%** بين عامي 2021 و2050	التحسينات في كفاءة الطاقة في القطاع: ~**40%** بين عامي 2021 و2050	التحسينات في كفاءة الطاقة في القطاع: ~**45%** بين عامي 2021 و2050
التحوُّل إلى الوقود المنخفض الكربون	حصّة **الغاز البترولي المُسال** والغاز الطبيعي **5%** من مزيج الوقود في عام 2050	حصّة **الغاز البترولي المُسال** 1) والغاز الطبيعي 2) أقل من **1%** من مزيج الوقود في عام 2050	حصّة **الغاز البترولي المُسال** والغاز الطبيعي أقل من **1%** من مزيج الوقود في عام 2050
معدل انتشار أنظمة تبريد المناطق	بقاء معدَّل انتشار أنظمة تبريد المناطق عند مستواه الحالي: **11%** في عام 2050	بقاء معدَّل انتشار أنظمة تبريد المناطق عند مستواه الحالي: **11%** في عام 2050	ارتفاع معدل انتشار أنظمة تبريد المناطق: **30%** في عام 2050

ملاحظة: 1) الغاز البترولي المُسال - LPG؛ 2) الغاز الطبيعي - NG.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي، 2022.

[11] يستند تحسين كفاءة الطاقة إلى المكاسب التراكمية في الكفاءة المحققة عبر عدة برامج تستهدف مختلف الخدمات واستخدام الطاقة في المباني.

6-2-3 الصناعة

يُتوقع أن تُسهم أربع سياسات في تحقيق أهداف الحياد المُناخي في قطاع الصناعة في أبوظبي، هي: سياسة التحوُّل إلى الوقود النظيف، وسياسة كفاءة الطاقة للعمليات الصناعية، وسياسة الإمداد الكهربائي للقطاع الصناعي، وسياسة التنمية الصناعية (الجدول 6)، وذلك إلى جانب اعتماد السياسات الملائمة لدعم نشر تقنيات التقاط ثاني أكسيد الكربون واستخدامه وتخزينه (راجع القسم 6.2.6 «السياسات الشاملة لعدة قطاعات» لمزيد من التفاصيل).

الجدول 6: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المُناخي (قطاع الصناعة)

السياسات واللوائح التنظيمية (التعليمات)	الوصف
سياسة التحوُّل إلى الوقود المنخفض الكربون	تشجيع استخدام أنواع **الوقود البديل** أو زيادة الاعتماد على **الكهرباء** في الأصول الصناعية
سياسة كفاءة الطاقة في العمليات الصناعية	رفع كفاءة استخدام الطاقة في العمليات الصناعية عن طريق المعايير، والقيود، وبرامج إدارة جانب الطلب، واتفاقيات الشراء بالجملة (مثل، الإلزام بتقليل نسبة «الكلنكر» المستخدمة في صناعة الأسمنت، خفض معدل حرق الغاز في قطاع النفط والغاز)
سياسة الإمداد الكهربائي للقطاع الصناعي	تشجيع إزالة الكربون من طلب القطاع الصناعي على الكهرباء (مثلًا عن طريق دمج طلب القطاع الصناعي ضمن الشبكة)
سياسة التنمية الصناعية	**دعم النمو الصناعي عن طريق الحوافز الاقتصادية والضريبية** نظرًا للارتفاع المحتمل في تكاليف الإنتاج نتيجة استخدام الوقود النظيف وتقنيات إزالة الكربون

المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022.

تتطلب إزالة الكربون من القطاع الصناعي استخدام الوقود النظيف، مثل الهيدروجين وزيادة الاعتماد على الكهرباء، ويُمكن تحقيق ذلك عن طريق تبنّي سياسة **للتحوُّل إلى الوقود المنخفض الكربون** تشتمل على فرض قيود لتشجيع الشركات والمؤسسات المحلية على العزوف عن استخدام الوقود الأحفوري، مع ضمان الحفاظ على الاستقرار الاقتصادي لأعمالها من خلال الدعم الحكومي والمبادرات الاقتصادية الأخرى. ويمكن أن تهدف هذه السياسة إلى إحداث تغيير ملحوظ في حصة الكهرباء من مزيج الوقود في القطاع الصناعي لترتفع من 13% في عام 2021 إلى ما يتراوح بين 35% و48% في عام 2050، إضافةً إلى زيادة حصة الهيدروجين إلى 7-8%.

ويُعدَّ رفع كفاءة الطاقة الخطوة الأولى نحو إزالة الكربون من القطاع الصناعي، مدعومًا **بسياسة كفاءة الطاقة في العمليات الصناعية** التي قد تفرض بدورها تقليل نسبة الكلنكر المستخدمة في صناعة الأسمنت، وخفض معدل حرق الغاز في قطاع النفط والغاز، والاختزال المباشر لخام الحديد باستخدام الخردة في إنتاج الفولاذ، وغير ذلك من المبادرات الهادفة إلى رفع كفاءة الطاقة. هذا بالإضافة إلى استهداف الدمج الكامل لطلب القطاع الصناعي على الكهرباء ضمن الشبكة عن طريق اعتماد **سياسة للإمداد الكهربائي للقطاع الصناعي** (تشمل صناعات الحديد والصلب والألمنيوم).

وتجدر الإشارة هنا إلى ضرورة مراعاة القدرة التنافسية والاستقرار المالي للشركات المحلية والقطاع الصناعي بوجه عام لدى وضع هذه السياسات. وبإمكان الجهات الحكومية المختصة وضع **سياسة للتنمية الصناعية** لدعم المنشآت الصناعية المحلية وضمان استمرار وتيرة النمو في الإنتاج الصناعي في أبوظبي (على سبيل المثال، زيادة كمية السلع[12] المنتجة إلى 22-26 ميجاطن بحلول عام 2050، مقارنةً بـ 16 ميجاطن في عام 2021).

ولأغراض النمذجة، فقد اعتُمدت افتراضات ومستويات مختلفة من الطموح لرسم الوضع المستقبلي المحتمل لقطاع الصناعة في أبوظبي في عام 2050 مع بيان **العناصر الأساسية**

[12] تشمل السلعُ صناعاتِ الحديد والصلب والإسمنت والألمنيوم.

للسياسات، مثل: التحوُّل إلى الوقود المنخفض الكربون في أنظمة التدفئة، وكفاءة الطاقة، وكثافة استهلاك الطاقة، ومزيج التوليد الذاتي والتنمية الصناعية (الجدول 7).

الجدول 7: الافتراضات على صعيد السياسات ومستويات الطموح لدى كل سيناريو (قطاع الصناعة)

عناصر السياسات	الهدف: السياسات الحالية	الهدف: الحياد المناخي	الهدف: نموذج التحوُّل التكنولوجي
التحوُّل إلى الوقود المنخفض الكربون في أنظمة التدفئة	ارتفاع حصة الكهرباء من 8% في عام 2021 إلى **13%** في عام 2050	ارتفاع حصة الكهرباء من 8% في عام 2021 إلى **36%** في عام 2050	ارتفاع حصة الكهرباء من 8% في عام 2021 إلى **48%** في عام 2050
كثافة الطاقة[1]	انخفاض كثافة الطاقة بنسبة **17%** بين عامَي 2021 و2050	انخفاض كثافة الطاقة بنسبة **54%** بين عامَي 2021 و2050	انخفاض كثافة الطاقة بنسبة **59%** بين عامَي 2021 و2050
مزيج التوليد الذاتي	توليد ذاتي **محدود** في صناعات الألمنيوم والحديد والصلب والنفط والغاز	**الدمج الكامل** لطلب صناعات الحديد والصلب والألمنيوم على الكهرباء ضمن الشبكة[2]	**الدمج الكامل** لطلب صناعات الحديد والصلب والألمنيوم على الكهرباء ضمن الشبكة[2]
التنمية الصناعية	نمو إنتاج السلع[3] من 16 ميجاطن في عام 2021 إلى **22 ميجاطن** في عام 2050	نمو إنتاج السلع[3] من 16 ميجاطن في عام 2021 إلى **26 ميجاطن** في عام 2050	نمو إنتاج السلع[3] من 16 ميجاطن في عام 2021 إلى **22 ميجاطن** في عام 2050

ملاحظة: 1) بناءً على استهلاك قطاع السلع للطاقة لكل طن منتج؛ 2) بدلًا من التوليد الذاتي بالوقود الأحفوري؛ 3) يشمل صناعات الحديد والصلب والإسمنت والألمنيوم.
المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي 2022.

6-2-4 الكهرباء

يتوقع أن تُسهم السياسات الثلاث التالية في الإيفاء بمستهدفات الحياد المُناخي في قطاع الكهرباء في أبوظبي، وهي كما يلي: مستهدفات الطاقة النظيفة، وسياسة مرونة الشبكة، وسياسة إعادة هيكلة سوق الكهرباء (الجدول 8).

الجدول 8: سياسات أبوظبي المرقبة لتحقيق الحياد المُناخي (قطاع الكهرباء)

السياسات واللوائح التنظيمية (التعليمات)	الوصف
مستهدفات الطاقة النظيفة	تحديد **مستهدفات الطاقة النظيفة (الكهرباء) في أبوظبي في عام 2050**، ووضع **الإطار التنظيمي** لقطاع الكهرباء بما يُمكِّن الإمارة من تحقيق أهداف دولة الإمارات في مجال إزالة الكربون.
سياسة مرونة الشبكة	اعتماد برامج لضمان **استقرار إمدادات الطاقة النظيفة** (مثل تطوير أنظمة لتخزين الطاقة لاستخدامها في توليد الكهرباء والتبريد، الإضافات إلى البنية التحتية للشبكة، تحديث منهجية تطبيق تعرفة الطاقة)
سياسة إعادة هيكلة سوق الكهرباء	اقتراح وطرح **هيكل جديد لسوق الكهرباء** لدعم وتسهيل التحوُّل إلى مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة

المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022.

ومن المنتظر أن تُطبق أبوظبي **سياسة مُستهدفات الطاقة النظيفة وسياسة إعادة هيكلة سوق الكهرباء** لتسهيل التحوُّل إلى مصادر الطاقة النظيفة، مثل المصادر المتجددة مع بطاريات تخزين الطاقة، والطاقة النووية، والغاز الطبيعي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه. وبتطبيق هاتين السياستين بإمكان الإمارة استهداف توليد ما نسبته 96% إلى 99% من مزيج الطاقة من مصادر نظيفة تُشكل حصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية ما يتراوح بين 16% و29% منها.

وأمَّا **سياسة مرونة الشبكة** فتُعدُّ وثيقة أساسية لضمان استقرار إمدادات الطاقة، ويمكن أن تشمل برامج لتخزين الطاقة لاستخدامها في توليد الكهرباء والتبريد إضافةً إلى تحديث منهجية هيكلة التعرفة.

ولأغراض النمذجة، اعتُمدت افتراضات ومستويات مختلفة من الطموح لرسم الوضع المستقبلي المحتمل لقطاع الكهرباء في أبوظبي في عام 2050 مع بيان **العناصر الأساسية للسياسات**، مثل: استراتيجية الطاقة النظيفة، ومعدل انتشار تقنيات الطاقة الشمسية وتخزين الطاقة، والقدرة الإنتاجية من الطاقة النووية (الجدول 9).

الجدول 9: الافتراضات على صعيد السياسات ومستويات الطموح لدى كل سيناريو (قطاع الكهرباء)

عناصر السياسات	الهدف: السياسات الحالية	الهدف: الحياد المُناخي	الهدف: نموذج التحوُّل التكنولوجي
استراتيجية الطاقة النظيفة	إنتاج **58%** من الكهرباء من مصادر نظيفة بحلول عام 2050	إنتاج **96%**[1] من الكهرباء من مصادر نظيفة بحلول عام 2050	إنتاج **99%**[1] من الكهرباء من مصادر نظيفة بحلول عام 2050
انتشار تقنيات الطاقة الشمسية وتخزين الطاقة	توليد ~**26%** من الكهرباء **(41 تيراواط ساعة)** باستخدام تقنيات الطاقة الشمسية بحلول عام 2050	توليد ~**16%** من الكهرباء **(41 تيراواط ساعة)** باستخدام تقنيات الطاقة الشمسية بحلول عام 2050	توليد ~**29%** من الكهرباء **(61 تيراواط ساعة)** باستخدام تقنيات الطاقة الشمسية بحلول عام 2050
القدرة الإنتاجية من الطاقة النووية[2]	**عدم زيادة** القدرة الإنتاجية من الطاقة النووية **(5.6 جيجاواط)** في عام 2050	**عدم زيادة** في القدرة الإنتاجية من الطاقة النووية **(5.6 جيجاواط)** في عام 2050	**ارتفاع** القدرة الإنتاجية من الطاقة النووية **بنحو 50%** باستخدام المفاعلات النمطية الصغيرة (SMRs) **(8.3 جيجاواط** في عام 2050)

ملاحظة: 1) يتوقع إنتاج النسبة المتبقية من الكهرباء (1-4%) باستخدام التقنيات النظيفة الجديدة (مثل: تحويل النفايات إلى طاقة، والغاز الطبيعي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه، ومصادر الطاقة المتجددة، والطاقة النووية، والتقاط الكربون من الهواء مباشرةً)؛ 2) بعد التشغيل الكامل لجميع وحدات محطة البراكة النووية.
المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي، 2022.

5-2-6 الغاز والسوائل

تُسهم كل من استراتيجية إمدادات الغاز واستراتيجية أسعار سوق الغاز (الجدول 10) في تحقيق أهداف الحياد المُناخي في قطاع الغاز والسوائل في أبوظبي. وتُعدُّ هاتان السياستان أساسيتين لتعزيز إزالة الكربون في قطاعات الطلب وضمان أمن الإمدادات.

