منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول
أوابك

النفط والتعاون العربي



المجلد التاسع والأربعون 2023 - العدد 186

الأبحاث

- تقنيات نزع الكربون في صناعة تكرير النفط

م. عماد ناصيف مكي

- توجهات الدول الأوروبية نحو استخدام الطاقات المتجددة وتأثيراتها المحتملة على أسواق النفط

د. سفيان أوجيدة

تقارير

- تقرير حول الدورة السابعة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة

عبد الفتاح دندي



النفط والتعاون العربي

مجلة فصلية محكمة تصدر عن الأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول

الاشتراك السنوي : 4 أعداد (ويشمل أجور البريد)

البلـــدان العـربيـــة
للأفراد : 8 د. ك أو 25 دولاراً أمريكياً
للمؤسسات : 12 د.ك أو 45 دولاراً أمريكياً

البلدان الأخرى
للأفراد : 30 دولاراً أمريكياً
للمؤسسات : 50 دولاراً أمريكياً

الاشتراكات باسم : منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول

جميـع حقـوق الطبـع محفوظـة ويجوز الاقتبـاس مع ذكر اسم المجلة.

النفط والتعاون العربي

رئيس التحرير

جمال عيسى اللوغاني
الأمين العام لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

مدير التحرير

عبد الفتاح دندي
مدير الإدارة الإقتصادية والمشرف على إدارة الاعلام والمكتبة
منظمة أوابك

هيئة التحرير

م.عماد مكي
مدير إدارة الشؤون الفنية
منظمة أوابك

د. داوود باهزاد
مدير إدارة العلوم والتكنولوجيا
معهد الكويت للأبحاث العلمية

د. بلقاسم العباس
كبير المستشارين
المعهد العربي للتخطيط

قواعد النشر في المجلة

تعريف بالمجلة واهدافها

النفط والتعاون العربي مجلة فصلية محكمة تعنى بشؤون النفط والغاز والطاقة حيث تستقطب نخبة من المتخصصين العرب والأجانب لنشر أبحاثهم وتعزيز التعاون العلمي في المجالات التي تغطيها المجلة، كما تقوم على تشجيع الباحثين على إنجاز بحوثهم المبتكرة والإسهام في نشر المعرفة والثقافة البترولية وتلك المتعلقة بالطاقة وتعميمها والعمل على متابعة التطورات العلمية في مجال الصناعة البترولية.

الأبحاث

كافة الأبحاث التي تتعلق بالنفط والغاز والطاقة والتي تهدف إلى الحصول على إضافات جديدة في حقل الفكر الإقتصادي العربي.

مراجعة الأبحاث والكتب

تقوم المجلة بنشر المقالات التي تقدم مراجعة تحليلية لكتب أو دراسات تم نشرها حول صناعة النفط والغاز والطاقة عموماً، بحيث تكون هذه المقالات مرجعاً للباحثين حول أحدث وأهم الإصدارات المتعلقة بالصناعة البترولية.

التقارير

تتناول التقارير وقائع مؤتمر أو ندوة حضرها الكاتب، شريطة أن تكون مواضيعها ذات صلة بالنفط والغاز والطاقة، كما يشترط استئذان الجهة التي أوفدته للمؤتمر أو المؤسسات المشرفة عليه لكي تسمح له بنشرها في مجلتنا. وأن لا تزيد عدد صفحات التقرير عن 10 صفحات مع كافة الأشكال والخرائط والجداول إن وجدت.

شروط البحث

- نشر الأبحاث العلمية الأصيلة التي تلتزم بمنهجية البحث العلمي وخطواته المتعارف عليها دولياً ومكتوبة باللغة العربية.
- أن لا يتجاوز البحث العلمي المنشور على 40 صفحة، (متن البحث، الجداول والاشكال) بدون قائمة المراجع، ويرسل إلكترونيا كاملاً إلى المجلة على شكل word document.
- ترسل الأشكال، الخرائط والصور في ملف اضافي على شكل JPEG.
- استخدام خط Times New Roman في الكتابة وبحجم 12، وأن تكون المسافة بين الأسطر 1.5. وأن تكون تنسيق الهوامش الكلمات بطريقة Justified.
- أن يتم الإشارة الى مصادر المعلومات بطريقة علمية واضحة.

- عند اقتباس أي معلومات من أي مصدر (إذا كانت المعلومات رقميه أو رؤية معينة أو تحليل ما) يجب أن لا يتم الاقتباس الحرفي وإنما يتم أخذ أساس الفكرة وإعادة صياغتها بأسلوب الباحث نفسه، والإشارة إلى مصدر الإقتباس. أما في حالات الإقتباس الحرفي فتضع المادة المقتبسة بين علامتي الإقتباس (”...“).
- يفضل أن تذكر المدن ومراكز الأبحاث والشركات والجامعات الاجنبية الواردة في سياق البحث باللغة الانجليزية ولا تكتب باللغة العربية.
- إرفاق نسخة من السيرة العلمية للباحث مع البحث المرسل.
- تعبر جميع الأفكار المنشورة في المجلة عن آراء كاتبيها ولا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر جهة الإصدار ويخضع ترتيب الأبحاث المنشورة وفقاً للاعتبارات الفنية.
- البحوث المرفوضة يبلغ أصحابها من دون ابداء الأسباب.

ترسل المقالات والمراجعات باسم رئيس التحرير، مجلة النفط والتعاون العربي، أوابك،
ص. ب: 20501 الصفاة- الرمز البريدي: 13066 دولة الكويت
الهاتف: 24959000 -00965 أو 24959779-00965
الفاكس: 24959755 - 00965
البريد الالكتروني oapec@oapecorg.org
موقع الأوابك على الانترنت www.oapecorg.org

المحتويات

الأبحاث

تقنيات نزع الكربون في صناعة تكرير النفط
م. عماد ناصيف مكي ——— 7

توجهات الدول الأوروبية نحو إستخدام الطاقات المتجددة وتأثيراتها المحتملة على أسواق النفط
د. سفيان أوجيدة ——— 101

التقارير

تقرير حول الدورة السابعة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة
عبد الفتاح دندي ——— 247

مجلة عربية تهتم بنشر المعرفة والثقافة البترولية وتلك المتعلقة بالطاقة وتعميمها والعمل على متابعة التطورات العلمية في مجال الصناعة البترولية

المقالات المنشورة في هذه المجلة تعكس آراء مؤلفيها ولا تعبر بالضرورة عن رأي منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول - أوابك

البحـــث الأول

تقنيات نزع الكربون في صناعة تكرير النفط

م. عماد ناصيف مكي *

* مدير إدارة الشؤون الفنية ، أوابك - الكويت

ملخص تنفيذي

مسارات خفض الكربون في مصافي تكرير النفط

تصنف مصافي تكرير النفط على أنها أحد المصادر الرئيسية لانبعاثات الكربون، على الرغم من أن النسبة العظمى للانبعاثات تنطلق في مرحلة الاستهلاك للمنتجات النفطية، حيث تشكل 85-90% من إجمالي الانبعاثات الناتجة خلال مراحل دورة حياة الوقود النفطي.

مصادر انبعاثات الكربون في مصافي تكرير النفط

تقسم مصادر انبعاثات الكربون في مصافي تكرير النفط إلى أربع مجموعات رئيسية، تتكون المجموعة الأولى من مصادر الاحتراق الثابتة، مثل أفران الوحدات الإنتاجية، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وبخار الماء، وتمثل هذه الانبعاثات ما نسبته 63% من إجمالي انبعاثات المصفاة. أما المجموعة الثانية فتتضمن عمليات تنشيط العامل الحفاز في وحدات التكسير بالعامل الحفاز المائع (FCC) وتمثل 22% من إجمالي انبعاثات المصفاة. وتتضمن المجموعة الثالثة عملية التهذيب البخاري للميثان لإنتاج الهيدروجين، وتمثل 9% من إجمالي انبعاثات CO_2 في المصفاة، بينما تتضمن المجموعة الرابعة المصادر الأخرى مثل حرق الغازات الفائضة في منظومة الشعلة، وانبعاثات وحدات استرجاع الكبريت، وتشكل ما نسبته 6%.

تعتبر أفران العمليات أحد أهم مصادر انبعاثات CO_2 في المصفاة، وتستخدم منتجات المصفاة غالباً كوقود في هذه الأفران، مثل زيت الوقود أو الوقود الغازي، وتقدر كمية غازات المدخنة الناتجة عن حرق كل كغ من هذه المواد بحوالي 18-20 كغ، والتي تحتوي على حوالي 3-3.5 كغ CO_2 لكل كغ زيت وقود، وحوالي 2.5-2.7 كغ لكل كغ من الوقود الغازي.

العوامل المؤثرة في كمية انبعاثات CO_2 في مصافي تكرير النفط

تتمتع كل مصفاة بخصائص تميزها عن غيرها من المصافي، مما يجعل عملية تقييم العوامل المؤثرة في كمية انبعاثات الكربون أمراً في غاية الصعوبة، نظراً لكثرة هذه العوامل من أهمها:

- نوع الوقود المستخدم في عمليات التسخين، حيث أن نسبة ثاني أوكسيد الكربون في غازات مداخن الأفران تتغير بتغير نوع الوقود، ومحتواه من ذرات الكربون.
- نوع ومصدر النفط الخام المكرر في المصفاة، فالنفط الثقيل يحتاج إلى وحدات تحويلية لتحويل البواقي الثقيلة إلى منتجات خفيفة ينتج عنها انبعاثات.
- مواصفات المنتجات النهائية، حيث أن تخفيض كل كيلوغرام كبريت من المشتقات البترولية ينتج عنه انبعاث 10 كغ من غاز CO_2.
- التعقيد التكنولوجي لعمليات التكرير الذي يعبر عن عدد عمليات المعالجة وعمليات تحويل البواقي الثقيلة إلى منتجات خفيفة عالية القيمة، التي تؤدي إلى زيادة كمية انبعاثات المصفاة.

خطة نزع الكربون في مصافي تكرير النفط

تهدف خطة نزع الكربون في مصافي تكرير النفط إلى خفض انبعاثات الكربون خلال فترة زمنية محددة، وذلك من خلال ثلاث مراحل رئيسية، هي إعداد الأهداف، والتقييم، ثم التنفيذ.

قبل البدء بتنفيذ عملية نزع الكربون في مصفاة تكرير النفط يجب إعداد خطة لتقييم الفرص والإجراءات الممكنة والجدوى الاقتصادية لكل إجراء من الإجراءات المختارة، والجدول الزمني للتنفيذ.

تقنيات خفض انبعاثات الكربون في مصافي تكرير النفط

تصنف تقنيات خفض انبعاثات الكربون في مصافي تكرير النفط ضمن مجموعات رئيسية، هي احتجاز وتخزين واستخدام ثاني أوكسيد الكربون، واستبدال الوقود الأحفوري المستخدم للتسخين وتوليد الطاقة الكهربائية بوقود خال من الكربون، واستبدال النفط الخام المكرر بمواد متجددة لإنتاج وقود منخفض الكربون، وترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها.

تضمنت الدراسة عرضاً لأهم المشاريع التي نفذت، أو الجاري تنفيذها أو المخطط إنشاؤها في مناطق العالم، وخصوصاً في كل من أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية، وآسيا الباسيفيك. كما استعرضت أهم المشاريع التي نفذت في الدول الأعضاء في أوابك، مع الإشارة إلى أهم النتائج التي أمكن تحقيقها أو المتوقع الحصول عليها مستقبلاً.

الفصل الأول

نزع الكربون في مصافي تكرير النفط، الدوافع والإجراءات

مقدمة

يعتبر غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 من المركبات الضرورية للحياة البيولوجية، وعند المستويات الطبيعية ليس له أية آثار سلبية على صحة الإنسان أو البيئة، إلا أنه حسب اتفاقية كيوتو لتغير المناخ يصنف بأنه أحد غازات الدفيئة المسببة لارتفاع حرارة الأرض عندما يزيد مستواه عن الحدود الطبيعية.

تصنف مصافي تكرير النفط على أنها أحد المصادر الرئيسية لانبعاثات الكربون، على الرغم من أن النسبة العظمى للانبعاثات تنطلق في مرحلة استهلاك المنتجات النفطية، حيث تشكل 85-90% من إجمالي الانبعاثات الناتجة عبر مراحل دورة حياة الوقود النفطي. (Singh, R. B., 2022)

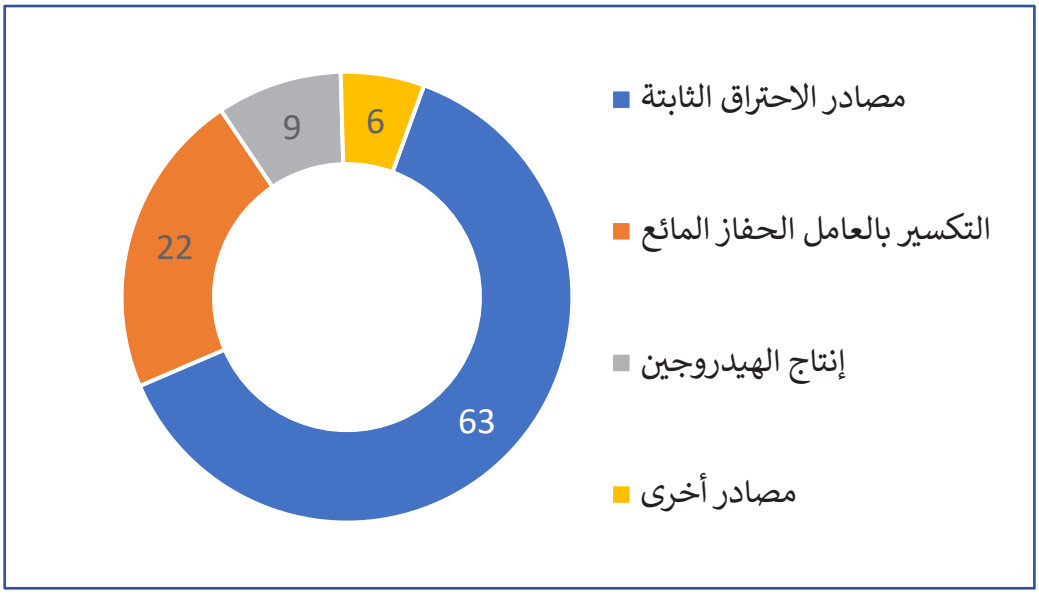
يتناول هذا الفصل مصادر غاز ثاني أوكسيد الكربون المنبعثة من مصافي تكرير النفط، والعوامل المؤثرة في كميتها، مثل جودة النفط الخام، ونوع عمليات التكرير ودرجة تعقيدها التكنولوجي، ومصدر حصولها على الطاقة الكهربائية وغيرها.

1-1: مصادر انبعاثات الكربون في مصافي تكرير النفط

يمكن تقسيم مصادر انبعاثات الكربون في مصافي تكرير النفط إلى أربع مجموعات رئيسية، تتكون المجموعة الأولى من مصادر الاحتراق الثابتة، مثل أفران الوحدات الإنتاجية، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وبخار الماء، وتمثل هذه الانبعاثات ما نسبته 63% من إجمالي انبعاثات المصفاة. أما المجموعة الثانية فتتضمن عمليات تنشيط العامل الحفاز في وحدات التكسير بالعامل الحفاز المائع (FCC) وتمثل 22% من إجمالي انبعاثات المصفاة. وتتضمن المجموعة الثالثة عملية التهذيب البخاري للميثان لإنتاج الهيدروجين، وتمثل 9% من إجمالي انبعاثات CO_2 في المصفاة، بينما تتضمن المجموعة

الرابعة المصادر الأخرى مثل حرق الغازات الفائضة في منظومة الشعلة، وانبعاثات وحدات استرجاع الكبريت، وتشكل ما نسبته 6%. يبين الشكل (1-1) توزع نسب انبعاثات الكربون في مصفاة تكرير النفط حسب المصدر.

الشكل (1-1): توزع نسب انبعاثات الكربون في مصفاة تكرير النفط حسب المصدر



المصدر: (EPA, 2018)

1-1-1: انبعاثات المصادر الثابتة

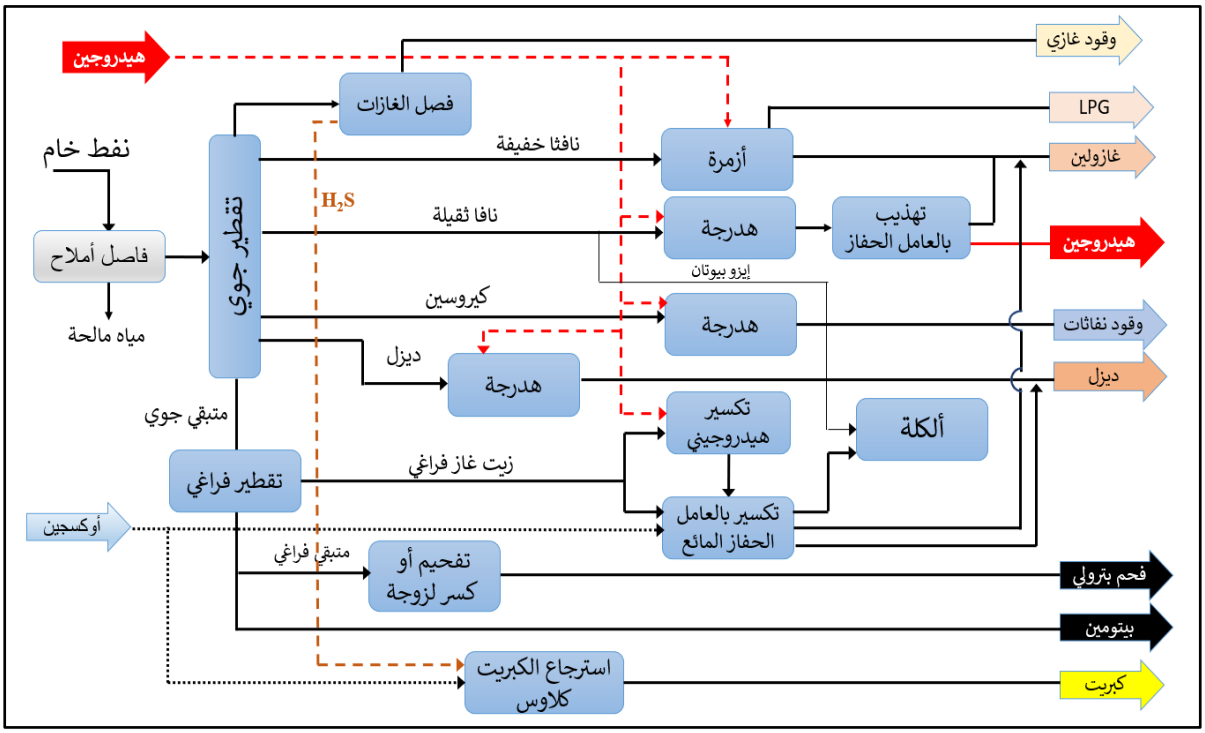
تأتي انبعاثات المصادر الثابتة من حرق الوقود في محطات توليد الطاقة الكهربائية وبخار الماء، وأفران التسخين باللهب المفتوح لتوليد الحرارة اللازمة لعمليات التكرير، مثل وحدات تقطير النفط، ووحدات المعالجة الهيدروجينية، والتهذيب بالعامل الحفاز، وعمليات تحويل البواقي الثقيلة إلى منتجات خفيفة مثل وحدات كسر اللزوجة والتفحيم، وغيرها. وتشكل هذه الانبعاثات النسبة الأكبر في مصافي تكرير النفط، حيث تصل إلى 63% من إجمالي انبعاثات المصفاة. يبين الجدول (1-1) كمية CO_2 المنبعثة من أفران عمليات تكرير النفط لمصفاة طاقتها التكريرية 100 ألف ب/ي، عالية التعقيد وتحتوي على وحدة تفحيم مؤجل. كما يبين الشكل (1-2) مخطط سير عمليات التكرير في المصفاة والوحدات التي تحتاج إلى أفران للتسخين.

الجدول (1-1): كمية CO_2 المنبعثة من أفران عمليات تكرير النفط

الوحدات	طاقة الفرن، ميغاوات	CO_2 طن/اليوم
التقطير الجوي	73	370
التقطير الفراغي	32	160
هدرجة النافثا	11	60
تهذيب النافثا بالعامل الحفاز	22	110
هدرجة الكيروسين	12	60
هدرجة الديزل	18	90
تكسير هيدروجيني لزيت الغاز	31	160
هدرجة منتجات التكسير بالعامل الحفاز المائع	20	100
التفحيم	97	500
هدرجة نافثا التفحيم	23	120

المصدر: (Singh, R. B., , 2022)

الشكل (1-2): مخطط سير عمليات التكرير في المصفاة والوحدات التي تحتاج إلى أفران للتسخين

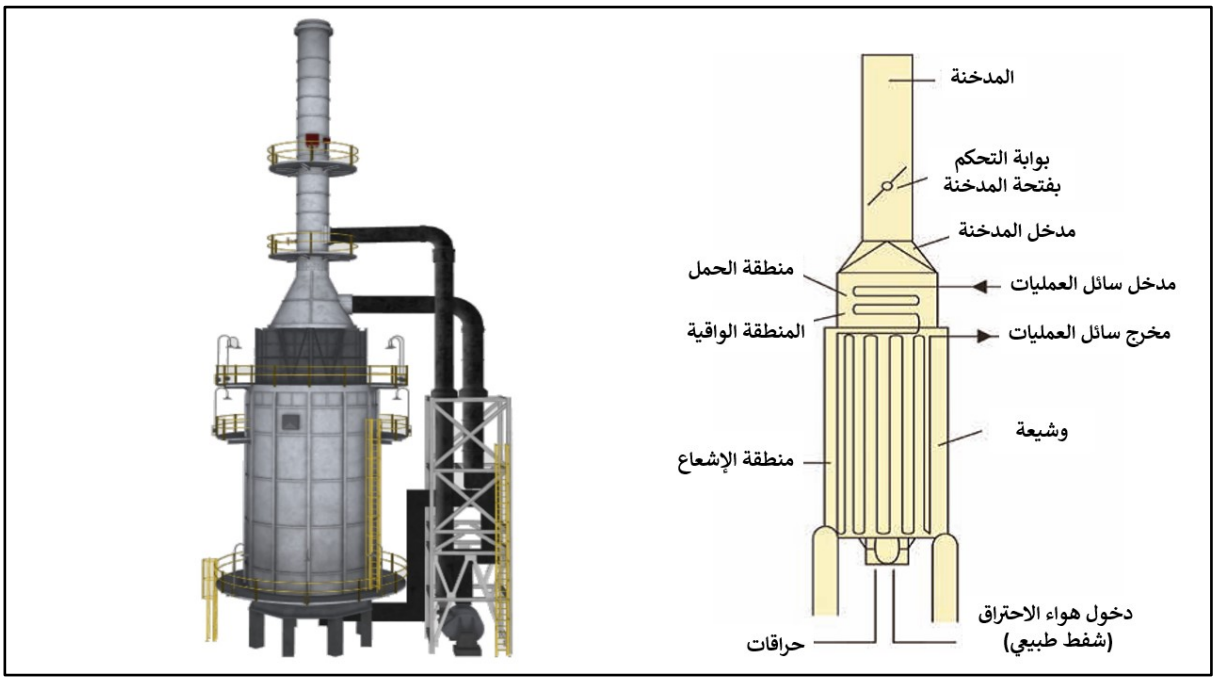


المصدر: (أوابك 2017)

تصمم أفران العمليات على عدة أشكال منها الأفقي ومنها العمودي، ويتكون الفرن من ثلاثة أجزاء رئيسية:، غرفة الاحتراق Combustion Chamber، ومنطقة الحمل Convection section والمدخنة Stack. تدخل المواد المراد تسخينها عبر أنابيب إلى منطقة الحمل للاستفادة من حرارة غازات

الاحتراق قبل دخولها إلى المدخنة، حيث يكون كل من غازات الاحتراق والمواد المراد تسخينها في أدنى مستوى. تمرر المواد بعد ذلك عبر غرفة الاشعاع Radiation chamber، التي تقع تحت منطقة الحمل، ثم إلى غرفة الاحتراق ومنها إلى خارج الفرن. تتوزع الحراقات في أرضية الفرن. يبين الشكل (1-3) الأجزاء الرئيسية لفرن العمليات.

الشكل (1-3): الأجزاء الرئيسية لفرن العمليات



المصدر: (Martin, M., 2021)

تعتبر أفران العمليات أحد أهم مصادر انبعاثات CO_2 في المصفاة، وتستخدم منتجات المصفاة غالباً كوقود في هذه الأفران، مثل زيت الوقود أو الوقود الغازي، وتقدر كمية غازات المدخنة الناتجة عن حرق كل كغ من هذه المواد بحوالي 18-20 كغ، والتي تحتوي على حوالي 3-3.5 كغ CO_2 لكل كغ زيت وقود، وحوالي 2.5-2.7 كغ لكل كغ من الوقود الغازي.(Singh, S; Mukherjee, R., 2022)

2-1-1: انبعاثات عملية التكسير بالعامل الحفاز المائع

تتشكل في بعض عمليات التكرير انبعاثات ناتجة عن التفاعلات الكيميائية لتحويل بعض أنواع الهيدروكربونات إلى أشكال أخرى ذات قيمة أعلى، وتختلف كمية الانبعاثات من عملية لأخرى، وتأتي

عملية التكسير بالعامل الحفاز المائع FCC في مقدمة هذه العمليات، حيث تمثل 22% من إجمالي انبعاثات CO_2 في المصفاة.

تهدف عملية التكسير بالعامل الحفاز المائع إلى تحويل المخلفات البترولية الثقيلة إلى منتجات خفيفة عالية القيمة مثل الغازولين والبروبان والبيوتان وزيت الوقود، وذلك من خلال تكسير السلاسل الهيدروكربونية الطويلة إلى سلاسل أقصر باستخدام الحرارة وعامل حفاز مصنوع من الزيوليت.

أثناء عملية التكسير تتجمع الجزيئات الكربونية داخل تجاويف حبيبات العامل الحفاز وتغلفها على شكل طبقة من فحم الكوك، وهذا يضعف من فعالية العامل الحفاز، مما يستدعي ضرورة حرق هذه الطبقة في وعاء التنشيط ليعاد استعماله في الوحدة. (BYRUM, Z., et al., 2021)

تحتوي غازات المدخنة الناتجة عن تنشيط العامل الحفاز على حوالي 10-20% وزناً من CO_2، كما تبلغ كمية CO_2 المنبعثة من وحدة تكسير بالعامل الحفاز المائع طاقتها الإنتاجية 25 ألف ب/ي حوالي 630 طن/اليوم (200 ألف طن/السنة) (Singh, R. B., 2022)

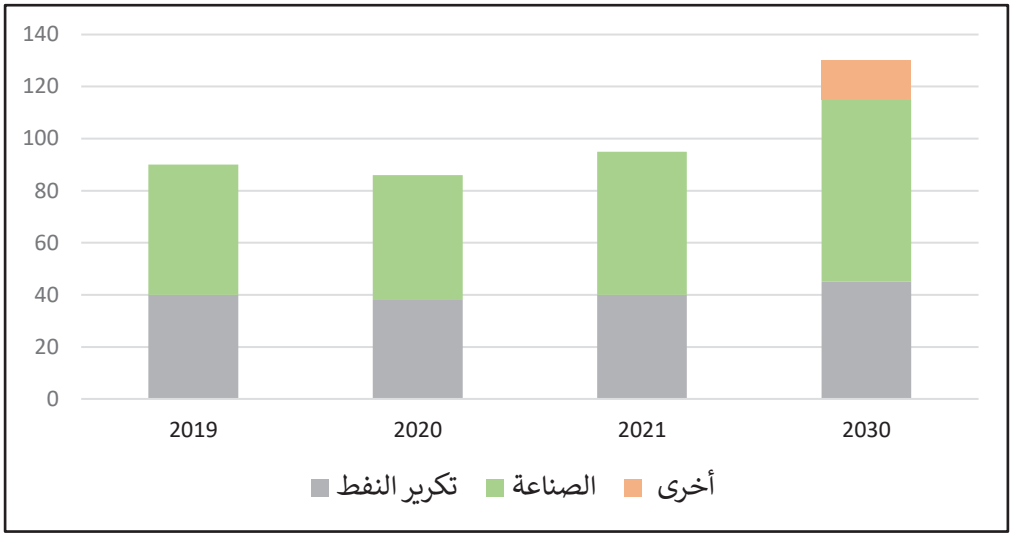
3-1-1: انبعاثات وحدة إنتاج الهيدروجين بالتهذيب البخاري للميثان

يستخدم الهيدروجين في مصافي تكرير النفط لمعالجة المنتجات البترولية وتخليصها من الكبريت والشوائب الأخرى بعملية تسمى المعالجة الهيدروجينية، ولتحسين خصائص بعض البواقي الثقيلة وتحويلها إلى منتجات خفيفة عالية القيمة من خلال تكسير السلاسل الكربونية الطويلة ورفع نسبة الهيدروجين إلى الكربون في المنتجات بعملية تسمى التكسير الهيدروجيني. (أوابك، 2017)

تحصل مصافي تكرير النفط على حوالي نصف حاجتها من الهيدروجين كمنتج ثانوي من وحدة تهذيب النافثا بالعامل الحفاز Naphtha Catalytic Reforming، أو من وحدات البتروكيماويات في حالة المصافي المتكاملة مع مجمع لإنتاج البتروكيماويات، ويتم تعويض النقص من وحدات إنتاج الهيدروجين بطريقة التهذيب البخاري للميثان Steam Methane Reforming, SMR باستخدام الهيدروكربونات الخفيفة كلقيم، مثل النافثا أو الغاز الناتج من عمليات التكرير في المصفاة، أو/ والغاز الطبيعي المستورد من حقول الإنتاج، أو من عمليات تغويز النفط أو الفحم.

تأتي صناعة تكرير النفط في مقدمة المنشآت الصناعية المستهلكة للهيدروجين، تتبعها عمليات إنتاج الأمونيا. يبين الشكل (1-4) تطور استهلاك الهيدروجين في العالم حسب القطاعات الرئيسية خلال الفترة 2019-2021 والتوقعات في عام 2030.

الشكل (1-4): تطور استهلاك الهيدروجين في العالم حسب القطاعات الرئيسية في الفترة 2019-2021 والتوقعات في عام 2030

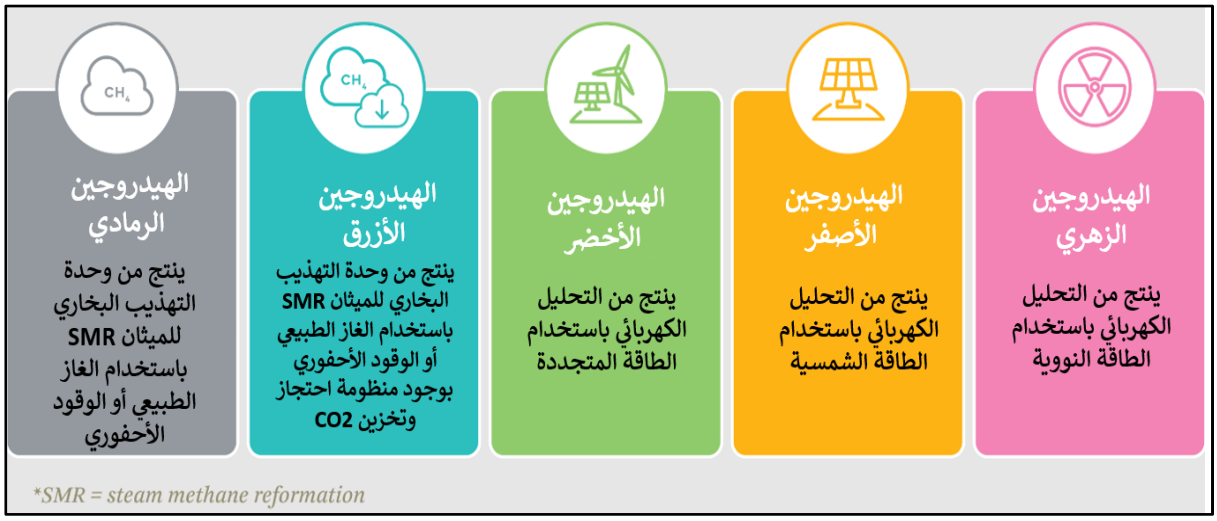


المصدر: (IEA, 2022)

تقدر كمية CO_2 المنبعثة من عملية إنتاج الهيدروجين من الوقود الأحفوري في العالم بنحو 800 مليون طن/السنة، أو ما يعادل 2% من إجمالي انبعاثات CO_2. (Carter & Hickman, 2021)

تصنف أنواع الهيدروجين تبعاً لطريقة إنتاجه، وللتمييز بينها يرمز لكل نوع بلون. فهو إما رمادي، أو أزرق، أو أخضر، أو أصفر، أو الزهري. فالهيدروجين المنتج من وحدة التهذيب البخاري للميثان SMR يرمز له الرمادي. وعندما تضاف منظومة احتجاز CO_2 ونقله وتخزينه واستخدامه إلى وحدة التهذيب البخاري للميثان فيرمز له بالهيدروجين الأزرق. أما الهيدروجين الأخضر فينتج بواسطة تحليل الماء بمحللات كهربائية Electrolyzer تعمل بطاقة كهربائية مولدة من مصادر متجددة، حيث يتم فصل الماء إلى جزيئات الهيدروجين والأوكسجين. وعندما يكون مصدر توليد الكهرباء اللازمة لتحليل الماء من الطاقة الشمسية فيسمى بالهيدروجين الأصفر. أما عندما يكون مصدر توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية فيطلق عليه اسم الهيدروجين الزهري. يبين الشكل (1-5) تصنيف أنواع الهيدروجين حسب طريقة الإنتاج.

الشكل (1-5): تصنيف أنواع الهيدروجين حسب طريقة الإنتاج

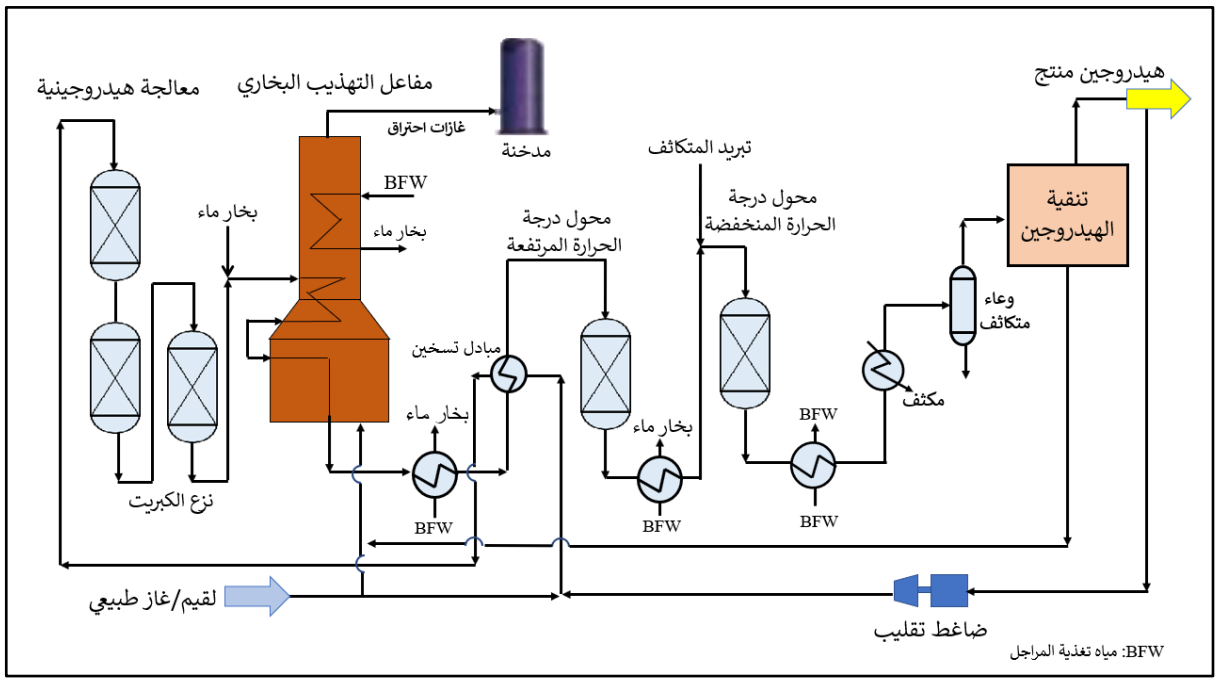


المصدر: (GORET-RANA, M., Keeley, C., 2022)

تمثل انبعاثات CO_2 الناتجة عن عملية إنتاج الهيدروجين بالتهذيب البخاري للميثان SMR، حوالي 9% من إجمالي انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون في المصفاة.

تتكون مراحل عملية إنتاج الهيدروجين بطريقة التهذيب البخاري من أربع مراحل رئيسية، يتم في المرحلة الأولى معالجة هيدروجينية أولية للقيم لتخليصه من المركبات الكبريتية، بعد ذلك يمزج الخارج من هذه المرحلة مع بخار الماء ليدخل إلى مفاعل التهذيب البخاري للميثان Steam Methane Reformer الذي يحتوي على عامل حفاز ضمن أنابيب داخل فرن للتسخين، لتعويض الحرارة اللازمة للتفاعل، حيث أن التفاعل ماص للحرارة Endothermal Reaction، وتؤخذ نواتج التفاعل التي تتكون من الهيدروجين وأكاسيد الكربون إلى وعاء لتحويل غاز أول أوكسيد الكربون CO إلى ثاني أوكسيد الكربون CO_2 مفاعل التحويل Shift reactor أما المرحلة الرابعة فهي مرحلة التنقية والتي تتكون من مفاعلات امتصاص لنزع أكاسيد الكربون المتبقية، تتبعها مرحلة تحويل الجزء المتبقي من أول وثاني أوكسيد الكربون إلى ميثان Methanation، وتصل فيها نقاوة الهيدروجين إلى 94-97%. وفي عقد الثمانينات من القرن الماضي ظهرت طريقة جديدة للتنقية باستخدام الادمصاص بأوعية الضغط المتأرجح Pressure Swing Adsorber-PSA، حيث تصل فيها نقاوة الهيدروجين المنتج إلى 99.9%. (Chlapik, et al., 2022) يبين الشكل (1-6) مخططاً مبسطاً لعملية إنتاج الهيدروجين بطريقة التهذيب البخاري للميثان.

الشكل (1-6): مخطط سير عملية إنتاج الهيدروجين بطريقة التهذيب البخاري للميثان



المصدر: (Wagner Da SILVA, M., 2022)

1-1-4: مصادر أخرى

تمثل المصادر الأخرى حوالي 6% فقط من إجمالي انبعاثات المصفاة، وهي الانبعاثات الناتجة عن حرق الغازات في الشعلة، ووحدات استرجاع الكبريت، وتسرب الهيدروكربونات من المعدات والأنابيب.

1-2: العوامل المؤثرة في كمية انبعاثات CO_2 في مصافي تكرير النفط

تتمتع كل مصفاة بخصائص تميزها عن غيرها من المصافي، مما يجعل عملية تقييم العوامل المؤثرة في كمية انبعاثات الكربون أمراً في غاية الصعوبة. وفيما يلي أهم العوامل المؤثرة في كمية انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون في مصافي تكرير النفط.

1-2-1: نوع الوقود المستخدم في عمليات التسخين

ينبعث غاز CO_2 نتيجة حرق المواد الهيدروكربونية التي تتكون بشكل رئيسي من الكربون والهيدروجين، وبالتالي تتغير نسبة ثاني أوكسيد الكربون في غازات مداخن الأفران بتغير نوع الوقود،

ومحتواه من ذرات الكربون. يبين الجدول (1-2) كمية CO_2 المنبعثة من أفران ومراجل مصفاة تكرير النفط حسب نوع الوقود.

الجدول (1-2): كمية CO_2 المنبعثة من أفران ومراجل مصفاة تكرير النفط حسب نوع الوقود

نوع الوقود	المكونات	كغCO_2/كغ وقود	كغCO_2/جيجا جول
غاز المصفاة	30% هيدروجين 35% ميثان C1 35% إيثان C2	1.99	43
الغاز الطبيعي	100% ميثانC1	2.75	56
غاز بترول مسال LPG	50% بروبان C3 50% بيوتانC4	3.02	64
مقطرات وسطى	60% بارافينات 10% أوليفينات 30% عطريات	3.22	74
زيت الوقود	50% بارافينات 50% عطريات	3.26	79
فحم	90% كربون 10% هيدروجين	3.63	117

المصدر: (DNV, 2010)

1-2-2: نوع النفط الخام المكرر في المصفاة

تختلف كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون المنبعثة من عمليات إنتاج الوقود باختلاف نوع ومصدر النفط. فعلى سبيل المثال، تبلغ كمية الانبعاثات الناتجة عن إنتاج النفط في الولايات المتحدة الأمريكية 30 كغ مكافئ CO_2 لكل برميل من النفط، أو ما يعادل 5 غ CO_2 مكافئ لكل ميغا جول، بينما تصل الكمية المنبعثة من عمليات إنتاج النفط من الرمال الزيتية في كندا إلى 200 كيلو غرام لكل برميل نفط، أو ما يعادل 33 غ مكافئ CO_2 لكل ميغا جول.

1-2-3: مواصفات المنتجات النهائية

ساهمت التغيرات التي طرأت على متطلبات التشريعات البيئية لإنتاج مشتقات بترولية نظيفة وخالية من الشوائب في رفع كمية CO_2 المنبعثة من عمليات مصافي تكرير النفط، نتيجة لإضافة وحدات إنتاجية جديدة تستطيع من خلالها تلبية تلك المتطلبات، حيث تحتاج هذه الوحدات إلى كميات إضافية من الوقود. وقد أشارت نتائج إحدى الدراسات إلى أن تخفيض كل كيلوغرام كبريت من المشتقات البترولية ينتج عنه انبعاث 10 كغ من غاز CO_2. (أوابك، 2018)

عند تقييم كمية الانبعاثات الناتجة عن المنتجات النفطية يجب الأخذ بالاعتبار كامل الانبعاثات التي تنتج عنها خلال دورة حياة المنتج انطلاقاً من البئر وحتى الاستهلاك. فعلى سبيل المثال تبلغ كثافة الكربون الإجمالية للغازولين حوالي 89 غرام مكافئ ثاني أوكسيد الكربون لكل ميغا جول خلال الإنتاج والتكرير و1.5 غرام/ميغا جول أثناء المزج مع مكونات أخرى، وأقل من 1 غرام/ميغا جول خلال عملية النقل إلى محطة التعبئة، وحوالي 71 غرام أثناء احتراقه. (BYRUM, Z., et al., 2021)

1-2-4: التعقيد التكنولوجي لعمليات التكرير Refinery Configuration & Complexity

تقاس درجة التعقيد التكنولوجي لمصافي تكرير النفط بنوع وعدد عمليات التكرير، ونسبة طاقة العمليات التحويلية التي تحول بواقي التقطير الثقيلة إلى منتجات خفيفة عالية الجودة إلى طاقة تقطير النفط الخام. وتصنف المصافي حسب مستوى التعقيد التكنولوجي ضمن ثلاثة أنواع: تقطير، ومعالجة هيدروجينية، وتحويلية. يحتوي كل نوع من هذه الأنواع على عمليات التكرير التالية:

- **مصافي التقطير Topping**: تتكون من وحدات لتجزئة النفط الخام إلى مشتقات نفطية غير معالجة.
- **مصافي المعالجة الهيدروجينية Hydroskimming**: إضافة إلى عملية التقطير، تحتوي مصافي المعالجة الهيدروجينية على عمليات معالجة هيدروجينية، ووحدات تهذيب للنافثا لرفع الرقم الأوكتاني للغازولين.
- **المصافي التحويلية Conversion:** تحتوي على وحدات تقطير، ومعالجة هيدروجينية، وعمليات تكسير المخلفات الثقيلة لتحويلها إلى مشتقات خفيفة (تكسير حراري، تكسير

هيدروجيني، ...) كما تصنف المصافي التحويلية إلى متوسطة التحويل Medium Conversion Refinery، وتتكون عمليات التكرير فيها من وحدة تقطير نفط خام جوي وأخرى فراغي، ووحدة معالجة هيدروجينية للنافثا، ووحدة أزمرة، ووحدة تهذيب للنافثا بالعامل الحفاز Naphtha Catalytic Reformer، ووحدة معالجة هيدروجينية للكيروسين والديزل، ووحدة تكسير بالعامل الحفاز المائع FCC، ووحدة تكسير هيدروجيني لزيت الغاز Gasoil Hydrocracker، وإلى مصفاة عالية التحويل Deep Conversion، وتحتوي على وحدة تفحيم مؤجل Delayed Coking، أو وحدة تكسير هيدروجيني للبواقي الثقيلة Residue Hydrocracking إضافة إلى الوحدات السابقة الذكر. (أوابك، 2017) يبين الجدول (1-3) كمية CO_2 المنبعثة من المصفاة حسب مستوى التعقيد التكنولوجي.

الجدول (1-3): كمية CO_2 المنبعثة من المصفاة حسب مستوى التعقيد التكنولوجي

نوع المصفاة	طن CO_2/ طن نفط خام
مصفاة بسيطة (معالجة هيدروجينية)	0.15 - 0.08
تكسير بالعامل الحفاز المائع + كسر اللزوجة	~ 0.2
مصفاة تكسير هيدروجيني + تفحيم	0.35 – 0.2
معالجة هيدروجينية للمتبقي الثقيل + تكسير بالعامل الحفاز للمتبقي الثقيل	0.4 – 0.3

المصدر: (DNV, 2010)

يرتبط مدى صعوبة تحويل المصفاة إلى مصفاة خالية من الانبعاثات الكربونية بمستوى التعقيد التكنولوجي للمصفاة، وكلما ارتفعت درجة التعقيد كلما كانت عملية التحويل أسهل، حيث أن المصفاة البسيطة تحتاج إلى استثمارات باهظة لتحقيق الأهداف المنشودة.

لدراسة تأثير بعض المتغيرات على نسبة انبعاثات المصفاة طورت جامعة Calgary الكندية نموذجاً يعتمد على طرق النمذجة الخطية Linear modelling، وأطلق على هذا النموذج إسم Petroleum Refinery Life-cycle Evaluation Model (PRELIM) ، وأهم المتغيرات التي تناولتها الدراسة هي هيكل عمليات التكرير في المصافي، ونوع النفط الخام المكرر، ومصادر الطاقة الكهربائية، ونوع عمليات التكرير، وغيرها. يبين الجدول (1-4) متغيرات النموذج والحالات المختارة لكل متغير.

الجدول (1-4): متغيرات النموذج والحالات المختارة لكل متغير

المتغيرات	الحالات المختارة
نوع النفط	حامضي خفيف، حامضي متوسط، ثقيل
مستوى التعقيد التكنولوجي (التحويل)	تحويل متوسط، تحويل عميق (تفحيم)، تحويل عميق (تكسير هيدروجيني)
تهذيب النافثا	نافثا تقطير، نافثا تقطير + نافثا ثقيلة
تنقية الهيدروجين في وحدة SMR	PSA
المعالجة الهيدروجينية في FCC	بعد FCC
مصدر الكهرباء	حرق الفحم، حرق الغاز الطبيعي، وقود منخفض الكربون
التوليد المشترك	الدورة المشتركة بالغاز الطبيعي، بدون توليد مشترك
الغاز الفائض	LPG
انبعاثات المنبع*	متضمن، غير متضمن

المصدر: (Singh, R. B.,, 2022)

تم اختيار نوعين من المصافي في النموذج، الأول متوسطة التحويل Medium Conversion Refinery، وتتكون عمليات التكرير فيه من وحدة تقطير نفط خام جوي وأخرى فراغي، ووحدة معالجة هيدروجينية للنافثا، ووحدة أزمرة، ووحدة تهذيب للنافثا بالعامل الحفاز Naphtha Catalytic Reformer، ووحدة معالجة هيدروجينية للكيروسين والديزل، ووحدة تكسير بالعامل الحفاز المائع FCC، ووحدة تكسير هيدروجيني لزيت الغاز Gasoil Hydrocracker. أما النوع الثاني فهو مصفاة عالية التحويل Deep Conversion، وتحتوي على وحدة تفحيم مؤجل Delayed Coking، أو وحدة تكسير هيدروجيني للبواقي الثقيلة Residue Hydrocracking إضافة إلى الوحدات السابقة الذكر، إلا أن النموذج لم يتضمن وحدات إنتاج البتروكيماويات، واقتصر على إنتاج أنواع الوقود النفطي.

تم توزيع معايير القياس المذكورة في الجدول (1-4)، ومستوى التحويل بحيث تمثل أحد عشر حالة، وتغطي أكثر أنواع المصافي العاملة في العالم. يبين الجدول (1-5) استهلاك الطاقة وكمية انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون في المصفاة في الحالات المختارة. (Singh, R. B., 2022)

* انبعاثات المنبع: Upstream Emissions كمية CO_2 المنبعثة أثناء مراحل إنتاج ومعالجة ونقل النفط الخام إلى حدود مصفاة التكرير.

مناقشة نتائج النمذجة:

يلاحظ من الجدول (1-5) أن كمية انبعاثات CO_2 في الحالات الأحد عشر تتراوح ضمن المجال 30-90 كغ CO_2/برميل نفط مكرر، وفيما يلي أهم الاستنتاجات التي يمكن استخلاصها من الجدول:

- ترتفع كمية انبعاثات CO_2 عند التحول من المصفاة المتوسطة التعقيد إلى عالية التعقيد بمعدل 40%، على الرغم من تكرير نفس النفط الخام، كما تزداد بمعدل 20% أخرى بإضافة وحدة تكسير هيدروجيني للبواقي الثقيلة. **(الحالات 2-4)**
- بالنسبة للمصافي المتماثلة العالية التحويل التي تحتوي على وحدة تفحيم مؤجل، تزداد كمية انبعاثات CO_2 بمعدل 25% عند تكرير نفط خام أثقل. **(الحالتان 3، و5)**
- في المصافي العالية التحويل، في حال وجود وحدة تكسير هيدروجيني للبواقي الثقيلة مع وحدة التفحيم تزداد كمية CO_2 المنبعثة بمعدل 50% مقارنة بالمصافي التي تحتوي على وحدة تفحيم مؤجل فقط. **(الحالتان 5، و6)**
- بالنسبة للمصافي المتماثلة من حيث نوع النفط الخام وهيكل عمليات التكرير تنخفض كمية انبعاثات CO_2 بمعدل 8% عند استبدال محطة توليد الطاقة الكهربائية بالدورة المشتركة العاملة على الغاز الطبيعي NGCC* أو محطة توليد مشترك Co-generation تعمل على الغاز الطبيعي بمصدر طاقة كهربائية منخفض الكربون Low-carbon power source **(الحالات 5، و7، و8)**
- بالنسبة للمصافي المتماثلة من حيث نوع النفط الخام وهيكل عمليات التكرير تنخفض كمية انبعاثات CO_2 بمعدل 14% عند استبدال محطة توليد الطاقة الكهربائية العاملة على الفحم إلى مصدر طاقة كهربائية منخفض الكربون Low-carbon power source. **(الحالتان 9، و11)**
- تشكل انبعاثات CO_2 الناتجة عن عملية إنتاج ومعالجة ونقل الغاز الطبيعي المستورد حوالي 10% من إجمالي انبعاثات CO_2 في المصفاة.

---

* Natural Gas Combined Cycle

الجدول (1-5): استهلاك الطاقة وكمية انبعاثات CO_2 في المصفاة في الحالات المختارة

المتغيرات	الوحدة	حالة 1	حالة 2	حالة 3	حالة 4	حالة 5	حالة 6	حالة 7	حالة 8	حالة 9	حالة 10	حالة 11
نوع النفط		خفيف حامض	متوسط حامض	متوسط حامض	متوسط حامض	ثقيل	ثقيل	ثقيل	ثقيل	ثقيل	ثقيل	ثقيل
الكثافة API		40	28.5	28.5	28.5	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3
الكبريت في النفط	%	0.88	2.4	2.4	2.4	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
مستوى التحويل		متوسط	متوسط	عميق (تفحيم)	عميق (تكسير هيدروجيني)	عميق (تفحيم)	عميق (تكسير هيدروجيني)	عميق (تفحيم)	عميق (تفحيم)	عميق (تكسير هيدروجيني)	عميق (تكسير هيدروجيني)	عميق (تكسير هيدروجيني)
انبعاثات المنبع		متضمن	متضمن	متضمن	متضمن	متضمن	متضمن	متضمن	متضمن	متضمن	غير متضمن	متضمن
مصدر الكهرباء		NGCC [1]	NGCC	NGCC	NGCC	NGCC	NGCC	NGCC	منخفض الكربون	منخفض الكربون	NGCC	حرق الفحم
التوليد المشترك		CHP [2]	CHP	CHP	CHP	CHP	CHP	لا	لا	لا	CHP	لا
الغازولين	% وزناً	40.5	28.8	40.1	37.4	40.6	34	40.6	40.6	34	34	34
وقود الطيران	% وزناً	22.4	18.6	19		18.9	6.2	6.1	6.2	6.1	6.1	6.1
ديزل منخفض الكبريت	% وزناً	19.8	18.2	24	30.4	25.1	36.5	25.1	25.1	36.5	36.5	36.5
فحم	% وزناً	0	0	9.8	0	17.5	0	17.5	17.5	0	0	0
تكسير هيدروجيني متبقي التقطير	% وزناً	0	0	0	7.6	0	15.5	0	0	15.5	15.5	15.5
سائل متبقي ثقيل	% وزناً	15.4	32.6	3.1	2.6	4.1	2.8	4.1	4.1	2.8	2.8	2.8
كبريت	% وزناً	0.4	0.8	1.5	1.6	3.1	3.4	3.1	3.1	3.4	3.4	3.4
غاز البترول المسال	% وزناً	1.4	0.9	2.5	1.5	3.4	1.6	3.4	3.4	1.6	1.6	1.6
استهلاك الطاقة: كهرباء	ميغا جول/برميل	3.2	2.8	3.6	3.4	5.3	5	26.2	26.2	33.1	5	33.1
استهلاك الطاقة: غاز المصفاة	ميغا جول/برميل	99.3	24.8	176.4	199.3	258	329	258	258	340.2	329	366.6
استهلاك الطاقة: غاز طبيعي	ميغا جول/برميل	241	209.1	225.2	188.8	190.4	104.2	152.9	152.9	42.7	104.2	42.7
استهلاك الطاقة: هيدروجين SMR	ميغا جول/برميل	67	83.3	139.4	311.6	221.6	675.9	220.2	2020.2	671.3	675.9	671.7
استهلاك الطاقة: هيدروجين CNR	ميغا جول/برميل	67.4	41.4	43.5	42.1	13.5	12.8	135	135	12.8	12.8	12.8
إجمالي استهلاك الطاقة: العمليات	ميغا جول/برميل	503.1	437.8	626.3	777.5	744.6	1155.8	726.9	726.9	1165.6	1139.6	1239.6
CO_2 الكهرباء	كغ/برميل	0.5	0.4	0.6	0.5	0.8	0.8	4	0.2	0.3	0	10.9
CO_2 تسخين العمليات	كغ/برميل	21.2	17.9	25	24.2	27.9	27.3	23.9	23.9	21.9	26.2	21.9
CO_2 توليد البخار	كغ/برميل	1.5	1.1	1.2	0.8	0.7	0.7-	2.1	2.1	1.1	0.7-	1.2
CO_2 إنتاج الهيدروجين SMR	كغ/برميل	4.6	5.8	9.6	21.4	15.2	46.5	15.3	15	45.9	39.2	47.5
CO_2 حرق الفحم في FCC	كغ/برميل	3	3.1	4.5	3.8	6.6	4.6	6.6	6.6	4.6	4.6	4.6
إجمالي عمليات المصفاة	كغ/برميل	31.7	29.3	41.8	51.8	52.8	80.2	53.5	49.4	75.5	71.0	87.8

(1): NGCC محطة توليد الطاقة الكهربائية بالدورة المشتركة العاملة على الغاز الطبيعي

(2):CHP : محطة التوليد المشترك للكهرباء وبخار الماء.

المصدر: (Singh, R. B., 2022)

- تشكل انبعاثات CO_2 الناتجة عن وحدات إنتاج الهيدروجين بالتهذيب البخاري للميثان SMR ما نسبته 15-60% من إجمالي انبعاثات CO_2 في المصفاة، وهي نسبة أعلى من المصافي التي تحتوي على وحدة تكسير هيدروجيني للبواقي الثقيلة.
- تشكل انبعاثات CO_2 المنطلقة من وحدة التكسير بالعامل الحفاز المائع FCC نسبة 6-12% من إجمالي انبعاثات المصفاة، وتعتبر ثاني أكبر مصدر لانبعاثات الكربون في مصفاة تكرير النفط بعد أفران تسخين العمليات.

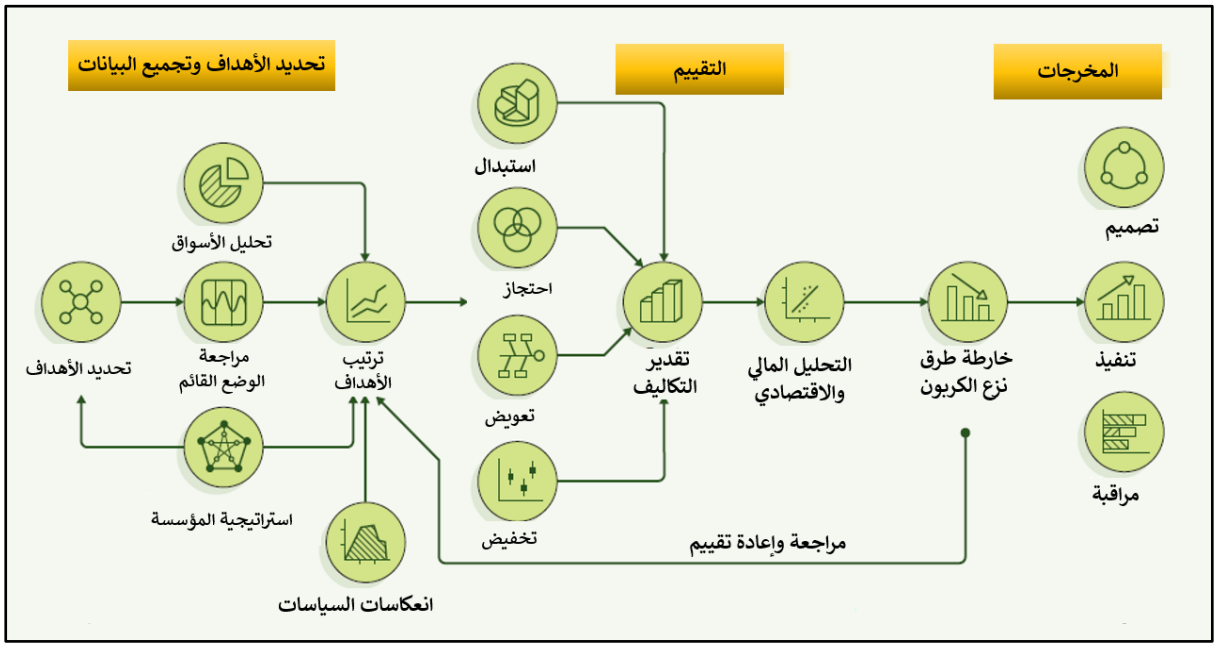
3-1: خطة نزع الكربون في مصافي تكرير النفط

تهدف خطة نزع الكربون في مصافي تكرير النفط إلى خفض انبعاثات الكربون إلى الصفر بحلول عام 2050، وذلك من خلال ثلاث مراحل رئيسية، هي إعداد الأهداف، والتقييم، ثم التنفيذ. يبين الشكل (7-1) مراحل خطة نزع الكربون في مصفاة تكرير النفط.

قبل البدء بتنفيذ عملية نزع الكربون في مصفاة تكرير النفط يجب تقييم الفرص والإجراءات الممكنة والجدوى الاقتصادية لكل إجراء من الإجراءات المختارة، والجدول الزمني المطلوب للتنفيذ، وذلك من خلال الخطوات التالية: (Baars & Parvez, 2023)

- تقييم الوضع الحالي للمصفاة، من حيث نوع المواد المتجددة المراد تكريرها كبديل عن النفط الخام، وطرق تأمينها وعمليات المعالجة اللازمة لها قبل إدخالها إلى وحدات المصفاة.
- إعداد جداول تظهر إجراءات نزع CO_2 الممكن تطبيقها في المصفاة، والتكاليف المتوقعة لكل إجراء، مع الأخذ بالاعتبار النتائج المتوقعة من دمج أكثر من إجراء في الموقع الواحد.
- إعداد جدول زمني يوضح مراحل تنفيذ الإجراءات والزمن اللازم لكل خطوة والفترة الزمنية المتوقعة لكل إجراء من إجراءات الخطة.
- إعداد دراسة اقتصادية لخارطة الطريق، تتضمن كمية CO_2 المتوقع تخفيضها، وتحليل التكاليف الاجمالية والعوائد المحتملة والضرائب المترتبة.
- إعداد قائمة بالخيارات الأخرى الممكن تنفيذها كبديل لكل خيار من الخيارات، والتكاليف المحتملة من كل خيار.

الشكل (1-7): مراحل خطة نزع الكربون في مصفاة تكرير النفط



المصدر: (Carter, D., 2021)

الفصل الثاني

تقنيات نزع الكربون في مصافي تكرير النفط

مقدمة

تصنف تقنيات نزع الكربون في مصافي تكرير النفط ضمن مجموعات رئيسية، هي احتجاز وتخزين واستخدام ثاني أوكسيد الكربون، واستبدال الوقود الأحفوري المستخدم للتسخين وتوليد الطاقة الكهربائية بوقود خال من الكربون، واستبدال النفط الخام المكرر بمواد متجددة لإنتاج وقود منخفض الكربون، وترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها. (Gosse, A., 2021) يلخص الجدول (2-1) تقنيات نزع الكربون في مصافي تكرير النفط.

الجدول (2-1): تقنيات نزع الكربون في مصافي تكرير النفط

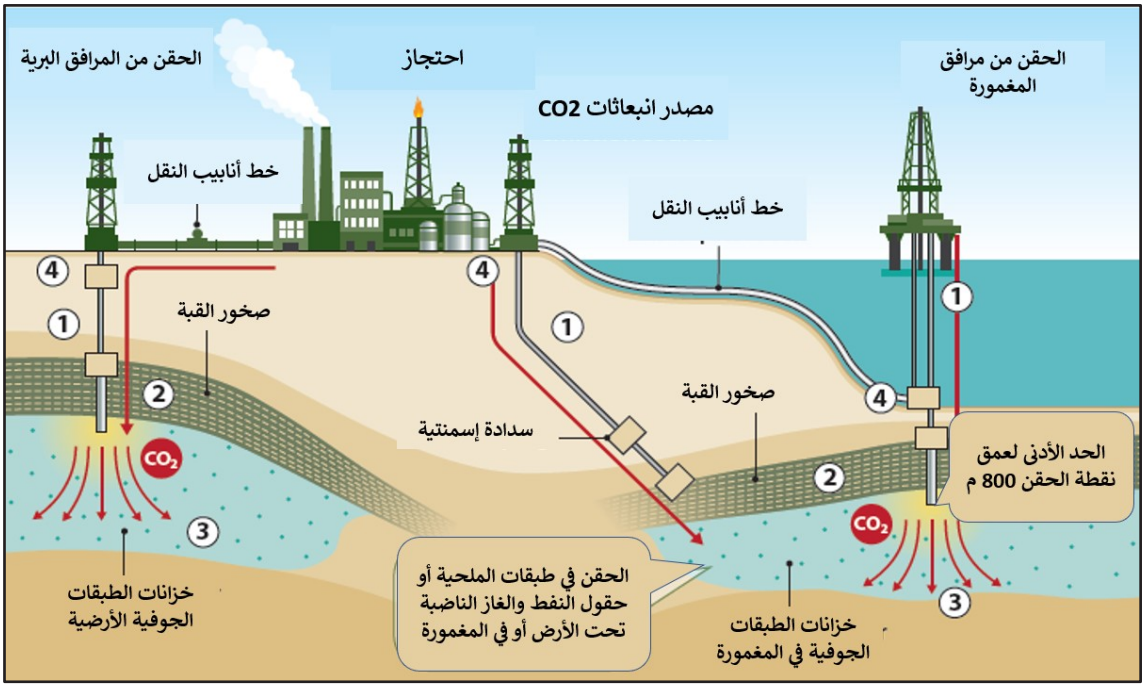
المجموعات	التقنيات	أماكن التطبيق
احتجاز الكربون	احتجاز وتخزين الكربون	• أفران العمليات • وحدات إنتاج الهيدروجين • التكسير بالعامل الحفاز المائع FCC • التغويز
استبدال الوقود الأحفوري	التسخين الكهربائي	• أفران العمليات الكهربائية • مراجل توليد البخار الكهربائية
	الهيدروجين الأزرق والأخضر	
استبدال النفط الخام بمواد متجددة	تكرير زيوت التحلل الحراري الحيوية	• وحدات التكسير بالعامل الحفاز المائع • وحدات المعالجة الهيدروجينية • وحدات تقطير النفط الخام
	الهيدروجين الأخضر والأزرق كلقيم	• وحدات المعالجة الهيدروجينية • وحدات التكسير الهيدروجيني
إنتاج وقود منخفض الكربون	وحدة مستقلة لإنتاج الوقود الحيوي من زيوت التحلل الحراري	• وحدات المعالجة الهيدروجينية • وحدات التكسير الهيدروجيني
	تغويز الكتلة الحيوية وفيشر- تروبش	• وحدة تغويز لإنتاج الوقود الحيوي
ترشيد استهلاك الطاقة	ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها	• عمليات التكرير والوحدات المساندة
	استخدام الطاقة العادمة	

المصدر: Oliveira, C., & Schure, K., 2020

1-2: احتجاز وتخزين واستخدام ثاني أوكسيد الكربون CCUS

تعتبر تقنية احتجاز وتخزين واستعمال غاز ثاني أوكسيد الكربون CCUS من الحلول الناجعة لخفض الانبعاثات الناتجة عن مصافي تكرير النفط، حيث ينقل CO_2 المحتجز إلى أماكن مناسبة لحقنه في طبقات آبار النفط والغاز الناضبة أو طبقات المياه الجوفية المالحة. يبين الشكل (2-1) احتجاز وتخزين CO_2 في آبار النفط والغاز الناضبة والطبقات الجوفية المالحة.

الشكل (2-1): احتجاز وتخزين CO_2 في آبار النفط والغاز الناضبة والطبقات الجوفية المالحة



(1): الحقن: ضخ CO_2 المضغوط إلى الطبقات الجوفية عبر البئر.

(2) الاحتواء: القبة الصخرية الكتيمة تمنع تسرب CO_2 إلى الجو.

(3) الانحباس: يتحرك CO_2 داخل الطبقات الخازنة وينحل في المياه المالحة، أو يمتص في المسامات الصخرية الدقيقة.

(4) السدادة: بعد انتهاء عملية الحقن يتم سد فوهة البئر بسدادة إسمنتية لمنع التسرب.

المصدر: (Hemsley, M., 2022)

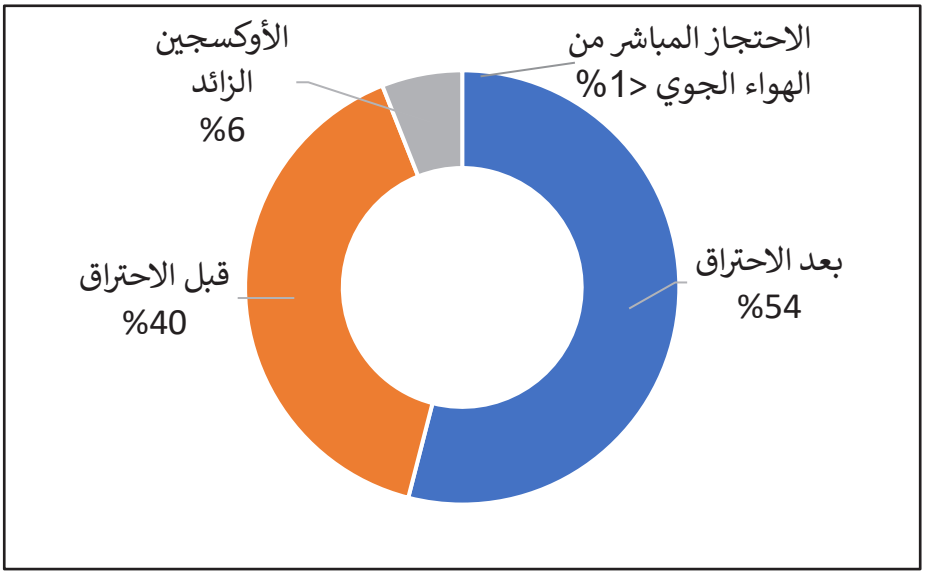
يتركز تطبيق تقنية احتجاز CO_2 بشكل رئيسي في أفران عمليات التكرير، ومحطات توليد بخار الماء والطاقة الكهربائية، ووحدات التكسير بالعامل الحفاز المائع FCC، ووحدات إنتاج الهيدروجين. (Oliveira, C., & Schure, K., 2020)

تصنف طرق احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 في مصافي تكرير النفط ضمن ثلاث أنواع على النحو التالي:(Jha, A., et al., 2021p. 31-37)

- طريقة احتجاز CO_2 بعد الاحتراق Post-combustion، التي تتضمن فصل CO_2 من غازات احتراق الوقود الخارجة من مدخنة الفرن.
- طريقة احتجاز CO_2 قبل الاحتراق Pre-combustion، التي تعتمد على تحويل الوقود الثقيل إلى وقود غازي يمكن فصل CO_2 منه بالامتصاص قبل استخدامه كوقود في الأفران.
- طريقة حرق الوقود باستخدام الأوكسجين النقي بدلاً من الهواء الجوي Oxyfuel process وتسمى أيضاً بطريقة الأكسدة الجزئية Partial Oxidation، وذلك بهدف الحصول على غازات احتراق الوقود على شكل غاز CO_2 نقي.

توجد تقنية أخرى حديثة تعتمد على احتجاز CO_2 من الهواء الجوي تسمى الاحتجاز المباشر من الهواء الجوي Direct Air Capture، إلا أن تطبيقها لا يزال محدوداً مقارنة بطرق الاحتجاز الأخرى، حيث لم تتجاوز 1% من إجمالي طرق الاحتجاز حتى عام 2020، بينما وصلت نسبة طريقة الاحتجاز بعد الاحتراق إلى 54% وطريقة الاحتجاز قبل الاحتراق إلى 40% وطريقة الحرق بالأوكسجين الزائد 6% فقط. يبين الشكل (2-2) نسب تطبيق طرق احتجاز الكربون في العالم.

الشكل (2-2): نسب تطبيق طرق احتجاز الكربون في العالم



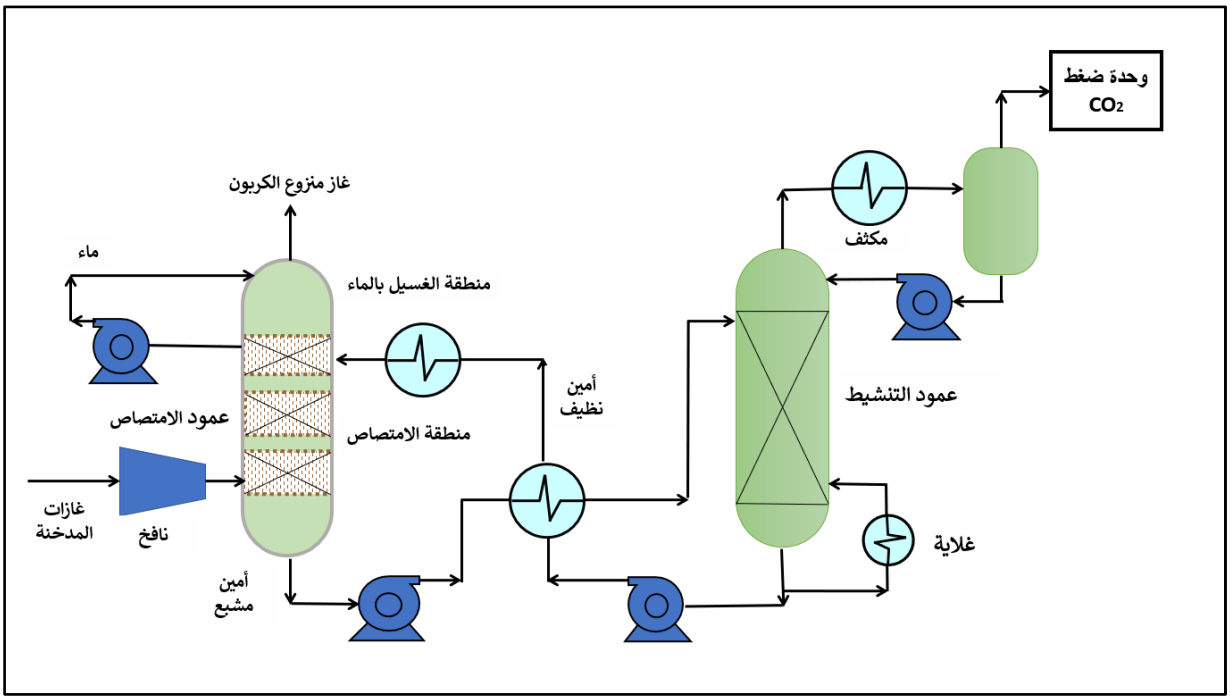
المصدر: (Pigeaux, et al., 2022)

1-1-2: منظومة احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون بعد الاحتراق Post- combustion

يعتمد مبدأ عمل تقنية احتجاز CO_2 بعد الاحتراق على معالجة الغازات الخارجة من مدخنة الفرن، حيث تبرد هذه الغازات وتضغط لتحول إلى عمود الامتصاص بالمذيب Solvent Absorption. بعد ذلك يسخن المذيب المشبع لنزع غاز CO_2 منه في عمود النزع Stripper ثم يعاد المذيب المنشط إلى عمود الامتصاص.

يستخدم محلول أحادي إيثانول أمين Mono Ethanol Amine لامتصاص CO_2 من غازات المدخنة. يبين الشكل (2-3) منظومة احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون بعد الاحتراق.(Liu, N., 2021)

الشكل (2-3): منظومة احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون بعد الاحتراق



المصدر: Schenk, M., & Middleton, J., 2021

تتميز طريقة احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون بعد الاحتراق بالمرونة بحيث يمكن تطبيقها في أي وحدة قائمة في المصفاة تستخدم الوقود في الأفران، إلا أن لهذه الطريقة بعض السلبيات، من أهمها:(Jha, A., et al., 2021)

- ضعف الجدوى الاقتصادية عندما يكون تركيز CO_2 في غازات المدخنة أدنى من 10% حجماً. وتقدر تكلفة هذه الطريقة بحوالي 31-47 يورو لكل طن CO_2، حيث تتباين قيمة تركيز CO_2 في

غازات مداخن عمليات المصفاة. يبين الجدول (2-2) تكلفة منظومة احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون بعد الاحتراق حسب تركيز CO_2 في غازات المدخنة.

الجدول (2-2): تكلفة منظومة الاحتجاز بعد الاحتراق حسب تركيز CO_2 في غازات المدخنة

	تركيز CO_2 منخفض (5% حجماً)	تركيز CO_2 متوسط (10-8% حجماً)	تركيز CO_2 عالي (18-10 % حجماً)
تكاليف استثمارية يورو 2017/طن CO_2 محتجز	[1] 45	[2]-[3] 31 39	[4]-[5]28 31
تكاليف تشغيل ثابتة [6] يورو 2017/طن CO_2 محتجز/السنة	[1] 19	[2]-[3]15 18	[4]-[5]14 15
استهلاك بخار الماء جيجا جول/طن CO_2 محتجز	2.5	2.5	2.5
استهلاك الكهرباء كيلووات ساعة/طن CO_2 محتجز	183	185-149	166-162
CO_2 موفر/CO_2 محتجز [7]	0.65	0.67	0.67

(1) الطاقة الإسمية للاحتجاز 750 ألف طن CO_2/السنة

(2) الطاقة الإسمية للاحتجاز 697 ألف طن CO_2/السنة

(3) الطاقة الإسمية للاحتجاز 765 ألف طن CO_2/السنة

(4) الطاقة الإسمية للاحتجاز 2777 ألف طن CO_2/السنة

(5) الطاقة الإسمية للاحتجاز 1681 ألف طن CO_2/السنة

(6) بدون تكاليف الكهرباء والوقود

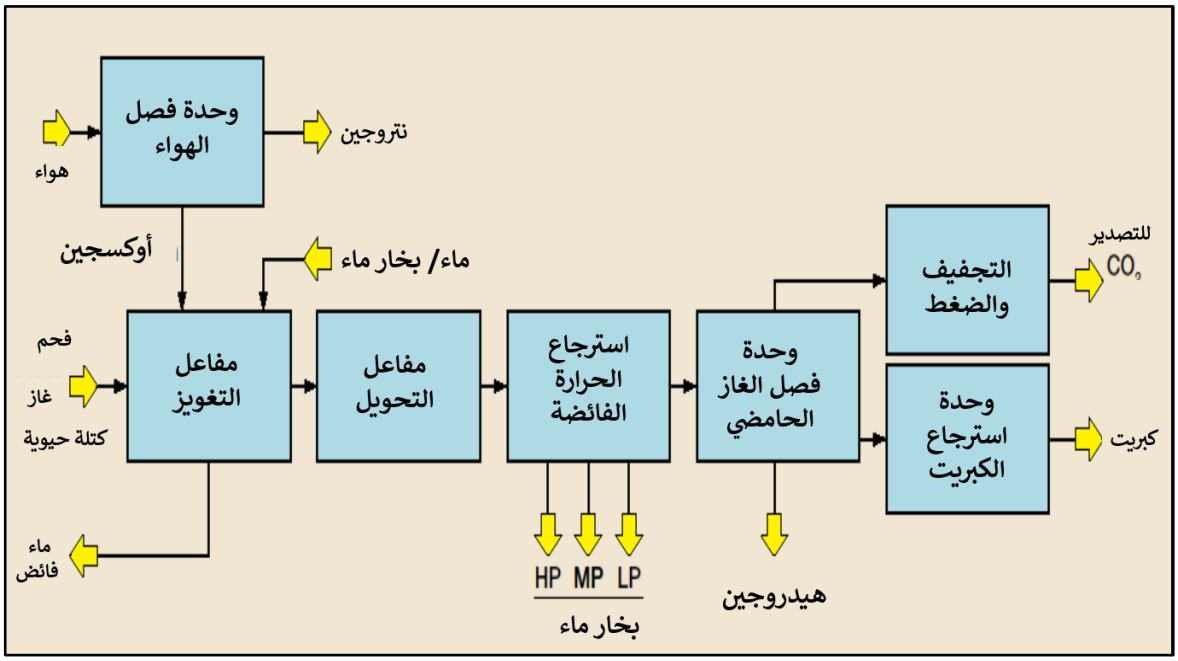
(7) باعتبار معامل الانبعاث 0.183 كغ CO_2/كيلووات ساعة للكهرباء، و56.6 كغ CO_2/جيجا جول للغاز الطبيعي.

2-1-2: **طريقة احتجاز CO_2 قبل الاحتراق** Pre-combustion Capture

يعتمد مبدأ طريقة احتجاز CO_2 قبل الاحتراق على تغيير خصائص الوقود المستخدم في الأفران، من خلال تحويله إلى غاز غني بالهيدروجين، أو ما يسمى بتقنية التحويل إلى غاز (التغويز Gasification)، حيث يتم تحويل الوقود الثقيل، كالفحم أو المخلفات الثقيلة لعمليات التقطير، إلى غاز اصطناعي (تخليقي) Syngas يتكون من CO+H، ثم يحول غاز أول أوكسيد الكربون CO إلى ثاني أوكسيد الكربون CO_2 الذي يتم فصله للحصول على وقود غني بالهيدروجين.

يفصل غاز CO_2 من المزيج الغازي بطريقة الامتصاص بالمذيب الذي يتم تنشيطه لإعادة استخدامه، بينما يسحب CO_2 المفصول إلى وحدة التجفيف لسحب الرطوبة منه ثم يضغط وينقل إلى مستودعات التخزين. كما يستفاد من الحرارة الفائضة من عملية التغويز في توليد بخار الماء للاستفادة منه في توليد الطاقة الكهربائية أو للتسخين في عمليات المصفاة المختلفة. يبين الشكل (2-4) مخطط منظومة احتجاز CO_2 قبل الاحتراق. كما يبين الشكل (2-5) مراحل عملية تجفيف وضغط CO_2 الخارج من وحدة احتجاز الكربون.

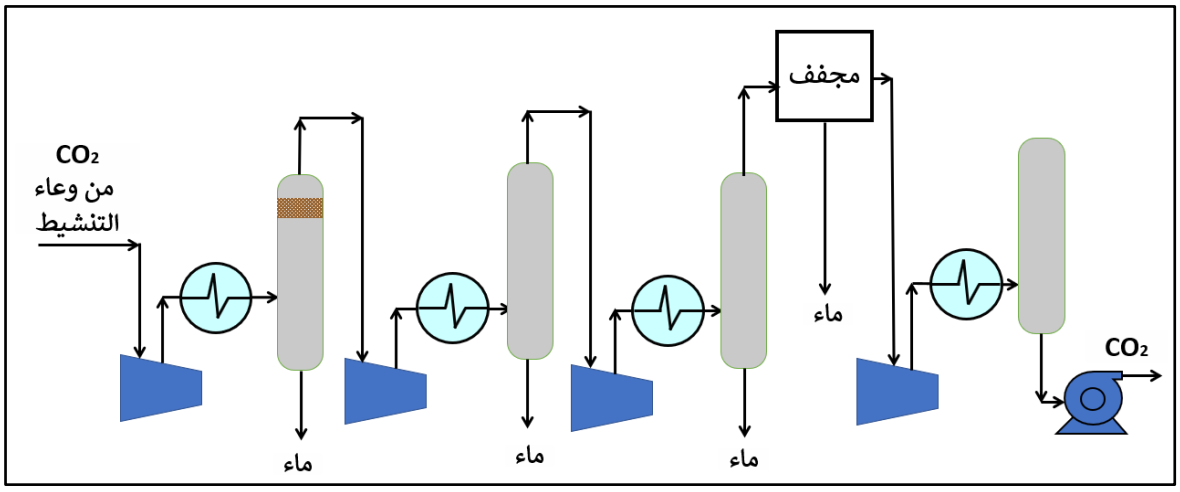
الشكل (2-4): مخطط منظومة احتجاز CO_2 قبل الاحتراق



المصدر: (Pigeaux, et al., 2022)

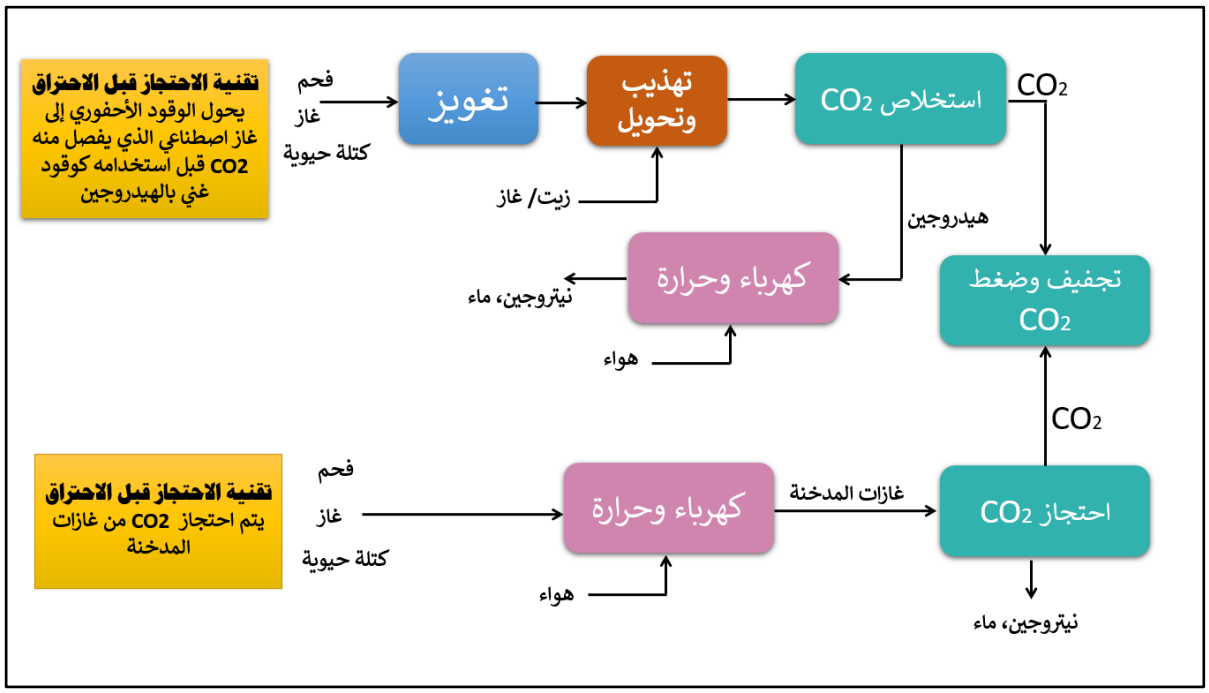
تتميز طريقة احتجاز CO_2 قبل الاحتراق بسهولة تطبيقها، حيث يمكن تشييدها في أي مكان ضمن موقع المصفاة، ولا تحتاج إلى تركيب معدات قريبة من الأفران، ويمكن وصل الغاز المنتج إلى شبكة الوقود الغازي الموزعة في كافة وحدات المصفاة. يبين الشكل (2-6) مقارنة بين تقنيتي احتجاز CO_2 قبل وبعد الاحتراق.

الشكل (2-5): مراحل عملية تجفيف وضغط CO_2 الخارج من وحدة احتجاز الكربون



المصدر: (Singh, R. B., 2022)

الشكل (2-6): مقارنة بين تقنيتي احتجاز CO_2 قبل وبعد الاحتراق



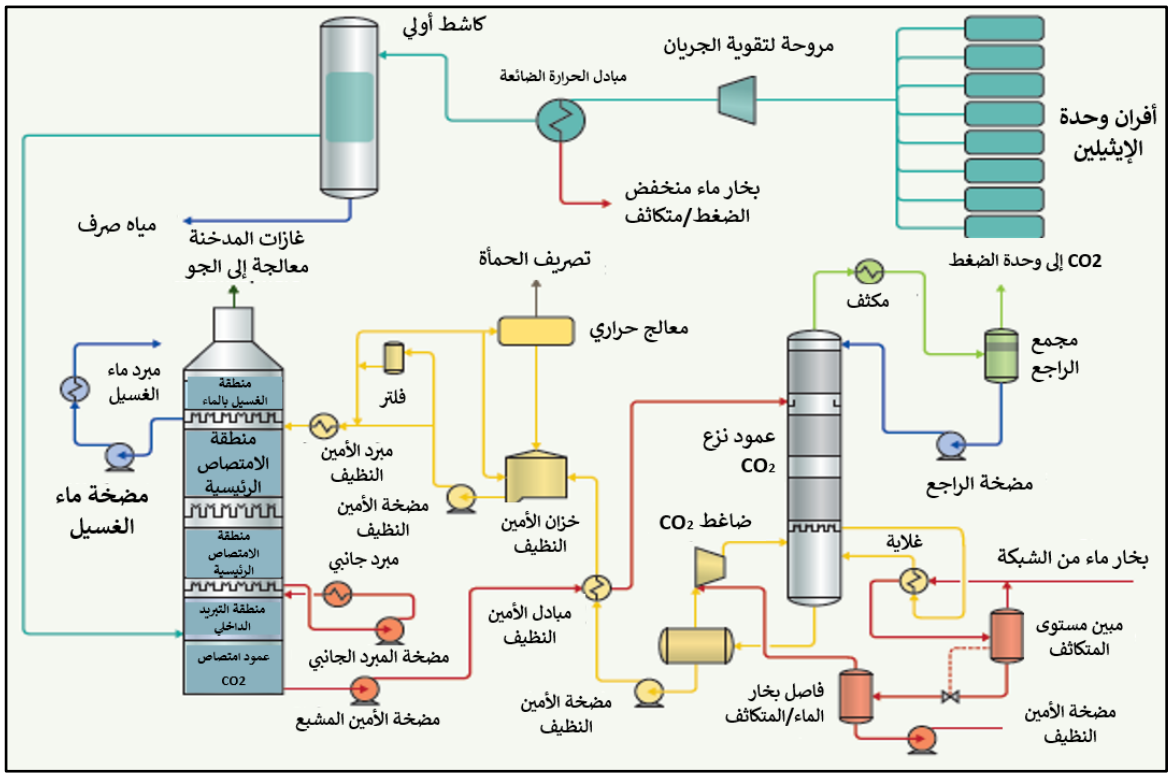
المصدر: (Pigeaux, M., et al., 2022)

2-1-3: تركيب منظومة احتجاز الكربون في أفران العمليات

تتكون منظومة احتجاز CO_2 التي تركب على مداخن أفران عمليات التكرير من مجاري للغاز، ومبردات، وعمود امتصاص، ومنشط، وضاغط لغاز CO_2، ومجفف. ولتفادي التكاليف الباهظة لتركيب

مجاري غازات المدخنة يسعى المصممون إلى أن يكون موقع منظومة الاحتجاز قريباً من المدخنة، إلا أن ذلك لا يكون متاحاً دائماً، نظراً لحاجة المنظومة إلى مساحة كبيرة قد لا تتوفر في المصافي القائمة. يبين الشكل (2-7) مخطط عملية احتجاز CO_2 من غازات مداخن أفران وحدة الإيثيلين.

الشكل (2-7): مخطط عملية احتجاز CO_2 من غازات مداخن أفران وحدة الإيثيلين



المصدر: (Martin, M., 2021)

تتميز غازات مداخن أفران عمليات التكرير في المصفاة بمعدل تدفق حجمي مرتفع عند الضغط الجوي. وعلى الرغم من أن لغاز CO_2 ضغط جزئي منخفض، إلا أن التجربة العملية أثبتت إمكانية الحصول على مستويات عالية من احتجاز غاز CO_2 باستخدام محاليل الأمين، مثل أحادي إيثانول أمين Mono Ethanol Amine MEA نظراً لما تمتلكه هذه المذيبات من خصائص حركية سريعة، وتفاعلية كيميائية نشيطة.

عند تطبيق تقنية احتجاز وتخزين واستعمال غاز ثاني أوكسيد الكربون CCUS في أفران العمليات يواجه المشغلون صعوبة تجميع مصادر الانبعاثات نظراً لتوزعها في مساحة واسعة ووحدات متفرقة في

المصفاة، فضلاً عن كثرة عدد هذه المصادر وتباين تركيز غاز CO_2 فيها. يبين الجدول (2-3) تركيز CO_2 في غازات مداخن وحدات مصفاة تكرير النفط.

الجدول (2-3): تركيز CO_2 في غازات مداخن وحدات مصفاة تكرير النفط

العملية	تركيز CO_2 في غازات المدخنة (% حجماً)
تقطير جوي	11.3
تقطير فراغي	11.3
كسر اللزوجة/تكسير حراري	8.1
تهذيب	8.1
معالجة هيدروجينية	8.1
تكسير بالعامل الحفاز المائع	16.6
إنتاج الهيدروجين بالتهذيب البخاري للميثان SMR	24.2
تفحيم مؤجل	8.1
تكسير هيدروجيني	8.1
نزع الأسفلتينات بالمذيب SDA	8.1
عنفات غازية	3,2
مراجل بخارية	8.1

المصدر: (Singh, R. B., 2022)

2-1-4: احتجاز الكربون في وحدة التكسير بالعامل الحفاز المائع

يوجد طريقتان لاحتجاز CO_2 المنبعث من وحدة FCC بعد الاحتراق، الأولى طريقة الاحتجاز بامتصاص CO_2 بالمذيب، والثانية طريقة الاحتراق بوجود الأوكسجين Oxy-combustion. أما طريقة الامتصاص بالمذيب فهي مماثلة من حيث المبدأ للمنظومة المستخدمة في أفران عمليات التكرير، ووحدة التهذيب البخاري للنافثا. الفرق الرئيسي بينهما هو الحاجة إلى معالجة غازات المدخنة قبل إدخالها إلى منظومة الامتصاص بالمذيب نظراً لاحتوائها على نسب من المركبات الأخرى التي تفوق الحد المسموح للتعامل مع محاليل الأمين، مثل الجسيمات الصلبة Particulates، وأكاسيد الكبريت SOx، وأكاسيد النتروجين NOx.

تبلغ تكلفة احتجاز CO_2 في وحدة التكسير بالعامل الحفاز بطريقة الامتصاص بالمذيب حوالي 50 دولار أمريكي للطن، بينما تصل تكلفة احتجاز الطن الواحد من CO_2 مع عمليات الضغط والنقل والتخزين إلى حوالي 70-120 دولار أمريكي. (BYRUM, Z., et al., 2021)

كما تعتبر طريقة الحرق بوجود الأوكسجين أكثر تفضيلاً نظراً لسهولة تركيبها في الوحدات القائمة، ولا تحتاج إلى مساحات واسعة كتلك التي تحتاجها طريقة الامتصاص بمحاليل الأمين التي تتطلب معالجة غازات الاحتراق لخفض المركبات الأخرى إلى الحدود المقبولة قبل إدخالها إلى منظومة الامتصاص. (Singh, R. B., 2022)

2-1-5: تطبيق تقنية احتجاز CO_2 في إنتاج الهيدروجين بطريقة التهذيب البخاري للميثان

ينتج CO_2 في وحدة إنتاج الهيدروجين بالتهذيب البخاري للميثان من ثلاثة مصادر هي: غازات مدخنة مفاعل التهذيب، والغاز العادم من وحدة التنقية بطريقة الادمصاص تحت الضغط المتأرجح، ومن عملية تحويل الغاز الاصطناعي Shifted syngas (Ko & SIVASUBRAMANIAN, 2022)

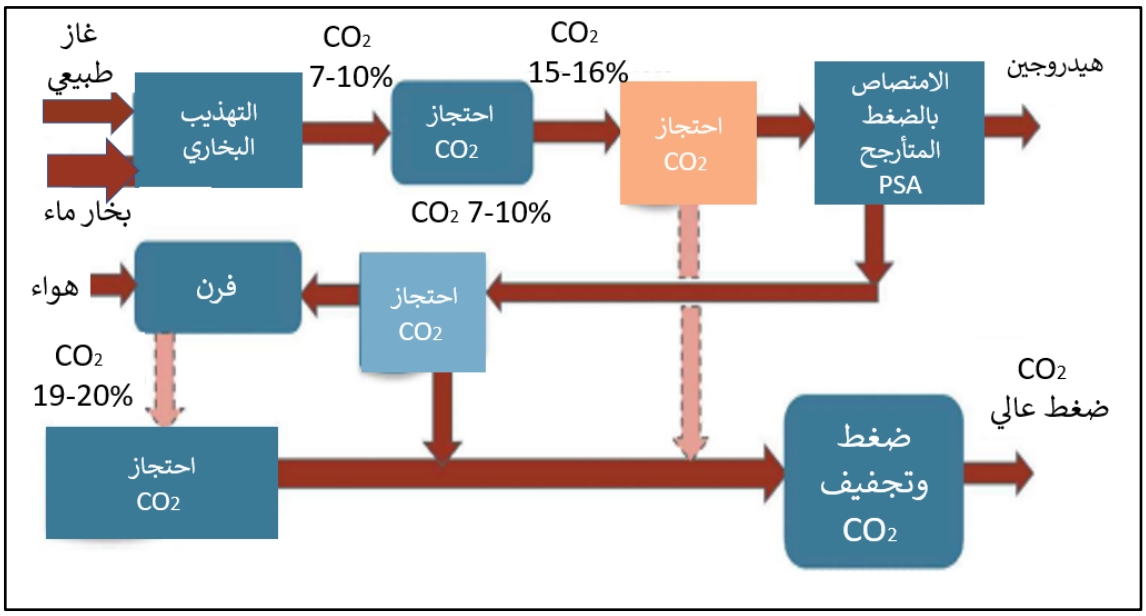
يبين الجدول (2-4) خصائص ومصادر احتجاز CO_2 في وحدة إنتاج الهيدروجين SMR طاقتها 70 ألف $م^3$ قياسي/الساعة. كما يبين الشكل (2-8) خيارات احتجاز CO_2 في وحدة إنتاج الهيدروجين بالتهذيب البخاري للميثان SMR.

الجدول (2-4): خصائص ومصادر احتجاز CO_2 في وحدة إنتاج الهيدروجين SMR

المصدر	الضغط، بار	درجة الحرارة، °م	CO_2، مول%	CO_2، طن/اليوم
مدخل التنقية PSA	26	35	16	870
الغاز العادم من PSA	1.3	30	50	870
غاز المدخنة	0	130	20	1450

المصدر: (Singh, R. B.,2022)

الشكل (2-8): خيارات احتجاز CO_2 في وحدة إنتاج الهيدروجين بالتهذيب البخاري للميثان SMR



المصدر: (Singh, R. B.,, 2022)

كما يمكن خفض انبعاثات CO_2 الناتجة عن استخدام الهيدروجين في مصفاة تكرير النفط من خلال تطبيق التقنيات التالية: (Carter & Hickman, 2021)

- إنتاج الهيدروجين الأزرق وذلك بتطبيق تقنية احتجاز وخزن CO_2 في وحدة إنتاج الهيدروجين الرمادي بطريقة التهذيب البخاري (تبلغ كمية CO_2 المحتجزة نحو 1.2-1.5 كغ مكافئ لكل كغ هيدروجين منتج، بكفاءة احتجاز ضمن المجال 90-98%).
- استخدام لقائم حيوية لإنتاج الهيدروجين، حيث تبلغ كمية الانبعاثات (1-3.3 كغ مكافئ CO_2/كلغ H_2)
- التحليل الكهربائي للماء باستخدام كهرباء من مصادر متجددة أو ما يسمى بتقنية إنتاج الهيدروجين الأخضر، وتبلغ كمية الانبعاثات (0.3-1 كغ مكافئ CO_2/ كلغ H_2)

كافة الخيارات المذكورة ينتج عنها انبعاثات CO_2 أقل من إنتاج الهيدروجين الرمادي التي تصل إلى 9-11 كغ CO_2 مكافئ لكل كغ هيدروجين. يبين الجدول (2-5) مقارنة بين انبعاثات الكربون وتكاليف الإنشاء والتشغيل لتقنيات إنتاج أنواع الهيدروجين.

الجدول (2-5): مقارنة بين انبعاثات الكربون وتكاليف الإنشاء والتشغيل لتقنيات إنتاج الهيدروجين

الطريقة	انبعاثات CO_2 كلغ/كلغ H_2	تكاليف الإنشاء	تكاليف التشغيل [1]
الهيدروجين الأزرق	1.5-1.2	145-90 يورو/طن CO2 محتجز	15-10 يورو/طن CO2 محتجز
الهيدروجين الأخضر	1-0.3	3193 يورو/طن H_2	159 يورو/طن H_2
إنتاج الهيدروجين الأخضر من الكتلة الحيوية	3.3-1	3344 يورو/طن H_2	17 يورو/طن H_2
الهيدروجين الرمادي	11-9	500-1300 يورو/طن H_2	40-20 يورو/الطن H_2

(1): تكاليف التشغيل تتضمن اليد العاملة والصيانة بدون تكاليف اللقيم والطاقة.

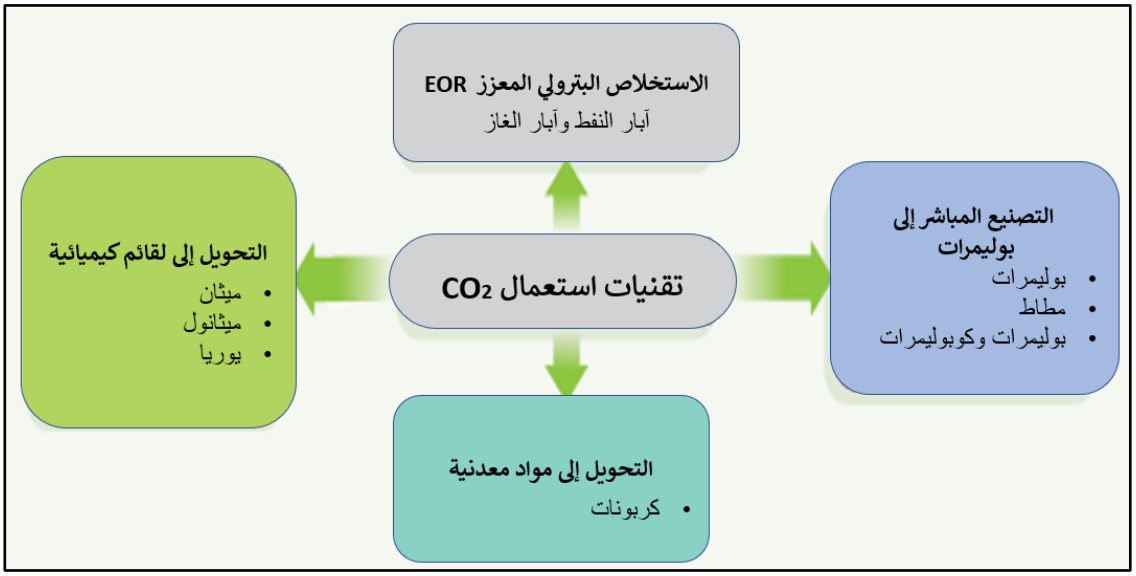
المصدر: (Carter & Hickman, 2021)

2-1-6: تقنيات استعمال غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2

إن لغاز ثاني أوكسيد الكربون استعمالات عديدة، الصناعية منها والزراعية، وحتى الغذائية. ويتوقف نوع الاستعمال على درجة نقاوة الغاز وكميته. إلا أن أكثر التقنيات الحالية التي يستعمل فيها غاز ثاني أوكسيد الكربون انتشاراً، وخصوصاً في مجال نزع الكربون، هي التالية: الشكل (2-9)

- **الاستخلاص البترولي المعزز EOR** وهي عملية حقن الغاز في آبار النفط والغاز لتعزيز إنتاجها.
- **التحويل إلى لقائم كيميائية**، وهي تقنية تحويل الغاز إلى ميثان، أو ميثانول أو يوريا عبر الأمونيا.
- **التصنيع المباشر إلى بوليمرات**، مثل المطاط، والبوليمرات، والكوبوليمرات.
- التحويل إلى مواد معدنية، مثل الكربونات.

الشكل (2-9): تقنيات استعمال غاز ثاني أوكسيد الكربون



المصدر: (Singh, H., 2022)

2-1-7: عوامل نجاح تطبيق تقنية احتجاز وتخزين واستعمال CO_2

لضمان نجاح مشروع إنشاء منظومة احتجاز وتخزين واستعمال ثاني أوكسيد الكربون CCSU، يجب الأخذ بالاعتبار مجموعة من العوامل التي يمكن أن تساهم في نجاح المشروع وتحقيق أهدافه، وفيما يلي أهم هذه العوامل: (Shah, G., 2022)

2-1-7-1: دراسة المشروع بشكل متكامل

قد يقع المصممون في الخطأ نتيجة الرغبة في الإسراع بإنجاز المشروع، فلا يؤخذ بالاعتبار عمليات نقل CO_2 المحتجز، أو مكان تخزينه، أو إمكانية استخدامه. فعلى سبيل المثال، قد تحتاج البنية التحتية لعملية نقل CO_2 إلى مستودعات التخزين الطويلة الأمد استثمارات باهظة، تعتمد قيمتها على موقع المشروع، علاوة على المخاطر البيئية والمالية التي يمكن أن تترتب عن مد خطوط أنابيب نقل CO_2، ودراسة إجراءات وقايتها من التآكل، وتركيب أجهزة المراقبة والاختبار، إضافة إلى بحث إمكانية استخدام الغاز في عملية الاستخلاص المعزز للنفط EOR* .

* Enhanced Oil Recovery، طريقة لحقن غاز CO_2 في آبار النفط لتنشيط الإنتاج.

2-7-1-2: اختيار التكنولوجيا المناسبة

إن الاختيار الخاطئ للتكنولوجيا التي تضمن سلامة التشغيل وصحة الاشتراطات البيئية قد يؤدي إلى خسارة استثمارات المشروع وفقدان الشركة لسمعتها، وموقعها التجاري في السوق. لهذا يجب على المصممين اختيار التكنولوجيا التي أثبتت التجارب العملية صلاحيتها، مع ضرورة التأكيد على حساب حجم معدات امتصاص CO_2، ومعدلات استهلاك بخار الماء والكهرباء، والنتروجين، وطرق التخلص من النفايات والمنتجات الثانوية المحتمل تشكلها، والخدمات الأخرى التي تؤثر على تقييم الجدوى الاقتصادية للمشروع وتكاليف تشغيله.

3-7-1-2: خفض كمية CO_2 المنبعثة من الوحدات القائمة

قبل البدء بتصميم وحدة احتجاز الكربون يجب مراجعة ظروف تشغيل الوحدات التي تطلق CO_2 لبحث إمكانية تخفيضها إلى الحد الأدنى من خلال تحسين الأداء واختيار القيم التشغيلية المناسبة. فعلى سبيل المثال، عند زيادة نسبة هواء الاحتراق الداخل إلى فرن العمليات أو مرجل توليد بخار الماء تزداد كمية CO_2 المنبعثة مما يؤدي إلى زيادة الحمل على وحدة احتجاز CO_2 وتخفيض كفاءتها. كما أن استبدال نوع الوقود الثقيل المستخدم بوقود خفيف يطلق كمية أقل من CO_2 يمكن أن يساهم في خفض حجم معدات وحدة الاحتجاز، وبالتالي تخفيض تكاليفها الاستثمارية.

4-7-1-2: تقييم العوامل المؤثرة على حياة المشروع

يقدر العمر الافتراضي لمشروع احتجاز CO_2 عادة بحوالي 25-30 سنة، وهذا يستوجب الأخذ بالاعتبار العديد من القضايا، من أهمها:

- ضمان العمر الافتراضي للوحدات المنتجة ل CO_2 بما يتناسب مع العمر الافتراضي للمشروع.
- استقرار شراء وتسعير CO_2 في الأسواق المحتملة.
- التعاقد مع مقاول تصريف النفايات الناتجة عن المشروع خلال فترة حياة المشروع.

5-7-1-2: دراسة التشريعات والقوانين المتعلقة بالمشروع

تختلف متطلبات التشريعات والقوانين المحلية المتعلقة بخفض انبعاثات الكربون من دولة لأخرى، وإن أي انحراف عن هذه المتطلبات قد يؤدي إلى فشل المشروع.

2-1-7-6: تطبيق التقنيات الرقمية

يساهم تطبيق التقنيات الرقمية في تحسين كفاءة الطاقة في عمليات ومعدات المشروع، من خلال خفض معدل الأعطال الطارئة والتوقفات غير المبرمجة.

2-2: استبدال الوقود الأحفوري بوقود منخفض الكربون

تختلف كمية CO_2 المنبعثة من حرق الوقود في الأفران ومراجل توليد بخار الماء تبعاً للتركيب الكيميائي للوقود ومحتواه من الكربون والهيدروجين. كما أن استبدال نوع الوقود الثقيل المستخدم بوقود خفيف يساهم في خفض كمية CO_2 المنبعثة.

كما يمكن استخدام أنواع أخرى من الوقود مثل الهيدروجين الذي يتميز بأن حرقه ينتج عنه بخار ماء بدلاً من غاز ثاني أوكسيد الكربون، أو تطبيق طريقة التسخين الكهربائي بدلاً من حرق الوقود.

2-2-1: استخدام الهيدروجين كوقود

يساهم حرق وقود خال من الكربون، مثل الهيدروجين والأمونيا في تخفيض كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون في غازات الاحتراق. ويحظى الهيدروجين بالاهتمام الأكبر نظراً لسهولة استخدامه كوقود مقارنة بالأمونيا التي ينتج عن حرقها كمية كبيرة من أكاسيد النيتروجين.

يعتبر الهيدروجين أحد الحلول الناجعة لخفض انبعاثات الكربون في المنشآت الصناعية، وخصوصاً بالنسبة لمصافي تكرير النفط نظراً لتوافر وحدات إنتاج الهيدروجين والخدمات اللازمة لها. كما يمثل إنتاج الهيدروجين فرصة واعدة لمصافي تكرير النفط لتصبح مركزاً لإنتاج وتوزيع الهيدروجين بأسعار منافسة إلى المنشآت الصناعية المجاورة. (Martin, M,.2021)

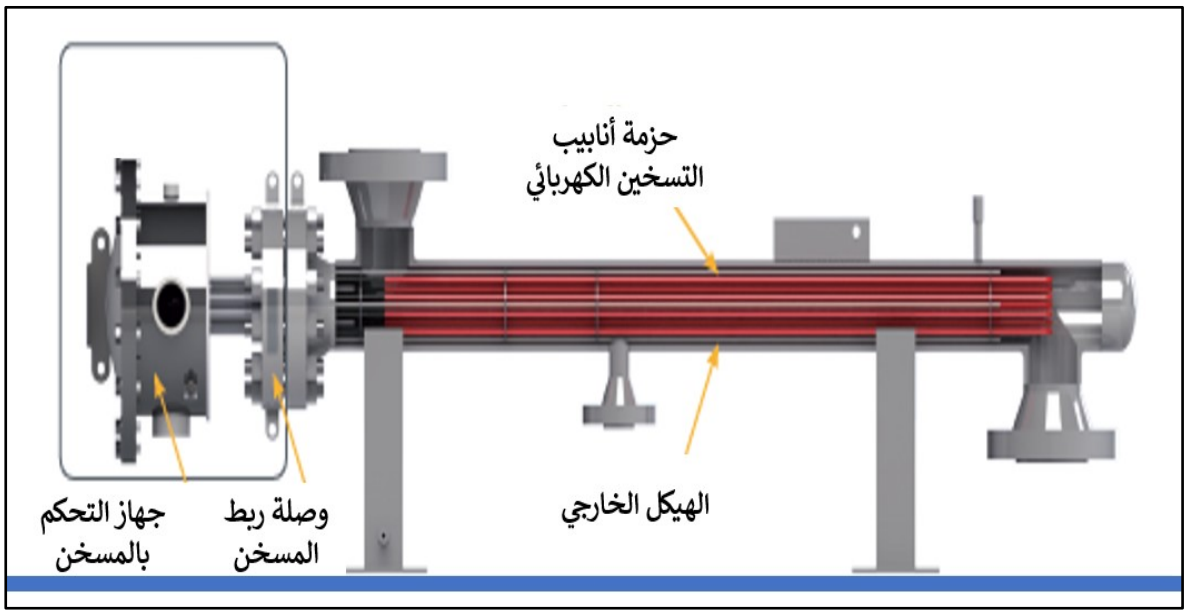
يمكن أن تعتمد المصفاة على الهيدروجين في عمليات التسخين إلى درجات الحرارة المرتفعة التي لا يمكن الوصول إليها باستخدام التسخين الكهربائي. والجدير بالذكر أن استخدام وقود يحتوي على نسبة عالية من الهيدروجين يرافقه بعض الصعوبات التي يجب أخذها بعين الاعتبار، من أهمها:

- ضرورة إعادة تصميم الحراقات Burners بما يتناسب مع نسبة الهيدروجين في الوقود، وتعديل الحراقات إلى النموذج المنخفض أكاسيد النيتروجين Low NO_x Burner، لتفادي مشكلة ارتفاع نسبة أكاسيد النيتروجين الناتجة عن حرق الهيدروجين.
- الحراقات التي تعمل على نسبة 100% هيدروجين لا يمكن استعمالها لحرق الوقود الغازي في حال انقطاع الهيدروجين عن الشبكة. وهذا يؤدي إلى توقف الفرن.
- الحاجة إلى تعديل الحراقات لتفادي صعوبة التحكم بكمية الهواء المنخفضة اللازمة لحرق الهيدروجين.
- زيادة سرعة انتشار اللهب الناتج عن حرق الهيدروجين تؤدي إلى تلف أجزاء الحراقات والفرن.
- انخفاض كمية غازات الاحتراق العابرة لمنطقة الاشعاع Radiation section يؤدي إلى انخفاض كفاءة التبادل الحراري وعدم انتظام توزع الحرارة في هذه المنطقة. وهذا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة معدن الأنابيب إلى مستوى أعلى من الحدود المسموحة.

2-2-2: التسخين الكهربائي

تتميز طريقة التسخين الكهربائي بأنها أكثر كفاءة، من طرق التسخين بالوقود، وبالتالي يمكن تجنب الفقد الذي يحصل أثناء حرق الوقود التقليدي، وتوفير حوالي 50% من كمية الوقود المستهلك. إلا أن عملية التسخين الكهربائي لم تطبق في صناعة التكرير إلا ضمن مجالات محدودة على الرغم من تطبيقها في العديد من الاستخدامات الصناعية. وقد سجلت بعض حالات استخدام طريقة التسخين الكهربائي بدلاً من الوقود في توليد بخار الماء اللازم للاستهلاك في عمليات مصافي تكرير النفط يمكنها الوصول بدرجة حرارة بخار الماء إلى 350 °م. يبين الشكل (2-10) مبادل حراري لتوليد بخار الماء بالتسخين الكهربائي.

الشكل (2-10): مبادل حراري لتوليد بخار الماء بالتسخين الكهربائي

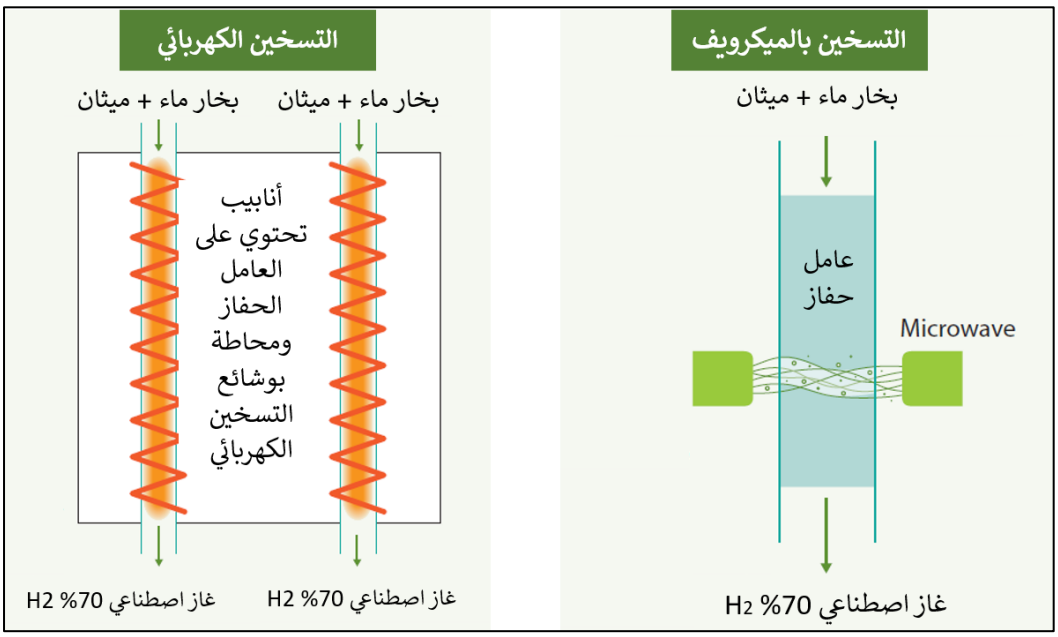


المصدر: (Long, D., 2022)

تواجه عملية استخدام التسخين الكهربائي بعض الصعوبات، أولها أن فرص تطبيق التسخين الكهربائي في مصافي تكرير النفط محدودة لا تتجاوز 10% من كمية الطاقة المستهلكة في المصفاة، ثانيها أن الكهرباء يتم توليدها داخلياً لتلبية حاجة المصفاة، وعندما لا تتوفر كمية فائضة لتطبيق عمليات التسخين قد يكون من الصعب استيراد الكهرباء النظيفة المنتجة من مصادر متجددة. لذلك قد يكون الخيار الأنسب هو توليد الطاقة الكهربائية داخل المصفاة بواسطة عنفة غازية أو CHP مزودة بمنظومة احتجاز CO_2، أو استخدام طاقة كهربائية تم توليدها باستخدام الطاقة المتجددة.

ومن الحالات المحتملة لاستخدام التسخين بدلاً من الوقود الأحفوري حالة استخدام التسخين بالميكروويف Microwave، أو طريقة التسخين الكهربائي في وحدات إنتاج الهيدروجين بطريقة التهذيب البخاري للميثان، حيث يمكن تخفيض نحو 25-30% من كمية الغاز الطبيعي المستهلك في الوحدة ومثلها من انبعاثات الكربون. (Harrison, 2021) يبين الشكل (2-11) طريقتي تسخين مفاعل التهذيب البخاري للميثان بالتسخين الكهربائي والميكروويف.

الشكل (2-11): تسخين مفاعل التهذيب البخاري للميثان بالتسخين الكهربائي والميكروويف



المصدر: (Harrison, 2021)

2-2-3: التحويل إلى وقود منخفض الكربون

بما أن كمية انبعاثات CO_2 الناتجة عن حرق الوقود في مداخن أفران العمليات ومراجل توليد الطاقة الكهربائية وبخار الماء تختلف حسب نوع الوقود، فيمكن أن يساهم التحويل إلى وقود منخفض محتوى الكربون في خفض انبعاثات المصفاة. فعلى سبيل المثال، تقدر كمية CO_2 المنبعثة من حرق الغاز الطبيعي بنحو 40-50% من الكمية المنبعثة من حرق زيت الوقود الثقيل.

يبين المثال التالي دراسة مقارنة بين أربعة أنواع من الوقود في فرن طاقته 46.5 جيجا كالوري في الساعة في مصفاة طاقتها التكريرية 180 ألف ب/ي. يبين الجدول (2-6) أنواع الوقود المستخدمة في فرن المصفاة.

الجدول (2-6): أنواع الوقود المستخدمة في فرن المصفاة

	زيت وقود نوع 6	زيت وقود خفيف	غاز المصفاة		غاز طبيعي مسال
			الوزن الجزيئي الأدنى =14	الوزن الجزيئي الأقصى 22	
القيمة الحرارية الدنيا LHV كيلو كالوري/كغ	9680	10250	12100	10960	11700
محتوى الكبريت	1% وزناً كبريت	0.5 % وزناً كبريت	150 ج.ف.م H_2S	150 ج.ف.م H_2S	صفر H_2S
المكونات	كثافة نوعية: 1.01 نسبة C/H: 8.20 API: 8.6	كثافة نوعية: 0.83 نسبة C/H: 6.5 API: 39	مول % H_2: 20.84 C_1: 74.33 C_2: 2.31 C_3: 0.57 C_4: 0.19 C_5+: 1.09 C2=: 0.07 C3=: - أخرى: الباقي	مول % H_2: 17.48 C_1: 32.01 C_2: 13.57 C_3: 1.2 C_4: 0.72 C_5+: 1.5 C2=: 22.2 C3=: 6.50 أخرى: الباقي	مول % H_2: - C_1: 93 C_2: 4.61 C_3: 1.08 C_4: 0.4 C_5+: 0.15 C2=: - C3=: - أخرى الباقي

المصدر: (Saini, et al., 2021)

الفرن مزود بمنظومة لتسخين الهواء الداخل إلى الحراقات بالتبادل مع حرارة الغازات الخارجة من المدخنة، ويتم تنظيم درجة حرارة غازات المدخنة الخارجة من منظومة تسخين الهواء الداخل إلى الحراقات عند قيمة 150 °م. وتبلغ نسبة الهواء الزائدة المعتمدة عند استخدام زيت الوقود الثقيل HFO أو زيت الوقود الخفيف LFO نحو 20%. أما عند استخدام غازات المصفاة RFG أو الغاز الطبيعي المسال LNG فتبلغ 15%. يبين الجدول (2-7) قيم ظروف تشغيل الفرن.

الجدول (2-7): قيم ظروف تشغيل الفرن

	زيت وقود نوع 6	زيت وقود خفيف	غاز المصفاة		غاز طبيعي مسال
			الوزن الجزيئي الأدنى =14	الوزن الجزيئي الأقصى 22	
كمية الحرارة الممتصة جيجا كالوري /الساعة	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5
استهلاك الوقود كغ/الساعة	5260	4950	4200	4625	4340
غاز المدخنة كغ/الساعة	92400	91935	87625	85050	88780
نسبة CO_2 في غاز المدخنة %وزناً	18.29	16.95	12.58	15.09	13.44
CO_2 المنبعثة، طن/اليوم	406	374	264	309	286
نقطة تكاثف الحمض، °م	137	132	113	110	60 (نقطة تكاثف الماء)
انبعاثات SOx كغ/الساعة	52.29	21.42	1.74	1.70	-

المصدر: (Saini, et al., 2021)

ولتقييم أثر تغيير نوع الوقود على انبعاثات الكربون تم افتراض الحالتين التاليتين:

الحالة الأولى: التحويل من زيت الوقود إلى الغاز الطبيعي المسال

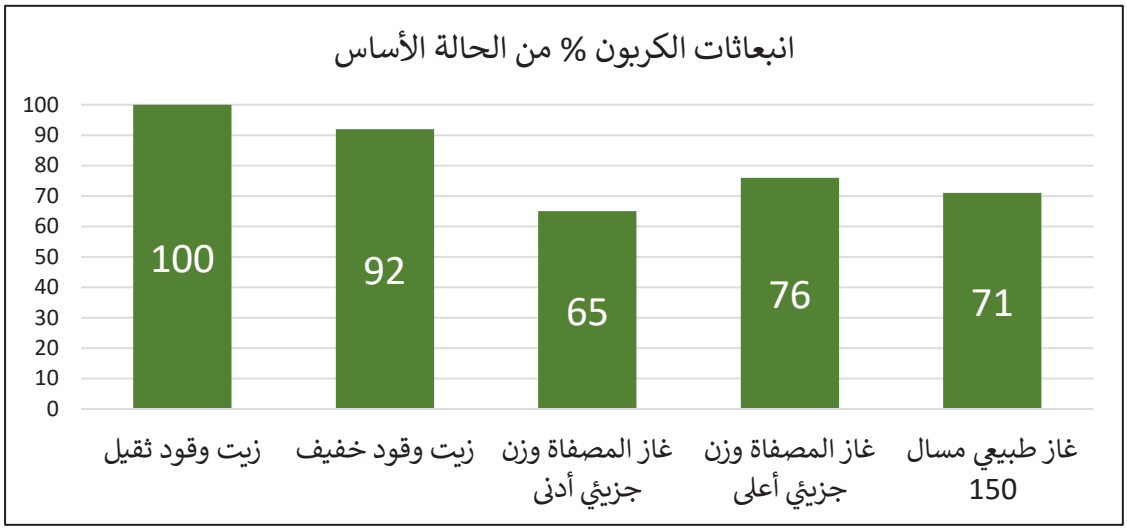
يشير الجدول (2-7) إلى أن كمية انبعاثات الكربون في حالة استخدام زيت الوقود الثقيل أعلى من حالة استخدام زيت الوقود الخفيف.

يمكن خفض 29% من انبعاثات الكربون عند التحويل من زيت الوقود الثقيل إلى الغاز الطبيعي المسال. وللتأكد من عدم حدوث انعكاسات سلبية على ظروف عمل الفرن نتيجة تغيير نوع الوقود يقوم المشغل بمراقبة قيم مؤشرات الأداء، مثل درجة حرارة الجسور، ودرجة حرارة سطح أنابيب الفرن، وذلك نظراً لتحول الحمل الحراري من منطقة الإشعاع Radiation section إلى منطقة الحمل Convection Section أو العكس.

الحالة الثانية: التحويل من غازات المصفاة إلى الغاز الطبيعي المسال

يلاحظ في هذه الحالة أن التغير في نسبة انبعاثات الكربون بسيطة، وتتوقف على مكونات غاز المصفاة، فإذا كان الوزن الجزيئي للغازات أدنى من الوزن الجزيئي للغاز الطبيعي المسال فإن التحويل إلى حرق الغاز المسال سيؤدي إلى زيادة انبعاثات الكربون. يبين الشكل (2-12) كمية انبعاثات الكربون حسب نوع الوقود وقيمة الوزن الجزيئي لغازات المصفاة. (Saini, et al., 2021)

الشكل (2-12): كمية انبعاثات الكربون حسب نوع الوقود وقيمة الوزن الجزيئي لغازات المصفاة



المصدر: (Saini, et al., 2021)

2-3: تكرير مواد خام متجددة

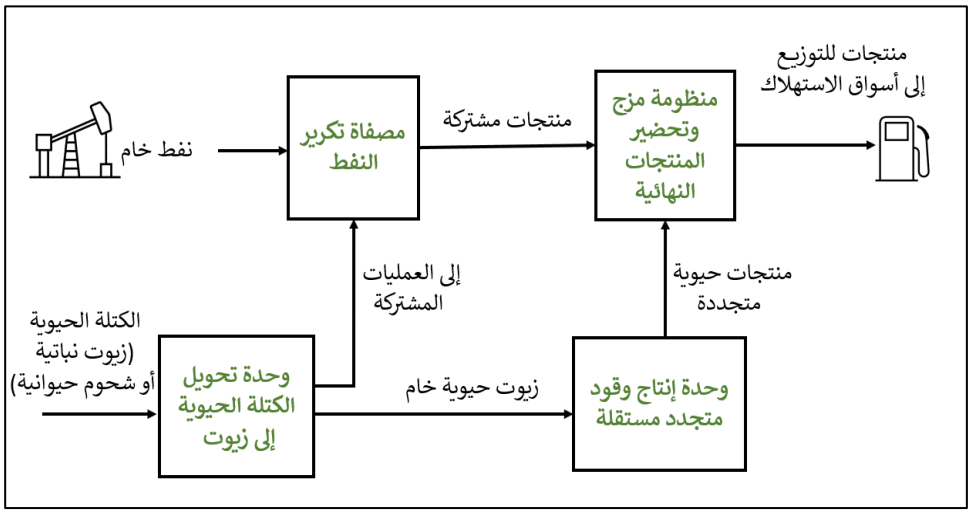
تكتسب عملية تكرير الزيوت المشتقة من الكتلة الحيوية في مصافي تكرير النفط اهتماماً متنامياً ضمن جهود السعي لتلبية متطلبات التشريعات البيئية الخاصة بخفض الانبعاثات الكربونية الناتجة عن المنتجات النفطية في كافة مراحل دورة حياتها، بدءاً من عمليات الإنتاج وحتى الاستهلاك.

يمكن لمصافي تكرير النفط إنتاج وقود منخفض الكربون من خلال تكرير مواد خام متجددة مثل الزيوت النباتية المستعملة، والدهون والشحوم الحيوانية ومعالجتها في وحدات الهدرجة أو وحدة التكسير بالعامل الحفاز المائع، أو مزجها مع النفط الخام.(BYRUM, Z., et al., 2021)

يوجد خياران لتكرير الزيوت الحيوية في مصافي تكرير النفط الخام. يعتمد **الخيار الأول** على إنشاء وحدة معالجة هيدروجينية منفصلة في مصفاة تكرير النفط لمعالجة الزيوت الحيوية، ثم يتم مزج

منتجات هذه الوحدة مع المنتجات النهائية للمصفاة، وقد تلجأ المصافي إلى تعديل وحدات المعالجة الهيدروجينية القائمة لتعمل على معالجة الزيوت الحيوية وتحويلها إلى وقود متجدد، وذلك عندما تتوفر طاقة فائضة من هذه الوحدات. أما **الخيار الثاني** فيعتمد على العمليات المشتركة، حيث تحقن الزيوت الحيوية الوسطية مع لقائم بعض العمليات القائمة في المصفاة. يبين الشكل (2-13) خيارات تكرير الزيوت الحيوية في مصافي تكرير النفط.

الشكل (2-13): خيارات تكرير الزيوت الحيوية في مصافي تكرير النفط

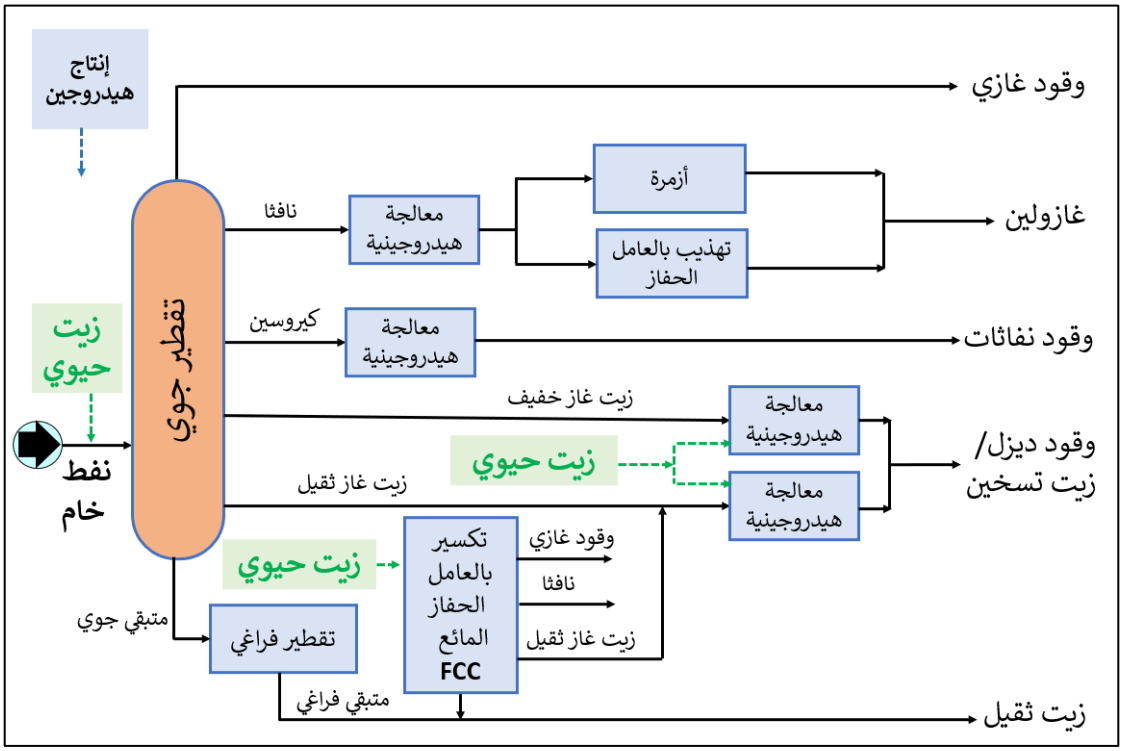


المصدر: (Sayles, S & Ohmes, R., 2021)

يعتمد قرار اختيار الحل الأمثل لمسار تكرير الزيوت الحيوية في مصافي تكرير النفط على عدة عوامل، مثل توفر طاقة فائضة في وحدات المعالجة الهيدروجينية، وإمكانية تأمين الزيوت الخام الحيوية وخصائصها. فعلى سبيل المثال، يتميز مسار إنشاء وحدة معالجة هيدروجينية منفصلة بالاستفادة من الخدمات المتوفرة في المصفاة مثل الخزانات والأنابيب ووحدات إنتاج الهيدروجين ووحدات توليد بخار الماء والكهرباء، ووحدات معالجة المياه والشعلة وغيرها.

أما في مسار العمليات المشتركة فتتم معالجة المواد المشتقة من المصادر الحيوية إلى جانب المواد النفطية في بعض وحدات المصفاة، مثل وحدات تقطير النفط الخام، وعملية التكسير الحراري، وعملية التكسير بالعامل الحفاز المائع FCC، وعمليات المعالجة الهيدروجينية والتكسير الهيدروجيني. (Avery M., and Strohm, J., 2021) يبين الشكل (2-14) العمليات المشتركة لتكرير الزيوت الحيوية في مصفاة تكرير النفط.

الشكل (2-14): العمليات المشتركة لتكرير الزيوت الحيوية في مصفاة تكرير النفط



المصدر:(Wagner DA SILVA, M., 2022)

شهدت عمليات معالجة الزيوت الحيوية في مصافي تكرير النفط اهتماماً ملحوظاً في العقدين الماضيين مدفوعة بعوامل عديدة، يأتي في مقدمتها توجه دول العالم نحو تشجيع إنتاج واستهلاك الوقود المتجدد في إطار خطط خفض انبعاثات الكربون، والعمل على تحسين اقتصاديات إنتاج الوقود الحيوي، من خلال معالجة الزيوت الحيوية الوسطية في مصافي تكرير النفط لإنتاج وقود متجدد بمواصفات مماثلة للوقود النفطي، باستخدام استراتيجية المعالجة المشتركة، وفي نفس الوقت تحسين ربحية صناعة تكرير النفط وتمكينها من تلبية متطلبات التشريعات البيئية التي تفرض على المصافي تخفيض الانبعاثات الكربونية. (Nurdiawati, A., & Urban, F., 2021)

2-4: إنتاج وقود منخفض الكربون

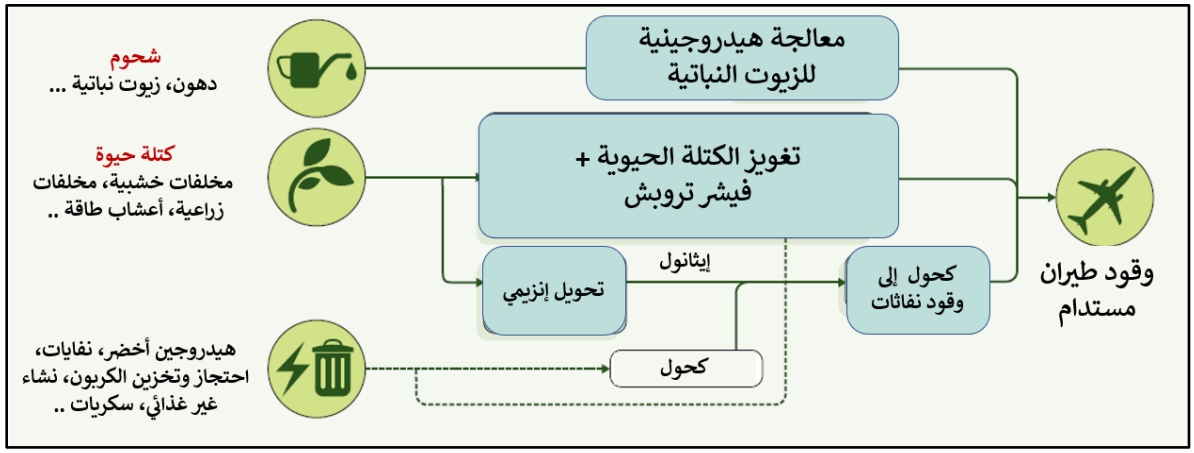
تتجه بعض مصافي تكرير النفط في العالم إلى تحويل منتجاتها إلى أنواع منخفضة الكربون، من خلال تطبيق تقنيات إنتاج وقود الطيران المستدام أو تفاعل الهيدروجين مع غاز ثاني أوكسيد الكربون لإنتاج مواد ذات خصائص مماثلة للوقود النفطي أو ما يسمى بالوقود الكهربائي Electrofuel.

2-4-1: إنتاج وقود الطيران المستدام

من أكثر عمليات إنتاج الوقود المنخفض الكربون اهتماماً والتي دخلت حيز التطبيق العملي في العديد من مناطق العالم وخاصة في أوروبا الغربية والولايات المتحدة الأمريكية هي تقنية إنتاج وقود الطيران المستدام Sustainable Aviation Fuel (SAF).

تم اعتماد سبع مسارات لعمليات إنتاج وقود الطيران المستدام القابل للمزج مع وقود النفاثات Jet A1 المنتج من مصافي تكرير النفط من قبل الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM، إلا أن من أهمها وأكثرها استخداماً هي تقنية فيشر تروبش التي اعتمدت في عام 2009، تلتها تقنية هدرجة الإستيرات والأحماض الدهنية Hydroprocessed Esters and Fatty Acids في 2011، وتقنية تحويل الكحول إلى وقود طيران ATJ التي اعتمدت في عام 2018. كافة هذه التقنيات تساهم في خفض الانبعاثات الناتجة عبر دورة حياة وقود الطيران بنسب عالية تصل إلى 90% مقارنة بوقود الطيران البترولي (Bernard, Y., et al., 2022) يبين الشكل (2-15) مسارات إنتاج وقود الطيران المستدام.

الشكل (2-15): مسارات إنتاج وقود الطيران المستدام

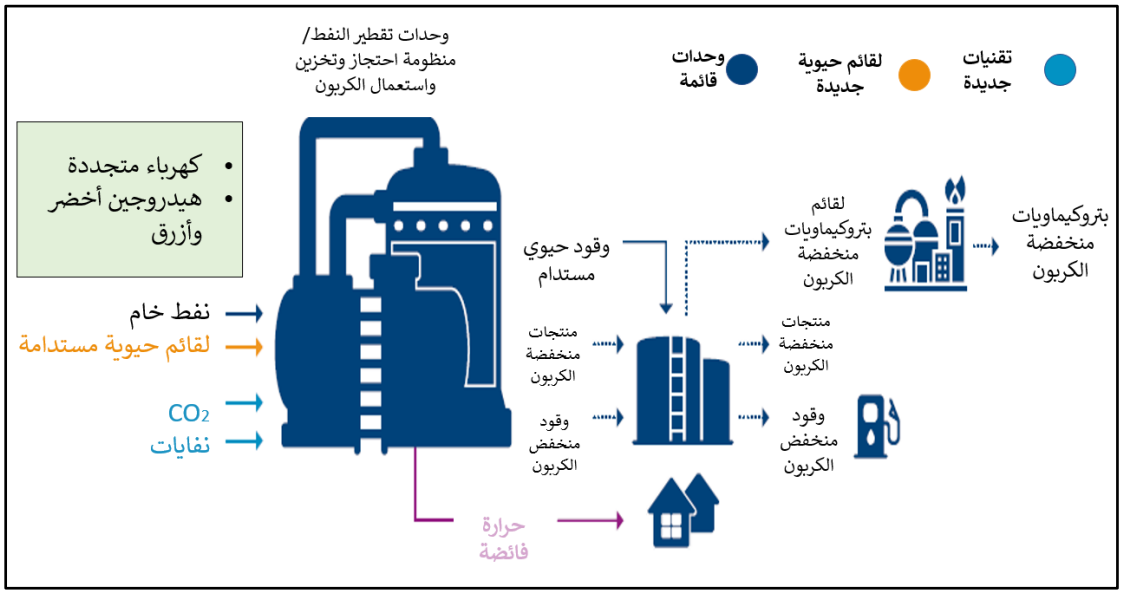


المصدر: (Bernard, Y., et al., 2022)

يعتمد مبدأ مسار فيشر تروبش على تحويل الغاز الاصطناعي Synthesis Gas، (الهيدروجين وثاني أوكسيد الكربون) المنتجان من مصادر عضوية أو من منظومة احتجاز وتخزين الكربون، إلى أنواع عديدة من الوقود السائل بما فيها وقود الطيران المستدام (SAF)، وذلك من خلال المراحل التالية:

- **مرحلة تنقية الغاز الاصطناعي**، وتهدف هذه المرحلة إلى التأكد من أن الغاز الاصطناعي خال من الشوائب الضارة بالعامل الحفاز المستخدم في عملية فيشر تروبش، مثل الغازات الحامضية.
- **مرحلة تفاعلات فيشر تروبش**، وتتم في مفاعل يحتوي على عامل حفاز لتحويل الغاز الاصطناعي إلى سوائل هيدروكربونية طويلة السلسلة.
- **مرحلة تحسين خصائص منتجات فيشر تروبش**، حيث يتم تثبيت السوائل الخام، وهدرجة الأوليفينات والأوكسجينات، ثم تكسيرها بوجود الهيدروجين، وأزمرتها. بعد ذلك يتم فصل السوائل الناتجة إلى أشكال مختلفة من الإنتاج، مثل حالة إنتاج أقصى نسبة من الكيروسين، أو أقصى نسبة من المقطرات الوسطى أو الديزل مع نسبة قليلة من النافثا. يبين الشكل (2-16) نموذج إنتاج الوقود المنخفض الكربون في مصفاة تكرير النفط.

الشكل (2-16): نموذج إنتاج الوقود المنخفض الكربون في مصفاة تكرير النفط



المصدر: (Rutz, *et al.*, 2020)

يتميز مسار هدرجة الإستيرات والأحماض الدهنية بمرونة استخدام أنواع عديدة من الزيوت النباتية والدهون الحيوانية المتجددة كلقيم لتحويلها إلى وقود طيران مستدام أو ديزل حيوي، ويعتبر هذا المسار من الحلول الفعالة التي تساعد مصافي تكرير النفط على إنتاج وقود منخفض الكربون عالي الجودة ويمكن مزجه بسهولة مع المنتجات النفطية، فضلاً عن دورها في تمكين المصفاة من تلبية متطلبات التشريعات البيئية الخاصة بخفض انبعاثات الكربون، وذلك من خلال إدخال بعض التعديلات البسيطة

على إحدى وحدات المعالجة الهيدروجينية القائمة في المصفاة لإنتاج وقود الطيران المستدام أو الديزل الحيوي. (Jenkins.S., 2022)

تتكون عملية هدرجة الإستيرات والأحماض الدهنية من المرحلتين التاليتين:

- **مرحلة المعالجة الهيدروجينية** لتخليص الزيوت النباتية والشحوم من الأوكسجينات والشوائب بوجود الهيدروجين لإنتاج البارافينات الخطية.
- **مرحلة الأزمرة بوجود الهيدروجين Hydroisomerization** لتحويل البارافينات الخطية التي أنتجت في المرحلة الأولى إلى مقطرات وسطية حيوية قابلة للمزج مع المنتجات النفطية. ويمكن تعديل ظروف تشغيل هذه المرحلة بحيث تنتج وقود طيران مستدام أو ديزل حيوي وبنسبة تتراوح من الصفر إلى المائة.

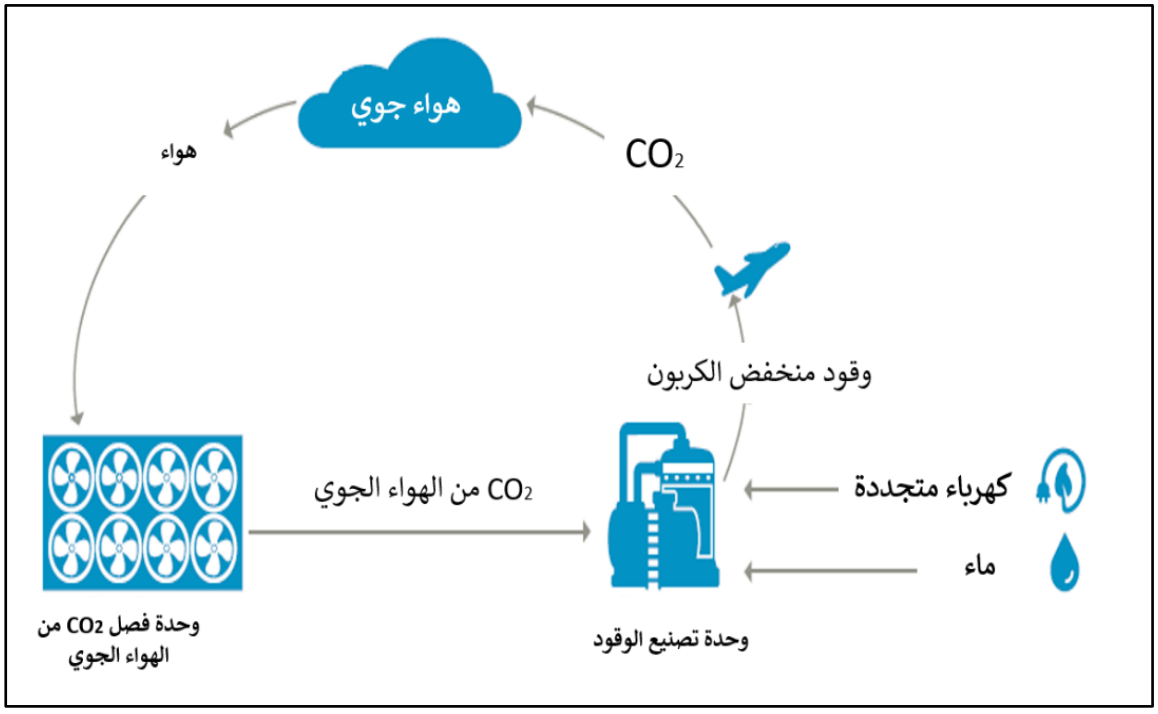
أما مسار التغويز فيعتمد على إنتاج وقود الطيران المستدام والوقود الحيوي المتقدم من تغويز المخلفات الزراعية ونفايات صناعة الخشب، ومخلفات الغابات، والزيوت النباتية المستعملة، وتتكون من المراحل التالية:

- **مرحلة المعالجة الأولية للكتلة الحيوية** كالتجفيف وتحسين تجانسها وجودة خصائصها.
- **مرحلة التغويز**، وهي عملية أكسدة جزئية في درجات حرارة وضغوط مرتفعة لتحويل المواد الكربونية إلى غاز اصطناعي خال من القار.
- **مرحلة تعديل خصائص الغاز الاصطناعي** ليتناسب مع المواصفات المطلوبة لعملية فيشر تروبش.
- **مرحلة تحسين خصائص منتجات فيشر تروبش**، وهي نفس الخطوات المبينة في مسار فيشر تروبش أعلاه.

2-4-2: تقنية تحويل الهواء إلى وقود Air to Fuel

قد تلجأ المصافي إلى تطبيق تقنية تحويل الهواء إلى وقود Air to Fuel التي طبقت للمرة الأولى من قبل شركة Carbon Engineering، وتعتمد على مبدأ إنتاج الوقود من الهيدروجين الأخضر وثاني أوكسيد الكربون المحتجز مباشرة من الهواء الجوي DAC. يدخل ثاني أوكسيد الكربون المحتجز من الهواء الجوي إلى مفاعل تصنيع الوقود المنخفض الكربون. يبين الشكل (2-17) مخطط مبسط لمبدأ تقنية الهواء إلى وقود.

الشكل (2-17): مخطط مبسط لمبدأ تقنية تحويل الهواء إلى وقود



المصدر: (Repsol, 2022)

تتميز هذه التقنية بخصائص عديدة تجعلها من التقنيات الواعدة لإنتاج الوقود المنخفض الكربون، وأهم هذه الخصائص:

- سهولة نقل وتخزين المنتجات مقارنة بالهيدروجين.
- قابلية التكامل مع البنية التحتية لمرافق نقل الغاز الطبيعي وأنابيب نقل المنتجات النفطية.

- قابلية مزجها مع العديد من المنتجات النفطية مثل، وقود الطيران والنقل البحري، ووقود تدفئة المباني السكنية، ولقائم صناعة البتروكيماويات.

تجدر الإشارة إلى أن الوقود الكهربائي لم ينتج حتى الآن على مستوى تجاري نظراً لارتفاع تكاليف إنتاجه. كما انه يحتاج إلى خمس أضعاف كمية الطاقة الكهربائية التي تحتاجها السيارة الكهربائية.

2-5: ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها

تعتبر إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة من أفضل الوسائل الممكنة لتخفيض كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 المنبعثة من حرق الوقود، فضلاً عن توفير التكاليف الباهظة نتيجة تخفيض كمية الوقود المستهلك. فعلى سبيل المثال تستهلك وحدة إنتاج إيثلين طاقتها 500 ألف طن/السنة نحو 30 ميغاوات ساعي من الطاقة الكهربائية في السنة، فلو أمكن خفض استهلاك الطاقة في أفران الوحدة بحدود 1% فإن ذلك يؤدي إلى خفض ملايين الأطنان من الانبعاثات إلى الهواء الجوي، أو ما يعادل توفير 5 مليون دولار سنوياً. (Kumar, A. 2021)

تمثل تكاليف استهلاك الطاقة ما يزيد عن 50% من إجمالي تكاليف التكرير، لهذا فإن الحرص على استقرار ظروف تشغيل عمليات التكرير في المصفاة يعتبر من أهم العوامل المساهمة في خفض التوقفات الطارئة التي تؤدي إلى هدر كميات كبيرة من الطاقة، ولتحقيق هذا الاستقرار تلجأ مصافي تكرير النفط إلى تطبيق التقنيات التي تساهم في تحسين الكفاءة التشغيلية ورصد الأعطال وتصحيحها قبل تفاقمها. (Carugo, M., 2022)

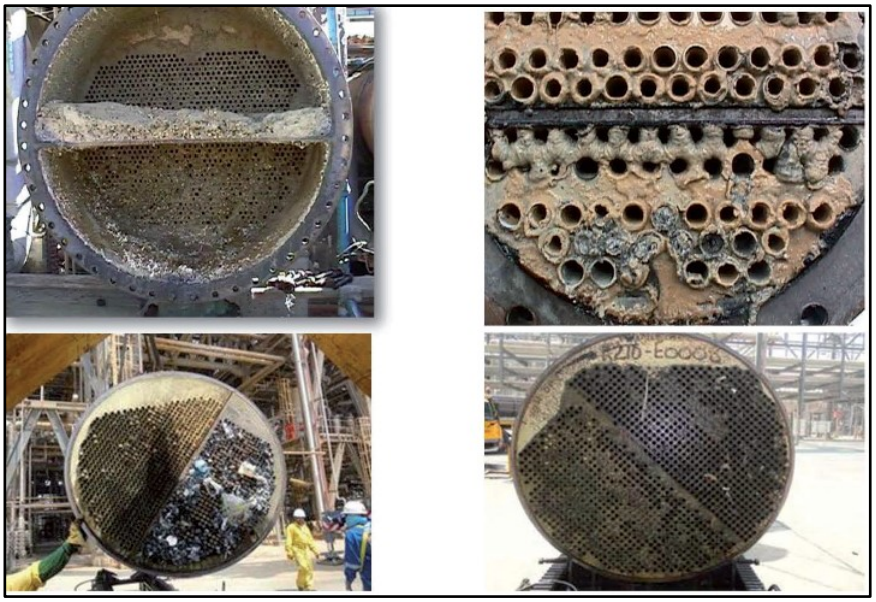
تقسم إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة التي تساهم في خفض انبعاثات الكربون في مصافي تكرير النفط إلى إجراءات بدون تكاليف أو بتكاليف بسيطة، وإجراءات متوسطة أو مرتفعة التكاليف.

2-5-1: إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة بدون تكاليف أو بتكاليف بسيطة

يمكن ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في وحدات المصفاة من خلال تطبيق بعد الإجراءات التي لا تحتاج إلى تكاليف أو بتكاليف بسيطة، من أهمها:

- **تنظيم ظروف تشغيل العمليات،** وذلك بهدف خفض استهلاك الطاقة إلى الحد الأدنى مع المحافظة على كفاءة العملية، مثل تخفيض نسبة الراجع إلى أبراج الفصل إلى الحد الأدنى.
- **تحسين عمليات الصيانة الدورية للمعدات** لتفادي الأعطال والتوقفات الطارئة التي ينتج عنها مخلفات ومنتجات خارجة عن المواصفات تحتاج إلى عمليات إعادة تكرير تستهلك طاقة إضافية.
- **تكرير نفط خام بمواصفات عالية الجودة** ذات كثافة خفيفة وغير حامضية وتحتوي على نسب منخفضة من الشوائب، حيث أن الأنواع الجيدة لا تحتاج إلى معالجة عميقة لنزع الشوائب منها وبالتالي يكون استهلاكها للطاقة أقل.
- **المحافظة على نظافة المبادلات الحرارية** وإزالة الرواسب المتراكمة على سطوح الأنابيب التي تمنع انتقال الحرارة وتسبب زيادة استهلاك الوقود في الفرن، أو ما تسمى بظاهرة الاتساخ، Fouling. ويمكن معالجة هذه المشكلة باتباع نظام مراقبة، أو حقن مواد مانعة للترسب، أو إجراء عملية تنظيف للأنابيب أثناء وجود الوحدة في دارة العمل. (Ferrara, M., 2022) يبين الشكل (2-18) انسداد أنابيب المبادلات الحرارية المسببة لهدر الطاقة.

الشكل (2-18): انسداد أنابيب المبادلات الحرارية المسببة لهدر الطاقة



المصدر: (Ferrara, M., 2022)

على سبيل المثال، انخفضت درجة حرارة اللقيم الداخل إلى فرن وحدة تقطير فراغي من 247 °م إلى 219 °م بسبب تراكم الأسفلتينات على السطح الداخلي لأنابيب سلسلة المبادلات الحرارية

الأولية، مما أدى إلى انخفاض الطاقة الإنتاجية للوحدة، فضلاً عن زيادة استهلاك الوقود الغازي بمعدل 1.67 متر مكعب قياسي/الساعة /الطن، أو ما يعادل 5.9 مليون متر مكعب في السنة، على أساس الطاقة الإنتاجية للوحدة 400 طن/الساعة، وبالتالي أدى ذلك إلى ارتفاع كمية انبعاثات الكربون من الفرن بمعدل 30 ألف طن CO_2 في السنة. وبإجراء عملية التنظيف أثناء وجود الوحدة في العمل أمكن استعادة ظروف الوحدة إلى وضعها الطبيعي خلال مدة لا تزيد عن 48 ساعة. يبين الشكل (2-19) تغير معدل استهلاك الوقود الغازي في الفرن قبل وبعد عملية تنظيف المبادلات الحرارية الأولية.

الشكل (2-19): تغير معدل استهلاك الوقود الغازي في الفرن قبل وبعد عملية تنظيف المبادلات الحرارية الأولية



المصدر: (FERRARA, M., 2022)

- **تحسين التكامل الحراري بين الوحدات**

يساهم التكامل الحراري بين الوحدات في تفادي التبريد المرحلي بين العمليات المتتالية، فعلى سبيل المثال، عندما تحول المنتجات الوسطية الخارجة من وحدة التقطير الجوي إلى وحدات المعالجة الهيدروجينية مباشرة يمكن المحافظة على درجة حرارتها المرتفعة والاستفادة منها في توفير كمية الوقود اللازم لتسخينها إلى درجة الحرارة المناسبة لتفاعل الهدرجة، وبذلك يمكن توفير الطاقة اللازمة لتبرير المنتجات الوسطية عند تحويلها إلى الخزانات.

صيانة مصائد البخار

عندما تتعطل المصيدة تسرب بخار الماء الساخن بدلاً من المياه المتكاثفة، مما يؤدي إلى هدر كبير في الطاقة وزيادة الحمل على مراجل توليد بخار الماء في المصفاة. لذلك يجب التأكد من سلامة عملها بشكل دوري وإجراء الإصلاحات اللازمة.

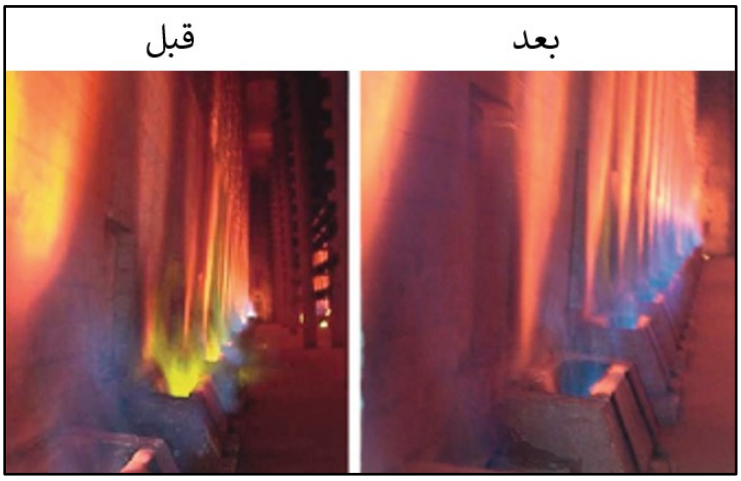
- **تحسين كفاءة حرق الوقود**

يعتمد مبدأ تحسين كفاءة الوقود **على** خفض معدل استهلاك الوقود إلى الحد الأدنى مع المحافظة على درجة الحرارة المطلوب الوصول إليها في المواد المراد تسخينها، وبدون حدوث أضرار أو آثار جانبية، وذلك من خلال ضبط نسبة الهواء الداخل إلى الحراقات، أو ما يطلق عليه بنسبة الهواء إلى الوقود، وبالتالي خفض كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون المنبعثة. فعلى سبيل المثال، تم تخفيض نسبة الهواء الزائد من 3% إلى 1% في مدخنة أحد مراجل توليد البخار يعمل على الغاز الطبيعي، طاقته 10 مليون وحدة حرارية بريطانية/الساعة، ودرجة حرارة غازات المدخنة 600 ف°، فانخفضت كمية الوقود المستهلك في الفرن بمقدار 1.5%، وهذا بالتالي أدى إلى انخفاض انبعاثات CO_2 بنسبة 1.5%. (Tallon, 2021)

ولضبط نسبة الهواء إلى الوقود عند القيمة المثالية تقاس نسبة الأوكسجين والمواد القابلة للاشتعال في غازات المدخنة والتي تشير إلى نقص الاشتعال مثل الهيدروجين H_2، وأول أوكسيد الكربون CO باستخدام أجهزة قياس خاصة لمساعدة المشغل على ضبط نسبة الأوكسجين الزائد ضمن المجال 1-3%، ونسبة المواد القابلة للاشتعال 100 جزء بالميون كحد أقصى.

ومن الإجراءات الأخرى لتحسين كفاءة حرق الوقود في الأفران تنظيف فوهات الحراقات من الرواسب التي يؤدي إلى انحراف لهب الحراق وبالتالي زيادة الانبعاثات نتيجة عدم اكتمال اشتعال الوقود. يبين الشكل (2-20) مقارنة لهب حراقات الفرن قبل وبعد التنظيف.

الشكل (2-20): مقارنة لهب حراقات الفرن قبل وبعد التنظيف



المصدر:(Tallon, 2021)

- **تطبيق نظام إدارة معلومات الطاقة (EMIS)**

تفرض هيئات حماية البيئة على مصافي تكرير النفط وجود نظام مراقبة وقياس للغازات الملوثة للبيئة، المنبعثة من الأفران ومراجل توليد بخار الماء، مثل ثاني أوكسيد الكبريت، وأكاسيد النتروجين، وثاني أوكسيد الكربون، وأول أوكسيد الكربون، والأمونيا، وغيرها. إلا أن هذا النظام يعتبر مكلفاً نظراً لما يتطلبه من إجراءات صيانة ومعايرة مستمرة، وخصوصاً بالنسبة للأفران التي يتغير فيها نوع الوقود المستخدم. ولتفادي أية تكاليف زائدة تلجأ المصافي إلى تطبيق نظام إدارة معلومات الطاقة.

تبدأ الخطوة الأولى لتطبيق نظام Energy Management Information System EMIS بإجراء قياس لكافة نقاط استهلاك الطاقة، وتعتبر هذه الخطوة من أهم خطوات إدارة الطاقة، وذلك لدورها في تحديد مواطن الهدر والعمل على معالجتها. وهذا يتطلب وجود أجهزة قياس دقيقة ومتطورة ترصد التغيرات في النقاط المستهلكة للوقود وتبرزها على لوحة مراقبة بشكل فوري. أما الخطوة الثانية فتعتمد على مقارنة القراءات مع القيمة المحددة في مؤشرات قياس الأداء KPIs، ثم يتم بعد ذلك تحديد أسباب الانحراف واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة.

تفيد التجارب العملية أن تطبيق هذه التقنيات في مصافي تكرير النفط في مناطق عديدة من العالم قد ساهم في تخفيض إجمالي تكاليف التشغيل في المصفاة بمعدل 2-3% فضلاً عن تحسين التزام المصفاة بمتطلبات التشريعات الخاصة بخفض الانبعاثات الملوثة للبيئة.

2-5-2: إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة بتكاليف متوسطة

بعض إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة يحتاج إلى تركيب معدات جديدة أو تغيير المعدات القائمة بأخرى ذات كفاءة أعلى، أو ذات خصائص تساعد على تخفيض كمية الطاقة المستهلكة، من أهمها:

- **تطوير الأجزاء الداخلية لأبراج التقطير والفصل**

تحتوي أبراج التقطير القديم أنواعاً من الأجزاء الداخلية ذات كفاءة منخفضة، يمكن استبدالها بصواني متطورة تساهم في تخفيض كمية الوقود المستهلكة في تسخين المادة الداخلة إلى البرج أو كمية الطاقة اللازمة لتبريد الراجع إلى البرج.

- **استبدال المبادلات الحرارية بأنواع ذات كفاءة أعلى**

تتوفر بعض أنواع المبادلات الحرارية الحديثة مصنوعة من معادن ذات خصائص تمكنها من نقل الحرارة بكفاءة أعلى بمساحة أصغر، بحيث يمكن استبدال المبادلات الحرارية القائمة بأخرى ذات كفاءة أعلى دون الحاجة إلى مساحة أكبر، وبالتالي تخفيض كمية الطاقة اللازمة للتسخين في الوحدات.

- **استخدام عوامل حفازة متطورة**

تتسابق الشركات المصنعة في إنتاج عوامل حفازة متطورة يمكنها الوصول إلى التفاعلات المطلوبة في المفاعل بدرجات حرارة وضغوط أخفض، وبالتالي يتم خفض كمية الطاقة اللازمة لتسخين المادة الداخلة إلى المفاعل.

- **الاستفادة من الحرارة الضائعة من غازات المدخنة**

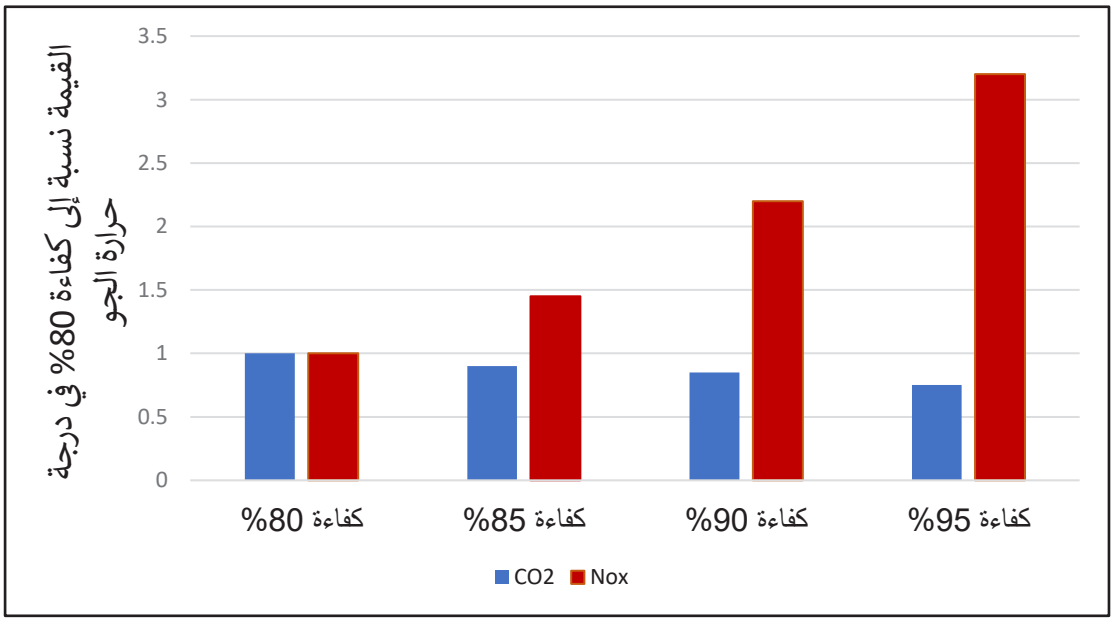
يمكن خفض تركيز CO_2 في غازات الاحتراق في أفران العمليات ومراجل توليد بخار الماء وتحسين كفاءة الوقود المستخدم من خلال الاستفادة من الحرارة الضائعة في عدة مجالات، كتسخين هواء الاحتراق الداخل إلى الحراقات، أو توليد بخار الماء، أو لتسخين الغازات الفائضة الداخلة إلى فرن الاتلاف لتوفير الوقود المستهلك.