ولأغراض النمذجة، فقد اعتُمدت افتراضات ومستويات مختلفة من الطموح لرسم الوضع المستقبلي المحتمل لقطاع الغاز والسوائل في أبوظبي في عام 2050 شاملةً **العناصر الأساسية للسياسات** الموضحة آنفًا (الجدول 11).

الجدول 10: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المناخي (الغاز والسوائل)

السياسات واللوائح التنظيمية (التعليمات)	الوصف
استراتيجية إمدادات الغاز	تقديم رؤية مستقبلية لإمدادات الغاز الطبيعي بعد عام 2032.
سياسة التسعير في سوق الغاز	وضع إطار جديد لتسعير إمدادات الغاز الطبيعي بناءً على أسعار السوق لتحقيق مستويات أعلى من كفاءة الطاقة وتعزيز تدابير وإجراءات زيادة الاعتماد على الكهرباء.

المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022.

الجدول 11: الافتراضات على صعيد السياسات ومستويات الطموح لدى كل سيناريو (الغاز والسوائل)

عناصر السياسة	الهدف: السياسات الحالية	الهدف: الحياد المُناخي	الهدف: نموذج التحوُّل التكنولوجي
استراتيجية إمدادات الغاز	نسبة الواردات في استهلاك الغاز الطبيعي **0%** في عام 2050	نسبة الواردات في استهلاك الغاز الطبيعي **0%** في عام 2050	نسبة الواردات في استهلاك الغاز الطبيعي **57%** في عام 2050[1]
استراتيجية تسعير الغاز	**تنظيم** التكلفة والتسعير[2] لجميع قطاعات الاستهلاك	**تنظيم** التكلفة والتسعير[2] لجميع قطاعات الاستهلاك	التسعير على أساس **السوق** لبعض القطاعات

ملاحظة: 1) ارتفاع واردات الغاز الطبيعي بالقيمة المطلقة بنحو 80% مقارنةً بالعام 2021؛ 2) طريقة تسعير تقوم على إضافة نسبة مئوية ثابتة إلى التكلفة اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من المنتج.
المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي، 2022.

6-2-6 السياسات الشاملة والمشتركة بين القطاعات

تُسهم أربع سياسات شاملة ومشتركة بين القطاعات في تحقيق مُستهدفات الحياد المُناخي في أبوظبي، وهي: استراتيجية إدارة جانب الطلب، وسياسة الهيدروجين المنخفض الكربون، وسياسة سوق الكربون/ التسعير، وسياسة تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه (الجدول 12).

الجدول 12: سياسات أبوظبي المرتقبة لتحقيق الحياد المُناخي (السياسات الشاملة لعدة قطاعات)

السياسات واللوائح التنظيمية (التعليمات)	الوصف
استراتيجية إدارة جانب الطلب	تبنّي المبادرات والتقنيات الكفيلة بتسريع وتيرة **التحسينات في كفاءة الطاقة في جميع القطاعات** واتخاذ التدابير التي من شأنها تحقيق أكبر قدر ممكن من الوفورات في استهلاك الطاقة
سياسة الهيدروجين المنخفض الكربون	تشجيع استخدام **الهيدروجين المنخفض الكربون في القطاعات القائمة** (التكرير، البتروكيماويات) **والجديدة** (النقل، الصناعة) عن طريق السياسات واللوائح التنظيمية، وتوفير الدعم الحكومي
سوق الكربون/سياسة تسعير الكربون	وضع هيكل لسوق الكربون في الإمارة ونظام **لتسعير الكربون**
سياسة تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه	تشجيع **اعتماد تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه في القطاعات المختلفة** عن طريق الدعم الحكومي وفرض القيود

المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022.

تُعَدُّ استراتيجية إدارة جانب الطلب استراتيجية شاملة تدعم تحسين كفاءة الطاقة في أبوظبي، وتشمل العديد من البرامج والجهات المعنية. وبإمكان أبوظبي تطبيق طائفة أوسع من البرامج ورسم أهداف أكثر طموحًا لتحقيق إمكانات توفير الطاقة في القطاعات المختلفة (مثل المباني والصناعة).

وأمّا سياسة **الهيدروجين المنخفض الكربون** فسيجري تحديثها بما يواكب تطور السوق لدعم إنتاج واستخدام الهيدروجين المنخفض الكربون في قطاعات الطلب القائمة (التكرير والبتروكيماويات) والجديدة (النقل، الصناعة). وقد تتيح هذه السياسة تعزيز إمدادات الهيدروجين في الإمارة بحيث تتخطى 100 بيتاجول بحلول عام 2050.

وفيما يخص **سوق الكربون/سياسة تسعير الكربون** فإنّ تطبيق **نظام لتسعير الكربون** سيرسل إشارة اقتصادية للقطاعات المساهمة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يؤدي إلى زيادة الطلب على الاستثمارات في التقنيات النظيفة. ومن المتوقع أن يصل سعر الكربون إلى أكثر من 700 درهم إماراتي للطن من ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2050، إلى جانب اعتبارات تعويض وموازنة الكربون، لكي يتسنى تحقيق مستهدفات الحياد المُناخي. وأخيرًا، ترمي **سياسة تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه** إلى تشجيع استخدام تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه في القطاعات التي يصعب إزالة الكربون منها، مثل قطاع الكهرباء والقطاع الصناعي. ويتوقع أن تتراوح كمية ثاني أكسيد الكربون المحتجزة نتيجة تطبيق هذه السياسة ما بين 24 إلى 69 ميجاطن في عام 2050، وذلك عن طريق فتح المزيد من حالات الاستخدام والقطاعات بناءً على استخدام الكربون.

ولأغراض النمذجة، اعتُمدت افتراضات ومستويات مختلفة من الطموح تشمل **العناصر الأساسية للسياسة**، وهي: إمدادات الهيدروجين، وتسعير وتعويض الكربون، والتقاط الكربون واستخدامه وتخزينه (الجدول 13).

الجدول 13: الافتراضات على صعيد السياسات ومستويات الطموح لدى كل سيناريو (السياسات الشاملة لعدة قطاعات)

عناصر السياسات	الهدف: السياسات الحالية	الهدف: الحياد المُناخي	الهدف: نموذج التحوُّل التكنولوجي
إمدادات الهيدروجين	بلوغ الإمدادات من الهيدروجين المنخفض الكربون **56 بيتاجول 1)** في عام 2050	بلوغ الإمدادات من الهيدروجين المنخفض الكربون **118 بيتاجول** في عام 2050	بلوغ الإمدادات من الهيدروجين المنخفض الكربون **116 بيتاجول** في عام 2050
تسعير وتعويض الكربون	**عدم تسعير الكربون**	سعر الكربون: **734 درهمًا** لكل طن من ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2050	سعر الكربون: **734 درهمًا** لكل طن من ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2050
التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه	التقاط **5 ميجاطن** من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2050	التقاط **69 ميجاطن** من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2050	التقاط **24 ميجاطن** من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2050

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

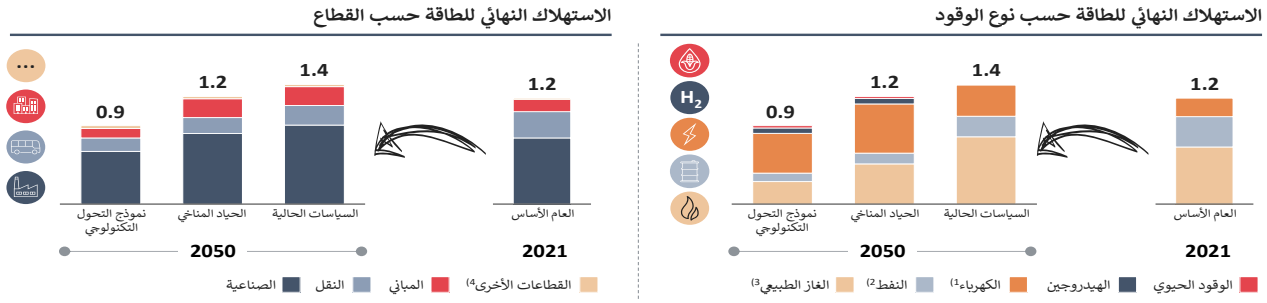
7. نتائج ومُخرجات النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة في إمارة أبوظبي

7-1 أبرز التغيُّرات المرتقبة في نظام الطاقة

وفق سيناريو السياسات الحالية، من المتوقع أن ينمو الطلب على الطاقة في أبوظبي ليصل إلى نحو **1.4 إكساجول في عام 2050**. ومن شأن تبني **سياسات أعلى طموحًا خفض معدل نمو الطلب على الطاقة** بحيث يتراوح إجمالي استهلاك الطاقة في الإمارة ما بين 0.9 و1.2 إكساجول، وذلك تبعًا لوتيرة التطوير التكنولوجي.

وسيظل **الغاز الطبيعي** أهم مصدر للطاقة؛ حيث يُتوقَّع أن يُشكل أكثر من 55%[13] من إجمالي الطلب في أبوظبي في عام 2050 وفق سيناريو السياسات الحالية، بينما تُمثل الكهرباء أقل من 30%. إلَّا أنَّ تحقيق مُستهدفات الحياد المُناخي يتطلَّب زيادة الاعتماد على الكهرباء، والتوسُّع في **التحوُّل إلى أنواع الوقود البديل** في قطاعي الصناعة والنقل وتبنّي **تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.**

الشكل 5: الاستهلاك النهائي للطاقة في أبوظبي (إكساجول)



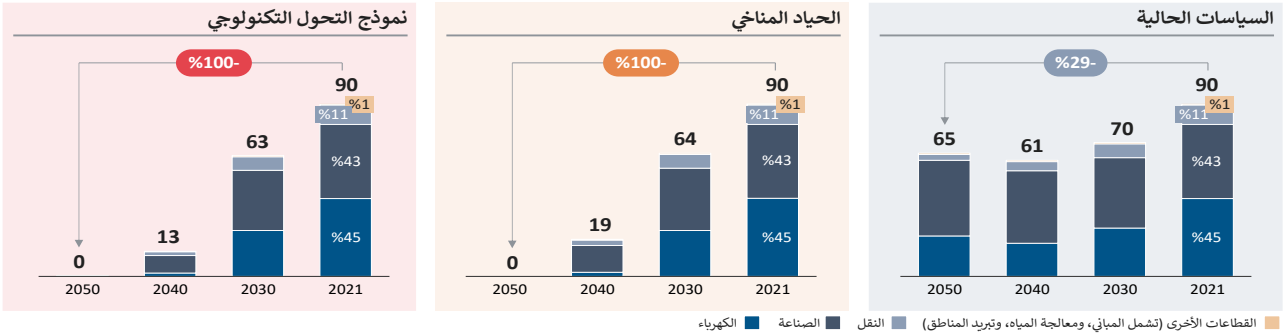
ملاحظة: 1) تشمل جميع مصادر توليد الكهرباء، مثل الغاز الطبيعي، والطاقة الشمسية الكهروضوئية، والطاقة النووية، وتحويل النفايات إلى طاقة؛ 2) المنتجات النفطية والبترولية؛ 3) لا يشمل الغاز الطبيعي المستخدم في توليد الكهرباء؛ 4) تشمل القطاعات الأخرى تبريد المناطق ومعالجة المياه.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

7-2 الالتزام بمُستهدفات الحياد المُناخي

يُتوقَّع أن تُحدث**السياسات الحالية** أثر ملحوظ على إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أبوظبي؛ **إذ ستنخفض بنحو 30% من عام 2021 وحتى عام 2050.** ولكن، ونظرًا للحصة المرتفعة للوقود الأحفوري في إجمالي الاستهلاك النهائي للوقود، فإنَّ توقعات سيناريو السياسات الحالية تُبرز الحاجة إلى إحداث تغييرات أوسع نطاقًا على المدى البعيد لتحقيق مُستهدفات إزالة الكربون وانتهاج سياسات أكثر طموحًا لبلوغ الحياد المناخي بحلول عام 2050، علمًا بأنَّ **التكلفة ووتيرة التنفيذ** تتوقفان على **التطورات التكنولوجية وأهدف السياسات** ذاتها.

الشكل 6: إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أبوظبي (ميجاطن)



المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي، 2022.

[13] لا يشمل الغاز الطبيعي المستخدم في توليد الطاقة.