يساهم رفع درجة حرارة الهواء الداخل إلى الحراقات في تخفيض معدل استهلاك الوقود في الفرن وبالتالي تنخفض نسبة CO_2 المنبعثة، فعلى سبيل المثال بفرض أن تركيب منظومة للاستفادة

من حرارة غازات المدخنة واستخدامها في تسخين الهواء الداخل إلى حراقات الفرن المذكور في المثال السابق قد أدى إلى خفض درجة حرارة غازات الاحتراق الخارجة من المدخنة من 600 إلى 400 ف فإن ذلك يؤدي إلى خفض نحو 5.8% من كمية الوقود المستهلك، وبالتالي خفض نحو 5.8% من انبعاثات CO_2. (Jouhara, H., et al., 2018)

تجدر الإشارة إلى أن ارتفاع حرارة الهواء الداخل إلى الحراقات يؤدي إلى زيادة تركيز أكاسيد النيتروجين NOx الذي يسبب تشكل الدخان الضبابي Smog والمطر الحامضي الضار بالبيئة. ويمكن خفض انبعاثات أكاسيد النيتروجين باستخدام معدات الاختزال الانتقائي الحفزي Selective Catalytic Reduction التي تعتمد على مبدأ امتصاص أكاسيد النيتروجين بالأمونيا، إلا أن من عيوب هذه المعدات ارتفاع تكاليف إنشائها وتشغيلها. يبين الشكل (2-21) العلاقة بين كفاءة حرق الوقود ونسبة انبعاثات أكاسيد النيتروجين وثاني أوكسيد الكربون.

الشكل (2-21): العلاقة بين كفاءة حرق الوقود ونسبة انبعاثات NOx، وCO_2

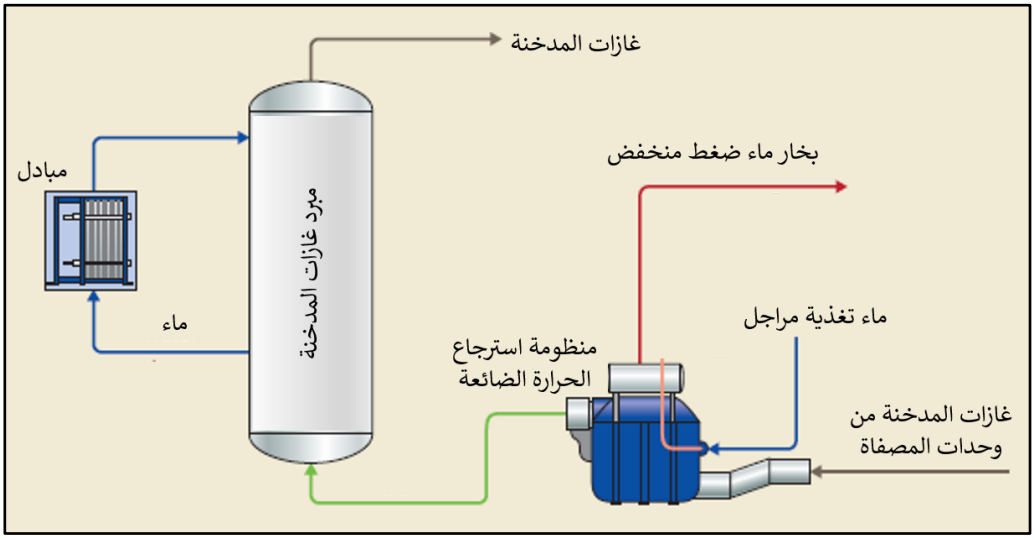


المصدر: (Tallon, 2021)

كما يمكن الاستفادة من الحرارة الضائعة من غازات المدخنة في توليد بخار الماء أو توليد الطاقة الكهربائية، وبالتالي تخفيض كمية الوقود المستهلكة في مراجل توليد بخار الماء اللازم لعمليات المصفاة. يبين الشكل (2-22) مخطط الاستفادة من الحرارة الضائعة لغازات الاحتراق في توليد بخار الماء منخفض الضغط، وفي نفس الوقت خفض تكاليف إنشاء مبرد الغازات الداخلة إلى

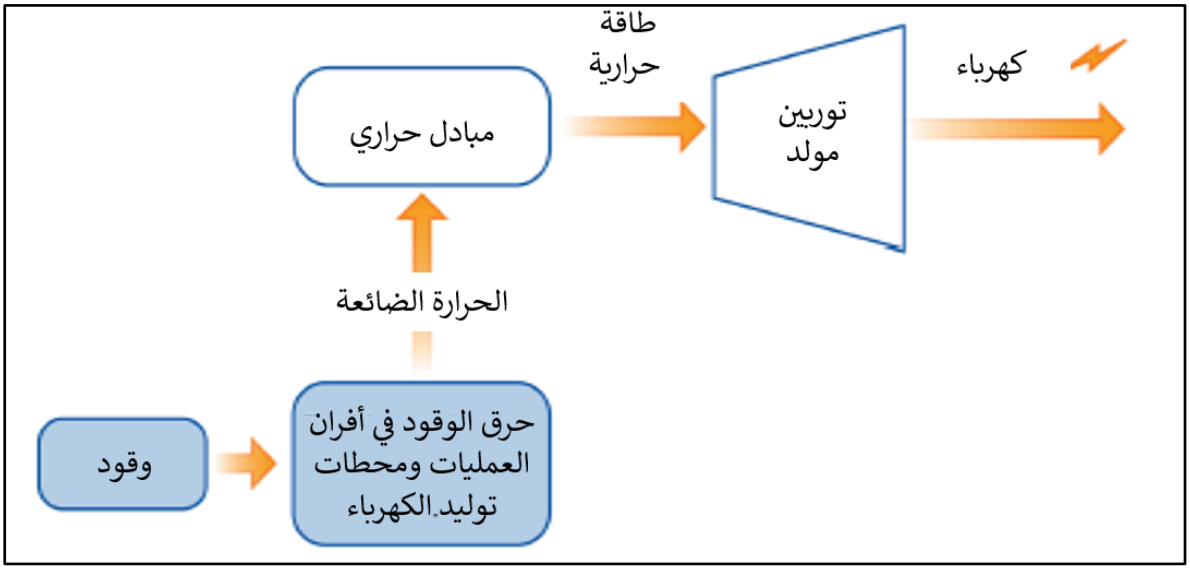
منظومة احتجاز CO_2 من المرجل (Jouhara, et al., 2018). كما يبين الشكل (2-23) مخطط الاستفادة من الحرارة الضائعة في توليد الطاقة الكهربائية. (THALLAM, A., et al., 2021)

الشكل (2-22): مخطط الاستفادة من الحرارة الضائعة لغازات الاحتراق في توليد بخار الماء



المصدر: (THALLAM, A., ALANIS, F., 2021)

الشكل (2-23): مخطط الاستفادة من الحرارة الضائعة في توليد الطاقة الكهربائية



المصدر: (EPA, 2022)

وللتأكد من الجدوى الاقتصادية لمشروع استرداد الحرارة الضائعة يجب الأخذ بالاعتبار العوامل التالية قبل البدء بالمشروع:(Houdek, et al., 2023)

- نوع المادة الحاملة للحرارة الضائعة، هل هي سائلة أم غازية.
- استمرارية المصدر، فيما إذا كان مستمراً أم أنه متقطع أو دوري، وهل عدد ساعات التشغيل تبرر التكاليف اللازمة لتنفيذ المشروع؟
- قيمة الضغط التشغيلي، ومعدل جريان، ودرجة حرارة المادة الحاملة للحرارة الضائعة فيما إذا كانت ثابتة أو أنها متغيرة على مدار السنة.
- نسبة الشوائب الموجودة في المادة الحاملة للحرارة وتأثيرها التآكلي على معادن معدات منظومة استرداد الحرارة.

- **استرجاع الهيدروجين من خطوط غاز المصفاة**

تلعب غازات المصفاة دوراً مهماً في عملية التحول إلى نظام المصفاة المنخفضة الكربون، حيث أنها تعتبر من المخلفات التي لا يمكن تفادي إنتاجها، وفي حال عدم استهلاكها محلياً سيتم حرقها في الشعلة.

تنتج بعض عمليات التكرير في مصافي النفط كمية من الغازات الهيدروكربونية كمنتج ثانوي، يحتوي على نسبة عالية من الهيدروجين، مما يجعلها قابلة للاستخدام كمصدر من مصادر الهيدروجين اللازم لوحدات المعالجة الهيدروجينية، ويحول الفائض عن حاجة هذه الوحدات إلى شبكة الوقود الغازي ليستخدم كوقود في أفران العمليات، أو كلقيم لوحدات إنتاج الهيدروجين بطريقة التهذيب البخاري. أو أنها تحرق في الشعلة. أحد الخيارات الممكنة لاستغلال غازات المصفاة هو معالجتها ورفع ضغطها ثم إدخالها إلى عنفة غازية Gas Turbine لتوليد الطاقة الكهربائية بحيث تزود بمنظومة احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون. الخيار الآخر هو استغلال غازات المصفاة في إنتاج الهيدروجين في وحدة التهذيب البخاري، وهذا الخيار يساهم في تأمين حاجة المصفاة من الهيدروجين النظيف، ويخفف أعباء تكاليف استيراد الهيدروجين من الخارج. (Jha, A., et al., 2021) يبين الجدول (2-8) نسبة الهيدروجين في الغازات الفائضة من وحدات المصفاة.

الجدول (2-8): نسبة الهيدروجين في الغازات الفائضة من وحدات المصفاة

الوحدة	الضغط، بار	H_2 % حجماً
التفحيم المؤجلDelayed Coker	10 ~	30-15
التكسير الهيدروجيني	125-40	85-60
نزع الألكلة بالهيدروجين Hydrodealkylation	28-25	75-50
التهذيب بالعامل الحفاز Catalytic Reforming	30-20	88-68
التكسير بالعامل الحفاز	20 ~	18 ~
المعالجة الهيدروجينية	50-20	80-60

المصدر: (Tagliabue, M., 2022)

يتشابه التركيب الكيميائي لغازات المصفاة مع الغاز الطبيعي في أن لهما كثافة كربون متقاربة، ويغلب على مكوناتهما غاز الميثان. إلا أن كمية الحرارة التي تنتج عن حرق غازات المصفاة أعلى من الغاز الطبيعي حيث تبلغ 1.38 ألف وحدة حرارية بريطانية لكل متر مكعب مقارنة ب 1.027 ألف وحدة حرارية بريطانية لكل متر مكعب غاز طبيعي. من جهة أخرى يأتي الغاز الطبيعي إلى المصفاة خالياً من الشوائب بينما غازات المصفاة تحتاج إلى معالجة قبل استخدامها كوقود في الأفران.

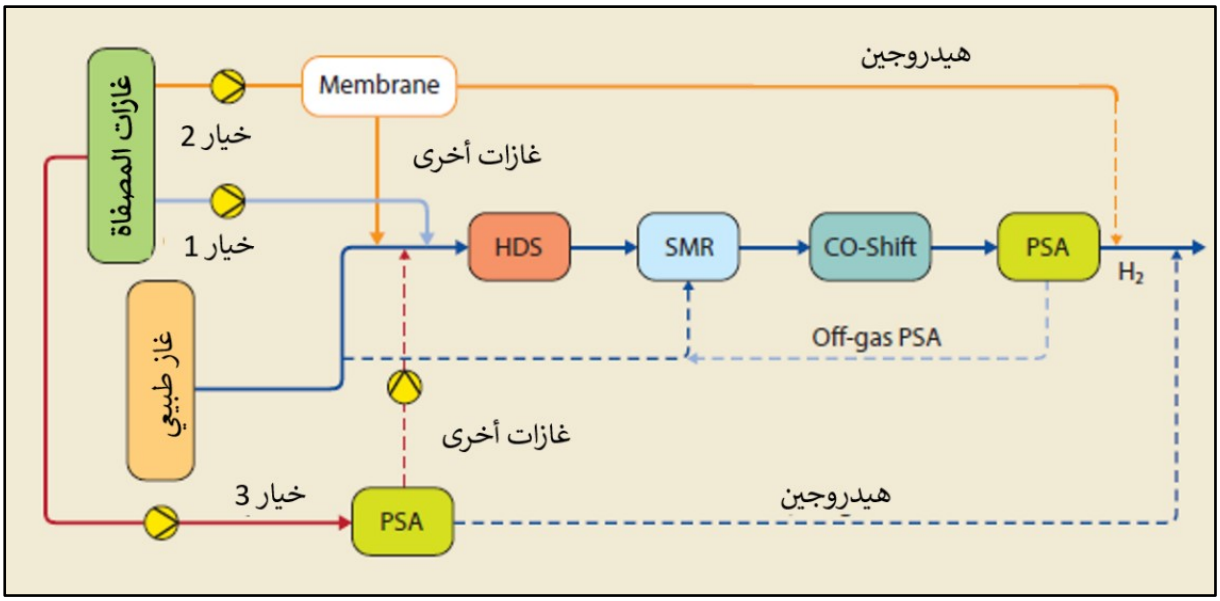
يمكن استرجاع الهيدروجين والهيدروكربونات من غازات المصفاة الفائضة بتطبيق تقنيات عديدة، من أهمها: تقنية الامتصاص بالضغط المتأرجح PSA، وتقنية الفصل بالأغشية Membrane، والتبريد العميق Cryogenic (Liu, N., 2021). يبين الشكل (2-24) خيارات الاستفادة من غازات المصفاة الفائضة. ويبين الجدول (2-9) خصائص طرق استرجاع الهيدروجين من غازات المصفاة.

الجدول (2-9): خصائص طرق استرجاع الهيدروجين من غازات المصفاة

الخصائص	أوعية الضغط المتأرجح PSA	الأغشية Membrane	التبريد Cryogenic
الحد الأدنى للهيدروجين في اللقيم %	50 ~	15	15
السعة، ألف متر مكعب قياسي H2	100-0.1	70-0.5	1000-5
ضغط اللقيم، بار	65-10	120-15	80-10
ضغط الهيدروجين المنتج، بار	قريب من ضغط اللقيم	3/1 من ضغط اللقيم	قريب من ضغط اللقيم
معالجة أولية للقيم	لا	نعم	نعم
نقاوة الهيدروجين %حجماً	99.999 ~	98	97
نسبة استرجاع الهيدروجين، %	90 ~	95	98
سهولة التوسع	+ +	+ + +	+
اقتصاد الحجم	معتدل	صغير	كبير

المصدر: (Tagliabue, M., 2020)

الشكل (2-24): خيارات الاستفادة من غازات المصفاة الفائضة



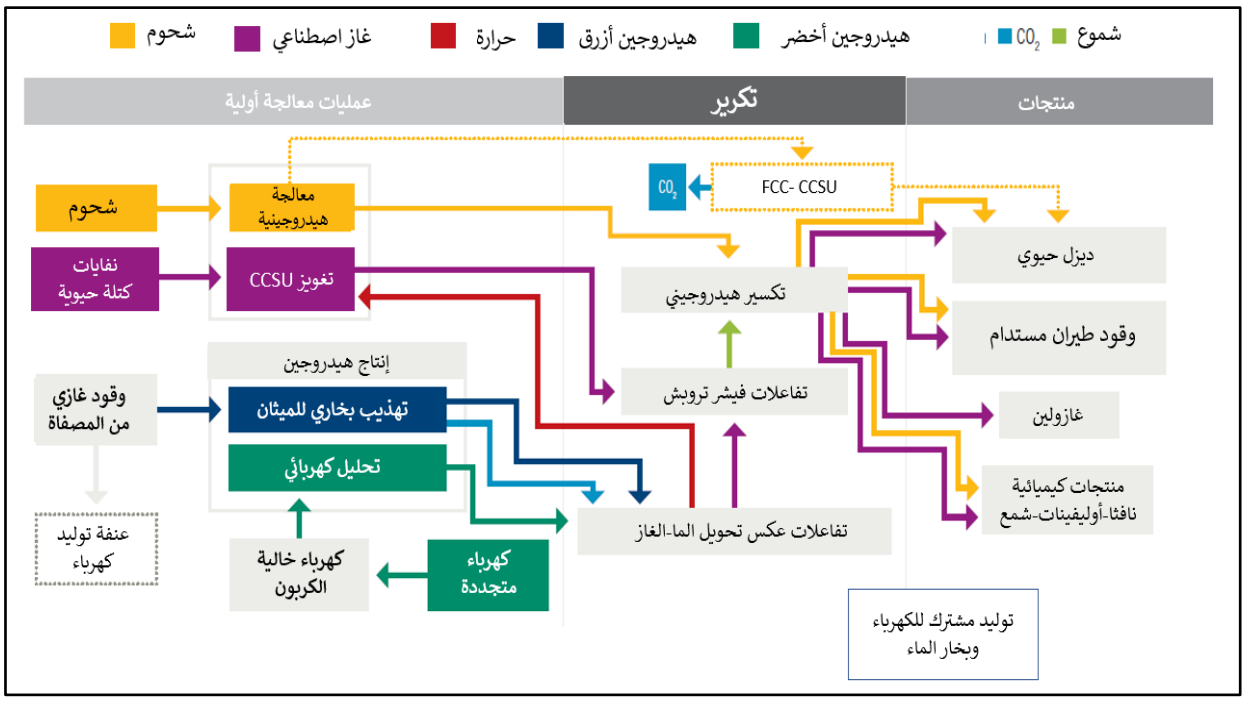
المصدر: (Tagliabue, M., 2022)

6-2: تطبيق مفهوم المصفاة نصف الدائرية Semi-circular refinery

يعتمد مبدأ مصفاة تكرير النفط نصف الدائرية، أو ما يسمى بمصفاة المستقبل، على إعادة استخدام النفايات وتحويلها إلى منتجات ذات قيمة ضمن وحدات المصفاة بدلاً من ترحيلها أو حرقها في الشعلة. يبين الشكل (2-25) مخططاً لرؤية مصفاة المستقبل نصف الدائرية والتي تطبق فيها خيارات خفض الانبعاثات الكربونية، وأهمها:

- تدوير غازات المصفاة لاستخدامها كلقيم في وحدة إنتاج الهيدروجين أو كوقود في محطة توليد الطاقة الكهربائية اللازمة لعمليات التسخين بدلاً من حرقها في الشعلة.
- تدوير غاز ثاني أوكسيد الكربون المحتجز لاستعماله في وحدة فيشر- تروبش لإنتاج وقود منخفض الكربون
- تغويز الكتلة الحيوية لإنتاج غاز اصطناعي يمكن فصله إلى هيدروجين وغازات أخرى يمكن تحويلها إلى وقود منخفض الكربون بعملية فيشر- تروبش.
- تكرير زيوت حيوية في وحدات المصفاة لإنتاج وقود منخفض الكربون.
- استخدام الكهرباء المتجددة، والهيدروجين الأخضر.

الشكل (2-25): مصفاة المستقبل نصف الدائرية وخيارات خفض الانبعاثات الكربونية



المصدر:(Sharma., B., et al., 2021)

يهدف نظام مصفاة تكرير النفط نصف الدائري إلى إزاحة أو الحد من استعمال بعض المواد المستخدمة في مصفاة تكرير النفط التقليدية. فعلى سبيل المثال، يمكن خفض كمية النفط الخام المكرر باستبداله بوحدة تغويز مخلفات الكتلة الحيوية لإنتاج غاز اصطناعي يتكون من هيدروجين يستخدم في عمليات المعالجة الهيدروجينية في المصفاة، وغازات أخرى يمكن تحويلها إلى وقود منخفض الكربون بعملية فيشر تروبش.

يعتمد نظام مصفاة تكرير النفط نصف الدائري بشكل كبير على عمليات فيشر- تروبش، والتكسير الهيدروجيني، حيث يتركز الهدف من عملية فيشر- تروبش في تحويل الغاز الاصطناعي إلى هيدروكربونات قابلة للحرق. أما الغاز الاصطناعي فيتم إنتاجه بطريقتين، الأولى من تغويز الكتلة الحيوية لتكوين هيدروجين، وأول أوكسيد الكربون CO، وثاني أوكسيد الكربون CO_2، حيث يتم تحويل كل من الهيدروجين وأول أوكسيد الكربون إلى غاز اصطناعي، بينما يتم احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون أو تخزينه أو استعماله في المصفاة. الطريقة الثانية هي عملية التهذيب البخاري للميثان SMR، أو التحليل الكهربائي، يتبع ذلك عملية تحويل ثاني أوكسيد الكربون إلى أول أوكسيد الكربون ودمجه مع الهيدروجين.

تتميز عملية التهذيب البخاري للميثان في أنها تحصل على CO_2 اللازم ذاتياً، بينما تحصل عملية التحلل الحراري على CO_2 من خارج الوحدة أو خارج المصفاة.

في عملية التكسير الهيدروجيني يتم تكسير الدهون المكررة والشموع الناتجة عن عملية فيشر-تروبش إلى منتجات متنوعة مثل الديزل الحيوي أو وقود النفاثات الحيوي، والغازولين، والكيماويات الحيوية.

الفصل الثالث

تطورات مشاريع نزع الكربون في مصافي تكرير النفط في العالم

مقدمة

تشهد صناعة تكرير النفط في العالم تحديات ناتجة عن التوجه نحو التحول إلى الطاقة المنخفضة الكربون، مما دفع العديد من المصافي إلى إعداد خطط وتنفيذ مشاريع لتحويل عملياتها بما يتوافق مع هذا التوجه. وتركزت معظم هذه المشاريع في كل من أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية. (أوابك، 2023)

يتناول هذا الفصل أهم المشاريع التي نفذت، أو الجاري تنفيذها أو المخطط إنشاؤها في بعض مناطق العالم. كما يستعرض بعض الأمثلة العملية لمشاريع وخطط نزع الكربون في مصافي تكرير النفط حول العالم، مع الإشارة إلى أهم النتائج التي أمكن تحقيقها أو المتوقع الحصول عليها مستقبلاً.

3-1: مشاريع نزع الكربون في مصافي تكرير النفط في أوروبا الغربية

في إسبانيا، وقعت شركة Repsol SA الإسبانية، عقداً مع شركة Axens الفرنسية للحصول على ترخيص التكنولوجيا لوحدة إنتاج وقود حيوي في مصفاة Cartagena طاقتها التكريرية 220 ألف ب/ي. يتكون المشروع من وحدة إنتاج هيدروجين أخضر طاقتها 100 ميغاواط، ووحدة هدرجة الشحوم لإنتاج حوالي 250 ألف طن/السنة من الوقود المتجدد الخالي من الكبريت، والمكون من الديزل، ووقود نفاثات، والنافثا، والبروبان. تبلغ كلفة المشروع 188 مليون يورو، ويأتي في إطار التزام الشركة بخطة تحول الطاقة وتحقيق هدف خفض الانبعاثات إلى الصفر بحلول عام 2050، وفقاً لمتطلبات اتفاقية باريس لتغير المناخ. كما أعلنت الشركة عن خطتها لمضاعفة معدل إنتاج الوقود الحيوي العالي الجودة من الزيوت النباتية لتصل إلى 600 ألف طن/السنة بحلول عام 2030 وعلى مرحلتين، بحيث يتم إنجاز نصف الطاقة الإنتاجية باستخدام الزيوت النباتية المستعملة بحلول عام 2025. كما تتضمن خطة الشركة تنفيذ مشروع لنزع الكربون في مصفاة Bilbao طاقتها التكريرية 220 ألف ب/ي، في مدينة Muskiz

شمال إسبانيا، يتضمن إنشاء وحدة إنتاج هيدروجين أخضر طاقتها 2.5 ميغاواط، بكلفة 8.9 مليون يورو لتزويد المصفاة والمصافي الأخرى المجاورة بالهيدروجين. كما يتضمن المشروع إنشاء وحدتي إنتاج هيدروجين أخضر، الأولى طاقتها 10 ميغاواط في ميناء Bilbao لتزويد الهيدروجين إلى وحدة إنتاج وقود اصطناعي، ستقوم بإنشائها شركة Petronor، ويشترك في ملكيتها كل من شركة Petronor و Repsol وأرامكو السعودية، و EVE، وEnagas. ويتوقع بدء تشغيل المشروع في عام 2024. أما الوحدة الثانية فتبلغ طاقتها 100 ميغاواط والتي ستزود الهيدروجين الأخضر إلى المصافي التابعة لشركة Petronor، ويتوقع إنجاز الوحدة في عام 2025.

من جهة أخرى تخطط شركة Repsol لإنشاء وحدتين لإنتاج الوقود الاصطناعي المتجدد، أو ما يسمى بالوقود الكهربائي (E-fuel) من غاز ثاني أوكسيد الكربون والهيدروجين الأخضر طاقتها 50 ألف ب/ي، بكلفة 60 مليون يورو، ويتوقع بدء تشغيل الوحدة بحلول عام 2024، أما الوحدة الثانية فتعتمد على تحويل 10 آلاف طن/السنة من النفايات البلدية إلى وقود يستخدم في أفران عمليات التكرير في المصفاة بدلاً من الوقود الأحفوري. كما أكدت شركة Repsol أنها تمكنت من تصدير أول شحنة من وقود النفاثات الحيوي المنتج من الوحدة الجديدة التي أنشأتها في مصفاة Puertollano طاقتها التكريرية 150 ألف ب/ي.

في ألمانيا، أعلنت شركة Royal Dutch Shell عن خطة لتحويل مصفاة تكرير النفط Shell Rheinland طاقتها التكريرية 150 ألف ب/ي في مدينة Wesseling الألمانية إلى مصفاة لإنتاج الوقود المتجدد مثل وقود النفاثات الحيوي والغاز الحيوي المسال، وذلك في إطار خططها لخفض الانبعاثات الكربونية إلى الصفر بحلول عام 2050. يذكر أن الشركة قد أعلنت عن بدء تشغيل وحدة تحليل كهربائي لإنتاج الهيدروجين الأخضر طاقتها 10 ميغاواط أطلق عليها اسم Refhyne في مدينة Wesseling، كما تم اتخاذ قرار رفع الطاقة الإنتاجية لهذه الوحدة إلى 100 ميغاواط.

كما يجري العمل في المشروع المشترك الذي أعلنت عنه كل من شركة Bp البريطانية وشركة Orsted الدنماركية لإنشاء وحدة إنتاج هيدروجين أخضر طاقتها الإنتاجية 9,000 طن/السنة في مصفاة Lingen طاقتها التكريرية 100 ألف ب/ي التي تمتلكها شركة Bp في منطقة Emsland شمال غرب ألمانيا. يهدف المشروع إلى استبدال حوالي 20% من إجمالي حاجة المصفاة من الهيدروجين المنتج من الوقود الأحفوري بالهيدروجين الأخضر، وخفض حوالي 80 ألف طن/السنة من انبعاثات غاز ثاني أوكسيد

الكربون في مرحلته الأولية التي ستعزز خطة الشركة في استكمال المرحلة النهائية التي يتوقع أن تساهم في تحويل إجمالي الهيدروجين المستهلك في المصفاة إلى الهيدروجين الأخضر. يعتمد مبدأ عمل هذه الوحدة على إنتاج الهيدروجين الأخضر من عملية التحليل الكهربائي للماء باستخدام الكهرباء المولدة من طاقة الرياح. ويتوقع بدء الإنتاج في عام 2024.

في إيطاليا، أعلنت شركة ENI SPA عن بدء إنتاج وقود النفاثات الحيوي في مصفاة تكرير النفط Taranto التي تملكها في إيطاليا طاقتها التكريرية 110 ألف ب/ي. جاء هذا المشروع في إطار خطة الشركة لرفع طاقتها الإنتاجية من الوقود الحيوي في مجمعاتها القائمة إلى 1.1 مليون طن/السنة.

في السويد، وقعت شركة Preem السويدية عقداً مع شركة Honeywell UOP LLC، لاختبار تطبيق تكنولوجيا إنتاج الوقود المتجدد باستخدام تكنولوجيا العمليات المشتركة لتكرير الزيوت المنتجة من التحلل الحراري لنفايات معامل الخشب في السويد في مصفاة Lysekil تبلغ طاقتها التكريرية 220 ألف ب/ي. وفي يونيو/حزيران 2021 أعلنت الشركة عن انجاز المرحلة الأولى والتي تم خلالها تكرير 300 طن في وحدة التكسير بالعامل الحفاز المائع FCC، والبدء بالمرحلة الثانية التي تتضمن تكرير 50 ألف طن من زيوت التحلل الحراري خلال السنتين القادمتين.

يذكر أن شركة Preem كانت قد أعلنت عن البدء بمشروع إنشاء وحدة جديدة لإنتاج الوقود الحيوي اعتماداً على زيت الصنوبر كلقيم طاقتها الإنتاجية 16 ألف ب/ي، في مصفاة Gothenburg السويدية طاقتها التكريرية 125 ألف ب/ي، إضافة إلى إنشاء وحدة احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون لخفض انبعاثات الكربون، ويتوقع إنجازها في عام 2025. يأتي إنجاز هذه المشاريع في إطار خطة الشركة لخفض انبعاثات الكربون ورفع إنتاج الوقود الحيوي إلى 100 ألف ب/ي بحلول عام 2030.

في فرنسا، وقعت شركة Total Energies عقد تنفيذ التصاميم الهندسية الأولية لوحدة إنتاج وقود حيوي من خلال تحويل 400 ألف طن/السنة من الشحوم الحيوانية مع جزء من الزيوت النباتية المستعملة كلقيم، كجزء من مشروع تحويل موقع مصفاة Grandpuits شمال فرنسا التي تم توقيفها في عام 2015، طاقتها التكريرية 100 ألف ب/ي إلى مجمع لإنتاج الوقود الحيوي بكلفة استثمارية قدرها 500 مليون يورو. ستنتج الوحدة عند تشغيلها حوالي 170 ألف طن/السنة ديزل حيوي، و120 ألف طن/السنة وقود نفاثات حيوي، و50 ألف طن/السنة نافثا متجددة لاستخدامها في إنتاج البلاستيك الحيوي. ويتوقع بدء التشغيل التجاري بحلول عام 2024. يأتي هذا المشروع في إطار خطة فرنسا لرفع

معدل إنتاجها من الوقود المتجدد إلى 5 مليون طن/السنة بحلول عام 2030، وذلك لتحقيق أهدافها التي ترمي إلى التحول إلى الطاقة المنخفضة الكربون بحلول عام 2040.

يذكر أن شركة Total Energies سبق أن نفذت مشروع تحويل مصفاة La Mede المتوقفة طاقتها التكريرية 153 ألف ب/ي، إلى مصفاة لإنتاج زيت الديزل الحيوي ووقود النفاثات الحيوي طاقتها الإنتاجية 500 ألف طن/السنة، وكلفة 310 مليون دولار أمريكي، وبدأ تشغيلها في عام 2019.

في النرويج، وقعت شركة Orbit Orgio AS المتفرعة عن شركة Biojet AS عقداً مع شركة KBR لتقديم التصاميم الهندسية الأولية وأعمال البناء لمشروع إنشاء وحدة لتحويل مخلفات الغابات إلى وقود متجدد في منطقة Ringerike النرويجية. ويتوقع إنجاز المشروع في عام 2026.

في المملكة المتحدة، أعلنت مجموعة INIOS Group عن خطة لاستثمار مليار جنيه استرليني لتنفيذ مشروع خفض انبعاثات غازات الدفيئة في مجمع التكرير والبتروكيماويات الذي تملكه في Grangemouth في اسكتلاندا، الذي يحتوي على مصفاة طاقتها التكريرية 210 ألف ب/ي. يتضمن المشروع إنشاء وحدة إنتاج هيدروجين مزودة بمنظومة احتجاز وتخزين غاز ثاني أوكسيد الكربون، تبلغ طاقتها مليون طن في السنة من غاز CO_2، إضافة إلى تركيب منظومة جديدة لاحتجاز وتخزين ثاني أوكسيد الكربون من وحدة الهيدروجين القائمة في المصفاة. كما تتضمن الخطة إجراءات أخرى لخفض انبعاثات الغازات الدفيئة تعتمد على ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في وحدات المصفاة، إضافة إلى تعزيز عمليات التسخين الكهربائي بدلاً من الطرق الحرارية. يأتي المشروع في إطار خطة شاملة لخفض انبعاثات الكربون في المصفاة إلى أدنى من 2 مليون طن/السنة، أو ما يعادل 60% أدنى من مستوى عام 2005 بحلول عام 2030، ثم إلى الصفر بحلول عام 2045.

من جهة أخرى، أعلنت شركة Phillips 66 في عام 2022 عن إنجاز مشروع رفع طاقة إنتاج الوقود الحيوي من 1,000 ب/ي إلى 3,000 ب/ي في مصفاة Humber طاقتها التكريرية 221 ألف ب/ي، كما تخطط لرفع طاقة إنتاج الوقود الحيوي في المصفاة إلى 5,000 ب/ي بحلول عام 2024.

في هنغاريا، أعلنت مجموعة MOL في مارس/آذار 2021عن بدء الإنتاج في وحدة الديزل المتجدد في مصفاة Duna، في بودابيست طاقتها الإنتاجية 8.1 مليون طن/السنة، وذلك اعتماداً على تقنية

العمليات المشتركة لتكرير الزيوت الحيوية المكونة من الزيوت النباتية المستعملة والدهون الحيوانية مع النفط الخام.

في هولندا، أعلنت مؤسسة .Neste Corp عن توقيع عقد مع شركة Technip Energies لتقديم خدمات إدارة أعمال التصاميم الهندسية والتوريد والإنشاء لمشروع توسيع طاقة إنتاج الوقود المتجدد في مصفاة روتردام لرفع معدل إنتاجها من وقود النفاثات المتجدد إلى 500 ألف طن/السنة بحلول عام 2025. كما أعلنت .Neste Corp عن توقيع عقد مماثل مع الشركة لمشروع إنشاء وحدة لإنتاج وقود نفاثات متجدد منفصلة في روتردام طاقتها الإنتاجية 450 ألف طن/السنة بكلفة 190 مليون يورو، ويتوقع بدء تشغيلها في عام 2023. وفي نوفمبر/تشرين الثاني 2021 أعلنت الشركة عن البدء بتنفيذ مشروع إنتاج هيدروجين متجدد بطريقة التحليل الكهربائي Electrolysers، ومنظومة احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون في مصفاة تكرير النفط Porvoo التي تملكها في فنلندا طاقتها التكريرية 206 ألف ب/ي. يأتي هذا المشروع في إطار خطة .Neste Corp لتحويل إنتاجها من وقود خال من الكربون بحلول عام 2035.

كما أعلنت شركة Royal Dutch Shell عن قرار الاستثمار النهائي لمشروع إنشاء وحدة إنتاج وقود حيوي طاقتها الإنتاجية 820 ألف طن/السنة في مصفاة Pernis بمجمع Shell للطاقة والكيماويات في روتردام، ويتوقع البدء بتشغيل الوحدة في عام 2024، وستكون أكبر وحدة تعتمد على إنتاج الوقود المتجدد من النفايات، مثل الزيوت النباتية المستعملة والدهون الحيوانية والمخلفات الزراعية والصناعية الأخرى في أوروبا. ستنتج الوحدة كمية من الديزل المتجدد تساهم في خفض حوالي 2.8 مليون طن/السنة من انبعاثات CO_2، أو ما يعادل إزالة أكثر من مليون سيارة من طرقات أوروبا. يأتي هذا المشروع في إطار خطة شركة شل لتطوير مصافي النفط التي تملكها بحيث يمكنها تحويل 55% من منتجاتها النفطية إلى وقود متجدد بحلول عام 2030، كما سيساهم المشروع في مساعدة هولندا على تحقيق خطة خفض الانبعاثات إلى الصفر بحلول عام 2050.

من جهة أخرى، أعلنت شركة مصفاة Dutch Refiner Zeeland NV، وهي شركة مشتركة بين Total Energies، وLukoil عن توقيع عقد مع شركة Air Liquid SA لتقديم ترخيص التكنولوجيا لوحدة احتجاز وتسييل غاز ثاني أوكسيد الكربون من غازات المدخنة في وحدة إنتاج الهيدروجين في مصفاة تكرير النفط Vlissingen التي تملكها الشركة، طاقتها التكريرية 148 ألف ب/ي. تهدف الوحدة

الجديدة إلى احتجاز وتسييل حوالي 2400 طن/اليوم من غاز CO_2 والتي تمثل 90% من انبعاثات وحدة إنتاج الهيدروجين. يأتي هذه المشروع في إطار خطة بعيدة الأمد لخفض انبعاثات الكربون في المصفاة بمقدار 800 ألف طن/السنة.

2-3: مشاريع نزع الكربون في أمريكا الشمالية

في ولاية **ألاباما**، أعلنت شركة Vertex Energy Inc. عن تنفيذ مشروع تحويل وحدة التكسير الهيدروجيني القائمة إلى وحدة إنتاج الديزل المتجدد في مجمع موبيل للتكرير والبتروكيماويات الذي تملكه في ولاية ألاباما طاقته التكريرية 75 ألف ب/ي بطاقة إنتاجية قدرها 14 ألف ب/ي، وكلفة 90-100 مليون دولار أمريكي.

كما وقعت شركة CVR Energy عقداً مع شركة Haldor Topsoe لتقديم ترخيص تكنولوجيا العملية والتصاميم الهندسية الأساسية وتوريد المعدات والعامل الحفاز لمشروع تحويل وحدة تكسير هيدروجيني طاقتها 19 ألف ب/ي إلى وحدة إنتاج ديزل متجدد في مصفاة Wynnewood بولاية أوكلاهوما طاقتها التكريرية 74,5 ألف ب/ي. ستنتج الوحدة حوالي 100 مليون غالون/ السنة من الديزل المتجدد باستخدام زيت بذور الصويا كلقيم، وتبلغ كلفة المشروع 110 مليون دولار أمريكي، ويتوقع بدء الإنتاج في مطلع عام 2022. تجدر الإشارة إلى أن شركة CVR Energy تنفذ مشروعاً مماثلاً في مصفاة Coffeyville بولاية كنساس طاقتها التكريرية 132 ألف ب/ي.

في ولاية **تكساس**، أعلنت شركة BioEnergy LLC. عن انطلاق أعمال الإنشاء في مشروع مصفاة حيوية لإنتاج وقود النفاثات المستدام، والديزل المتجدد والنافثا المتجددة من مخلفات الغابات في مدينة Bon Wier بولاية تكساس، طاقتها الإنتاجية 34 مليون غالون/السنة، بكلفة 1.7 مليار دولار أمريكي، مزودة بمنظومة احتجاز وخزن غاز ثاني أوكسيد الكربون. ومن المتوقع بدء تشغيلها في عام 2025. وتعتبر هذه المصفاة المرحلة الأولى من خطة إنشاء 12 مصفاة مماثلة.

كما أعلنت شركة Prairie Energy Partners LLC أن مدينة فيكتوريا بولاية تكساس أو لينكولن بولاية أوكلاهوما هي الخيارات المحتملة لموقع مشروع إنشاء مصفاة خالية الكربون وكاملة التحويل لتكرير النفط الخام الأمريكي الخفيف، والنفوط الصخرية Shale Crudes، لإنتاج وقود منخفض الكربون مكون من الغازولين ووقود النفاثات والديزل، بكلفة قدرها 5.56 مليار دولار أمريكي طاقتها

التكريرية 250 ألف ب/ي. سوف تزود المصفاة بأحدث التقنيات التي تساهم في خفض كمية غازات الدفيئة المنبعثة بمقدار 95%، إضافة إلى خفض معدل استهلاك وإنتاج المياه بمقدار 90% من خلال إعادة استخدام 80% من المياه المنتجة من المصفاة.

إضافة إلى إنشاء منظومة احتجاز وخزن غاز ثاني أوكسيد الكربون في وحدات إنتاج الهيدروجين، ستستخدم المصفاة الهيدروجين الأزرق والأخضر كوقود في أفران العمليات بدلاً من الغاز الطبيعي. كما ستعتمد على استهلاك الطاقة الكهربائية المولدة من مصادر متجددة كالطاقة الشمسية أو طاقة الحرارة الجوفية، أو الناتجة عن منظومة الاستفادة من الحرارة العادمة. ويتوقع بدء التشغيل التجاري للمصفاة في عام 2025.

أما مؤسسة Chevron فقد أعلنت عن خطة لرفع الطاقة التكريرية لمصفاة Pasadena التي تملكها في ولاية تكساس من 110 إلى 125 ألف ب/ي بكلفة 400 مليون دولار. كما يتضمن المشروع تحسين مرونة المصفاة لتكرير أنواع من النفط الخام المنتجة محلياً، علاوة على إنتاج وقود النفاثات وتحسين شروط السلامة في المصفاة، وخفض الانبعاثات. ويتوقع إنجاز المشروع في عام 2024.

كما أعلنت مؤسسة Chevron عن اكتمال عملية شراء مصفاة Geismar بمبلغ 3.15 مليار دولار من مجموعة Renewable Energy Group والبدء بمشروع رفع الطاقة الإنتاجية لوحدة إنتاج الديزل الحيوي من 90 إلى 250 مليون غالون في السنة بكلفة 950 مليون دولار. ويتوقع أن يساهم المشروع في تخفيض 2.8 مليون طن من انبعاثات CO_2 في المصفاة سنوياً،

في ولاية **لويزيانا**، أعلنت شركة Air products عن خطة لإنشاء مجمع للطاقة النظيفة بكلفة استثمارية قدرها 4.5 مليار دولار أمريكي، يتكون من وحدة إنتاج هيدروجين أزرق طاقتها 750 مليون قدم مكعب قياسي في اليوم مزودة بمنظومة احتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون، ستكون الأكبر في العالم. ويتوقع أن يبدأ المشروع بالإنتاج في عام 2026، وسيتم تسويق الهيدروجين المنتج إلى مصافي تكرير النفط ومصانع البتروكيماويات في المنطقة.

كما أعلنت شركة PBF Energy عن توقيع عقد مع شركة Honeywell UOP لتقديم ترخيص تكنولوجيا عملية Ecofining لتحويل وحدة تكسير هيدروجيني متوقفة عن العمل منذ عام 2010 في مصفاة Chalmette في ولاية لويزيانا طاقتها التكريرية 180 ألف ب/ي إلى وحدة إنتاج ديزل حيوي

بطاقة إنتاجية قدرها 20 ألف ب/ي، وتكلفة استثمارية قدرها 550 مليون دولار أمريكي باستخدام زيوت بذور الصويا والذرة والدهون الحيوانية.

من جهة أخرى أعلنت شركة Strategic Biofuels LLC عن مشروع إنشاء مصفاة وقود حيوي جديدة في ميناء كولومبيا طاقتها الإنتاجية 32 مليون غالون/السنة باستخدام نفايات الخشب كلقيم. كما ستحتوي الوحدة على منظومة احتجاز ثاني أوكسيد الكربون، مما يعني أنها ستساهم في إزالة الكربون من البيئة بمعدل أعلى من كمية إنتاجها. تبلغ التكلفة الاستثمارية للمشروع 700 مليون دولار أمريكي، ويتوقع أن يبدأ الإنتاج في نهاية عام 2024.

كما أعلنت شركة "دياموند للديزل الأخضر القابضة" Diamond Green Diesel Holding، وهي شركة مشتركة بين مؤسسة Valero Energy Corp.، ومؤسسة Darling Ingredients بنسبة 50:50% عن توقيع عقد مع شركة Honeywell-UOP للحصول على ترخيص تكنولوجيا العمليات لوحدة إنتاج الديزل الحيوي باستخدام زيوت الطهي المستعملة والزيوت النباتية غير الغذائية، طاقتها الإنتاجية 30 ألف ب/ي في مصفاة Norco لتكرير النفط التي تمتلكها في ولاية "لويزيانا". يذكر أن الشركة كانت قد أعلنت أن هذه الوحدة هي الثانية في مصفاة Norco، وأن عمليات التشغيل التجريبي للوحدة الأولى ستبدأ بطاقة إنتاجية قدرها 30 ألف ب/ي. تجدر الإشارة إلى أن هذه الشركة تقوم حالياً بتنفيذ مشروع إنشاء وقود ديزل حيوي طاقتها 470 مليون غالون في السنة بكلفة 1.1 مليار دولار في مصفاة "فاليرو"، وستكون المصفاة الأكبر لوقود الديزل الحيوي في العالم، ويتوقع أن تبدأ الإنتاج في مطلع عام 2024.

أما مجموعة Renewable Energy Group فقد أعلنت عن توقيع عقد مع John Wood Group PLC لتقديم خدمات إدارة أعمال الهندسة بدء أعمال الإنشاء في مشروع رفع الطاقة الإنتاجية لوحدة إنتاج الديزل الحيوي من 90 مليون غالون في السنة إلى 250 مليون غالون في السنة في مصفاة Geismar بولاية لويزيانا بكلفة 825 مليون دولار أمريكي، ويتوقع أن يساهم المشروع في تخفيض 2.8 مليون طن من انبعاثات CO_2 في المصفاة سنوياً وأن يدخل مرحلة الإنتاج في عام 2024.

وفي ولاية **مونتانا**، أعلنت شركة Calumet Specialty Products LP عن توقيع عقد مع شركة Burns & McDonnel لتقديم أعمال الهندسة والتوريد والإنشاء لمشروع تحويل وحدة التكسير الهيدروجيني القائمة في مصفاة Great Falls، طاقتها التكريرية 30 ألف ب/ي، إلى وحدة إنتاج ديزل

متجدد طاقتها الإنتاجية 5000 ب/ي، باستخدام الدهون الحيوانية، وبذور الصويا كلقيم، إضافة إلى إنشاء وحدة توليد هيدروجين أخضر جديدة. كما يتضمن المشروع رفع الطاقة الإنتاجية لوحدة إنتاج الديزل المتجدد إلى 18 ألف ب/ي بحلول عام 2024.

أما في ولاية **كاليفورنيا** فقد أعلنت شركة Phillips 66 في نهاية عام 2022 عن بدء الإنتاج في مشروع تحويل وحدة المعالجة الهيدروجينية للديزل في مصفاة سان فرانسيسكو لتعمل على إنتاج الوقود المتجدد باستخدام زيوت الطهي المستعملة، والدهون الحيوانية والزيوت النباتية.

كما أنجزت مؤسسة Marathon Petroleum Corp. مشروع تحويل مصفاة Martinez طاقتها التكريرية 161 ألف ب/ي، المتوقفة عن العمل إلى وحدة لإنتاج الوقود المتجدد على مرحلتين، حيث بدأت المرحلة الأولى بإنتاج 17 ألف ب/ي في النصف الأول من عام 2022، ثم ارتفعت في المرحلة الثانية إلى 47 ألف ب/ي بحلول عام 2023.

من جهة أخرى، أعلنت شركة Phillips 66 عن البدء بتشغيل مشروع تحويل وحدة التكسير الهيدروجيني إلى وحدة إنتاج ديزل متجدد طاقتها 8000 ب/ي والذي يشكل المرحل الأولى من مشروع تحويل مصفاة Rodeo التي تملكها في ولاية كاليفورنيا طاقتها التكريرية 120 ألف ب/ي إلى وحدة لإنتاج الوقود الحيوي طاقتها الإنتاجية 50 ألف ب/ي باستخدام لقائم مكونة من الزيوت النباتية المستعملة، والشحوم الحيوانية، وزيوت الصويا، بكلفة استثمارية قدرها 750 إلى 800 مليون دولار أمريكي.

وفي ولاية **واشنطن**، أعلنت شركة BP عن سلسلة من المشاريع الجديدة لتحسين الكفاءة وتقليل الانبعاثات وتوسيع طاقة إنتاج الديزل المتجدد في مصفاة Cherry Point التي تبلغ طاقتها الإنتاجية 238 ألف ب/ي في Blaine، بكلفة استثمارية قدرها 270 مليون دولار، وذلك في إطار خفض الانبعاثات الكربونية الناتجة عن عملياتها إلى الصفر، وتقليل كثافة الكربون للمنتجات التي تبيعها بحلول عام 2050. يهدف المشروع الأول إلى تحسين كفاءة المصفاة من خلال خفض عدد أيام التوقف لإجراء عمليات الصيانة الدورية التي يصاحبها حرق كميات كبيرة من المواد الهيدروكربونية على الشعلة.

تتكون الخطة من مشروع تحسين كفاءة وحدة التكسير الهيدروجيني بكلفة 169 مليون دولار أمريكي الذي سيساهم في خفض استهلاك الوحدة من الهيدروجين الذي تنتجه المصفاة بعملية ينتج عنها إطلاق كمية كبيرة من CO_2، علاوة على خفض معدل استهلاك الوقود في أفران عمليات التكرير.

كما خصصت الشركة مبلغ 55 مليون دولار لمشروع تحسين كفاءة منظومة أبراج مياه التبريد، والذي يهدف إلى خفض إنتاج الغازات الخفيفة مثل الإيثان والميثان التي تحرق كوقود في أفران وحدات المصفاة ومراجل توليد بخار الماء، وبالتالي خفض انبعاثات CO_2. تقدر كمية CO_2 المتوقع تخفيضها من المشروعين بحوالي 165 ألف طن في السنة، والتي تعادل إزاحة 32 ألف سيارة من الطرق سنوياً.

أما المشروع الثالث فيتضمن رفع الطاقة الإنتاجية لوحدة الديزل المتجدد التي بدأ تشغيلها في المصفاة عام 2018، إلى 2.6 مليون برميل في السنة، بكلفة 45 مليون دولار، والذي سيؤدي إلى خفض انبعاثات CO_2 الناتجة عن استهلاك الديزل الذي تسوقه المصفاة بحوالي 400-600 ألف طن /السنة.

في ولاية **نورث داكوتا**، أعلنت مؤسسة Marathon Petroleum Corp. عن إنجاز تجارب اختبار تشغيل وحدة إنتاج الديزل المتجدد الجديدة طاقتها الإنتاجية 12 ألف ب/ي في مصفاة Dickinson التقليدية التي تملكها الشركة باستخدام زيت الصويا وزيت الذرة كلقيم.

وفي ولاية **وايمينغ** Wyoming يجري تحويل مصفاة Cheyenne طاقتها التكريرية 32 ألف ب/ي التي تملكها شركة HollyFronier إلى وحدة إنتاج ديزل حيوي طاقتها الإنتاجية 15 ألف ب/ي، بكلفة استثمارية تقدر بحوالي 750 مليون دولار.

وفي ولاية **كنتاكي**، أعلنت شركة Hemisphere Ltd. عن خطة لتحويل مصفاة تكرير النفط في Somerset طاقتها التكريرية 5,500 ب/ي إلى وحدة لإنتاج حوالي 5 مليون غالون من الديزل الحيوي سنوياً باستخدام زيت الصويا كلقيم، إضافة إلى منتجات ثانوية أخرى، بكلفة قدرها 25 مليون دولار.

في كندا، أعلنت مؤسسة Parkland Fuel Corp. عن خطة لرفع الطاقة الإنتاجية لوحدة إنتاج الوقود الحيوي بمعدل 125%، والتي تستخدم الكانولا والشحوم الحيوانية إلى جانب النفط الخام في مصفاة التكرير المملوكة لشركة Parkland Refining Ltd. المنبثقة عن مؤسسة Parkland Fuel Corp.، طاقتها التكريرية 55 ألف ب/ي. يأتي المشروع في إطار خطة الحكومة الكندية لخفض انبعاثات الكربون الناتجة عن وقود وسائل النقل.

كما أعلنت شركة Covenant Energy Ltd. عن توقيع عقد مع شركة Haldor Topsoe وشركة Gas Liquids Engineering Ltd. لمشروع إنشاء مصفاة جديدة لإنتاج الديزل وكيروسين النفاثات المتجدد جنوب Saskatchewan، والتي تعتبر المصفاة الأولى من نوعها في كندا المخصصة لإنتاج

الوقود المتجدد فقط، بطاقة إنتاجية قدرها 6,500 ب/ي وستعتمد على الزيوت النباتية بشكل كامل ومن بينها زيت الكانولا التي تزرع في كندا. كما ستتضمن المصفاة وحدة إنتاج هيدروجين متجدد تعتمد على تقنية HydroFlex العائدة لشركة Haldor Topsoe باستخدام لقيم من النافثا أو غاز البترول المسال من مصادر متجددة بدلاً من المصادر الأحفورية. ويتوقع بدء تشغيل المصفاة في عام 2024.

كما وقعت شركة Tidewater عقداً مع شركة Haldor Topsoe لتقديم ترخيص تكنولوجيا العمليات لمشروع إنشاء وحدة إنتاج ديزل متجدد، تعتمد على تقنية HydroFlex في مصفاة Prince George طاقتها التكريرية 12 ألف ب/ي إضافة إلى وحدة إنتاج هيدروجين. وتبلغ الطاقة الإنتاجية للوحدة 3,000 ب/ي من الديزل المتجدد.

تأتي مشاريع إنتاج الوقود المتجدد في إطار خطة الحكومة الكندية لتلبية متطلبات التشريعات التي أصدرتها لتخفيض انبعاثات الكربون الناتجة عن الوقود المنتج في كندا بمعدل 13% عن مستواه في عام 2016 وذلك بحلول عام 2030.

3-3: مشاريع نزع الكربون في مصافي تكرير النفط في آسيا الباسيفيك

في أستراليا، أعلنت شركة Sherdar Australia Bio Refinery Pty. Ltd. عن خطة لإنشاء أول مصفاة لإنتاج الوقود المتجدد في أستراليا طاقتها الإنتاجية 500 ألف طن/السنة، تعتمد على تكنولوجيا شركة Shell لإنتاج الزيت النباتي المهدرج HVO، بكلفة 600 مليون دولار أمريكي.

كما وقعت شركة "بريتش بتروليوم" BP عقداً مع شركة Honeywell UOP للحصول على ترخيص تكنولوجيا عملية Ecofining المطورة من قبل شركتي Honeywell UOP وEni لمشروع تطوير وحدة المعالجة الهيدروجينية المتوقفة في ميناء Kwinana وتحويلها إلى وحدة لإنتاج الديزل المتجدد ووقود النفاثات المستدام طاقتها الإنتاجية 10 آلاف ب/ي. يأتي المشروع في إطار خطة شركة Bp لتحويل ميناء Kwinana إلى مركز لتوزيع وتصدير الطاقة النظيفة، والتي أعلن عنها بعد صدور قرار إغلاق مصفاة Kwinana التي تملكها في أستراليا طاقتها التكريرية 140 ألف ب/ي في عام 2020، وتحويلها إلى محطة لتخزين واستيراد المنتجات النفطية.

وفي الصين، أعلنت كل من شركة Honeywell الأمريكية وشركة Oriental Energy المحدودة الصينية عن خطة لإنشاء مشروع مشترك لإنتاج وقود نفاثات مستدام SAF، في مدينة Maoming بمقاطعة Guangdong طاقتها الإنتاجية 1 مليون طن/السنة، باستخدام زيوت الطهي المستعملة والشحوم الحيوانية كلقيم. تهدف الوحدة التي تعتمد على تقنية Ecofining إلى دعم خطة الصين لخفض انبعاثات أوكسيد الكربون وتحقيق الحياد الكربوني بحلول عام 2060، حيث سيساهم المشروع في خفض نحو 2.6 مليون طن/السنة من انبعاثات الكربون.

في ماليزيا، أعلنت كل من شركة Eni الإيطالية، وشركة Euglena اليابانية، وشركة Petronas الماليزية عن إنشاء مشروع مشترك لبناء مصفاة حيوية جديدة في مجمع تكرير وبتروكيماويات Pengerang المتكامل، طاقتها 650 ألف طن/السنة لإنتاج 12.5 ألف ب/ي من الوقود الحيوي. ويتوقع بدء تشغيل المصفاة في عام 2025.

في سنغافورة، يجري حالياً تنفيذ مشروع توسيع الطاقة الإنتاجية لوحدة إنتاج الديزل المتجدد التي تملكها مؤسسة Neste Corp. في سنغافورة طاقتها الإنتاجية 1.3 مليون طن/السنة بكلفة 1.4 مليار يورو. يهدف المشروع إلى تمكين الوحدة من رفع طاقة الوحدة الإنتاجية من وقود النفاثات المتجدد بحوالي 1 مليون طن/السنة، وبذلك سيرتفع معدل إنتاج مؤسسة Neste Corp. الإجمالي من الوقود المتجدد إلى 4.5 مليون طن/السنة. يأتي ذلك في إطار خطة المؤسسة لتحقيق الحياد الكربوني في عملياتها الإنتاجية بحلول عام 2035، وتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن استهلاك منتجاتها بحوالي 20 مليون طن/السنة على الأقل بحلول عام 2030.

3-4: مشاريع نزع الكربون في الدول الأعضاء في أوابك

شهدت صناعة تكرير النفط في الأعضاء في منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول "أوابك" في العقد المنصرم تنفيذ مشاريع رائدة تهدف إلى إنتاج مشتقات عالية الجودة بمواصفات متوافقة مع أحدث المعايير الدولية، من خلال إنشاء مصافٍ متطورة مثل مصفاة "جازان" في المملكة العربية السعودية طاقتها التكريرية 400 ألف برميل/اليوم، ومصفاة "كربلاء" في جمهورية العراق طاقتها التكريرية 140 ألف ب/ي، ومشروع الوقود النظيف في دولة الكويت الذي يتكون من تطوير مصفاتي "ميناء الأحمدي" و"ميناء عبد الله" القائمتين وإنشاء مصفاة الزور الجديدة طاقتها 615 ألف ب/ي،

بدلاً من مصفاة "ميناء الشعيبة" التي تم توقيفها نظراً لقدمها، فضلاً عن مشاريع تطوير وتوسيع المصافي القائمة في العديد من الدول الأعضاء، بهدف تحسين مرونتها لتكرير أنواع ثقيلة ومتنوعة من النفط الخام، وتعديل هيكل منتجاتها بما يتوافق مع التوقعات المستقبلية لتغير الطلب على أنواع الوقود في الأسواق العالمية، مثل مشروع تطوير مصفاة "الرويس" في دولة الإمارات العربية المتحدة، ومصفاة "سترة" في مملكة البحرين، ومصفاة الشرق الأوسط "ميدور" في جمهورية مصر العربية. (أوابك، 2023)

جاءت هذه التطورات جنباً إلى جنب مع الإعلان عن الخطط الاستراتيجية الوطنية لخفض انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون بما يتوافق مع التوجه العالمي نحو نزع الكربون والتحول إلى استخدام الطاقة النظيفة. وتأتي في مقدمة هذه المبادرات المبادرتان اللتان أطلقتهما المملكة العربية السعودية في أكتوبر 2021، **وهما "مبادرة السعودية الخضراء"، و"مبادرة الشرق الأوسط الأخضر"**، لخفض انبعاثات الكربون إلى الصفر بحلول عام 2060، باستثمارات تبلغ حوالي 187 مليار دولار أمريكي، وذلك بهدف رفع نسبة الطاقة الكهربائية المتولدة من مصادر متجددة في المملكة من 1% إلى 30% والتوسع في إنتاج الهيدروجين الأخضر والأزرق والأمونيا الزرقاء، وإنشاء وحدات اصطياد وتخزين غاز ثاني أوكسيد الكربون.

كما أولت بعض الدول الأعضاء اهتماماً باستخدام وقود الطيران المستدام، حيث أجرت دولة الإمارات العربية المتحدة تجارب لاستخدامه في إحدى طائراتها، والتزمت شركة البترول الكويتية العالمية بتوفير منتجات مستدامة لعملائها بجانب الوقود التقليدي، وخلال عام 2021 بدأت الشركة بتزويد مطار غاتويك البريطاني بأول شحنة من الوقود النظيف، وفي سبتمبر/أيلول 2022، وقّعت الشركة اتفاقية مع شركة "إيزي جيت" لتزويدها بوقود الطيران المستدام. وسبق أن أعلنت شركة الفنار السعودية، خلال شهر مارس/آذار 2022، خططها لإنتاج الوقود المستدام وتطويره في شمال شرق بريطانيا بدعم من الحكومة البريطانية.

فيما يلي أهم مشاريع نزع الكربون المنفذة أو الجاري تنفيذها أو المخطط لتنفيذها في الدول الأعضاء في منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول "أوابك" والتي تركزت في صناعة التكرير والبتروكيماويات ومعالجة الغاز الطبيعي.

في دولة الإمارات العربية المتحدة، أعلنت شركة بترول أبو ظبي الوطنية "أدنوك" عن تنفيذ مشروع استرجاع للطاقة المهدرة من التوربينات الغازية القائمة في مصافي النفط التابعة للشركة، لإنتاج

الطاقة الكهربائية بنحو 230 ميغاوات ونحو 62.4 ألف متر مكعب في اليوم من المياه المقطرة بكلفة 600 مليون دولار. يأتي هذا المشروع في إطار جهود ترشيد استهلاك الطاقة ضمن خطة خفض انبعاثات الكربون في المنشآت الصناعية.

كما تجدر الإشارة إلى إعلان دولة الإمارات العربية المتحدة عن استثمار مليارات الدولارات لمشاريع زيادة إنتاج الطاقة من المصادر المتجددة، وتعزيز إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في كافة القطاعات المستهلكة للطاقة، ومنها مصافي تكرير النفط، إضافة إلى التوسع في إنتاج الهيدروجين الأخضر الذي يعتبر مصدراً للطاقة المنخفضة الكربون، وتطبيق تقنية اصطياد وتخزين ثاني أوكسيد الكربون.

في مملكة البحرين، أنشأت شركة الخليج لصناعة الكيماويات" جيبيك" في عام 2010 أول منظومة لاحتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون بطاقة 0.64 مليون طن/السنة، وهو ما يمثل أكثر من 40% من انبعاثاتها. تستخدم كمية CO_2 المحتجزة، والمقدرة بحوالي 0.52 مليون طن/السنة في تعزيز إنتاج الشركة من الأمونيا، واليوريا، بينما تستخدم نحو 0.12 مليون طن/السنة لتعزيز إنتاج الميثانول بحوالي 26 ألف طن/السنة. وبلغت التكلفة الاستثمارية للمشروع حوالي 52 مليون دولار.

كما قامت شركة غاز البحرين الوطنية BANAGAS في عام 2019 باحتجاز نحو 110 ألف طن/السنة من غاز ثاني أوكسيد الكربون، واستخدمتها في تعزيز إنتاج النفط في حقل "البحرين". وتمتلك الشركة خططاً مستقبلية طموحة لاحتجاز كميات إضافية من غاز ثاني أوكسيد الكربون لتصل إلى نحو 0.5 مليون طن.

في المملكة العربية السعودية، أعلنت شركة أرامكو السعودية عن توقيع اتفاقية مع شركة Gulf Cryo لإنشاء منظومة احتجاز وتخزين واستخدام غاز ثاني أوكسيد الكربون في وحدة إنتاج المونوإيثيلين غليكول التي تبلغ طاقتها الإنتاجية 600 ألف طن/السنة في مجمع تكرير وبتروكيماويات بترورابغ. تهدف المنظومة إلى خفض انبعاثات الكربون من المجمع وإنتاج نحو 300 ألف طن من غاز ثاني أوكسيد الكربون النقي المستخدم في صناعة المواد الغذائية، والباقي سيوزع على شكل سائل إلى الوحدات المجاورة لاستخدامات صناعية. يأتي هذا المشروع، المتوقع بدء تشغيله في عام 2023، ضمن جهود المملكة لخفض انبعاثات الكربون إلى الصفر بحلول عام 2060.

تخطط الشركة السعودية للصناعات الأساسية "**سابك**" ضمن إستراتيجيتها لعام 2025، لتنفيذ مشروع ضخم لاحتجاز 0.5 مليون طن/السنة من غاز ثاني أوكسيد الكربون الناتج من وحدات إنتاج الإيثيلين غلايكول من مصانعها في شركة "المتحدة". تصل التكلفة الاستثمارية للمشروع حوالي 650 مليون ريال سعودي. كما تخطط الشركة للسماح للمنشآت الصناعية القريبة منها، من المشاركة في تشييد شبكة أنابيب برية لنقل غاز ثاني أوكسيد الكربون من مصادره المختلفة، واستخدامه في تصنيع منتجات متنوعة ذات قيمة مضافة مثل اليوريا، والميثانول، الهكسانول.

في دولة قطر، قامت الشركة الوطنية للإضافات البترولية المحدودة (QAFAC)، في عام 2014، بتشغيل مصنع لاحتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون، واستخدامه في تعزيز إنتاج الميثانول، وهو ما ساهم في زيادة إنتاج الميثانول بمقدار 250 طن/ اليوم، وخفض كمية انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون بمقدار 500 طن/ اليوم.

وفي عام 2019 تم تدشين مشروع لاحتجاز غاز ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن معالجة الغاز الطبيعي" من حقل الشمال" بمنطقة "راس لفان" بطاقة 2.1 مليون طن سنوياً، وتخزينه بشكل دائم، ويتوقع أن يرتفع إلى حوالي 5 مليون طن/السنة بحلول عام 2025، مما سيحقق خفض في انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون بنسبة تصل إلى 2 % من إجمالي انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون في الدولة.

3-5: أمثلة عملية لمشاريع نزع الكربون في مصافي تكرير النفط

شهدت صناعة تكرير النفط خلال السنوات الخمس الماضية تطوراً ملحوظاً في تنفيذ إجراءات نزع الكربون، تركز معظمها في دول أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية، وفيما يلي بعض الأمثلة العملية لمشاريع نزع الكربون في مصافي تكرير النفط حول العالم.

3-5-1: مشروع نزع الكربون في مصفاة -جنوب شرق آسيا

تركزت إجراءات خفض انبعاثات CO_2 في مصفاة جنوب شرق آسيا على تطبيق خيارين، هما تحسين كفاءة استخدام الطاقة، وتغيير نوع الوقود المستخدم في الأفران، بينما استبعد خيار تركيب منظومة احتجاز CO_2 نظراً لتوزع أماكن الأفران وصعوبة تجميع غازات الاحتراق. ولتنفيذ الخيارين المذكورين تم اعتماد تطبيق الإجراءات التالية:

- تعظيم ظروف التشغيل وإزالة الثغرات المسببة لضعف كفاءة استخدام الوقود.
- تركيب منظومة الاستفادة من حرارة غازات المداخن في تسخين هواء الاحتراق الداخل إلى الفرن.
- استبدل الوقود المستخدم في الأفران من زيت الوقود إلى الوقود الغازي.

قبل البدء بتطبيق الإجراءات المذكورة تم تقييم ظروف التشغيل الحالية للأفران، حسب المبين في الجدول (3-1)، بهدف الوقوف على مواطن الضعف التي تسبب انخفاض كفاءة استخدام الوقود. وقد أشارت نتائج تحليل البيانات إلى أن الأفران تعمل بكفاءة لا تزيد عن 75%، بسبب ارتفاع نسبة هواء الاحتراق الزائد إلى 38%، وعدم وجود مسخن لهواء الاحتراق أو منظومة استرجاع الحرارة الضائعة من غازات المدخنة.

الجدول (3-1): بيانات ظروف التشغيل الأساسية لأفران المصفاة

المعايير	القيم
طاقة الحرارة الممتصة في الفرن	23 مليون كيلو كالوري/الساعة
كمية الوقود المستهلك	3128 كغ/الساعة
نسبة الأوكسجين عند القوس	6% حجماً (جاف)
مواصفات الوقود	• الكثافة النوعية1.01 (زيت وقود نوع 6) • نسبة C /H = 8.196 • محتوى الكبريت 0.5% وزناً حد أقصى
درجة حرارة غازات الاحتراق عند مخرج المدخنة	400 °م
إجمالي كمية غازات الاحتراق	1512 طن متري/اليوم
كمية CO_2 المنبعثة	242 طن متري/اليوم

المصدر: (Singh, S., Mukherjee, R., 2021)

ولمعالجة الثغرات المسببة لانخفاض كفاءة الأفران تم تنفيذ الخطوات التالية:

- خفض مستوى هواء الاحتراق الزائد من 38% إلى 25% حجماً، وذلك حسب معيار معهد البترول الأمريكي API، وذلك بهدف خفض استهلاك الوقود.
- تركيب منظومة تسخين الهواء الداخل إلى الحراقات.
- دراسة إمكانية استبدال زيت الوقود المستخدم بالوقود الغازي المنتج في وحدات المصفاة، حسب البيانات المبينة في الجدول (3-2). وقد تم تأجيل عملية الاستبدال لأنها ستؤدي إلى

وجود فائض في زيت الوقود، مما يستوجب إنشاء وحدة لتحويل زيت الوقود إلى منتجات خفيفة مثل وحدة التفحيم المؤجل.

الجدول (3-2): بيانات عملية استبدال زيت الوقود بالوقود الغازي المنتج في المصفاة

المعايير	مرحلة 1 تنظيم نسبة الأوكسجين	مرحلة 2 تركيب منظومة تسخين هواء الاحتراق	مرحلة 3 التحويل إلى الوقود الغازي	مرحلة 4 تنظيم ظروف تشغيل الفرن على حرق الغاز
طاقة الحرارة الممتصة في الفرن	23 مليون كيلو كالوري/الساعة	23 مليون كيلو كالوري/الساعة	23 مليون كيلو كالوري/الساعة	23 مليون كيلو كالوري/الساعة
كمية الوقود المستهلك	3028 كغ/الساعة	2636 كغ/الساعة	2366 كغ/الساعة	2304 كغ/الساعة
نسبة الأوكسجين عند القوس	4.3% حجماً (جاف)	3.6% حجماً (جاف) 20% أوكسجين زائد	3% حجماً (جاف)	2.9% حجماً (جاف)
مواصفات الوقود	• الكثافة النوعية 1.01 (زيت وقود نوع 6) • نسبة C /H = 8.196 • محتوى الكبريت 0.5% وزناً حد أقصى	• H_2: 25% • N_2: 6.5 • CH_4: 36% • C_2H_6: 16% • C_2H_4: 11.8%		
حرارة غازات الاحتراق الخارجة من منطقة الحمل	390 °م	370 °م	363 °م	360 °م
نقطة تكاثف حمض غازات المدخنة	131 °م	131 °م	111 °م	111 °م
درجة حرارة غازات المدخنة الخارجة من المسخن الأولي	390 °م (لا يوجد مسخن)	155 °م	155 °م	135 °م
إجمالي كمية غازات الاحتراق	1333 طن متري/اليوم	1116 طن متري/اليوم	1040 طن متري/اليوم	1012 طن متري/اليوم
كمية CO_2 المنبعثة	234 طن متري/اليوم	204 طن متري/اليوم	144 طن متري/اليوم	140 طن متري/اليوم

- اختبار حالة استخدام وقود غازي يحتوي على نسبة 60% حجماً من الهيدروجين، وأشارت النتائج إلى خفض كمية CO_2 المنبعثة من 242 إلى 92 طن متري في اليوم. يبين الجدول (3-3) نتائج دراسة استخدام وقود يحتوي على 60% حجماً هيدروجين. وللتأكد من انعكاسات عملية التحويل على سلامة الفرن تم إجراء مقارنة بين حرارة أنابيب ومعادن الفرن والمعادن الأخرى، حيث أشارت نتائج تحليل البيانات أن زيادة الإشعاع الحراري وارتفاع درجة حرارة الأنابيب

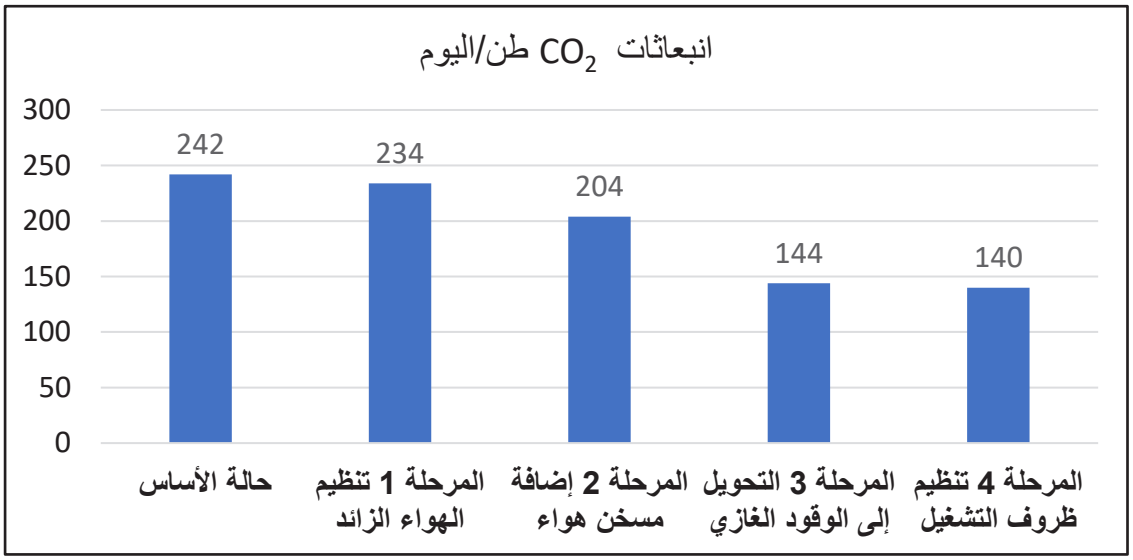
والمعادن، والجسور الحاملة للأنابيب تقع ضمن المجال المسموح في القيم التصميمية للفرن، ولنوعية المعادن المستخدمة في الأفران.

الجدول (3-3): نتائج دراسة استخدام وقود يحتوي على 60% حجماً هيدروجين

المعايير	القيم
طاقة الحرارة الممتصة في الفرن	23 مليون كيلو كالوري/الساعة
كمية الوقود المستهلك	1705 كغ/الساعة
نسبة الأوكسجين عند القوس	2.4% حجماً (جاف)
مواصفات الوقود	H_2: 60% حجماً، CH_4: 40% حجماً
درجة حرارة غازات الاحتراق الخارجة من منطقة الحمل	~ 350 °م
درجة حرارة غازات الاحتراق الخارجة من مسخن الهواء	135 °م
إجمالي كمية غازات الاحتراق	987 طن متري/اليوم
كمية CO_2 المنبعثة	92 طن متري/اليوم

أظهرت نتائج تطبيق الإجراءات التي طبقت أن إجمالي كمية CO_2 التي تم تخفيضها تقدر بنحو 102 طن/اليوم. يبين الشكل (3-1) مقدار تخفيض CO_2 الناتج عن الإجراءات المتخذة في أفران المصفاة. كما يبين الجدول (3-4) مقارنة معايير أداء الفرن قبل وبعد التعديل.

الشكل (3-1): مقدار تخفيض CO_2 الناتج عن الإجراءات المتخذة في أفران المصفاة



المصدر: (Singh, S; Mukherjee, R;, 2022)

الجدول (3-4): مقارنة معايير أداء الفرن قبل وبعد التعديل

المعايير	قبل	بعد
طاقة حرارة الإشعاع، مليون كيلو كالوري/الساعة	15.42	17.1
طاقة حرارة الحمل، مليون كيلو كالوري/الساعة	7.52	5.94
كمية حرارة الإشعاع، كيلو كالوري/الساعة. م^2	33478	36938
درجة الحرارة القصوى لمعدن الأنابيب (حسابياً)، °م	584	592
درجة حرارة جدار الجسور، °م	820	838
درجة حرارة غازات الاحتراق الخارجة من منطقة الحمل، °م	400	360

المصدر: (Singh, S; Mukherjee, R;, 2022)

3-5-2: مشروع إعداد خطة خفض انبعاثات الكربون في مصفاة أوروبية

قامت إحدى مصافي تكرير النفط الأوروبية بإعداد خطة لخفض انبعاثات الكربون من 33966 ألف طن/السنة إلى 15300 ألف طن/السنة بحلول عام 2030. (Baars & Parvez, 2023)

تبلغ الطاقة التكريرية للمصفاة 240 ألف ب/ي، وتحتوي على وحدات تحويلية أهمها، وحدة تفحيم مؤجل ووحدة تكسير هيدروجيني، كما يبلغ إجمالي كمية CO_2 المنبعثة من المصفاة نحو 33966 ألف طن/السنة، تم توزيع هذه الانبعاثات ضمن ثلاث مجالات على النحو المبين في الجدول (3-5).

الجدول (3-5): انبعاثات CO_2 في مصفاة طاقتها التكريرية 240 ألف ب/ي

	المجال الأول	المجال الثاني	المجال الثالث	الإجمالي
ألف طن/السنة CO_2	1868	271	31827	33966
%	6	1	92	

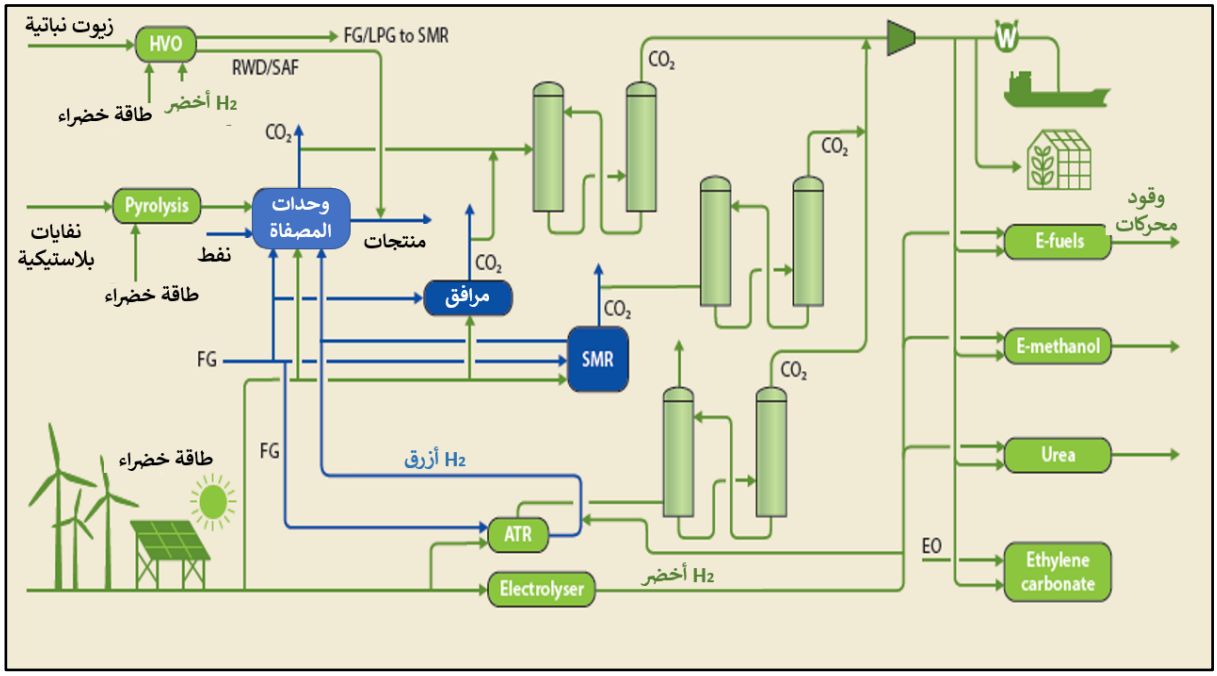
يعتمد المجال الثاني على الانبعاثات الناتجة عن توليد الطاقة الكهربائية بكفاءة 50% باستخدام الغاز الطبيعي كوقود. أما المجال الثالث فيعتمد على الانبعاثات الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري في الأفران مثل غاز البترول المسال والنافثا والكيروسين والديزل وزيت الوقود والفحم التي لها متوسط محتوى كربون 85%.

لتنفيذ خطة خفض انبعاثات CO_2 في المصفاة تم اعتماد المسارات الرئيسية التالية:

- تحسين كفاءة الطاقة.

- تغيير نوع الوقود المستخدم، كاستخدام الهيدروجين الأزرق أو الأخضر كوقود أو استخدام التسخين الكهربائي في الأفران بدلاً من زيت الوقود الثقيل.
- استبدال النفط الخام بمواد متجددة، مثل النفايات البلاستيكية، والزيوت النباتية.
- احتجاز CO_2. يبين الشكل (3-2) مسارات احتجاز CO_2 في خطة نزع الكربون في المصفاة، والتي تتكون من فرص ما بعد الاحتراق وفرص ما قبل الاحتراق. كما تتضمن الخطة خيارات استخدام الغاز المحتجز، سواء من خلال الحقن في آبار النفط لتعزيز الإنتاج، أو استخدام حوالي 400 ألف طن/السنة في المشاريع الزراعية لتنمية النباتات في موقع المصفاة لتفادي تكاليف التسييل والنقل بواسطة السفن إلى موقع آبار النفط، أو تحويله إلى وقود محركات باستخدام الهيدروجين الأخضر أو بدونه، أو في إنتاج اليوريا، أو في تصنيع مواد البناء، أو تصنيع كربونات الإيثيلين.

الشكل (3-2): مسارات احتجاز CO_2 في خطة نزع الكربون في المصفاة



المصدر: (Baars & Parvez, 2023)

بعد تحديد فرص تحسين كفاءة الطاقة في الأفران تم إعداد دراسة شاملة لمعرفة التكلفة المحتملة، وكمية CO_2 الممكن تخفيضها، من كل فرصة. وذلك على النحو المبين في الجداول (3-6)، (3-7)، (3-8)، (3-9)، (3-10).

الجدول (3-6): كمية تخفيض CO_2 وتكاليف إجراءات تحسين كفاءة الطاقة واستبدال نوع الوقود
(تسعير أوروبا الغربية 2019)

البند	تخفيض CO_2 (ألف طن/السنة)	تكاليف استثمارية (مليون يورو)	التوفير (يورو/طن CO_2)	التوفير (يورو/طن CO_2) عند سعر مرافق أعلى ب 30%
كفاءة الطاقة				
استبدال/تعديل الفرن	74	97	4-	44-
استبدال نوع الوقود				
تحويل محركات بخارية إلى كهربائية خضراء (1)	18	3	299	384
كهرباء من مصادر متجددة (2)	271	0	52	67
استعمال الهيدروجين الأزرق كوقود	273	(3) 381	(4) 238	261
استعمال الهيدروجين الأخضر كوقود (5)	370	514	996	1273
تسخين كهربائي (6)	370	121	457	584

(1): عدد التوربينات البخارية 10 طاقة كل منها تتراوح بين 40-2000 كيلووات
(2): تستورد المصفاة 82 ميغاوات تم تحويلها إلى كهرباء خضراء.
(3): فرن عدد اثنان طاقة كل منهما 100 ميغاوات، وحدة إنتاج هيدروجين أزرق جديدة.
(4): بدون تكاليف التخلص من CO_2
(5): تكلفة المحلل الكهربائي الواحد 650 يورو/كيلووات.
(6): فرن عدد اثنان طاقة كل منهما 100 ميغاوات.

الجدول (3-7): كمية تخفيض CO_2 وتكاليف إجراءات استبدال النفط الخام بمواد متجددة

(تسعير أوروبا الغربية 2019)

البند	لقيم (ألف طن/السنة)	لقيم متجدد % نفط	تخفيض CO_2 (ألف طن/السنة)	تكاليف استثمارية (مليون يورو)	التوفير (يورو/طن CO_2)	التوفير (يورو/طن CO_2) عند سعر مرافق أعلى ب 30%	التوفير (يورو/طن CO_2) عند سعر النفايات البلاستيكية والزيت النباتي أعلى ب 30%
نفايات بلاستيكية	67	0.7	195	45	-58 [1]	-54	-38
زيت نباتي	1300	15	3878	763	-13 [2]	-8	28

(1): بفرض المنتجات الناتجة عن النفايات البلاستيكية خضراء وتزيد قيمتها 100 يورو للطن عن الوقود الأحفوري. تكلفة النفايات البلاستيكية 200 يورو/الطن.

(2): بفرض المنتجات الناتجة عن الزيوت النباتية تزيد قيمتها 100 يورو للطن عن الوقود الأحفوري، تبلغ تكلفة الزيوت النباتية 400 يورو/الطن بدون تكلفة التخلص من CO_2.

الجدول (3-8): كمية تخفيض CO_2 وتكاليف إجراءات احتجاز الكربون **(تسعير أوروبا الغربية 2019)**

البند	تخفيض CO_2 (ألف طن/السنة)	تكاليف استثمارية (مليون يورو)	التوفير (يورو/طن CO_2) [2]	التوفير (يورو/طن CO_2) عند سعر مرافق أعلى ب 30%
احتجاز قبل الاحتراق	378	128	33	35
احتجاز بعد الاحتراق	1172 [1]	294	93	112

(1): تقريبي

(2): بدون تكاليف التخلص من CO_2

الجدول (3-9): كمية تخفيض CO_2 وتكاليف إجراءات التخلص منه **(تسعير أوروبا الغربية 2019)**

البند	تخفيض CO_2 (ألف طن/السنة)	تكاليف استثمارية (مليون يورو)	التوفير (يورو/طن CO_2)	التوفير (يورو/طن CO_2) عند سعر مرافق أعلى ب 30%
التخلص من CO_2				
نقل، إسالة، تخزين [1]	1172	152	80	85
نقل إلى الدفيئات (خط أنابيب جديد)	436	33	8	8

(1): النقل عبر خط أنابيب أرضي بطول 10 كم، ثم نقل بواسطة السفن لمسافة 1000 كم إلى موقع التخزين

الجدول (3-10): خيارات استخدام CO_2 وتكاليفها (بدون تكاليف الاحتجاز) (تسعير أوروبا الغربية 2019)

البند	استخدام CO_2 (ألف طن/السنة)	تكاليف استثمارية (مليون يورو)	التوفير (يورو/طن CO_2) [1]	التوفير (يورو/طن CO_2) عند سعر مرافق أعلى ب 30%
ميثانول متجدد	100	207	613 [2]	792
وقود متجدد	100	285	473 [2]	612
يوريا	100	456	374 [2]	459
كربونات الإيثيلين	100	66	66- [3]	78-

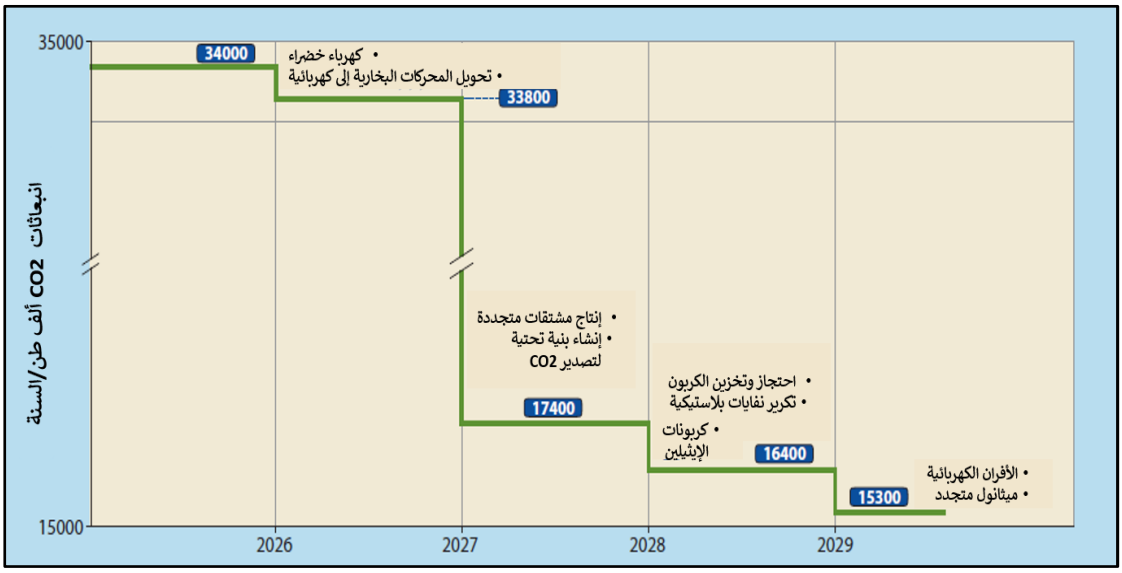
(1): مع الأخذ بالاعتبار توفير تكاليف التشغيل وخفض انبعاثات CO_2 من عمليات الإنتاج من الوقود الأحفوري.
(2): اعتماداً على زيادة سعر المنتجات بنحو 100 يورو/الطن مقارنة بالمنتجات الأحفورية.
(3): سعر كربونات الإيثيلين = 0.55 X سعر أوكسيد الإيثيلين.

كما قام فريق المشروع بإعداد جدول زمني لتنفيذ الإجراءات التي تمكن المصفاة من تحقيق هدف تخفيض انبعاثات CO_2 بمعدل 55% من القيمة الأساس أي ما قبل عام 1990، وبافتراض أن تكلفة الكهرباء تبلغ 30 يورو/ ميغاوات ساعة بحلول عام 2030 على النحو المبين في الشكل (3-3). وهذه الإجراءات تشمل ما يلي:

- معالجة 5.25 مليون طن متري من الزيوت النباتية، وذلك في الوحدات الجديدة لهدرجة الزيوت النباتية HVO، ومن خلال عمليات المعالجة المشتركة في كل من وحدات المعالجة الهيدروجينية القائمة للديزل (DHT) ووحدات التكسير الهيدروجيني (HCUs).
- تخفيض ما نسبته 40% في معدل تكرير النفط الخام.
- إنشاء عدة خطوط تدوير للنفايات البلاستكية بطاقة إجمالية قدرها 150 ألف طن/السنة.
- استبدال الأفران التي تعمل على الوقود بأخرى تعمل بالتسخين الكهربائي.
- توليد 700 ميغاوات من الكهرباء الخضراء لاستخدامها في مجالات متعددة.
- إنتاج ميثانول كهربائي بطاقة إنتاجية قدرها 190 ألف طن/السنة.

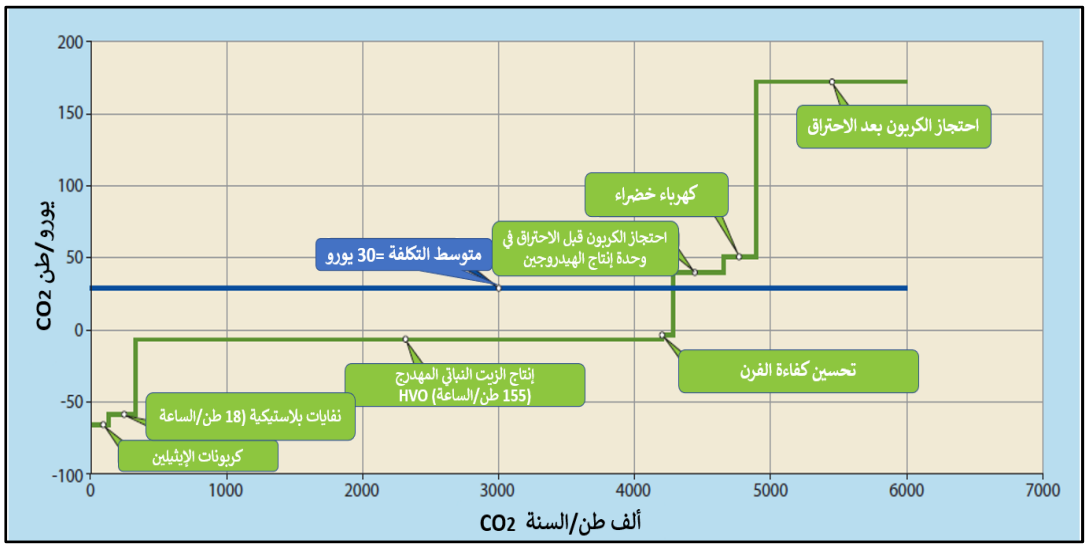
تتوقف إمكانية تنفيذ خارطة طريق خفض انبعاثات الكربون في مصافي النفط على عدة عوامل، من أهمها تكلفة الطاقة الكهربائية وأسعار الكتلة الحيوية وغيرها. ولتقييم تكاليف إجراءات خفض الكربون المزمع تطبيقها تم إعداد مخطط تكاليف تنفيذ الإجراءات على النحو المبين في الشكل (3-4).

الشكل (3-3): الجدول الزمني لتنفيذ إجراءات خفض انبعاثات الكربون في خطة المصفاة



المصدر: (Baars & Parvez, 2023)

الشكل (3-4): مخطط تكاليف تنفيذ إجراءات خفض الكربون المزمع تطبيقها



المصدر: (Baars & Parvez, 2023)

نستنتج من هذا المثال أن إمكانية تحقيق خطة خفض الانبعاثات الكربونية في المصفاة بنسبة 55% بحلول عام 2030 ممكنة على الرغم من التحديات العديدة التي تعترضها. أما خطة خفض الانبعاثات الكربونية إلى الصفر بحلول عام 2050 فتحقيقها أصعب بكثير ولا يمكن الوصل إليها إلا من خلال زيادة تكرير المواد المتجددة أو تحويل كافة منتجات المصفاة إلى لقيم في وحدات صناعة البتروكيماويات.

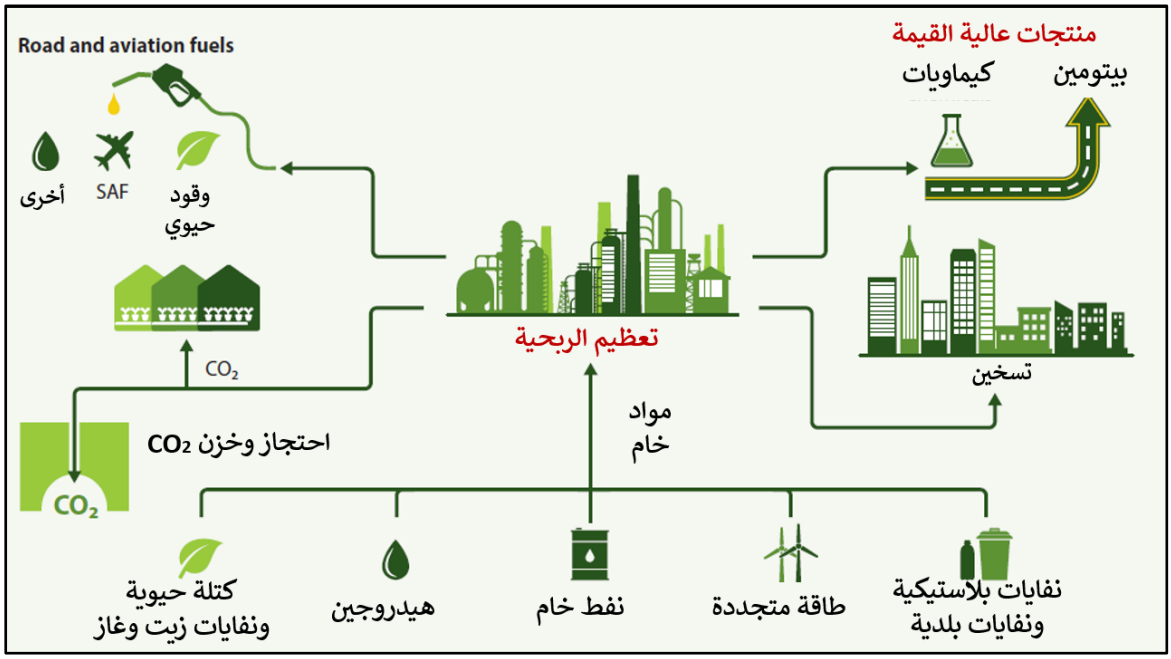
3-5-3: مشروع نزع الكربون في مصفاة Pernis – هولندا

أعلنت شركة SHEL عن خطة طموحة لخفض انبعاثات CO_2 في مصفاة برنيس -هولندا التي تعتبر إحدى أكبر مصافي تكرير النفط في أوروبا، طاقتها التكريرية 400 ألف ب/ي، وتتمتع بمرونة عالية لتكرير أنواع مختلفة من النفط، إضافة إلى تكاملها مع وحدات لإنتاج البتروكيماويات. (Gosse, A., 2021)

أهداف خطة نزع الكربون في مصفاة Pernis

تهدف الخطة إلى تمكين المصفاة من إنتاج مشتقات منخفضة الكربون، من خلال تكرير لقائم أخرى إضافة إلى النفط الخام، مثل الكتلة الحيوية، ونفايات الزيت والغاز، والهيدروجين، والنفايات البلاستيك، والنفايات البلدية الصلبة، فضلاً عن تركيب منظومات احتجاز وخزن واستخدام CO_2. يبين الشكل (3-5) مخطط لقائم ومنتجات مصفاة Pernis. (Gosse, A., 2021)

الشكل (3-5): مخطط لقائم ومنتجات مصفاة Pernis



المصدر: (Gosse, A., 2021)

تتكون الخطة من الإجراءات التالية:

- إنشاء وحدة إنتاج هيدروجين أخضر في روتردام بطاقة 60 ألف كغ في اليوم باستخدام محللات كهربائية تعمل على كهرباء منتجة من مزارع طاقة الرياح القريبة من روتردام. إضافة إلى تمكين

المصفاة من تخفيض انبعاثات الكربون، سيساهم المشروع في تحويل وسائل النقل الثقيلة لتعمل على الهيدروجين، وبالتالي خفض الانبعاثات الناتجة عن منتجات المصفاة المستعملة كوقود للمركبات الثقيلة.

- تطبيق تقنية المعالجة المشتركة في المصفاة، وذلك من خلال إدخال لقائم حيوية لوحدات التكسير الهيدروجيني والمعالجة الهيدروجينية بنسبة تصل إلى 10% من الطاقة الإنتاجية لهذه الوحدات، دون الحاجة إلى إجراء أي تعديلات على معدات الوحدة القائمة.
- تكرير النفايات البلاستيكية والنفايات البلدية الصلبة.
- إنشاء منظومة احتجاز غاز CO_2 الناتج عن وحدة التغويز.

مسارات نزع الكربون في مصفاة Pernis

تتكون مسارات نزع الكربون في مصفاة برنيس من ثلاث اتجاهات، وهي تحسين كفاءة الطاقة، وإنتاج مشتقات منخفضة الكربون، واحتجاز وخزن ثاني أوكسيد الكربون. يبين الشكل (3-6) مسارات نزع الكربون في مصفاة Pernis

الشكل (3-6): مسارات نزع الكربون في مصفاة Pernis



المصدر: (Gosse, A., 2021)

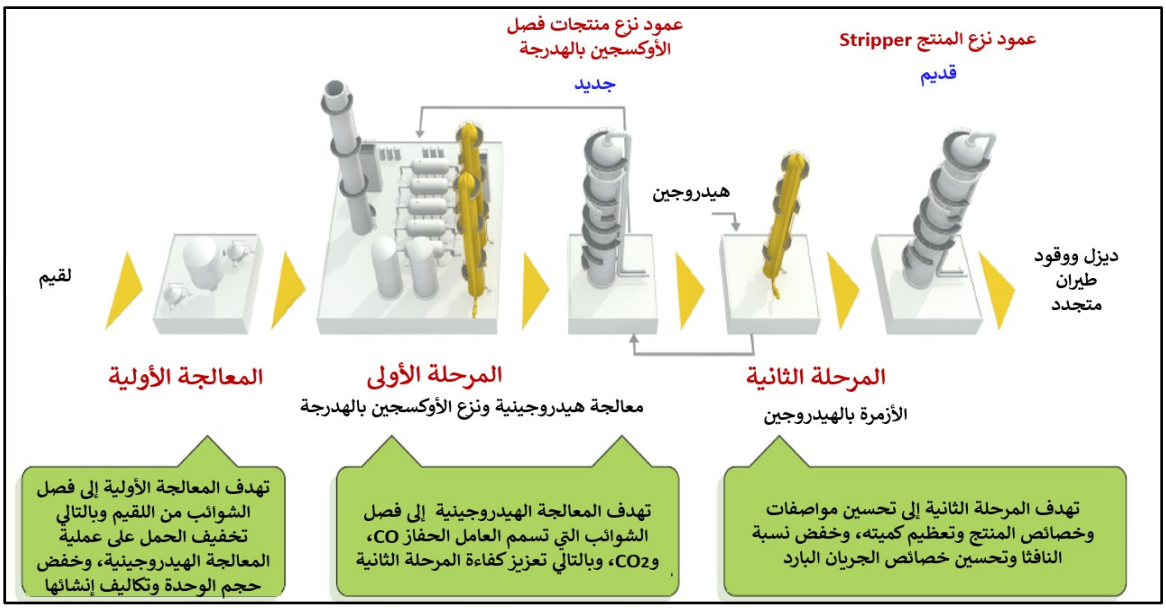
- **تحسين كفاءة الطاقة**

قام الفريق الفني بتطبيق برنامج ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في معدات المصفاة نتج عنه خفض انبعاثات ما يعادل خروج 50 ألف سيارة سنوياً من الطرقات.

- **إنتاج مشتقات منخفضة الكربون**

لتنفيذ هذا المسار قام فريق المشروع بإنشاء وحدة لإنتاج وقود منخفض الكربون بطاقة إنتاجية قدرها 820 ألف طن/السنة تعتمد على مبدأ المعالجة الهيدروجينية للزيوت المنخفضة الكربون والدهون الحيوانية والزيوت النباتية المستعملة والنفايات الزراعية الأخرى إلى وقود مركبات وطائرات نفاثة. كما تستخدم هذه الوحدة الهيدروجين الأخضر المنتج من كهرباء مولدة من طاقة الرياح. وتساهم هذه الوحدة في خفض ما يعادل 2.8 مليون طن/السنة من انبعاثات CO_2 التي تطلقها المصفاة وتعادل هذه الكمية خروج مليون سيارة سنوياً من الطرقات. يبين الشكل (3-7) مخطط سير عملية Shell لإنتاج وقود منخفض الكربون.

الشكل (3-7): مخطط سير عملية Shell لإنتاج وقود منخفض الكربون



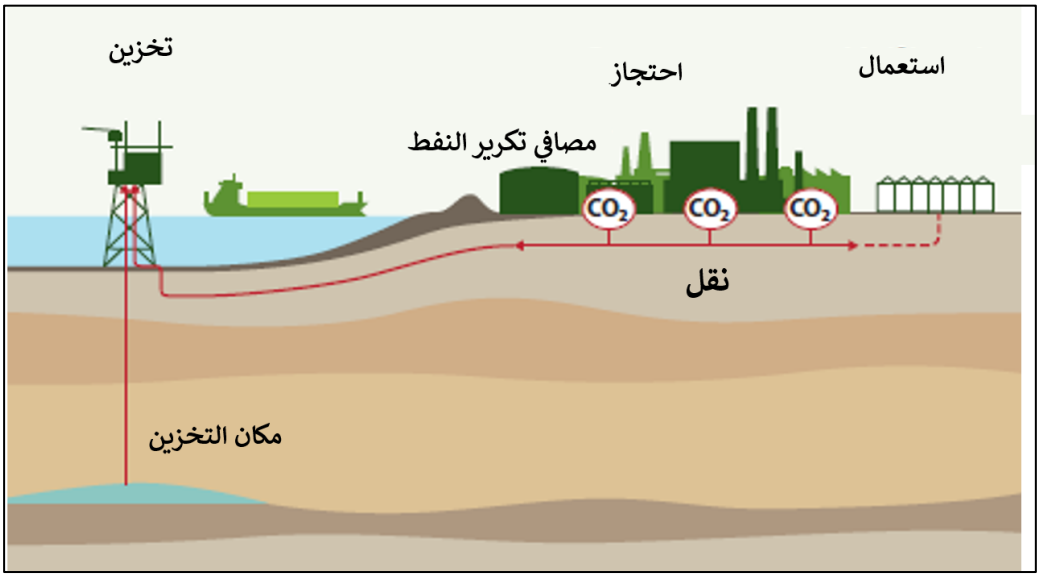
المصدر: (Gosse, A., 2021)

- **احتجاز وتخزين CO_2**

يتكون هذا المسار من عمليات احتجاز CO_2 المنتج من مداخن الأفران ووحدات التكسير بالعامل الحفاز المائع FCC، حيث يتم ضغط الغاز ونقله مسافة 20 كم إلى مشروع Porthos لتخزين غاز ثاني أوكسيد الكربون في المغمورة بالقرب من ميناء روتردام، وهو المجمع الأول في هولندا لتخزين

CO_2 وتعتبر شركة Shell خامس شركة تستخدم هذا المجمع. يبين الشكل (3-8) مجمع Porthos تخزين CO_2 في ميناء روتردام.

الشكل (3-8): مجمع Porthos لتخزين CO_2 في ميناء روتردام



المصدر: (Gosse, A., 2021)

3-5-4: دراسة حالة: خطة مصفاة Tupras للحياد الكربوني بحلول 2050

أعلنت مصفاة Tupras التركية عن خطتها الاستراتيجية للتحول إلى الحياد الكربوني بحلول عام 2050، وعلى مرحلتين. يتم في المرحلة الأولى تخفيض انبعاثات الكربون بنحو 27% من مستواها في عام 2017 بحلول عام 2030، ثم إلى 30% بحلول 2030، وفي المرحلة الثانية يتم تخفيضها إلى الصفر بحلول عام 2050، وذلك من خلال تطبيق التقنيات التالية:(DİNÇER, A., 2021)

- تعزيز إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في كافة وحدات المصفاة.
- التركيز على إنتاج وقود الطيران المستدام.
- استخدام التسخين الكهربائي.
- إنتاج واستهلاك الهيدروجين الأخضر.

أهداف خطة نزع الكربون في مصفاة Tupras

تهدف الخطة إلى تعزيز إنتاج المصفاة من وقود المستقبل الخالي من الكربون بأنواعه، وأن تصبح المصفاة إحدى مصادر إنتاج الوقود المتجدد الرئيسية، والأولى في الجمهورية التركية في هذا المجال، جنباً إلى جنب مع خفض انبعاثات الكربون من عمليات المصفاة، مع المحافظة على هامش ربحية مرتفع.

تقدر الاستثمارات المخصصة للمشروع بنحو 350 مليون دولار سنوياً، أو ما يعادل 5 مليار دولار أمريكي حتى عام 2035، و10 مليار دولار حتى عام 2050.

الاستنتاجات والتوصيات

- تواجه مصافي تكرير النفط في العقود القادمة مشكلة تلبية متطلبات التشريعات الخاصة بخفض انبعاثات الكربون وفي نفس الوقت المحافظة على إنتاج وقود منخفض الكربون من مصادر متجددة، وتعظيم إنتاج البواقي الخفيفة المستخدمة كلقائم لصناعة البتروكيماويات لمواجهة الطلب المتنامي على المنتجات البتروكيماوية.
- على الرغم من الغموض الذي يكتنف العديد من قضايا التحول إلى نظام الطاقة المنخفضة الكربون، كتلك المتعلقة بتطور الطلب المستقبلي على المنتجات النفطية، والأطر التشريعية التي ستصدرها الحكومات، إلا أن الأمر الوحيد المؤكد هو أن هذا التحول سيكون تدريجياً، ما يستوجب على مصافي تكرير النفط إعادة النظر في هيكل منتجاتها بما يتوافق مع التوقعات المستقبلية لتغير الطلب على أنواع الوقود في الأسواق العالمية، والعمل على تطبيق إجراءات خفض انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون الناتجة عن عمليات التكرير.
- يمكن لقطاع التكرير تخفيض الانبعاثات الناتجة عن عمليات التسخين من خلال استبدال الوقود الأحفوري بالوقود المنخفض الكربون مثل الهيدروجين، أو استخدام تقنيات التسخين الكهربائي، وتقنية احتجاز وتخزين واستعمال غاز ثاني أوكسيد الكربون.
- تتوفر حالياً العديد من تقنيات نزع الكربون بمستويات مختلفة من التطور، وتحتاج إلى المزيد من البحث والابتكار لتطويرها.
- تتطلب عملية نزع الكربون من مصافي تكرير النفط اتخاذ قرارات سريعة ومرنة للمحافظة على الربحية في إطار توقعات انخفاض الطلب على وقود وسائل النقل وارتفاعه على البتروكيماويات.
- تساهم تقنيات المعالجة المشتركة للمواد المتجددة، التي تسمح بتكرير المواد الزيوت المتجددة مع النفط الخام، في تخفيض الأثر البيئي لصناعة تكرير النفط والبتروكيماويات، علاوة على تحسين العائد على الاستثمار.
- يمكن لمصافي تكرير النفط تحويل CO_2 والهيدروجين إلى مشتقات منخفضة الكربون من خلال تطبيق التقنيات المتوفرة حالياً مثل تقنية فيشر-تروبش.

- إن تطبيق عملية نزع الكربون في مصافي تكرير النفط يساهم في تخفيض كثافة الكربون في منتجاتها، وبالتالي تخفيض تأثير قطاع النقل على البيئة، وتحسين جودة الهواء الجوي.
- على الرغم من التوقعات الأخيرة التي تشير إلى تراجع الطلب على المنتجات النفطية المستخدمة كوقود في وسائل النقل، وتنامي الطلب على البتروكيماويات، وتزايد نسبة الوقود المتجدد في مزيج الطاقة، إلا أن معظم دراسات مراكز الأبحاث تؤكد أنه من الصعب الاستغناء عن الوقود الأحفوري لعقود عديدة قادمة، وخصوصاً في الدول النامية. وهذا يؤكد فكرة الحاجة إلى تطبيق تقنيات نزع الكربون في كافة مراحل إنتاج وتكرير وتسويق النفط الخام.
- إن أول خطوة في عملية نزع الكربون في صناعة تكرير النفط والبتروكيماويات هي معرفة ماهية ومواقع الانبعاثات التي تصدرها المنشأة، وكميات كل مصدر من هذه المصادر.
- إن تطبيق عملية استخلاص الهيدروجين من غازات المصفاة وإضافتها إلى شبكة الهيدروجين يساهم في تخفيض طاقة وحدات إنتاج الهيدروجين، وبالتالي خفض إجمالي انبعاثات CO_2 في المصفاة.

قائمة المراجع

المراجع الإنجليزية

- Avery M., and Strohm, J., 2021 **"FCC Pathways to Co-processing"** Petroleum Technology Quarterly Magazine Q1, 2023. pp.35-45. www.digitalrefining.com
- Baars, F., and Parvez, S., 2023 "**Achieving Fit for 55 Emission Reduction Targets by 2030"** PTQ Magazine Q1, 2023. pp.16-23. www.digitalrefining.com
- Bernard, Y., et al., 2022 "**All Roads Leading to Sustainable Aviation Fuel"** Decarbonization Technology Magazine. May 2022. P.p. 35-41.
- BYRUM, Z., et al., 2021 "**Technological Pathways for Decarbonizing Petroleum Refining"** Working Paper, World Resources Institute. Washington, USA.
- Carter, E., & Hickman A., **2021 "Ready-now Blue Hydrogen Leads The Way to Decarbonization"** H_2 Tech Magazine, Setember 2021. pp.23-29.
- Carter, D., 2022 **"What is your Decarbonisation SCORE?** Decarbonization Technology Magazine. May 2022, pp.7-13.
- Carugo, M., , 2022. **"Sustainability Through Efficiency: A plan for the Refining Industry"**. Hydrocarbon Processing Magazine, January, pp. 17-20.
- Chlapik, K., Winch, D. & Dierking, D., 2022. **"Achieving 95% Direct CO_2 Reduction for Hydrogen Plants"**. Digital Refining, Q2, pp. 20-26.
- DİNÇER, A., 2021 **"CO_2 Emissions Reduction Via A Pinch Study in A Vacuum Distillation Unit"** Hydrocarbon Processing Magazine, October, pp. 31-36.
- DNV, 2018 **"Global Technology Roadmap for CCS In Industry, Sectorial Assessment: Refineries"** Research Report for UNIDO. Det Norske Veritas.
- EPA, 2022 **"Waste Heat to Power System",** USA: CHP Combined Heat and Power Partnership. Available at: www.epa.gov
- Ferrara, M., 2022 **"Optimizing Processes and Operations for CO_2 Emissions Reduction"** PTQ Magazine Q1, 2022. pp.80-83. www.digitalrefining.com
- GORET-RANA, M; Keeley, C;, 2022. **"Transition to Net Zero: Steps to Decarbonise"** Digital Refining", pp. 23-26.
- Gosse A., 2022 **Decarbonization Transformation of Shell's Pernis Refinery"** Decarbonization Technology Magazine May 2022. pp.21-24.
- Graca, M., 2022 **"Why Blue Hydrogen Provides a de-risked Decarbonization Lever"** Decarbonization Technology Magazine November 2022. pp.15-21.
- Hemsley, M., 2022 **"Carbon capture, utilization and Storage in the Energy Transition"** Decarbonization Technology Magazine. November 2022. pp.23-31.

- Houdek, et al., 2023 **"Reduce emissions and improve refinery profitability"** Petroleum Technology Quarterly Magazine Q1, 2023. p.p.51-56. www.digitalrefining.com
- IEA, 2022 **"Global Hydrogen Review 2022"** INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Available at: www.iea.org/t&c/
- IRENA, 2019 **"Hydrogen: A renewable Energy Perspective"** Report prepared for the 2nd Hydrogen Energy Ministerial Meeting in Tokyo, Japan. Available at: www.irena.org/publications
- Jenkins. S., 2022 **"SAF Production Expands for a Low-Carbon Future" Chemical Engineering Magazine May 2022. Available at:** WWW.CHEMENGONLINE.COM
- Jha, A., et al., 2021 **"A critical Analysis of CO_2 Capture Technologies"** Hydrocarbon Processing Magazine. June 2021 pp. 59-65
- Jouhara, H., et al., 2018 "**Waste Hea Recovery Technologies and Applications**". Thermal Science and Engineering Progress, April 2018.
- Ko, K., and Sivasubramanian, G., 2022 **"Hydrogen production with lower carbon Emissions"** Petroleum Technology Quarterly Magazine Q1, 2023. pp.55-63. Available at: www.digitalrefining.com
- Kumar, A., 2021 **"Improve Energy Efficiency While Reducing CO_2 Emissions Sustainably"** Decarbonization Technology Magazine. pp.77-80.
- Liu, N., 2021. Increasing blue hydrogen production affordability. Hydrocarbon Processing, June, Issue June 2021, pp. 70-76.
- Long, D., 2022 **"Electric Process Heaters Help Decarbonize Petrochemical Refining"** Watlow, White paper.
- Martin, M., 2021 **"Reducing CO2 and NOx while Increasing Efficiency from Fired Heaters without Selective Catalytic Reduction"** XRG Technologies.
- Nurdiawati, A., & Urban, F., 2022 **"Decarbonising the Refinery Sector A socio-technical Analysis of Advanced Biofuel, Green Hydrogen and Carbon Capture Development In Sweden"** Department of Industrial Economics and Management, KTH Royal Institute of Technology, Sweden. Energy Research & Social Sience, Elsevier. Available at: www.elsevies.com/locate/erss
- Oliveira, C., & Schure, K., 2020 **"Decarbonization Options for the Dutch Refinery Sector"** Manufacturing Industry Decarbonization Data Exchange Network. Available at: www.pbl.nl/en
- Pawlewitz, J. & Doyle, A., 2020. "**Managing Dark Data and Visualizing Your Digital Twin"** Hydrocarbon Processing, 11 February.
- Pigeaux, et al., 2022 **"Carbon Capture and Storage, a necessary tool to fight climate change. Solution for hard-to-abate emissions"** Axens. White paper.
- Repsol, 2021 **"Refining Transformation Strategic pathways"** Repsol. Spain.
- Rutz, et al., 2020 "Technical Options for Retrofitting Industries with Bioenergy"" BIOFIT, Handbook prepared for the European Union**.**

- Saini, et al., 2021 **"Fuel Oil to Liquefied Natural Gas"** Decarbonization Technology Magazine. pp.73-76.
- Sayles, S & Ohmes, R., 2021 **"Conversion to a green refinery. Assessing the Options, Risks, and Viability of the Biofuels Refinery of the future"** BECHT**,** Decarbonization Technology Magazine. pp.57-65.
- Schenk, M., & Middleton, J., 2021 **"Carbon capture application to ethylene plants"** Decarbonization Technology Magazine. May 2022, p.p. 67-71.
- Shah, G.,, 2022. **"Tips to Avoid Pitfalls in CO_2 Capture Projects"** Hydrocarbon Processing, January, pp. 42-45.
- Sharma, B., et al., 2021 **"Clean Hydrogen Energy from Repurposed Gasification Plant"** Decarbonization Technology Magazine. August 2021, p.p. 21-23
- Singh, H., 2022 "**CCUS: Status and Priorities for Research and Development**" Decarbonization Technology Magazine. February 2022. pp. 72-79.
- Singh, R. B.,, 2022. "**Evaluate Options for Decarbonizing Petroleum Refineries**" Hydrocarbon Processing, Issue August 2022, pp. 29-34.
- SINGH, S., and R. MUKHERJEE, R., **2021 "Are Furnace Emissions Proving to be your Achilles Heel?"** Hydrocarbon Processing Magazine. October 2021. pp.39-42.
- Tagliabue, M., 2022 **"Refinery off-gas in hydrogen production" Air Liquide"** Petroleum Technology Quarterly Magazine Q1, 2022. p.p.25-30. Available at: www.digitalrefining.com
- Tagliabue, M., 2020 "Recovering hydrogen and LPG from off-gases" Petroleum Technology Quarterly Magazine Q4, 2020. p.p.75-82. Available at: www.digitalrefining.com
- Tallon, T., 2021 **"Strategies for decarbonising combustion processes"** Decarbonization Technology Magazine. August 2021. p.p. 33-36.
- THALLAM, A., ALANIS, F., 2021 **"Carbon Capture with Least Opex and Capex"** Petroleum Technology Quarterly Magazine, Q4 2021, pp.23-33. www.digitalrefining.com
- Wagner DA SILVA, M., 2022 **"The role of biofuels in the energy transition"** Petroleum Technology Quarterly Magazine, Q1 2022, p.p.91-94. www.digitalrefining.com

المراجع العربية

- أوابك ، 2023 ، تقرير الأمين العام السنوي متوفر على موقع المنظمة www.oapecorg.org
- أوابك، 2018. انبعاثات مصافي النفط، مصادرها وطرق معالجتها. مجلة النفط والتعاون العربي العدد 165.
- أوابك، 2017 .ملتقى أساسيات صناعة النفط والغاز .الكويت. أوابك.
- أوابك 2016 .تحسين الأداء والربحية في صناعة تكرير النفط .مجلة النفط والتعاون العربي.

البحـــث الثاني

توجهات الدول الأوروبية نحو استخدام الطاقات المتجددة وتأثيراتها المحتملة على أسواق النفط

د. سفيان أوجيدة *

* باحث اقتصادي أول، الإدارة الاقتصادية، منظمة أوابك.

الملخص التنفيذي

تهدف الدراسة، بالدرجة الأساس إلى استعراض السياسات التي تنتهجها الدول الأوروبية بشأن استغلال الطاقات المتجددة المختلفة وتنويع مزيج الطاقة المستهلكة فيها والتحول نحو الطاقة بشكل عام، وتقصي التأثيرات المحتملة لهذه التوجّهات على أسواق النفط العالمية بشكل عام ونفط الدول الأعضاء في "أوابك" بشكل خاص.

خُصص **الجزء الأول** من الدراسة لعرض وتحليل سياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي ويسلط الضوء بشكل خاص على التطورات الأخيرة. أما **الجزء الثاني**، فيتناول توجهات الاتحاد الأوروبي نحو استخدام الطاقات المتجددة. كما يستعرض **الجزء الثالث** منها الآفاق المستقبلية للطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي حتى عام 2050. وفي **الجزء الرابع** والأخير من الدراسة تم تحليل التأثيرات المحتملة لهذه التوجهات على الأسواق النفطية العالمية.

ومن أهم ما خلصت إليه الدراسة، أنه من شأن زيادة حصة و تطوير الطاقات المتجددة التي يسعى إليها الاتحاد الأوروبي أن تقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري مستقبلاً. كما أن سياسات الاتحاد الأوروبي للطاقات المتجددة لديها بالفعل هدف قوي لخفض الانبعاثات بحلول عام 2030، الأمر الذي يتطلب زيادة كبيرة في توليد الطاقة المتجددة. كما أن الصراع الحالي في أوكرانيا، دفع الاتحاد الأوروبي إلى تبني خطته REPowerEU، والتي تهدف الى تسريع الانتقال إلى الطاقات المتجددة وتحسين أمن الطاقة. أما فيما يخص الآفاق المستقبلية حول الطاقات المتجددة من خلال السيناريوهات المقدمة من طرف المنظمات والشركات الدولية العاملة في هذا القطاع، يلاحظ تباين في هذه السيناريوهات من سيناريو إلى آخر بحسب إفتراضات كل منها.

توجهات الدول الأوروبية نحو استخدام الطاقات المتجددة وتأثيراتها المحتملة على أسواق النفط

الجزء الأول: سياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي

الفصل الأول: تاريخ إنشاء الاتحاد الأوروبي

1. نبذة عن مراحل إنشاء الاتحاد الأوروبي

قبل الحديث عن سياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي، تجدر الإشارة إلى أن الاتحاد قد أُنْشِئَ رسميًا بموجب معاهدة ماستريخت في عام 1993. ولم يؤد هذا القانون التأسيسي إلى إنشاء الاتحاد الأوروبي فحسب، بل قام بتعديل محتوى ثلاث معاهدات سابقة، وهي اتفاقية الجماعة الأوروبية للفحم والصلب[1] (ECSC، عام 1951)، ومحتوى المجموعة الاقتصادية الأوروبية (EEC، عام 1957)، ومحتوى الجماعة الأوروبية للطاقة الذرية (EURATOM، عام 1957).

وقد تم البناء الأوروبي على عدة مراحل؛ من الجماعة الأوروبية للفحم والصلب (ECSC) إلى المجموعة الاقتصادية الأوروبية (EEC) ثم إلى الاتحاد الأوروبي (EU)، وكان عملاً صعبًا ويتطلب جهداً شاقًا ووقتاً طويلًا. حيث كان كل من مؤسسي أوروبا مدفوعين بالرغبة في السلام في أوروبا بعد حربين عالميتين مدمرتين للاقتصاد ولشبكات نقل وللبنى التحتية التي يتعين إعادة بنائها.

وبدأت الخطوة الأولى في عام 1951، بإنشاء الجماعة الأوروبية للفحم والصلب (ECSC) والتي مكنت من إختفاء الرسوم الجمركية والقيود الكمية على الفحم والحديد

[1] وقعت في باريس في 18 أبريل 1951 من قبل بلجيكا وفرنسا وألمانيا وإيطاليا ولوكسمبورغ وهولندا، وبعد 50 عامًا من دخولها حيز التنفيذ، إنتهت المعاهدة المؤسسة للمجموعة الأوروبية للفحم والصلب أو ما يعرف بـ The European Coal and Steel Community – (ECSC) في 23 يوليو 2002. في ذلك الوقت، اختارت الدول الأعضاء تجميع مواردها من الفحم والصلب من خلال تقديم منتجاتها الفولاذية سوقًا موحدًا، ورفع قيود الاستيراد والتصدير، والمساعدة في إنشاء سوق مشتركة للفحم والصلب.

والصلب، مما سهل من حرية حركة هذه الموارد بين الدول المؤسسة الست، وهي: ألمانيا وفرنسا وإيطاليا وهولندا وبلجيكا ولوكسمبورغ.

وبشكل أساسي، يمكن تلخيص المراحل الرئيسية للبناء الأوروبي من خلال توقيع 5 معاهدات رئيسية، على النحو التالي:

الأولى: معاهدة روما عام 1957: وقعت الدول الست على معاهدة روما التي تسمح **أولاً**، بإنشاء المجموعة الاقتصادية الأوروبية (EEC)، وكان هدفها هو إنشاء سوق مشتركة، وحرية تنقل الأشخاص والبضائع بدون حواجز جمركية؛ **وثانيًا**، أنشأت المجموعة الأوروبية للطاقة الذرية European Atomic Energy Community (EAEC).

الثانية: معاهدة ماستريخت عام 1992: قامت المعاهدة على ثلاث ركائز أساسية وهي المجموعة الأوروبية (EC)، والسياسة الخارجية والأمنية المشتركة "Common Foreign and Security Policy (CFSP)"، والتعاون في مجال العدل والشؤون الداخلية "Justice and Home Affairs – (JHA). وخططت معاهدة ماستريخت بتأسيس اتحاد اقتصادي ونقدي من خلال إنشاء العملة الأوروبية الموحدة **"اليورو"**. كما تعرف أيضًا بمعاهدة الاتحاد الأوروبي "Treaty on European Union – (TEU)". كما تنص المعاهدة على سياسة خارجية وأمنية مشتركة ومنح الجنسية الأوروبية لأي شخص يحمل جنسية دولة عضو. وتُمكن الجنسية الأوروبية أساسًا في حق التصويت والترشح في انتخابات البرلمان الأوروبي والانتخابات البلدية.

الثالثة: معاهدة أمستردام عام 1997: توسّع هذه المعاهدة اختصاصات الاتحاد الأوروبي في مجال التوظيف والهجرة واللجوء، وأعطيت صلاحيات جديدة للبرلمان الأوروبي والتي سمحت بإنشاء منطقة للحرية والأمن والعدالة.

الرابعة: معاهدة نيس عام 2001: هدفت هذه المعاهدة إلى إعداد الاتحاد الأوروبي للتوسع من خلال تكييف أدائه المؤسسي وصنع القرار. حيث تم في 1 يناير 2002، إدخال اليورو في 12 دولة من دول الاتحاد.

الخامسة: معاهدة لشبونة عام 2007: تقدم هذه المعاهدة العديد من الابتكارات المؤسسية بما في ذلك تعيين رئيس دائم للمجلس الأوروبي وتحويل البرلمان الأوروبي إلى مشرع مشترك كامل الأهلية إلى جانب المجلس. وبفضل معاهدة لشبونة تم وضع إطارًا للعمل الحالي للاتحاد الأوروبي. ودخلت حيز التنفيذ في 1 ديسمبر 2009.

ومع مرور الوقت، أنشأت الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي مؤسسات مختلفة لضمان توجيه وإدارة شؤون الاتحاد، والمجلس الأوروبي، والمفوضية الأوروبية، والبرلمان الأوروبي، ومجلس الوزراء، فضلاً عن لجنتين استشاريتين، وهي لجنة الاقاليم والمفوضية الاقتصادية والاجتماعية.

والمؤسسات الأوروبية هي جهات سياسية فاعلة في البناء الأوروبي الذي أنشأته "معاهدة روما" عام 1957. ومع توقيع "معاهدة لشبونة" في 13 ديسمبر 2007 ودخولها حيز التنفيذ في 1 ديسمبر 2009، أصبح لدى الاتحاد الأوروبي سبع مؤسسات بعد أن كانت في السابق خمس مؤسسات فقط.

وتسرد المادة 13 الفقرة 1 من معاهدة الاتحاد الأوروبي مؤسسات الاتحاد الأوروبي السبع، وهي: البرلمان الأوروبي، المجلس الأوروبي، مجلس الاتحاد الأوروبي، المفوضية الأوروبية، محكمة العدل التابعة للاتحاد الأوروبي، البنك المركزي الأوروبي، ديوان المحاسبة/المحكمة الأوروبية لمراجعي الحسابات. وتعمل كل مؤسسة في حدود الصلاحيات الممنوحة لها من قبل المعاهدات، وهي معاهدة الاتحاد الأوروبي (TEU) ومعاهدة عمل الاتحاد الأوروبي (TFEU). ويتمتع الاتحاد الأوروبي بالشخصية القانونية بموجب معاهدة لشبونة (المادة 47 TEU)، والتي تسمح له بإبرام المعاهدات أو الانضمام إلى الاتفاقيات .

2. عملية صنع القرار في الاتحاد الأوروبي

إن عملية صنع القرار في الاتحاد الأوروبي مستوحاة من الأنظمة السياسية القائمة، ومن بين المؤسسات الأوروبية المشار إليها آنفاً، تشارك أربع مؤسسات بشكل مباشر في تطوير التشريعات واللوائح، وهي: المفوضية الأوروبية، المجلس الأوروبي، البرلمان

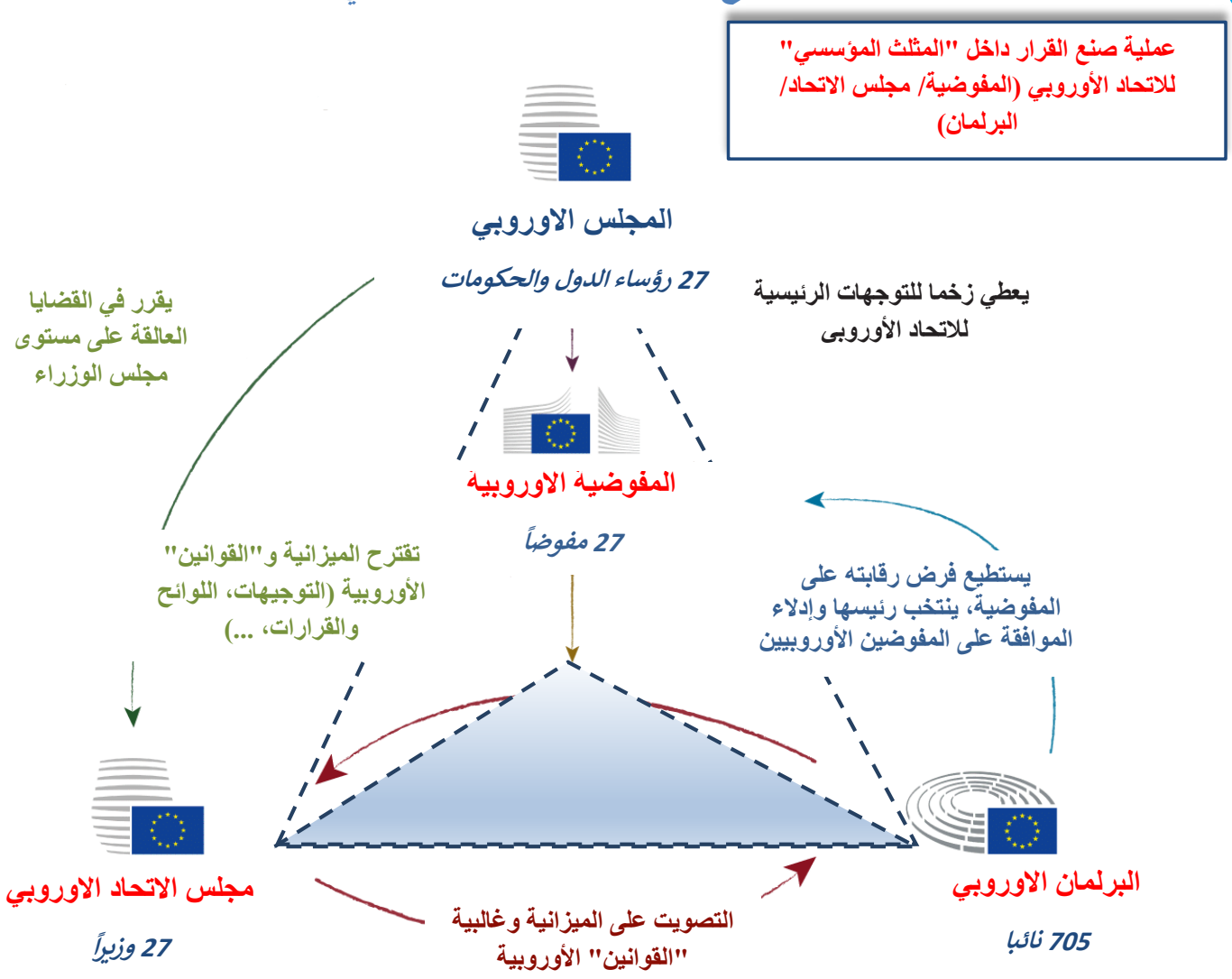
الأوروبي ومجلس الاتحاد الأوروبي. ويعتمد سير عمل الاتحاد الأوروبي على "المثلث المؤسسي" المكون من **ثلاث مؤسسات** هي:

1. المفوضية الأوروبية التي تدافع عن المصلحة العامة للاتحاد الأوروبي.
2. مجلس الاتحاد الأوروبي الذي يمثل ويدافع عن مصالح الدول الأعضاء.
3. البرلمان الأوروبي الذي يمثل صوت مواطني الاتحاد.

ويوضح الشكل (1) عملية صنع القرار داخل الاتحاد الأوروبي.

الشكل (1):

عملية صنع القرار داخل الاتحاد الأوروبي



المصدر: مقتبس من https://europedirect.nicecotedazur.org/lessentiel-de-lue/fonctionnement-de-lue

ولمعرفة مزيد من التفاصيل حول تاريخ إنشاء الاتحاد الأوروبي، والمراحل الرئيسية لبنائه، وأهم تواريخه، والسياسات الأوروبية المنتهجة، ومؤسساته، يمكن الاطلاع على الملحق (1) المرفق في آخر هذه الدراسة.

الفصل الثاني: سياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي

تعتبر الطاقة أحد المكونات الأصلية للبناء الأوروبي. فعلى مدى العقود السبعة الماضية، كانت الطاقة في قلب البناء الأوروبي، وذلك بهدف ضمان أمن إمدادات القارة. الجدير بالذكر أنه منذ نشأة الجماعة الأوروبية للفحم والصلب في عام 1951 إلى إطلاق "الصفقة الخضراء الأوروبية" المقترحة في ديسمبر 2019 ثم إلى تبنى خطة REPowerEU في مايو 2022، اكتسب الاتحاد الأوروبي كفاءات مهمة للتعامل مع التحدي الثلاثي المتمثل في ضمان إمدادات الدول الأعضاء، ضمان الطاقة التنافسية للشركات والأفراد، وتسريع انتقال الطاقة.

1. سياسة الطاقة السابقة في الاتحاد الأوروبي

تعود أصول البناء الأوروبي إلى معاهدة الجماعة الأوروبية للفحم والصلب (ECSC) لعام 1951 ومعاهدة يوراتوم (Euratom) لعام 1958. وقد شهدت هاتان المعاهدتان إنشاء المجموعة الأوروبية التي تم تزويدها لاحقًا بعناصر سياسة الطاقة القائمة على احترام خيارات الطاقة لمختلف الدول الأعضاء.

وكما هو الحال في قطاع النقل، تطورت سياسة الطاقة الأوروبية من خلال التحرير التدريجي للأسواق على وجه الخصوص سوق الغاز وسوق الكهرباء، والذي بدأ في الثمانينيات من القرن الماضي.

عندما تم إنشاء سوق الطاقة الداخلية في عام 1993 كان من الضروري مواءمة المعايير الوطنية من حيث السلامة ونظام الضرائب والوصول إلى العقود العامة والمعايير التقنية. وتنص "معاهدة ماستريخت" على الترابط والتشغيل البيني لشبكات توزيع الطاقة في جميع أنحاء أراضي الاتحاد الأوروبي بما بات يعرف بشبكات عبر أوروبا European Transport Networks "TEN".

ومنذ اعتماد "معاهدة لشبونة" في نهاية عام 2010، تم وضع المبادئ التشغيلية لسياسة الطاقة بموجب المادة "194" من معاهدة عمل الاتحاد الأوروبي (TFEU)، وفيما يتعلق

بالطاقة النووية السليمة، من قبل المعاهدة المؤسسة للجماعة الأوروبية للطاقة الذرية (EAEC أو Euratom).

وقد تمثلت الأهداف الرئيسية لمعاهدة الجماعة الأوروبية للطاقة الذرية "يوراتوم" في الآتي:

- تشجيع البحث ونشر المعلومات التقنية؛
- وضع معايير سلامة موحدة لحماية السكان والعاملين في الصناعة؛
- تسهيل البحوث وضمان عدم استخدام المواد النووية لأغراض أخرى، ولا سيما العسكرية منها.

2. سياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي

كما أشرنا سابقاً، فإن سياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي يعود أصل بناءها إلى الجماعة الأوروبية للفحم والصلب في عام 1951. ومنذ ذلك الحين، عرفت هذه السياسة عدة تغيرات إلى غاية إطلاق "الصفقة الخضراء الأوروبية " في نهاية عام 2019، وقد اكتسب الاتحاد الأوروبي مهارات مهمة لمواجهة التحدي الثلاثي المتمثل في ضمان الإمدادات للدول الأعضاء، وضمان الطاقة التنافسية للشركات والأفراد، وتنفيذ وتسريع انتقال الطاقة.

ويمكن إيجاز المراحل الأخيرة لسياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي في الآتي:

1.2- المساهمات الحاسمة لحزمة الطاقة الثالثة لعام 2009

"الحزمة الثالثة لتحرير الطاقة" أو ما يعرف بـ "الحزمة الثالثة للطاقة" لعام 2009 هي جزء من القوانين التشريعية المعتمدة بشأن عمل أسواق الطاقة. تسمى هذه الأعمال بـ "الحزم الثلاث". وتجدر الإشارة إلى أن الحزمتين الأوليين هما الحزمة الأولى للطاقة التي تم اعتماد توجيهات التحرير الأولى في عام 1996 (بالنسبة للكهرباء) وفي عام 1998 (بالنسبة للغاز)، بينما تم اعتماد حزمة الطاقة الثانية في عام 2003.

وتهدف "الحزمة الثالثة" التي نُشرت في أغسطس 2009، إلى تعزيز التكامل بين أسواق الكهرباء والغاز الداخلية أو المحلية وتحفيز المنافسة لصالح المستهلكين، وقد تم تنفيذها منذ 3 مارس 2011 من خلال توجيهين وثلاثة لوائح، حيث جلبت العديد من الميزات الجديدة:

- في الدول الأعضاء، يعزز استقلالية مشغّلي أنظمة النقل، الذين يخضعون لإجراءات التصديق التي تجريها السلطات التنظيمية الوطنية. كما أنه يزيد من درجة التنسيق والاستقلالية واختصاصات هذه السلطات؛

- على المستوى الأوروبي، تم إنشاء وكالة تعاون منظمي الطاقة Agency for the Cooperation of Energy Regulators - (ACER). وبالإضافة إلى ذلك، أصبح مشغلي أنظمة النقل "متحدين" داخل الشبكة الأوروبية ENTSO (الشبكة الأوروبية لمشغّلي أنظمة النقل) أي بالنسبة للكهرباء الشبكة الأوروبية لمشغلي أنظمة نقل الكهرباء (ENTSO-E) و بالنسبة للغاز الشبكة الأوروبية لمشغّلي أنظمة نقل الغاز (ENTSO-G).

2.2- إعادة تفعيل سياسة الطاقة الأوروبية (2006-2013)

إن إعادة تفعيل سياسة الطاقة الأوروبية منذ عام 2006 كان ذلك تحت تأثير ثلاثة عوامل مشتركة وهي:

أ. أزمات إمدادات الهيدروكربونات، واعتماد أوروبا المتزايد على واردات الطاقة.

ب. الضغط المتزايد لأسعار الطاقة على الاقتصاد الأوروبي.

جـ. الحاجة إلى مكافحة تغير المناخ.

وحددت المفوضية، في ورقتها الخضراء المؤرخة في مارس 2006، معادلة سياسة أوروبية للطاقة تسهم بطريقة متوازنة في تحقيق ثلاثة أهداف رئيسية وهي: الاستدامة، وأمن الإمدادات والقدرة التنافسية.

واستناداً إلى هذا التحليل الاستراتيجي، أدرج المجلس الأوروبي في مارس 2007 في استنتاجاته خطة عمل أولى لسياسة الطاقة الأوروبية: استناداً إلى المتطلبات الثلاث المتمثلة في الاستدامة وأمن الإمدادات و القدرة التنافسية، وقد حددت خطة العمل للفترة (2007-2009) المبادئ التوجيهية التي يتعين تنفيذها في خمسة مجالات رئيسية وهي: استكمال السوق الداخلية في الغاز والكهرباء، وسياسة الطاقة الدولية، وكفاءة الطاقة، والطاقات المتجددة، وتقنيات الطاقة. وفي هذا الإطار كانت القوانين كما يلي:

- حزمة الطاقة والمناخ، التي اعتمدت في عام 2008. حيث تم وضع توجيه الطاقة المتجددة (المنقح في عام 2018)، وهو مكون الطاقة في هذه الحزمة، أهدافا وطنية ملزمة من شأنها زيادة حصة الطاقة المتجددة في إجمالي الاستهلاك النهائي للاتحاد الأوروبي إلى 20% بحلول عام 2020، بالإضافة إلى الهدف الموحد المتمثل في 10% من الطاقة المتجددة في قطاع النقل.
- الحزمة الثالثة لتحرير سوق الطاقة الداخلية، التي اعتمدت في بداية عام 2009.

3.2- اتحاد الطاقة الأوروبي وسياسة المناخ (2014-2019)

منذ عام 2014، تشارك المؤسسات في جهد جديد لهيكلة سياسة الطاقة الأوروبية على المدى المتوسط (2030)، متابعة من حزمة المناخ والطاقة لعام 2020، وهي استراتيجية لأمن الطاقة تم نشرها في مايو 2014 بما يتماشى مع منظور طويل الأجل منصوص عليه في خارطة الطريق نحو اقتصاد تنافسي منخفض الكربون بحلول عام 2050.

وتستند سياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي إلى ثلاثة مبادئ كما أسلفنا وهي القدرة التنافسية، وأمن الإمدادات، والاستدامة.

ويهدف الاتحاد الأوروبي إلى تحقيق توازن بين هذه الأهداف ووضع سياسات الطاقة بحيث يضع تشريع الطاقة في الاتحاد الأوروبي الأساس لسوق طاقة تنافسية ومتنوعة وفعالة من حيث التكلفة. ويعد تطوير سياسات الطاقة المستدامة من أجل مواجهة تحديات تغير المناخ أحد المكونات الرئيسية لسياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي.

واستناداً إلى ذلك، حدد الاتحاد الأوروبي، في عام 2009، أهدافا متكاملة للطاقة والمناخ لعام 2020 تتمثل في الآتي:

1. أهداف تقليل استهلاك الطاقة بنسبة 20%.
2. زيادة حصة موارد الطاقة المتجددة بنسبة 20% .
3. تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة 20%. وهو ما بات يعرف بأهداف "20/20/20 بحلول عام 2020".

ومن أجل إصلاح وإعادة تنظيم سياسة الطاقة في أوروبا في إطار اتحاد طاقة أوروبي جديد، تم نشر **"الاستراتيجية الإطارية لاتحاد الطاقة"** المرنة مع سياسة مستقبلية لتغير المناخ" في 25 فبراير 2015.

وتتألف **"الاستراتيجية الإطارية لاتحاد الطاقة"** من خمسة أبعاد ومترابطة بشكل وثيق تهدف إلى تحقيق قدر أكبر من أمن الطاقة والاستدامة والقدرة التنافسية، وهي:

1. أمن الطاقة والتضامن والثقة.
2. سوق الطاقة الأوروبية المتكاملة تمامًا.
3. كفاءة الطاقة التي تساهم في اعتدال الطلب.
4. إزالة الكربون من الاقتصاد.
5. البحث والابتكار والقدرة التنافسية.

ويُظهر الاتحاد الأوروبي إرادة سياسية قوية وتصميمًا على تشكيل "سياسة طاقة مشتركة" من خلال هذه الإستراتيجية وخطة العمل المصاحبة لها.

4.2- الصفقة الخضراء الأوروبية وحزمة "Fit for 55" (أواخر 2019-2021)

قدمت المفوضية الأوروبية في 11 ديسمبر 2019 خطتها بشأن "الصفقة الخضراء الأوروبية[2]". والتي تعد خارطة الطريق الأولى التي وضعتها المفوضية الأوروبية لتحقيق هدف الحياد المناخي بحلول عام 2050 من خلال تحديد السياسات والتدابير الرئيسية للاتحاد الأوروبي لجعل الصفقة الخضراء الأوروبية حقيقة واقعة، بحيث تُلزم الدول بخفض صافي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري إلى 55% بحلول عام 2030 مقارنة بمستواها في عام 1990.

وفي 14 يوليو 2021، كشفت المفوضية عن حزمة المناخ بهدف تحويل طموح الحياد المناخي إلى عمل سياسي ملموس تتمثل في مجموعة من النصوص المسماة "حزمة" أو "Fit for 55" – وقد تم نشر هذه النصوص في 14 يوليو 2021 – وبالتالي مراجعة التشريعات

[2] يمكن الاطلاع على هذه التدابير من خلال الموقع الرسمي للمفوضية الأوروبية:
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

المتعلقة بالطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وأداء الطاقة في المباني وقطاعات الغاز فيما يتعلق بالطاقة (حزمة مراجعة سوق الغاز الأوروبية، بما في ذلك لوائح انبعاثات الهيدروجين والميثان). وقد أعد اعتماد هذه النصوص في عام 2020 من خلال سلسلة من اتصالات المفوضية على النحو التالي:

1. إستراتيجية بشأن تكامل أنظمة الطاقة والهيدروجين في 8 يوليو 2020.
2. إستراتيجية بشأن موجة التجديد، وتقديم مبادرة المفوضية بشأن "باوهاوس[3] الأوروبي الجديد"، أو ما يسمى "The New European Bauhaus" والتي نشرت في 14 أكتوبر 2020.
3. إستراتيجية للحد من انبعاثات الميثان، نشرت في 14 أكتوبر 2020.
4. إستراتيجية بشأن طاقة الرياح البحرية، نشرت في 19 نوفمبر 2021.

وفيما يتعلق بالطاقات المتجددة، تم رفع الهدف للطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي للاتحاد الأوروبي من 32% إلى 40% في عام 2030. وفي قطاع النقل، تم اقتراح اختيار الهدف والوفاء به بحلول عام 2030. إما خفض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة 13% على الأقل، أو دمج ما لا يقل عن 29% من الطاقات المتجددة (بما في ذلك لهذا الهدف العد المزدوج لبعض أنواع الوقود أو الكهرباء). ويقترح وضع هدف فرعي إرشادي للهيدروجين المتجدد في عام 2030 في مجال النقل بنسبة 2.6%، وهدف فرعي ملزم في القطاع الصناعي بنسبة 35% في عام 2030 و50% في عام 2035. وتم تعزيز معايير الاستدامة لاستخدام الكتلة الأحيائية للغابات. ويرفع توجيه كفاءة الطاقة هدف كفاءة الطاقة الملزم للاتحاد الأوروبي، من 32.5% إلى 36% في عام 2030 ويحدد 39% في الطاقة النهائية لفرنسا (الهدف الإرشادي). وهي تضع نهجا تدريجيا لتحقيق هدف سنوي لخفض استهلاك الطاقة بنسبة 1.5% بحلول عام 2030.

[3] باوهاوس (بالألمانية Bauhaus) نشأت هذه المبادرة الأوروبية في التيار الفني الذي أسسته مدرسة باوهاوس للهندسة المعمارية والفنون التطبيقية التي تأسست عام 1919 في فايمار (Weimar). ويقصد به مشروع بيئي واقتصادي وثقافي يهدف إلى الجمع بين التصميم والاستدامة وإمكانية الوصول والقدرة على تحمل التكاليف والاستثمار من أجل المساعدة في تحقيق الصفقة الخضراء الأوروبية.

كما نشرت المفوضية الأوروبية في 15 ديسمبر 2021 اقتراحها لمراجعة صياغة توجيهات الخاصة بأداء الطاقة في المباني (EPBD[4]). ويعد مراجعة توجيه أداء الطاقة في المباني (EPBD) أمرًا أساسيًا لتحقيق وفورات في الطاقة وخفض الانبعاثات في قطاع البناء بطريقة تفيد مواطني الاتحاد الأوروبي والشركات.

والهدف الرئيسي من هذه المراجعة هو مواءمة هذه اللائحة الرئيسية مع هدف الاتحاد الأوروبي من خلال وضع تدابير لإزالة الكربون من المباني الأوروبية بحلول عام 2050 و لتحقيق هدف حزمة "Fit for 55"، وهو الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة 55% على الأقل بحلول عام 2030.

وتعتبر هذه المراجعة لـ EPBD في قلب انتقال الاتحاد الأوروبي نحو الحياد المناخي الذي يكون عادلاً وشاملاً للجميع. يعمل اقتراح مراجعة التوجيه على تحسين الأحكام لزيادة كفاءة الطاقة في المباني وتوسيع نطاق التوجيه ليشمل أيضًا جوانب الاستدامة.

كما تعكس هذه المراجعة استراتيجية موجة التجديد للمفوضية الأوروبية اعتبارًا من أكتوبر 2020 إلى إجراء تشريعي من خلال إدخال معايير جديدة لأداء الطاقة في المباني وكذلك للبناءات الجديدة والتركيز على المباني الأسوأ أداء مع إعطاء الأولوية لعمليات التجديد الأكثر فعالية من حيث التكلفة بالإضافة إلى المساهمة في الحد من الفقر في مجال الطاقة.

وبالإضافة إلى ذلك، اتفق رؤساء الدول والحكومات في المجلس الأوروبي في يوليو 2020 على توفير استجابة مشتركة للتغلب على الأزمة المرتبطة بجائحة كوفيد-19، من خلال اعتماد خطة استثنائية لتعافي "الجيل القادم من الاتحاد الأوروبي" بقيمة 750 مليار يورو. وفي إطار هذا الصندوق، سيدعم مرفق التعافي والقدرة على الصمود الذي تبلغ قيمته 672.5 مليار يورو الإصلاحات والاستثمارات في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي في شكل قروض ومنح. ويحدد المرفق عددا من المجالات الرئيسية للاستثمار، بما في ذلك الطاقة الرائدة والتجديد الرائد.

[4] ما يعرف بـ The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) وهذا من خلال اقتراح لتوجيه من البرلمان الأوروبي والمجلس الأوروبي بشأن أداء الطاقة في المباني (إعادة صياغة) COM/2021/802 النسخة النهائية.

وأخيرا، قام الاتحاد الأوروبي في عام 2021 بتحديث قواعده الخاصة بالبنية التحتية للطاقة وتمويلها، من خلال لوائح مرفق النقل والربط الأوروبي (CEF[5]) لشبكات الطاقة عبر أوروبا (TEN-E).

5.2- خطة REPowerEU[6] واعتماد لائحة بشأن تخزين الغاز (منذ مايو 2022 ...)

أدت الزيادة في أسعار الطاقة، منذ خريف عام 2021 ثم بداية الأزمة الروسية الأوكرانية، إلى تفاقم الوضع في أسواق الطاقة، وبشكل أكثر تحديدًا أسواق الغاز والكهرباء، حيث نشرت المفوضية في 8 مارس 2022 خطة أولية[7] REPowerEU الخاصة بها، والتي حددت تدابير لخفض واردات الغاز الروسي بشكل كبير عن مستوى عام 2021 البالغ 155 مليار متر مكعب قبل نهاية عام 2022 والوصول إلى الاستقلال التام عن الوقود الأحفوري الروسي قبل نهاية العقد بفترة طويلة. وتتمثل العناصر الرئيسية في هذه الخطة في تنويع الإمدادات وتقليل الطلب وزيادة إنتاج الطاقة الخضراء في الاتحاد الأوروبي.

ومن أجل الاستجابة لأزمة الطاقة هذه وتقليل الاعتماد الأوروبي على الوقود الأحفوري، نشرت المفوضية الأوروبية، في 18 مايو 2022، حزمة REPowerEU التي تهدف إلى تسريع تحول نموذج الطاقة الأوروبي. وتم اقتراح تدابير طارئة تتعلق بأسعار الطاقة وتخزين الغاز وتدابير متوسطة إلى طويلة المدى من خلال تعزيز كفاءة الطاقة وزيادة استخدام الطاقات المتجددة. وفي هذا الصدد، وكجزء من خطة REPowerEU، اعتمدت المفوضية اقتراحًا لتعديل توجيه الطاقة المتجددة (المعروف باسم 'RED II') بشأن تعزيز استخدام الطاقة المنتجة من مصادر متجددة، توجيه كفاءة الطاقة وتوجيه أداء الطاقة في المباني

---

[5] the Connecting Europe Facility

[6] استجابة للصعوبات والاضطرابات في سوق الطاقة العالمي الناجمة عن الحرب الدائرة في أوكرانيا، قدمت المفوضية الأوروبية خطة REPowerEU. وجاءت هذه الخطة من أجل: 1)- توفير الطاقة، 2)- إنتاج طاقة نظيفة، 3)- تنويع إمدادات الطاقة لأوروبا. ولمزيد من التفاصيل حول هذه المبادرة الأوروبية، يمكن ذلك من خلال الرابط:
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en

[7] سوف نتطرق الى هذه الخطة بالتفصيل في الفصول القادمة.

لتسريع الانتقال إلى الطاقة النظيفة وزيادة كفاءة الطاقة. وقد كلف البرلمان الأوروبي والمجلس الأوروبي على اعتماد مراجعة توجيه الطاقة المتجددة[8] (RED II).

ومن أجل ضمان أمن الإمدادات في الاتحاد الأوروبي، اقترحت المفوضية أيضًا في 23 مارس 2022 لائحة بشأن تخزين الغاز لتعزيز مرونة الاتحاد الأوروبي في فصل شتاء 2023/2022. وأخيرًا، درست المفوضية الأوروبية خطة طوارئ لتعزيز عمل الاتحاد لتقليل اعتماده على روسيا في مجال الطاقة.

3. دبلوماسية الطاقة

يسعى الاتحاد الأوروبي بصفته أكبر سوق إقليمي في العالم لتأكيد مصالحه على الساحة الدولية من أجل ضمان أمن إمداداته من الطاقة، خاصة في الظروف الراهنة، بفضل إيجاد كميات كافية من الغاز (والنفط) لتعويض الغاز والنفط الروسي، حيث يحاول الاتحاد الأوروبي اعتماده على العالم الخارجي حتى لا يترك أي خيار آخر، خاصة في وقت يتسارع فيه السباق على موارد الطاقة في العالم.

ويذكر أن الدول الأوروبية كانت تواجه دائمًا صعوبة في التحدث بـ"صوت واحد"، ولكن يجب أن يتغير هذا الوضع من أجل أن يكون لها تأثير أكبر في ظل الأوضاع الحالية القائمة. ويجب أن تضمن أوروبا النقل الآمن للطاقة من موردي الغاز والنفط. كما يجب أيضًا دمج الطاقة في السياسات الخارجية الأوروبية، بما في ذلك تلك المتعلقة بمساعدات التنمية والتجارة واتفاقيات التعاون الثنائي. كما أنها وسيلة لدعم تصدير التقنيات الأوروبية المتقدمة.

وفي مواجهة أزمة الطاقة، كنتيجة مباشرة للأزمة الروسية-الأوكرانية، التي سيتعين على أوروبا مواجهتها – ليس في فصل الشتاء الحالي فحسب بل حتى على المدى المتوسط 2025/2024 – وقد أظهرت الأزمة الحالية أنا الاتحاد الأوروبي يسعى منذ الوهلة الأولى لاندلاعها إلى التحدث بصوت واحد وأن يبقى الاتحاد موحدا. وكلما ظهرت أزمة عُدنا إلى المقولة الشائعة "أن سياسة الطاقة، سواء كانت وطنية أو أوروبية، يجب أن تسعى في نفس

[8] أكد مجلس الاتحاد الأوروبي في اجتماع له في بروكسل، في 19 ديسمبر 2022، أن حصة الطاقة المنتجة من مصادر متجددة في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي للاتحاد يجب أن تكون على الأقل 40% في عام 2030.

الوقت إلى تحقيق ثلاثة أهداف رئيسية وهي، أمن إمدادات الطاقة، ومكافحة تغير المناخ، وتحقيق النمو الاقتصادي، وأنه لا يمكن الاحتفاظ بتدابير من شأنها أن تلبي هدفًا واحدا على حساب هدف آخر".

ولكن المصالح بين الدول تتباعد وخير دليل هو التخبط في السياسة الفرنسية والألمانية حول عدة مسائل تخص الأزمة. والسؤال المطروح في ظل مواجهة الأزمة الحالية المستمرة هو هل ستفضل الدول الأوروبية مواجهة رأيها العام، وإنقاذ نفسها بشكل فردي من المشاكل التي تعاني منها داخليا أم هل تتمسك بالمواجهة معًا وتتكلم بصوت واحد خارجيا؟

4. عودة إشكالية ثلاثية الطاقة "Energy Trilemma" في أوروبا؟

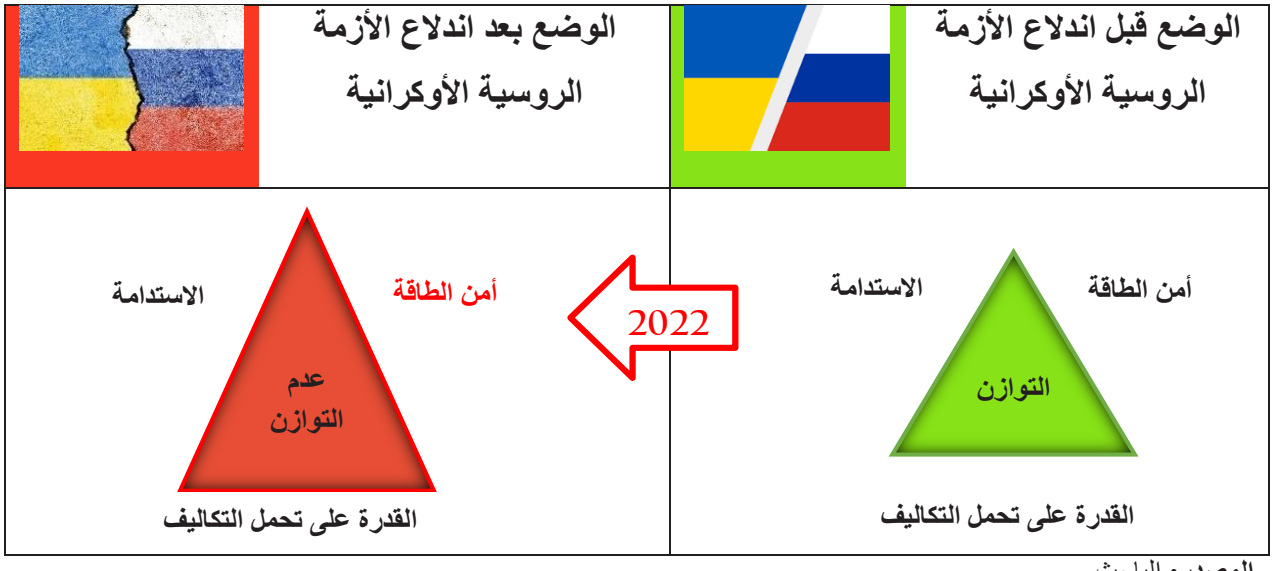
لقد أعادت الأحداث التي شهدتها أوروبا خلال العام الماضي، والتي بلغت ذروتها مع اندلاع الأزمة الروسية الأوكرانية في فبراير 2022، ما يسمى بـ "ثلاثية الطاقة" إلى قلب النقاش العام من خلال السؤال: كيف نضمن أمن الطاقة والاستدامة (الاستدامة البيئية) والقدرة التنافسية/القدرة على تحمل تكاليف الطاقة في نفس الوقت؟

حيث تعود مسألة أمن الطاقة (أمن الإمدادات) والقدرة على تحمل التكاليف عودة قوية على المشهد الأوروبي على الرغم من التأكيد في العديد من الخطابات على عدم التراجع عن الاستراتيجية المتبعة للخروج من الطاقة التقليدية وتبنّي التوجيه الأوروبي نحو الطاقات المتجددة (RED) والطاقة النظيفة كبدائل. وقد تجسد هذا في احدى الخطابات لمفوض الاتحاد الأوروبي للطاقة، خلال الأسبوع الأوروبي للطاقة المستدامة، في سبتمبر 2022، بالإجابة على مسألة ثلاثية الطاقة – توافر إمدادات الطاقة واستدامتها والقدرة على تحمل تكاليفها – بأنها ستسرع وتيرة انتقال الطاقة النظيفة وتعزز أمن الطاقة الأوروبي من خلال تنويع المصادر والإنتاج المحلي. ولكن من الواضح أن قضية البيئة بشكل عام، والانتقال إلى الطاقات المتجددة بشكل خاص، لم تعد أولوية قصوى، على الأقل، في الوضع الراهن. وفي أحسن الأحوال، قد تتقاسم المرتبة الأولى مع نظيرتيها، وفي أسوأ الأحوال، قد تأتي في المرتبة الثانية.

ويعير المطلعون الذين يشتغلون على سياسة الطاقة أو صانعي القرار أهتماماً خاصاً بـ"معضلة الطاقة الثلاثية" أو "ثلاثية الطاقة" أو ما يعرف بالمثلث أو لغز المثلث الدائم، الذي يمثل كل ضلعه إحدى الركائز التي تبنى عليها ثلاث قضايا تتفاعل فيما بينها: أمن الطاقة (الإمدادات)، الاستدامة (الطاقة المستدامة) والقدرة على تحمل تكاليف (الأسعار). كما أن تجاهل أحد عناصر المثلث له تأثير مباشر على الطرفين الآخرين، وكان تحقيق التوازن بين مصالح المستهلكين ومنتجي الطاقة والبيئة موضوعًا مهيمنًا على العلاقات والتفاعلات بين ممثلي أهم الجهات الفاعلة في نظام الطاقة (أو في السوق). لقد تسببت الحرب في أوكرانيا في اضطرابات متعددة، في قطاعات عديدة، لا سيما في قطاع الطاقة، مما نتج عنها عدم توازن بين القوى الثلاث للمثلث، حيث أنه أصبحت القدرة على تحمل التكاليف وأمن الطاقة أكثر أهمية في ثلاثية الطاقة – لذا لم يعد المثلث متساوي الأضلاع بل أصبح مثلث متساوي الساقين ويميل نحو أحد الطرفين. حيث تتعرض جميع ركائز/أضلاع "مثلث متساوي الأضلاع" لضغط شديد وتغير التوازن، المسمى بـTrilemma، وأضحى غير متوازن مما يعرض للخطر حتمًا، إحدى أهم ركائزه المتمثلة في أمن الطاقة في حال إستمرار الأزمة. كما يوضح الشكل (2). وبالتالي، هذا يجبر الاتحاد الأوروبي على إعادة تقويم الأولويات في "المعضلة الثلاثية" بما في ذلك إعادة تقييم لأمن الطاقة الأوروبي والتنسيق مع أهداف استراتيجية "اتحاد الطاقة".

الشكل (2):

ثلاثية الطاقة في الاتحاد الأوروبي



المصدر: الباحث.

الجزء الثاني : توجهات الاتحاد الأوروبي نحو استخدام الطاقات المتجددة

الفصل الأول: الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي

كانت سياسة الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي في طور الإعداد منذ عقود. وكان تاريخها جد مبكر إذ يعود إلى فترة السبعينيات من خلال اتخاذ خطوات تدريجية في هذا الشأن.

ومع ذلك، فمنذ أواخر فترة التسعينيات وما بعدها، في أعقاب أجندة السوق الموحدة وإنشاء نظام دولي لتغير المناخ، تم وضع المزيد من التطورات السياسية المهمة موضع الاهتمام والتنفيذ. يتتبع هذا الفصل تطور سياسة الطاقة أو الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي، من المحاولات المحدودة في بعض القطاعات لتعزيز مصادر الطاقة المتجددة (RES) إلى إنشاء أحد أكثر البرامج شمولاً لدعم تطوير مصادر الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم. كما يتم التركيز على التطور التاريخي لهياكل الحوكمة الأوروبية لتعزيز الطاقة المتجددة، بما في ذلك قطاعي الكهرباء (RES-E) والنقل (RES-T)، وذلك باتباع نهج زمني طويل المدى ووفق استراتيجيات متغيرة تشمل العقود 2020 و2030 وحتى 2050.

كما سيتم في هذا الجزء من الدراسة التطرق إلى ماهية الطاقات المتجددة في توجيهات الاتحاد الأوروبي؟ وما هي الخطوات التي يتخذها الاتحاد الأوروبي لتعزيز إنتشار تلك القطاعات ما بين الدول الأعضاء؟

1. التعريفات المختلفة للطاقات المتجددة

في حين أن هناك إجماعًا واسعًا بين المنظمات الدولية والمؤسسات الحكومية حول ما يشكل الطاقة المتجددة، فإن هذه المجموعات تستخدم تعريفات تختلف قليلاً في أنواع الموارد واعتبارات الاستدامة المدرجة. وتختلف هذه التعريفات في نوع المصادر المدرجة وما إذا كانت اعتبارات الاستدامة مدرجة بشكل صريح. وتوضح هذه الاختلافات حقيقة أنه لا يوجد تعريف مشترك أو عالمي للطاقة المتجددة.

1.1- تعريف الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)

لدى الوكالة الدولية للطاقة المتجددة – "آيرينا" تعريف، صدق عليه 108 أعضاء (107 دولة والاتحاد الأوروبي) اعتبارًا من فبراير 2013. وينص التعريف على "تشمل الطاقة المتجددة جميع أشكال الطاقة المنتجة من مصادر متجددة بطريقة مستدامة، بما في ذلك الطاقة الحيوية، الطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المائية وطاقة المحيطات والطاقة الشمسية وطاقة الرياح ".

2.1- تعريف وكالة الطاقة الدولية (IEA)

تعرف وكالة الطاقة الدولية موارد الطاقة المتجددة بأنها "مشتقة من العمليات الطبيعية" و "تتجدد بمعدل أسرع مما تستهلك" (وكالة الطاقة الدولية 2002، منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)، وكالة الطاقة الدولية ويوروستات (Eurostat، 2005). ويشمل تعريف وكالة الطاقة الدولية للطاقة المتجددة المصادر التالية: "الكهرباء والحرارة المشتقة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والمحيطات والطاقة المائية والكتلة الحيوية والموارد الحرارية الأرضية والوقود الحيوي والهيدروجين المشتق من الموارد المتجددة" (وكالة الطاقة الدولية، 2002).