الشكل 7: التغيّرات في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع [% مقارنةً بعام 2021][1]

	الكهرباء			الصناعة[2]			النقل			المباني		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
السياسات الحالية	%38-	%57-	%48-	%5-	%2-	%2	%29-	%53-	%70-	%28	%33	%43
الحياد المناخي	%41-	%95-	%100-	%16-	%64-	%100-	%30-	%71-	%100-	%27	%22-	%100-
نموذج التحول التكنولوجي	%38-	%95-	%100-	%18-	%76-	%100-	%30-	%81-	%100-	%20	%52-	%100-

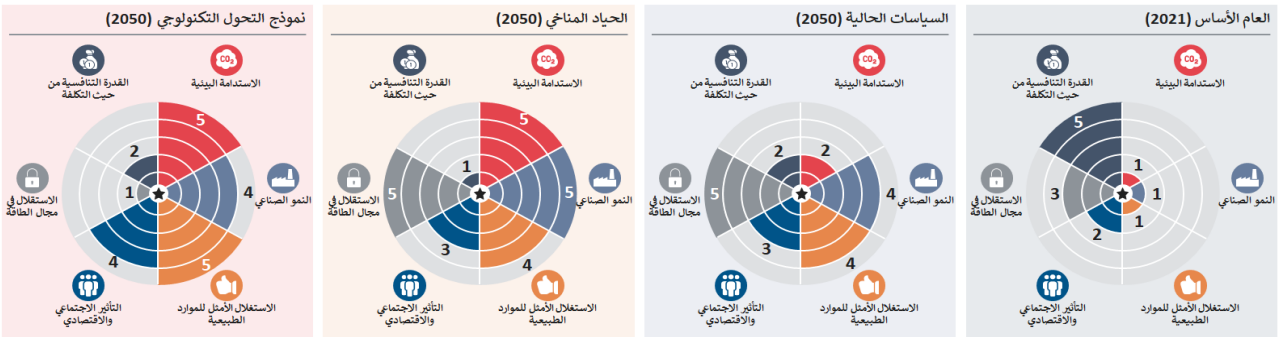
ملاحظة: 1) استنادًا إلى التصميم الحالي للسيناريوهات وافتراضات السياسة المنمذجة (قد تتغير تبعًا للأهداف المحددة المتفق عليها في عناصر السياسات)؛ 2) يشمل القطاع الصناعي قطاع النفط والغاز.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي، 2022.

7-3. أثر تحوُّل الطاقة في إمارة أبوظبي

سيكون لتطوير نظام الطاقة في أبوظبي أثر مباشر في الإمارة، وقد جرى تقييمه وفق ستة مؤشرات رئيسية قابلة للمقارنة، هي **الاستدامة البيئية، والقدرة التنافسية من حيث التكلفة، والاستقلال في مجال الطاقة، والاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية، والنمو الصناعي، والتأثير الاجتماعي والاقتصادي** (الشكل 8).

الشكل 8: أثر سيناريوهات النظرة المستقبلية على المؤشرات الرئيسية الستة للإمارة[14]



المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي، 2022.

1. الاستدامة البيئية: يتيح مسارَا الحياد المُناخي ونموذج التحوُّل التكنولوجي الوصول إلى الحياد المُناخي في الإمارة بحلول عام 2050، وذلك عبر وضع سياسات أعلى طموحًا واستخدام التقنيات الجديدة، وهو ما سيؤدي إلى إزالة الكربون في جميع القطاعات، بما يشمل: الصناعة، والمباني، والنقل والطاقة (والمياه).

2. القدرة التنافسية من حيث التكلفة: سيكون لتطبيق التقنيات الجديدة أثر مباشر على تكلفة نظام الطاقة في الإمارة، والتي ستخضع لرقابة مستمرة من الجهات المنظمة لضمان تنافسيتها. ويُتوقَّع أن يرتفع **متوسط تكلفة كل وحدة مولَّدة من الطاقة بنسبة 160% من عام 2021 وحتى عام 2050**، إذا ما طبّقت خطط إزالة الكربون المقررة وفق سيناريو **السياسات الحالية** (الشكل 9). وترتبط هذه التكاليف بالتكلفة السنوية والاستثمارات في العرض والطلب الأولي على النفط الخام، والوقود الحيوي، والهيدروجين، والتقنيات الأخرى المستخدمة في خفض انبعاثات الكربون، إضافةً إلى توليد الكهرباء.

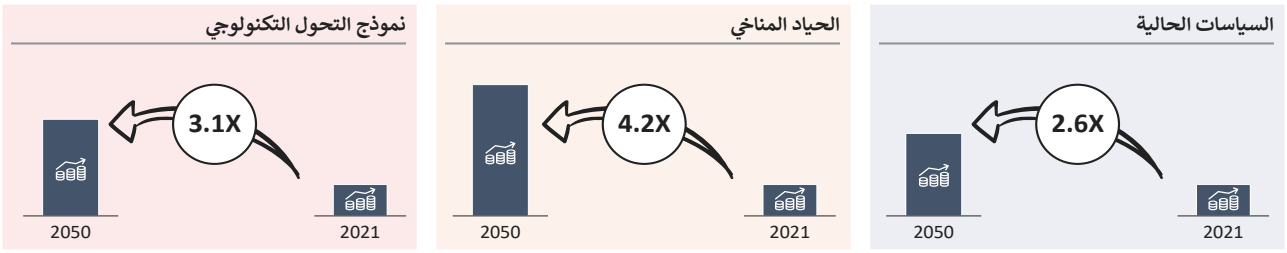
ويستلزم تحقيق **الحياد المُناخي** التوسعَ في تبني تقنيات جديدة ومكلفة؛ مما قد يؤدي إلى زيادة التكاليف بنسبة 320% من العام 2021 وحتى العام 2050، ويُتوقَّع أن يسجل قطاع توليد الكهرباء أعلى نسبة ارتفاع في التكاليف لما يتطلَّبه من استثمارات ضخمة

[14] راجع الملحق[3] لتفاصيل المنهجية.

في محطات الطاقة العاملة بالغاز الطبيعي والمزوّدة بتقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه، فضلًا عن الاستثمارات اللازمة لرفع القدرة الإنتاجية من الطاقة المتجددة.

وأمَّا سيناريو **نموذج التحوُّل التكنولوجي** فيفترض معدلات أعلى من التطور التكنولوجي مقارنةً بسيناريو الحياد المُناخي، وهو ما قد ينعكس إيجابًا على التكاليف؛ إذ يتوقع أن ترتفع بنسبة **210%**[15] **من عام 2021 وحتى عام 2050.**

الشكل 9: متوسط تكلفة إنتاج وحدة الطاقة الواحدة[16]



المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة - أبوظبي، 2022.

3. الاستقلال في مجال الطاقة: إنَّ ضمان أمان إمدادات الطاقة يُشكِّل - دون شك - حجر الزاوية في نظام الطاقة في الإمارة، وهو مشمول في جميع السيناريوهات. ففي سيناريوهَات السياسات الحالية والحياد المُناخي تهدف الافتراضات المتعلقة بإمدادات الطاقة إلى تحقيق الاستقلال في مجال الطاقة **والاستغناء عن جميع واردات الغاز بحلول عام 2032.** وعلى صعيد آخر، يفترض مسار نموذج التحوُّل التكنولوجي اتباع نهج أكثر مرونة بشأن واردات الغاز بهدف الحدّ من الارتفاع في تكاليف نظام الطاقة، بالتزامن مع تقليل البصمة الكربونية لنظام الإمداد في أبوظبي (يتوقع أن تصل حصة الواردات من استهلاك الغاز الطبيعي إلى 57% في عام 2050، مع ارتفاع واردات الغاز الطبيعي بنسبة 80% بالقيمة المطلقة مقارنةً بالعام 2021).

4. الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية: من شأن اعتماد وتطبيق مبادرات زيادة الاعتماد على الكهرباء والتحوُّل إلى الوقود المنخفض الكربون ورفع كفاءة الطاقة الإسهامُ في تعزيز كفاءة استغلال الموارد الطبيعية (مثل: النفط الخام، والغاز الطبيعي، والمياه الجوفية) بحلول عام 2050. ويُتوقَّع أن تُساعد هذه المبادرات في **خفض الطلب المحلي على النفط والغاز بما يتراوح بين 15% و25% بحلول عام 2050** وفق سيناريوهَي السياسات الحالية والحياد المُناخي، بحيث يلبّي الغاز الطبيعي المنتج محليًّا الاحتياجات الكاملة من الغاز الطبيعي في الإمارة. وأمَّا التراجع المتوقع في استهلاك النفط والغاز وفق سيناريو نموذج التحوُّل التكنولوجي فيُعزى إلى التنوُّع في مزيج الكهرباء والحصة الأصغر نسبيًّا للغاز الطبيعي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.

5. النمو الصناعي: يتوقع أن يرتفع مؤشر الإنتاج الصناعي في أبوظبي ليبلغ ضعف ما كان عليه قبل جائحة كورونا وأن يُسجِّل أعلى معدل نمو في قطاع الصناعات النفطية. وفق سيناريوهي السياسات الحالية ونموذج التحوُّل التكنولوجي، يُرجَّح أن يرتفع إنتاج **قطاع السلع**[17] **بنسبة 40% بحلول عام 2050**، أمَّا في سيناريو الحياد المُناخي، فمن المتوقع أن تكون هذه النسبة أعلى بكثير؛ حيث **ستُقارِب 60%** نظرًا لاتباع نهج استباقي في دعم القطاع.

6. التأثير الاجتماعي والاقتصادي: ينبغي إيلاء عناية خاصة للعامل الاجتماعي والاقتصادي بما يكفل تحقيق النمو الاقتصادي المستدام وتعزيز الرفاه الاجتماعي . وتفترض السيناريوهات الثلاثة تنامي **عدد السكان (بنحو 2.1 ضعف)، والعرض من القوى العاملة (بنحو 1.5 ضعف)، والناتج المحلي الإجمالي (بنحو 1.8 ضعف)، والاستثمار الأجنبي المباشر (بنحو 3.6 أضعاف)** إضافةً إلى **تحسُّن مؤشر الصحة العامة** من عام 2021 وحتى عام 2050.

[15] الارتفاع في التكاليف مماثل لسيناريو السياسات الحالية، وهو ناجم عن تبني تقنيات جديدة أعلى تكلفةً، ولكن الطلب على الطاقة وفق هذا السيناريو أقل بكثير كونه يقوم على افتراضات أشد صرامةً وأعلى طموحًا ف فيما يتعلق بكفاءة الطاقة.

[16] لا تشمل تكلفةُ توليد الطاقة تكلفةَ النقل والتخزين، ويعبَّر عنها بتكلفة الوحدة، وهي تختلف عن التكلفة المستوية للكهرباء.

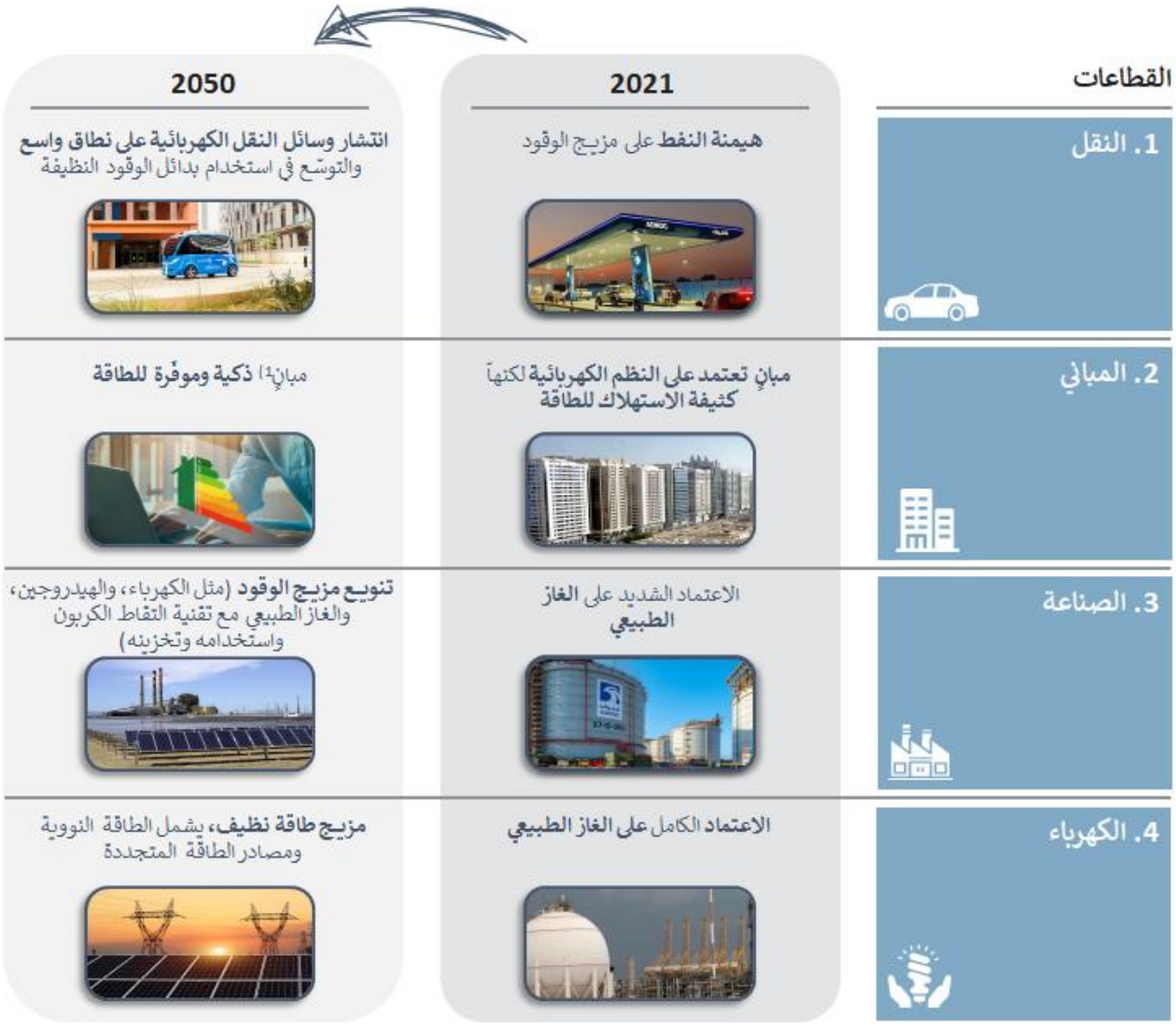
[17] يشمل قطاع السلع صناعات الحديد والصلب والإسمنت والألمنيوم.