3.1- تعريف الاتحاد الأوروبي (European Union)

يشار إلى الطاقة المتجددة على أنها تلك الطاقة التي تأتي من المصادر المتجددة غير الأحفورية، وهي الرياح والطاقة الشمسية (الحرارية الشمسية والطاقة الكهروضوئية الشمسية) والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المحيطة والمد والجزر والأمواج وغيرها من طاقة المحيطات والطاقة المائية، والكتلة الحيوية، وغاز المكبات، وغاز محطات معالجة مياه الصرف الصحي، والغاز الحيوي. ومن المهم ملاحظة أن مصادر الطاقة المتجددة وغير المسببة للاحتباس الحراري (GHG) ليست مرادفات وفقًا لهذا التعريف. على سبيل المثال، لا تلوث محطات الطاقة النووية الهواء أو تنبعث منها غازات الدفيئة عند إنتاج الكهرباء، ولكن المواد المستخدمة غالبًا لتوليد الطاقة النووية، اليورانيوم، هي بشكل عام مورد غير متجدد، ونتيجة لذلك، "لا تعتبر الطاقة النووية متجددة".

وتجدر الإشارة هنا إلى أن البرلمان الأوروبي قد إتخذ في شهر يوليو 2022 قرارًا تاريخيًا حين صوت لصالح تسمية مصادر الطاقة "الخضراء" أو "المستدامة" لكل من الغاز الطبيعي والطاقة النووية، وبأنها صديقة للبيئة، وذلك بدعم اقتراح من المفوضية الأوروبية، الذراع التنفيذي للاتحاد الأوروبي، والذي أثار انتقادات من عدة جهات، خاصة المدافعين عن البيئة. مما يمثل إنجازًا كبيرًا في مجال انتقال الطاقة والأمن في الاتحاد الأوروبي. ويعني هذا التصويت أن الطاقة النووية ستتم إضافتها إلى تصنيف الاتحاد الأوروبي للأنشطة المستدامة اعتبارًا من عام 2023 – وجاء هذا التصويت في سياق التوترات الشديدة حول قضايا الطاقة في أوروبا نتيجة للأزمة الروسية الأوكرانية.

وعادة ما يتم قياس (زيادة) إنتشار مصادر الطاقة المتجددة (RES) في نظام الطاقة من خلال مقاييس مثل حصة الطاقة المتجددة في الطلب على الطاقة الأولية أو في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي. وفيما يتعلق بالنظام الكهربائي، يتم استخدام مقاييس أخرى مثل إنتاج الكهرباء (بالجيغاواط ساعة) والقدرة المركبة (بالجيغاواط) بشكل عام.

2. استخدامات الطاقات المتجددة

يكتسي استخدام الطاقة المتجددة أهمية خاصة لمكافحة تغير المناخ. ويتم الحصول على الطاقات المتجددة من مصادر طبيعية لا تنضب وقابلة للتجديد بشكل لانهائي دون المساهمة في تغير المناخ. ومن بين هذه المصادر الطبيعية المختلفة، نذكر طاقة الرياح، وضوء الشمس، والمياه، والحرارة الحرارية الأرضية، والمد والجزر والأشكال المختلفة من الكتلة الحيوية. ويمكن تصنيف استخدامات الطاقات المتجددة على النحو التالي:

أ. الاستخدامات المباشرة والمتمثلة في الآتي:

- تحويل الطاقات المتجددة مباشرة إلى طاقة مفيدة؛
- يتم امتصاص هذا النوع من الطاقة في مجمعات الطاقة الشمسية التي توفر التدفئة للأماكن أو الماء الساخن؛

- تتركز هذه الطاقات بواسطة المرايا لتوفير حرارة عالية للإنتاج الكهربائي أو ما يعرف بالطاقة الشمسية المركزة (CSP[9])؛
- يتم تحويل هذه الطاقات مباشرة إلى كهرباء باستخدام وحدة الكهروضوئية (PV).

ب. الاستخدامات غير المباشرة:

- تحويل الطاقة المتجددة إلى طاقة مفيدة بشكل غير مباشر من خلال أشكال الطاقة الأخرى؛
- الطاقة الكهرومائية: الطاقة المستخرجة من السدود والتوربينات؛
- طاقة الرياح: الطاقة المستخرجة من حركة الهواء؛
- طاقة الأمواج: تتحرك الرياح على مساحات طويلة من المحيط مكونة الأمواج؛
- الطاقة الحيوية: من خلال التمثيل الضوئي في النباتات.

جـ. مصادر الطاقة المتجددة غير الشمسية:

- هذه مصادر الطاقة قابلة للتجديد، لا تعتمد على الإشعاع الشمس؛
- المد والجزر: هذه ليست طاقة الأمواج؛ يتم تسخير قوة المد والجزر؛
- الطاقة الحرارية الأرضية: الحرارة من داخل الأرض.

3. دواعي اهتمام الاتحاد الأوروبي بالطاقات المتجددة

هناك عدة أسباب تبرر اهتمام الاتحاد الأوروبي بتعزيز الطاقة المتجددة، من ضمنها على سبيل المثال لا الحصر، أنه هناك هدفاً لتحقيق نظام طاقة أكثر استدامة بيئيًا، ورؤية حول كيفية مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في الحد من انبعاثات غازات الدفيئة والملوثات المحلية، ونتيجة لذلك، في التخفيف من آثار تغير المناخ وتحسين جودة الهواء.

وعلاوة على ذلك، يمكن أن يساعد إنتشار مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة أيضًا في تحقيق الأهداف التقليدية الأخرى لسياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي، مثل القدرة التنافسية لأسعار الطاقة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد. إلى جانب ذلك،

[9] تستخدم أنظمة الطاقة الشمسية المركزة (CSP) عدسات أو مرايا من أجل تركيز بقعة كبيرة من ضوء الشمس أو الطاقة الشمسية الحرارية على مساحة صغيرة.

يمكن للترويج للطاقة المتجددة أن يخلق فرصًا جديدة للتوظيف المحلي، ويساعد على ضمان ريادة الشركات المصنعة في الاتحاد الأوروبي في التقنيات الخضراء والمساهمة في النمو الاقتصادي العام. ومن جهة أخرى، فإن التزام الاتحاد الأوروبي بالطاقة المتجددة ثابت منذ زمن طويل وأكدت عليه المادة "194" من معاهدة عمل الاتحاد الأوروبي، والتي تنص على أن "سياسة الاتحاد بشأن الطاقة يجب أن تعزز تطوير أشكال جديدة ومتجددة للطاقة، بروح التضامن بين الدول الأعضاء". ومع ذلك، تحدد نفس المادة أن الترويج للطاقة المتجددة يجب أن يكون دون المساس بحق الدول الأعضاء في تحديد شروط استغلال موارد الطاقة الخاصة بهم، وخياراتهم بين مصادر الطاقة المختلفة والهيكل العام لإمدادات الطاقة الخاصة بهم.

4. استخدام الطاقات المتجددة في القطاعات الاقتصادية المختلفة

شهد استخدام الطاقات المتجددة نموًا سريعًا في السنوات الأخيرة في دول الاتحاد الأوروبي، مدفوعًا بانخفاض التكاليف ودعم السياسات. ومن خلال التقنيات المناسبة، يمكن استخدام مصادر الطاقة المتجددة في قطاعات مختلفة، خاصة قطاع الكهرباء وقطاع النقل وقطاع التدفئة والتبريد. وفي الوقت الحاضر، جذب تغلغل مصادر الطاقة المتجددة في قطاع الكهرباء الانتباه نظرًا لتوافر تقنيات أكثر نضجًا نسبيًا مثل الخلايا الكهروضوئية (PV) وطاقة الرياح البرية.

وفيما يلي استعراض لإستخدام الطاقة المتجددة في مختلف القطاعات والأنشطة:

أ. قطاع الكهرباء:

تُستخدم مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء مع انبعاثات ضئيلة أو معدومة من غازات الدفيئة المباشرة. والمصادر الأكثر صلة في هذا الصدد هي الطاقة الحيوية، والطاقة المائية، والطاقة الشمسية وطاقة الرياح. ويعتمد انتشارها في نظام الكهرباء على عدة عوامل، مثل توفر الموارد الطبيعية الأولية، وفعاليتها من حيث التكلفة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى، ووجود قيود أخرى على البيئة ونظام الطاقة. وتعتبر الطاقة الكهرومائية والطاقة الحيوية مرنة حيث يمكن تخزين مدخلاتهما (الماء والكتلة الحيوية) بتكلفة فعّالة. وعلى العكس من ذلك، تُعرف طاقة الرياح والطاقة الشمسية باسم الطاقة المتجددة المتغيرة أي Variable

Renewable Energy – (VRE) أو مصادر الطاقة المتجددة غير القابلة للتشتت أو المتقطعة بسبب توفرها المتقطع الذي يجعل توليد الكهرباء غير قابل للتحكم بشكل كامل.

ب. قطاع النقل:

يكون إنتشار مصادر الطاقة المتجددة مدفوعًا بالتحّول إلى وقود النقل المتجدد وكذلك من خلال استيعاب التنقل الكهربائي (الكهربة) – ومن الواضح أن هذا الأخير مشروط بتوليد الكهرباء من مصادر متجددة. ويمكن أن يكون وقود النقل المتجدد عبارة عن وقود حيوي أو وقود الهيدروجين أو غاز حيوي. ويتم تقسيم الوقود الحيوي في كثير من الأحيان إلى ثلاث أجيال: **الجيل الأول** من الوقود الحيوي يتم إنتاجه مباشرة من المحاصيل الغذائية. ويُشتق الوقود الحيوي من **الجيل الثاني** من مجموعة مختلفة من المواد الأولية لا تشمل المحاصيل الغذائية بشكل عام؛ وأخيرًا، يتم الحصول على الوقود الحيوي من **الجيل الثالث** – الذي لا يزال في مرحلة التطوير المبكرة – من الطحالب وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة.

ج. قطاع التدفئة والتبريد:

يتم استخدام مصادر الطاقة المتجددة بأشكال مختلفة. وعادة ما يتم استخدام الكتلة الحيوية كوقود لتسخين المباني والمياه. وتم في الآونة الأخيرة، تركيب مضخات الحرارة لضمان توفير التدفئة والتبريد باستخدام الطاقة المحيطة أو الحرارية الأرضية والكهرباء، والتي من المحتمل أن تكون مشتقة من مصادر الطاقة المتجددة أيضًا. ومع ذلك، فإن معظم احتياجات التدفئة والتبريد في الاتحاد الأوروبي لا تزال تُلبي باستخدام الوقود الأحفوري. لذلك، اعترفت المفوضية الأوروبية بإزالة الكربون من قطاع التدفئة والتبريد كأولوية في السنوات القادمة. ويعتبر استمرار الكهربة، وتطوير التوليد المشترك للطاقة والتدفئة المركزية عالية الكفاءة، فضلا عن اعتماد تحويل الكهرباء إلى غاز، من الطرق الرئيسية لتحقيق إزالة الكربون من القطاع.

ومع ذلك، لا تمثل الكهرباء حاليًا سوى خمس الاستهلاك الأوروبي النهائي للطاقة. ويمثل قطاع النقل وقطاع التدفئة والتبريد جزءًا أكبر نسبيًا من الاستهلاك النهائي للطاقة، حيث تشكل حصتها حوالي 30% و40% على التوالي. نتيجة لذلك، لا يمكن تجاهلها إذ كان الهدف

هو تحقيق إزالة كربونية كبيرة من نظام الطاقة. ومع ذلك، فإن الجهود المبذولة لزيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة في هذه القطاعات قد حققت نتائج محدودة حتى الآن.

الفصل الثاني: توجهات الاتحاد الأوروبي نحو الطاقات المتجددة

يمكن أن تلعب الطاقات المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الكهرومائية والكتلة الحيوية دوراً رئيسياً في مواجهة التحدي المزدوج المتمثل في أمن الطاقة وظاهرة الاحتباس الحراري والاحترار العالمي كونها طاقات لا تستنفد وتنتج انبعاثات غازات الاحتباس الحراري أقل من الوقود الأحفوري. ومن المتوقع أيضًا أن تلعب دورًا رئيسيًا في خلق وظائف تكنولوجية جديدة وإخراج أوروبا من الأزمة الاقتصادية.

وبالنسبة للاتحاد الأوروبي فإن الطاقات المتجددة (طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة الكهرومائية، والبحرية، والطاقة الحرارية الأرضية، وطاقة الكتلة الحيوية، وكذلك الوقود الحيوي) تُعد بدائل للوقود الأحفوري تساهم في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، من خلال تنويع إمدادات الطاقة وتقليل الاعتماد على أسواق الوقود الأحفوري وعلى وجه الخصوص الغاز والنفط. وقد تطورت تشريعات الاتحاد الأوروبي بشأن تعزيز الطاقة المتجددة بشكل كبير على مدار الخمسة عشر عامًا الماضية. ففي عام 2009، حدد الاتحاد الأوروبي لنفسه هدفًا يتمثل في زيادة حصة الطاقات المتجددة في استهلاكه للطاقة إلى 20% بحلول عام 2020. وفي عام 2018، ارتفع هذا الهدف إلى 32% بحلول عام 2030. وفي يوليو 2021، نظرًا لطموحات الاتحاد الأوروبي المناخية الجديدة، تم اقتراح مراجعة هذا الهدف إلى 40% بحلول عام 2030. ويجري التفاوض حاليًا حول إطار العمل المستقبلي بعد عام 2030.

1. السياسة الأوروبية للطاقات المتجددة

منذ أزمات الطاقة في فترة السبعينيات من القرن الماضي، أطلقت العديد من الدول الصناعية، المتمثلة في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية خاصة، عدة برامج وخطط لتطوير حلول الطاقة المتجددة، لكن عودة أسعار النفط إلى الإنخفاض حالت دون انتعاش الطاقات المتجددة على نطاق تجاري أوسع.

1.1- توجهات الاتحاد الأوروبي نحو الطاقات المتجددة قبل عام 2010

إن اهتمام أوروبا بتطوير الطاقات المتجددة ليس بالأمر الجديد، حيث شرعت العديد من الدول الصناعية، منذ أزمات الطاقة في فترة السبعينيات (1973 و1979) في برامج لتقديم حلول الطاقات المتجددة ولكن انخفاض أسعار النفط خلال فترة الثمانينات حالت دون تطور مصادر الطاقة المتجددة على نطاق تجاري. وعاودت أوروبا الكرّة مرة أخرى باتخاذ بعض المبادرات المتواضعة خلال فترة التسعينات ويمكن تلخيص أهم تلك المراحل في الآتي:

- **عام 1997:** نشرت المفوضية الأوروبية كتابًا أبيض بعنوان **"الطاقة من أجل المستقبل: مصادر الطاقة المتجددة ـ الكتاب الأبيض الذي يؤسس استراتيجية وخطة عمل للمجتمع"**، والذي يعتبر "خارطة طريق الطاقات المتجددة" التي تحدد استراتيجية طويلة الأجل. والذي من خلاله تم تحديد حصة 12% يأمل أن تحقق من مصادر الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة في الاتحاد الأوروبي لعام 2010. وقد جاء هذا القرار بسبب مخاوف بشأن أمن الإمدادات وحماية البيئة.

- **عام 2001:** تم اعتماد هدف 12% في توجه الطاقات المتجددة (RED I) لعام 2001 المتعلق بترويج توليد الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة، والتي تضمنت أيضًا هدفًا بنسبة 22.1% للكهرباء في دول الاتحاد الأوروبي الخمسة عشر(أنذاك). وكان التشريع جزءًا مهمًا من الإجراءات التي اتخذها الاتحاد الأوروبي للوفاء بالالتزامات التي تم التعهد بها بموجب "بروتوكول كيوتو". ومع ذلك، لم تكن الأهداف "ملزمة" واتضح أنها لن تتحقق.

- **عام 2003:** اعتمد الاتحاد الأوروبي توجيهات الوقود الحيوي التي تحدد "معايير" بنسبة 2% من حصة سوق الوقود الحيوي في عام 2005 و5.75 % في عام 2010.

- **عام 2006:** كان البرلمان الأوروبي يتوقع حصة 25% من الطاقات المتجددة في استهلاك الطاقة في الاتحاد الأوروبي بحلول عام 2020.

- **عام 2007:** نشرت المفوضية الأوروبية في يناير 2007 "خارطة طريق الطاقة المتجددة" كجزء من حزمة "الطاقة ـ تغير المناخ" والتي تحدد استراتيجية طويلة الأجل. ودعت إلى هدف إلزامي يتمثل في حصة 20% من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة في الاتحاد

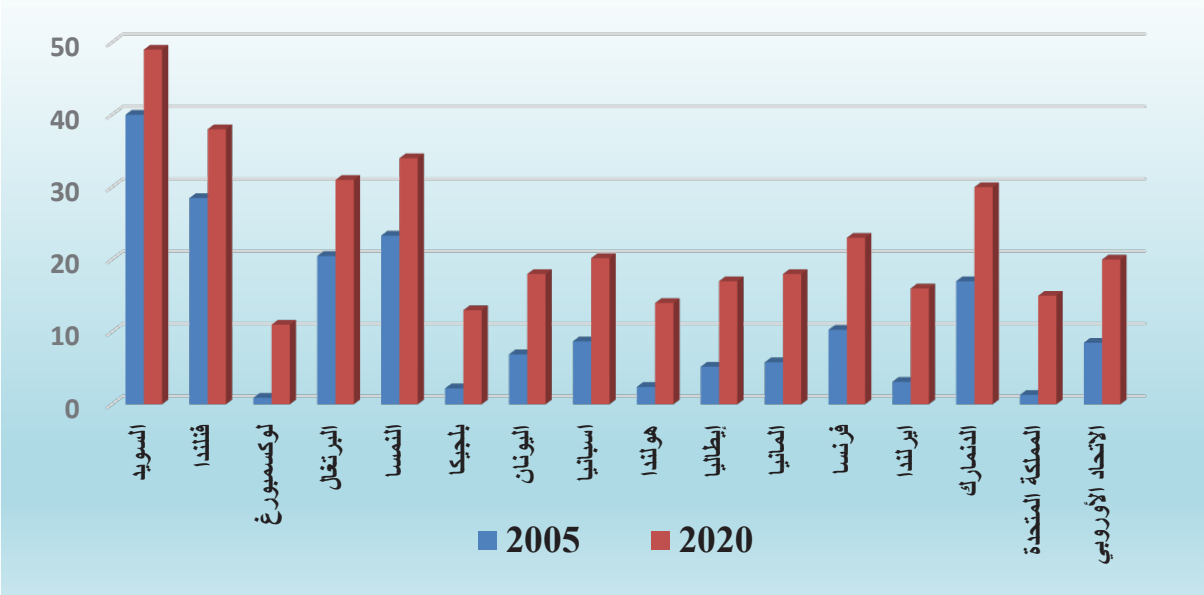
الأوروبي بحلول عام 2020. وصادق زعماء الاتحاد الأوروبي على الهدف في شهر مارس 2007، ولتحقيق هذا الهدف، اعتمد الاتحاد الأوروبي توجيهًا جديدًا للطاقة المتجددة في أبريل 2009، والذي يحدد أهدافًا فردية لكل دولة عضو. وأدرجت استراتيجية "أوروبا 2020"، التي قدمتها المفوضية في مارس 2010، أهداف المناخ لعام 2020 في مبادرتها الرئيسية لتعزيز كفاءة الموارد في أوروبا.

2.1- تحديد الأهداف الأولى للدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي قبل عام 2010

قدمت المفوضية الأوروبية في 23 يناير 2008، اقتراحًا لتوجيه جديد للطاقة المتجددة ليحل محل التدابير المعتمدة في عام 2001. وقد توصلت الحكومات الأوروبية والبرلمان الأوروبي إلى اتفاق واسع بشأن الاقتراح المقدم في 9 ديسمبر 2008، وتم اعتماد الاتفاقية لاحقًا في التصويت العام للبرلمان في 17 ديسمبر 2008. ويتطلب توجيه الاتحاد الأوروبي الجديد بشأن الطاقات المتجددة، المتفق عليه في ديسمبر 2008، من كل دولة عضو زيادة حصتها من الطاقات المتجددة – مثل الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح أو الطاقة المائية – في مزيج الطاقة في دول الاتحاد لرفع الحصة الإجمالية من 8.5% في عام 2010 إلى 20% بحلول عام 2020. كما تم تضمين حصة 10 % من "الوقود الأخضر" في النقل ضمن الهدف العام للاتحاد الأوروبي.

ولتحقيق هذا الهدف، يتعين على كل دولة من دول الاتحاد الـ 27 زيادة حصتها من مصادر الطاقة المتجددة بنسبة 5.5% عن مستويات عام 2005، مع احتساب الزيادة المتبقية على أساس نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، كما يبين الشكل (3) والجدول (1) في الملحق.

الشكل (3):
نسبة الطاقات المتجددة في 2005 و 2020 في أوروبا
(%)



المصدر: ديوان المحاسبة من خارطة طريق المفوضية الأوروبية لمصادر الطاقة المتجددة لعام 2007.

3.1- تحديد الأهداف المؤقتة للدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي لعام 2020

حدد التوجيه سلسلة من الأهداف المؤقتة، والمعروفة باسم "المسارات الإرشادية"، من أجل ضمان التقدم المطرد نحو أهداف عام 2020، وهي كالتالي:

- متوسط 20% بين عامي 2011 و2012؛
- متوسط 30% بين عامي 2013 و2014؛
- المتوسط 45% بين عامي 2015 و2016؛
- متوسط 65% بين عامي 2017 و2018.

وتتمتع دول الاتحاد الأوروبي بحرية تقرير "مزيجها" المفضل من مصادر الطاقة المتجددة، مما يسمح لها بمراعاة إمكاناتها المختلفة. ويجب على كل دولة تقديم خطط عمل وطنية[10] (NAPs) بناءً على المسارات الإرشادية إلى المفوضية الأوروبية بحلول

[10] تعد خطط العمل الوطنية أو National Action Plans (NAPs) عملية مهمة لمساعدة الدول في تنفيذها لمبادئ الأمم المتحدة التوجيهية. ولهذه الغاية، دعت لجنة وزراء مجلس أوروبا الدول إلى تطوير برامج العمل الوطنية في كل من إعلان 2014 والتوصية (2016). ولمزيد من التفاصيل حول هذا الموضوع، يمكن زيارة موقع مجلس أوروبا www.coe.int

30 يونيو2010، تليها تقارير مرحلية تُقدم كل عامين. كما يجب تحديد الخطط عبر القطاعات الثلاث، وهي: قطاع الكهرباء، وقطاع التدفئة والتبريد وقطاع النقل.

وقد رفضت اتفاقية التسوية في نهاية المطاف نظامًا كان من الممكن بموجبه أن تواجه الدول الأعضاء عقوبات مالية لفشلها في الوصول إلى أهداف مؤقتة نحو هدف 2020. ومع ذلك، يتعين على الدول الأعضاء تقديم برامج العمل الوطنية المعدلة، التي تحدد التدابير اللازمة للعودة إلى المسارات الإرشادية.

وتحتفظ بروكسل بالحق في بدء تفعيل إجراءات التعدي إذا فشلت الدول في اتخاذ "التدابير المناسبة" لتحقيق أهدافها، مما يعني أن قرار اتخاذ الإجراءات القانونية سيكون وفقًا لتقدير المفوضية وليس بناءً على معايير صارمة.

4.1- تحديد الأهداف للدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي لعام 2020

نشر مكتب إحصاءات الاتحاد الأوروبي (Eurostat) في 19 يناير 2022 أحدث الإحصاءات حول الطاقة المتجددة. ففي عام 2020، وعلى مستوى الاتحاد الأوروبي ككل (27 دولة عضوا)، بلغت حصة الطاقة المتجددة في إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة 22.2%، أي متجاوزة بنقطتين مئويتين من هدفها لعام 2020 (20%) التي حددها الاتحاد لنفسه في عام 2009. والجدير بالذكر أن هذه التطورات تخفي حقائق متباينة من دولة عضو إلى أخرى.

وتشمل الطاقات المتجددة الكتلة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة المائية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها. وعلى الرغم من أن حصة الطاقة من هذه المصادر المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة في الاتحاد الأوروبي قد تضاعفت منذ عام 2004 (9.6%)، إلا أن هذه الطاقات لا تزال تمثل جزءًا صغيرًا فقط من مزيج الطاقة في الاتحاد الأوروبي، الذي يهيمن عليه النفط والغاز.

وكانت السويد الدولة الأكثر تقدما في الاتحاد الأوروبي خلال عام 2020 بنسبة 60.1 % من الطاقة المنتجة من مصادر متجددة في إجمالي استهلاكها النهائي. وبذلك تجاوزت فنلندا (43.8%) ولاتفيا (42.1%) والنمسا (36.5%). وفي الطرف الآخر من الترتيب، كان

لدى مالطا (10.7%)، ولوكسمبورغ (11.7%)، وبلجيكا (13%) أدنى نسب من الطاقات المتجددة في إجمالي استهلاكهم النهائي للطاقة. ويمكن تفسير هذه الاختلافات على وجه الخصوص باختلاف الطموحات السياسية داخل الدول الأعضاء. فعلى سبيل المثال، تقوم بعض الحكومات الأوروبية بوضع آليات تحفيزية، مثل فرض ضرائب عالية على الكربون، أو تشجيع استخدام الطاقات المتجددة من خلال الاستثمار العام.

2. التوجهات الأخيرة نحو الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي

نشرت المفوضية الأوروبية خلال شهر أكتوبر 2022 تقرير حالة "اتحاد الطاقة" لعام 2022، والذي يسلط الضوء على التحديات التي واجهها قطاع الطاقة في عام 2022 والتقدم المحرز في معالجة هذه الظروف الاستثنائية على المدى القصير وكذا أهداف أوروبا المناخية على المدى الطويل.

وعلى وجه الخصوص، تقيّم هذه النسخة السابعة من التقرير استجابة سياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي لأزمة الطاقة الحالية، والتي تفاقمت بسبب الأزمة الروسية-الأوكرانية. حيث شهد بداية عام 2022 اضطرابًا في أسواق الطاقة وتقلبًا في الأسعار وانعدام أمن الطاقة ليس في أوروبا فقط بل في جميع أنحاء العالم، مما كان له تأثير كبير على نظام الطاقة في الاتحاد الأوروبي. ولتعكس الحقائق الجيوسياسية الجديدة ولتلبية الحاجة إلى طاقة ميسورة التكلفة وآمنة ومستدامة لأوروبا، ويقوم الاتحاد الأوروبي والدول المنظمة للاتحاد بإعادة تشكيل وتسريع استراتيجياتها المتعلقة بالطاقة والمناخ.

ويوضح التقرير ما اتخذه الاتحاد الأوروبي من تدابير إستجابة للأزمة الحالية لسوق الطاقة، وكذا مقدار التقدم الذي حققه الاتحاد الأوروبي بشكل عام. وفي الوقت نفسه، يسلط الضوء على مدى توافق هذه التطورات مع الأهداف المناخية المسطرة على المدى الطويل.

وقد تم من خلال تقرير 2022 تقييم العرض والطلب على الطاقة في الاتحاد الأوروبي، وتنويع إمدادات الطاقة، والانتقال العادل، والتأثير على المستهلكين والشركات. كما يستعرض التقرير بشيء من التفصيل استجابة السياسة الأوروبية للتحديات المتنوعة، ولا سيما من خلال خطة REPowerEU، من خلال مجموعة التدابير الأخرى لمعالجة أسعار الطاقة وضمان أمن

الإمدادات، بما في ذلك استخدام المادة 122 من المعاهدة – مادة الطوارئ لمعالجة حالات الطوارئ في مجال الطاقة.

وتماشياً بشكل تام مع "الصفقة الخضراء الأوروبية"، تتضمن خطة REPowerEU تدابير لتوفير الطاقة، وتنويع وتأمين الإمدادات، وتعزيز نشر الطاقة المتجددة، والجمع بذكاء بين الاستثمارات والإصلاحات. ويشير التقرير باعتماد التزامات الحد الأدنى الجديدة لتخزين الغاز، وأهداف خفض الطلب على الغاز والتدابير الإضافية لتقليل الطلب على الكهرباء لتسليط الضوء على سرعة استجابة الاتحاد الأوروبي والقيادة التي أظهرتها المفوضية. وفيما يلي سرد لأهم النتائج الرئيسية للتقرير:

- قامت جميع دول الاتحاد الأوروبي بتنفيذ التدابير اللازمة لمعالجة ارتفاع أسعار الطاقة.
- تجاوز الاتحاد الأوروبي بالفعل بنسبة 91% من الغاز المخزن في مرافق التخزين.
- انخفاض حصة الغاز عبر خطوط الأنابيب الروسية في واردات الاتحاد الأوروبي من 41% في عام 2021 إلى 9% فقط في سبتمبر 2022.
- أصبح الغاز الطبيعي المسال (LNG) مصدرًا رئيسيًا للإمدادات، حيث يمثل 32% من إجمالي واردات الاتحاد الأوروبي من الغاز الصافي.
- قام الاتحاد الأوروبي بإنتاج نسبة 12% من الكهرباء من الطاقة الشمسية من شهر مايو إلى شهر أغسطس 2022، وبنسبة 13% من طاقة الرياح، وهو ما يعد رقماً قياسياً.
- تشير المؤشرات الأولية إلى أن عام 2022 سيكون عامًا قياسيًا لسوق الخلايا الشمسية الكهروضوئية الأوروبية، مع نمو سنوي في الإنتشار بنسبة تراوحت ما بين 17– 26% في أكبر أسواق دول الاتحاد الأوروبي.
- من المتوقع أن تنمو حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الكهرباء من 37% في عام 2021 إلى 69% في عام 2030.
- مع تعهد الاتحاد الأوروبي في الاستثمارات في الهيدروجين في السنوات القادمة التزم مصنعي المحلل الكهربائي في أوروبا بزيادة قدرتهم على تصنيع المحلل الكهربائي

عشرة أضعاف، من أجل الوصول إلى 17.5 جيغاواط بحلول عام 2025. وتجدر الإشارة إلى المشروع[11] "IPCEI Hy2Use" وهو المشروع الثاني المهم للمصلحة الأوروبية المشتركة في سلسلة قيمة الهيدروجين والذي وافقت عليه المفوضية في سبتمبر 2022.

- في عام 2020، تجاوز الاتحاد الأوروبي أهدافه المتعلقة بخفض الانبعاثات (32%)، وكفاءة الطاقة (5 إلى 6% أقل من الهدف البالغ 20%) ومصادر الطاقة المتجددة (22.1%). إلاّ أنها ظلت دون مستويات ما قبل الجائحة.
- ظل دعم الوقود الأحفوري في الاتحاد الأوروبي مستقرًا إلى حد ما في عام 2021 بعد انخفاضه بأكثر من 5% في عام 2020 بسبب قيود فيروس كورونا، حيث تم تعويض الزيادة في النقل والصناعة من خلال انخفاض دعم الوقود الأحفوري في قطاع الطاقة.

وكما هو الحال في السنوات الماضية، يوضح التقرير التقدم المحرز نحو تنفيذ الصفقة الخضراء الأوروبية، في مجالات تتراوح من كفاءة الطاقة إلى مصادر الطاقة المتجددة، والمباني، والتكنولوجيا، وأمن الطاقة والقدرة على تحمل التكاليف، وتوفير الطاقة. كما يتضمن تحليلاً مفصلاً لتحقيق أهداف الطاقة والمناخ 2020. وأخيرًا، يحدد دعم الاتحاد الأوروبي لجيرانه والشراكات الجديدة التي تم إجراؤها لتسريع الانتقال العالمي للطاقة الخضراء والعادلة.

وفي عام 2020، وصل الاتحاد الأوروبي إلى حصة 22.1% من مصادر الطاقة المتجددة من إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة، متجاوزًا المستوى المستهدف البالغ 20% المحدد لعام 2020. حيث زادت حصة الطاقة المتجددة الإجمالية بمقدار 2.1 نقطة مئوية من عام 2019 إلى 2020، بفضل انخفاض استهلاك الطاقة بسبب جائحة كوفيد-19. وتتباين حصص مصادر الطاقة المتجددة في عام 2020 على نطاق واسع عبر الدول الأعضاء.

[11] يشمل المشروع 29 شركة و 35 مشروعًا من 13 دولة عضو: النمسا وبلجيكا والدنمارك وفنلندا وفرنسا واليونان وإيطاليا وهولندا وبولندا والبرتغال وسلوفاكيا وإسبانيا والسويد. وستقدم الدول الأعضاء ما يصل إلى 5.2 مليار يورو من الأموال العامة، والتي ينبغي أن تطلق 7 مليارات يورو في استثمارات خاصة إضافية. وللمزيد من المعلومات حول هذا المشروع، يمكن الاطّلاع على ذلك من خلال الرابط:
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_22_5677

كانت السويد في عام 2020 الدولة الأكثر تقدمًا في الاتحاد الأوروبي في هذا المجال (60.1%)، تليها فنلندا (43.9%) ولاتفيا (42.1%) والنمسا (36.5%). في الطرف الآخر من الترتيب، كانت حصص مالطا (10.7%) ولوكسمبورغ (11.7%) وبلجيكا (13%) أدنى نسب من الطاقة المتجددة في إجمالي استهلاكهم النهائي للطاقة. وحسب الإحصائيات، فإن جميع الدول الأعضاء حققت هدفها الوطني لعام 2020، باستثناء فرنسا التي حققت 19.1% (متأخرة عن الهدف الذي حددته لعام 2020 بـ 3.9 نقطة مئوية). ويمكن تفسير هذه الفروقات بشكل خاص من خلال الطموحات السياسية المختلفة داخل الدول. حيث تقوم بعض الحكومات الأوروبية، على سبيل المثال، بوضع آليات تحفيزية، مثل ضرائب الكربون المرتفعة، أو تشجيع استخدام الطاقات المتجددة من خلال الاستثمار العام.

وبمساهمة تبلغ 37.5% في عام 2020، تعد الحصة النسبية لمصادر الطاقة المتجددة هي الأكبر في قطاع الكهرباء. وبلغت حصة مصادر الطاقة المتجددة في قطاع التدفئة والتبريد 23.1% في عام 2020. وبالنسبة لقطاع النقل، كانت الحصص أقل نسبيًا ووصلت إلى 10.2% في عام 2020. ولا تزال الطاقة الحيوية المصدر الرئيسي للطاقة المتجددة في الاتحاد الأوروبي، بحصة 58.1 % من الإجمالي في عام 2020. في أوروبا، وتظل الطاقة الحيوية إلى حد كبير المصدر الرئيسي للطاقة المتجددة (حوالي 60%). وفي ضوء انخفاض مصارف الكربون والحاجة إلى الحفاظ على التنوع البيولوجي، فإن اقتراح المفوضية لمراجعة توجيه الطاقة المتجددة في حزمة "Fit for 55" يعزز معايير الاستدامة لاستخدام الكتلة الحيوية للطاقة ويتضمن التزاما على الدول الأعضاء بتطبيق المبدأ المتتالي في خطط الدعم الخاصة بها.

وفي سياق التسريع نحو توسيع نطاق الطاقات المتجددة كعنصرًا أساسياً في البرنامج الأوروبي الذي يهدف إلى التخلي تدريجيا عن الوقود الأحفوري الروسي، صوت أعضاء البرلمان الأوروبي في سبتمبر 2022، بأغلبية ساحقة لصالح هدف رفع سقف الطاقة المتجددة إلى 45% بدلاً من الهدف المحدد 40%. وكان هذا رأي جد مهم لأن البرلمان الأوروبي له نفس وزن الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي في تبني القوانين الأوروبية. وكان من الممكن أن يكون الاعتماد السريع هذا كجزء من مراجعة توجيه الطاقة المتجددة (RED II) عنصرًا

رئيسيًا لتعزيز نشر المزيد من الطاقة المتجددة. ولكن، هذا الاقتراح الخاص بزيادة الطموح العام إلى 45% تم رفضه من قبل وزراء الطاقة بدول الاتحاد، في 19 ديسمبر 2022، بأغلبية تؤيد هدف 40% فقط، والذي اقترح في العام السابق للغزو الروسي.

ومؤخراً، في 30 مارس 2023، توصل مفاوضو البرلمان الأوروبي ومجلس الاتحاد الأوروبي إلى "اتفاق سياسي مؤقت" يهدف إلى زيادة حصة الطاقات المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة في الاتحاد الأوروبي إلى 42.5% بحلول عام 2030. ووُصف هذا الاتفاق، بأنه "تاريخي" حيث يمثل نقطة تحول لأوروبا في مكافحة تغير المناخ. كما يمكن لدول الأعضاء التي تختار القيام بذلك أن تكمل هذا الهدف بـ "زيادة إضافية بنسبة 2.5% من شأنها أن تسمح بالوصول إلى 45%". كما سيتعين الآن موافقة المؤسستين على هذا الاتفاق المؤقت.

وبهذا، تختتم الاتفاقية بشأن توجيه الاتحاد الأوروبي للطاقة المتجددة (RED) بعد مفاوضات مطولة استمرت مدتها 18 شهرًا لتحديث سياسات المناخ في الاتحاد الأوروبي وتحقيق حل وسط حول هدف 42.5% من الطاقات المتجددة في الاستهلاك الأوروبي بحلول عام 2030، مقارنة بنحو 22% اليوم.

وبالنسبة لقطاع النقل، قدمت المفوضية الأوروبية **"استراتيجية التنقل المستدام والذكي"** مصحوبة بخطة عمل من 82 مبادرة موزعة على 10 مجالات عمل تمتد من 2021 إلى 2024. ومن بين المقترحات، دعم المركبات والسفن والطائرات عديمة الانبعاثات، والوقود المتجدد والمنخفض الكربون، وخطة عمل لتحفيز نقل الركاب بالسكك، ...، وغيرها. ويتمثل التحدي في خفض الانبعاثات بنسبة 90% بحلول عام 2050. وقد تم الانتهاء من العديد من هذه الإجراءات الاستراتيجية، حيث اقترحت المفوضية تعزيز إنتاج واستيعاب الوقود المستدام للطيران والبحري من خلال المبادرات التالية:

أ. مبادرة FuelEU Maritime

تم تصميم اقتراح FuelEU Maritime لتسريع عملية إزالة الكربون في الصناعة البحرية من خلال اعتماد أنواع الوقود والتقنيات المتجددة والمنخفضة الكربون، من خلال تطبيق الحد القائم على الأهداف من كثافة الطاقة في غازات الدفيئة (GHG) اعتباراً من عام

2025. ويتضمن مشروع اللائحة أهدافا طموحة لخفض كثافة غازات الدفيئة في الوقود البحري. ويعد القطاع البحري عالميًا بطبيعته، لذا فإن إدخال تغييرات جوهرية على كثافة الكربون للوقود البحري يجب أن يتم على مستوى عالمي من خلال المنظمة البحرية الدولية (IMO)[12]، وهي وكالة الأمم المتحدة المتخصصة في النقل البحري.

ب. مبادرة ReFuelEU

تُعد مبادرة ReFuelEU للطيران جزءًا من حزمة الاتحاد الأوروبي "Fit for 55" في عام 2030، وهي خطة الاتحاد الأوروبي لخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (GHG) بنسبة 55% على الأقل بحلول عام 2030 مقارنة بمستويات عام 1990 بما يتماشى مع قانون المناخ الأوروبي.

وستتطلب مسودة القواعد التي تم تبنيها في 7 يوليو استخدام 2% من وقود الطيران المستدام (SAF) في عام 2025، ثم رفع النسبة إلى 37% في عام 2040 وإلى 85% في عام 2050.

وذلك من أجل زيادة نشر واستخدام الوقود المتجدد والمنخفض الكربون والبنية التحتية ذات الصلة من خلال لائحة البنية التحتية للوقود البديل.

ويُعد التحويل العاجل والكامل لتوجيه الطاقة المتجددة (RED II) لعام 2018 أمرًا أساسيًا لنجاح انتقال الطاقة، نظرًا لأنه يضع الأساس لنشر مصادر الطاقة المتجددة على نطاق أوسع. وتقوم المفوضية حاليًا بفحص قطاع النقل وقد بدأت إجراءات التعدي على جميع الدول الأعضاء، والتي هي في مراحل مختلفة.

3. الاستراتيجيات والتشريعات ذات الصلة بتعميم الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي

يعتبر تعزيز الموارد المتجددة استراتيجية طويلة المدى للاتحاد الأوروبي، وقد تم اتخاذ العديد من المبادرات التشريعية على مر السنين لتعزيزها. من بينها، إنشاء مخطط تداول الانبعاثات (ETS)، واعتماد أهداف للحد من انبعاثات غازات الدفيئة من القطاعات التي لا

[12] أو The International Maritime Organization

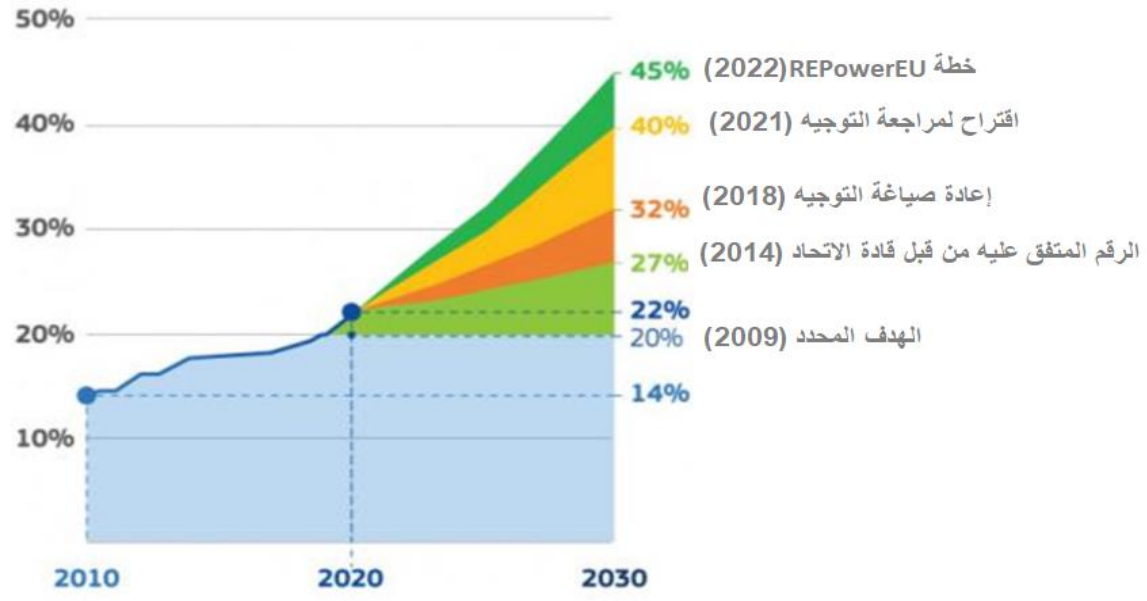
تغطيها ETS، وإدخال تصميم سوق الكهرباء الذي يعكس بشكل أفضل خصائص التوليد القائم على RES، ونشر الإجراءات الداعمة لكفاءة الطاقة، وتحديد خطط الطاقة والمناخ طويلة الأجل على المستوى الوطني.

وعلاوة على هذه السياسات، اعتمد الاتحاد الأوروبي سلسلة من الإجراءات والأهداف المحددة لاختراق مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة، كما يوضح الإطار (1) أدناه. وقد تطورت هذه التدابير والأهداف، التي تعكس الظروف السائدة في مختلف البلدان وقطاعات الاستخدام النهائي، بمرور الوقت وتهدف إلى تقديم إشارات واضحة للدول الأعضاء والمستثمرين والشركات ومستهلكي الطاقة.

وتسعى المفوضية الأوروبية من خلال "الصفقة" إلى خفض انبعاثات الكربون بنسبة لا تقل عن 50% بحلول العام 2030، مقارنة بمستويات عام 1990، وفي حين أن الهدف الذي يُعمل لأجله حالياً هو 40%، فإنه وفق "الصفقة" قد يرتفع الهدف إلى 55% بحلول التاريخ المذكور. كما يبين الشكل (4).

الشكل (4):

تطور أهداف الطاقة المتجددة



المصدر: مقتبس من موقع المفوضية الأوروبية https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy

الإطار (1)
الاستراتيجيات والتشريعات ذات الصلة بتعميم الطاقات المتجددة

السنوات	أفق عام 2010	أفق عام 2020	أفق عام 2030-2050
2001	• **27 سبتمبر: التوجيه EC/77/2001** الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس بشأن تعزيز الكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة في سوق الكهرباء الداخلي.		
2009	• **23 أبريل: التوجيه EC/28/2009** الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس بشأن تعزيز استخدام الطاقات المنتجة من مصادر متجددة أو ما يعرف بـ (RED I) وتعديل التوجيهين EC/77/2001، EC/30/2003 اللذان تم إلغاؤهما.		
2014		• **24-23 أكتوبر:** توصل المجلس الأوروبي إلى اتفاق بشأن **إطار عمل** الاتحاد الأوروبي بشأن **المناخ والطاقة** بحلول عام 2030.	
2018		• **11 ديسمبر:** التوجيه (الاتحاد الأوروبي) أو Directive (UE) 2018/2001 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس بشأن تعزيز استخدام الطاقة المنتجة من مصادر الطاقات المتجددة أو (RED II).	
2019			• **11 ديسمبر: "الصفقة الخضراء الأوروبية"** لخفض انبعاثات الكربون بنسبة لا تقل عن 50% بحلول العام 2030، مقارنة بمستويات العام 1990.
2021			• **14 يوليو:** نشرت المفوضية سلسلة من المقترحات التشريعية حزمة "**Fit for 55**".
2022			• **18 مايو:** قدمت المفوضية خطة **REPowerEU**، والتي تهدف لتقليل الاعتماد بسرعة على الوقود الأحفوري الروسي وتسريع التحول الأخضر. • **14 سبتمبر:** كجزء من مراجعة توجيه الطاقة المتجددة (RED III)، صوت البرلمان الأوروبي لصالح زيادة حصة الطاقات المتجددة في استهلاك الطاقة في الاتحاد من 32% إلى 45% بحلول عام 2030. • **22 ديسمبر:** لائحة المجلس (الاتحاد الأوروبي) 2577/2022 تضع إطارًا لتسريع نشر الطاقات المتجددة.
2023			• **30 مارس:** اتفق قادة الاتحاد الأوروبي على رفع حصة الطاقات المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة الاتحاد الأوروبي إلى 42.5% بحلول عام 2030.

المصدر: الباحث من خلال حوصلة للتوجيهات والتوجهات الطاقة المتجددة الصادرة عن المفوضية الأوروبية.

1.3- التغييرات التي أدخلت لتسريع تطوير الطاقات المتجددة خلال 2022

اعتبارًا من 1 يناير 2022، حدثت تطورات مهمة داخل دول الاتحاد الأوروبي في العديد من المجالات ومن ضمنها قطاع الطاقة بشكل عام و القطاعات المتعلقة بالطاقات المتجددة بشكل خاص، لا سيما في الخلايا الكهروضوئية.

سنحاول تقديم لمحة مختصرة عن التدابير الرئيسية في دول الاتحاد الأوروبي التي اتخذت خلال عام 2022 والمتعلقة بالطاقات المتجددة وأيضًا بتغير المناخ، كون الموضوعين مرتبطين ببعضهما.

- **دول الاتحاد الأوروبي: ملتزمون بالطاقات المتجددة ...**

منذ مطلع عام 2022 وعلى مدى السنوات القليلة المقبلة، سطر الاتحاد الأوروبي أهدافًا إلى إنشاء سوق طاقة أوروبي أكثر تنافسية وتكاملاً، ولا سيما من خلال برنامجه "اتحاد الطاقة".

وتم وضع هذا البرنامج، الذي يندرج في إطار سياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي، من أجل إعادة إطلاق اندماج الاتحاد الأوروبي في قطاع الطاقة وضمان استقلاله في هذا المجال. ولكن الهدف أيضًا هو السماح بإمدادات موثوقة للطاقة بأسعار معقولة وكذا استخدام فعال للطاقة.

للتذكير، فان الأهداف الثلاثة الرئيسية على مستوى الاتحاد الأوروبي لعام 2030، تتمثل في:

- تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري؛
- "زيادة الربط الكهربائي"؛
- الحد الأدنى من تحسين كفاءة الطاقة لا يقل عن نسبة 33%.

ووفقًا لمجلس الاتحاد الأوروبي، "لكي يحقق الاتحاد الأوروبي أهدافه المتعلقة بالطاقة النظيفة والمناخ ، تعمل الدول الأعضاء باستمرار على تطوير الخطط الوطنية للطاقة والمناخ (NECPs) – National Energy and Climate Plans.

إذ من أجل تحقيق أهداف الاتحاد الأوروبي الجديدة للطاقة والمناخ لعام 2030، يتعين على الدول الأعضاء إنشاء الخطط الوطنية للطاقة والمناخ أو (NECPs) لمدة 10 سنوات للفترة الممتدة من 2021 إلى 2030.

في 14 سبتمبر2022، وافق البرلمان الأوروبي على تغييرات في التوجيهات الخاصة بالطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، بعد مناقشة الاقتراح المتعلق برفع هدف 45% لمصادر الطاقة المتجددة، أو ما سيطلق عليه إذا تمت الموافقة عليه بـ RED III، في مزيج الطاقة في الاتحاد الأوروبي بحلول عام 2030، وتوجيه كفاءة الطاقة[13] (EED III)، الذي ينبثق من حزمة " Fit for 55" بموجب خطة RePowerEU. حيث صوت البرلمان الأوروبي عليه مما يمهد الطريق للمفاوضات مع الدول الأعضاء الـ27 لوضع اللمسات الأخيرة على النص قبل نهاية العام.

وفي نهاية عام 2022، لم يتم التصويت على هذا الهدف من قبل دول الأعضاء الـ27 خلال المفاوضات الثلاثية (trialogue) التي جرت في ديسمبر 2022 كما كان مرتقباً. وبالتالي، فإن الهدف المتمثل في أن حصة الطاقة المنتجة من المصادر المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي للاتحاد الأوروبي ظَلَّ عند نسبة 40%.

وكما رأينا سابقاً، في 30 مارس 2023، انتهت المفاوضات الأوروبية بشأن مراجعة توجيه الطاقة المتجددة (RED III) التي تم تقديمها من قبل المفوضية الأوروبية من خلال الحزمة التشريعية "Fit-for-55" وخطة REPowerEU. حيث تبنى المجلس الأوروبي برئاسة السويد النص الذي يسعى إلى تعزيز نشر الطاقات المتجددة بعد توصل إلى "حل وسط" حول هدف 42.5% من الطاقات المتجددة في الاستهلاك الأوروبي بحلول عام 2030، مقارنة بحوالي 22% اليوم. وبهذا تكون أوروبا قد خطت خطوة أخرى نحو تسريع التحول إلى استخدام الطاقة المتجددة. والشكل (5) يوضح حزمة "Fit for 55" وكيف سيحوّل الاتحاد الأوروبي أهداف المناخ إلى قانون.

[13] التوجيه EC/91/2002 بشأن كفاءة الطاقة أو Energy Efficiency Directive, وهو توجيه أوروبي صادر من عام 2012، وهو أحد عناصر "حزمة تغير المناخ أو X203 أو 20/20/20 التي تم تحديدها في عام 2007. وفي يوليو 2021، حددت المراجعة المقترحة لتوجيه كفاءة الطاقة (EED) من قبل المفوضية الأوروبية بموجب حزمة "Fit for 55" هدفًا سنويًا ملزمًا أكثر طموحًا لتقليل استخدام الطاقة على مستوى الاتحاد الأوروبي. بمجرد الموافقة عليه، سيوجه التوجيه كيفية إنشاء المساهمات الوطنية وتقريبًا ضعف الالتزام السنوي بتوفير الطاقة للدول الأعضاء. كما يتطلب الاقتراح المنقح من القطاع العام تجديد 3% من مبانيه كل عام.

الشكل (5):

حزمة "Fit for 55": كيف سيحوّل الاتحاد الأوروبي أهداف المناخ إلى قانون



المصدر: مقتبس من موقع المجلس الأوروبي www.consilium.europa.eu/en/european-council

- **تنفيذ التحديثات لإحصاءات الطاقة داخل دول الاتحاد الأوروبي ...**

تم في 28 يناير 2022 اعتماد لائحة المفوضية (الاتحاد الأوروبي) 132/2022 المعدلة للائحة (المفوضية الأوروبية) رقم 2008/1099 المؤرخة في 22 أكتوبر 2008 بشأن إحصاءات الطاقة، فيما يتعلق بتنفيذ التحديثات لإحصاءات الطاقة السنوية والشهرية والقصيرة الأجل (نص ذو صلة بالمنطقة الاقتصادية الأوروبية). ويهدف هذا التعديل الجديد إلى الآتي:

- استمرار دعم التحول القائم على الأدلة نحو اقتصاد أوروبي محايد مناخيًا.

- استمرار دعم الصفقة الخضراء الأوروبية (European Green Deal) ورصد مبادرات السياسة لإزالة الكربون من الاقتصاد (اتحاد الطاقة، حزمة تشريعية جديدة، "Fit-for-55"، استراتيجية الهيدروجين، مبادرة البطاريات، ...).
- اعطاء أهمية أكبر لإحصاءات الطاقة الرسمية لكي تظل ذات صلة بالواقع وأن تحتفظ بأهميتها.

ومن ضمن عرض الأسباب التي وردت في مشروع تعديل اللائحة، يمكن ذكر، لأغراض التوضيح، ما يلي:

- يجب أن يكون لدى الجماعة الأوروبية بيانات دقيقة وحديثة تحوي عن كميات وأنواع ومصادر وإنتاج وإمدادات وتحويل واستهلاك الطاقة من أجل مراقبة تأثير وعواقب سياسة الطاقة الخاصة بها.
- عادةً، كانت إحصاءات الطاقة تركز على إمدادات الطاقة والوقود الأحفوري فقط. في السنوات القادمة، ينبغي التركيز بشكل أكبر على زيادة المعرفة ورصد الاستهلاك النهائي للطاقة والطاقات المتجددة والطاقة النووية.
- تعد المعلومات الدقيقة والمستكملة عن الطاقة ضرورية لتقييم أثر استهلاك الطاقة على البيئة، ولا سيما فيما يتعلق بانبعاثات غازات الدفيئة ؛ وهذه المعلومات مطلوبة بموجب القرار رقم 2004/280 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس المؤرّخ في 11 فبراير 2004 بشأن آلية لرصد انبعاثات غازات الدفيئة في الجماعة الأوروبية وتنفيذ "بروتوكول كيوتو".

وتم إجراء التعديل الأكثر شمولاً لـلائحة تقاسم الجهود[14] (ESR) واعتماده بتاريخ 28 يناير 2022 وقد دخل حيز التنفيذ في الاتحاد الأوروبي في الشهر الموالي وبالتحديد في 20 فبراير 2022. كما حدد الموعد النهائي للتنفيذ والذي سيكون بشكل أساسي خلال أكتوبر

[14] تم اعتماد لائحة تقاسم الجهود Effort Sharing Regulation أي (ESR) في عام 2018، وهي تحدد أهدافًا وطنية لتقليل الانبعاثات من النقل البري وتدفئة المباني والزراعة والمنشآت الصناعية الصغيرة وإدارة النفايات. هذه القطاعات، التي لم تندرج حتى الآن ضمن مخطط الاتحاد الأوروبي لتجارة الانبعاثات ("EU ETS")، تولد حوالي 60% من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الاتحاد الأوروبي.

2023. ولهذا الغرض تم الأخذ بعين الاعتبار هامشًا كافيًا من الوقت، و حساب الجدوى (توافر البيانات)، ومراعاة الأسباب التقنية (الاعتماد المتبادل، ...).

كما تم منح المواعيد النهائية في وقت لاحق وفق الجدول الزمني الآتي:

الجدول (1):
الجدول الزمني لتنفيذ التحديثات المتعلقة بإحصاءات الطاقة (المواعيد النهائية الممنوحة)

	أكتوبر 2025	مارس 2026	أكتوبر 2025- أكتوبر 2027
الهيدروجين	☒		
مراكز البيانات		☒	
استخدام خارج مجال الطاقة لمصادر الطاقة المتجددة			☒

المصدر: المكتب الإحصائي للجماعات الأوروبية، فيينا 25 مايو 2022.

▪ إنشاء هيئة جديدة ذات صلة بشأن تغير المناخ

عملاً بقانون المناخ الأوروبي، وبناءً على طلب المفوضية في اقتراحها التشريعي في أصل هذا النص، نشرت وكالة البيئة الأوروبية (EEA) في 24 مارس 2022 أسماء الخبراء العلميين الخمسة عشر المستقلين الذين تم تعيينهم كأعضاء في اللجنة الجديدة "المجلس الأوروبي الأعلى للمناخ".

للتذكير، فإن اللائحة (الاتحاد الأوروبي) 1119/2021 للبرلمان الأوروبي والمجلس المؤرخة في 30 يونيو 2021 والتي تحدد الإطار المطلوب لتحقيق الحياد المناخي (اللائحة المعروفة باسم "قانون المناخ الأوروبي") تنص على إنشاء مجلسًا استشاريًا علميًا أوروبيًا بشأن تغير المناخ وهو ما أطلق عليه "المجلس الاستشاري العلمي الأوروبي بشأن تغير المناخ" أو European Scientific Advisory Board on Climate Change.

وفي 17 مايو 2022، عُقد الاجتماع الأول للمجلس الاستشاري العلمي الأوروبي الجديد بشأن تغير المناخ، بعد تعيين أعضائه الخمسة عشر في 24 مارس 2022. في هذا الاجتماع الأول، تم انتخب العالم الألماني أوتمار إيدنهوفر كأول رئيس لهذا المجلس لمدة ولايته أربع سنوات.

2.3- أهداف سياسة الطاقة للاتحاد الأوروبي خلال الفترة 2010-2050

لتشجيع الانتقال إلى نظام طاقة أكثر أمانًا وبأسعار معقولة وخالية من الكربون، اعتمد الاتحاد الأوروبي أهدافًا خاصة بالمناخ والطاقة لعام 2020، وعام 2030 مع الأهداف طويلة الأجل لعام 2050.

1.2.3- أفق عام 2010

بعد المحاولات المبكرة والمحدودة للترويج "لمصادر الطاقة البديلة" التي تمت في فترة السبعينيات والثمانينيات، بدأ الاتحاد الأوروبي في تطوير سياسة مصادر الطاقة المتجددة المشتركة في النصف الثاني من التسعينيات. ونشرت المفوضية الأوروبية "الكتاب الأبيض" لاستراتيجية وخطة عمل المجتمع" في عام 1997 من خلال منشور تحت اسم "الطاقة من أجل المستقبل: مصادر الطاقة المتجددة"[15]، والذي تبعه اعتماد التوجيه EC/77/2001، أي توجيه المفوضية الأوروبية للكهرباء المتجددة. وقد حدد هذا التوجيه هدفين لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة في قطاع الطاقة: بحلول عام 2010، يجب أن تفي مصادر الطاقة بنسبة 12% من إجمالي استهلاك الطاقة الداخلية؛ بالنسبة للكهرباء، وتم تحديد الهدف بنسبة 22.1%. أعطيت كل دولة عضو هدفًا إرشاديًا كان من شأنه، تمكين الاتحاد الأوروبي من تحقيق هدف الاتحاد. وعلى الرغم من أن الأهداف الوطنية لم تكن ملزمة، كان على الدول الأعضاء تقديم تبرير مفصل في حالة عدم الامتثال لهذه الأهداف. ومع دخول 10 دول أعضاء جديدة إلى الاتحاد في عام 2004، تم تخفيض هدف 22.1 % المحدد مبدئيًا للكهرباء إلى 21%.

2.2.3- أفق عام 2020

في عام 2009 تم اعتماد توجيه EC/2009/28 بشأن الطاقة المتجددة أو ما يطلق عليه توجيه الطاقة المتجددة (RED I). لعدة اعتبارات، من بين أمور أخرى: عدم تحقيق الأهداف السياسية المستهدفة السابقة، والتهديد المتزايد الذي يمثله تغير المناخ، وأخيراً الحاجة الملحة لضمان أمن الإمدادات.

---

[15] أو ما يعرف بـ Energy For The Future: Renewable Sources Of Energy والذي نشر بتاريخ 26 نوفمبر 1997. يمكن الاطلاع عليه من خلال الرابط: https://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_en.pdf

ويعد هذا التوجيه جزء من حزمة المناخ والطاقة للاتحاد الأوروبي لعام 2009، والمعروفة أيضًا باسم "حزمة 2020"، ويحدد هدف مشاركة الطاقة المتجددة على مستوى الاتحاد الأوروبي بنسبة 20% من إجمالي استهلاك الطاقة النهائي بحلول عام 2020. ثم يتم تخصيص هذا الهدف للدول الأعضاء من خلال أهداف وطنية ملزمة ومتباينة. كما يحدد التوجيه أيضًا هدفًا بنسبة 10% للحصة الإجمالية من مصادر الطاقة المتجددة في قطاع النقل (هذا الهدف مطابق لجميع الدول الأعضاء).

وفي قطاع التدفئة والتبريد، لا يشمل التوجيه RED I متطلبات واسعة النطاق. وقد تم تقديم ذلك لاحقًا بموجب التوجيه (للاتحاد الأوروبي) EU/27/2012 بشأن كفاءة الطاقة، والذي قدم تدابير محددة تهدف إلى زيادة الاستخدام الفعال للتوليد المشترك للطاقة وتدفئة المناطق. بالإضافة إلى تحديد الأهداف لعام 2020، ويعد التوجيه RED I مهمًا أيضًا لأنه يحدد مجموعة من السياسات التي يمكن للدول الأعضاء أو يطلب منها تنفيذها لدعم نشر مصادر الطاقة المتجددة. كما نص التوجيه على آليات لضمان التعاون بين الدول الأعضاء وكذلك الدول الأخرى وتسهيل تحقيق الأهداف الوطنية والأوروبية بطريقة فعالة من حيث التكلفة.

ويمكن تلخيص ذلك بأن استراتيجية النمو الأوروبية كانت تشتمل على حزمة المناخ والطاقة لعام 2020 والتي بنيت على **ثلاثة أهداف** رئيسية للاتحاد الأوروبي، التي تعتبر جزء من استراتيجية أوروبا 2020 للنمو الذكي والمستدام والشامل، وهي:

- تخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الاتحاد الأوروبي بنسبة 20% مقارنة بعام 1990.
- دمج حصة 20% من الطاقات المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة منها 10% من مصادر الطاقة المتجددة في قطاع النقل.
- زيادة كفاءة الطاقة بنسبة 20% مقارنة بعام 1990.

3.2.3- أفق عام 2030

في ديسمبر 2009، انعقد المؤتمر الدولي للمناخ COP15 في كوبنهاغن (الدنمارك)، وبعد وقت قصير من هذا المؤتمر، بدأت المناقشات حول استراتيجيات فترة ما بعد 2020.

وقد تمخض عن هذه المناقشات وتبادل الأفكار، خارطة طريق حتى عام 2050 التي نشرتها المفوضية الأوروبية في عام 2011 والتي أصدرت لاحقًا ورقة خضراء حول إطار عمل للطاقة والمناخ لعام 2030.

وفي أكتوبر 2014، وبناءً على النتائج المتوقعة لحزمة 2020، اعتمد المجلس الأوروبي مجموعة واضحة من الأهداف، وتم الاتفاق على أن الاتحاد الأوروبي يجب أن يغطي موارد الطاقة المتجددة بنسبة 27% على الأقل من استهلاكه النهائي للطاقة بحلول عام 2030. ومع ذلك، تم استبعاد الأهداف الملزمة لكل دولة عضو بشكل صريح.

وقد تحولت القرارات السياسية التي اتخذت في أكتوبر 2014 إلى مقترحات تشريعية وأخضعت للإجراءات التشريعية العادية. وكجزء من حزمة الطاقة النظيفة، فإن توجيه الطاقة المتجددة (الاتحاد الأوروبي) 2018/2001، أي (RED II)، الذي تم اعتماده بعد مفاوضات سياسية مكثفة، راجع إطار المناخ والطاقة لعام 2030 من خلال تحريك هدف مصادر الطاقة المتجددة في عام 2030 إلى 32% من النهائي استهلاك الطاقة بدلاً من 27%. وتم التأكيد على عدم وجود أهداف وطنية ملزمة، ولكن أهداف الطاقة المتجددة الوطنية لعام 2020 يجب أن تشكل الحد الأدنى من مساهمة كل دولة عضو لعام 2030. وعلاوة على ذلك، تلتزم الدول الأعضاء بتحديد خطط وطنية متكاملة للطاقة والمناخ (NECPs)[16].

ويقوم توجيه RED II بتحديث الأحكام المتعلقة بآليات التعاون المتاحة للدول الأعضاء ويوسع معايير الاتحاد الأوروبي للاستدامة لتشمل أيضًا الكتلة الحيوية الصلبة والغازية. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يضع حدًا أدنى للهدف وهو 14% من الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة لقطاع النقل بحلول عام 2030. ويجب على كل دولة عضو نقل هذا الالتزام إلى موردي الوقود. وفي هذا الصدد، يشجع التوجيه على استخدام الوقود الحيوي المتقدم والغاز الحيوي عن طريق الحد من كميات الجيل الأول من الوقود الحيوي التي يمكن حسابها نحو الهدف.

[16] من أجل تلبية أهداف الاتحاد الأوروبي الجديدة للطاقة والمناخ لعام 2030، يتعين على الدول الأعضاء إنشاء خطة/خطط عمل وطنية للطاقة المتجددة National energy and climate plans – (NECPs) لمدة 10 سنوات للفترة من 2021 إلى 2030.

وبالنسبة لقطاع التدفئة والتبريد، يتعين على كل دولة عضو زيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة بمتوسط سنوي إرشادي يبلغ 1.3% محسوب للفترتين 2021-2025 و2026-2030. ونقطة البداية هي حصة الطاقة المتجددة في قطاع التدفئة والتبريد المسجلة في عام 2020. ويتضمن توجيه RED II أيضًا أحكامًا لزيادة كفاءة تدفئة وتبريد المناطق. وعلى وجه التحديد، يتطلب توجيه RED II أن يكون لدى المستهلكين إمكانية الوصول إلى معلومات حول أداء الطاقة وحصة مصادر الطاقة المتجددة في أنظمة التدفئة والتبريد في منطقتهم. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يسمح للمستهلكين الذين لا تتسم أنظمة التدفئة والتبريد الخاصة بهم بكفاءة إنهاء عقودهم أو تعديلها.

4.2.3- أفق 2030 إلى 2050

في أواخر عام 2019، أعلنت المفوضية الأوروبية عن "الصفقة الخضراء الأوروبية". تتكون الصفقة من مجموعة من المبادرات التشريعية التي تهدف إلى زيادة إزالة الكربون من نظام الطاقة والوصول إلى أهداف مناخية أقوى، بما في ذلك المناخ المحايد، بحلول عام 2050. ومن بين المبادرات المخطط لها اقتراح قانون مناخ أوروبي جديد ومراجعة التشريعات الأوروبية ذات الصلة، مثل التوجيه المتعلق بنظام تداول الانبعاثات أي ETS[17] – Emissions Trading System، واللوائح الخاصة بتقسيم الجهود، واستخدام الأراضي، وتغيير استخدام الأراضي، وتنظيم الغابات (LULUCF[18])، وتوجيهات كفاءة الطاقة، وتوجيهات الطاقة المتجددة، فضلاً عن معايير أداء انبعاثات CO2 للسيارات والشاحنات الصغيرة.

---

[17] يعتبر نظام تداول الانبعاثات EU ETS الخاص بالاتحاد الأوروبي، الذي تم إنشاءه في عام 2005، حجر الزاوية في سياسة الاتحاد الأوروبي لمكافحة تغير المناخ وأداته الرئيسية للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بتكلفة فعالة. إنها أول سوق كربون رئيسي في العالم ولا تزال أكبر سوق. فيما يخص توجيه نظام تداول الانبعاثات في الاتحاد الأوروبي (EU ETS)، يمكن الاشارة الى التوجيه للاتحاد الأوروبي (UE) 410/2018 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس المؤرخ بتاريخ 14 مارس 2018 والمعدل للتوجيه EC/87/2003 من أجل تعزيز الفعالية من حيث التكلفة لخفض الانبعاثات وتعزيز الاستثمارات منخفضة الكربون، وكذا قرار الاتحاد الأوروبي (UE) 1814/2015. وقد دخل توجيه الاتحاد الأوروبي المنقح ETS حيز التنفيذ في 8 أبريل 2018 حيث يحدد إطار العمل لفترة التداول الرابعة من 2021 إلى 2030. كما أن في 14 يوليو 2021، اقترحت المفوضية الأوروبية "مراجعة" توجيه الاتحاد الأوروبي بشأن خدمات الاختبارات التربوية بموجب حزمة المقترحات التشريعية "الملائمة لـ 55" أو "Fit for 55"، بهدف تحقيق الحياد المناخي في الاتحاد الأوروبي بحلول عام 2050، بما في ذلك الهدف الوسيط وهو 55% على الأقل صافي التخفيض في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بحلول عام 2030.

[18] أو ما يسمى Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF). ولائحة LULUCF (الاتحاد الأوروبي) 841/2018: تعني بتنفيذ الاتفاقية المبرمة بين قادة الاتحاد الأوروبي في أكتوبر 2014 بأن جميع القطاعات يجب أن تساهم في هدف خفض الانبعاثات لعام 2030 الخاص بالاتحاد الأوروبي ، بما في ذلك قطاع استخدام الأراضي.

ومن أجل تحقيق الحياد المناخي بحلول عام 2050، اقترحت المفوضية في سبتمبر 2020 زيادة الهدف المتعلق بانبعاثات غازات الدفيئة وخفضها بنسبة 55% على الأقل بحلول عام 2030. على أن تكون متسقة مع حصة أعلى من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة في الاتحاد الأوروبي (يشير تقييم تأثير المفوضية الأوروبية المصاحب للاقتراح إلى نسبة 38.8%.

5.2.3- ماذا بعد عام 2050 ؟

في عام 2011، توقعت وكالة الطاقة الدولية أن العالم سيدخل بسرعة في "العصر الذهبي للغاز". على الرغم من أننا بعيدون عن هذا الواقع في الوقت الحالي، وتظل الحقيقة أنه وفقًا لتوقعات وكالة الطاقة الدولية، من المتوقع أن تزداد حصة الغاز الطبيعي في مزيج الطاقة العالمي من 21% في عام 2008 إلى أكثر من 25 % في عام 2035، وقد لا يكون الغاز الخيار الأول لواضعي السياسات. فغالباً ما يكون الخيار الأول هو الطاقة المتجددة أو الفحم المحلي أو الطاقة النووية. وفي الواقع، نادرًا ما يكون الغاز أرخص مصادر الطاقة أو أنظفها أو أكثرها أمانًا - لكن ميزته الرئيسية هي أنه مزيج جيد من الحلول الوسط. ومنذ ذلك توافق جميع الخبراء في قطاع الطاقة معًا للتنبؤ بمستقبل زاهر ومناسب للغاز الطبيعي في القرن الحادي والعشرين.

وفي عام 2012، نشرت وكالة الطاقة الدولية توصياتها لتطوير الغاز الصخري لجعله "مقبولاً اجتماعياً". هذه المجموعة من "القواعد الذهبية" أو ما يسمى "Golden Rules"[19] بشأن استخراج الغازات غير التقليدية مثل الغاز الصخري تقترح المزيد من التنظيم والشفافية والاستثمار وحماية البيئة وأفضل الممارسات. وعلى مدى الثلاثين عامًا الماضية، تم اكتشاف نفط أقل مما يتم استهلاكه، في حين أن الوضع هو عكس ذلك تمامًا بالنسبة للغاز. في حالة الغاز الطبيعي، يوجد حاليًا حالة "وفرة" وأن احتياطاته سيتم استنفادها بسرعة أقل. حتى لو كان نمو الطلب قويًا (حوالي 2% سنويًا).

[19] التقرير بعنوان "Golden Rules for a Golden Age of Gas" ويمكن الاطلاع عليه من خلال موقع الوكالة على الرابط https://www.iea.org/reports/golden-rules-for-a-golden-age-of-gas

وبعد مضي أقل من عقد من الزمن، تغير رأي وكالة الطاقة الدولية في اخر تقرير لها حول التوقعات المستقبلية للطاقة (WEO 2022) مفاده أن عصر نمو الطلب على الغاز الطبيعي يقترب من نهايته. وبحسب الوكالة: أن السياسات المعززة والأسعار المرتفعة على المدى القريب والمخاوف المتعلقة بأمن الطاقة تنهي "العصر الذهبي للغاز". حيث تتوقع بأن تؤدي السياسات المعززة، وارتفاع الأسعار على المدى القريب، وكذا المخاوف المتعلقة بأمن الطاقة إلى إنهاء "العصر الذهبي للغاز"، لكن الغاز الطبيعي المسال سيظل حاسمًا رغم التدفقات المنخفضة من خطوط الأنابيب إلى أوروبا وأيضا بسبب الطلب القوي على الواردات في آسيا. يبدو أن الغاز الطبيعي المسال "المحايد للكربون" عامل آخر سيمكن الغاز الطبيعي أن يكون عنصراً مهماً في "انتقال الطاقة". وعليه السؤال المطروح هو هل يمكن للغاز الطبيعي أن يمثل "وقود جسر" نحو اقتصاد خالي من الكربون.

4. الغاز الطبيعي "وقود جسر" نحو اقتصاد خالي من الكربون

من وجهة نظر بيئية، ينتج عن احتراق الغاز القليل من الجسيمات والملوثات، وأقل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالنفط والفحم. وهذه السمة الهامة الأنظف للغاز الطبيعي[20] تمنحه جاذبية كبيرة باعتباره "وقود جسر" لاقتصاد خالي من الكربون، حيث يمكن للغاز أن يصاحب الطاقات المتجددة والجديدة نحو التحول في مجال الطاقة. حيث بين الاستخدام المفرط للوقود الأحفوري وأحلام الطاقة النظيفة والمتجددة، يفرض الواقع مرحلة انتقالية. ومع ذلك، فإن الطاقات المتجددة المنتجة أوروبيا تكون أحيانا متذبذبة ولا يمكن تعبئتها حسب الطلب وحسب الظروف المناخية.

وعلى الرغم من الحقيقة التي لا يمكن إنكارها وهي أن الوقود الأحفوري محدود، فمن الصحيح أيضًا أنه لا يزال متاحًا على نطاق واسع[21]. وبفضل التقدم التكنولوجي من بين أسباب أخرى، يمكن الوصول إلى الوقود الأحفوري أكثر من أي وقت مضى. كما أن هناك العديد

[20] تنبعث من محطة الطاقة التي تعمل بالغاز كمية تتراوح ما بين 350 و400 جرام من ثاني أكسيد الكربون لكل كيلو وات ساعة، في حين أن أحدث محطات الطاقة التي تعمل بالفحم تنبعث منها حوالي ضعف الكمية، 800.

[21] حسب اخر احصائيات OPEC لعام 2022، فانه وفقًا للتقديرات الحالية، فإن 80.4% (1،241.82 مليار برميل) من احتياطيات النفط المؤكدة في العالم تقع في الدول الأعضاء في منظمة أوبك، مع الجزء الأكبر من احتياطيات نفط أوبك في الشرق الأوسط، والتي تصل إلى 67.1% من إجمالي أوبك.

من الأماكن حول العالم غنية بالغاز الطبيعي. كما أن الوقود الأحفوري مثل النفط والغاز يسهل العثور عليه نسبيًا، لا سيما بالمقارنة مع بعض مصادر الطاقة البديلة. ومعظم أنواع الوقود الأحفوري قريبة من سطح الأرض. في الواقع، هناك العديد من إيجابيات استخدام الوقود الأحفوري. لكن بالطبع، هناك أيضًا عدد غير قليل من السلبيات التي يجب مناقشتها أيضًا. يستخدم النفط لمجموعة أوسع بكثير من المنتجات والعمليات مقارنة بالفحم، في حين أن السمعة الأنظف للغاز الطبيعي تمنحه جاذبية كبيرة باعتباره "وقود جسر" لاقتصادات خالية من الكربون[22]. وهنا يوجد رأيين. طرف مقتنع بأن الغاز يبرز كطاقة المستقبل لأنه يمكن أن يسمح بتسريع حقيقي نحو نموذج الطاقة في الغد. وطرف آخر، لا يدعم الطرح الأول بل ينادي بالتوقف عن استخدام الغاز الأحفوري بزعم عدم الرهان على الغاز الطبيعي لتحقيق حياد الكربون في عام 2050. كما يوضح الإطار (2) أدناه.

الإطار (2)

الغاز الطبيعي بين الآراء المؤيدة والمعارضة

المؤيدين (PROS)
1. يتفق معظم الخبراء على التأثير العالمي للغاز الطبيعي فيما يتعلق بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون: • انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الغاز (لكل وحدة طاقة منتجة) أقل من الفحم (40%) والنفط (20%).
2. الغاز الطبيعي هو **"مصدر مرن"** للطاقة قد يساعد في تلبية الاحتياجات المتغيرة: • متكيف مع الطلب الموسمي • مصدر بديل للطاقة أثناء نشر مصادر الطاقة المتجددة (مثل الرياح).
3. عمر الميثان في الغلاف الجوي أقصر من ثاني أكسيد الكربون: • **الميثان (CH4) = 12.4 سنة** • **ثاني أكسيد الكربون (CO2) = أكثر من 150 سنة.**
المعارضين (CONS)
1. بينما ينبعث غاز ثاني أكسيد الكربون أقل من أنواع الوقود الأحفوري الأخرى. إنه مصدر لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون عند الاحتراق.
2. إن الموضوع الرئيسي الذي تمت مناقشته حول انبعاثات غازات الدفيئة من الغاز الطبيعي هو قضية انبعاثات الميثان.
3. تقدر احتمالية الاحترار العالمي لغاز الميثان بـ 28 من قبل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ على مدى 100 عام: • **الميثان (CH4) = 12.4 سنة** • **ثاني أكسيد الكربون (CO2) = أكثر من 150 سنة** [1 طن من الميثان = 28 طنًا من ثاني أكسيد الكربون]
4. في عام 2015، تم اعتبار أن حوالي 13%من إجمالي انبعاثات الميثان تأتي من عمليات النفط والغاز (55% من عمليات الغاز الطبيعي).
5. في عام 2016 ، أشارت المنظمة (WMO) إلى أن غاز الميثان في الغلاف الجوي قد وصل إلى مستوى قياسي بلغ 1853 جزءًا من المليار، أي حوالي 257% من مستواه قبل العصر الصناعي.

المصدر: مقتبس من Laurent A (2018)

[22] طوال العقد الماضي، وخاصة بعد استعمال الولايات المتحدة للغاز الصخري، طال النقاش حول ما إذا كان ينبغي لصانعي القرار ولأصحاب المصلحة داخل الشركات الكبرى لـ O&G وغيرها من الجهات الفاعلة في قطاع الطاقة والاقتصاد، أن ينظر إلى الغاز الطبيعي كوقود "انتقالي" يفسح المجال في النهاية لمصادر الطاقة المتجددة، أو ما إذا كان يعيق الطريق نحو السير إلى الأمام.

إن الاقتصاد منخفض الكربون أو Low-carbon economy[23] أو يُطلق عليه أحيانًا الاقتصاد الخالي من الكربون هو الاقتصاد الذي يحتوي على الحد الأدنى من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (GHG) في المحيط الحيوي للبيئة. وفي هذا السياق، يشير عادةً إلى انبعاث ثاني أكذسيد الكربون والميثان. تتسبب انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النشاط البشري بشكل متزايد إما في تغير المناخ (الاحترار العالمي) أو جعل تغير المناخ أسوأ. ويشعر العلماء حاليًا بالقلق إزاء الآثار السلبية لتغير المناخ على البشرية في المستقبل المنظور. ولذلك فإن عمليات التنفيذ العالمية لـلاقتصادات منخفضة الكربون تهدف إلى تجنب تغير المناخ الكارثي. كما أنه بمثابة مقدمة لمجتمع أكثر تقدمًا وخالي من الكربون والاقتصاد المستدام. وتشمل الأبحاث التي تعمل من أجل تحقيق أهداف الاقتصاد منخفض الكربون من بين موضوعات أخرى مثل التقاط ثاني أكسيد الكربون واستخدامه وكذلك إصلاح الميثان (methane reforming) لتحويله إلى هيدروكربونات مفيدة.

5. العقبات التي تواجه الطاقات المتجددة

يعد طول الفترة الزمنية التي تمت بها الإجراءات الإدارية وتعقيدها من بين العوائق الرئيسية للاستثمار في الطاقات المتجددة والبنية التحتية ذات الصلة. وتزداد أهمية هذه العقبات مع تطور التقنيات وتقليل اعتماد المشاريع على مخططات الدعم.

وفي الواقع، منذ نهاية عام 2021، وحتى قبل اندلاع الأزمة الروسية الأوكرانية، أصبحت توربينات الرياح، ثم الطاقة الشمسية والكهرباء الحيوية، مصادر وليست أعباء على المالية العامة. وقد قيمت لجنة تنظيم الطاقة مؤخرًا مساهمتها في المالية العامة بمبلغ 31 مليار يورو على مدار عامين. ومن أكثر العقبات شيوعًا المتعلقة بالعملية الإدارية المطبقة على مشاريع الطاقة المتجددة هي: العبء الإداري، وعدم شفافية الإجراءات، والافتقار إلى التماسك القانوني، فضلاً عن الطبيعة غير المكتملة والغامضة للإطار والمبادئ التوجيهية التي تؤدي إلى تفسيرات مختلفة للتشريعات القائمة من قبل السلطات المختصة.

[23] أو ما يعرف باختصار (LCE) .

ويشكل الصراع بين المنافع العامة المصدر الرئيسي الثاني للعقبات التي تحول دون نشر المنشآت المنتجة للطاقة من مصادر متجددة. ويتعلق أهمها بحماية البيئة (التنوع البيولوجي وحماية الأنواع المهددة بالانقراض وكذلك حماية المسطحات المائية) واستخدامات الأراضي الأخرى. كما تتعلق عقبات أخرى بنقص الدعم من صانعي القرار السياسي أو المعارضة المطولة للمؤسسات العامة أو الخاصة. وأخيرًا، تؤدي مشكلات توصيل الشبكة وإجراءات التشغيل أيضًا إلى إعاقة أخرى لنشر مصادر الطاقة المتجددة في عدد من الدول الأعضاء.

ونتيجة لذلك، أقر المجلس الأوروبي في 20 و21 أكتوبر 2022 بأهمية تسريع عملية تبسيط إجراءات منح التراخيص من أجل تحفيز نشر الطاقات المتجددة والشبكات المناظرة"، بما في ذلك اتخاذ تدابير الطوارئ على أساس المادة 122 من معاهدة العمل الاتحاد الأوروبي[24]"، مما يسهل التضامن بين الدول الأعضاء في مواجهة صعوبات الإمدادات، ولا سيما الطاقة.

[24] وتنص هذه المادة على:
1). دون المساس بالإجراءات الأخرى المنصوص عليها في المعاهدات، يجوز للمجلس، بناء على اقتراح من المفوضية، أن يقرر، بروح من التضامن بين الدول الأعضاء، بشأن التدابير المناسبة للوضع الاقتصادي، ولا سيما إذا كانت هناك صعوبات خطيرة تنشأ في توريد بعض المنتجات، ولا سيما في مجال الطاقة.
2). عندما تواجه دولة عضو صعوبات أو تهديدًا خطيرًا بحدوث صعوبات خطيرة بسبب كوارث طبيعية أو أحداث استثنائية خارجة عن إرادتها، يجوز للمجلس، بناءً على اقتراح من المفوضية، أن يمنح، في ظل ظروف معينة، مساعدة مالية من الاتحاد إلى الدولة العضو المعنية. يخطر رئيس المجلس البرلمان الأوروبي بالقرار المتخذ.

الإطار (3)

إطار سياسة الطاقة المتجددة الأوروبية

تصنيف الاتحاد الأوروبي	يعمل تصنيف الاتحاد الأوروبي على تغيير مشهد الإبلاغ عن الاستدامة من خلال تحديد أنشطة الأعمال على أنها مستدامة أم لا. إنها تضع نظام تصنيف واضحًا، والذي كان ينقصه حتى الآن. يسهّل هذا الإطار الشامل مقارنة الأعمال المستدامة بالأعمال غير المستدامة وتقليل الغسل الأخضر. توضح هذه المقالة لوائح تقارير الاستدامة في الاتحاد الأوروبي، وخاصة تصنيف الاتحاد الأوروبي، وكيف يمكن أن تؤثر على تقارير الاستدامة. يبدأ تقديم التقارير الكاملة في عام 2023 للمشاركين في إطار توجيه الإبلاغ غير المالي[25] (NFRD) وفي عام 2024 للمشاركين في إطار لائحة الإفصاح المالي المستدام[26] SFDR، حيث تعتمد المؤسسات المالية في إطار SFDR على نتائج الشركات من أجل الإبلاغ عن توافق التصنيف الخاص بها.
الصفقة الخضراء الأوروبية	في 11 ديسمبر 2019، أطلق الاتحاد الأوروبي الصفقة الخضراء الأوروبية أو European Green Deal (EGD)، وهي استراتيجية نمو طموحة تهدف إلى جعل أوروبا أول قارة محايدة مناخياً في العالم بحلول عام 2050. الهدف، تعهدت جميع الدول الأعضاء البالغ عددها 27 في الاتحاد الأوروبي بخفض انبعاثاتها لعام 2030 بنسبة 55% مقارنة بمستويات عام 1990.
التوجيه الأوروبي للطاقة المتجددة	وضع توجيه الطاقة المتجددة (RED) لعام 2009 المشار إليه بـ EC/28/2009 أو "Directive EC/2009/28" إطارًا مشتركًا لتعزيز مصادر الطاقة المتجددة في الاتحاد الأوروبي ، ووضع أهدافًا وطنية إلزامية لتحقيق حصة 20% من الطاقة المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي وحصة 10% من الطاقة من مصادر متجددة في النقل بحلول عام 2020.

المصدر: الباحث.

[25] او ما يعرف بـ non-financial reporting directive أي باختصار (NFRD)
[26] أو The Sustainable Finance Disclosure Regulation (SFDR)

الفصل الثالث: تطورات الطلب على الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي

يجري حاليًا التحول العالمي إلى مصادر الطاقات المتجددة الذي يسير بخطى ثابتة. حيث ما فتِئَ التوسع في قدرة توليد الطاقة المتجددة، من عام الى آخر، يؤكد التوجه المتنامي لتبني مصادر الطاقة المتجددة بكل أنواعها.

ويأتي الإصدار من الطبعة الأخيرة من إحصاءات القدرة الإنتاجية للطاقة المتجددة لعام 2023، الصادر في مارس 2023، والذي كشفت عنه الوكالة الدولية للطاقات المتجددة "IRENA" بمثابة بيان للعالم ليأكد هذا المسار المتنامي على الرغم من التأثير الكبير الذي خلفته الأزمات الأخيرة – الأزمة الصحية العالمية لجائحة كوفيد-19، والأزمة الأوكرانية الروسية – التي شهدها العالم.

ويقدم هذا الفصل استعراضاً عاماً للتطورات الطلب على الطاقات المتجددة في أوروبا وفي دول الاتحاد الأوروبي خلال فترة العقد الماضي (2013–2022).

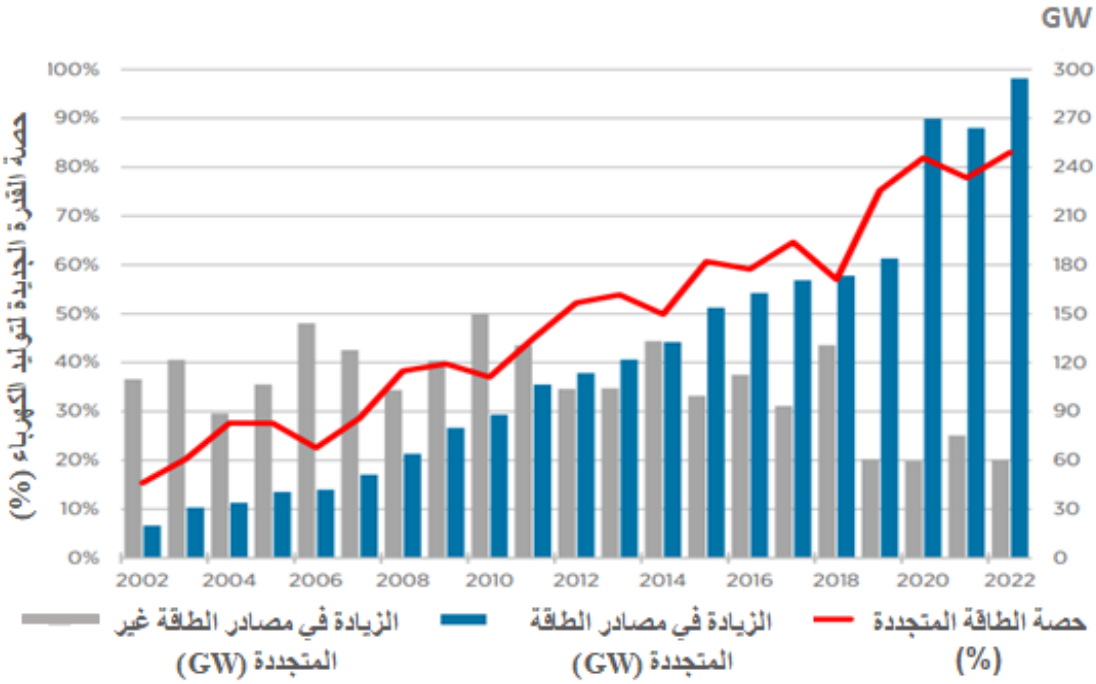
1. التطورات في الطلب العالمي على الطاقات المتجددة

كان عام 2022 عامًا متميزاً بالنسبة لانتقال الطاقة – حيث استمر نمو الطاقات المتجددة بمستويات قياسية ليصل إلى 3372 جيغاواط (GW) في نهاية عام 2022، ليزيد مخزون الطاقة المتجددة بمعدل قياسي بلغ 295 جيغاواط أو بنسبة 9.6%. وتم إنتاج 83% من إجمالي القدرة الإنتاجية الجديدة للعام الماضي من مصادر الطاقة المتجددة. ويعكس هذا النمو القياسي المستمر المرونة التي تتمتع بها الطاقة المتجددة في ظل أزمة الطاقة المتواصلة. حيث استحوذت الطاقة الكهرومائية المتجددة على الحصة الأكبر من الإجمالي العالمي بقدرة 1256 جيغاواط.

كما شكلت الطاقة الشمسية وطاقة الرياح معظم الباقي، بقدرات إجمالية تبلغ 1053 جيغاواط وحوالي 899 جيغاواط على التوالي. أما القدرة الإنتاجية من الطاقات المتجددة الأخرى فإنها شملت 149 جيغاواط من الطاقة الحيوية و 15 جيغاواط من الطاقة الحرارية الأرضية، بالإضافة إلى 524 ميغاواط من الطاقة البحرية (انظر الجداول (4) و (6) في الملحق).

واستمرت الطاقة الشمسية في قيادة التوسع في القدرات الإنتاجية في عام 2022، مع زيادة هائلة بلغت 192 جيغاواط (+22%)، تليها طاقة الرياح بنسبة 75 جيغاواط (+9%). كما زادت قدرة الطاقة الكهرومائية المتجددة بمقدار 21 جيغاواط (+2%) والطاقة الحيوية بمقدار 8 جيغاواط (+5%). بينما عرفت الطاقة الحرارية الأرضية زيادة متواضعة للغاية، حيث سجلت مقدار 181 ميغاواط.

الشكل (6):
حصة الطاقة المتجددة من التوسع السنوي للطاقة
(جيغاواط)



المصدر: IRENA (2023).

وعلى الرغم من هذا التقدم الأخير، إلا أن هناك حاجة ماسة إلى بذل مزيد من الجهود للبقاء على المسار الصحيح نحو هدف المناخ عند 1.5 درجة مئوية. يجب أن يكون اختيار مصادر الطاقة المتجددة هو المعيار لإضافات الطاقة الجديدة حيث يتم العمل بحزم لوقف توليد الطاقة الجديدة من الوقود الأحفوري، والتخلص التدريجي من الأصول، وتحديث البنية التحتية لضمان مرونة النظام التي تسمح بتكامل أعلى لمصادر الطاقة المتجددة المتغيرة[27].

[27] تعد تقنيات الطاقة المتجددة المتغيرة أو Variable renewable energy – (VRE) التي تسخر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وموارد الطاقة المتقطعة الأخرى من بين أولى التقنيات المستخدمة للتخفيف من تغير المناخ.

وعلى غرار السنوات السابقة، توسعت القدرة غير المتجددة في الغالب في منطقة آسيا في عام 2022 ولكنها توسعت أيضًا في معظم المناطق الأخرى وفي كثير من الحالات مع توسع أكبر مما كان عليه في عام 2021. وفي أوروبا، عرفت القدرة الإنتاجية للطاقة غير المتجددة ارتفاعًا بدلاً من أن تنخفض في عام 2022.

ووفقًا لتحليل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة – "آيرينا" (IRENA) – فقد تجاوزت إضافات الطاقة الكهربائية المتجددة تلك الخاصة بالطاقات غير المتجددة منذ عام 2014، مع هيمنة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية على النمو. ويمكن أن يُعزى هذا الاتجاه، جزئيًا، إلى انخفاض تكاليف الطاقة المتجددة. أيضًا، ووفقًا لتقرير آخر صادر عن "IRENA"، بعنوان "تكاليف توليد الطاقة المتجددة في عام 2020[28]"، أصبحت الكهرباء من الطاقات المتجددة الآن الخيار الأرخص للطاقة في معظم المناطق. حيث انخفض المتوسط العالمي المرجح لتكلفة الكهرباء من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV) التي تم تشغيلها حديثًا على نطاق المرافق بنسبة 85% بين عامي 2010 و2020.

وبلغت التخفيضات المقابلة في تكاليف الطاقة الشمسية المركزة 68%، والرياح البرية 56%، والرياح البحرية 48%. ونتيجة لذلك، أصبحت مصادر الطاقة المتجددة بالفعل الخيار الافتراضي لإضافات القدرات في قطاع الطاقة الكهربائية في جميع البلدان تقريبًا، وهي تهيمن على الاستثمارات الحالية. وقد عززت تكنولوجيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح هيمنتها بمرور الوقت، ومع الزيادة الأخيرة في أسعار الوقود الأحفوري، فإن التوقعات الاقتصادية للطاقة المتجددة جيدة بلا شك.

2. التطورات في الطلب الأوروبي على الطاقات المتجددة

تعتبر مصادر الطاقات المتجددة في قلب "استراتيجية الطاقة" طويلة المدى في أوروبا كونها تساهم في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وواردات الطاقة، مما قد يجعل أوروبا أكثر اكتفاءً ذاتيًا. حيث يساهم هذا القطاع الاقتصادي المزدهر في التقدم التكنولوجي للاتحاد الأوروبي، مع تمكين دول الاتحاد ومناطقها من إيجاد فرص العمل من خلال

[28] التقرير موجود باللغة الإنجليزية بعنوان Renewable Power Generation Costs in 2020 الصادر في يونيو 2021. يمكن الاطلاع عليه من خلال الموقع الخاص بهذه الوكالة : www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020

"الوظائف الخضراء" أو "التخصصات الخضراء" وبالتالي تحقيق صادرات ذات قيمة مضافة عالية.

وحسب الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، بالنسبة للاتحاد الأوروبي، فإن إجمالي القدرة الإنتاجية من مصادر الطاقة المتجددة بلغت 570 جيغاواط في عام 2022 مقارنة بـ 338 جيغاواط في عام 2013، أي بزيادة 232 جيغاواط خلال الفترة المشار إليها أي (2013-2022)، كما يوضح الجدول (3) في الملحق.

وعلى مستوى مصادر الطاقات المتجددة حسب مختلف مصادرها، فقد استمرت الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في الهيمنة على توسيع القدرات الإنتاجية من مصادر الطاقة المتجددة في الاتحاد الأوروبي خلال الفترة ما بين 2013 إلى 2022. حيث بلغت الطاقة الشمسية 121 جيغاواط من إجمالي الإضافات المتجددة الصافية في الاتحاد الأوروبي خلال نفس الفترة (2013-2022). أما طاقة الرياح فقد سجلت ارتفاعًا يقدر بـ 98 جيغاواط خلال ذات الفترة.

وبلغ إجمالي القدرة من الطاقة الشمسية حتى نهاية عام 2022 حوالي 201 جيغاواط بالنسبة للاتحاد الأوروبي (228 جيغاواط بالنسبة لأوروبا) و 1053 جيغاواط على مستوى العالم. أما فيما يخص طاقة الرياح، فقد استمر التوسع حيث وصلت إلى 204 جيغاواط حتى نهاية عام 2022 أي بزيادة قدرها حوالي 16 جيغاواط مقارنة بعام 2021، بعد أن كانت لا تتعدى عتبة 140 جيغاواط قبل 2017. كما يوضح الجدول (4) في الملحق.

وبالنسبة للطاقة الكهرومائية، على مستوى دول الاتحاد، ظلت دون تغيير تقريبًا حيث سجلت ارتفاعاً طفيفاً من الفترة الممتدة بين 2017-2021 يقدر بـ 1.3 جيغاواط خلال هذه الفترة وبقيت في مستويات تقريبًا ثابتة – أي عند مستوى 151 جيغاواط – بالمقارنة بمستويات عام 2013، حيث سجلت ارتفاعاً بـ 6 جيغاواط خلال الفترة 2013-2022. أما على المستوى الأوروبي، فقد عرفت زيادة قدرها 14 جيغاواط خلال الفترة المشار إليها، الجدول (4) في الملحق.

أما بخصوص التطورات في مصادر الطاقات المتجددة الأخرى خلال الفترة الممتدة من 2013 الى 2022، يمكن الاطلاع عليها من خلال الجداول من (5) إلى (7) في الملحق.

الجزء الثالث: الآفاق المستقبلية للطلب على مصادر الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي

الفصل الأول: الفرضيات الأساسية لسيناريوهات التوقعات الرئيسية المختلفة للمنظمات الدولية والشركات العالمية

تختلف سيناريوهات التوقعات المستقبلية للطلب في الاتحاد الأوروبي على مصادر الطاقات المتجددة بين المنظمات الدولية للطاقة والشركات الدولية الكبرى المعنية بدراسة أسواق الطاقة العالمية واستشراف آفاقها المستقبلية. وفيما يلي لمحة مختصرة عن فرضيات هذه السيناريوهات المتعلقة بالعوامل الأساسية التي تعتبر من أهم العوامل الكامنة وراء التباين في الطلب الإقليمي (الأوروبي) على الطاقات المتجددة وتوقعاتها.

ونظرًا لقيود زمنية، تم الإقتصار على أحدث الدراسات والتي تم نشرها أثناء إعداد هذه الدراسة. ومن بين هذه التوقعات التي تم التطرق لها: آفاق الطاقة العالمية (WEO 2022) الصادرة عن وكالة الطاقة الدولية، توقعات النفط العالمية (WOO 2022) الصادرة عن منظمة أوبك وكذا منظور الطاقة لعام 2022 (Energy Perspectives 2022) وهو التقرير السنوي الذي أعدته ونشرته شركة "إكوينور"، وأيضًا توقعات الطاقة لعام 2022 من خلال رؤية شركة "إكسون موبيل" لأحدث توقعات العرض والطلب على الطاقة حتى عام 2050 أو (2022 Outlook for Energy) .

وتجدر الإشارة هنا، أن التركيز سيكون على التقرير الصادر عن منظمة "أوبك" (WOO 2022) ثم التقرير الصادر عن شركة "إكوينور"، وهذا لعدة أسباب منها، وجود البيانات وسهولة الوصول إليها وخاصة تلك المتعلقة بالدول الأعضاء في "الاتحاد الأوروبي".

1. وكالة الطاقة الدولية (IEA)

أعدت وكالة الطاقة الدولية توقعاتها لمستقبل الطاقة في تقريرها المعنون "آفاق الطاقة العالمية" الصادر في أكتوبر 2022، بناء على ثلاثة سيناريوهات أساسية وهي:

أ. سيناريو السياسات المعلنة (The Stated Policies Scenario - STEPS)

يوفر هذا السيناريو معياراً أكثر تحفظاً للمستقبل، لأنه لا يعتبر تحقيق الحكومات لجميع الأهداف المعلنة أمراً مفروغاً منه، ولكنه يأخذ نظرة أكثر تفصيلاً على ما تم وضعه بالفعل للوصول إلى هذه الأهداف. وعلى هذا النحو، فهي يستند إلى مراجعة تفصيلية لكل قطاع على حدة للسياسات والتدابير القائمة بالفعل أو قيد التطوير في مجموعة متنوعة من المجالات. ويقيّم سيناريو السياسات المعلنة القيود التنظيمية والسوقية والبنية التحتية والمالية ذات الصلة، مع إلقاء نظرة على الاتجاه المتوقع لنظام الطاقة في غياب مبادرات سياسية جديدة محددة. ولم يتم وضع هذا السيناريو لتحقيق نتيجة معينة، كما هو الحال في سيناريو التعهدات المعلنة. ويفترض عدم تحقيق صافي الانبعاثات الصفرية، وأن يبلغ الارتفاع في متوسط درجات الحرارة حوالي 2.5 درجة مئوية في عام 2100 .

ب. سيناريو التعهدات المعلنة (Announced Pledges Scenario - APS)

يفترض هذا السيناريو أن الحكومات سوف تفي، بالكامل وفي الوقت المناسب، بكافة الالتزامات المتعلقة بالمناخ التي أعلنت عنها، بما في ذلك أهداف الانبعاثات الصفرية الصافية طويلة المدى والتعهدات في المساهمات المحددة وطنياً، وكذلك الالتزامات في المجالات ذات الصلة مثل الوصول إلى الطاقة، بغض النظر عما إذا كانت تلك الالتزامات مدعومة بسياسات محددة لضمان تنفيذها أم لا. ويعتمد سيناريو التعهدات المعلنة على التحليل الذي صدر خلال مؤتمر COP26، والذي أظهر أن التنفيذ المشترك لجميع تعهدات الانبعاثات الصفرية الصافية والتعهد العالمي بشأن الميثان سيؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة بنحو 1.8 درجة مئوية في عام 2100 .

ج. سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية بحلول عام 2050 (NZE)

يحدد هذا السيناريو طريقاً إلى تثبيت متوسط درجات الحرارة العالمية عند 1.5 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل العصر الصناعي، وتم تحديثه بالكامل لهذا النظرة المستقبلية. ويفترض هذا السيناريو أن هدف تحقيق صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية بحلول عام 2050، يتطلب جهوداً أقوى مما كانت عليه في تحليل عام 2021، دون الاعتماد على

خفض الانبعاثات من خارج قطاع الطاقة. كما يفترض أن تصل الاقتصادات المتقدمة إلى صافي انبعاثات صفرية قبل الاقتصادات النامية. ويأخذ السيناريو في الاعتبار أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة ذات الصلة بالطاقة، وتحقيق الوصول الشامل إلى الطاقة بحلول عام 2030، وتأمين تحسينات كبيرة في جودة الهواء.

هذا وتشير وكالة الطاقة الدولية إلى الفجوة في النتائج بين سيناريو السياسات المعلنة وسيناريو التعهدات المعلنة على أنها "فجوة التنفيذ"، أي الفجوة التي يجب سدها لتحقيق الالتزامات بالكامل. كما تشير إلى الفجوة بين سيناريو التعهدات المعلنة وسيناريو صافي الانبعاثات الصفرية بحلول عام 2050 على أنها "فجوة الطموح" لأنها تعكس تلك التعهدات التي تم التعهد بها حتى الآن بشكل جماعي، ولكنها ليست طموحة بما يكفي لتحقيق هدف استقرار متوسط درجات الحرارة العالمية عند 1.5 درجة مئوية.

2. منظمة الدول المصدرة للنفط "أوبك" (OPEC)

فيما يخص النمو السكاني، يفترض سيناريو الإشارة لمنظمة الدول المصدرة للنفط (أوبك) نمو إجمالي عدد سكان الدول الأوروبية الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD ببطء إلى غاية 2035 ثم يعرف تناقصا خلال الفترة 2035-2045 ليصل إلى 584 مليون نسمة بحلول عام 2045. بينما ينمو إجمالي عدد سكان الدول الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD بنحو 0.2% سنوياً، ليبلغ 1.37 مليار نسمة بحلول عام، كما يبين الجدول (2).

ويتوقع أن يكون تأثير أزمة الطاقة على النمو في أوروبا محدودًا من حيث الحجم. ومع ذلك، فإن أي نقص كبير في إمدادات الطاقة من شأنه أن يوفر مزيدًا من مخاطر الانخفاض في الحالة الأساسية الحالية. ومع الدعم المالي الذي يوازن بشكل أساسي الآثار السلبية للأحداث الجارية في أوروبا الشرقية، بدلاً من تحفيز الاقتصاد، ومع توقع استمرار سياسات التضييق النقدي على المدى المتوسط، من المتوقع أن يتباطأ النمو المرتفع نوعًا ما.

الجدول (2)

فرضيات النمو السكاني لمنطقة OECD أوروبا وفقاً لسيناريو الإشارة بمنظمة أوبك (مليون نسمة)

المنطقة	2021	2025	2030	2035	2040	2045	الزيادة خلال الفترة 2045-2021
دول OECD أوروبا	580	584	586	587	586	584	**4**
دول OECD	1.321	1.336	1.351	1.362	1.369	1.372	**51**
إجمالي العالم	**7,902**	**8,184**	**8,538**	**8,870**	**9,179**	**9,457**	**1,555**

المصدر: تقرير آفاق النفط العالمية، منظمة الدول المصدرة للنفط (أوبك)، 2022.

أما **فيما يخص النمو الاقتصادي**، يفترض سيناريو الإشارة لمنظمة "أوبك" نمو الناتج العالمي الحقيقي بنحو 3% خلال الفترة (2021-2045)، بحيث ينمو الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الحقيقية لمجموعة الدول الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) بنحو 1.7%، بينما ينمو الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الحقيقية للدول الأوروبية الأعضاء في منظمة OECD بنحو 1.4% خلال نفس الفترة، كما هو موضح في الجدول (3). ومن المتوقع أيضًا أن تشهد مجموعة "OECD - أوروبا" تباطؤ، في ظل التأثيرات الأولية للأزمة الروسية الأوكرانية، فضلاً عن الانخفاضات العامة في عدد السكان وسن العمل. كما يتوقع أن تشهد المنطقة نموًا بنسبة 1.4 % سنويًا على المدى الطويل، لكنها سوف تنخفض إلى 1.1% سنوياً خلال العقد الأخير من فترة التوقعات.

الجدول (3)

فرضيات النمو الاقتصادي العالمي وفقاً لسيناريو الإشارة بمنظمة أوبك (%)

المنطقة	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	(2035 - 2027)	(2045 - 2035)	2021) (2045 -
دول OECD أوروبا	6.1	3.0	2.1	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.4
دول OECD	5.4	3.0	2.1	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.7
إجمالي العالم	**5.8**	**3.5**	**3.2**	**3.2**	**3.2**	**3.2**	**3.1**	**3.0**	**2.7**	**3.0**

المصدر: تقرير آفاق النفط العالمية، منظمة الدول المصدرة للنفط (أوبك)، 2022.

أما **فيما يخص السياسة الطاقوية**، فإن الاتحاد الأوروبي يستهدف خفض الانبعاثات بنسبة 55% بحلول عام 2030 وصافي إنبعاثات صفرية بحلول عام 2050، مع إدراج هذين الهدفين في قانون المناخ الأوروبي حيز التنفيذ في يوليو 2021. واعترافاً بالحاجة إلى تسريع التحسينات، أعدت مفوضية الاتحاد الأوروبي سلسلة مترابطة من المقترحات التشريعية تسمى حزمة "مناسبة لـ 55" أو "Fit for 55". وبموجب الحزمة، سيتم مراجعة سياسات الطاقة الرئيسية وزيادة الطموحات السابقة وإدخال آليات جديدة، مثل آلية تعديل حدود الكربون (CBAM[29]). إن حجم هذه المقترحات وطبيعتها المعقدة يعني أن المداولات والمفاوضات قد تستمر لبعض الوقت قبل التوصل إلى اتفاق بين 27 دولة في الاتحاد الأوروبي.

3. شركة إكسون موبيل (ExxonMobil)

يعد تقرير آفاق الطاقة أحدث وجهة نظر لشركة إكسون موبيل (ExxonMobil) للطلب والعرض على الطاقة لعام 2050. تستخدم إكسون موبيل خدمة بيانات إحصاءات وأرصدة الطاقة العالمية التابعة لوكالة الطاقة الدولية (IEA) بالإضافة إلى مصادر خارجية موثوقة أخرى كأساس تاريخي لبرنامجها Outlook، حيث يتم استخدام بيانات S&P Global Platts، وعلى بيانات IHS Markit، وغيرها. وفيما يخص المعلومات الديموغرافية ونماذج الاتجاهات الاقتصادية لحوالي 100 منطقة حول العالم، تقوم الشركة بتجميع المعلومات من المصادر الرئيسية كالأمم المتحدة والبنك الدولي وصندوق النقد الدولي و IHS. وتبني إكسون موبيل النظرة المستقبلية على الاتجاهات الحالية في قطاعات التكنولوجيا والسياسات الحكومية وتفضيلات المستهلك والسياسة العالمية والتنمية الاقتصادية.

4. شركة إكوينور (Equinor)

منظور الطاقة أو Energy Perspectives هو تقرير مستقل أعده باحثين في شركة إكوينور (Equinor) في الاقتصاد الكلي وأسواق الطاقة والجغرافيا السياسية. ويصف التقرير مسارات التنمية حتى عام 2050 للاقتصاد العالمي وأسواق الطاقة وانبعاثات غازات الدفيئة المرتبطة بالطاقة، ويتضمن سيناريو 1.5 درجة مئوية.

[29] أو ما يطلق عليه Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM).

ويتعمق تقرير آفاق الطاقة لعام 2022، الصادر عن شركة "إكوينور"، في التطورات طويلة الأجل في أسواق الطاقة العالمية، ويوضح كيف يمكن للسياسات والتكنولوجيات والشركات والمستهلكين التأثير على ذلك لتمكين انتقال الطاقة. ومع أخذ ذلك في الاعتبار، يشير التقرير أيضا إلى أنه "يجب إرساء الثقة والتعاون وتقاسم الأعباء" لوضع العالم على المسار الصحيح لمواجهة تحديات الاستدامة طويلة الأجل بطريقة متوازنة. كما يؤكد تقرير Equinor أن هذا سيستغرق وقتًا وليس مضمونًا بأي حال من الأحوال، لا سيما عندما تتزايد الصراعات والنزاعات الجيوسياسية.

ويستعرض تقرير شركة Equinor سيناريوهين – يسمى الأول "الجدران" أو Walls ويسمى الثاني "الجسور" أو Bridges – اللذان يوضحا مسارين مختلفين للغاية لنظام الطاقة العالمي حتى عام 2050.

ونظرًا لأن السيناريوهات توضح مسارات مستقبلية مختلفة تمامًا، فإنها تهدف إلى تسليط الضوء على "التحديات الهائلة التي يجب التغلب عليها" للانتقال من "التغييرات البطيئة المتزايدة" التي تميز انتقال الطاقة اليوم – كما هو موضح في سيناريو Walls – إلى "التغييرات" اللازمة لنقل العالم إلى مسار يتماشى مع طموح 1.5 درجة مئوية لاتفاقية باريس، كما في سيناريو "الجسور". فحسب محللي Equinor فإن "الجدران تفرق والجسور تتصل".

ويشير التقرير أنه في سيناريو الجدران، تتحسن كثافة استخدام الطاقة في الاقتصاد العالمي بنسبة 2% سنويًا بين عامي 2020 و2050، وهو "أعلى بكثير" من متوسط 1.2% سنويًا للفترة 1990-2019 مدفوعة بتركيز قوي على كفاءة الطاقة. وستحقق بعض المناطق تحسينات أعلى من المتوسط: فالاتحاد الأوروبي وأجزاء من آسيا ستخفض كثافة طاقتها بين 2.5 % و3 % سنويًا. بخلاف سيناريو الجسور، الذي يتوقع أن تتحسن كثافة استخدام الطاقة في الاقتصاد العالمي بمتوسط 3.1% سنويًا بين عامي 2020 و2050، حيث تقدم جميع المناطق مساهمات كبيرة. وتشير Equinor إن التكنولوجيات التي تجعل ذلك ممكنًا "يمكن تصورها"، ولكنها تتطلب دعمًا سياسيًا كبيرًا ومستدامًا وتمويلًا" لتصبح حقيقة واقعية.

الفصل الثاني: التوقعات المستقبلية للطلب الأوروبي على مصادر الطاقات المتجددة وفق السيناريوهات المختلفة

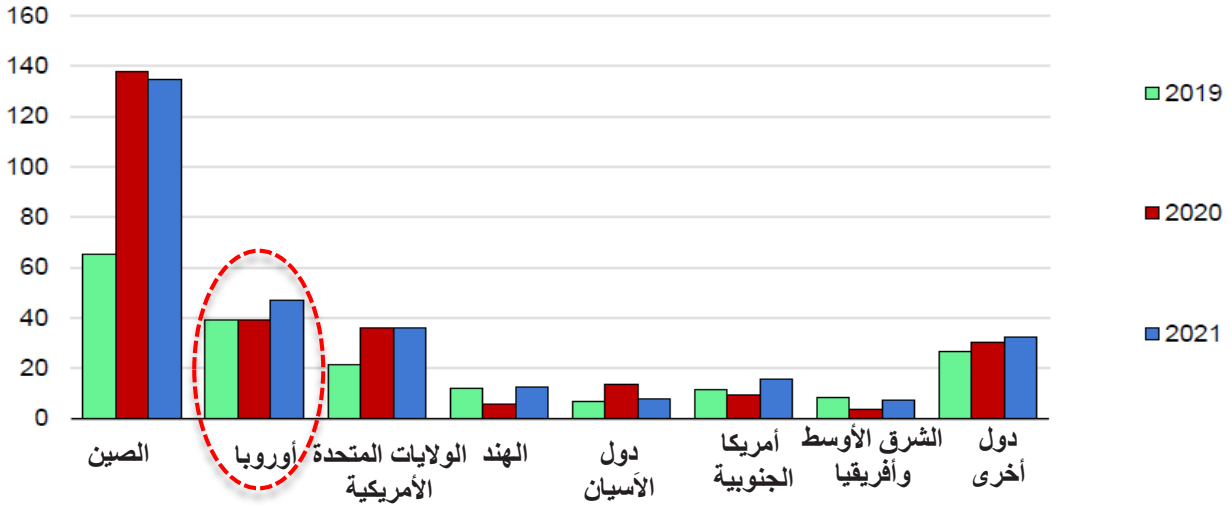
1. التوقعات على المدى القصير

1.1- سيناريو وكالة الطاقة الدولية (2022)

قبل الحديث عن التوقعات المستقبلية من الأهمية بمكان استعراض الوضع الحالي أولاً، فعلى الرغم من استمرار الاختلالات في سلاسل التوريد التي سببها الوباء، وتأخيرات بناء مرافق الطاقة المتجددة، وأسعار المواد الخام والسلع ذات المستوى القياسي، إلاَ أن الطاقة المتجددة في عام 2021 شهدت إضافات بنسبة 6% وسجلت رقمًا قياسيًا جديداً، حيث وصلت إلى ما يقرب من 295 جيغاواط. ويعد هذا النمو أعلى قليلاً من التوقعات السابقة في وكالة الطاقة الدولية للطاقة المتجددة. وعلى الصعيد العالمي، تم تعويض الانخفاض بنسبة 17% في إضافات طاقة الرياح السنوية في عام 2021 من خلال زيادة في الطاقة الشمسية الكهروضوئية والنمو في منشآت الطاقة الكهرومائية. وكان التوسع في الطاقة الحيوية والطاقة الشمسية المركزة (CSP) والطاقة الحرارية الأرضية مستقرًا في عام 2021 مقارنة بعام 2020. كما كانت الزيادة السنوية في الطاقة المتجددة عام 2021 أبطأ، بعد قفزة استثنائية في عام 2020 عندما سارع المطورون الصينيون لربط المشاريع قبل الإلغاء التدريجي للإعانات، خاصةً لطاقة الرياح البرية.

وبصرف النظر عن الصين، كان الاتحاد الأوروبي ثاني أكبر سوق من حيث زيادة السعة، حيث تجاوزت المنطقة الرقم القياسي المسجل على الإطلاق في عام 2011 لأول مرة، كما يبين الشكل (7). وشكلت الطاقة الشمسية الكهروضوئية وحدها غالبية توسع الاتحاد الأوروبي في عام 2021 بسبب المشاريع المتسارعة في كل من إسبانيا وفرنسا وبولندا وألمانيا، والتي تم تعزيزها من خلال مزيج من المزادات التي تقودها الحكومة وكذا توزيع حوافز الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

الشكل (7):
صافي السعة المضافة من الطاقة المتجددة وفقاً للتوزيع الجغرافي، 2019 – 2021
(جيغاواط)



المصدر: وكالة الطاقة الدولية (2022).

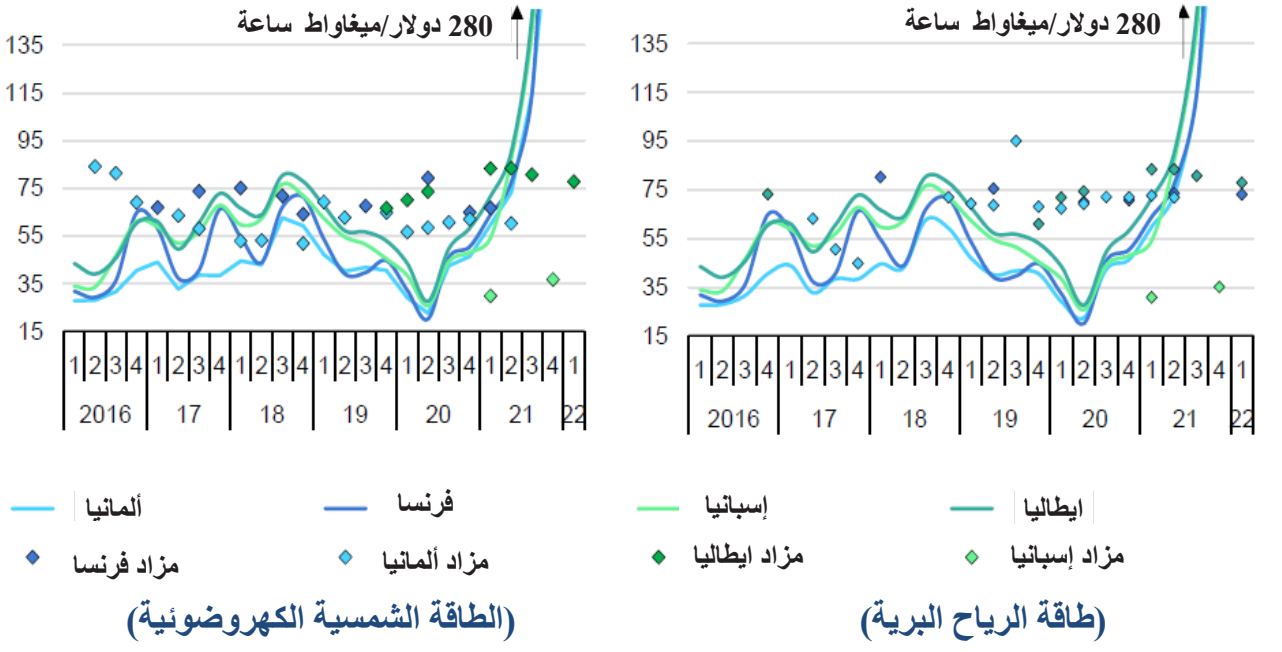
وفي عام 2022، يتوقع أن تسجل إضافات السعة المتجددة رقماً قياسياً جديدا بقيادة الطاقة الشمسية الكهروضوئية: حيث من المتوقع أن تزيد الطاقة المتجددة بأكثر من 8% في عام 2022 مقارنة بعام 2021، لتتخطى 300 جيغاواط للمرة الأولى. ومن المتوقع أن تمثل الطاقة الشمسية الكهروضوئية 60% من الزيادة في الطاقة المتجددة العالمية خلال عام 2022 مع تشغيل 190 جيغاواط، بزيادة 25% عن عام 2021. وتمثل المشاريع على مستوى المرافق ما يقرب من ثلثي التوسع الإجمالي للطاقة الكهروضوئية في عام 2022، مدفوعًا في الغالب ببيئة سياسة قوية في الاتحاد الأوروبي والصين اللذان يقودا الإنتشار بشكل أسرع.

وبعد انخفاض بنسبة 32% على أساس سنوي في عام 2021، من المتوقع أن تتعافى منشآت طاقة الرياح البرية العالمية الجديدة بشكل طفيف لتصل إلى ما يقرب من 80 جيغاواط. ومن المتوقع أن ينخفض نمو طاقة الرياح البحرية في جميع أنحاء العالم بنسبة 40% في عام 2022 بعد القفزة الاستثنائية التي بلغت أربعة أضعاف عام 2021 في الصين بسبب الموعد النهائي للإلغاء التدريجي للدعم الوطني.

وعلى الرغم من هذا الانخفاض، ستظل الإضافات العالمية لطاقة الرياح البحرية لعام 2022 تتضاعف مقارنة بعام 2020، وذلك بفضل استمرار الحوافز الإقليمية في الصين والتوسع في الاتحاد الأوروبي. ونتيجة لذلك، من المتوقع أن يكون لدى الصين أكبر قدرة تراكمية لطاقة الرياح البحرية على مستوى العالم وتتفوق على الاتحاد الأوروبي والمملكة المتحدة مجتمعين بحلول نهاية هذا العام.

ويساهم ارتفاع أسعار النفط والغاز الطبيعي والفحم أيضًا في ارتفاع تكاليف إنتاج المواد المصنعة لتقنيات الكهرباء المتجددة نظرًا لاستخدام الوقود الأحفوري في كل من العمليات الصناعية وتوليد الطاقة. وارتفاع أسعار الكهرباء – منذ الربع الأخير من عام 2021 – التي عرفت أرقام قياسية تاريخية في أجزاء كثيرة من العالم، بما فيها دول الاتحاد الأوروبي، التي زادت فيها أسعار الطاقة بالجملة في ألمانيا وفرنسا وإيطاليا وإسبانيا حيث ارتفعت تلك الأسعار أكثر من ستة أضعاف في المتوسط مقارنة بالقيم المتوسطة خلال الفترة من (2016–2020). فعلى سبيل المثال، ارتفعت أسعار الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق ومشاريع طاقة الرياح البرية بنسبة 15-25% في المزاد الإسباني الأخير الذي عقد في ديسمبر 2021، إلى 37 دولارًا أمريكيًا/ ميجاوات ساعة، و35 دولارًا أمريكيًا/ ميجاوات ساعة، على التوالي. وتمثل هذه النتائج عُشر متوسط أسعار الكهرباء بالجملة في إسبانيا خلال الـ 14 شهرًا الماضية. كما يوضح الشكل (8).

الشكل (8):
الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق (اليسار) وطاقة الرياح البرية (اليمين)
عقود المزاد وأسعار الجملة للطاقة في دول الاتحاد الأوروبي المختارة،
متوسط ربع سنوي (2016-2022)
(دولار/ ميغاواط ساعة)



(الطاقة الشمسية الكهروضوئية)

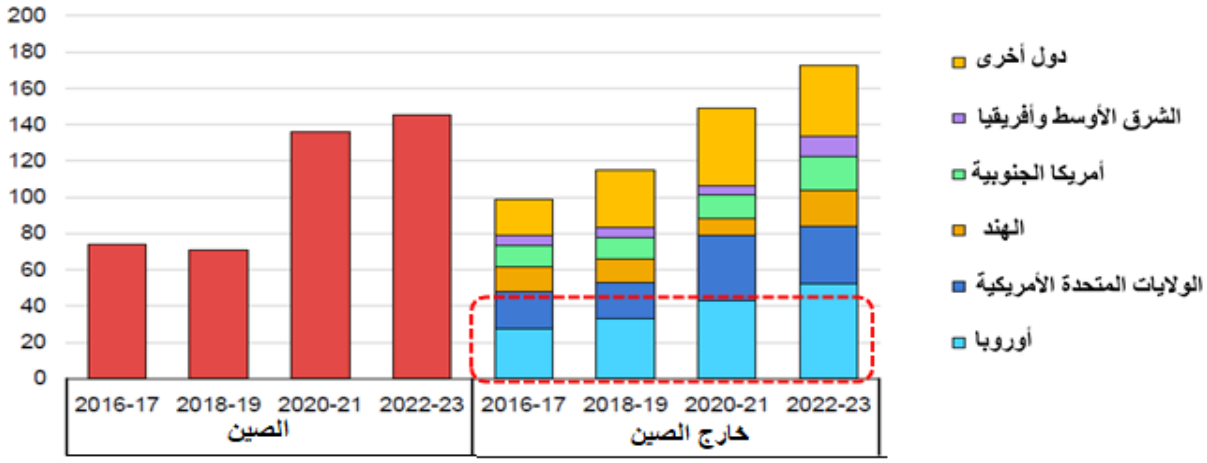
(طاقة الرياح البرية)

المصدر: وكالة الطاقة الدولية (2022).

وقد قامت وكالة الطاقة الدولية خلال عام 2022 بمراجعة التوقعات لعامي 2022 و2023 صعودًا بنسبة 8% وخصوصاً للصين والاتحاد الأوروبي.

ففي دول الاتحاد الأوروبي، تمثل الطاقة الشمسية الكهروضوئية غالبية المراجعات التصاعدية، مع تنفيذ السياسة بشكل أسرع يقود النمو في كل من ألمانيا وهولندا وبولندا وإيطاليا وفرنسا. في المقابل، تم تعديل نمو الرياح البرية للاتحاد الأوروبي نحو الاتجاه النزولي بسبب تحديات السماح المستمرة التي تبطئ الإنتشار في ألمانيا وبولندا وإيطاليا. كما يبين الشكل (9).

الشكل (9):
المتوسط السنوي للسعة المضافة وفقاً للتوزيع الجغرافي
(جيغاواط)



المصدر: وكالة الطاقة الدولية (2022).

كما يؤدي التنفيذ الأسرع للسياسات إلى تسريع الإنتشار في الاتحاد الأوروبي (والهند)، بينما تحافظ الصين على الصدارة. وتمثل الصين 45% من إضافات الطاقة المتجددة العالمية خلال عامي 2022-2023، مع تشغيل أكثر من 140 جيغاواط في المتوسط سنويًا مدفوعًا في الغالب بالإنتشار الواسع للطاقة الشمسية الكهروضوئية. ويتماشى اتجاه التوسع في الصين تمامًا مع هدف الحكومة المتعلق بطاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية البالغ 1200 جيغاواط بحلول عام 2030. ومن المتوقع أن تظل الإضافات السنوية أعلى قليلاً مقارنة بعام 2020-2021، عندما شهدت البلاد اندفاعات متعددة في الإنتشار بسبب الحوافز المقدمة – خارج الجداول الزمنية بالنسبة للرياح البرية والطاقة الكهروضوئية على نطاق المرافق في عام 2020، والرياح البحرية والطاقة الكهروضوئية السكنية في عام 2021.

وفي الاتحاد الأوروبي، أدى التنفيذ السريع لأهداف السياسة الطموحة المعلن عنها سابقًا والمزادات التي تم منحها بالفعل، جنبًا إلى جنب مع الحوافز المستمرة للطاقة الشمسية الكهروضوئية الموزعة، إلى دفع هذا التوسع.

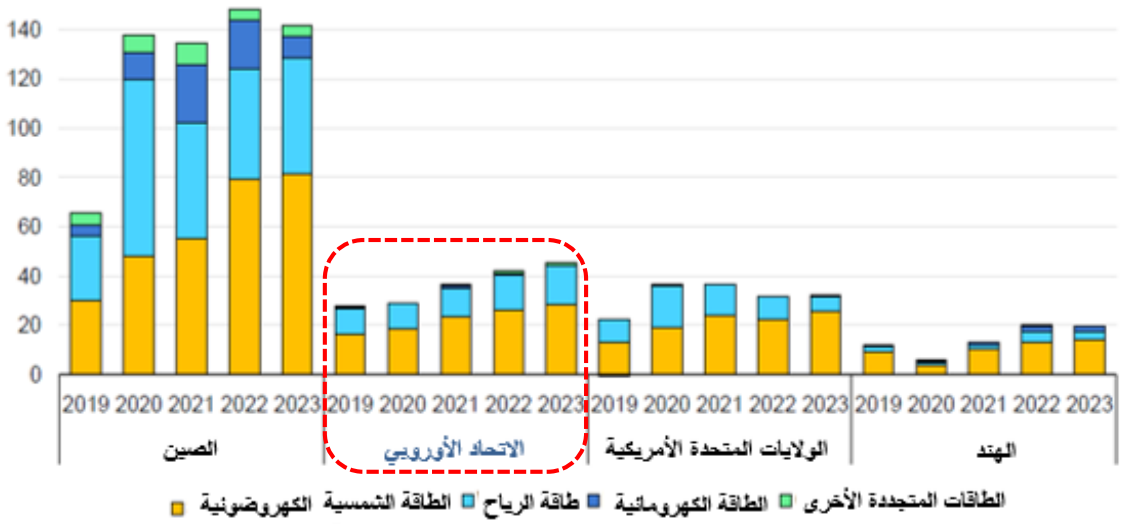
وفي ظل الأزمة الروسية الأوكرانية، أعلنت العديد من دول الاتحاد الأوروبي عن خطط لتسريع نشر مصادر الطاقة المتجددة بهدف تقليل اعتمادها على واردات الغاز

الطبيعي الروســـي. حيث قامت ألمانيا وهولندا والبرتغال إما بزيادة طموحاتها في مجال الطاقة المتجددة أو تأجيل أهدافها الأولية.

وتتوقع وكالة الطاقة الدولية، أن يكون تأثير هذه الســياســـات الجديدة محدودًا بحلول عام 2023، خاصة بالنسبة للمشاريع واسعة النطاق التي تتطلب جداول زمنية للتطوير تزيد عن 18 شـهرًا. ومع ذلك، تشـير هذه التوقعات إلى زيادة محدودة في الطاقة الكهروضـوئية الموزعة حيث تمكّن المنشـآت السـكنية والتجارية للمسـتهلكين من تقليل فواتير الكهرباء من خلال الاستهلاك الذاتي، كما يبين الشكل (10).

الشكل (10):

إضافات الطاقة المتجددة في الصين والاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة والهند، 2019-2023 (جيغاواط)



المصدر: وكالة الطاقة الدولية (2022).

الجدير بالذكر أن قطاع الكهرباء الأوروبي قادر على تقليل اعتماده على الغاز الروسي بحلول عام 2023 بفضل طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية. تقوم روسيا بتزويد الاتحاد الأوروبي بحوالي 45% من الغاز للصناعة والمنازل وتوليد الكهرباء. وبالنسبة لإنتاج الكهرباء، يمثل الغاز الطبيعي حوالي 16% من إجمالي الطلب على الكهرباء في المجموعة. وعلى مدى العقد الماضي، تراوح توليد الكهرباء التي تعمل بالغاز الطبيعي سنويًا من 340

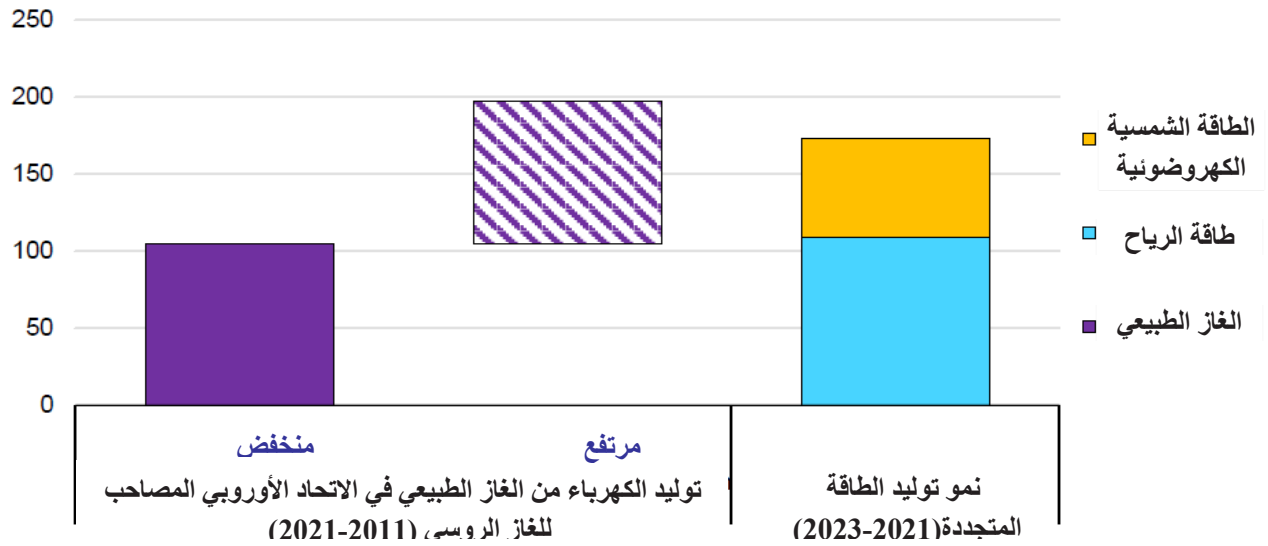
تيراواط ساعة إلى 600 تيراواط ساعة، اعتمادًا على بيئة الأسعار وتغلغل طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية والطلب المتزايد في فصل الشتاء. وبالنظر إلى الاعتماد على الإمدادات على المستوى القطري، حسب تقديرات وكالة الطاقة الدولية، توفر روسيا ما بين 100 تيراواط ساعة إلى 200 تيراواط ساعة من الكهرباء المعتمدة على الغاز الطبيعي في الاتحاد الأوروبي.

ومن ناحية أخرى، تشير توقعات وكالة الطاقة الدولية إلى حدوث نمو تدريجي لتوليد الكهرباء المتجددة حتى 180 تيراواط ساعة خلال الفترة 2021-2023، وهو ما يعادل تقريبًا أعلى قيمة لتوليد الغاز المعتمد على روسيا. ومع اتجاهات الإنتشار الحالية، فإن التوسع في طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية في الاتحاد الأوروبي سيمكن من تقليل الاعتماد على استخدام الغاز الروسي في الكهرباء بشكل كبير. ومع ذلك، فإن مساهمة مصادر الطاقات المتجددة المتغيرة ستعتمد أيضاً على السياسات المتعلقة بتدابير كفاءة الطاقة للسيطرة على الطلب وسياسات التخفيض التدريجي للفحم والطاقة النووية في العديد من الدول الأعضاء، كما يبين الشكل (11).

الشكل (11):

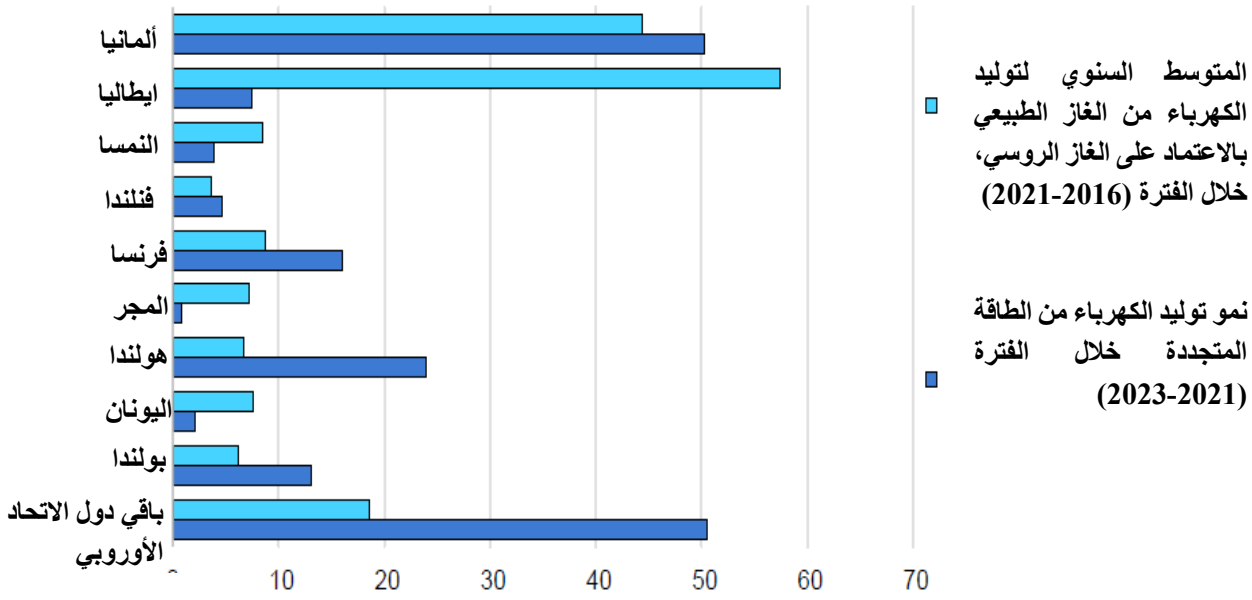
توليد الكهرباء من الغاز الطبيعي في الاتحاد الأوروبي خلال الفترة (2011-2021) ونمو توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة خلال الفترة (2021-2023)

(تيراواط/ساعة)



المصدر: وكالة الطاقة الدولية (2022).

الشكل (12):
المتوسط السنوي لتوليد الكهرباء من الغاز الطبيعي خلال الفترة (2016-2021) ونمو توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة خلال الفترة (2021-2023) في بعض الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي (تيراواط/ساعة)



المصدر: وكالة الطاقة الدولية (2022).

في ظل الأزمة الروسية الأوكرانية بات الأمر أكثر إلحاحًا لتسريع الانتقال إلى الطاقة النظيفة لتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد من روسيا، كما يعد نشر المزيد من الطاقة المتجددة في الوقت الحاضر ضرورة إستراتيجية للعديد من البلدان، وخاصة في الاتحاد الأوروبي.

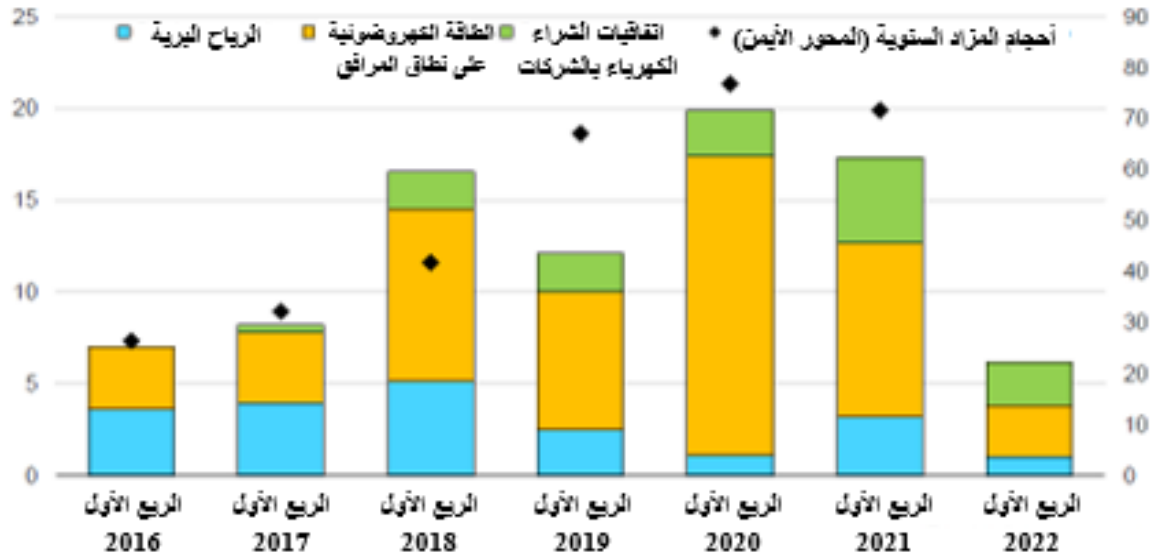
وفي الواقع، غيرت أزمة الطاقة العالمية أهداف نشر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى، وقامت وكالة الطاقة الدولية بتحديث توقعاتها في تقريرها لعام 2022 وفقًا لذلك. حيث أعلنت العديد من دول الاتحاد الأوروبي عن خطط للمضي قدمًا في تطوير مصادر الطاقة المتجددة، حيث توفر طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية أكبر إمكانات لتقليل اعتماد قطاع الكهرباء في الاتحاد الأوروبي على روسيا بحلول عام 2023.

ووفقًا لتوقعات وكالة الطاقة الدولية، تظل المزادات التنافسية لطاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية التي تقودها الحكومة في عامي 2019 و2020 محركًا رئيسيًا للتوسع في مصادر الطاقة المتجددة حتى عام 2023. وانخفضت أحجام المزادات بشكل

طفيف في عام 2021 بسبب انخفاض السعة الممنوحة في الصين والهند بينما زادت في الاتحاد الأوروبي وأمريكا اللاتينية.

ومع ذلك، فإن التحديات الجيوسياسية وتحديات الاقتصاد الكلي تزيد من حالات عدم اليقين بشأن توقعات الكهرباء المتجددة بعد عام 2023. وقد أدى ارتفاع تكاليف الاستثمار في طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية بسبب ارتفاع أسعار السلع الأساسية في أعقاب الأزمة الروسية الأوكرانية والسماح بالتأخير إلى أدنى حجم للمزاد في الربع الأول على مستوى العالم في عام 2022 منذ عام 2016. بالإضافة إلى ذلك، أدى التقلب في أسواق الكهرباء بسبب الارتفاع الحاد في أسعار الغاز إلى تعقيد مفاوضات العقود الخاصة باتفاقيات شراء الكهرباء مع الشركات (PPA)[30]، خاصة في الاتحاد الأوروبي، في حين أن ارتفاع أسعار الفائدة يضاعف التحديات التي يواجهها مطورو الطاقة المتجددة. كما يبين الشكل (13).

الشكل (13):
الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق وسعة مزادات الرياح البرية واتفاقيات شراء الكهرباء للشركات للربع الأول من الأعوام 2016 إلى 2022
(جيغاواط)



المصدر: وكالة الطاقة الدولية (2022).

[30] أي Power Purchase Agreement

2. التوقعات على المدى المتوسط (2022-2027)

1.2- توقعات وكالة الطاقة الدولية (IEA)

في تقريرها عن مصادر الطاقة المتجددة لعام 2022 الذي نُشر في 6 ديسمبر 2022، تقدر وكالة الطاقة الدولية أن المنشآت المنتجة للكهرباء المتجددة (جميع القطاعات المتجددة مجتمعة) في العالم يمكن أن تزيد بمقدار 2400 جيغاواط خلال الفترة 2022-2027، أي ما يعادل جميع القدرات الكهربائية للصين (المتجددة وغير المتجددة) في الوقت الحاضر.

وهذا يزيد بنسبة 30% تقريبًا عن توقعات الوكالة في نهاية عام 2021. ويرتبط "الزخم غير المسبوق" المعلن بالنسبة لقطاعات الطاقة المتجددة، مثل التقدم في كفاءة الطاقة، والأزمة الروسية الأوكرانية التي تسببت في ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري مما أدى بالعديد من البلدان إلى تعزيز سياسات الدعم لصالح الطاقات المتجددة كجزء من تأمين إمدادات الطاقة لديها.

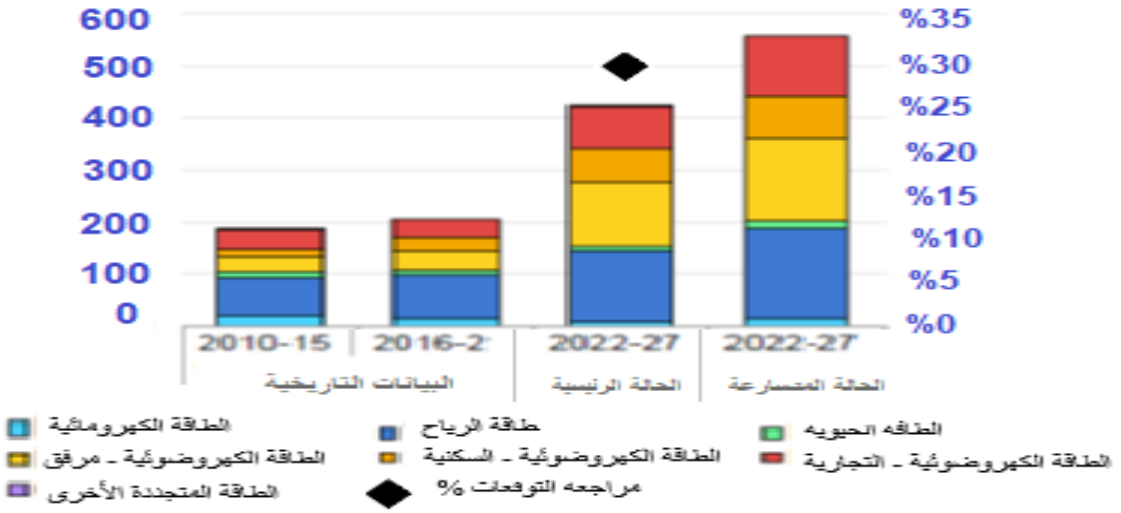
ومن المتوقع أن تزيد القدرة التراكمية للكهرباء المتجددة في أوروبا بنحو 60% (+425 جيغاواط) بين عامي 2022 و2027، أي أكثر من ضعف ما كانت عليه في فترة الخمس سنوات السابقة (2016-2021). وسوف تقود الطاقة الشمسية الكهروضوئية هذا النمو، تليها طاقة الرياح البرية، وطاقة الرياح البحرية، والطاقة الحيوية ثم الطاقة الكهرومائية.

ويتركز ثلاثة أرباع التوسع الأوروبي في مجال الطاقة المتجددة في سبع دول، وهي: ألمانيا وإسبانيا والمملكة المتحدة وتركيا وفرنسا وهولندا وبولندا. وتتمثل الدوافع الرئيسية للنمو في أوروبا في أهداف الطاقة المتجددة طويلة الأجل والمزادات التنافسية للمشاريع على نطاق واسع.

كما يحفز هذا النمو أيضاً الجاذبية المتزايدة للمشاريع التي تم تطويرها خارج خطط المزادات التي تقودها الحكومة، من خلال نماذج الأعمال التي تستخدم اتفاقيات شراء الطاقة/ الكهرباء (PPAs) الخاصة بالشركات، أو الإيرادات من السوق الفورية، أو مزيج بين الاثنين. وبحسب وكالة الطاقة الدولية، فقد تمت مراجعة توقعات الحالة الرئيسية لهذا العام بالزيادة بنسبة 30% لتعكس التغييرات السياسية التي أجرتها الحكومات الأوروبية خلال العام الماضي

لتسريع الانتقال إلى الطاقة النظيفة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري الروسي. كما يبين الشكل (14).

الشكل (14):
إضافات في الطاقة الكهربائية المتجددة في أوروبا، 2022-2027
(جيغاواط)



المصدر: IEA (2022), Renewables 2022, Analysis and forecasts to 2027, December 2022

كانت التوقعات قبل بداية أزمة الطاقة أكثر تفاؤلاً لمصادر الطاقة المتجددة في أوروبا، مدفوعة بإصلاحات في السياسات تهدف إلى تسريع نمو مصادر الطاقة المتجددة بغية الوصول إلى أهداف مناخية أكثر طموحًا.

كما نشرت المفوضية الأوروبية في عام 2021 حزمة إجراءات "Fit for 55" الخاصة بها واقترحت رفع حصة الطاقة المتجددة المستهدفة في دول الاتحاد الأوروبي من 32% إلى 40% على الأقل بحلول عام 2030 من أجل وضع الاتحاد الأوروبي على مسار صافي انبعاثات غازات الدفيئة الصفرية للحياد المناخي بحلول عام 2050.

ولكن الهدف النهائي لا يزال قيد التفاوض، وبمجرد تحديده، سيتعين على الدول الأعضاء تنفيذ تحديث خططها الوطنية للطاقة والمناخ[31] (NECPs) على مدى السنوات 2024-2023 لتعكس الأهداف الوطنية الجديدة وتحديد السياسات الداعمة. كما تجدر الإشارة

[31] أو National Energy and Climate Plans (NECPs)

أنه، بحلول نهاية عام 2021، كانت بعض الدول الأعضاء قد بدأت بالفعل في رفع طموحاتها تحسبًا لهدف أوروبي أعلى وأدخلت تغييرات في السياسة والتنظيم لتسريع استخدام مصادر الطاقة المتجددة. على سبيل المثال، زادت خطة التنمية الوطنية في أيرلندا من الحصة المستهدفة من مصادر الطاقة المتجددة في استهلاك الكهرباء إلى 80% بحلول عام 2030 (مقارنة بـ 70% في الوقت الحاضر في NECP)، واقترحت وزارة التحول البيئي الإيطالية زيادة حصة الكهرباء المتجددة إلى 72% (مقارنة بـ 55% في سياسة NECP الحالية للبلاد).

بالإضافة إلى ذلك، توسعت خطوط الأنابيب الخاصة بمشاريع اتفاقية شراء الطاقة للشركات في العديد من الأسواق حيث سعى المستخدمون النهائيون ذوو الطاقة المكثفة إلى تأمين تعريفات أقل للتحوط ضد الزيادات المحتملة في أسعار التجزئة. كما أدى ارتفاع أسعار التجزئة إلى تحسين حالة الأعمال للاستهلاك الذاتي.

وفي ديسمبر 2022، تمكنت المفوضية الأوروبية والبرلمان ومجلس الاتحاد الأوروبي، من التوصل إلى اتفاق ثلاثي حول المحور الرئيسي في حزمة "Fit for 55"، أي إصلاح سوق الكربون في دول الاتحاد الأوروبي[32] (EU ETS). وفي الواقع، تنص الاتفاقية على الإنهاء التدريجي للحصص المجانية في عام 2034، وإنشاء سوق جديد للكربون اعتبارًا من عام 2027 للنقل والمباني، وصندوق اجتماعي للمناخ بقيمة 86.7 مليار يورو. يركز معظم الجهد على الجزء الثاني من العقد.

وبعد الأزمة الروسية الأوكرانية في فبراير 2022، ظهر أمن الطاقة كحافز إضافي لتسريع تطوير الطاقة المتجددة حيث استجابت الحكومات بجعل أهدافها أكثر طموحًا وتسريع السياسات لتسهيل النمو السريع.

وعلى مستوى الاتحاد الأوروبي، تقترح إستراتيجية REPowerEU التابعة للمفوضية الأوروبية[33]، والتي نُشرت في مايو 2022، زيادة حصة الطاقات المتجددة في الاستهلاك النهائي للطاقة إلى 45% بحلول عام 2030، وبالتالي تجاوز نسبة 40% المعمول بها حاليًا.

[32] طالع الملحق لمزيد عن التفاصيل حول نظام تداول الانبعاثات في الاتحاد الأوروبي (EU ETS).
[33] تم التطرق الى هذه الخطة في الجزء الثاني.

وسيتطلب الوصول إلى هذا الهدف ما يقرب من 600 جيغاواط من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، و510 جيغاواط من طاقة الرياح بحلول عام 2030.

كما تقترح المفوضية الأوروبية أيضًا تعديل توجيه الطاقة المتجددة (RED) من خلال مطالبة الدول الأعضاء بتبسيط وتقصير فترة الإجراءات المتعلقة بإصدار التراخيص. وعلى الرغم من أن التشريعات التي تدعم هذه الاستراتيجية لم يتم اعتمادها بعد على مستوى الاتحاد الأوروبي، فقد بدأت الدول الأعضاء والدول الأوروبية الأخرى بالفعل في الإعلان عن خطط، ووضع مسودة تشريعات أو وضع مشاريع قوانين للنظر فيها، وتنفيذ مجموعة من الإصلاحات بسرعة لإنهاء الاعتماد على الغاز الروسي بأسرع وقت ممكن وتخفيف تكلفة الطاقة المتزايدة للمستهلكين.

كما يمكن تصنيف هذه الإجراءات المتعلقة بالسياسات إلى ثلاث فئات، اعتمادًا على حالة العملية التشريعية والتحديات الخاصة لكل بلد:

- **رفع الطموحات من حيث الطاقات المتجددة:** في مارس 2022، رفعت ألمانيا هدفها للكهرباء المتجددة لعام 2030 من 65% إلى 80%، وسرعت وتيرة التوسع في الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، بهدف تركيب 350 جيغاواط بحلول عام 2030، مقابل 191 جيغاواط سابقًا. كما اقترحت المملكة المتحدة هدفًا للطاقة الكهروضوئية لعام 2030 لأول مرة في استراتيجيتها للطاقة، وأعلنت البرتغال عن نيتها للوصول إلى هدفها لعام 2030 بحلول عام 2026.
- **زيادة الدعم السياسي:** تشمل الإجراءات الحكومية زيادة مستويات الأجور وإدخال مساعدات مالية جديدة. على سبيل المثال، زادت ألمانيا من تعريفات التغذية للخلايا الكهروضوئية الموزعة، وألغت هولندا ضريبة القيمة المضافة للأنظمة الكهروضوئية السكنية، وأعلنت المملكة المتحدة عن نيتها تنظيم مزادات سنوية لأول مرة. وقد قامت دول أخرى بتعديل الأنظمة الحالية. فعلى سبيل المثال، قامت فرنسا بتعديل قواعد المزاد الخاصة بها بحيث يمكن للمطورين زيادة السعة بعد المزادات. أو قامت بتوسيع الأنظمة الحالية، مثل قبرص التي خصصت أموالاً إضافية لصافي الفواتير حتى عام 2023.

ونظرا لأن السيناريو الرئيسي يفترض أن هذه التغييرات، من بين أمور أخرى، ستزيد من جاذبية مشاريع الطاقة المتجددة، فقد تم تعديل التوقعات إلى الأعلى.

- **مواجهة التحديات غير المالية:** أقرت الحكومات إصلاحات تنظيمية لتبسيط منح التراخيص، وتسهيل الاتصال بالشبكة وتحسين ازدحام الشبكة - وهي ثلاثة حواجز أدت إلى إطالة أوقات تطوير المشروع. على سبيل المثال، قامت ألمانيا بمراجعة متطلبات تركيب توربينات الرياح البرية وتبسيط الامتثال للقوانين البيئية، في حين أدخلت إسبانيا إجراء ترخيص مبسّط وجعلت قدرة الشبكة متاحة لمشاريع الطاقة المتجددة. من جهتها، ألغت البرتغال تقييمات الأثر البيئي لمشاريع الطاقة المتجددة، في حين رفعت إيطاليا الحد الأقصى للحجم للاستفادة من الإعفاءات من التراخيص.

ومن المتوقع أن تؤدي هذه التغييرات إلى زيادة مستويات الاشتراك في المزادات (المزاد العلني) وتسريع الخطوات مما يؤدي إلى نمو أقوى.

بالإضافة إلى ذلك، فإن التدخلات الحالية والمقترحة في السوق في أوروبا (مثل الحدود القصوى لسوق الجملة وضرائب الأرباح غير المتوقعة) يمكن أن تخلق حالة من عدم اليقين لاستثمارات الطاقة المتجددة في الأشهر المقبلة إن لم تكن مصممة تصميمًا جيدًا. علاوة على ذلك، أثارت أزمة الطاقة المستمرة أيضًا مناقشات جديدة داخل الاتحاد الأوروبي فيما يتعلق بتصميم سوق الكهرباء في المستقبل. بينما يمكن للإصلاحات، من حيث المبدأ، أن تعزز نشر الطاقات المتجددة الموجّه نحو السوق، وتضمن أمن الطاقة وتشجع الاستثمار يتسم بمرونة في تخصيص الموارد، فمن المهم أن يتم إعداد أو تقديم أي مقترحات للإصلاحات بعناية وشفافية، بمشاركة جميع أصحاب المصلحة المعنيين. وقد يؤدي الفشل في هذا الصدد إلى زيادة حالة عدم اليقين لدى المستثمرين وإبطاء التوسع في مجال الطاقات المتجددة.

كما يمكن أن يكون التوسع في الطاقة المتجددة في أوروبا خلال الفترة 2022-2027 أعلى بنسبة 30% إذا تم استيفاء شروط التسريع. ومن شأن لوائح التراخيص المبسطة وفترات التراخيص الأقصر أن تسرع من تطوير طاقة الرياح البرية. ويمكن تحقيق ذلك إذا تم اعتماد لوائح الطوارئ المؤقتة لمعالجة اختناقات التراخيص التي اقترحتها المفوضية الأوروبية

رسميا وتنفيذها على المستوى الوطني. وفي نوفمبر 2022، اقترحت المفوضية الأوروبية تعيين مصادر الطاقة المتجددة كمسألة تتعلق بالمصلحة العامة حتى تستفيد من الإجراءات المبسطة لمنح التراخيص جديدة، ووضعت حدودًا قصوى للحدود الزمنية للحصول على التراخيص في ظل ظروف معينة.

كما أن النمو المتسارع ممكن بفضل زيادة سعة الشبكة وتحسينات أسرع للشبكة من أجل دمج المشاريع الجديدة؛ وأنظمة التراخيص المبسطة ومواعيد نهائية أقصر للترخيص لتسريع تطوير طاقة الرياح البرية؛ وبرامج تدريبية لزيادة عدد العمالة الماهرة؛ وزيادة توافر الأراضي للمشاريع الجديدة للحد من الاختناقات. وبالإضافة إلى ذلك، فإن زيادة حجم المزادات من شأنها أن تعجل بتطوير مشاريع على نطاق المرافق، في حين أن انخفاض تكاليف الاستثمار وارتفاع أسعار الكهرباء يمكن أن يزيد من تحفيز المشاريع غير المدعومة.

2.2- توقعات شركة S&P Global Commodity Insights

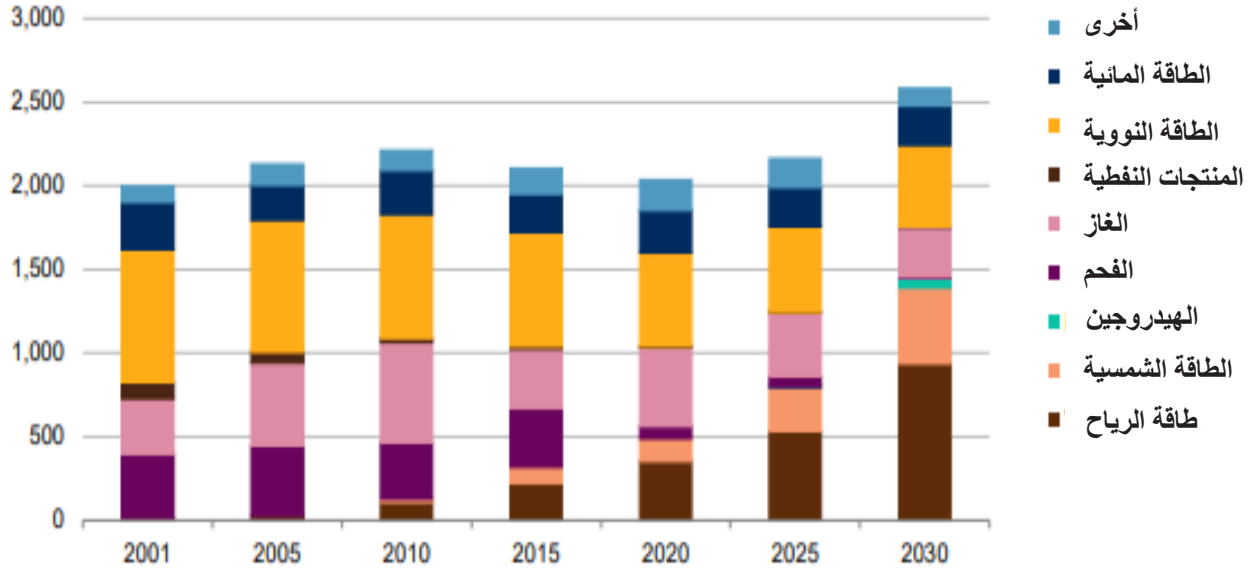
وبحسب السيناريو المرجعي الوارد في تقرير شركة S&P Global Commodity Insights (Platts, 2022) من المتوقع أن ترتفع مصادر الطاقة المتجددة إلى 60% من توليد الطاقة في أوروبا بحلول عام 2030. إذ أن مصادر الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية) تمثل غالبية الاستثمارات السنوية في توليد الطاقة. ومع ذلك، فإنها لا تزال ضعيفة حيث مثلت 13% فقط من الاستهلاك العالمي للطاقة الأولية في عام 2020.

ومن المرجح أن تساعد سياسات المناخ والقدرة التنافسية من حيث التكلفة واستراتيجيات شركات الطاقة والمستثمرين في زيادة هذه الحصة إلى 18% بحلول عام 2030 (ثلثا طاقة الرياح والطاقة الشمسية وثلث الطاقة المائية). وهذا يعني أنه بحلول ذلك الوقت، يمكن أن تعادل الطاقة المتجددة 60% من الطاقة الأولية التي تم الحصول عليها سابقًا من النفط، مقابل حوالي 25% قبل عقد من الزمن.

ومع ذلك، فإن نمو مصادر الطاقة المتجددة وأهميتها في مزيج توليد الطاقة أعلى بكثير. ويضع هذا السيناريو المرجعي حصة مصادر الطاقة المتجددة في عام 2030 بأكثر من 60% من مزيج الطاقة في أوروبا الغربية، ارتفاعًا من حوالي 35% حاليًا.

بالمقارنة مع 38% لكل منها في الولايات المتحدة (ارتفاعًا من 23%) والصين (ارتفاعًا من 30%) وكجزء من هذه الزيادة، فإن التوسع المتوقع في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح سيكون بشكل أكبر، حيث سيتضاعف خلال العقد إلى 47% بحلول عام 2030 في أوروبا (مقابل 25% في عام 2020)، و32% في الولايات المتحدة (ارتفاعًا من 12%)، و 24 % في الصين (ارتفاعًا من 11%). كما يبين الشكل (15).

الشكل (15):
مزيج توليد الطاقة في أوروبا الغربية
(10^3 جيغاواط ساعة)



المصدر: S&P Global Commodity Insights (2022).

3. التوقعات على المدى البعيد (2022–2050)

1.3- التوقعات حسب سيناريوهات وكالة الطاقة الدولية (IEA)

في 27 أكتوبر 2022، نشرت وكالة الطاقة الدولية (IEA) توقعاتها للطاقة العالمية 2022 (WEO 2022). وفق سيناريوهين يعتمدان أساسًا على سياسة الحكومة، وهما: سيناريو السياسات المعلنة (STEPS) وسيناريو التعهدات المعلنة (APS).

وسيناريو ثالث وهو – سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية بحلول عام 2050 (NZE) – والذي يحدد المسار المطلوب لتحقيق متوسط درجات الحرارة العالمية إلى 1.5 درجة مئوية بحلول عام 2030. ولا يستند هذا السيناريو على أي التزامات تتعلق بالسياسة وهو أكثر توضيحًا.

يرسم هذا التقرير مسارًا للخروج من أزمة الطاقة من خلال تحويل نظام الطاقة للحد من ظاهرة الاحتباس الحراري إلى 1.5 درجة مئوية. لتحقيق ذلك، يجب أن ينتهي عصر الوقود الأحفوري بسرعة وأن يحل محله أو ويستبدل بعصر الطاقة النظيفة والكفاءة، مما يتطلب تحولًا كليًا في مشهد الاستثمار في الطاقة.

وفيما يتعلق بالتوقعات الطلب على الطاقة، يمكن أن نميز في هذه الفقرة ما بين الطلب على الطاقة الأحفورية والطلب على مصادر الطاقة المتجددة.

إن توقعات وكالة الطاقة الدولية بخصوص الطلب على الطاقة الأحفورية من شأنه أن يرتفع بنسب متفاوتة. **فالنفط**، سيرتفع الطلب عليه بنسبة 0.8% سنويًا حتى عام 2030، ولكنه يبلغ ذروته بعد فترة وجيزة عند حوالي 102.4 مليون برميل يوميًا ثم يظل مستقرًا تقريبًا، عند هذا المستوى، حتى عام 2050.

أما **الغاز الطبيعي**، فإن ارتفاع أسعار الطاقة، والمخاوف المتزايدة بشأن أمن الطاقة والسياسات المناخية المعززة تضع حداً لعقد من التقدم السريع للغاز الطبيعي. وسيتباطأ نمو الطلب السنوي عليه إلى 0.4% من الآن إلى عام 2030.

وبالنسبة **للفحم** سيشهد ارتفاعًا مؤقتًا في الطلب عليه في بعض المناطق من قطاعي الطاقة والصناعة استجابةً للزيادات في أسعار الغاز الطبيعي، لكن الجهود المبذولة لتقليل الانبعاثات سرعان ما أدت إلى تراجع الفحم مرة أخرى، حيث أنهى العقد بانخفاض الطلب بنسبة 9% عن عام 2010.