8. تداعيات الحياد المُناخي في أبوظبي

مع بلوغ مُستهدفات الحياد المُناخي في المستقبل، من المنتظر أن تتحوَّل **جميع قطاعات الطلب من الاعتماد على الوقود الأحفوري إلى مزيج أكثر تنوعًا**، وقد ينشأ عن ذلك تباين كبير في الأنشطة وأنماط استخدام الطاقة بين قطاع وآخر.

بيد أنَّ تطبيق التقنيات والحلول الحديثة في قطاعات أبوظبي سيتوقف على درجة تطور **هذه التقنيات وأهداف السياسات.**

الشكل 10: تصوُّرات الحياد المُناخي لقطاعات النقل والمباني والصناعة والطاقة[18] [19]



ملاحظة: 1) لا تزال تُعَدُّ كثيفة الاستخدام للطاقة نسبيًا.

المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022.

[18] قطاع النفط والغاز هو جزء من قطاع الصناعة.

[19] لا يدخل قطاع المياه ضمن محور تركيز هذا التقرير، وسيُناقَش في تقرير منفصل بعنوان النظرة المستقبلية لقطاع المياه في إمارة أبوظبي، 2050.

8-1 النقل

الرؤية المستقبلية للحياد المُناخي

يَتعيَّن على إمارة أبوظبي إحداث تغييرات عميقة في أنشطة قطاع النقل لتُعزز مكانتها الريادية في **النقل المستدام على صعيد المنطقة.**

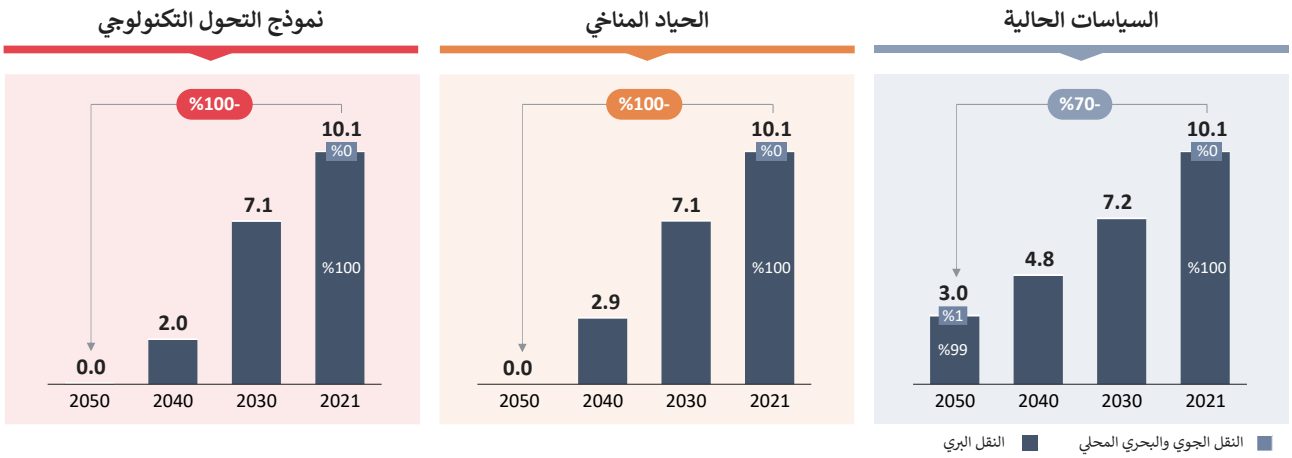
والفرصة سانحة اليوم أمام الإمارة لتصبح **مركزًا إقليميًّا** لإنتاج الوقود الصناعي، بما في ذلك الوقود الحيوي والوقود القائم على الهيدروجين، وذلك عن طريق الاستثمار في **تقنيات النقل الحديثة** (مثل محطات التزويد بوقود الهيدروجين)، التي تمكِّن أبوظبي من تحقيق كفاءة التكلفة والإنتاج على نطاق واسع.

وعلى صعيد آخر، بإمكان أبوظبي أن تصبح مقرًا إقليميًّا لأهم الشركات المتخصصة في أنظمة المركبات، وتشمل الشركات المصنِّعة للمعدات الأصلية، والشركات المنتجة، والشركات المُشغِّلة للبنية التحتية التي ستتخذ من أبوظبي قاعدةً لإطلاق التقنيات والمبادرات الابتكارية في المنطقة.

نتائج السيناريوهات

الالتزام بمُستهدفات الحياد المُناخي

الشكل 11: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل (ميجاطن)[20]



المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

من المتوقع أن تتراجع **الانبعاثات الناتجة** عن قطاع النقل في سيناريو السياسات الحالية **بنحو 70% بين عامي 2021 و2050**، لتبلغ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نحو 3 ميجاطن في عام 2050 (الشكل 11). ومن شأن انتهاج سياسات جديدة تستهدف إزالة الكربون تسريع خطى هذا التراجع، وصولًا إلى تحقيق الحياد المُناخي وبلوغ صافي الانبعاثات الصفرية بحلول عام 2050. ويتوقف معدل تخفيض الانبعاثات على مستوى طموح السياسات المتبعة **ووتيرة تطوُّر التكنولوجيا.**

الإمداد والطلب على الطاقة

سيشهد قطاع النقل البري، وفق سيناريو السياسات الحالية، انخفاضًا في الطلب على الطاقة بنسبة 65% بحلول عام 2050 **جرَّاء التوسُّع في استخدام المركبات العاملة بالطاقة النظيفة وتراجع متوسط المسافة المجتازة** الناجم بدوره عن الخطط التي تعتزم الحكومة تطبيقها لتطوير النقل العام (وتشمل إنشاء شبكة للسكك الحديدية لتوفير خدمات نقل

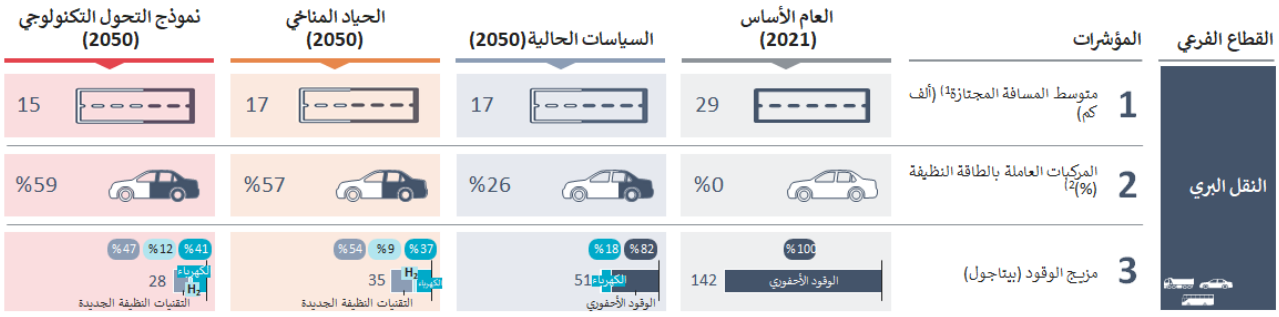
[20] يقتصر نطاق الانبعاثات في قطاع النقل على الانبعاثات الناجمة عن أنشطة النقل الجوي والبحري المحلية (ولا يشمل أنشطة النقل الجوي والبحري الدولية).

الركاب والشحن). غير أنَّ تحقيق مستهدفات الحياد المُناخي يتطلب سياسات أكثر طموحًا، مثل حظر بيع السيارات التي تعمل بمحركات الاحتراق الداخلي اعتبارًا من عام 2045. ومن شأن هذه التدابير، مقترنةً بالتحوُّل إلى استخدام الطاقة النظيفة في وسائل النقل العام، خفض الطلب على الطاقة بنسبة 75% في قطاع النقل البري بين عامي 2021 و2050 **وفق سيناريو الحياد المناخي**. أمَّا في سيناريو **نموذج التحوُّل التكنولوجي**، فيتوقع أن يتيح تسريع وتيرة تطوير المركبات الكهربائية والهيدروجينية وغيرها من أنواع المركبات العاملة بالوقود النظيف تحقيق تحوُّل الطاقة وفرض قيود على بيع محركات الاحتراق الداخلي قبل الموعد المستهدف (اعتبارًا من عام 2040) وتسجيل تراجع أكبر في مستويات استهلاك الطاقة في عام 2050.

ومن المنتظر أن يرتفع الطلب على الطاقة في **قطاع الطيران الدولي** بنسبة تتجاوز 25% بحلول عام 2050 وفق سيناريو **السياسات الحالية بفضل** النمو الذي يشهده هذا القطاع، ولكنه سيظل معتمدًا بنسبة 100% على وقود الطائرات التقليدي. ويتوقع أن يكون **للسياسات الجديدة** وفق **سيناريوهَي الحياد المناخي ونموذج التحوُّل التكنولوجي** أثر إيجابي ملحوظ على كفاءة استخدام الطاقة؛ حيث تؤدي إلى تراجع **إجمالي استهلاك الطاقة** بنسبة 18% في عام 2050 مقارنةً بمسار السياسات الحالية. وفي سيناريو الحياد المناخي، من المُرجَّح أن تُسهم مبادرات التحوُّل نحو الوقود المنخفض الكربون في تغيير مزيج الوقود لتصبح **حصة الوقود الحيوي فيه 30%، وحصة الهيدروجين نحو 10% وحصة الكهرباء 10% في عام 2050.**

وأمّا قطاع النقل **البحري** فمن المنتظر أن يسجِّل تراجعًا بسيطًا في استهلاك الطاقة بحلول عام 2050 وفق سيناريو **السياسات الحالية**، برغم الارتفاع المتوقع في الواردات السلعية. ويُعزى ذلك إلى التحوُّل المتوقع من النفط الثقيل إلى أنواع أخرى أنظف وأعلى كفاءةً من الوقود، مثل الغاز الطبيعي المسال. ومع ذلك، فإنَّ تحقيق مُستهدفات الحياد المُناخي يستدعي تطبيق **مبادرات إضافية لرفع كفاءة استهلاك الطاقة**، مثل تشجيع استخدام السفن الكهربائية. وفي هذا السياق، يَفترِض كلٌّ من سيناريو **الحياد المناخي** وسيناريو **نموذج التحوُّل التكنولوجي** أن حصة الكهرباء في مزيج الوقود ستقارب 17% في عام 2050، وفي سيناريو نموذج **التحوُّل** التكنولوجي، من المرجَّح أن يتراجع استهلاك الطاقة بنسب أعلى بحلول عام 2050 (40% مقارنةً بعام 2021) نتيجة تسريع وتيرة التطوير التكنولوجي.

الشكل 12: التصورات المستقبلية لقطاع النقل 2050



ملاحظة: 1) متوسط المسافة التي تجتازها كل مركبة تبعًا لحجم الأسطول (بما في ذلك المركبات الخفيفة والحافلات والشاحنات)؛ 2) تشمل المركبات الخفيفة والحافلات والشاحنات الكهربائية والهيدروجينية؛ 3) التقنيات النظيفة الجديدة (مثل الوقود الحيوي/الوقود الإلكتروني، الهيدروجين، التحول لاستخدام الكهرباء).

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

الرؤية المستقبلية للحياد المُناخي

ستظل أبوظبي، حسب سيناريو الحياد المُناخي، تحتضن **مجموعة من أهم المباني الابتكارية والعصرية في العالم**. إلَّا أنَّ تطوير قطاع المباني سيمكِّن الإمارة من تعزيز مكانتها على **الخريطة الريادية العالمية في المباني المستدامة.**

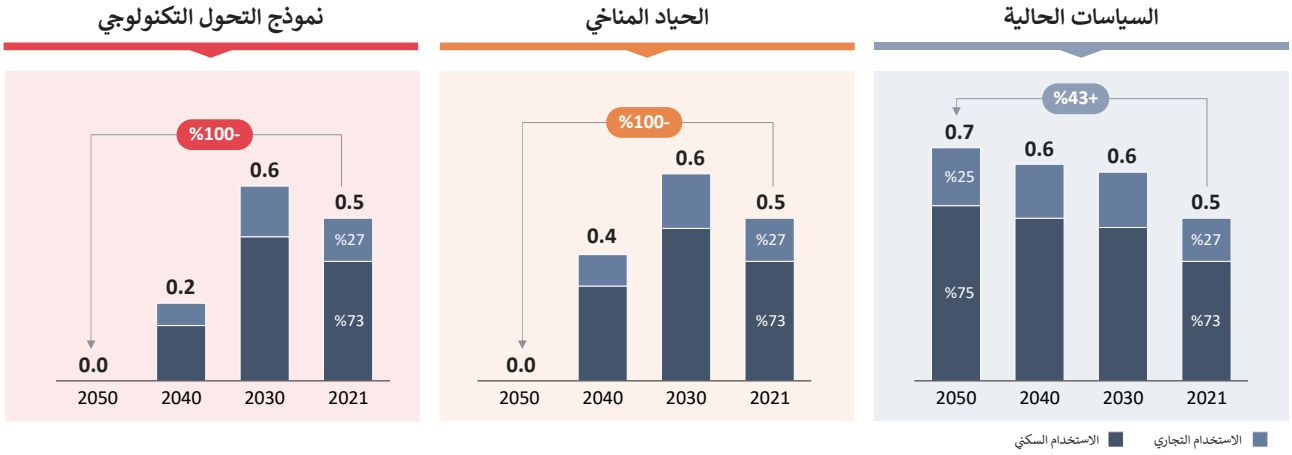
وستُسهم **مبادرات إدارة جانب الطلب** في إرساء أسس منظومة متكاملة لاجتذاب الروَّاد العالميين في كفاءة الطاقة (من مقاولين وخبراء ماليِّين ومزوِّدي تكنولوجيا) إلى أبوظبي لتغدو بذلك **مركزًا إقليميًّا لمقدمي خدمات كفاءة الطاقة.**

كما أنَّ انتشار المباني قليلة الانبعاثات وذات التصاميم المعمارية الابتكارية على مستوى القطاع العقاري في الإمارة سيعزِّز مكانتها بوصفها **وجهة سياحية مستدامة**.