وبالنسبة لتوقعات **الطلب العالمي على مصادر الطاقات المتجددة**، ستكتسب الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، على وجه الخصوص، على أكبر مساحة بين جميع

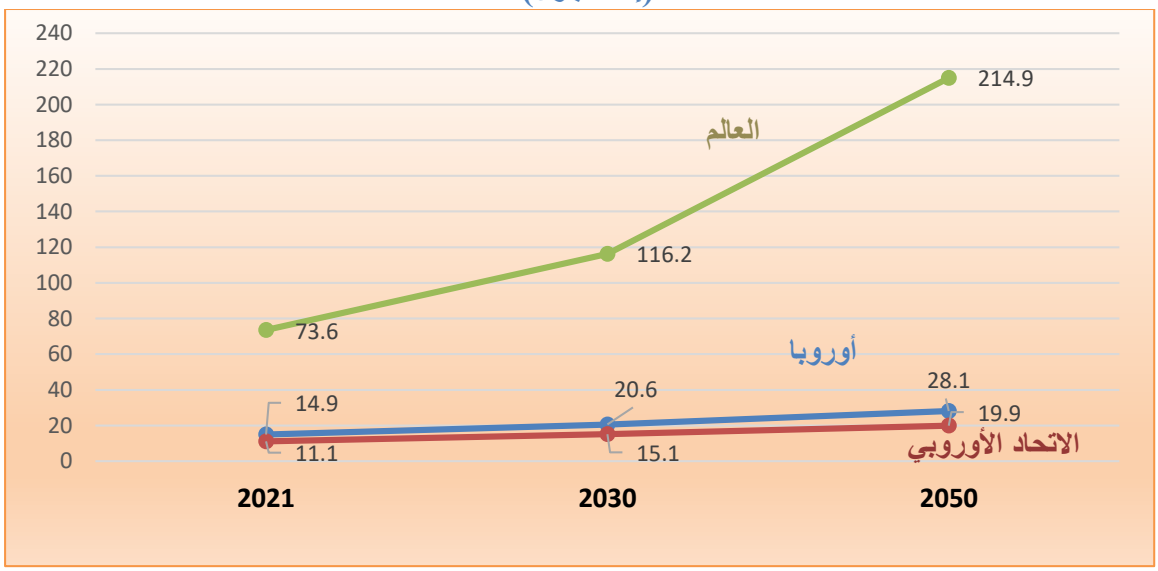
مصادر الطاقة خلال العقد، حيث ستمثل 43% من إنتاج الكهرباء العالمي في عام 2030، مقارنة بـ 28% في الوقت الحاضر.

وفيما يتعلق بالطاقات المتجددة حسب المنطقة، الاتحاد الأوروبي (وأوروبا) في هذه الحالة، ومع مراعاة السيناريوهات المتاحة، سيتم تحليل الطلب عليها وفقًا لسيناريوهين، وهما:

- **سيناريو السياسات المعلنة (Scenario Stated Policies - STEPS)**

بالنسبة للاتحاد الأوروبي، من المتوقع أن ترتفع حصة الطاقات المتجددة من 11.1 إكساجول (EJ) في عام 2021 إلى 19.9 إكساجول في عام 2050. وبالنسبة لأوروبا، سترتفع من 14.9 إكساجول في عام 2021 لتصل إلى 28.1 إكساجول خلال ذات الفترة. كما يبين الشكل (16).

الشكل (16):
سيناريو السياسات المعلنة (Scenario Stated Policies)
(إكساجول)*



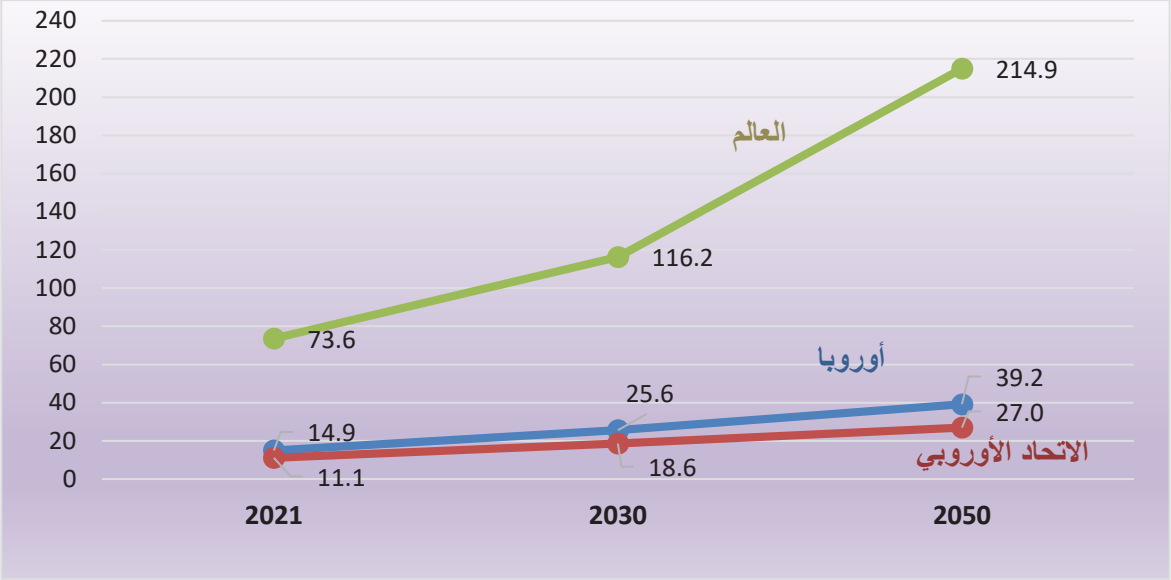
المصدر: IEA, World Energy Outlook 2022

(*) 1 إكساجول (EJ = Exajoule) يعادل 163.4558 مليون برميل من النفط المكافئ (mmboe)

- **سيناريو التعهدات المعلنة (Announced Pledges Scenario - APS)**

من المتوقع أن يرتفع الطلب على الطاقات المتجددة من 11.1 إكساجول في عام 2021 إلى 27 إكساجول في عام 2050. بينما على مستوى أوروبا، ستشهد زيادة من 14.9 إكساجول في عام 2021 إلى 39.2 إكساجول في عام 2050. كما يبين الشكل (17).

الشكل (17):
سيناريو التعهدات المعلنة (Announced Pledges Scenario)
(إكساجول)



المصدر: IEA, World Energy Outlook 2022

2.3- التوقعات حسب سيناريوهات منظمة "أوبك" (OPEC)

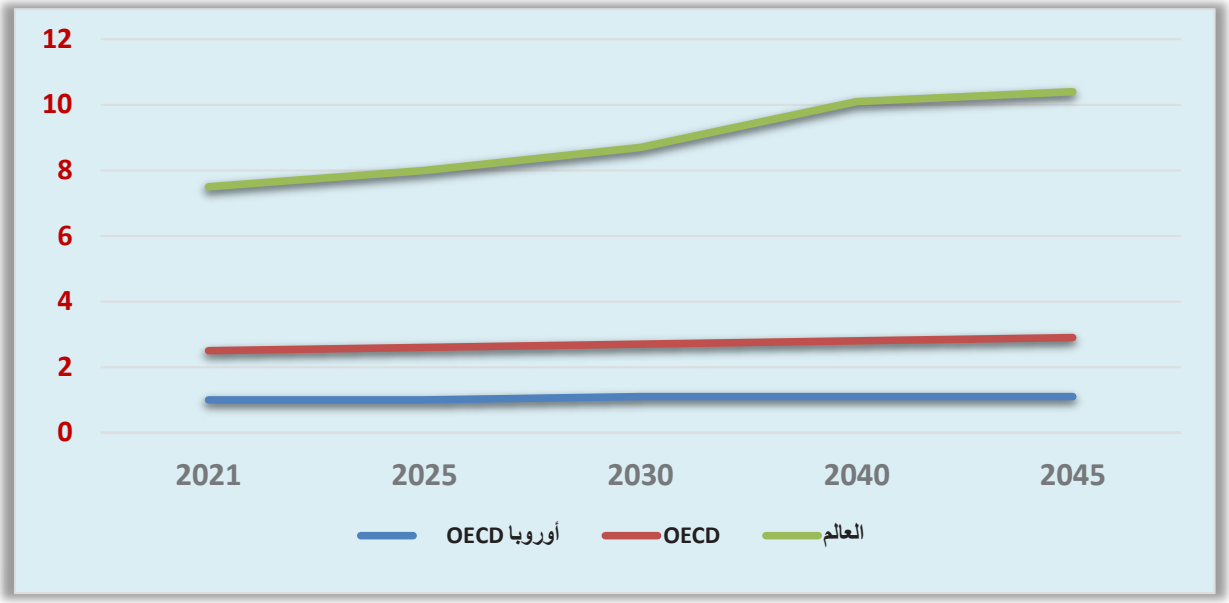
- الطلب على الطاقة الكهرومائية (Hydropower)

حسب توقعات منظمة أوبك، يتوقع بالنسبة لمنطقة "منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا" أن تبقى الطاقة الكهرومائية عند مستوياتها المسجلة في 2021 وهي 1.0 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم إلى غاية 2030. وبعدها يتوقع أن ترتفع إلى 1.1 مليون برميل مكافئ في اليوم في عام 2045، أي بمعدل نمو طفيف قدره 0.1 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم خلال الفترة 2021-2045. أما في منطقة منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، لا يتوقع أي نمو كبير حيث تم استكشاف معظم إمكانات الطاقة الكهرومائية ومن المتوقع أن يرتفع الطلب في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية من مستويات عام 2021 وهي 2.5 مليون برميل مكافئ في اليوم إلى 2.9 مليون برميل مكافئ يوميًا في عام 2045، بزيادة قدرها 0.7% سنويًا. ومن المحتمل أن تذهب معظم الاستثمارات نحو استعادة الأداء وتحديث الأسطول القديم حيثما أمكن ذلك.

أما على الصعيد العالمي، من المتوقع أن ينمو الطلب على الطاقة الكهرومائية بنسبة متواضعة نسبيا تبلغ 1.4% سنويًا خلال فترة التوقعات. ويبلغ الطلب المتوقع 10.4 مليون

برميل نفط مكافئ في اليوم في عام 2045 مرتفعاً بعدما كان 7.5 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم في عام 2021. ومن الملاحظ أنه قبل الجائحة، تم تسجيل تباطأ في الاستثمارات في مجال الطاقة الكهرومائية لصالح مصادر الطاقة المتجددة الأخرى، وتفاقم ذلك بسبب تأخير البناء لمشاريع الطاقة الكهرومائية خلال فترة الجائحة. كما يوضع الشكل (18) والجدول (8) في الملحق.

الشكل (18):
الطلب على الطاقة الكهرومائية حسب منطقة "منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا" 2021-2045 (%)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook 2022

- **الطلب على الكتلة الحيوية (Biomass)**

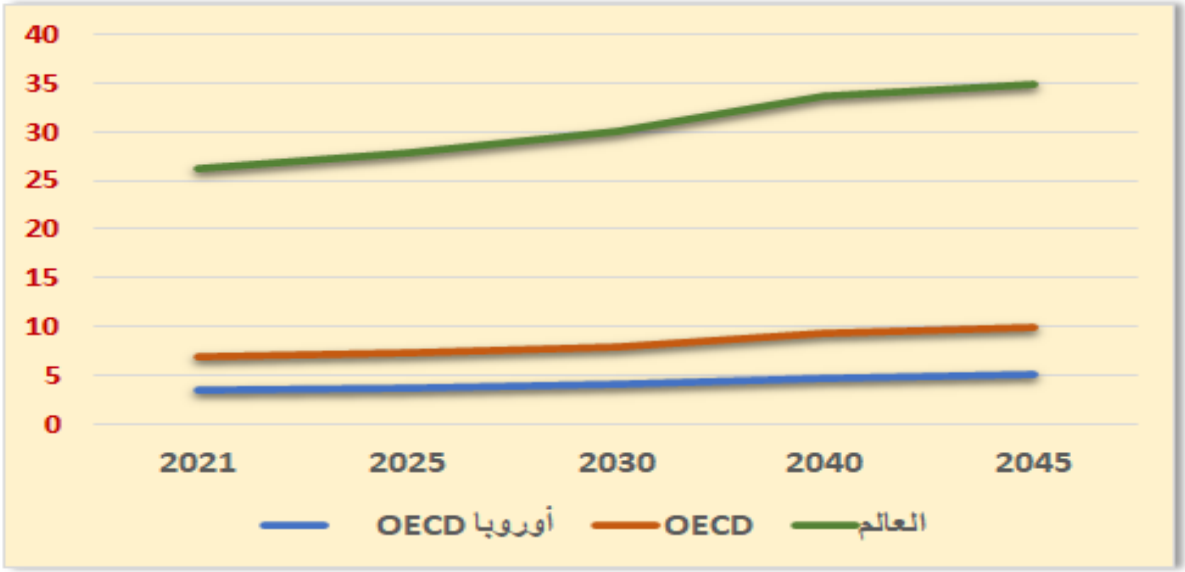
بالنسبة لمنطقة "منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا"، من المتوقع أن يزداد الطلب على الكتلة الحيوية بمقدار 1.7 مليون برميل مكافئ في اليوم ليصل إلى 5 مليون برميل مكافئ في اليوم في عام 2045. ويشمل إنتاج الوقود الحيوي، وقود الطيران الاصطناعي[34]، Synthetic Aviation Fuel باختصار (SAF).

[34] وقود الطيران المستدام "ساف"، المعروف باسم SAF أو أيضا e-Fuel. للإشارة، فان المفوضية الأوروبية أصدرت، في يوليو 2021، اقتراحها بشأن ReFuelEU، وهي أول لائحة للاتحاد الأوروبي تنص على مزج وقود الطيران المستدام (SAF) في المطارات الأوروبية.

علاوة على ذلك، من المتوقع أن يتم استخدام الكتلة الحيوية بشكل متزايد لإنتاج الغاز الحيوي (biogas) الذي سيحل بالتالي جزئيًا محل الغاز الطبيعي. في إطار تصنيف التمويل المستدام للاتحاد الأوروبي أو ما يطلق عليه EU's sustainable finance taxonomy – وهو نظام يحدد الأنشطة الاقتصادية والاستثمارات التي يمكن تصنيفها على أنها خضراء – تم تضمين الكتلة الحيوية والطاقة الحيوية وتم تصنيفهما على هذا النحو. ومن شأن ذلك أن يشجع على مزيد من الاستثمارات في هذا القطاع، يذكر أن إدراج الكتلة الحيوية في مخطط التصنيف قد أدى إلى معارضة العديد من البلدان بسبب المخاوف المتزايدة بشأن الآثار البيئية مثل إزالة الغابات، فضلاً عن الانبعاثات غير المحسوبة على طول سلسلة القيمة.

وعلى المستوى العالمي، فمن المتوقع أن يزداد الطلب على الكتلة الحيوية من 26.2 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم في عام 2021 إلى ما يقرب من 35 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم في عام 2045، أي بزيادة قدرها 8.6 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم خلال فترة التوقعات. ويأتي النمو في الغالب من الاستخدام المتقدم للكتلة الحيوية لإنتاج الوقود الحيوي والغاز الحيوي، وكذلك في توليد الطاقة. وفي الوقت نفسه، من المتوقع أن ينخفض الاستخدام التقليدي للكتلة الحيوية . كما يوضح الشكل (19) والجدول (9) في الملحق.

الشكل (19):
الطلب على الكتلة الحيوية حسب منطقة
"منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا" 2021-2045
(%)



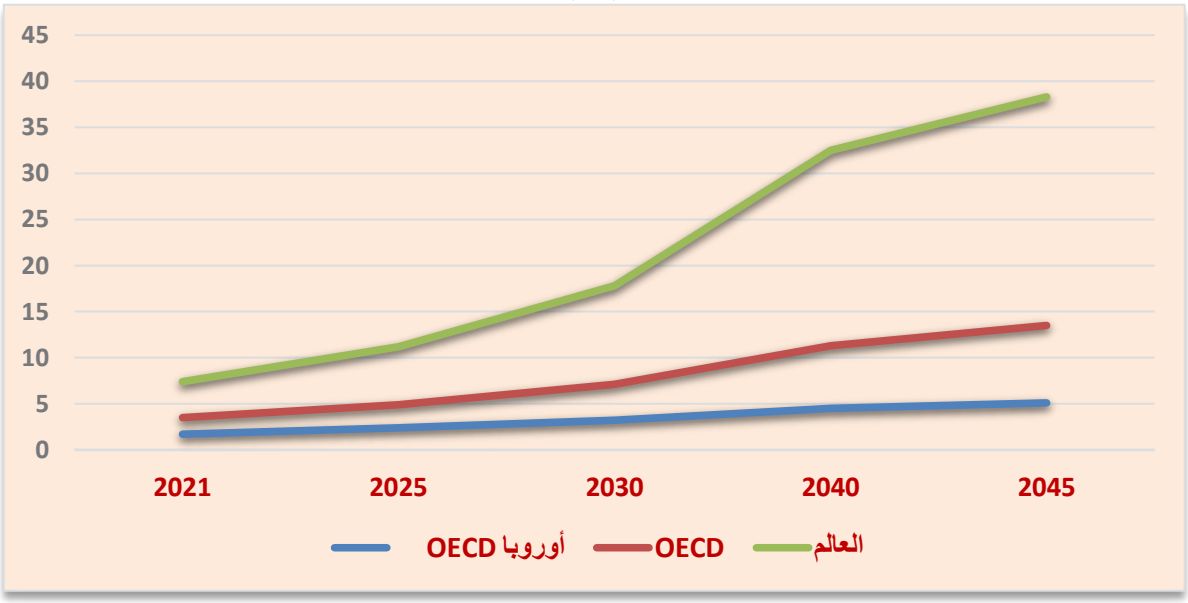
المصدر: OPEC, World Oil Outlook 2022

- **الطلب على مصادر "الطاقة المتجددة الأخرى" (Other Renewables)**

أما بالنسبة لمصادر "الطاقة المتجددة الأخرى" التي تشتمل على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية والمد والجزر، حسب منطقة "منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا"، من المتوقع أن تشهد نمواً ملموساً، حيث سترتفع من 1.7 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم في 2021 إلى 5.1 مليون برميل مكافئ في اليوم في عام 2045، أي بنمو قدره 3.4 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم خلال الفترة 2021-2045. كما يوضح الشكل (20) والجدول (10) في الملحق.

الشكل (20):

الطلب على الطاقة المتجددة الأخرى حسب منطقة "منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا" 2021-2045 (%)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook 2022

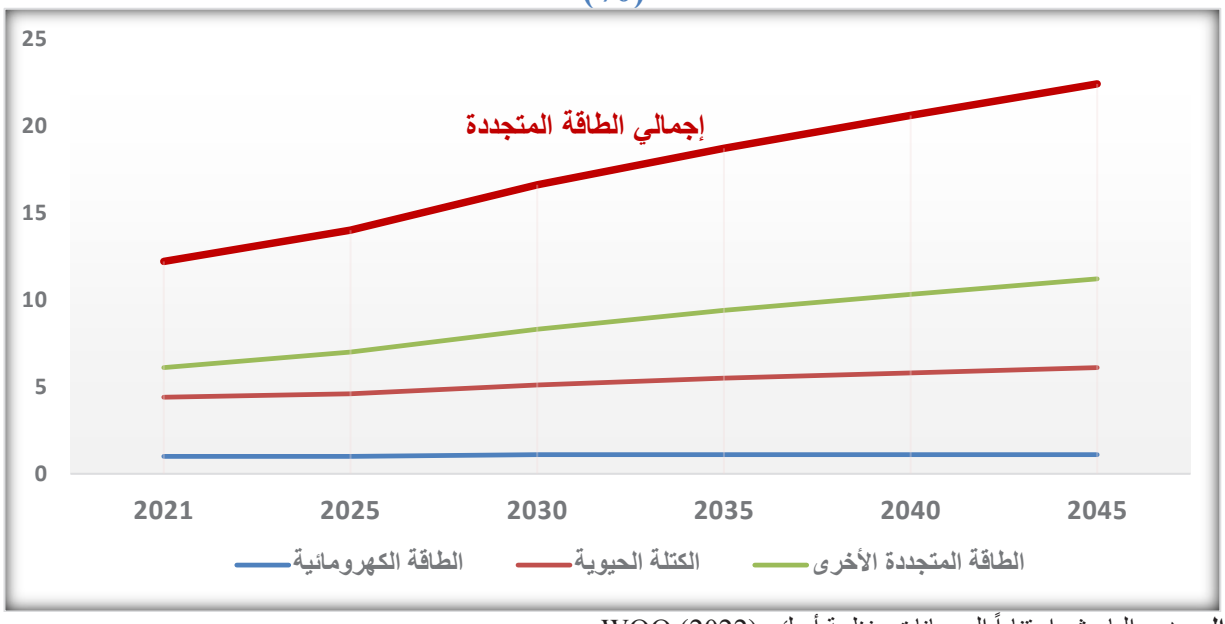
ويوضح الجدول (10) في الملحق التوقعات طويلة الأجل لمصادر "الطاقة المتجددة الأخرى" حسب منطقة منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وعلى المستوى العالمي. ومن المتوقع أن ينمو الطلب في جميع مناطق مجموعة OECD، حيث من المتوقع أن تضيف منطقة منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية حوالي 10 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم، مدعومة بسياسات الطاقة وأهداف خفض الانبعاثات.

أما على الصعيد العالمي، فمن المتوقع أن يزداد الطلب على مصادر "الطاقة المتجددة الأخرى" وتسجل ارتفاعا لتصل إلى 38.3 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم في عام 2045، مقارنة بـ 7.4 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم في عام 2021، أي بمتوسط معدل نمو سنوي يبلغ 7.1% خلال فترة التوقعات.

وبالتالي، فمن المتوقع أن مصادر "الطاقة المتجددة" حسب منطقة "منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا"، ستسجل ارتفاعًا من 6.1 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم في عام 2021 إلى 11.2 مليون برميل مكافئ في اليوم في عام 2045، أي بنمو قدره 5.2 مليون برميل نفط مكافئ في اليوم من 2021-2045. كما يوضح الشكل (21).

الشكل (21):

الطلب على الطاقة المتجددة حسب منطقة "منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا" 2021-2045 (%)



المصدر: الباحث، استناداً إلى بيانات منظمة أوبك، WOO (2022).

3.3- التوقعات حسب سيناريوهات "إكسون موبيل" (ExxonMobil)

يتوقع تقرير آفاق الطاقة لعام 2022 لشركة إكسون موبيل (ExxonMobil) أن الطلب العالمي على الطاقة سيرتفع بنسبة 15% حتى عام 2050 مقارنة بالمستوى الحالي. وعلى الرغم من أن البلدان المتقدمة ستصبح أكثر كفاءة، إلاّ إن البلدان النامية، التي تمثل 80% من

سكان العالم، ستستخدم الطاقة بشكل أكثر في سعيها لتحقيق مستويات معيشية أفضل. كما أنه، ستوقع أن يحصل الكثيرون على طاقة موثوقة وبأسعار معقولة ولأول مرة.

وعلى مستوى العالم، من بين التوقعات الرئيسية الأخرى، التي خلُص إليها التقرير، نذكر ما يلي:

- تظل جميع مصادر الطاقة ضرورية حتى عام 2050، حتى في سيناريوهات صافي الإنبعاثات الصفرية المستقلة. وتشير التوقعات على المدى البعيد أن النفط والغاز الطبيعي سيشكلان 55 % من مزيج الطاقة العالمي في عام 2050، مع حلول مصادر الطاقة المتجددة في الغالب محل الفحم. كما يتوقع أن يرتفع الطلب على الغاز الطبيعي، إلى حد كبير للمساعدة في تلبية الاحتياجات المتزايدة للكهرباء وخفض انبعاثات الحرارة الصناعية.

- يتوقع أن يرتفع الطلب على طاقة النقل بنسبة 30% حيث ستستخدم وسائل النقل التجارية، مثل الشاحنات والسفن والطائرات، المزيد من النفط، وفي المقابل ستستخدم مركبات الركاب الخفيفة كميات أقل من النفط كونها ستصبح أكثر كفاءة، كما تكتسب المركبات الكهربائية حصة في السوق.

- من المتوقع أن ينمو الطلب على الكهرباء بنسبة تزيد عن 70%، مع انخفاض في توليد الطاقة باستخدام الفحم وزيادة التوليد من مصادر أخرى، بما في ذلك الغاز الطبيعي والطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة النووية.

أما على مستوى أوروبا، ولا سيما فيما يتعلق بمصادر الطاقات المتجددة، فقد تم تصنيفها في قسمين رئيسيين، هما الطاقة الحيوية والطاقات المتجددة.

فيما يخص الطاقة الحيوية، يتوقع أن تشهد ارتفاعا من 8.8 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية (qBTU[35]) في 2021 إلى 11.9 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2050 أي بتغير قدره 35 % خلال الفترة المشار إليها. أما فيما يتعلق بالطاقات المتجددة، يتوقع أن

[35] واحد كوادريليون يساوي 10^{15} وحدة حرارية بريطانية ويساوي 1.055 10^{18} جول.

ترتفع من 1.9 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية إلى 7.7 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2050، أي بنسبة تغيير قدرها 310%.

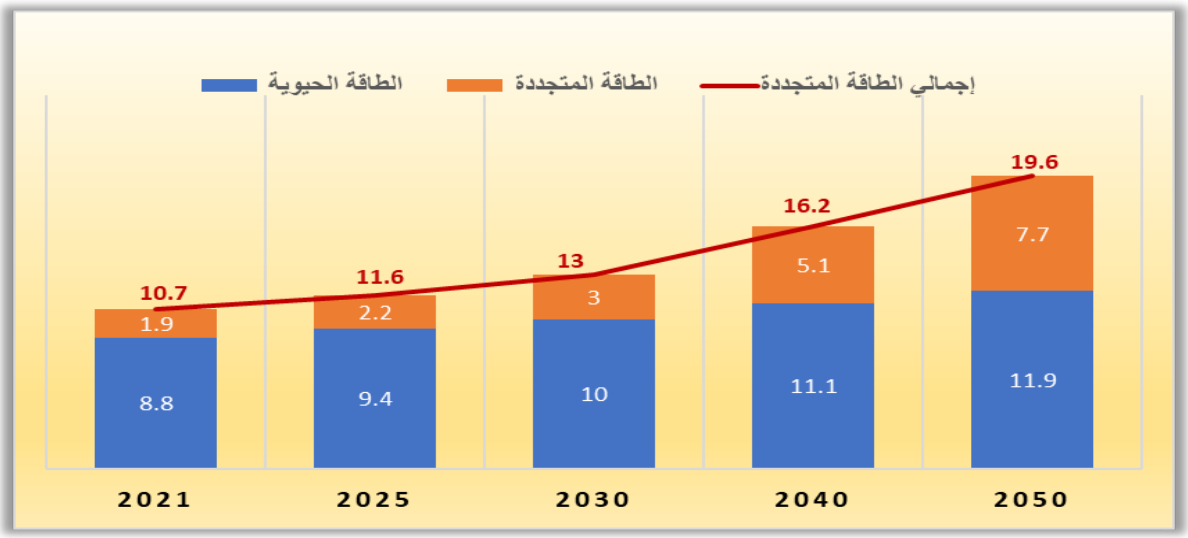
ومن بين الطاقات المتجددة التي ستشهد زيادة ملحوظة، ما يلي :

أولاً، الطاقة الشمسية التي يتوقع أن تشهد زيادة من 0.1 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية فقط في عام 2021 إلى 1.6 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2050، أي بنسبة تغيير قدرها 2481%.

ثانيًا، يتوقع أن تشهد طاقة الرياح أيضًا زيادة كبيرة من 0.1 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية فقط في عام 2021 إلى 1.0 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2050، كما يتوقع أن تشهد مصادر الطاقة المتجددة الأخرى، مثل الوقود الحيوي والطاقة الحرارية الأرضية، زيادات كبيرة بنسبة 322% و 85% على التوالي.

بذلك يتوقع أن يشهد إجمالي مصادر الطاقات المتجددة ارتفاعاً من 10.7 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية في 2021 إلى 19.6 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2050 وهذا ما يمثل نسبة تغير 83% ما بين عامي 2021 و2050. كما يبين الشكل (22).

الشكل (22):
توقعات الطلب على مصادر الطاقة المتجددة حسب سيناريوهات إكسون موبيل
(qBTU)



المصدر: الباحث، استناداً إلى بيانات اكسون موبيل، ExxonMobil (2022).

4.3- التوقعات حسب سيناريوهات "إكوينور" (Equinor)

يشير تقرير آفاق الطاقة لعام 2022، الذي أعدته شركة "إكوينور"، حول التطورات طويلة الأجل في أسواق الطاقة العالمية، إلى كيف يمكن للسياسات المنتهجة والتكنولوجيات المطبقة وأداء الشركات وسلوك المستهلكين التأثير على تمكين انتقال الطاقة. ومع أخذ ذلك في الاعتبار، يشير التقرير أيضا إلى أنه "يجب إرساء الثقة والتعاون وتقاسم الأعباء" لوضع العالم على المسار الصحيح لمواجهة تحديات الاستدامة طويلة الأجل بطريقة متوازنة. كما يؤكد التقرير أن هذا سيستغرق وقتًا وليس مضمونًا بأي حال من الأحوال، لا سيما في ظل التطورات الجيوسياسية التي تشهدها الكثير من مناطق العالم.

ويقدم التقرير سيناريوهين متميزين للاقتصاد العالمي، وأسواق الطاقة الدولية وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري المتعلقة بالطاقة، وهما سيناريو "الجدران" أو Walls و "الجسور" أو Bridges، اللذان يمثلان مسارين مختلفين للغاية لنظام الطاقة العالمي حتى عام 2050.

ونظرًا لأن السيناريوهات توضح مسارات مستقبلية مختلفة تمامًا، فإنها تهدف إلى تسليط الضوء على التحديات التي يجب التغلب عليها للانتقال من "التغييرات البطيئة المتزايدة" التي تميز انتقال الطاقة اليوم - كما هو موضح في سيناريو Walls – إلى "التغييرات" اللازمة لنقل العالم إلى مسار يتماشى مع طموح 1.5 درجة مئوية لاتفاقية باريس، كما يوضح ذلك سيناريو الجسور.

وبحسب سيناريو الجدران، يتوقع أن تتحسن كثافة استخدام الطاقة في الاقتصاد العالمي بنسبة 2% سنويًا بين عامي 2020 و2050، وهو "أعلى بكثير" من متوسط 1.2% سنويًا للفترة 1990 – 2019، مدفوعة بتركيز قوي على كفاءة الطاقة. ويتوقع أن تحقق بعض المناطق تحسينات أعلى من المتوسط: فالاتحاد الأوروبي وأجزاء من آسيا يتوقع أن تخفض كثافة طاقتها ما بين 2.5 % و3 % سنويًا.

وبحسب سيناريو الجسور "Bridges"، يتوقع أن تتحسن كثافة استخدام الطاقة في الاقتصاد العالمي بمتوسط 3.1 % سنويًا بين عامي 2020 و2050، حيث تقدم جميع المناطق

مساهمات كبيرة بفضل التكنولوجيات التي تجعل ذلك ممكنًا ولكنها تتطلب دعمًا سياسيًا كبيرًا ومستدامًا وتمويلًا ضخماً لتصبح حقيقة واقعية.

وبحسب منظور شركة Equinor فإن الطاقات المتجددة تشمل كل من طاقة الرياح، الطاقة الشمسية الكهروضوئية، الطاقة الشمسية المركزة، المد والجزر، الطاقة الحرارية الأرضية، بينما الأخرى تشمل كل من الكتلة الحيوية، الطاقة المتجددة الجديدة والحرارة.

وبحسب سيناريو "الجدران" أو "Walls"، سيرتفع الطلب على مصادر الطاقة المتجددة الجديدة في الاتحاد الأوروبي من 54 مليون طن مكافئ في 2019 إلى 216 مليون طن مكافئ في عام 2050، ما يمثل معدل نمو سنوي مركب 4.6% خلال الفترة المشار إليها. كما يوضح الجدول (4).

الجدول (4):
الطلب على مصادر الطاقة المتجددة الجديدة حسب سيناريو "الجدران"
(مليون طن مكافئ)

	2019	2030	2040	2050	معدل النمو السنوي المركب (2050-2019)
الاتحاد الأوروبي	54	116	173	216	%4.6
أوروبا الأخرى	25	45	59	70	%3.3
العالم	330	937	1,837	2,630	%6.9
الاتحاد الأوروبي/العالم (%)	%16	%12	%9	%8	

المصدر: حسابات الباحث، استناداً إلى سيناريوهات وبيانات شركة أكوينور، Energy Prespectives 2022.

وحسب سيناريو "الجسور" أو "Bridges"، سيرتفع الطلب على مصادر الطاقة المتجددة الجديدة في الاتحاد الأوروبي بشكل أسرع من سيناريو "الجدران"، حيث يصل إلى 375 مليون طن مكافئ خلال الفترة الممتدة من عام 2019 إلى عام 2050. أي بزيادة قدرها 159 مليون طن مكافئ، ما يمثل 7% من الطلب العالمي في عام 2050 و معدل نمو 6.4% خلال الفترة المشار إليها. كما يوضح الجدول (5).

الجدول (5):
الطلب على مصادر الطاقة المتجددة الجديدة حسب سيناريو "الجسور"
(مليون طن مكافئ)

	2019	2030	2040	2050	معدل النمو السنوي المركب (2050-2019)
الاتحاد الأوروبي	54	158	300	375	%6.4
أوروبا الأخرى	25	67	116	130	%5.4
العالم	330	1,695	3,928	5,395	%9.4
الاتحاد الأوروبي /العالم (%)	%16	%9	%8	%7	

المصدر: حسابات الباحث، استناداً إلى سيناريوهات وبيانات شركة أكوينور، Energy Prespectives 2022.

أما بالنسبة للطلب على مصادر الطاقة المتجددة ككل، وبحسب سيناريو "Walls"، سيرتفع الطلب عليها من 23% في 2030 إلى 38% في عام 2050، ما يمثل فارق النقاط المئوية 15% خلال الفترة (2030 – 2050). كما يوضح الجدول (6).

الجدول (6):
الطلب على مجموع مصادر الطاقة المتجددة حسب سيناريو "الجدران"
(%)

	2019	2030	2040	2050	فارق النقاط المئوية (2050-2030)
الكتلة الحيوية	%10	%12	%13	%11	%1
الطاقة الكهرومائية	%2	%2	%3	%3	%1
مجموع الكتلة الحيوية والطاقة الكهرومائية	%12	%14	%16	%14	%2
الطاقة المتجددة الجديدة	%4	%9	%16	%24	%20
إجمالي مصادر الطاقة المتجددة*	%16	%23	%32	%38	%15

المصدر: حسابات الباحث، استناداً إلى سيناريوهات وبيانات شركة أكوينور، Energy Prespectives 2022. *أرقام مقرَّبة

أما حسب السيناريو الثاني، "الجسور" أو "Bridges"، بالنسبة للطلب على مصادر الطاقة المتجددة ككل، سيرتفع الطلب عليها من 30% في 2030 إلى 74% في عام 2050. وهذا ما يمثل فارق النقاط المئوية 44% في ظرف 20 سنة (انظر الجدول أدناه). هذا السيناريو يعتبر جد متفاءل ويتمثل في تسريع ادخال الطاقة المتجددة وفق التوجيهات الاتحاد الأوروبي الأخيرة والتي تبناها في مايو 2022 على أثر الحرب الحالية. كما يوضح الجدول (7).

الجدول (7):
الطلب على مجموع مصادر الطاقة المتجددة حسب سيناريو "الجسور" (%)

	2019	2030	2040	2050	فارق النقاط المئوية (2050-2030)
الكتلة الحيوية	%10	%14	%15	%15	%1
الطاقة الكهرومائية	%2	%2	%3	%4	%2
مجموع الكتلة الحيوية والطاقة الكهرومائية	%12	%16	%18	%19	%3
الطاقة المتجددة الجديدة	%4	%13	%32	%54	%41
إجمالي مصادر الطاقة المتجددة*	%16	%30	%50	%74	%44

المصدر: حسابات الباحث، استناداً إلى سيناريوهات وبيانات شركة أكوينور، Energy Prespectives 2022. *أرقام مقرَّبة

الفصل الثالث: مقارنة النتائج للآفاق المستقبلية للطلب على مصادر الطاقات المتجددة

من الواضح أن قطاع الطاقة العالمي قد شهد تغيرات سريعة في السنوات الأخيرة، وعلى وجه الخصوص منذ بداية عام 2022، حيث أدت الأزمة الروسية الأوكرانية إلى زيادة الطلب الأوروبي على كل أنواع الطاقة.

وفي الوقت نفسه، تعمل التطورات التكنولوجية على زيادة كفاءة الطاقة، وخفض التكاليف، وجعل المزيد من موارد الطاقة غير التقليدية مجدية اقتصاديًا. وتؤدي النتائج إلى تغيير الاتجاهات العالمية بسرعة في إنتاج الطاقة واستهلاكها وتدفقات تجارة الطاقة.

وتقوم العديد من المنظمات الدولية، مثل وكالة الطاقة الدولية (IEA)، ومنظمة البلدان المصدرة للنفط "أوبك" (OPEC)، وإدارة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA) وشركات الطاقة الدولية (مثل BP، ExxonMobil، TotalEnergies، Equinor، Shell) وبشكل سنوي إعداد تقارير لتوقعات الطاقة العالمية على المدى المتوسط والبعيد. وتقوم كل منظمة بوضع افتراضاتها النموذجية واستخدام قواعد البيانات التاريخية الخاصة بها.

ونظرًا للدور المهم الذي تلعبه هذه التوقعات في صياغة القرارات من قبل اللاعبين في السوق الطاقة وواضعي السياسات، فإن الطريقة المتسقة لعرض المعلومات من هذه التوقعات تعتبر ذات أهمية وقيمة كبيرة. ومع ذلك، تستخدم كل منظمة منهجيات وافتراضات مختلفة، والمقارنة بين وجهات النظر المختلفة ليست واضحة على الإطلاق.

ولأبراز هذه الاختلافات، سيتم تسليط الضوء على هذا الجانب الذي يتعلق بالتوقعات لمختلف السيناريوهات التي تم الإشارة إليها في هذا الجزء.

من خلال مراجعة التقارير الصادرة عن هذه المنظمات والشركات الدولية للنفط والغاز المختلفة، يلاحظ أنه هناك عدة أنواع من الاختلافات والفروق، لاسيما من حيث وحدات القياس المستخدمة ومن حيث المفاهيم والتعاريف والتصنيفات المتعلقة بالطاقات المتجددة.

وتنتج السيناريوهات المختلفة وافتراضات النمذجة تباينًا واضحًا بين وجهات النظر، مما يسمح للمحللين والاقتصاديين بنظرة واسعة لتوقعات مستقبل الطاقة العالمي.

ومع ذلك، فإن النظرة المستقبلية لها أيضًا اختلافات منهجية مهمة، والتي يمكن أن تعقد أكثر المقارنات المباشرة، بين سيناريو وآخر، وتقلل من القدرة على استخلاص واستيعاب الدروس. ومن بين الاختلافات الرئيسية التي يمكن الإشارة إليها، على سبيل المثال، ما يلي:

- تستخدم الآفاق المستقبلية والتوقعات وحدات طاقة مختلفة بالنسبة للطاقة الأولية، على سبيل المثال: كوادريليون وحدة حرارية بريطانية (qBTU) أو مليون طن من مكافئ النفط (mtoe) أو مليون برميل من النفط المكافئ (mboe) أو إكساجول (exajoule). وهنا من اللازم القيام بتوحيد جميع الوحدات واجراء التحويلات الى وحدة معينة، ولتجنب التناقضات المحتملة في التحويل، استخدامنا النسب المئوية بدلاً من الاعتماد على طريقة للتحويل إلى نفس وحدة القياس وهذا بسبب أن كل جهة لديها طرقها المعتمدة في التحويل من وحدة لأخرى.
- هناك اختلاف آخر يتعلق بمقارنة محتوى الطاقة للوقود الأحفوري (النفط، الغاز الطبيعي والفحم) والوقود غير الأحفوري. وحيث أن محتوى الطاقة الأولية للوقود الأحفوري مفهوم جيدًا نسبيًا ومتشابه في جميع وجهات النظر، إلاَ أن الوقود غير الأحفوري يتم إهدار جزء كبير من تلك الطاقة المتجسدة كحرارة أثناء الاحتراق. ونظرا لأن الوقود غير الأحفوري – مثل الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية – لا يولد كميات كبيرة من الحرارة المهدرة، فمن الصعب تحديد مقياس قابل للمقارنة للطاقة الأولية، وتتخذ التوقعات أساليب مختلفة. حيث يتم الحفاظ على الطاقة أثناء التحول، ولكن الطاقة المفيدة (المستردة للاستخدام المقصود) أقل من الطاقة المستهلكة. عادة ما يتحلل الباقي في شكل حرارة.
- تستخدم التوقعات افتراضات مختلفة فيما يخص محتوى الطاقة للوقود الأحفوري.
- تختلف التوقعات في افتراضاتها فيما يتعلق بكفاءة التحويل إلى الطاقة الأولية لمصادر الطاقة غير القابلة للاحتراق (مثل الطاقة النووية والطاقات المتجددة).
- تختلف التوقعات فيما إذا كانت تشمل مصادر الطاقة غير المسوقة، وخاصة الكتلة الحيوية التقليدية.
- تختلف التوقعات في تصنيفها لمصادر الطاقات المتجددة واستعمال مصطلحات جديدة (على سبيل المثال، الطاقة الشمسية المركَّزة، الطاقة المتجددة الجديدة، ...، SAF).

- تستخدم التوقعات بيانات أساسية تاريخية مختلفة، على سبيل المثال، منظمة أوبك لا تعتمد على بيانات وإحصائيات وكالة الطاقة الدولية، عكس بعض الشركات الدولية للنفط والغاز التي تقوم باستعمال هذه البيانات كسلسلة تاريخية من أجل استعمالها في الاسقاطات والتوقعات.
- تختلف التوقعات في تصنيفها للمجموعات أو التجمعات الإقليمية للبلدان. على سبيل المثال، بالنسبة لهذه الدراسة الخاصة بأوروبا، يلاحظ أنه هناك عدة تسميات للبلدان الأوروبية. حيث لدينا مجموعات مختلفة من الاتحاد الأوروبي، منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا، أوروبا، أوروبا الغربية.
- وتشمل الاختلافات الأخرى في التوقعات المستقبلية التصنيفات المختلفة للوقود السائل والطاقات المتجددة. حيث فيما يخص هذه الأخيرة، لوحظ اختلافات في التصنيفات وحتى في استعمال مصطلحات جديدة.

والجدول (8) يبين بعض الاختلافات الرئيسية بين كل جهة من الجهات التي تمت الإشارة إليها.

الجدول (8):

بعض الأمثلة على الإختلافات في وحدات القياس والتعاريف المستعملة للطاقات المتجددة

#	المنظمة	وحدات القياس	مصادر الطاقات المتجددة
1	وكالة الطاقة الدولية (IEA)	- الطاقة: exajoules (EJ) - النفط: mboe/d - الغاز: bcm	- مصادر الطاقة المتجددة: تشمل الطاقة الحيوية، الطاقة الحرارية الأرضية، الطاقة الكهرومائية، الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV)، الطاقة الشمسية المركزة (CSP)، طاقة الرياح والطاقة البحرية (المد والجزر) لتوليد الكهرباء والحرارة.
2	أوبك (OPEC)	mboe/d	- في تقرير أوبك، الطاقة المتجددة: الطاقة الكهرومائية، الكتلة الحيوية، الطاقة المتجددة الأخرى. - مصادر الطاقة المتجددة الأخرى: تضم عدد من مصادر الطاقة، بما في ذلك الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الأرضية والمد والجزر.
3	إكسون موبيل (ExxonMobil)	qBTU	- الطاقة الحيوية: الكتلة الحيوية/النفايات+الطاقة المائية. - مصادر الطاقة المتجددة: طاقة الرياح، الطاقة الشمسية، الوقود الحيوي، الطاقة المائية والطاقة الحرارية الأرضية.
4	إكوينور (Equinor)	mtoe	-مصادر الطاقة المتجددة الجديدة: تشمل طاقة الرياح، الطاقة الشمسية الكهروضوئية، الطاقة الشمسية المركزة، المد والجزر، الطاقة الحرارية الأرضية. - أخرى: تشمل الكتلة الحيوية، الطاقة المتجددة الجديدة والحرارة.

المصدر: الآفاق المستقبلية والتوقعات للمنظمات والشركات الدولية المشار إليها في هذا الجدول.

الجزء الرابع: التأثيرات المحتملة على أسواق النفط وعلى الدول الأعضاء في منظمة أوابك

الفصل الأول: التأثيرات المحتملة على أسواق النفط

1. التأثيرات المحتملة على أسواق النفط العالمية والأوروبية

سيتم مناقشة هذه التأثيرات وفقًا لقراءتين، القراءة الأولى هي قراءة نتائج السيناريوهات التي تم تحليلها وإصدارها من قبل مؤسسات الطاقة الدولية (منظمة أوبك، وكالة الطاقة الدولية، إلخ). والقراءة الثانية تستند إلى أحدث النصوص التشريعية التي ستدخل حيز التنفيذ في المواعيد المحددة والمقررة لها من قبل الاتحاد الأوروبي.

1.1- القراءة الأولى "نتائج السيناريوهات"

وفقًا لتقديرات السيناريوهات التي وضعتها العديد من المنظمات الدولية، فقد تم تحليل ثلاث سيناريوهات لمنظمات الدولية ومؤسسات مختلفة، حيث بحسب النتائج، سيتم تحديد حصة الطاقات المتجددة في المنطقة الأوروبية على 3 مراحل:

- المرحلة الأولى لسيناريوهات 2030 (سيناريو يشمل كل الدراسات المشار إليها)،
- المرحلة الثانية لسيناريوهات 2040 (سيناريو لا يشمل وكالة الطاقة الدولية)،
- المرحلة الثالثة لسيناريوهات 2050 (سيناريو لا يشمل أوبك بالنظر لتوقعاتها حتى 2045).

بالنسبة لسيناريوهات 2030: يلاحظ بأن نطاق التباين في حصص الطاقات المتجددة ضيق نوعًا ما ويتم حصره بين 23% (الحد الأدنى) و38% (الحد الأقصى) أي بفجوة 15 نقطة مئوية وهذا يتمثل في سيناريو إكوينور (سيناريو "الجدران") وسيناريو وكالة الطاقة الدولية (سيناريو التعهدات المعلنة). كما أن التوقعات أوبك (24%) وشركة إكوينور (23%) جد متقاربة. وبالتالي، فان الطاقة الأحفورية تبقى تستحوذ على حصة أكبر في كل التوقعات.

بالنسبة لسيناريوهات 2040: يلاحظ بأن نطاق التباين في حصص الطاقات المتجددة واسع نوعًا ما ويتم حصره بين 25% (الحد الأدنى) و50% (الحد الأقصى) أي بفجوة 25 نقطة

مئوية وهذا يتمثل في توقعات إكسون موبيل وتوقعات شركة إكوينور (سيناريو "الجسور"). وفي هذا السيناريو 2040، يلاحظ أن توقعات أوبك وشركة إكوينور (سيناريو "الجدران") متطابقة (32%). كما يمكن ابداء نفس الملاحظة السابقة، بحيث تبقى الطاقة الأحفورية – في سيناريوهات 2040 – بنسبة تفوق الطاقات المتجددة في جل التوقعات.

بالنسبة لسيناريوهات 2050: في هذا السيناريو، نطاق التباين في حصص الطاقات المتجددة واسع جدًا ويتم تحديده بين 31% (الحد الأدنى) و74% (الحد الأقصى)، أي فجوة تبلغ 43 نقطة مئوية وهذا يتمثل في توقعات شركة إكسون موبيل وتوقعات شركة إكوينور (سيناريو "الجسور"). وبالرغم من أنه، نظرياً، من شأن التشريعات التي نشرها الاتحاد الأوروبي لتحقيق أهدافه في مجال المناخ والاعتماد على الطاقات المتجددة والجديدة، من خلال "استهداف المحروقات" يبدو أن هذا الهدف لا يحظى بتوافق في كل السيناريوهات المشار إليها، خاصة تلك الصادرة عن منظمة أوبك (2045) و شركة إكسون موبيل (2050).

2.1- القراءة الثانية "النصوص التشريعية الأوروبية المتعلقة بالطاقات المتجددة"

توجيه الطاقة المتجددة هو الإطار القانوني لتطوير الطاقة المتجددة في جميع أنحاء الاتحاد الأوروبي. دخل أول توجيه للطاقة المتجددة Renewable Energy Directive – (RED) حيز التنفيذ في عام 2009 وحدد هدفًا بنسبة 20% من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة في دول الاتحاد الأوروبي بحلول عام 2020. وفي عام 2018، دخل توجيه الطاقة المتجددة المعاد صياغته (RED II) حيز التنفيذ وحدد هدفًا ملزمًا جديدًا بنسبة 32% من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة في الاتحاد الأوروبي بحلول عام 2030.

وفي سبتمبر 2022، راجع البرلمان الأوروبي التوجيه الخاص بتعزيز استخدام الطاقة المنتجة من مصادر متجددة (توجيه 11 ديسمبر 2018). وصوت البرلمان الأوروبي على بند يتم بموجبه زيادة حصة الطاقات المتجددة إلى 45% بحلول عام 2030 في الطاقة المستهلكة في الاتحاد الأوروبي. وللتذكير، في عام 2020 كانت هذه الحصة من الطاقة المتجددة في الطاقة المستهلكة داخل الاتحاد الأوروبي قد بلغت 22.1%.

تجدر الإشارة هنا إلى أن توجيه عام 2018 يضع بالفعل أهدافًا مقيدة للغاية منذ البداية وقبل إعادة النظر في زيادتها إلى 45%، كانت هذه الحصة من الطاقة المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة ستبلغ 27%. وأخيراً، احتفظ النص في وقت اعتماده بنسبة 32%. حيث في عام 2018، رفع الاتحاد الأوروبي طموحاته لمراعاة الالتزامات الناتجة عن اتفاق باريس[36].

والجدير بالذكر أيضًا أن سياسة الاتحاد الأوروبي للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري تتكون من عنصرين أساسيين: تطوير الطاقات المتجددة وتوفير الطاقة.

وفي 19 ديسمبر 2022، لم يتم التصويت من قبل دول الأعضاء الـ27 على الهدف المقترح (45%) من طرف البرلمان الأوروبي خلال المفاوضات الثلاثية (trialogue) التي جرت في ديسمبر 2022 كما كان مرتقباً. وبالتالي، بقيت حصة الطاقة المنتجة من المصادر المتجددة في إجمالي استهلاك عند نسبة 40% حتى نهاية عام 2022.

ومؤخراً في 30 مارس 2023، كما أشرنا في الجزء الثاني (الفصل الثاني)، تم تبني المجلس الأوروبي – برئاسة السويد – النص الذي يسعى إلى تعزيز نشر الطاقات المتجددة بعد توصل إلى "حل وسط" حول هدف 42.5% من الطاقات المتجددة في الاستهلاك الأوروبي بحلول عام 2030، وهو ما يقرب من مضاعفة (22% اليوم) حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة بحلول عام 2030، وهذا يمثل عنصر رئيسي في "خطة المناخ الأوروبية" الطموحة.

وباختصار، فإن الهدف المتمثل في أن حصة الطاقة المنتجة من المصادر المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي للاتحاد الأوروبي سيرتفع على الأقل الى 42.5% في عام 2030 – بعدما أيدت الدول الأعضاء هذا الهدف – الذي اقترحتها المفوضية الأوروبية والبرلمان الأوروبي في سبتمبر 2022.

[36] صادق الاتحاد الأوروبي والدول الأعضاء بالفعل على هذه الاتفاقية التي اعتمدها 196 طرفًا في ديسمبر 2015 والتي يتعهد فيها الاتحاد الأوروبي بخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة 40% بحلول عام 2030 مقارنة بمستوى عام 1990. ومع ذلك، ولتحقيق هذا الهدف، بات من الضروري – حسب الاتحاد الأوروبي – تقليل استهلاك الوقود الأحفوري (الغاز والنفط) وبالتالي زيادة حصة الطاقات المتجددة، حيث أن الاتحاد الأوروبي، في الوقت نفسه، كان مترددًا، قليلاً منذ ذلك الحين، في الاعتراف بميزات الطاقة النووية.

خلاصة القول، فإن التأثيرات المحتملة على أسواق النفط العالمية ستتضح معالمها بحلول العقد المقبل حيث من المتوقع أن حصة الطاقات المتجددة ستكون في مستويات 40% أو أكثر، حالة مراجعة ومصادقة جديدة، من المجلس الأوروبي، فيما بعد. ومن المرجح أن يصادق هذا الأخير على "هدف جديد" لحصة الطاقة المنتجة من المصادر المتجددة قد تصل الى 42.5% أو 45% بحلول عام 2030.

3.1- من أين سيأتي النفط الذي سيحتاجه العالم بحلول عام 2045؟

وفقًا لتوقعات منظمة أوبك (WOO22)، فإن الطلب العالمي على النفط سيرتفع على المدى المتوسط ثم سيبقى مستقرا تقريبا من عام 2035 حتى عام 2045، وسيصل الطلب إلى حوالي 109.8 مليون برميل/يوم في هذا الأفق مقارنة بـ 95 مليون برميل/يوم في عام 2021، وإلى نحو 109.5 مليون برميل/يوم متوقعة لعام 2035. وسيشهد إنتاج المحروقات السائلة مرحلتين متميزتين بين عامي 2021 و2045:

- **المرحلة الأولى "مرحلة النمو":** سيزداد إنتاج المحروقات السائلة بنحو 9 ملايين برميل/يوم بين عام 2021 (63.6 مليون برميل/يوم) وعام 2030 (72.4 مليون برميل/يوم).
- **المرحلة الثانية "مرحلة الانحدار":** بعدها، سينخفض إنتاج المحروقات السائلة لتصل إلى مستوى 67.5 مليون برميل يومياً عام 2045، حسب تقديرات منظمة أوبك.

وستستحوذ الولايات المتحدة على نسبة 40% من هذه الزيادة. ومن جانبها، ستوفر دول أوبك 50% من الزيادة في الإنتاج اللازمة لتلبية الطلب العالمي على النفط بين 2021 (31.6 مليون برميل/يوم) و2025-2030 (36.1 مليون برميل/يوم).

ومن بين البلدان الأخرى التي ستزيد إنتاجها من النفط نجد البرازيل وكندا وغيانا وكازاخستان وقطر من سوائل الغاز الطبيعي. كما ستتعزز هيمنة أوبك اعتبارًا من عام 2030. وبالتالي، يجب أن يزيد إنتاجها بمقدار 6.3 مليون برميل/يوم، وأن يرتفع إلى 42.4 مليون برميل/يوم في عام 2045، بينما خلال هذه السنوات الخمس عشرة (2030-2045) سيزداد الطلب العالمي على النفط بمقدار 1.4 مليون برميل/يوم، وهذا حسب نفس التقديرات. ونتيجة

لذلك، ستزيد حصة أوبك من إمدادات المحروقات السائلة العالمية من 33% بين 2021 و2035 إلى 38.6% في عام 2045، وفقًا لسيناريو WOO 2022.

وعليه، ترغب الدول الأوروبية، ولا سيما الاتحاد الأوروبي، التحّول إلى الطاقات النظيفة من خلال استهداف الهيدروجين[37] وغيره – والتخلص التدريجي من النفط وفقًا لأجندة المفوضية الأوروبية – مع التركيز بشكل خاص على الواردات من الدول العربية. وفي هذه الحالة، من سيقوم بتمويل الاستثمارات في تطوير الطاقات المتجددة والجديدة لتصديرها إلى هذه المنطقة؟ وما هي الأولويات ولأي نوع من الطاقات المتجددة والجديدة ينبغي أن تُمنح؟ ما هي آلية التسعير التي ستعكس بشكل أفضل قيمة الهيدروجين "المستورد" كجزيء أساسي لإزالة الكربون؟

[37] وفقًا لخارطة طريق "صافي الانبعاثات الصفرية بحلول عام 2050" الصادرة عن وكالة الطاقة الدولية (IEA)، فان الهيدروجين سيلعب دورًا حاسمًا في الانتقال إلى انبعاثات صفرية صافية من خلال إزالة الكربون من القطاعات التي يصعب أو غير المربحة للكهرباء. سيتعين على الاعتماد الواسع النطاق للهيدروجين في هذه القطاعات، التغلب على العديد من العقبات التقنية والاقتصادية، وهذا من العملية الإنتاجية إلى الاستخدام النهائي. كما أنه من المحتمل أن تحتاج العديد من البلدان إلى استيراد الهيدروجين لتلبية الطلب المحلي – أوروبا خاصة – وستحتاج إلى إنشاء معايير تطوير وأنظمة شهادات وأسواق لدعم تجارة الهيدروجين بكفاءة وشفافية.

الفصل الثاني: التأثيرات المحتملة على الدول الأعضاء في منظمة أوابك

في ظل حالات عدم اليقين الاقتصادي، والأزمة الروسية الأوكرانية، وقضايا تغير المناخ، والتحولات الاستراتيجية للشركات النفط والغاز، وحاجة الصناعة النفطية إلى الاستثمار لاسيما في نشاط المنبع، كيف ستحاول الدول الدول الأعضاء في أوابك أن تتهيأ وتتأقلم بشكل أفضل مع انتقال نحو الطاقات المتجددة والجديدة من خلال دعم مصادر الطاقات النظيفة نحو عالم الغد الخالي من الكربون؟

وفيما يلي نستعرض التأثيرات المحتملة على دول الأعضاء "أوابك" جراء التوجهات نحو استخدام الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي وما هي الحلول التي يمكن للدول الأعضاء في أوابك اتباعها أو الخطوات الاستباقية التي يحبذ القيام بها.

1. التأثيرات المحتملة على الدول الأعضاء في منظمة أوابك

يمكن للدول الأعضاء في أوابك التي تمتلك نحو 54% من الاحتياطيات العالمية المذكورة من النفط و 26% من الاحتياطيات العالمية المؤكدة من الغاز أن تلعب دوراً فعالاً في المشهد العالمي المتغيّر والمتسارع لأسواق الطاقة، لاسيما في وضع عالمي صعب زاد تأزماً بعد الأزمة الروسية الأوكرانية.

وتمثل الدول الست الأعضاء في مجلس التعاون الخليجي (البحرين والكويت وسلطنة عُمان وقطر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة) ودول شمال إفريقيا منطقة مهمة من وجهة نظر التجارة والاستثمار بالنسبة لأوروبا. حيث تعد منطقة دول مجلس التعاون الخليجي سادس أكبر سوق تصدير في الاتحاد الأوروبي ومصدرًا ووجهة مهمة للاستثمار بالنسبة للدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي من جهة، كما يعتبر الاتحاد الأوروبي هو الشريك التجاري الأكبر للجزائر، من جهة أخرى.

ومنذ اندلاع الأزمة الروسية الأوكرانية، أصبحت المنطقة العربية الغنية بالنفط والغاز وجهة طبيعية لأوروبا في سعيها المتزايد للحصول على موارد طاقة غير روسية، حيث زار

قادة القوى الاقتصادية للاتحاد الأوروبي (ألمانيا وفرنسا وإيطاليا) مرارًا الدول المنتجة مثل الجزائر والمملكة العربية السعودية والإمارات وقطر.

بالإضافة إلى التعاون في مجال الطاقة، يعدّ التوجه نحو النفط والغاز العربي – كبديل عن النفط والغاز الروسي – مصدرا لتقليص من اعتماد الدول الأوروبية على الغاز الروسي وتنويع مصادر إمداداتها بالطاقة.

كما يمكن أن يلعب النفط والغاز دوراً مهماً في تعزيز الشراكات الثنائية وتوسيع العلاقات بين الاتحاد الأوروبي والدول العربية المنتجة للنفط (والغاز الطبيعي) على المدى الطويل. أيضًا، يمكن تعزيز الاستثمارات في مصادر الطاقات المتجددة والهيدروجين، وإنشاء سلاسل توريد منخفضة الكربون، وشراكات بنية تحتية جديدة. يذكر أنه في ديسمبر 2022، كشف بنك الاستثمار الأوروبي (EIB) والتحالف الدولي للطاقة الشمسية مع الاتحاد الأفريقي عن دراسة حول إمكانات إفريقيا للهيدروجين الأخضر، بدعم من موريتانيا، وHyDeal وكذا UCLG Africa. ووفقًا لبنك الاستثمار الأوروبي، فإن التقرير المعنون "إمكانات الهيدروجين الأخضر غير العادية في إفريقيا" أو " Africa’s Extraordinary Green Hydrogen Potential" هي أول دراسة تفصيلية حول جدوى تطوير الهيدروجين الأخضر في القارة الإفريقية. توصلت هذه الدراسة الى ثلاث نقاط مهمة، وهي كالتالي:

- يسلط التحليل الضوء على فوائد تسخير الطاقة الشمسية لإنتاج الهيدروجين الأخضر في أربعة محاور أفريقية (موريتانيا، المغرب وجنوب إفريقيا ومصر)،
- يكون الهيدروجين مجدٍ اقتصاديًا بسعر 2 يورو/ كلغ، كما يمكن للهيدروجين الأخضر تسريع النمو الاقتصادي منخفض الكربون عبر القارة وتقليل الانبعاثات بنسبة 40%،
- يمكن لإفريقيا ضمان الوصول إلى الطاقة النظيفة والمستدامة في القارة وأن تصبح لاعبًا عالميًا في مجال الطاقة من خلال صادرات الهيدروجين الأخضر.

وفي الوقت نفسه، تميل العلاقات القوية إلى أن يكون لها عواقب على العديد من الجبهات خارج المجال الاقتصادي، بما في ذلك مشاركة أوروبية أكبر في الجغرافيا السياسية

لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. وفيما يلي نستعرض العلاقات الاقتصادية والتجارية ما بين الاتحاد الأوروبي والدول الأعضاء في منظمة أوابك بشكل موجز.

1.1- التعاون الاقتصادي والتجاري بين الاتحاد الأوروبي ودول مجلس التعاون الخليجي

تستند العلاقات بين الاتحاد الأوروبي ودول مجلس التعاون الخليجي إلى اتفاقية تعاون من عام 1988، التي تسعى إلى تحسين العلاقات التجارية والاستقرار في جزء استراتيجي من الجوار الأوروبي. كما ترسي اتفاقية تعاون حوارات منتظمة حول التعاون ما بين الاتحاد الأوروبي ودول مجلس التعاون الخليجي في قضايا التجارة والاستثمار، وشؤون الاقتصاد الكلي، وتغير المناخ، والطاقة، والبيئة.

كما أنشأت الاتفاقية مجلساً مشتركًا ولجنة التعاون المشترك، ويجتمع الجانبان على أساس سنوي لمناقشة المسائل المتعلقة بالتجارة، من بين مواضيع أخرى، داخل لجنة التعاون المشترك بين الاتحاد الأوروبي ودول مجلس التعاون الخليجي المنعقدة في الرياض أو بروكسل.

ومن المنظور التجاري، يعتبر الاتحاد الأوروبي ثاني أكبر شريك تجاري لدول مجلس التعاون الخليجي بحصة 12.3% من إجمالي تجارة السلع لدول مجلس التعاون الخليجي مع العالم في عام 2020 بعد الصين (15.8%). كما يمكن إعطاء صورة مختصرة للتجارة ما بين الاتحاد الأوروبي ودول مجلس التعاون الخليجي خلال العام 2020، حيث تبرز أهم المؤشرات التالية:

- يصنف الاتحاد الأوروبي على أنه الشريك الأول لدول مجلس التعاون الخليجي. حيث في عام 2020، كان الاتحاد الأوروبي رابع أكبر شريك تصدير لدول مجلس التعاون الخليجي، حيث ذهبت 6.9% من صادرات دول مجلس التعاون الخليجي إلى الاتحاد الأوروبي، وفي المقابل شكلت نسبة 17.8% من واردات دول مجلس التعاون الخليجي الى الاتحاد الأوروبي في عام 2020.
- بلغ إجمالي تجارة السلع بين الاتحاد الأوروبي ودول مجلس التعاون الخليجي في عام 2020، حوالي 97.1 مليار يورو. حيث بلغت قيمة واردات الاتحاد الأوروبي 29.6 مليار

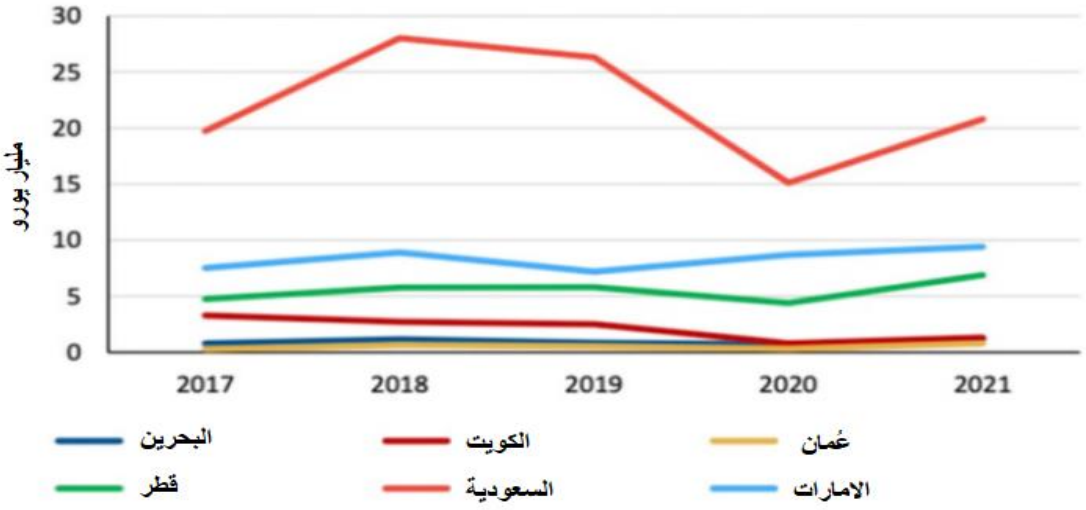
يورو، شكل الوقود ومنتجات التعدين حوالي 18.6 مليار يورو من الإجمالي، أي نسبة 62.8 %، وكذلك الكيماويات بحصة 3.4 مليار يورو أي بنسبة 11.5%. وفي المقابل، بلغ إجمالي صادرات الاتحاد الأوروبي نحو 67.5 مليار يورو، وسيطرت عليها الآلات ومعدات النقل بحصة 26.7 مليار يورو، أي بنسبة 39.6%، والمواد الكيميائية بحصة 10.4 مليار يورو، أي ما يمثل 15.4%، والزراعة والمواد الخام بحصة 8.9 مليار يورو، أي ما يمثل 13.2%.

- كما بلغت التجارة الثنائية في الخدمات بين الاتحاد الأوروبي ودول مجلس التعاون الخليجي في عام 2019 ما قيمته 51.7 مليار يورو، حيث تمثل واردات الاتحاد الأوروبي من الخدمات 18.0 مليار يورو والصادرات 33.7 مليار يورو.

ويوضح الشكلين (23) و (24) حجم المبادلات التجارية ما بين دول مجلس التعاون الخليجي والاتحاد الأوروبي الـ27 خلال الفترة الممتدة من 2017 إلى 2021.

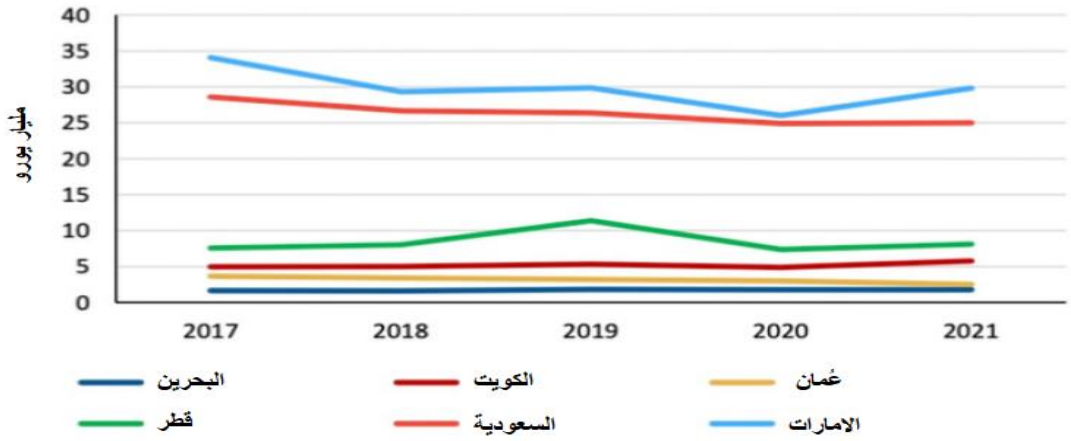
الشكل (23):

صادرات دول مجلس التعاون الخليجي إلى الاتحاد الأوروبي الـ27



المصدر: www.eeas.europa.eu

الشكل (24):
واردات دول مجلس التعاون الخليجي من الاتحاد الاتحاد الأوروبي الـ27



المصدر: www.eeas.europa.eu

الجدول (9):
تصنيفات الاتحاد الأوروبي الـ27 (EU-27) كشريك تجاري لدول مجلس التعاون الخليجي
(مليار يورو)

دول مجلس التعاون الخليجي	تصنيف EU-27 كمورد	قيمة الواردات (مليار يورو)	الواردات EU-27 كنسبة مئوية من واردات الدولة	تصنيف EU-27 كسوق تصدير	قيمة الصادرات (مليار يورو)	الواردات إلى EU-27 كنسبة مئوية من صادرات الدولة إلى جميع الشركاء
البحرين	2	1.8	12.7	4	0.50	4.1
الكويـــت	1	1.5	17.0	8	0.06	0.3
عُمان	2	2.3	10.1	18	0.23	0.6
قطـــــر	1	6.2	26.1	6	4.47	6.0
الســعودية	1	26.1	20.9	2	24.42	10.0
الإمـــارات	2	33.2	12.6	6	8.90	4.1

المصدر: www.eeas.europa.eu

2.1- التعاون الاقتصادي والتجاري بين الاتحاد الأوروبي ودول شمال إفريقيا

تخضع العلاقات التجارية بين الاتحاد الأوروبي والجزائر – احدى أكبر المتعاملين الاقتصاديين في شمال إفريقيا – إلى اتفاقية الشراكة بين الطرفين الموقعة في أبريل 2002 ودخلت حيز التنفيذ في سبتمبر 2005. وتحدد هذه الاتفاقية جميع مجالات التعاون بين

الطرفين، وقد تم إعادة تقييم الاتفاقية في عام 2015. وقد مكنت إعادة التقييم من المصادقة على أولويات الشراكة لعام 2017 .

فمن الجانب الاقتصادي، يعد دعم التحول والتنويع الاقتصادي محورًا أساسيًا للتعاون مع الجزائر، وعلى هذا النحو، يمول الاتحاد الأوروبي سلسلة من البرامج في هذا المجال. كما برز التعاون الأوروبي الجزائري لتطوير اقتصاد متنوع وتنافسي ضروري من أجل تعزيز الصادرات الجزائرية إلى السوق الأوروبية الموحدة وكذلك إلى البلدان الأخرى، إلى غيرها من محاور التعاون المشترك المتنوعة. أما فيما يخص الطاقة، فيحتل هذا القطاع مكانة مهمة في العلاقات الاقتصادية بين الطرفين. فالجزائر هي ثالث أكبر مورد للغاز الطبيعي إلى الاتحاد الأوروبي، في حين أن الاتحاد الأوروبي هو أهم سوق للغاز الجزائري. ومنذ عام 2015، سعت الشراكة الاستراتيجية بين الاتحاد الأوروبي والجزائر في مجال الطاقة إلى تعزيز الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة وتشجيع الاستثمار.

أما من الجانب التجاري، يستقبل الاتحاد الأوروبي ما يقرب من ثلثي الصادرات الجزائرية، مما يجعله الشريك التجاري الرئيسي للجزائر. ففي عام 2021، بلغت القيمة الإجمالية لتجارة جميع المنتجات بين الجزائر[38] والاتحاد الأوروبي، مبلغ 31.395 مليار يورو. وبلغت صادرات الجزائر إلى الدول السبع والعشرين الأعضاء في الاتحاد 18.747 مليار يورو وواردتها من هذه الدول في حدود 12.648 مليار يورو. وتظهر هذه الصفقات، التي تشمل مبيعات المحروقات الجزائرية إلى الاتحاد الأوروبي، فائضا تجاريا لصالح الجزائر قدره 6.099 مليار يورو.

الجدول (10):
التبادلات التجارية الاجمالية بين الجزائر والاتحاد الأوروبي لعام 2021
(مليون يورو)

	الصادرات	الواردات	الميزان التجاري
الاتحاد الأوروبي-27	12.647.806.612	18.746.853.076	6.099.046.464

المصدر: Eurostat

[38] من خلال الموقع التصفح لسفارة الجزائر في بلجيكا http://algerian-embassy.be

2. ما مدى اعتماد الاتحاد الأوروبي على الطاقة المنتجة خارجياً؟

في عام 2020، داخل الاتحاد الأوروبي، بلغ معدل التبعية[39] 58%، مما يعني أن أكثر من نصف احتياجات الاتحاد الأوروبي من الطاقة تمت تغطيتها من خلال صافي الواردات. وكان هذا المعدل إلى حد ما أقل من نظيره لعام 2019 حيث سجل 60%، ويفسر السبب في ذلك – جزئيًا – بأزمة جائحة كوفيد-19، لكنه لا يزال أعلى قليلاً من معدل 2000 أي 56%.

ويختلف معدل الاعتماد من دولة إلى أخرى داخل الدول الأعضاء، على سبيل المثال، يختلف معدل الاعتماد على الواردات من أكثر من 90% في كل من مالطا وقبرص ولوكسمبورغ بينما يصل إلى 10% فقط في إستونيا.

وفي عام 2020، كان الاتحاد الأوروبي يعتمد بشكل أساسي على روسيا في واردات النفط الخام والغاز الطبيعي والوقود الأحفوري الصلب، ثم تليها النرويج بالنسبة للنفط الخام والغاز الطبيعي. والسؤال الذي يطرح، ما مدى اعتماد الاتحاد الأوروبي على نفط الدول الأعضاء في منظمة أوابك؟

3. اعتماد الاتحاد الأوروبي وأوروبا على نفط الدول الأعضاء في منظمة أوابك

من خلال جدول صادرات النفط الخام للدول الأعضاء في منظمة أوابك نحو الدول الأوروبية التابعة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، على مدى السنوات العشر الماضية، الفترة 2012-2021، صدرت الدول العربية الست الأعضاء في منظمتي أوبك وأوابك نسبة تتراوح بين 14% و16% من إجمالي صادراتها من النفط الخام إلى البلدان المذكورة أعلاه. ففي عام 2012، بلغ إجمالي الصادرات إلى منطقة أوروبا التابعة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) من الدول العربية الست 2.858 مليون برميل يومياً بإجمالي صادرات بلغ 16.543 مليون برميل يومياً، أي بنسبة 17%. من ناحية أخرى، في عام 2021، انخفض إجمالي الصادرات إلى منطقة دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية في أوروبا للدول

[39] يشير معدل التبعية إلى مدى اعتماد الاقتصاد على الواردات لتلبية احتياجات الاتحاد الأوروبي من الطاقة. ويقاس بحصة الواردات الصافية (الواردات - الصادرات) من إجمالي استهلاك الطاقة الداخلية (أي مجموع الطاقة المنتجة وصافي الواردات).

العربية الست إلى مستوى 2.485 مليون برميل يوميًا ليصبح إجمالي الصادرات 15.249 مليون برميل يوميًا، أي بمعدل 16%.

وبحسب الوجهة فإنه يتبين من خلال الجدول (13) في الملحق، أن دول شمال إفريقيا – الجزائر وليبيا – تستحوذ على نسب التصدير الأعلى تتراوح من 37% إلى 69% بالنسبة للجزائر ومن 74% إلى 73% بالنسبة لليبيا خلال الفترة المشار إليها. وهنا يجدر الإشارة، بأن ليبيا كانت سجلت أعلى نسبة من بين الدول المبينة في الجدول خلال عامي 2013 و2014 بلغت 90%. ويمكن تفسير هذا على أن دول الشمال الافريقي، بحكم موقعها الجغرافي تعتبر الأسواق الأوروبية كأسواق تقليدية لها. كما يبرز العراق كثالث سوق للدول الأوروبية بتصديره معدل 24% خلال العشر سنوات الماضية.

أما بالنسبة لدول مجلس التعاون الخليجي، تبرز السعودية كأول مصدر نحو الدول الأوروبية التابعة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بمعدل 12% خلال الفترة 2012–2021.

كما يوضح الجدول (13) في الملحق، فان دول شمال إفريقيا – الجزائر وليبيا – قد تتأثر صادراتها مستقبلاً نحو الأسواق الأوروبية جراء التحول نحو الطاقات المتجددة التي تسعى إليه دول الاتحاد الأوروبي، بشكل خاص، وباقي الدول الأوروبية بشكل عام على المدى المتوسط والبعيد بحسب الأجندة المسطرة لتوجيهات الطاقة المتجددة في دول الاتحاد الأوروبي.

وخلال الفترة (2011 – 2021)، يمكن الملاحظة بأن حصة الصادرات النفطية لدول أوروبا – منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية نمت بـ 2% فقط لتصل إلى 2,5 مليون برميل في اليوم خلال العام الماضي مقارنة بـ 2 مليون برميل في اليوم عام 2011.

ومن أبرز الدول الست الموضحة في الجدول نجد ليبيا التي بلغت حصة صادراتها 73% عام 2021، تليها الجزائر بـ 69% ثم العراق بـ 25% .

4. تحديات انتقال الطاقة التي تواجهها الدول الأعضاء في منظمة أوابك

إن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا على وجه الخصوص غنية بالنفط وتزخر باحتياطات هائلة. وهذا مما جعلها سببا في اعتماد اقتصاداتها بشكل شبه كلي عليه. وبالتالي كانت ولازالت معرضة بشدة لتقلبات أسعار النفط الخام في الاسواق العالمية ولتناقص ريع النفط (والغاز). ومع تحديات انتقال الطاقة التي تواجهها البلدان العربية المصدرة للمحروقات، وعلى الرغم من وجود قدر كبير من عدم اليقين بشأن السرعة التي سيحدث بها ذلك الانتقال – على المدى المتوسط والبعيد – فان هذا سيكون له تأثيرا على هذه الاقتصاديات التي بنيت على النفط، خاصة خلال الفترات التي تشهد انخفاض في أسعاره.

5. القضايا والتحديات التي تواجهها الدول الأعضاء في منظمة أوابك في ظل المستجدات المناخية الجديدة

من بين أهم القضايا والتحديات التي يمكن أن تواجهها الدول الأعضاء في منظمة أوابك في ظل المستجدات المناخية الجديدة، يمكن ذكر البعض منها باختصار في النقاط التالية:

1)- يعد الانتقال إلى أنظمة الطاقة القائمة على مصادر الطاقة المتجددة حلاً واعدًا لتحقيق هدفين في آن واحد: تلبية الطلب الداخلي المتزايد على الطاقة وتغيير و/أو تقليل الاعتماد على عائدات الوقود الأحفوري.

2)- عدم وجود استراتيجيات متكاملة تتضمن رؤى مستقبلية واضحة لانتقال الطاقات المتجددة في الدول العربية (باستثناء بعض التوجهات الأخيرة لبعض الدول) يمكن أن يعرض شركات النفط الوطنية (NOCs) بتأخير "الانتقال التدريجي" نحو الطاقات البديلة، في ظل التوجه نحو عالم خال من الكربون، مما قد يؤثر على هذه الشركات في الحفاظ على مكانتها على المدى الطويل في أسواق الطاقة العالمية.

3)- تشجيع الاستثمارات في الصناعات التحويلية والتنويع الاقتصادي – كمرحلة انتقالية – أصبح ضروريا لتحقيق الأمن الاقتصادي والاستدامة، كما أنه يساعد على التخفيف من "الاعتماد" على النفط (والغاز) ضمن إصلاحات هيكلية عميقة بغرض "التكيف" الذي يجب على هذه البلدان تنفيذه.

4)- الاستفادة من عائدات النفط، في ظل ارتفاع أسعار الطاقة، يمثل فرصة للدول الأعضاء لتنويع الاقتصادات من أجل الخروج، أخيرا، من "النموذج أحادي التصدير" السائد حـالياً، وتحويل أو تخصيص حصة من العائدات النفطية لاستثمارها في الطاقات المتجددة و الطاقات الجديدة.

وكنتيجة شبه حتمية لهذا الانتقال نحو مصادر الطاقة الأخرى، صار لِزاماً على الدول العربية المصدرة "التقليدية" للنفط والغاز الاستثمار في الطاقات الأخرى التي تزخر بها المنطقة العربية. كما أن الظروف الحالية، التي أدت إلى ارتفاع أسعار الطاقة (النفط والغاز)، تمكن البلدان المصدرة للنفط، أن تستفيد من هذه المستويات المرتفعة من الأسعار في توجيه جزء أو نسبة من العائدات نحو مشاريع الطاقة المتجددة.

الخلاصة والتوصيات

1- الخلاصـــة

تم من خلال الدراسة استخلاص جملة من الاستنتاجات حول الطاقات المتجددة ومستقبلها في أوروبا، وبشكل أكثر دقة في دول الاتحاد الأوروبي. ويمكن تلخيص ما تناولته الدراسة في أهم النقاط التالية:

- فيما يتعلق بسياسة الطاقة في الاتحاد الأوروبي:

- منذ نهاية الحرب العالمية الثانية، كانت الطاقة موضوعًا مهمًا للقارة الأوروبية واحدى الركائز الأساسية في عملية توحيدها السياسي.
- قطعت أوروبا أشواطاً طويلة طيلة مسيرة أمتدت لأكثر من 70 سنة، تجاوزت خلالها عدة أزمات؛ ويمكن تقسيم تاريخ تشكيل الاتحاد الأوروبي وتكامله إلى ثلاث مراحل تتعلق بالمناهج الأوروبية للطاقة: أولها، كان التركيز على أمن الطاقة؛ ثانيها، منذ نهاية الثمانينيات، تم الاهتمام بشأن المنافسة الحرة والعادلة في سوق الطاقة الداخلية؛ وأخيرًا ثالثها، منذ منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، حيث أضحى التركيز على سياسة الاستدامة والمناخ.
- طوال عقود من الزمن، كانت أوروبا تحرص دائمًا على مسألة أمن إمدادات الطاقة، من خلال تحقيق التوازن بين ثلاثة عوامل (The Energy Trilemma) وهي: أمن الإمدادات، القدرة التنافسية، البيئة وقضايا المناخ.
- تعتبر قضايا الطاقة عنصراً رئيسياً في العمل الخارجي الأوروبي، فهي تقع في صميم القضايا الرئيسية، منها "دبلوماسية الطاقة" و القضايا الاقتصادية والبيئية.
- إن مشروع الطاقة الأوروبي له بُعد مزدوج: داخلي وآخر خارجي. فالشق الداخلي، يتعلق مباشرة بالمسائل والسياسات داخل دول الأعضاء في الاتحاد، في حين أن الشق الخارجي، يتعلق بتوحيد شركائها لاسيما فيما يتعلق بمتابعة سياسات الاتحاد الأوروبي للطاقة والمناخ.