نتائج السيناريوهات

الالتزام بمُستهدفات الحياد المُناخي

الشكل 13: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع المباني (ميجاطن)



المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

خلافًا لقطاعات الطلب الأخرى، فإنّ قطاع المباني سيستفيد من انخفاض ثاني أكسيد الكربون، وذلك في المراحل المبكرة من مسيرة الإمارة نحو الوصول إلى الحياد المُناخي، علمًا بأنَّ الانبعاثات قد بلغت **0.5 ميجاطن** عام 2021، ويتوقَّع أن تستمر هذه الانبعاثات في الارتفاع بحلول عام 2050 وفق مسار السياسات الحالية، نظرًا إلى الزيادة المتوقعة في إجمالي المساحة الطابقية التي قد تتجاوز 3 أضعاف (الشكل 13).

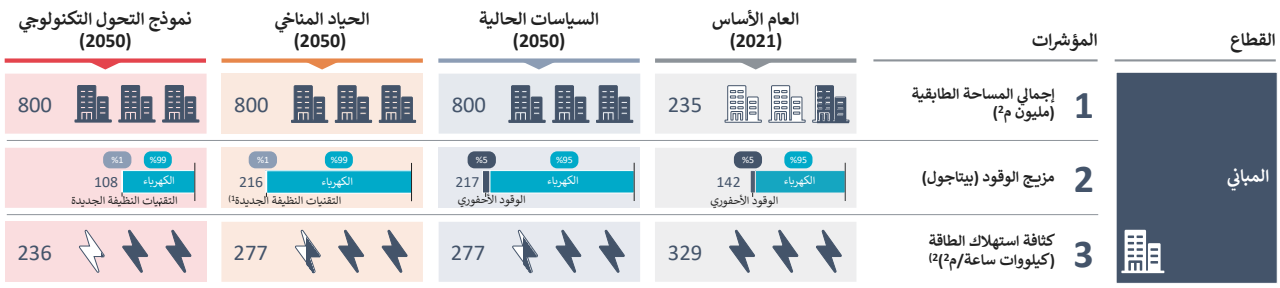
كما يتطلب تحقيق مستهدفات الحياد **المُناخي** في قطاع المباني توسيع نطاق الجهود المبذولة لرفع كفاءة استخدام الطاقة **وتقليص الأطر الزمنية وتسريع الخطى نحو تحقيق الأهداف عبر تطوير السياسات والتقنيات الداعمة.**

الإمداد والطلب على الطاقة

تعتمد الغالبية العظمى من المباني في أبوظبي على النظم الكهربائية لتغطية احتياجاتها من الطاقة؛ إذ **تُشكل حصة الكهرباء 95%** من مزيج الوقود. ومن غير المرجَّح أن يؤدي مسار **السياسات الحالية** إلى تغيير مزيج الوقود، ولكنَّه سيستهدف تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في المباني. وفي سيناريوهَي **الحياد المُناخي ونموذج التحوُّل التكنولوجي**، يُتوقَّع أن تضْمن **السياسات الجديدة** عدم تجاوز حصة الغاز الطبيعي والغاز البترولي المُسال المستخدَمَيْن في المباني 1% من مزيج

الوقود في عام 2050. كما أنَّ التطورات الإضافية المرتقبة في التكنولوجيا وفق سيناريو **نموذج التحوُّل التكنولوجي** ستسمح بتحقيق مستويات أعلى من كفاءة الطاقة **وخفض إجمالي استهلاك الطاقة بنحو 50%** بحلول عام 2050، مقارنةً بمسارَي الحياد المناخي والسياسات الحالية.

الشكل 14: النظرة المستقبلية لقطاع المباني 2050



ملاحظة: 1) التقنيات النظيفة الجديدة (مثل الغاز الحيوي، الهيدروجين)؛ 2) المعدَّل المرجَّح بناءً على إجمالي المساحة الطابقية للمباني السكنية والتجارية.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

3-8. الصناعة

الرؤية المستقبلية للحياد المناخي

رُغم التغيُّرات الجذرية في استخدام الطاقة في قطاع الصناعة، **من المتوقع أن يتضاعف مؤشر الإنتاج الصناعي** لإمارة أبوظبي ليرتفع من نحو 95 نقطة في عام 2021 إلى نحو 200 نقطة في عام 2050[21]. وسيتحوَّل قطاع الصناعة في الإمارة على النحو التالي:

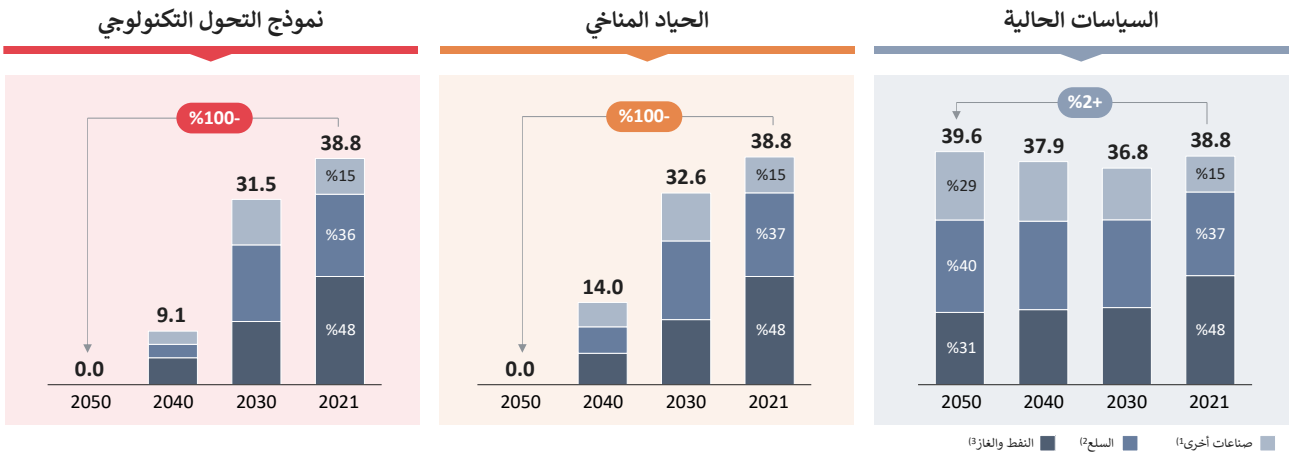
سيؤدي التوجُّه التدريجي نحو الوقود منخفض الكربون وما يرافقه من توسُّع في تطبيق تقنيات التقاط الكربون إلى تسجيل **تراجع كبير في كثافة استهلاك الطاقة** (50-60% من العام 2021 وحتى العام 2050[22]) لتصبح الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة في أبوظبي، مثل الألمنيوم والصلب، صناعات ابتكارية رائدة على الساحة العالمية في مجال الإنتاج المستدام. وستؤدي الاستثمارات في مصادر الوقود البديل والبنية التحتية الداعمة للتحول إلى الكهرباء، إلى المحافظة على **تنافسية نظام الطاقة من حيث التكلفة في القطاع الصناعي** ممّا يُسفر بدوره عن **رفع مستويات الإنتاج في القطاعات الصناعية غير النفطية بنسبة تتراوح بين 40% و60%**[23] وهيمنة أبوظبي على أسواق مواد البناء في المنطقة (بافتراض ارتفاع الطلب على مواد البناء في السوق العالمية).

وبخلاف قطاعات الطلب الأخرى، فإنَّ مسارات خفض الانبعاثات الكربونية في القطاع الصناعي متنوِّعة ونتائجها غير مؤكدة. فهي تشمل، من جهة، حلولًا مُجرَّبة ومُثْبَتة الجدوى، مثل **زيادة الاعتماد على الكهرباء**، وتعتمد من جهة أخرى على تقنيات ناشئة أو غير مضمونة من حيث إمكانية نشرها تجاريًّا، مثل: **التحوُّل إلى الهيدروجين والوقود الحيوي، وتطبيق تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه**، وفي بعض الحالات: **التغييرات في عمليات الإنتاج أو مزيج المنتجات**.

نتائج السيناريوهات

الالتزام بمُستهدفات الحياد المُناخي

الشكل 15: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الصناعة (ميجاطن)[24]



ملاحظة: 1) تشمل «الصناعات الأخرى» الصناعات الخفيفة (مثل تصنيع الأغذية، صناعة الأثاث)؛ 2) تشمل «السلع» الحديد والصلب، والإسمنت، والألمنيوم؛ 3) يشمل «النفط والغاز» إنتاج النفط والغاز والبتروكيماويات والتكرير.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

[21] بناءً على نتائج نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة لكلا سيناريوهَي الحياد المناخي (يُستخدم العام 2018 العام الأساس في حساب مؤشر الإنتاج المحلي وتبلغ قيمته 100 نقطة).

[22] تُحتسب كثافة استهلاك الطاقة على أساس استهلاك الطاقة لكل طن من السلع المنتجة (وتشمل الحديد، والصلب، والإسمنت، والألمنيوم).

[23] النمو المتوقع في إنتاج قطاع السلع الذي يشمل الحديد والصلب، والإسمنت، والألمنيوم.

[24] لا تشمل الانبعاثات المحتجزة بواسطة تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.

إنّ السياسات المتبعة حاليًّا **لإزالة الكربون من القطاع الصناعي لن تكون كافيةً** إذا ما استمرت وتيرة نمو القطاع على حالها نتيجة برنامج التنويع الاقتصادي في الإمارة، وتُبرز توقعات سيناريوهَي الحياد المُناخي الحاجة إلى تطوير سياسات أكثر طموحًا تهدف إلى إحداث **تغييرات واسعة في استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي**، وتسجيل انخفاضات واسعة النطاق في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ بما يضمن تحقيق الحياد المُناخي بحلول عام 2050 (الشكل 15).

ويتوقع استخدام **تقنيات التقاط الكربون** في الصناعات الكثيفة الاستهلاك للكربون والصناعات الخفيفة، على حد سواء، من أجل تحقيق أهداف الحياد المُناخي. ومن المرجَّح أن تبلغ الكمية الإجمالية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون المحتجزة في عام 2050 نحو 24 ميجاطن.

الإمداد والطلب على الطاقة

في سيناريو **السياسات الحالية**، سيؤدي نمو الإنتاج في القطاع الصناعي إلى **زيادة إجمالي استهلاك الطاقة بنسبة تقارب 20%**، مع بقاء الغاز الطبيعي مصدر الوقود الرئيسي، ويُتوقَّع أن يصل مستوى الاعتماد على الكهرباء إلى **13%** في عام 2050 (مقارنةً بـ 8% في عام 2021).

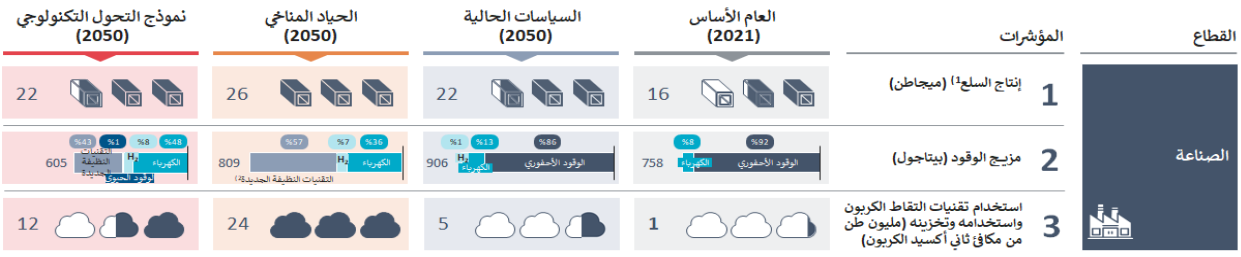
وينبغي تبني **سياسات أعلى طموحًا** لخفض استهلاك الطاقة وتحقيق معدَّلات أعلى من زيادة الاعتماد على الكهرباء والتحوُّل إلى أنواع الوقود البديل. ويسمح ذلك بتحقيق تراجع إضافي في إجمالي استهلاك الطاقة بمقدار يقارب **100 بيتاجول في عام 2050**، وبزيادة حصة الكهرباء لتتجاوز نسبة 35% بقليل في مزيج الطاقة وفق سيناريو الحياد المُناخي. كما أنَّ التحوُّل إلى **الهيدروجين المنخفض الكربون** سيُسهم في إزالة الكربون من بعض الصناعات (مثل الحديد والصلب)، ويتوقع أن تتجاوز حصته **7% من إجمالي مزيج الوقود**.

وأمَّا في سيناريو **نموذج التحوُّل التكنولوجي**، فإنَّ التطورات الإضافية المرتقبة **في التكنولوجيا** ستُتيح رفع كفاءة الطاقة في القطاع وخفض إجمالي استهلاك الطاقة بنحو **300 بيتاجول في عام 2050** مقارنةً بمسار السياسات الحالية، إضافةً إلى تقليص حصة الوقود الأحفوري مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه في مزيج الطاقة، ليستعاض عنه **بالكهرباء** التي يتوقع أن تصل **حصَّتها إلى 48% من** مزيج الطاقة، والتوسع في استخدام **الهيدروجين والوقود الحيوي** ليشكِّلا **نحو 10% من إجمالي الإمدادات بحلول عام 2050**.

وفق سيناريو الحياد المُناخي، وفي سيناريو نموذج التحوُّل التكنولوجي، من شأن تسريع وتيرة تطوير التكنولوجيا أن يؤدي إلى تسجيل المزيد من التراجعات في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وانتشار استخدام الوقود البديل على نطاق أوسع، إضافةً إلى انخفاض كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المحتجزة (12 ميجاطن بحلول عام 2050).

وسيجري تطبيق **نظام تسعير الكربون** تماشيًا مع الجهود العالمية لإزالة الكربون في سيناريوهَي الحياد المناخي ونموذج التحوُّل التكنولوجي لتشجيع المنشآت الصناعية على الاستثمار في تقنيات إزالة الكربون (وتشمل تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه) والتحوُّل إلى أنواع أخرى من الوقود، مثل الهيدروجين.

الشكل 16: التصوُّرات المستقبلية للقطاع الصناعي 2050



ملاحظة: 1) تشمل السلع الحديد والصلب، والإسمنت، والألمنيوم؛ 2) التقنيات النظيفة الجديدة، مثل: استخدام تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه، واستخدام الوقود الحيوي، والهيدروجين، والتحوُّل لاستخدام الكهرباء.

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

8-4. الكهرباء

الرؤية المستقبلية للحياد المُناخي

الشكل 17: الرؤية المستقبلية لقطاع الكهرباء 2050



المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022.

ستعتمد عملية توليد الكهرباء على مصادر **نظيفة**، وستشكل مصادر الطاقة المتجددة والغاز الطبيعي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه أكثر من 95% من مزيج الوقود المستخدم في توليد الكهرباء. ويتوقع أن تُصبح الكهرباء مصدر الطاقة الثانوي الأوسع انتشارًا في نظام الطاقة، بحيث تُلبّي ما يقارب **40%** من الطلب في **قطاع النقل** البري، و**35% إلى 50%** من الطلب في **القطاع الصناعي** و**99%** من الطلب في **قطاع المباني**. ونتيجةً لذلك، يتوقع أن يُسجل توليد الكهرباء معدل نمو سنوي يقارب 3% بين عامي 2021 و2050.

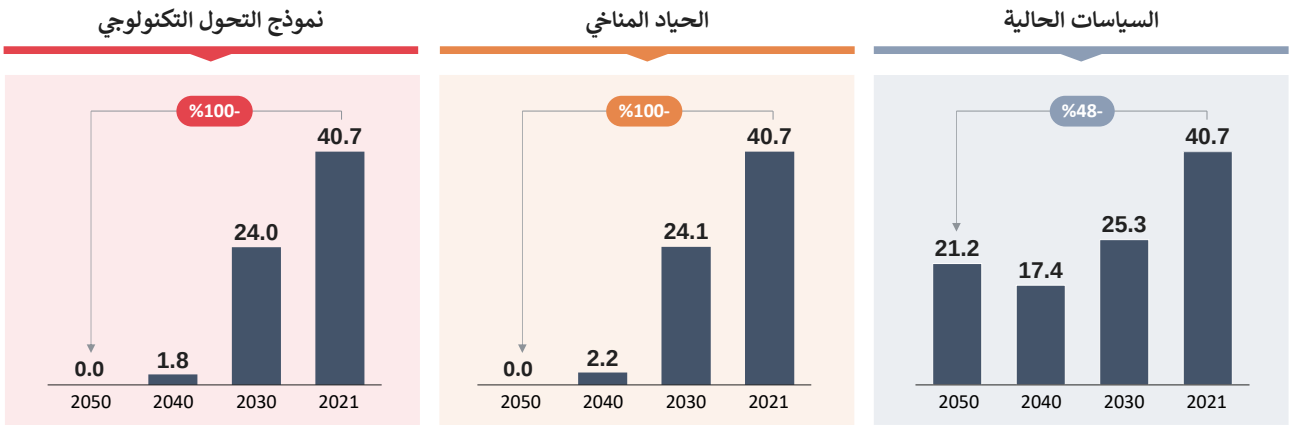
ولعلَّ النتائج المحققة في قطاعات الطلب تبرز الدور المحوري الذي تؤديه الكهرباء في تمكين أبوظبي من التحوُّل إلى نظام يعتمد بصورة أكبر على الطاقة النظيفة. وبتعبير آخر، **يُتوقع أن تستحوذ الكهرباء على حصة واسعة من مزيج الطاقة في جميع قطاعات الطلب في الإمارة**. ولذلك، ليس من المبالغة القول إنَّ إزالة الكربون من قطاع توليد الكهرباء سيرسم ملامح مستقبل نظام الطاقة في أبوظبي، وتتطلب عملية إزالة الكربون من قطاع الكهرباء تطوير تقنيات جديدة، مثل تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه وتخزين الطاقة.

حيث سيتم استخدم تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه في إزالة الكربون من عمليات توليد الكهرباء في المحطات العاملة بالدورة المُركبة، بينما تسمح **بطاريات تخزين الطاقة** بتخزين الفائض من الطاقة المتجددة المنتَجة خلال الظروف المناخية الملائمة، بغرض إعادة استخدامها خلال فترات ذروة الطلب.

نتائج السيناريوهات

الالتزام بمُستهدفات الحياد المُناخي

الشكل 18: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الكهرباء (ميجاطن)



المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

في عام 2021، بلغت حصة **الغاز الطبيعي** ما يقارب **90% من توليد الكهرباء و100% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون** في قطاع الطاقة. إلَّا أن سياسة أبوظبي الحالية للطاقة النظيفة تستهدف توليد 60% من الكهرباء من مصادر نظيفة بحلول عام 2035. وباتباع هذا المسار، بإمكان أبوظبي خفض إجمالي الانبعاثات بنحو 50% بحلول عام 2050، برغم الارتفاع المتوقع في الطلب بنسبة 60% من عام 2021 إلى عام 2050. ويتطلب تحقيق **أهداف الحياد المُناخي** في قطاع الطاقة تبني **سياسات وتقنيات أكثر طموحًا في مجال الطاقة النظيفة.**

الإمداد والطلب على الطاقة

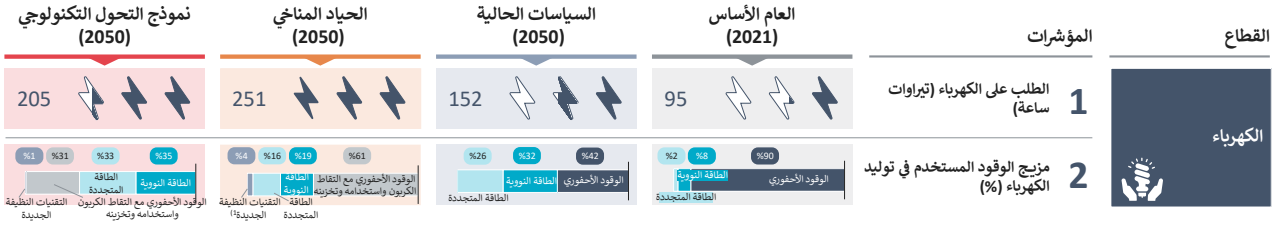
يُتوقع أن يشهد توليد الكهرباء نموًّا ملحوظًا وفق سيناريو **السياسات الحالية** ليرتفع من **نحو 95 تيراواط ساعة في عام 2021 إلى 152 تيراواط ساعة في عام 2050**، ويُعزَى ذلك إلى الخطط التي تعتزم الإمارة تطبيقها لتَحوُّل قطاعات الطلب لزيادة الاعتماد على الكهرباء. ويتطلب تبنّي سياسات أعلى طموحًا لنزع الكربون من قطاعات النقل والمباني زيادات كبيرة في إمدادات الكهرباء، حيث يُتوقَّع أن يبلغ إنتاج الكهرباء السنوي **251 تيراواط ساعة** في عام 2050 في سيناريو الحياد المُناخي. وأمَّا في سيناريو نموذج التحوُّل التكنولوجي، فمن المنتظر أن تتيح التطورات الإضافية المرتقبة **في التكنولوجيا** رفع كفاءة استخدام الطاقة والتحوُّل إلى الوقود النظيف ضمن القطاع، فضلًا عن خفض الطلب على الكهرباء إلى **205 تيراواط ساعة في عام 2050** مقارنةً بسيناريو الحياد المُناخي.

كما سيشهد مزيج توليد الطاقة تغييرًا شاملًا بحلول عام 2050. ففي سيناريو **السياسات الحالية** يتوقع الاستغناء تمامًا عن التوليد المشترك بحلول عام 2042 لترتفع مساهمة **الطاقة النظيفة في مزيج توليد الكهرباء إلى نحو 60%**، بينما يستخدم الغاز التقليدي في تأمين النسبة المتبقية.

وأمَّا في سيناريو **الحياد المُناخي**، فيُتوقَّع تبني **سياسات أعلى طموحًا**، مثل الأهداف الاستراتيجية للطاقة النظيفة 2050، بهدف تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة العالية الانبعاثات في توليد الكهرباء. وهو ما سيُسهل الانتقال إلى نظام طاقة أنظف تُشكِّل حصة الطاقة النووية 19% منه، والطاقة المتجددة 16% (بما في ذلك بطاريات تخزين الطاقة)، إضافةً إلى الاستخدام الواسع النطاق لتقنيات تقليل الانبعاثات الكربونية من عملية توليد الكهرباء المعتمدة على الغاز؛ لضمان إمكانية التشغيل الآمن والموثوق للنظام (يُتوقَّع أن تُقارب حصة الغاز الطبيعي مع تقنية التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه 60% من إجمالي مزيج توليد الكهرباء).

وفي سيناريو نموذج **التحوُّل التكنولوجي** من شأن **تسريع وتيرة تطوير التكنولوجيا** أن يتيح لأبوظبي تنويع مصادر الطاقة النظيفة مقارنةً بسيناريو الحياد المُناخي، ورفع مساهمة الطاقة النووية (35%) والطاقة المتجددة[25] (33%) في مزيج الكهرباء، وتقليص حصة الغاز الطبيعي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه إلى 31%. كما أنَّه من المُرجَّح التوجه نحو اعتماد طاقة الرياح في توليد الكهرباء في ثلاثينيات الألفية الثانية (2030) لتصل مساهمتها في مزيج الكهرباء إلى ما يقارب 7 تيراواط ساعة بحلول عام 2050.

الشكل 19: النظرة المستقبلية لقطاع الكهرباء 2050



ملاحظة: 1) التقنيات النظيفة الجديدة (مثل: تحويل النفايات إلى طاقة، والغاز الطبيعي مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه، والطاقة النووية، والتقاط الكربون في الهواء مباشرةً).

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

[25] تشمل بطاريات تخزين الطاقة

9. التحديات أمام المسار نحو الحياد المُناخي

يُمكن أن تواجه إمارة أبوظبي العديد من التحديات التي قد تُؤثر في مسار رحلة الإمارة ومسيرتها نحو تحوُّل قطاع الطاقة، ويُمكن التحكُّم ببعض هذه التحديات وتجاوزها، مثل **البحث والتطوير والاستثمار في رأس المال البشري**، وبعضها الآخر خارج عن سيطرة الإمارة، مثل **توفر التقنيات الأساسية في السوق العالمية.**

فالوصول إلى هذه التقنيات والحصول عليها (مثل التحليل الكهربائي والتخزين) يُعد **أمرًا** أساسيًّا لضمان تطوير وتطبيق جهود إزالة الكربون على نطاق واسع، وتتأثر مقدرة الإمارة على تأمين التقنيات اللازمة بعاملَين أساسيَّين، هما: حالة عدم اليقين الناجمة عن الانقطاعات في سلاسل الإمداد، وديناميكيات العرض في السوق العالمية. واستجابةً لذلك، بإمكان صنّاع السياسات وضع السياسات والتدابير التمكينية للتحفيز على **تطوير بعض هذه التقنيات محليًّا** واقتناص الفرص المتاحة لجعل أبوظبي مُورِّدًا إقليميًّا لها.

إنَّ بناء نظام طاقة مُحايد كربونيًّا عملية صعبة ومعقدة تتطلب خبرات ومعارف خاصة لا تزال قيد التطوير حتى في الاقتصادات الأكثر تقدمًا لتسهيل **تبني تقنيات إزالة الكربون التي لا تزال بدورها في مراحل مبكرة من عملية التطوير** ولم تدخل بعد مرحلة الإنتاج التجاري. وبإمكان أبوظبي استغلال معارفها الوافرة في المجالات المختلفة عبر تعزيز **استثماراتها في التعليم** لتطوير قدراتها البشرية المحلية و**توثيق أواصر التعاون الدولي** في مجالات **البحث والتطوير** الرئيسية بوجه عام وتقنيات وسياسات إزالة الكربون على وجه التحديد. وهناك العديد من **مشاريع البنية التحتية** التي يمكن تنفيذها لتسريع وتيرة إزالة الكربون من المنشآت المحلية واجتذاب شركات جديدة إلى الإمارة، فتطوير **البنية التحتية الأساسية** (مثل مدِّ خطوط أنابيب لنقل الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون أو إقامة مراكز لالتقاط الكربون واستخدامه وتخزينه) يمكن أن يُسرّع جهود إزالة الكربون من قطاع الصناعة والكهرباء، كما أنَّ بناء **واحات الهيدروجين**، وفق ما تقترحه دائرة الطاقة في سياستها بشأن الهيدروجين المنخفض الكربون، من شأنه أن يُعزز من القدرة التنافسية الاقتصادية للإمارة في مجال إنتاج الهيدروجين واستهلاكه.

وعلى صعيد آخر، يُعدُّ استخدام التقنيات المحايدة مناخيًّا عملية مكلفة مقارنةً بمصادر الوقود التقليدية، كالوقود الأحفوري، ممَّا قد يستلزم تنفيذ مجموعة من المبادرات **لسد فجوة التكلفة**، مثل **تسعير الكربون**، **وتحديد مستهدفات قطاعات الاستخدام النهائي** وغير ذلك من الآليات الداعمة (مثل **التدابير المالية والاقتصادية والمالية**).

الشكل 20: المعوقات والممكِّنات في المسار نحو الحياد المناخي

المعوقات	الممكّنات الرئيسية		
1 الوصول إلى التقنيات الأساسية	**1.1 توطين التصنيع** لاقتناص الفرص المتاحة لجعل أبوظبي مورّدًا إقليميًا	**1.2 منح حوافز حكومية** لتشجيع استخدام تقنيات الطاقة النظيفة الأقل تكلفة	**1.3 وضع الإطار التنظيمي** الملائم لتشجيع تطوير مشاريع تقنيات الطاقة النظيفة
	1.4 إقامة الشراكات مع شركات ومنظمات رائدة لجلب تقنيات جديدة إلى السوق	**1.5 إقامة الشراكات بين القطاعين العام والخاص** لجذب استثمارات القطاع الخاص والتسريع في نشر التقنيات النظيفة	
2 رأس المال البشري	**2.1 إعداد قوى عاملة محلية مؤهلة** لتسهيل الوصول إلى كوادر بشرية تتمتع بالمهارات والكفاءات المطلوبة	**2.2 إشراك المجتمعات والمنظمات المحلية** لتشجيع الانتقال إلى الطاقة النظيفة على مستوى المناطق	**2.3 إقامة مجموعات عمل مشتركة مع دول أخرى** للاستعانة بخبراء دوليين من ذوي المهارات والكفاءات المطلوبة
3 البحث والتطوير	**3.1 توفير التمويل الحكومي والحوافز الضريبية** لإرساء منظومة للبحث والتطوير متخصصة في تقنيات الطاقة النظيفة	**3.2 تعزيز التعاون بين الحكومة والقطاعَين الصناعي والأكاديمي** لدفع عجلة البحث والتطوير في تقنيات الطاقة النظيفة	**3.3 تبني سياسات لحماية الملكية الفكرية** لضمان إمكانية الاستغلال التجاري والتوسع لجهود البحث والتطوير
4 البنية التحتية	**4.1 تطوير البنية التحتية الأساسية** (مثل خطوط أنابيب الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون ومراكز التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه)	**4.2 بناء وديان هيدروجين** تجمع بين إنتاج الهيدروجين وقطاعات الاستخدام في منطقة واحدة	**4.3 تطوير البنية التحتية الأخرى** (مثل النقل العام، والموانئ البحرية، ومحطات الطاقة النظيفة، إلخ)
5 فجوة التكلفة للحلول النظيفة	**5.1 تعريف تسعير الكربون** (سوق الكربون، تنظيم الأسعار، إلخ)	**5.2 تقديم الدعم الضريبي والاقتصادي والمالي** لمشاريع الطاقة النظيفة	**5.3 تحديد أهداف قطاعات الاستخدام النهائي** بما يتماشى مع أهداف الحياد المناخي

المصدر: دائرة الطاقة في أبوظبي، 2022.

10. الآفاق المستقبلية

لاشكَّ أنَّ الوقود الأحفوري قد شكَّل عنصرًا أساسيًّا في النمو الاقتصادي الذي شهدته أبوظبي على مرِّ العقود الخمسة الماضية. ومع أنَّ تحوُّل **نظام الطاقة إلى الحياد المُناخي يُعد أمرًا قابلًا للتحقيق** إذا ما سار بخطى منظّمة ومحسوبة، فإنّه ينطوي على تحديات وفرص كثيرة.

يُقارن تقرير" النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة في إمارة أبوظبي 2050 "سيناريو السياسات الحالية بالمسارَينِ المحتمَلَينِ لتحوُّل أبوظبي نحو الحياد المناخي على المدى البعيد.

وقد وضعت إمارة أبوظبي، ودائرة الطاقة تحديدًا، العديد من السياسات الهادفة إلى تعزيز جهود إزالة الكربون، ولكن لا بدَّ من اتباع سياسات **أعلى طموحًا في مجال الطاقة إذا ما أرادت الإمارة الوصول إلى مزيج طاقة نظيف** وذلك عبر التوسُّع في نشر تقنيات الطاقة النظيفة والمتجددة، إضافةً إلى تكثيف جهود زيادة الاعتماد على الكهرباء ومصادر الوقود المنخفض الكربون ورفع كفاءة الطاقة في قطاعات الطلب، مثل الصناعة والمباني والنقل. **ومع أنَّه من الصعب التنبؤ بسرعة التطور التكنولوجي لهذه الفترة الزمنية الطويلة**، فإنَّ دفع التقدم التكنولوجي سيساعد أبوظبي على تحقيق مزيج طاقة أنظف وأكثر تنوعًا بحلول عام 2050. ويمكن اتخاذ جملة من التدابير لتهيئة البيئة الملائمة لتطوير التكنولوجيا وتسريع وتيرته عن طريق عمليات وضع السياسات في الإمارة (وعالميًّا).

وتتيح مسارات الحياد المُناخي لأبوظبي الوصول إلى الحياد المُناخي بحلول عام 2050، وهو ما سيؤدي بدوره إلى **تعزيز مرونة اقتصادها، والحفاظ على مواردها الطبيعية، وترسيخ سمعتها** ومكانتها الدولية على خريطة الابتكار العالمي في أسواق الطاقة، وزيادة **تنافسية اقتصادها** (منتجات خضراء بأسعار تنافسية) وإثبات **التزامها بجعل العالم مكانًا أكثر استدامة.** هذا بالإضافة إلى الأثر الإيجابي لإزالة الكربون على **جودة الهواء والصحة العامة** في الإمارة.

ويطرح هذا التقرير آراء دائرة الطاقة ورؤيتها بشأن **المسارات المحتملة التي يمكن أن تسلكها أبوظبي للإسهام في تحقيق مستهدفات الدولة نحو تحقيق الحياد المُناخي**، ويمكن اتخاذه **مرجعًا أساسيًّا في الحوار القائم حول السياسات الواجب اتباعها لتحقيق أهداف تحوُّل الطاقة في الإمارة.**

وتسعى أبوظبي إلى **تعزيز سبل التعاون والتنسيق مع الجهات الحكومية والوزارات** على مستوى الإمارة والمستوى الوطني لبلورة موقفها إزاء سياساتها وأهدافها نحو تحقيق الحياد المُناخي. ويمكن تحديد **أهداف سياسات أبوظبي** بعد إجراء تقييم تفصيلي للآثار المتوقعة منها، وذلك حرصًا على وضع السياسات واللوائح التنظيمية والتعليمات الملائمة وتيسير إجراء المناقشات مع الجمهور والشركات الخاصة.

الملحق 1: الاختصارات

الجدول 14: قائمة الاختصارات

Abbreviation	Full Name in English	الترجمة باللغة العربية
AI	Artificial Intelligence	الذكاء الاصطناعي
AED	United Arab Emirates Dirham	الدرهم الإماراتي
CCUS	Carbon Capture, Utilization and Storage	تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه
CO_2	Carbon Dioxide	ثاني أكسيد الكربون
COP 27	27th Session of the Conference of Parties	مؤتمر الدول الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ (كوب 27)
COP 28	28th Session of the Conference of Parties	مؤتمر الدول الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ (كوب 28)
DC	District Cooling	تبريد المناطق
DoE	Abu Dhabi Department of Energy	دائرة الطاقة
DSM	Demand-side Management	إدارة جانب الطلب
EFW	Energy Production from Waste	إنتاج الطاقة من النفايات
EJ	Exajoule	إكساجول
EV	Electric Vehicle	المركبة الكهربائية
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment	معدات شحن المركبات الكهربائية
FDI	Foreign Direct Investment	الاستثمار الأجنبي المُباشر
GDP	Gross Domestic Product	الناتج المحلي الإجمالي
GJ	Gigajoule	جيجا جول
GW	Gigawatt	جيجاواط
HFO	Heavy Fuel Oil	زيت وقود ثقيل (مازوت ثقيل)
ICE	Internal Combustion Engine	محرك الاحتراق الداخلي
IEM	Integrated Energy Model	نموذج الطاقة المتكامل
IPI	Industrial Production Index	الرقم القياسي للإنتاج الصناعي
KPI	Key Performance Indicator	مؤشرات الأداء الرئيسية
LNG	Liquefied Natural Gas	الغاز الطبيعي المُسال
m^2	Square Meter	المتر المربع
MENA	Middle East and North Africa	الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
Mt	Megaton	ميجاطن
MWh	Megawatt Hour	ميجاواط/ساعة
NCT	New Clean Technologies	التقنيات النظيفة الجديدة
NG	Natural Gas	الغاز الطبيعي
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development	منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي
OEM	Original Equipment Manufacturer	مُصنِع المعدات الأصلية / منتِج المعدات الأصلية
PJ	Petajoule	بيتاجول
PV	Photovoltaics	اللوحات الكهروضوئية
R&D	Research and Development	البحث والتطوير
RE	Renewable Energy	الطاقة المتجددة
SMR	Small Modular Rectors	المفاعلات النمطية الصغير ة
TWh	Terawatt Hour	تيراواط / ساعة
UAE	United Arab Emirates	دولة الإمارات العربية المتحدة

الملحق 2: التعريفات

الوقود البديل: الوقود المُولَّد من مصادر مُتجددة أو مستدامة (مثل الهيدروجين، والوقود الحيوي، والغاز الطبيعي مع التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه).

وقود الطائرات: وقود مشتقٌّ من النفط يستخدم في تشغيل الطائرات (مثل الكيروسين).

الوقود الحيوي: وقود مشتق من مصادر حيوية، مثل النباتات والحيوانات (ويشمل: الإيثانول الحيوي، والديزل الحيوي، والغاز الحيوي، وغيرها).

التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه: عملية التقاط انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق الوقود، أو العمليات الصناعية أو من الغلاف الجوي مباشرةً، وتخزينه في تكوينات جيولوجية عميقة في باطن الأرض أو في أعماق البحار أو استخدامه كمادة أولية في عمليات التصنيع.

سوق الكربون: نظام للاتِّجار في انبعاثات الكربون وتسعيرها يرمي إلى تقليل الانبعاثات وتشجيع تطوير التقنيات المنخفضة الكربون.

تسعير الكربون: وضع سعر لانبعاثات الكربون عن طريق فرض ضريبة على الكربون (تحديد سعر بالدولار الأمريكي لكمية معيَّنة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون).

الطاقة النظيفة: الطاقة المُولَّدة من مصادر ذات تأثيرات بيئية محدودة، مثل: الطاقة المتجددة، والهيدروجين، والغاز الطبيعي مع تقنية التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.

السياسات الشاملة لعدة قطاعات: السياسات التي تشمل عدة قطاعات (مثل قطاع المباني والقطاع الصناعي معًا)

إزالة الكربون: عملية خفض انبعاثات الكربون أو إزالتها.

قطاعات الطلب: تشمل قطاعات النقل والمباني والصناعة في أبوظبي.

التنويع الاقتصادي: تقليل الاعتماد الاقتصادي على قطاع النفط والغاز في أبوظبي عبر تطوير قطاعات أخرى، مثل: الحديد والصلب، والإسمنت، والألمنيوم، والسياحة وغيرها من القطاعات.

الكهرباء من مصادر نظيفة: الكهرباء المولَّدة من الطاقة النووية، والطاقة الشمسية، والهيدروجين المنخفض الكربون، والتقاط انبعاثات الكربون الناتجة عن محطات توليد الطاقة بالوقود الأحفوري واستخدامها وتخزينها، وطاقة الرياح، والطاقة الحرارية الأرضية، وطاقة المد والجذر، والطاقة الكهرومائية، والكتلة الحيوية، وغاز المكبَّات (غاز مدافن القمامة)، وغاز محطات معالجة مياه الصرف الصحي، والغازات الحيوية.

زيادة الاعتماد على الكهرباء: استخدام الكهرباء بدلًا من مصادر الطاقة الأخرى (مثل: الغاز الطبيعي، النفط الخام).

الطلب على الطاقة: كمية الطاقة المستهلكة في أبوظبي (مثل كمية الطاقة التي تستهلكها قطاعات النقل والمباني والصناعة).

كفاءة الطاقة: كمية الطاقة اللازمة لنشاط معيَّن.

مزيج الطاقة: مزيج مصادر الطاقة المختلفة المستخدمة في إمارة أبوظبي (مثل: الغاز الطبيعي، والكهرباء، والهيدروجين، وغيرها).

إنتاج الطاقة: عملية توليد الطاقة من مصادر طبيعية (مثل: الفحم، والنفط، والغاز الطبيعي، والطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والنفايات، والطاقة النووية)، ويمكن استخدام الطاقة المنتَجة مباشرةً أو تحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقة (مثل الكهرباء أو الحرارة).

إمدادات الطاقة: كمية الطاقة المتوفرة للاستخدام في أبوظبي (مثل الطاقة من الغاز الطبيعي، والنفط الخام، والكهرباء).

نظام الطاقة: نظام الطاقة في أبوظبي، ويشمل جميع العناصر اللازمة لإنتاج الطاقة وإمدادها واستخدامها (مثل: محطات الكهرباء، وخطوط النقل والتوزيع، ومرافق التخزين والاستخدام النهائي).

تحوُّل الطاقة: التحوُّل من أنظمة إنتاج واستهلاك الطاقة المعتمدة على الوقود الأحفوري (مثل: الغاز الطبيعي، والنفط) إلى مصادر الطاقة النظيفة (مثل: الطاقة المتجددة، والهيدروجين، والغاز الطبيعي مع تقنية التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه، وغيرها من المصادر).

الوقود الأحفوري: يشمل الغاز الطبيعي والنفط الخام.

مزيج الوقود: مصادر الطاقة المختلفة المستخدمة في أبوظبي (مثل: الغاز الطبيعي، والنفط الخام، والكهرباء)

تنويع مزيج الطاقة: تقليل اعتماد أبوظبي على الوقود الأحفوري عن طريق استخدام مصادر الطاقة المتجددة وأنواع الوقود البديل.

الغازات الدفيئة: الغازات المسبِّبة للاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، وتشمل ثاني أكسيد الكربون وهو أهم غازات الدفيئة المنبعثة من الأنشطة البشرية وغازات أخرى، مثل: الميثان، وأكسيد النتروز.

الأفق الزمني: الفترة الزمنية المشمولة في التقديرات المستقبلية بالتوقع: 2022-2050.

نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة: نموذج يجمع بطريقة متكاملة سلسلة القيمة الكاملة لقطاع الطاقة في إمارة أبوظبي، ويقدم وجهات نظر عن المستقبل حتى عام 2050.

التقنيات المنخفضة والمنعدمة الانبعاثات: تقنيات ذات تأثير بيئي منخفض وتكون قليلة الانبعاثات أو خالية منها (مثل: الطاقة الشمسية الكهروضوئية، والتقاط الكربون واستخدامه وتخزينه، ومرافق الهيدروجين النظيف).

الهيدروجين منخفض الكربون: الهيدروجين الذي يتولَّد عن عملية إنتاجه لكل كيلوجرام من الهيدروجين المنتج كمية محدودة من ثاني أكسيد الكربون أقل من أو مساوية لحدٍّ أدنى معيَّن متفق عليه. وتشمل، على سبيل المثال لا الحصر: الهيدروجين المنتج من الكهرباء المولَّدة من مصادر نظيفة، والكتلة الحيوية، والنفايات، والوقود الأحفوري مع تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.

النمذجة: استخدام نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، أو المعروف أيضًا بـ"مكعب الطاقة"، لمحاكاة قطاع الطاقة في أبوظبي وتحليله.

الأنظمة: أنظمة مكونة لنموذج أبوظبي المتكامل للطاقة وتتكوَّن من خمسة أنظمة، هي: الغاز، والسوائل، والكهرباء والمياه، والطلب، والمخرجات.

نظام نمذجة الغاز: نظام يُحدد رصيد الغاز المحلي (السنوي والشهري) المرتبط بالطاقة والطلب المحلي ويُسهم في إعداد منحنى التكلفة الأمثل، ويعرض التكلفة الهامشية والتكلفة الإجمالية للإمدادات بالإضافة إلى مزيج الإمدادات.

نظام نمذجة السوائل: يشمل النظام النفط والغاز الطبيعي، ويُحدِّد إجمالي إمدادات السوائل المتاحة للتصدير وللاستهلاك المحلي.

نظام نمذجة الطلب: يُقدم النظام توقعات الطلب المحلي للطاقة والمواد الأولية من خلال إجراء تقييم تسلسلي تصاعدي لعدد من القطاعات الفرعية المندرجة تحت ثلاثة قطاعات رئيسية، وهي: النقل، والمباني، والصناعة.

نظام نمذجة الكهرباء والمياه: يشمل النظام ثلاثة قطاعات، هي: إنتاج الطاقة الكهربائية، والمياه، وتبريد المناطق. حيث يأخذ نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة في الاعتبار توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري، والطاقة النووية، والطاقة الشمسية الكهروضوئية وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة. ويعتمد قطاع الكهرباء على برنامج المحاكاة (PLEXOS) المزوّد بأداة (Gurobi) لحل المعادلات الحسابية الذي يُحدد المستويات المثلى للقدرة الإنتاجية الإضافية بناءً على الطلب على الكهرباء والقيود والأبعاد الاقتصادية وغيرها من القيود والأبعاد. ويُوفِّر النموذج إجمالي تكلفة التوليد للنظام، والقدرة الإنتاجية المثلى، ومزيج الكهرباء وغيرها من المخرجات الرئيسية. كما يُحلِّل استخدام الطاقة لمحطات معالجة المياه العاملة بالوقود الأحفوري والكهرباء، وذلك لمصادر المياه الثلاثة في الإمارة (وهي: تحلية المياه، وإعادة التدوير، والمياه الجوفية)، ويتوقع استهلاك الطاقة لأنظمة التبريد العاملة بالكهرباء والغاز لقطاع تبريد المناطق بناءً على معدل انتشارها في المباني السكنية والتجارية.

نظام نمذجة المخرجات: يُولِّد النظام السيناريوهات المستقبلية والتدابير والإجراءات المحتملة من خلال مقاييس رئيسية قابلة للمقارنة، تشمل: النمو الصناعي، والاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية، والاستدامة البيئية، والتأثير الاجتماعي والاقتصادي، والقدرة التنافسية من حيث التكلفة، والاستقلال في مجال الطاقة.

التقنيات الناشئة/الجديدة: التقنيات الناشئة الهادفة إلى خفض الانبعاثات أو إزالتها (مثل: تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه، المرافق المعتمدة على الهيدروجين).

الحياد المُناخي: انتقال نظام الطاقة في الإمارة نحو التقنيات المنخفضة والمنعدمة الانبعاثات، وتحييد أثر الانبعاثات المتبقية بطرق أخرى، مثل عملية إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتخزينه بشكل دائم.

الوظائف الموضوعية: المقاييس المستخدمة لتقييم أثر سيناريوهات نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة في ستة مجالات رئيسية (التنافسية من حيث التكلفة، والاستدامة البيئية، والاستقلال في مجال الطاقة، والنمو الصناعي، والاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية، والتأثير الاجتماعي والاقتصادي).

تقرير النظرة المستقبلية لقطاع الطاقة: الرؤية المستقبلية لقطاع الطاقة في أبوظبي بحلول عام 2050.

مصادر الطاقة المتجددة: تشمل: الطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة الكهرومائية، والطاقة الشمسية المركَّزة، وطاقة الرياح، والطاقة البحرية (المد والجزر والأمواج) المستخدمة في توليد الكهرباء والحرارة.

القطاع السكني: الطاقة المستخدمة في المباني السكنية، وتشمل: تدفئة المساحات وتبريدها، وتسخين المياه، والإنارة، والأدوات الكهربائية، والأجهزة الإلكترونية، والطهي.

النقل البري: يشمل جميع أنواع مركبات النقل البري (سيارات الركاب، والمركبات الثنائية/الثلاثية العجلات، والمركبات التجارية الخفيفة، والحافلات، والشاحنات المتوسطة والخفيفة).

السيناريوهات/المسارات: الخيارات المحتملة لتطور نظام الطاقة في أبوظبي.

الوقود الصناعي: يشمل الوقود الحيوي والوقود القائم على الهيدروجين.

الهدف: هدف أو غاية مُحددة لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2050.

الملحق 3: لمحة عامة عن القطاعات الرئيسية والفرعية المشمولة بالتحليل

يتناول التقرير القطاعات الأربعة الرئيسية الأكثر استهلاكًا للطاقة في أبوظبي، وهي: النقل، والمباني، والصناعة، والكهرباء. تفاصيل القطاعات الفرعية لهذه القطاعات الرئيسية موضحة في الشكل 21.

الشكل 21: لمحة عامة عن القطاعات الرئيسية والفرعية المشمولة بالتحليل

القطاعات الرئيسية	القطاعات الفرعية
1. النقل	**1.1 النقل البري** (المركبات الخفيفة، المركبات الثقيلة – الحافلات، المركبات الثقيلة – الشاحنات) **1.2 النقل الجوي** (الطيران المحلي، الطيران الدولي) **1.3 النقل البحري** (النقل البحري المحلي، النقل البحري الدولي)
2. المباني	**2.1 السكنية** (الأدوات الكهربائية، الطهي، الإنارة، تبريد المساحات، تسخين المياه) **2.2 التجارية** (الأدوات الكهربائية، الطهي، الإنارة، تبريد المساحات، تسخين المياه)
3. الصناعة	**3.1 النفط والغاز** (إنتاج النفط والغاز، البتروكيماويات، التكرير) **3.2 السلع** (الحديد والصلب، الإسمنت، الألمنيوم) **3.3 الصناعات الأخرى** (الزراعة والحراجة، الصناعات الخفيفة، (مثل تصنيع الأغذية، صناعة الأثاث))
4. الكهرباء	**4.1 الطاقة النووية** (الطاقة النووية التقليدية، المفاعلات المعيارية الصغيرة) **4.2 التوليد المشترك** **4.3 المحطات العاملة بالغاز** (التوربينات الغازية ذات الدورة المركّبة (CCGT)، التوربينات الغازية ذات الدورة المفتوحة (OCGT)، محطات التوربينات الغازية ذات الدورة المركّبة المزوّدة بتقنية التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه) **4.4 النفايات:** الطاقة الحيوية **4.5 مصادر الطاقة المتجددة** (الطاقة الشمسية، محطات الرياح البرية)

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

الملحق 4: منهجية تقييم الأثر

جرى تقييم ستة مجالات رئيسية في أبوظبي باستخدام مقياس من خمس نقاط، المجالات هي: الاستدامة البيئية، والقدرة التنافسية من حيث التكلفة، والاستقلال في مجال الطاقة، والاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية، والنمو الصناعي، والتأثير الاجتماعي والاقتصادي. وجرى تقييم مؤشرات الأداء الرئيسية لكل سيناريو بناءً على معايير التقييم الموضحة في الشكل 22، حيث مُنِح أفضل سيناريو خمس (5) نقاط وأسوأ سيناريو نقطة واحدة، فيما مُنِحت السيناريوهات الأخرى نقطة واحدة إلى خمس (5) نقاط تبعًا لموقعها بين أفضل وأسوأ سيناريو.

الشكل 22: مؤشرات الأداء الرئيسية ومعايير التقييم

مجال التأثير	مؤشرات الأداء الرئيسية	معايير التقييم
1. الاستدامة البيئية	1.1) إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	1.1) الأعلى = 1، الأدنى = 5
2. القدرة التنافسية من حيث التكلفة	2.1) إجمالي تكلفة إنتاج الطاقة /إمدادات الطاقة	2.1) الأعلى = 1، الأدنى = 5
3. الاستقلال في مجال الطاقة	3.1) حصة الطاقة المستوردة	3.1) الأعلى = 1، الأدنى = 5
4. الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية	4.1) إنتاج النفط الخام 4.2) إنتاج الغاز الطبيعي 4.3) إنتاج الهيدروجين 4.4) إمدادات المياه الجوفية	4.1) الأعلى = 1، الأدنى = 5 4.2) الأعلى = 1، الأدنى = 5 4.3) الأدنى = 5، الأعلى = 1 4.4) الأعلى = 1، الأدنى = 5
5. النمو الصناعي	5.1) الناتج الصناعي	5.1) الأعلى = 5، الأدنى = 1
6. التأثير الاجتماعي والاقتصادي	6.1) **البيانات الديموغرافية:** أ. السكان 6.2) **سوق العمل:** أ. المداخيل ب. العرض من القوى العاملة ج. البطالة 6.3) **الصحة:** أ. مؤشر الصحة العامة ب. حالات الوفاة الناجمة عن الانبعاثات 6.4) **إجمالي الناتج المحلي:** أ. إجمالي الناتج المحلي الكلي ب. مساهمة القطاعات غير النفطية من إجمالي الناتج المحلي 6.5) **التجارة:** أ. التصدير ب. الاستيراد 6.6) **الاستثمارات:** أ. إجمالي تكوين رأس المال الثابت ب. الاستثمار الأجنبي المباشر 6.7) **المالية:** أ. الإيرادات الحكومية ب. حساب ميزانية الحكومة 6.8) **الأسعار:** أ. مؤشر أسعار المستهلك ب. عنصر الطاقة في مؤشر أسعار المستهلك 6.9) **التعرفات والدعومات:** أ. دعم الطاقة ب. دعم المياه	6.1) أ. الأعلى = 5، الأدنى = 1 6.2) أ.ب. الأعلى = 5، الأدنى = 1، ج. الأعلى =1، الأدنى = 5 6.3) أ. الأعلى = 5، الأدنى = 1، ب. ب. الأعلى =1، الأدنى = 5 6.4) أ.ب. الأعلى = 5، الأدنى = 1 6.5) أ. الأعلى = 5، الأدنى = 1، ب. الأعلى =1، الأدنى = 5 6.6) أ.ب. الأعلى = 5، الأدنى = 1 6.7) أ.ب. الأعلى = 5، الأدنى = 1 6.8) أ.ب. الأعلى =1، الأدنى = 5 6.9) أ.ب. الأعلى =1، الأدنى = 5

المصدر: نموذج أبوظبي المتكامل للطاقة، دائرة الطاقة – أبوظبي، 2022.

دائـــــرة الـــطـــاقـــة
DEPARTMENT OF ENERGY





Abu Dhabi Department of Energy

AbuDhabiDOE

www.doe.gov.ae