- فيما يتعلق بالتوجهات نحو استخدام الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي:

- كان الاتحاد الأوروبي يسعى إلى أن يكون رائداً عالمياً في مواجهة تحدي تغير المناخ: وهو اليوم في طليعة القوى العالمية – مقارنة بالولايات المتحدة الأمريكية، كندا، اليابان، الهند والصين – فيما يخص سياسات انتقال الطاقة. ورغم الأزمات التي مرت بها أوروبا تسعى الدول الأعضاء على أن تظل "متفقة ومتحدة" وأن تتكلم "بصوت واحد" في المحافيل الدولية وتولي من خلال ذلك اهتمامها بالمناخ.
- وفقًا للمادة 194 من معاهدة عمل الاتحاد الأوروبي، يعد تعزيز الطاقات المتجددة أحد أهداف سياسة الطاقة في دول الاتحاد. ومن أجل تحقيق هذا الهدف، تم تبني توجيه الطاقة المتجددة (Renewable Energy Directive) منذ عام 2001. وتشكل زيادة استخدام الطاقة المنتجة من مصادر متجددة، عنصرًا مهمًا في مجموعة التدابير المطلوبة لتقليل الانبعاثات الكربونية والامتثال لالتزامات الاتحاد الأوروبي.
- بالنسبة للاتحاد الأوروبي، يبدو أن هدف الانتقال إلى الطاقات المتجددة والطاقات النظيفة الأخرى أصبح الآن لا رجعة فيه ومن المحتمل أن يتسارع في ظل الأزمة الروسية الأوكرانية.
- منذ بداية الأزمة الروسية الأوكرانية، اتخذ الاتحاد الأوروبي سلسلة من العقوبات والقرارات والتوجيهات لوضع حد لاعتماده على النفط والغاز الروسي وتسريع انتقال الطاقة من خلال التركيز أكثر على الطاقات المتجددة، خاصة من خلال أهداف "الصفقة الخضراء الأوروبية". كما تم تصميم خطة "REPowerEU" لإنهاء الاعتماد على النفط والغاز الروسي ووفقًا لهذه "الخطة" يتم التركيز على ثلاث أو أربع ركائز أساسية وهي: توفير الطاقة، (سواء الغاز أو الكهرباء)؛ تنويع مصادر إمدادات الطاقة؛ تسريع تطوير الطاقات المتجددة؛ وأيضًا التمويل.
- تعتبر مسألة أمن الطاقة – بالنسبة للاتحاد الأوروبي – مرادفًا لأمن الإمدادات وينطوي على سياسة تقليل الاعتماد على الإمدادات الخارجية (الروسية). كما تنص الإستراتيجية الأوروبية لأمن الطاقة، التي قدمتها المفوضية في عام 2014، بوضوح على أن "ازدهار وأمن الاتحاد الأوروبي يعتمدان على وفرة إمدادات طاقة وبشكل مستدام".

حيث استمرت قضايا سيادة الطاقة وأمنها، المرتبطة بالوضع الجيوسياسي، في الهيمنة على الأجندة الأوروبية منذ بداية الأزمة الحالية في فبراير 2022.

- حققت دول الاتحاد الأوروبي، باستثناء دولة عضو واحدة، الأهداف التي حددتها لنفسها، حيث سجلت نسبة 22.1% من الطاقة المتجددة في مزيج استهلاكها النهائي من الطاقة في عام 2020، ومع ذلك، فإن هذا النجاح يخفي مواقف وطنية متباينة من دولة لأخرى. ومن بين الدوافع المساعدة على ذلك، انخفاض تكلفة التكنولوجيات وضرورة تقليص انبعاثات غازات الدفيئة.
- تحقيق هدف 22.1% من الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي زاد من طموحات المفوضية الأوروبية وثقتها في الطاقة المتجددة (مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية)، حيث اقترحت المفوضية برفع هذه النسبة إلى أكثر من الضعف (45% على الأقل بحلول عام 2030) بدلاً من الهدف 40% الذي أقره مجلس الاتحاد الأوروبي في يونيو 2022.
- تم في ديسمبر 2022، في اجتماع خاص لمجلس الاتحاد الأوروبي بشأن أزمة الطاقة، الحفاظ على هدف 40% من الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة بحلول عام 2030، على الرغم من دعوات المفوضية الأوروبية لزيادة هذا الهدف، في ضوء الأزمة الروسية الأوكرانية.
- ومؤخراً، في 30 مارس 2023، توصل مفاوضو البرلمان الأوروبي ومجلس الاتحاد الأوروبي إلى "اتفاق سياسي مؤقت" يهدف إلى زيادة حصة الطاقات المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة في الاتحاد الأوروبي إلى 42.5% بحلول عام 2030. ووُصف هذا الاتفاق، بأنه "تاريخي" حيث يمثل نقطة تحول لأوروبا في مكافحة تغير المناخ. كما يمكن لدول الأعضاء التي تختار القيام بذلك أن تكمل هذا الهدف بـ "زيادة إضافية بنسبة 2.5% من شأنها أن تسمح بالوصول إلى 45%".
- بالنسبة للاتحاد الأوروبي، الذي يواجه مشاكل متعددة، ضمن أمور أخرى، تغير المناخ، تلوث الهواء، المخاطر الجيوسياسية، تقلبات و/أو ارتفاع أسعار الطاقة، أصبحت الطاقات المتجددة واحدة من الحلول التي لا يمكن الاستغناء عنها. ومما ساعد في ذلك،

الانخفاض المستمر في التكاليف الذي سيجعلها قادرة بالفعل على المنافسة في أجزاء كثيرة من أوروبا.

- فيما يتعلق بالآفاق المستقبلية للطلب على الطاقات المتجددة في الاتحاد الأوروبي:

- إذا كانت الدراسات الاستشرافية للطاقة بحلول عام 2050 تتيح تحليل لاتجاهات الاستهلاك وتسمح بمقارنة السيناريوهات المختلفة، يجب أن تجعل هذه السيناريوهات من الممكن معالجة أمن الإمدادات الطاقوية لأوروبا ولتحقيق هدفها المتمثل في الطاقة منخفضة الكربون بحلول عام 2050. إذ لا يمكن تصور ذلك عمليا دون الأخذ في الاعتبار الوقود الأحفوري الذي لا يزال يشكل النفط والغاز، بشكل أساسي، الأغلبية، في مزيج الطاقة الأوروبي.
- تقدم الدراسة مساهمة وقراءة حول النصوص التشريعية الأوروبية المتعلقة بالطاقات المتجددة والأهداف المسطرة لها بحلول عام 2030 وعام 2050 من خلال إبراز استراتيجية "الصفقة الخضراء الأوروبية" من جهة، كما تقدم أيضًا التوقعات المستقبلية حول الطاقات المتجددة من خلال السيناريوهات المقدمة من طرف المنظمات والشركات الدولية العاملة في هذا القطاع، من جهة أخرى.
- يلاحظ تباين في سيناريوهات التوقعات المستقبلية للطلب الأوروبي على الطاقات المتجددة بين المنظمات والشركات الدولية الكبرى المعنية بإعداد التقارير السنوية حول توقعات الطاقة العالمية.
- بمقارنة التوقعات المستقبلية للطلب الأوروبي على الطاقات المتجددة حسب السيناريوهات أو البدائل المرجعية لمنظمة أوبك من جهة، ووكالة الطاقة الدولية وشركات الدولية الكبرى، مثل إكسون موبيل وإكوينور، من جهة أخرى خلال العقود المقبلة، يلاحظ أن توقعات الطلب الأوروبي على هذه الطاقات أخذت كلها اتجاهاً تصاعدياً، وهذا ما يتماشى مع الفرضيات التي أخذت بعين الاعتبار السياسات المعلنة من طرف الاتحاد الأوروبي، لا سيما حزمة "Fit for 55" وخطة REPowerEU.
- كما يلاحظ بأن نطاق التباين يكون ضيق نوعًا ما بالنسبة لسيناريوهات 2030، حيث كل توقعات تكون متقاربة، ماعدا توقعات "إكسون موبيل" التي تتوخى الحذر في

توقعاتها، حيث تسجل في مختلف السيناريوهات أقل نسبة. ويلاحظ أيضا بأن نطاق التباين في حصص الطاقات المتجددة يأخذ في التباعد كلما ابتعدنا عن البيانات التاريخية أو الأساسية. وهذا ما يلاحظ في سيناريوهات 2040 وسيناريوهات 2050.

- من خلال هذه التوقعات المستقبلية، يلاحظ بأن النفط سيبقى يغذي اقتصاديات دول الاتحاد الأوروبي وسيظل جزءًا أساسيًا من نظام الطاقة للقارة الأوروبية – حسب جل التوقعات والآفاق المستقبلية لعام 2050 – بالرغم من وجود عدد متزايد من البلدان داخل الاتحاد الأوروبي تدعوا "لتقليل استخدامه" أو "الاستغناء عنه تمامًا".
- إن الهدف من ابراز هذه التوقعات المستقبلية حول الطاقات المتجددة هو إثارة نقاش منطقي بين المفاهيم المتنافسة حول "الإستراتيجية الصحيحة" لاستعمال صنف من الطاقة على حساب آخر، أو بصيغة أدق، حول الجدل القائم في كيفية الانتقال من نظام طاقوي لآخر أي من الطاقات الأحفورية إلى الطاقات المتجددة النظيفة. وعليه يمكن أن تكون هذه السيناريوهات كدافع أو حافز للدول الأعضاء في المنظمة لتنويع اقتصاداتها.

- فيما يتعلق بالتأثيرات المحتملة على الأسواق النفطية:

- إن التأثيرات المحتملة على أسواق النفط العالمية ستتضح معالمها بشكل واضح في السنوات المقبلة، حيث من المتوقع أن حصة الطاقات المتجددة ستزيد عن نطاق يتراوح بين مستويات 42.5% و 45%. ويتضح ذلك من خلال الأهداف الجديدة لتوجيه الطاقة المتجددة التي تم التوصل إليها لمضاعفة حصة الطاقة المتجددة بحلول عام 2030.
- وعليه، فإن الاتحاد الأوروبي يسير بالفعل في "المسار الصحيح" حيث أن حصة مصادر الطاقة المتجددة، "في ظل الظروف الحالية"، في طريقها للوصول إلى 45% بحلول عام 2030، أو حتى 50% "في حالة زيادة الدعم المقدَّم من الدول الأعضاء".
- منذ اندلاع الأزمة الروسية الأوكرانية، أصبحت المنطقة العربية الغنية بالنفط والغاز "وجهة طبيعية" لأوروبا في سعيها المتزايد للحصول على موارد طاقة بديلة عن

روسيا، ويمكن للدول العربية استغلال هذا الظرف في التعاون في مجال الطاقة (بما فيها النفط والغاز) وتعزيز الشراكات الثنائية وتوسيع العلاقات بين الاتحاد الأوروبي.

- فيما يخص تصدير النفط للأسواق الأوروبية، فان الجزائر وليبيا تستحوذ على نسب التصدير الأعلى خلال الفترة الممتدة بين 2012 – 2021، ويمكن تفسير هذا على أن دول الشمال الافريقي، بحكم موقعها الجغرافي تعتبر "الأسواق التقليدية" لأوروبا. ولهذا فان هذه الدول قد تتأثر صادراتها مستقبلاً نحو الأسواق الأوروبية جراء التحول نحو الطاقات المتجددة التي تسعى إليه دول الاتحاد الأوروبي.
- يمثل اتجاه أوروبا إلى تعويض واردات الطاقة الروسية فرصة للدول الأعضاء المصدرة للنفط لتكسب حصصًا جديدة، وفي ذات الوقت يحمل في طياته مخاوف تأجيل و/أو الاستغناء عن البرامج أو السياسات التنويع الاقتصادي لاسيما الاستثمار في الطاقات البديلة.

2- التـوصيـات:

من أهم التوصيات التي خرجت بها الدراسة، بما يلي:

أولاً: على مستوى الشركات النفطية:

- فتح وجهات جديدة لصادرات النفط الدول الأعضاء من خارج دول الاتحاد الأوروبي، ومن بين الوجهات أســواق دول إفريقيا التي يتوقع تزايد احتياجاتها المســتقبلية من النفط.
- أصبح يُنظر إلى النفط بشكل مغاير في الوقت الحاضر، خاصة من قبل المنظمات غير الحكومية التي لازالت تواصل حملاتها بالضغط على حكوماتها من أجل منع أي مشروع للتنقيب عن النفط (الغاز) في مناطق مختلفة من العالم والتدخل في السياسات النفطية. وفي عصر انتقال الطاقة، قامت بعض شركات النفط (الدولية والوطنية) وغيرها من المؤسسات العاملة في القطاع بتغيير أسمائها عن طريق استبدال مصطلح "النفط" بمصطلح "الطاقة" وهذا لتوضيح تحولها نحو الطاقات المتجددة، دون التخلّي عن النفط. ويعتبر تغيير اسم الشركة ميزة للإشارة بشكل أفضل إلى استراتيجية

جديدة تركز على كفاءة الطاقة والتكنولوجيا الصديقة للبيئة (مثل التقاط وتخزين ثاني أكسيد الكربون). وتعتبر هذه خطوة إيجابية يمكن تشجيعها والعمل بمثل هذه المبادرات.

ثانياً: على مستوى الدول الأعضاء في منظمة (أوابك):

- إن دول الأعضاء بحاجة اليوم – أكثر من أي وقت مضى – إلى مزيد من التنسيق والتشاور للحفاظ على مصالحها. لذلك صار لزاما إعطاء أهمية أكثر للتنسيق ولاستمرار التعاون بين دول أوابك من خلال منظمة أوبك وكذا مع الدول المنتجة للنفط في إطارمجموعة "أوبك+" لضمان تحقيق التوازن والاستقرار في أسواق النفط العالمية، كلما دعت الحاجة إلى ذلك، وما سينعكس بشكل إيجابي على العائدات النفطية للدول الأعضاء، التي تُعد المحرك الرئيسي لاقتصاداتها.
- يتعين على الدول الأعضاء تفعيل **"دبلوماسية الطاقة"** – ضمن أدوات السياسة الخارجية – والتي تتمثل في إقامة حوار والحفاظ عليه مع الشركاء في البلدان والمناطق التي يحتمل أن تكون "وجهة استراتيجية بديلة" لتصدير (النفط والغاز) في الوقت الحاضر و(الطاقات البديلة والهيدروجين) في المستقبل.
- إعادة توجيه العلاقات، لاسيما تلك المرتبطة بقطاع الطاقة، بين الدول الأعضاء والاتحاد الأوروبي نحو الشراكة والاستدامة مبنية على الحوار الجاد الذي يخدم مصالح الطرفين من خلال **"حوار الطاقة"**، وتوحيد الجهود لإيجاد الحلول المناسبة. وهذا يعني أنه يجب على الدول الأعضاء والاتحاد الأوروبي العمل بانسجام لتكييف الطريقة التي يتفاعلون بها مع قضايا الطاقة – وإعادة النظر في مسألة "الاستغناء" عن النفط مستقبلاً (من خلال التشريعات والسياسات والآليات والاستراتيجيات المتعلقة بالتوجُّهات نحو استخدام الطاقات المتجددة).
- على المستوى الوطني، الحرص على أهمية رفع مستوى الوعي المجتمعي في كل دولة حول قضايا الطاقة من أجل الاندماج في سياسة الطاقة الفعالة. مما سيسمح بتخفيض استهلاك الطاقة والحفاظ عليها، تقليل الانبعاثات الكربونية، وبالتالي توفير الطاقة على المستوى الوطن.

- أهمية العمل على تنويع الاقتصاد من خلال الاستثمارات المباشرة لتطوير مشاريع الطاقات المتجددة وكذا البنية التحتية المتعلقة حسب رؤية واستراتيجية كل دولة.
- تبني سياسات واضحة ومتكاملة لانتقال نحو الطاقات المتجددة التي يمكن من خلالها لهذا القطاع أن يساهم في توفير الوظائف والموارد المستدامة وكذا توفير فرص التدريب المهني للشباب.

وختاماً، يتطلب من الدول الأعضاء في المنظمة تكثيف العمل على إعداد إحصاءات دقيقة ومفصلة وموثوقة للطاقة بكل أنواعها مما يجعل من الممكن متابعة وضع أسواق الطاقة على المستويين الإقليمي والعالمي. وهذا ما يساعد في إعداد توقعات الطاقة على المستويين (الإقليمي والعالمي) واعداد دراسات استشرافية على غرار وبنفس المستوى الذي تقوم به بعض المنظمات الدولية في هذا المجال.

الملاحق والجداول الإحصائية

أولاً: الملاحـــق

الملحق (1)
أهم التواريخ البارزة في إنشاء الاتحاد الأوروبي



من عام 1950 إلى اليوم، تميز تاريخ الاتحاد الأوروبي بالعديد من الأحداث التي ساهمت في إنشائه وتطويره[40]. وفيما يلي أهم التواريخ البارزة في إنشاء هذا الاتحاد:

- **9 مايو 1950:** وزير الخارجية الفرنسي **روبرت شومان** يقدم خطة لتعميق التعاون. في وقت لاحق، يتم الاحتفال في 9 مايو من كل عام "بيوم أوروبا"[41].
- **18 أبريل 1951:** بناءً على خطة شومان، وقعت ست دول على معاهدة لإدارة صناعاتها الثقيلة - الفحم والصلب - تحت إدارة مشتركة. حيث وقعت بلجيكا وألمانيا وفرنسا وإيطاليا ولوكسمبورغ وهولندا على معاهدة إنشاء الجماعة الأوروبية للفحم والصلب (ECSC) التي تم من خلالها إنشاء سوق مشتركة للموارد المعدنية للفحم والصلب.

وبعد مرور فترة 50 عامًا، انتهت صلاحية المعاهدة في عام 2002 وتم نقل الصناعات المعنية إلى نطاق المعاهدة المؤسسة للجماعة الاقتصادية الأوروبية (EEC Treaty) والمعاهدات الخاصة بالاتحاد الأوروبي.

- **25 مارس 1957:** بناءً على نجاح معاهدة الفحم والصلب، وسعت الدول الست تعاونها ليشمل قطاعات اقتصادية أخرى. وقعوا على معاهدة روما، وأنشأوا المجموعة الاقتصادية الأوروبية (EEC)، أو "السوق المشتركة". الفكرة هي أن يتحرك الأشخاص والسلع والخدمات بكل حرية عبر الحدود.
- **1 يوليه 1968:** قامت الدول الست بإلغاء الرسوم الجمركية على البضائع المستوردة من بعضها البعض، مما يسمح بالتجارة "الحرة عبر الحدود" لأول مرة. كما أنه تم تطبيق نفس الرسوم على وارداتهم من الدول الخارجية. ولدت أكبر مجموعة تجارية في العالم. خلال هذه الفترة، كانت التجارة بين الدول الست وبين الاتحاد الأوروبي وبقية العالم تنمو بسرعة.
- **1 يناير 1973:** من عام 1958 إلى عام 1972، انتقلت أوروبا من الستة إلى تسعة شركاء، مع انضمام أيرلندا والمملكة المتحدة والدنمارك في عام 1973.وكان لانضمام الدنمارك وأيرلندا والمملكة المتحدة

[40] تعود بوادر انشاء أوروبا الى عام 1942، حين وضع ونستون تشرشل، رئيس الوزراء البريطاني في ذلك الوقت، مسودة مذكرة بشأن الولايات المتحدة الأوروبية، أدت في مايو 1948 إلى إنشاء الحركة الأوروبية، وبعدهابعام، في عام 1949، إلى ولادة المجلس من أوروبا.

[41] يتم الاحتفال بيوم أوروبا كل 9 مايو من كل عام. تم اختيار هذا التاريخ في ذكرى 9 مايو 1950، وهو اليوم الذي قدم فيه "روبرت شومان" مشروعه للتوحيد الأوروبي. يعتبر "إعلان شومان" شهادة ميلاد الجماعة الأوروبية التي ستصبح الاتحاد الأوروبي. 9 مايو هو يوم احتفال ويوم للإعلام عن أوروبا ومواطنيها البالغ عددهم 446.8 مليون نسمة (اعتبارًا من 1 يناير 2022). حيث مع خروج المملكة المتحدة في أوائل عام 2020، التي كانت تتمتع بواحد من أعلى معدلات النمو الطبيعي في الاتحاد الأوروبي والثالث من حيث عدد السكان الأوروبيين، انخفض عدد سكان الاتحاد إلى أقل من علامة 500 مليون نسمة.

يمثل خطوة إضافية لنجاح المجموعة الاقتصادية الأوروبية لجذب البلدان الأوروبية الأخرى. وكانت المفاوضات جارية أيضًا مع النرويج، لكن السكان النرويجيين صوتوا ضد العضوية في الاستفتاء.

• **24 أبريل 1972:** تعود الخطة الأولى للاتحاد الأوروبي لعملة واحدة وموحدة إلى عام 1970. حيث للحفاظ على الاستقرار النقدي، قرر أعضاء الاتحاد الأوروبي السماح لعملاتهم بالتقلب فيما بينها فقط وفي حدود ضيقة ضمن آلية سعر الصرف أي Exchange Rate Mechanism (ERM)، التي تم إنشاؤها في عام 1972، وكانت هي الخطوة الأولى نحو إدخال اليورو، بعد 30 عامًا.

• **7-10 يونيه 1979:** في هذه الفترة، قام مواطنو الاتحاد الأوروبي بانتخاب مباشر أعضاء البرلمان الأوروبي لأول مرة. حيث كانت في السابق مفوضة من قبل البرلمانات الوطنية، فالأعضاء يجلسون في المجموعات السياسية لعموم أوروبا (الاشتراكية، والمحافظة، والليبرالية، والخضر، وما إلى ذلك) وليس في الوفود الوطنية. وقد تزايد نفوذ البرلمان بشكل مستمر.

• **1 يناير 1981:** انضمام اليونان بعدما تحررت من ديكتاتورية عسكرية وساعدت عضويتها على ترسيخ الديمقراطية الفتية. كما أن الدول الأعضاء كانت ترى أيضًا الجانب الاقتصادي في هذا الانضمام حيث كان اليونان سوق جديد مثير للاهتمام.

• **1 يناير 1986:** يلعب دعم الديمقراطية والدوافع الاقتصادية مرة أخرى دورًا رئيسيًا في انضمام إسبانيا والبرتغال. هاتان الدولتان وضعتا حداً لديكتاتورية "الجنرال فرانسيسكو فرانكو"، لإسبانيا و"أوليفيرا سالازار" أو ما يطلق عليه ديكتاتورية "سالازار" للبرتغال.

• **17 فبراير 1986:** على الرغم من اختفاء الرسوم الجمركية في عام 1968، إلا أن التجارة لا تتدفق بحرية عبر حدود الاتحاد الأوروبي. وتكمن العقبات الرئيسية في الاختلافات في اللوائح الوطنية. وقد أطلق القانون الأوروبي الموحد لعام 1986 برنامجًا واسعًا مدته ست سنوات لفرز هذه الأمور. كما يمنح القانون البرلمان الأوروبي مزيدًا من الرأي ويعزز سلطات الاتحاد الأوروبي في حماية البيئة.

• **9 نوفمبر 1989:** كان للحدث التاريخي "سقوط جدار برلين" أحد المراحل الحاسمة التي تشير إلى نهاية الانقسام بين أوروبا الغربية والشرقية. وكانت لديمقراطيات الناشئة في أوروبا الشرقية فرصة للانضمام إلى التعاون الأوروبي. حيث في عام 1993، حددت الدول الأعضاء الشروط التي يجب أن تفي بها الدول "الأعضاء الجديدة" لتكون مؤهلة للعضوية، وهي: أن تكون دولة "أوروبية" (جغرافيًا أو تاريخيًا)؛ احترام سيادة القانون؛ لديها اقتصاد سوق تشغيلي؛ أن تكون ديمقراطية مستقرة؛ احترام حقوق الإنسان؛ تنفيذ جميع القواعد واللوائح الحالية للاتحاد الأوروبي، أي "المكتسبات المشتركة".

- **3 أكتوبر 1990:** يوم الوحدة الألمانية أو إعادة توحيد ألمانيا من جديد. حيث بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية في أوروبا تم تقسيم ألمانيا (الشرقية والغربية). حيث تقبل الدول الأعضاء الأخرى إعادة التوحيد بشرط أن تكون ألمانيا مندمجة بعمق في التعاون الأوروبي اقتصاديًا وسياسيًا.

- **7 فبراير 1992:** تم توقيع معاهدة الاتحاد الأوروبي في ماستريخت في هولندا. وتعتبر هذه المعاهدة معلم رئيسي للاتحاد الأوروبي، حيث وضعت قواعد واضحة للعملة الموحدة المستقبلية وكذلك للسياسة الخارجية والأمنية والتعاون الأوثق في مجال العدالة والشؤون الداخلية. وبموجب المعاهدة، تم إنشاء "الاتحاد الأوروبي" رسميًا.

- **1 يناير 1993:** تم تأسيس "السوق الموحدة" وحرياتها الأربع: أصبحت حرية حركة السلع والخدمات والأشخاص والمال حقيقة واقعة. وقد تم الاتفاق على أكثر من 200 قانون منذ عام 1986 يغطي السياسة الضريبية واللوائح التجارية والمؤهلات المهنية وغيرها من الحواجز التي تحول دون فتح الحدود.

- **1 يناير 1995:** انضمام النمسا وفنلندا والسويد وبانضمامهم أصبح الاتحاد الأوروبي يضم 15 دولة عضو. حاولت النرويج للمرة الثانية الانضمام إلى الاتحاد، لكن الشعب النرويجي صوت ضده مرة أخرى في الاستفتاء.

- **26 مارس 1995:** دخلت اتفاقية شنغن في سبع دول – بلجيكا وفرنسا وألمانيا ولوكسمبورغ وهولندا والبرتغال وإسبانيا – وأصبحت الاتفاقية تسري على جميع البلدان المذكورة. حيث يمكن للمسافرين من أي جنسية السفر بين جميع هذه البلدان دون مراقبة جوازات السفر على الحدود. كما انضمت دول أخرى منذ ذلك الحين إلى منطقة شنغن الخالية من جوازات السفر.

- **17 يونيه 1997:** توقيع معاهدة أمستردام. وقد بنيت على إنجازات معاهدة ماستريخت، ووضع خططًا لإصلاح مؤسسات الاتحاد الأوروبي، ومنح أوروبا صوتًا أقوى في العالم وتكريس المزيد من الموارد للتوظيف وحقوق المواطنين.

- **1 يناير 1999:** تم إدخال اليورو في 11 دولة (انضمت إليها اليونان في عام 2001) للمعاملات التجارية والمالية فقط، على أن تأتي عملة الأوراق النقدية والعملات المعدنية لاحقًا. وتضم دول اليورو كل من النمسا وبلجيكا وفنلندا وفرنسا وألمانيا واليونان وأيرلندا وإيطاليا ولوكسمبورغ وهولندا والبرتغال وإسبانيا. وقررت الدنمارك والسويد والمملكة المتحدة البقاء خارجها في الوقت الحالي.

- **1 يناير 2002:** أصبحت الأوراق النقدية والعملات المعدنية باليورو العملة القانونية في 12 دولة من دول الاتحاد الأوروبي.

• **1 مايو 2004:** ثمان دول من أوروبا الوسطى والشرقية - تشيكيا وإستونيا والمجر ولاتفيا وليتوانيا وبولندا وسلوفاكيا وسلوفينيا - تنضم إلى الاتحاد الأوروبي، حيث أنهت أخيرًا تقسيم أوروبا الذي قررته "القوى العظمى" قبل 60 عامًا في مؤتمر يالطا في القرم. أصبحت قبرص ومالطا عضوين أيضًا. وصل العدد الإجمالي للدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي إلى 25 دولة.

• **1 يناير 2007:** انضمت دولتان أخريان من أوروبا الشرقية – بلغاريا ورومانيا – إلى الاتحاد الأوروبي، مما يرفع عدد الدول الأعضاء إلى 27 دولة. كما أن كرواتيا وجمهورية مقدونيا اليوغوسلافية السابقة وتركيا مرشحة أيضا للعضوية في المستقبل.

• **13 ديسمبر 2007:** وقعت دول الاتحاد الأوروبي البالغ عددها 27 دولة على "معاهدة لشبونة" التي عدلت المعاهدات السابقة. وبهذه المعاهدة يمضي الاتحاد الأوروبي لجعل أوروبا أكثر ديمقراطية وكفاءة وشفافية، وبالتالي قادرة على مواجهة التحديات العالمية مثل تغير المناخ والأمن والتنمية المستدامة. تم التصديق على "معاهدة لشبونة" من قبل جميع دول الاتحاد الأوروبي قبل دخولها حيز التنفيذ في 1 ديسمبر 2009.

• **سبتمبر 2008:** أزمة مالية كبرى تضرب الاقتصاد العالمي. تبدأ المشاكل مع قروض الرهن العقاري في الولايات المتحدة.

• **أبريل 2012:** تدخل مبادرة المواطنين الأوروبيين حيز التنفيذ، مما يمنح المواطنين إمكانية مباشرة لاقتراح إنشاء قانون للمفوضية الأوروبية.

• **12 ديسمبر 2012:** مُنحت جائزة "نوبل للسلام" لعام 2012 إلى الاتحاد الأوروبي لأنه "جعل أوروبا تنتقل من قارة في حالة حرب إلى قارة يسودها السلام. أعلنت لجنة "جائزة نوبل" في إعلانها يوم الجمعة 12 أكتوبر 2012 أن "الاتحاد وسلائفه ساهموا لمدة ستين عاما (60) في تقدم السلام والمصالحة والديمقراطية وحقوق الإنسان في أوروبا".

• **1 يوليه 2013:** تنضم كرواتيا إلى الاتحاد الأوروبي، لتصبح العضو الثامن والعشرون (28).

• **23 /يونيو 2016:** استفتاء عام حول بقاء بريطانيا في عضوية الاتحاد الأوروبي أو خروجها منه. أو ما يطلق عليه "بريكست" أي اختصار للكلمتين الإنجليزيتين (British Exit).

• **31 يناير 2020:** بريكست (Brexit) يدخل حيز التنفيذ، وبذلك بريطانيا تغادر الاتحاد الأوروبي. تلا ذلك مرحلة انتقالية حتى 31 ديسمبر/كانون الأول 2020، قابلة للتمديد، وعلى لندن وبروكسل أن تحددا

خلالها أسس علاقتهما المستقبلية لا سيما على الصعيد التجاري. بعد ثلاث سنوات من المفاوضات. وهي الدولة الوحيدة التي غادرت الاتحاد الأوروبي. منذ ذلك الحين، أصبح عدد الأعضاء في الاتحاد 27 دولة.

المصدر: الباحث.

الملحق (2)

المادة 194 من معاهدة عمل الاتحاد الأوروبي (TFEU*)

الفقرة الأولى	1. في سياق إنشاء أو تشغيل السوق الداخلية ومع مراعاة الحاجة إلى الحفاظ على البيئة وتحسينها، تهدف سياسة الاتحاد في مجال الطاقة، بروح من التضامن بين الدول الأعضاء: (أ) ضمان أداء/سير سوق الطاقة؛ (ب) ضمان أمن إمدادات الطاقة في الاتحاد؛ (ج) تعزيز كفاءة الطاقة وتوفير الطاقة وتطوير الطاقات الجديدة والمتجددة؛ (د) تعزيز الترابط بين شبكات الطاقة.
الفقرة الثانية	2. دون الإخلال بتطبيق الأحكام الأخرى للمعاهدات، يتعين على البرلمان الأوروبي والمجلس الأوروبي، وفقًا للإجراء التشريعي العادي، وضع التدابير اللازمة لتحقيق الأهداف المشار إليها في الفقرة 1. يتم تبني هذه الإجراءات بعد استشارة المفوضية الاقتصادية والاجتماعية ولجنة الأقاليم. وهي لا تؤثر على حق دولة عضو في تحديد شروط استغلال مواردها من الطاقة ، واختيارها بين مصادر الطاقة المختلفة والهيكل العام لإمدادها بالطاقة، دون الإخلال بالمادة 192، الفقرة 2، البند (ج).
الفقرة الثالثة	3. على سبيل الاستثناء من الفقرة 2، يقوم المجلس، الذي يتصرف وفقًا لإجراء تشريعي خاص، بالإجماع وبعد استشارة البرلمان الأوروبي، بوضع الإجراءات المشار إليها فيها عندما تكون ذات طبيعة مالية في الأساس.

*TFEU: Treaty on the Functioning of the European Union.

المصدر: الباحث

الملحق (3)

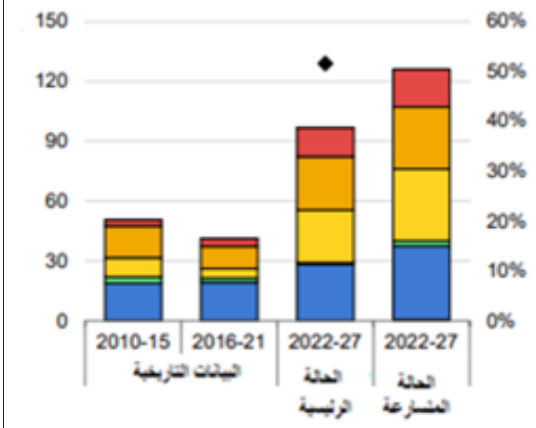
نظام تداول الانبعاثات في الاتحاد الأوروبي (EU ETS*)

تعريف
نظام تداول الانبعاثات في الاتحاد الأوروبي (EU ETS) هو نظام "سقف وتداول". يحدد الحجم الإجمالي لانبعاثات غازات الدفيئة من المنشآت ومشغلي الطائرات المسؤولين عن حوالي 50% من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الاتحاد الأوروبي. يسمح النظام بتداول مخصصات الانبعاثات بحيث يظل إجمالي انبعاثات المنشآت ومشغلي الطائرات ضمن الحد الأقصى ويمكن اتخاذ التدابير الأقل تكلفة لتقليل الانبعاثات (انظر فوائد تحديد السقف والتجارة). تعتبر ETS التابعة للاتحاد الأوروبي أداة رئيسية للاتحاد الأوروبي في جهوده لتحقيق أهداف خفض الانبعاثات الآن وفي المستقبل. يساعد نهج التجارة في مكافحة تغير المناخ بطريقة فعالة من حيث التكلفة وفعالة اقتصاديًا. باعتباره أول وأكبر نظام تداول للانبعاثات للحد من انبعاثات غازات الدفيئة، يغطي نظام ETS التابع للاتحاد الأوروبي أكثر من 11000 محطة طاقة ومنشأة صناعية في 31 دولة، ورحلات جوية بين مطارات الدول المشاركة.
حقوق الانبعاثات هذه، على المستوى الأوروبي (EU ETS)، مقسمة إلى فئتين:
1). الحقوق المخصصة للقطاعات التي يشملها نظام تداول الانبعاثات الأوروبي (EU ETS): يعد مخطط تداول الانبعاثات الأوروبية ("مخطط تداول الانبعاثات" أو ETS) أحد أهم الأدوات الموضوعة بموجب التشريع الأوروبي للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في سلسلة من القطاعات الصناعية ، ولا سيما القطاعات كثيفة الطاقة وتلك الخاصة بإنتاج الكهرباء. بموجب هذا النظام ، نقلت الحكومات الوطنية بشكل لا رجعة فيه كمية من حقوق الانبعاثات إلى الشركات المعنية على أساس خطط التخصيص الوطنية، التي حددت حصة انبعاثات لكل شركة للفترة 2008-2012. (تم وضع هذه الخطط على أساس تقدير للتطور المستقبلي لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري لهذه الشركات). إذا كانت هذه الشركات تصدر أكثر من حصتها، فهي ملزمة بشراء حقوق الانبعاث للشركات الأخرى في سوق حصص الانبعاثات. من ناحية أخرى، إذا كانت هذه الشركات تصدر كميات أقل ، فإن لديها بالتالي فائضًا من حقوق الانبعاثات (نتحدث عن "التخصيص الزائد")، والتي يمكن أن تتراكم (من أجل تغطية أي عجز في السنوات التالية)، أو القيمة عن طريق بيعها. وبالتالي، فإن حقوق الانبعاثات هذه، التي تم تخصيصها لقطاعات ETS، لم تعد متاحة للسلطات العامة، وبالتالي لا يمكن استخدامها لتغطية أي انبعاثات زائدة في القطاعات الأخرى غير التابعة ETS. **2). حقوق الانبعاثات للقطاعات "غير التابعة لـنظام ETS" (النقل، المباني، الزراعة، إلخ.):** يتم حساب مقدار الحقوق المتاحة للقطاعات غير ETS عن طريق حساب الفرق بين الحد الأقصى لكمية الانبعاثات المصرح بها وعدد الحقوق المخصصة لقطاعات ETS لنفس الفترة. *EU ETS: The European Union Emissions Trading System.

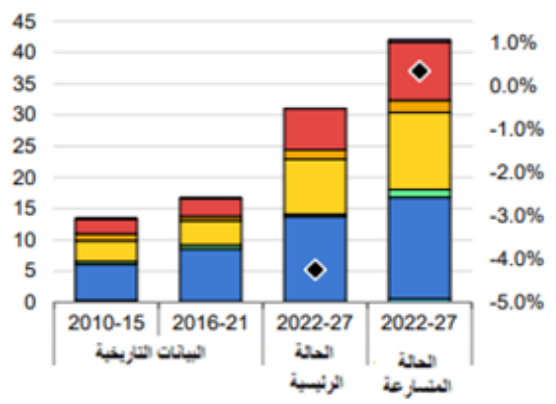
المصدر: الباحث.

الملحق (4)
إضافات الطاقة المتجددة في بعض دول الإتحاد الأوروبي
(جيغاواط)

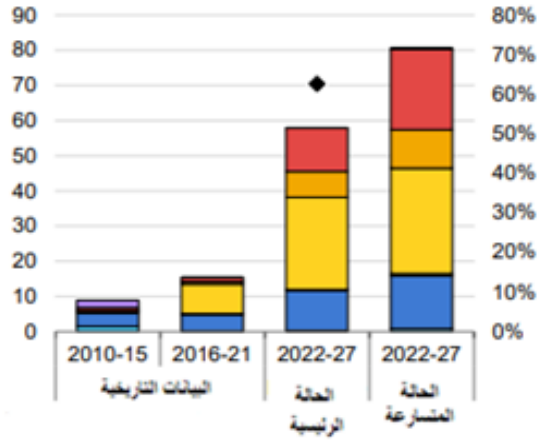
ألمانيا



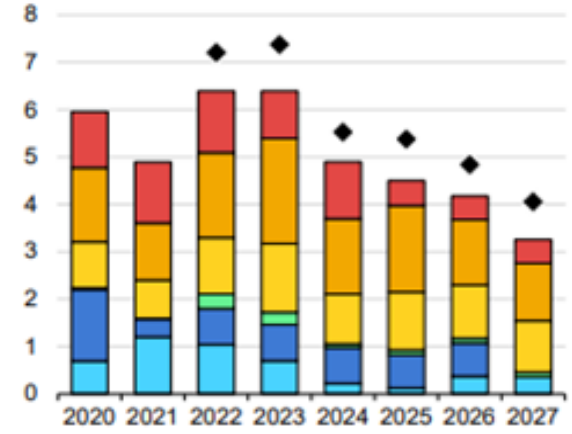
فرنسا

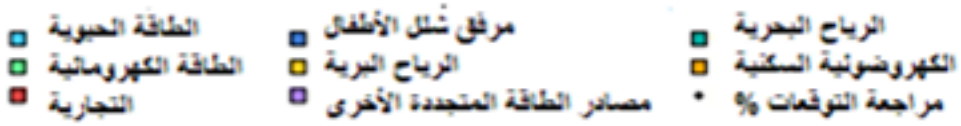


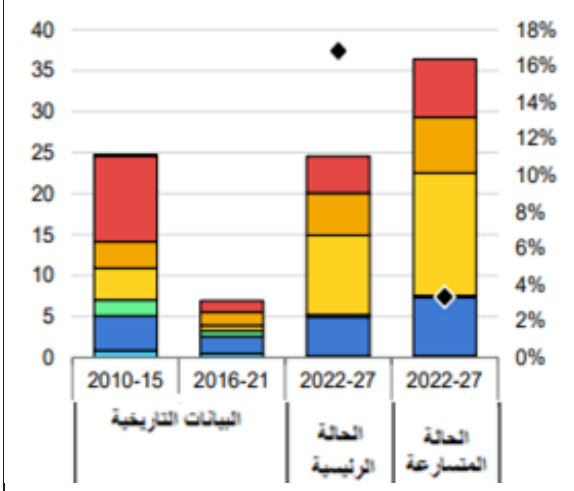
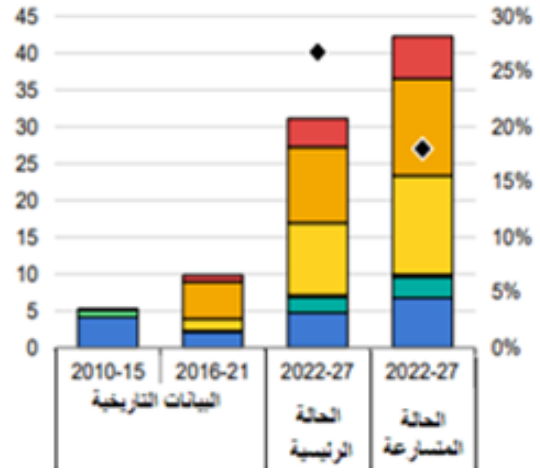
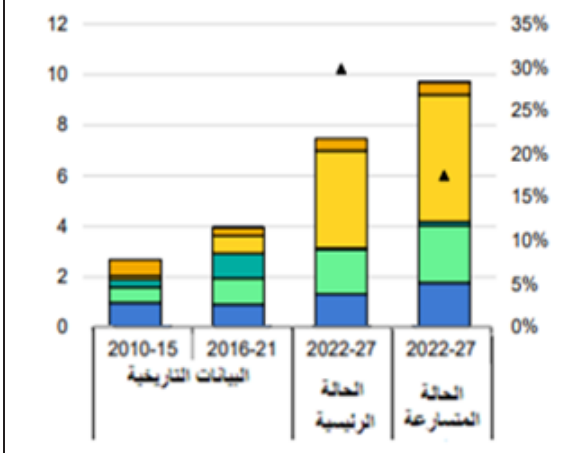
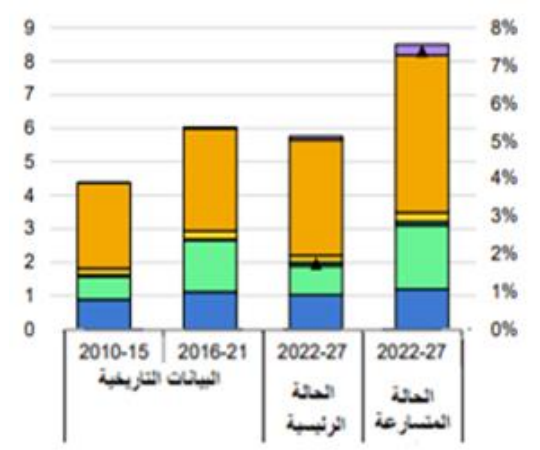
اسبانيا



هولندا





ايطاليا	بولندا
	
الدنمارك	**بلجيكا**
	

المصدر: IEA (2022), Renewables 2022, Analysis and forecasts to 2027, December 2022

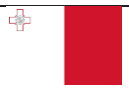
تعليق: تلقت هذه الدول الثمانية مزيدًا من الاهتمام والتحليل في أحدث تقرير للوكالة الدولية للطاقة (IEA). حيث كما رأينا من خلال هذا التحليل، فمن المتوقع أن تزداد القدرة التراكمية للكهرباء المتجددة في أوروبا بنحو 60% (+425 جيغاواط) بين عامي 2022 و2027، أي أكثر من ضعف ما كانت عليه في فترة الخمس سنوات السابقة (2016-2021). يتركّز ثلاثة أرباع التوسع الأوروبي في سبع دول: ألمانيا وإسبانيا والمملكة المتحدة وتركيا وفرنسا وهولندا وبولندا. المملكة المتحدة وتركيا ليستا جزءًا من الاتحاد الأوروبي وبالتالي لم يتم تناولهما في تعليقاتنا. تتمثل المحركات الرئيسية للنمو في أوروبا في أهداف الطاقة المتجددة طويلة الأجل والمزادات التنافسية لمشاريع المرافق العامة.

الملحق (5)
قائمة الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي

يغطي الاتحاد الأوروبي أكثر من 4 ملايين كيلومتر مربع ويبلغ عدد سكانه 447.7 مليون نسمة. من حيث المساحة، تعد فرنسا أكبر دولة في الاتحاد الأوروبي ومالطا هي الأصغر. أما من الناحية المالية، وعلى الرغم من أن جميع دول الاتحاد الأوروبي هي جزء من الاتحاد الاقتصادي والنقدي Economic and Monetary Union (EMU)، فقد استبدلت 20 دولة (بعدما انضمت كرواتيا في 1 يناير 2023) من أصل 27 دولة في الاتحاد عملاتها الوطنية بالعملة الموحدة – اليورو (€). وبالتالي، أصبحت تنتمي الى منطقة اليورو (أو الاتحاد الاقتصادي والنقدي - EMU) ويُطلق عليها أيضًا منطقة Eurozone. وهي المجموعة الجغرافية التي تم إنشاؤها في عام 1999 من قبل إحدى عشرة دولة قبل أن تصبح 20 دولة في الاتحاد الأوروبي. للإشارة، هناك عدة معايير ضرورية للانضمام إلى منطقة اليورو: وتعرف هذه المعايير باسم معايير التقارب (أو "معايير ماستريخت" أو "Maastricht criteria"). وهي معايير تستند إلى المؤشرات الاقتصادية التي يجب على الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي الوفاء بها لدخول "منطقة اليورو" ويجب عليهم الاستمرار في احترامها بمجرد دخولها.

	الرمز الأبجدي	علم الدولة	الدولة	العاصمة	تاريخ الانضمام	العملة الرسمية	المساحة[1] (كلم²)	السكان[2] (نسمة)
1	AT		النمسا	فيينا	1995	€	83 879	8,978,929
2	BE		بلجيكا*	بروكسل	1957	€	30 528	11,631,136
3	BG		بلغاريا	صوفيا	2007	الليف البلغاري	110 370	6,838,937
4	HR		كرواتيا	زاغرب	2004	€	56 594	3,879,074
5	CY		قبرص	نيقوسيا	2004	€	9 251	904,705
6	CZ		جمهورية التشيك	براغ	2004	الكرونة التشيكية	78 868	10,516,707

7	DK		الدنمارك	كوبنهاغن	1973	الكرونة الدنماركية	42 924	5,873,420
8	EE		إستونيا	تالين	2004	€	45 227	1,331,796
9	FI		فنلندا	هلسنكي	1995	€	338 440	5,548,241
10	FR		فرنسا*	باريس	1957	€	633 186.6	67,842,582
11	DE		ألمانيا*	برلين	1957	€	357 376	83,237,124
12	GR		اليونان	أثينا	1981	€	132 049	10,603,810
13	HU		المجر	بودابست	2004	فورنت هنغاري	93 011	9,689,010
14	IE		أيرلندا	دبلن	1973	€	69 797	5,060,005
15	IT		إيطاليا*	روما	1957	€	302 073	58,983,122
16	LV		لاتفيا	ريغا	2004	€	64 573	1,875,757

17	LT		ليتوانيا	فيلنيوس	2004	€	65 286	2,805,998
18	LU		لكسمبرغ*	لوكسمبورغ	1957	€	2 586	645,397
19	MT		مالطا	فاليتا	2004	€	315.4	520,971
20	NL		هولندا*	أمستردام	1957	€	41 540	17,590,672
21	PL		بولندا	وارسو	2004	الزلوتي البولندي	312 679	37,654,247
22	PT		البرتغال	لشبونة	1986	€	92 226	10,352,042
23	RO		رومانيا	بوخارست	2007	الليو الروماني	238 390.7	19,038,098
24	SK		الجمهورية السلوفاكية	براتيسلافا	2004	€	49 035	5,434,712
25	SI		سلوفينيا	ليوبليانا	2004	€	20 273	2,107,180
26	ES		إسبانيا	مدريد	1986	€	505 944	47,432,805
27	SE		السويد	ستوكهولم	1995	الكرونة السويدية	438 574	10,452,326

	الاتحاد الأوروبي		27 دولة		20 دولة	4,214,995.7	446,828,803

*تاريخ الانضمام: 1957/03/25

المصدر: يوروستات والمواقع الرسمية الأوروبية الآتية:

[1] المساحة: من خلال الموقع الرسمي الإلكتروني للاتحاد الأوروبي، زيارة الموقع بتاريخ 16 يناير 2023.

https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/key-facts-and-figures/life-eu_en

[2] السكان: من خلال نفس الموقع

https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/key-facts-and-figures/life-eu_en

الملحق (6)

مقارنة مختلف دراسات مستقبل الطاقة العالمية الأخيرة

#	المنظمة	نوع الهيئة/ المنظمة	اسم التقرير	التاريخ (تاريخ النشر)	السيناريوهات	المنهاجية	نطاق الدراسة	راعي الدراسة	الأفق الزمني
1	وكالة الطاقة الدولية (IEA)	منظمة حكومية دولية	World Energy Outlook	27 أكتوبر 2022	Energy Outlook	Outlook	عالمي	وكالة الطاقة الدولية	2050
2	أوبك (OPEC)	منظمة حكومية دولية (منتجي النفط)	World Oil Outlook	31 أكتوبر 2022	World Oil Outlook	Outlook	عالمي	أوبك	2045
3	"إكسون موبيل" (ExxonMobil)	شركة دولية للطاقة	Outlook for Energy	5 أكتوبر 2022	2022 Outlook for Energy	Outlook	عالمي	إكسون موبيل	2050
4	"إكوينور" (Equinor)	شركة دولية للطاقة	Energy Perspectives 2022	17 سبتمبر 2022	Energy Perspectives 2022	Outlook	عالمي	إكوينور	2050

المصدر: الباحث.

ثانياً: الجداول الإحصائية

الجدول (1):
نسبة الطاقات المتجددة في 2005 و2020 في أوروبا

	2005 (%)	أهداف عام 2020 (%)	الجهد المنجز
السويد	40.0	49.0	9.0
فنلندا	28.5	38.0	9.5
لوكسمبورغ	0.9	11.0	10.1
البرتغال	20.5	31.0	10.5
النمسا	23.3	34.0	10.7
بلجيكا	2.2	13.0	10.8
اليونان	6.9	18.0	11.1
اسبانيا	8.7	20.0	11.3
هولندا	2.4	14.0	11.6
إيطاليا	5.2	17.0	11.8
المانيا	5.8	18.0	12.2
فرنسا	10.3	23.0	12.7
أيرلندا	3.1	16.0	12.9
الدنمارك	17.0	30.0	13.0
المملكة المتحدة	1.3	15.0	13.7
الاتحاد الأوروبي	%8.5	%20.0	%11.5

المصدر: ديوان المحاسبة من خارطة طريق المفوضية الأوروبية لمصادر الطاقة المتجددة لعام 2007.

الجدول (2):

التقدم المحرز نحو تحقيق أهداف مصادر الطاقة المتجددة، حسب البلد

	البلد	حصة الطاقة المتجددة 2020	حصة الطاقة المتجددة 2021	هدف عام 2020
1	السويد	60.12	60.62	49
2	فنلندا	43.8	47.13	38
3	الدانمارك	31.68	46.44	30
4	لاتفيا	42.13	42.82	40
5	إستونيا	30.07	40.91	25
6	النمسا	36.55	36.92	34
7	البرتغال	33.98	33.93	31
8	كرواتيا	31.02	32.73	20
9	ليتوانيا	26.77	28.92	23
10	بلغاريا	23.32	24.01	16
11	سلوفينيا	25	23.96	25
12	رومانيا	24.48	22.24	24
13	إسبانيا	21.22	21.94	20
14	اليونان	21.75	21.92	18
15	فرنسا	19.11	19.47	23
16	إيطاليا	20.36	18.95	17
17	ألمانيا	19.31	18.86	18
18	التشيك	17.3	17.81	13
19	قبرص	16.88	17.45	13
20	سلوفاكيا	17.34	16.58	14
21	بولندا	16.1	15.77	15
22	المجر	13.85	14.39	13
23	هولندا	14	13.64	14
24	أيرلندا	16.16	13.32	16
25	بلجيكا	13	12.31	13
26	مالطا	10.71	11.28	10
27	لوكسمبورغ	11.7	10.28	11
	الاتحاد الأوروبي الـ27	%22.09	%22.21	%20.00

المصدر: وكالة البيئة الأوروبية، تم النشر 26 أكتوبر 2022، آخر تعديل 21 مارس 2023

ملاحظة: يبين هذا الجدول حصة الطاقة المتجددة في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي حسب البلد. وهو يوضح التقدم الذي أحرزه الاتحاد الأوروبي والدول الأعضاء فيه فيما يتعلق بأهدافهم الملزمة للطاقة المتجددة لعام 2020.

الجدول (3):
تطور إجمالي الطاقات المتجددة من 2013 الى 2022 (ميغاواط)

إجمالي الطاقات المتجددة (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	△
العالم (1)	1,566,487	1,699,064	1,852,777	2,018,264	2,186,038	2,359,398	2,543,378	2,813,159	3,077,238	3,371,793	1,805,306
أوروبا (2)	418,916	439,891	465,018	491,344	512,865	537,352	574,571	609,048	651,292	708,582	289,666
الاتحاد الأوروبي (3)	337,579	352,754	371,245	388,062	405,763	423,418	451,036	479,954	517,184	569,689	232,110
(1)/(2)	%27	%26	%25	%24	%23	%23	%23	%22	%21	%21	%6-
(1)/(3)	%22	%21	%20	%19	%19	%18	%18	%17	%17	%17	%5-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

الجدول (4):
تطور الطاقات المتجددة حسب مختلف مصادرها من 2013 الى 2022 (ميغاواط)
الطاقة الكهرومائية ـ الطاقة الكهرومائية المتجددة ـ الطاقة البحرية ـ طاقة الرياح ـ طاقة الرياح البرية ـ طاقة الرياح البحرية

الطاقة الكهرومائية (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	△
العالم (1)	1,137,292	1,175,663	1,210,331	1,245,935	1,270,950	1,293,744	1,312,084	1,334,078	1,362,715	1,392,598	255,306
أوروبا (2)	211,126	211,876	214,429	217,888	219,572	220,610	221,536	223,065	224,498	225,280	14,154
الاتحاد الأوروبي (3)	146,307	146,464	148,454	149,973	150,625	150,627	151,056	151,320	151,933	152,642	6,335
(1)/(2)	%19	%18	%18	%17	%17	%17	%17	%17	%16	%16	%2-
(1)/(3)	%13	%12	%12	%12	%12	%12	%12	%11	%11	%11	%2-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

الطاقة الكهرومائية المتجددة (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	△
العالم (1)	1,029,562	1,066,193	1,098,429	1,129,001	1,151,109	1,173,386	1,191,478	1,212,899	1,235,010	1,255,540	225,978
أوروبا (2)	183,396	183,677	186,049	189,296	191,108	192,249	193,176	194,700	195,809	196,590	13,194
الاتحاد الأوروبي (3)	123,373	123,385	125,363	126,963	127,831	127,972	128,401	128,665	129,278	129,987	6,614
(2)/(1)	**%18**	**%17**	**%17**	**%17**	**%17**	**%16**	**%16**	**%16**	**%16**	**%16**	%2-
(3)/(1)	**%12**	**%12**	**%11**	**%11**	**%11**	**%11**	**%11**	**%11**	**%10**	**%10**	%2-

الطاقة البحرية (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	△
العالم (1)	510	513	512	523	527	527	525	523	523	524	14
أوروبا (2)	228	231	230	241	245	246	243	241	241	241	13
الاتحاد الأوروبي (3)	219	222	221	227	227	226	221	219	218	218	(1)
(2)/(1)	**%45**	**%45**	**%45**	**%46**	**%46**	**%47**	**%46**	**%46**	**%46**	**%46**	%1
(3)/(1)	**%43**	**%43**	**%43**	**%43**	**%43**	**%43**	**%42**	**%42**	**%42**	**%42**	%1-

طاقة الرياح (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	△
العالم (1)	300,027	349,466	416,347	467,028	514,423	564,513	620,841	731,656	824,171	898,824	598,797
أوروبا (2)	118,170	130,198	143,015	155,727	170,616	181,787	196,104	222,034	222,034	240,624	122,454
الاتحاد الأوروبي (3)	105,667	115,659	127,217	138,019	148,956	157,255	167,211	188,453	188,453	204,122	98,455
(2)/(1)	**%39**	**%37**	**%34**	**%33**	**%33**	**%32**	**%32**	**%30**	**%27**	**%27**	%13-
(3)/(1)	**%35**	**%33**	**%31**	**%30**	**%29**	**%28**	**%27**	**%26**	**%23**	**%23**	%13-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

البحث الثاني

طاقة الرياح البرية (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	△
العالم (1)	292,856	340,974	404,630	452,686	495,586	540,923	592,539	697,285	769,912	835,624	542,768
أوروبا (2)	111,486	122,223	132,019	143,094	154,814	163,060	174,129	182,983	195,635	209,961	98,475
الاتحاد الأوروبي (3)	102,681	112,186	121,316	130,681	140,144	146,711	155,126	162,590	173,316	187,373	84,692
(1)/(2)	**%38**	**%36**	**%33**	**%32**	**%31**	**%30**	**%29**	**%26**	**%25**	**%25**	%13-
(1)/(3)	**%35**	**%33**	**%30**	**%29**	**%28**	**%27**	**%26**	**%23**	**%23**	**%22**	%13-

طاقة الرياح البحرية (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	△
العالم (1)	7,171	8,492	11,718	14,342	18,837	23,590	28,303	34,371	54,259	63,200	56,029
أوروبا (2)	6,684	7,976	10,996	12,633	15,802	18,727	21,975	24,927	26,399	30,663	23,979
الاتحاد الأوروبي (3)	2,985	3,472	5,900	7,337	8,812	10,545	12,085	14,542	15,137	16,749	13,764
(1)/(2)	**%93**	**%94**	**%94**	**%88**	**%84**	**%79**	**%78**	**%73**	**%49**	**%49**	%45-
(1)/(3)	**%42**	**%41**	**%50**	**%51**	**%47**	**%45**	**%43**	**%42**	**%28**	**%27**	%15-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

الجدول (5):
تطور الطاقات المتجددة حسب مختلف مصادرها من 2013 الى 2022 (ميغاواط)
الطاقة الشمسية ـ الطاقة الشمسية الكهروضوئية

الطاقة الشمسية (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	△
العالم (1)	140,514	180,712	228,920	301,082	395,947	489,306	592,245	720,429	861,537	1,053,115	912,601
أوروبا (2)	84,189	91,095	99,604	106,173	112,299	121,603	142,272	162,795	190,143	227,799	143,610
الاتحاد الأوروبي (3)	80,051	83,976	88,080	91,890	96,627	104,459	120,645	138,941	164,675	200,647	120,596
(1)/(2)	%60	%50	%44	%35	%28	%25	%24	%23	%22	%22	%38-
(1)/(3)	%57	%46	%38	%31	%24	%21	%20	%19	%19	%19	%38-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

الطاقة الشمسية الكهروضوئية (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	△
العالم (1)	136,572	176,113	224,070	296,112	390,878	483,495	585,868	713,918	855,162	1,046,614	910,042
أوروبا (2)	81,878	88,783	97,292	103,861	109,987	119,291	139,951	160,474	187,822	225,478	143,600
الاتحاد الأوروبي (3)	77,740	81,664	85,767	89,578	94,315	102,147	118,323	136,620	162,354	198,326	120,586
(1)/(2)	%60	%50	%43	%35	%28	%25	%24	%22	%22	%22	%38-
(1)/(3)	%57	%46	%38	%30	%24	%21	%20	%19	%19	%19	%38-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

الجدول (6):
تطور الطاقات المتجددة حسب مختلف مصادرها من 2013 الى 2022 (ميغاواط)
الطاقة الشمسية المركَّزة - الطاقة الحيوية

الطاقة الشمسية المركَّزة (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Δ
العالم (1)	3,942	4,599	4,850	4,970	5,069	5,811	6,377	6,511	6,375	6,501	2,559
أوروبا (2)	2,311	2,312	2,312	2,312	2,312	2,312	2,321	2,321	2,321	2,321	10
الاتحاد الأوروبي (3)	2,311	2,312	2,312	2,312	2,312	2,312	2,321	2,321	2,321	2,321	10
(1)/(2)	%59	%50	%48	%47	%46	%40	%36	%36	%36	%36	%23-
(1)/(3)	%59	%50	%48	%47	%46	%40	%36	%36	%36	%36	%23-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

الطاقة الحيوية (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Δ
العالم (1)	84,879	90,745	96,484	105,424	111,006	118,194	124,199	133,236	141,302	148,912	64,033
أوروبا (2)	31,473	33,187	34,617	35,600	37,039	39,850	41,155	41,774	41,431	41,694	10,221
الاتحاد الأوروبي (3)	27,458	28,663	29,513	30,107	31,258	32,630	33,678	34,111	33,667	33,823	6,365
(1)/(2)	%37	%37	%36	%34	%33	%34	%33	%31	%29	%28	%9-
(1)/(3)	%32	%32	%31	%29	%28	%28	%27	%26	%24	%23	%10-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

الجدول (7):
تطور الطاقات المتجددة حسب مختلف مصادرها من 2013 الى 2022 (ميغاواط)
الوقود الحيوي الصلب والنفايات المتجددة - أنواع الوقود الحيوي الصلبة الأخرى

الوقود الحيوي الصلب والنفايات المتجددة (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Δ
العالم (1)	68,727	73,259	78,242	86,295	91,243	97,317	102,293	110,052	117,852	124,979	56,252.0
أوروبا (2)	19,384	20,545	21,453	22,031	23,027	25,141	25,703	25,703	25,851	26,020	6,636.0
الاتحاد الأوروبي (3)	16,874	17,644	18,071	18,412	19,188	19,857	20,214	20,057	20,139	20,277	3,403.0
(1)/(2)	**%28**	**%28**	**%27**	**%26**	**%25**	**%26**	**%25**	**%23**	**%22**	**%21**	%7-
(1)/(3)	**%25**	**%24**	**%23**	**%21**	**%21**	**%20**	**%20**	**%18**	**%17**	**%16**	%8-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

أنواع الوقود الحيوي الصلبة الأخرى (MW)	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Δ
العالم (1)	45,130	48,466	51,457	57,777	61,248	65,354	68,131	72,754	77,912	82,022	36,892
أوروبا (2)	15,187	16,398	16,937	17,250	18,135	20,125	20,596	20,561	20,834	20,884	5,697
الاتحاد الأوروبي (3)	13,122	14,008	14,205	14,337	15,036	15,565	15,921	15,791	15,999	16,045	2,923
(1)/(2)	**%34**	**%34**	**%33**	**%30**	**%30**	**%31**	**%30**	**%28**	**%27**	**%25**	%8-
(1)/(3)	**%29**	**%29**	**%28**	**%25**	**%25**	**%24**	**%23**	**%22**	**%21**	**%20**	%10-

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، إحصاءات الطاقة المتجددة لعام 2023، IRENA (2023).

الجدول (8):
الطلب على الطاقة الكهرومائية حسب منطقة
"منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا" 2021-2045
(مليون برميل نفط مكافئ في اليوم)

الطاقة الكهرومائية										
	المستويات (mboe/d)							النمو (mboe/d)	النمو (%سنوياً)	الحصة (%)	
المنطقة	2021	2025	2030	2035	2040	2045		2021-2045	2021 - 2045	2021	2045
OECD أوروبا (1)	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1		0.1	0.4	13.3	10.6
OECD	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9		0.5	0.7	33.0	28.2
العالم (2)	**7.5**	**8.0**	**8.7**	**9.4**	**10.1**	**10.4**		**2.9**	**1.4**	**100.0**	**100.0**
(2)/(1)	**%13**	**%13**	**%12**	**%11**	**%11**	**%11**				**%13**	**%11**

المصدر: حسابات الباحث استناداً إلى أوبك (2022).

الجدول (9):
الطلب على الكتلة الحيوية حسب منطقة
"منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا" 2021-2045
(مليون برميل نفط مكافئ في اليوم)

الكتلة الحيوية										
	المستويات (mboe/d)							النمو (mboe/d)	النمو (%سنوياً)	الحصة (%)	
المنطقة	2021	2025	2030	2035	2040	2045		2021-2045	2021 - 2045	2021	2045
OECD أوروبا (1)	3.4	3.6	4.0	4.4	4.7	5.0		1.7	1.7	12.8	14.4
OECD	6.9	7.4	8.0	8.7	9.3	10.0		3.1	1.6	26.2	28.7
العالم (2)	**26.2**	**27.9**	**30.0**	**32.0**	**33.7**	**34.9**		**8.6**	**1.2**	**100.0**	**100.0**
(2)/(1)	**%13**	**%13**	**%13**	**%14**	**%14**	**%14**				**%13**	**%14**

المصدر: حسابات الباحث استناداً إلى أوبك (2022).

الجدول (10):
الطلب على الطاقة المتجددة الأخرى حسب منطقة
"منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا" 2021-2045
(مليون برميل نفط مكافئ في اليوم)

الطاقة المتجددة الأخرى										
	المستويات (mboe/d)							النمو (mboe/d)	النمو (%سنوياً)	الحصة (%)	
المنطقة	2021	2025	2030	2035	2040	2045	2021 -2045	2021 - 2045	2021	2045
OECD أوروبا (1)	1.7	2.4	3.2	3.9	4.5	5.1	3.4	4.6	23.3	13.3
OECD	3.5	4.9	7.1	9.2	11.3	13.5	10.0	5.8	46.5	35.1
العالم (2)	**7.4**	**11.2**	**17.8**	**24.9**	**32.5**	**38.3**	**30.9**	**7.1**	**100.0**	**100.0**
(2)/(1)	**%23**	**%21**	**%18**	**%16**	**%14**	**%13**			**%23**	**%13**

المصدر: حسابات الباحث استناداً إلى أوبك (2022).

الجدول (11):
الطلب على الطاقة المتجددة حسب منطقة
"منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية – أوروبا" 2021-2045
(مليون برميل نفط مكافئ في اليوم)

	المستويات (mboe/d)					
	2021	2025	2030	2035	2040	2045
الطاقة الكهرومائية	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
الكتلة الحيوية	3.4	3.6	4.0	4.4	4.7	5.0
الطاقة لمتجددة الأخرى	1.7	2.4	3.2	3.9	4.5	5.1
الطاقات المتجددة (1)	6.1	7.0	8.3	9.4	10.3	11.2
العالم (2)	**41.2**	**47.1**	**56.6**	**66.3**	**76.4**	**83.6**
(2)/(1)	**%14.8**	**%14.9**	**%14.6**	**%14.2**	**%13.5**	**%13.4**

المصدر: حسابات الباحث استناداً إلى أوبك (2022).

الجدول (12):
تطور حجم صادرات ستة دول أعضاء في أوابك من النفط الخام إلى "أوروبا - OECD" خلال الفترة من 2012-2021
(ألف برميل/يوم)

دول أوابك*	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	△
الجزائر	808,6	744,0	622,9	642,2	668,7	632,5	571,0	584,2	438,7	446,0	362,6-
%	%37	%53	%68	%72	%59	%56	%61	%62	%65	%69	%32
أوروبا - OECD	299,6	395,9	422,6	460,8	392,5	353,8	345,9	360,0	286,0	307,6	8,0
العراق	2 423,4	2 390,4	2 515,5	3 004,9	3 803,5	3 802,0	3 862,0	3 968,2	3 428,4	3 439,6	1 016,2
%	%23	%22	%24	%28	%26	%26	%23	%27	%22	%25	%2
أوروبا - OECD	545,8	533,5	612,9	828,3	981,8	975,3	870,3	1 051,6	755,8	844,1	298,3
الكويت	2 070,0	2 058,5	1 994,8	1 963,8	2 128,2	2 010,0	2 050,0	1 986,3	1 826,3	1 740,5	329,5-
%	%5	%4	%5	%6	%9	%7	%2	%1	%2	%0	%5-
أوروبا - OECD	99,0	84,2	103,9	118,0	181,1	137,5	38,6	16,2	32,0	0,0	99,0-
ليبيا	1 239,5	836,1	329,4	288,4	350,1	792,1	998,5	1 035,7	347,2	1 090,6	148,9-
%	%74	%90	%89	%85	%83	%79	%66	%65	%70	%73	%1-
أوروبا - OECD	921,1	755,1	293,7	246,0	291,7	624,4	662,2	677,6	241,4	799,4	121,7-
السعودية	7 556,8	7 570,7	7 153,5	7 163,3	7 463,4	6 968,3	7 371,5	7 038,1	6 658,6	6 227,4	1 329,4-
%	%13	%13	%13	%12	%12	%11	%12	%11	%11	%8	%5-
أوروبا - OECD	990,8	951,9	952,1	875,1	870,8	771,7	869,3	797,4	756,5	517,1	473,7-
الإمارات	2 445,2	2 701,4	2 496,7	2 441,5	2 407,8	2 378,7	2 296,5	2 414,2	2 418,4	2 304,9	140,3-
%	%0	%0	%0	%1	%1	%0	%0	%0	%0	%1	%1
أوروبا - OECD	1,7	6,4	9,7	13,3	18,4	0,0	0,0	0,0	3,2	16,5	14,8

المصدر: حسابات الباحث استناداً إلى النشرة الإحصائية السنوية الصادرة عن منظمة أوبك، من 2013 الى 2022 (ASB).

*هذه البيانات مأخوذة من النشرة الإحصائية السنوية لمنظمة أوبك، النشرة الإحصائية السنوية (ASB)، لذلك اقتصرنا على ذكر هذه الدول بصفة خاصة. من جهة أخرى، تجدر الإشارة أن قطر ليست مصدرا رئيسيا للنفط بالنسبة لأوروبا، لذلك لم تدرج في هذا الجدول.

الجدول (13):
مقارنة حجم صادرات ستة دول أعضاء في أوابك من النفط الخام إلى "أوروبا - OECD" ما بين عام 2011 وعام 2021
(ألف برميل/يوم)

	2011	←	2021	△
الجزائر	842,9		446,0	396,9-
%	%46		%69	%23
أوروبا - OECD	387,6		307,6	307,6
العراق	2 165,7		3 439,6	1 273,9
%	%22		%25	%3
أوروبا - OECD	474,0		844,1	844,1
الكويت	1 816,1		1 740,5	75,6-
%	%4		%0	%4-
أوروبا - OECD	78,8		0,0	0,0
ليبيا	299,5		1 090,6	791,1
%	%74		73%	%1-
أوروبا - OECD	220,3		799,4	799,4
السعودية	7 218,1		6 227,4	990,7-
%	%12		%8	%4-
أوروبا - OECD	889,8		517,1	517,1
الإمارات	2 457,0		2 304,9	152,1-
%	%1		1%	0%
أوروبا - OECD	16,9		16,5	0,4-



مجموع أوروبا OECD	2 067,4		2 484,8	417,4
مجموع العالم	14 799,3		15 248,9	449,6
أوروبا - OECD (%)	%14		%16	%2+

المصدر: حسابات الباحث، بناءً على بيانات أوبك، النشرة الإحصائية السنوية، 2012، 2022. OPEC, ASB (2022).

المراجـــــع

المراجع الأجنبية

- BAUBY P (2014) Les enjeux de la politique européenne de l'énergie, Paris; Fondation Jean Jaures.

- BP (2022) BP Statistical Review of World Energy 2022, available at http://www.bp.com/statisticalreview

- EC (2019a). *Renewable energy progress report*. COM (2019) 225 final. Brussels: European Commission.

- EC (2019b). *The European Green Deal.* COM (2019) 640 final. Brussels: European Commission.

- EC (2020a). 2030 climate & energy framework, available at: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en

- EC (2020b). *Sustainable Europe investment plan: European Green Deal investment plan.* COM (2020) 21 final. Brussels: European Commission.

- EC (2001). European Commission, Directive Of The European Parliament And Of The Council, amending Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council, available from: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:dbb7eb9c-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

- European Commission, Directorate-General for Energy, *EU energy in figures: statistical pocketbook 2022*, Publications Office of the European Union, 2022, https://data.europa.eu/doi/10.2833/334050

- Equinor (2022) Energy Perspectives 2022, September 2022.

- ExxonMobil (2022) 2022 Outlook for Energy, October 2022.

- IEA (2011) Are We Entering a Golden Age of Gas? World Energy Outlook Special Report, Paris.

- IEA (2012) Golden Rules for a Golden Age of Gas: World Energy Outlook Special Report on Unconventional Gas, Paris.

- IEA (2022), Renewable Energy Market Update: Outlook for 2022 and 2023, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/faf30e5a-en.

- IEA (2022), World Energy Outlook 2022, October 2022. Available at www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022

- IRENA (2022), Renewable capacity statistics 2022, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, April 2022. Available at https://www.irena.org/Publications

- IRENA (2023), Renewable capacity statistics 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. March 2023. Available at https://www.irena.org/Publications

- Laurent A. (2018) Global Energy Mix, Natural gas and shale gas as a game changer? 8th Global Commodities Forum, UNCTAD, 23-24 April 2018, Geneva.

- OPEC (2021) OPEC Annual Statistical Bulletin (ASB) 2021, June 2021, 56th edition, Vienna, Austria. Available at https://asb.opec.org/

- OPEC (2022) OPEC Annual Statistical Bulletin (ASB) 2022, June 2022, 57th edition, Vienna, Austria. Available at https://asb.opec.org/ or Annual Statistical Bulletin 2022 (opec.org)

- OPEC (2022) World Oil Outlook 2022, October 2022, Vienna, Austria. Available at www.opec.org/opec_web/en/

- Ram M., Bogdanov D., Satymov R., Lopez G., Mensah T.N.O., Sadovskaia K., Breyer C. (2022) Accelerating the European renewable energy transition. LUT University and Greens European Free Alliance, Lappeenranta, Brussels.

- S&P Global Ratings Infrastructure & Energy Outlook, August 2022.

تقرير حول الدورة السابعة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة

عبد الفتاح دندي *

* مدير الإدارة الإقتصادية والمشرف على إدارة الاعلام والمكتبة - منظمة أوابك.

تقرير حول الدورة السابعة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة

هايكو- مقاطعة هاينان الصينية ، 19-21 أيلول/ سبتمبر 2023



عقدت الدورة السابعة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة في مدينة هايكو، مقاطعة هاينان الصينية خلال الفترة 19-21 ايلول/ سبتمبر 2023 تحت شعار «**إطلاق عصر ذهبي للتعاون العربي الصيني في مجال الطاقة، والالتزام بالجودة والمعايير العالية والمستدامة**». وقد قام بتنظيم هذه الدورة كل من هيئة الطاقة الوطنية الصينية وجامعة الدول العربية، وحكومة مقاطعة هاينان الصينية.

شارك في الدورة السابعة للمؤتمر كبار المسؤولين ورجال الاعمال، وممثلو المؤسسات الحكومية ذات الصلة والمعاهد الاكاديمية ومعاهد البحوث وشركات الطاقة من الدول العربية والشركات الصينية الكبرى العاملة في مجال الكهرباء والطاقة، والمنظمات الدولية والإقليمية معنية بشؤون الطاقة في الدول العربية كمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)، والهيئة العربية للطاقة الذرية.

ناقش المشاركون محاور هامة شملت النفط والغاز الطبيعي، والطاقة المتجددة والهيدروجين وتخزين الطاقة، والطاقة النووية. وقد مثل الأمانة العامة لمنظمة أوابك في هذا المؤتمر كل من سعادة المهندس جمال عيسى اللوغاني الامين العام للمنظمة، والسيد عبدالفتاح العريفي دندي مدير الإدارة الاقتصادية والمشرف على إدارة الاعلام والمكتبة في

المنظمة. وفيما يلي استعراض موجز لأهم ما تم تناوله في فعاليات الدورة السابعة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة.

أولا: الجلسة الافتتاحية

افتتح أعمال الدورة السابعة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة بشكل رسمي مساء يوم 19/9/2023 سعادة السيد تشانغ جيان هوا المراقب العام للهيئة الوطنية للطاقة في جمهورية الصين الشعبية، رئيس الجانب الصيني، الذي ترأس الجلسة الافتتاحية للمؤتمر بحضور سعادة المهندس أسامة عسران نائب وزير الكهرباء والطاقة المتجددة، جمهورية مصر العربية، رئيس الجانب العربي، والدكتور علي ابراهيم المالكي الأمين العام المساعد للشؤون الاقتصادية للجامعة العربية، وسعادة المهندس جمال عيسى اللوغاني، الأمين العام لمنظمة أوابك، والدكتور سالم حامدي، المدير العام للهيئة العربية للطاقة الذرية. وحضر جلسة الافتتاح أعضاء الوفد الصيني وممثلو عدد من الدول العربية، وحضر أيضا ممثلو المنظمات العربية المتخصصة (منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول- أوابك) والهيئة العربية للطاقة الذرية. وفيما يلي أهم ما ورد في كلمات الافتتاح:

- أوضح **معالي السيد تشانغ جيان** هوا المراقب العام للهيئة الوطنية للطاقة في جمهورية الصين الشعبية، رئيس الجانب الصيني، ان التعاون الصيني العربي في مجال الطاقة



شهد تقدما ملحوظا، لافتا إلى أن هناك مزايا تكاملية بين الصين والدول العربية من حيث موارد الطاقة والصناعات، الأمر الذي أرسى أسسا جيدة للتعاون الثنائي في هذا المجال. وأشار الى أن الصين والدول العربية تواجه تحديات مشتركة مشيرا بأن المبادرة الصينية « الحزام والطريق» تمثل السعي للرقي بالتعاون العربي الصيني.



- من جهته، قال **المهندس أسامة عسران**، نائب وزير الكهرباء والطاقة المتجددة، جمهورية مصر العربية، رئيس الجانب العربي، إن الدول العربية تولي أهمية كبيرة لتطوير الصناعات المحلية في مجالات توليد ونقل وتوزيع الكهرباء عبر تحقيق توطين التقنيات ذات الصلة من خلال إقامة شراكات مع الشركات الصينية، مشيرا إلى تمتع الدول العربية والصين بوفرة الموارد والإمكانات، ما يمكنهم من اتخاذ مختلف التدابير والآليات اللازمة للتعامل مع التحديات في مجال إمدادات الطاقة. كما أشار إلى المساعي المبذولة على المستويات السياسية والاقتصادية للوصول إلى أطر مناسبة للتعاون والتكامل وتبادل المنفعة بين الدول العربية وجمهورية الصين الشعبية في مجالات النفط والغاز والطاقة الكهربائية والصناعات والخدمات المرتبطة بهذه المجالات لتحسين كفاءة استخدام الطاقة واستغلال مصادرها المتجددة والتوسع في استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية وتشجيع القطاع الخاص على الاستثمار في مشاريع الطاقة، والتعاون في تبادل الخبرات ونقل التكنولوجيا والمحافظة على البيئة وتنسيق المواقف في المحافل الدولية لشؤون الطاقة على أساس المنفعة المتبادلة للجانبين.



- وفي مستهل كلمته أشار **سعادة الدكتور علي ابراهيم المالكي** الأمين العام المساعد للشؤون الاقتصادية للجامعة العربية إلى إن كافة الأطراف تضع خططاً لتطوير صناعة الطاقة لمواجهة التحديات التي أحدثتها التغيرات في مشهد الطاقة العالمي، وذلك أمر يتطلب التواصل والتعاون بين مختلف الدول والمناطق، وإن مؤتمر التعاون الصيني العربي في مجال الطاقة خير دليل على ذلك.
- ومن جانبه أكد **سعادة المهندس جمال عيسى اللوغاني**، الأمين العام لمنظمة أوابك على حرص منظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول «أوابك» على أن تكون



حاضرة بشكل فعّال في فعاليات مؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة منذ إنطلاقته في عام 2008، لتتولى الجانب المتعلق بالتعاون في مجال صناعة النفط والغاز سعيا منها لتعزيز هذا التعاون بين دولها العربية الأعضاء المنتجة والمصدرة للنفط والغاز، وجمهورية الصين التي تعد المحرك الرئيسي للطلب الآسيوي على النفط والغاز.

كما أكد **المهندس اللوغاني**، ان الدول العربية تتمتع بمكانة هامة في أسواق النفط والغاز العالمية حاضراً ومستقبلاً، فهي تمتلك نسبة 54.3 % من الاحتياطيات العالمية المؤكدة من النفط الخام، وتستحوذ على 29.3 % من الإنتاج العالمي للنفط، كما تستأثر بحصة 30.2 % من إجمالي الصادرات النفطية العالمية. وأشار الى أن الصين تعد أكبر مستورد عالمي للنفط في الوقت الحالي والمتوقع أن يستمر الطلب الصيني في النمو، ومن ثم سيزداد اعتماد الصين على الواردات النفطية ليصل إلى 76.5 % من إجمالي الاستهلاك في عام 2045. كما يعد الغاز الطبيعي هو الأسرع نمواً في الصين، كونه يمثل جزءاً كبيراً من سياسة تحول الطاقة في البلاد، حيث ارتفعت واردات الصين لتشكل نسبة 41 % من إجمالي الطلب على الغاز خلال عام 2022، على الرغم من أنها رابع أكبر منتج للغاز الطبيعي في العالم. كما تم التطرق سعادته الى أبرز التحديات التي تواجه الدول العربية المنتجة والمصدرة للنفط والغاز، أولهما، قضايا البيئة والمناخ وربطها بتحول الطاقة، مؤكداً في هذا السياق انه مصادر الطاقة الاحفورية ستكون جزء من الحل نحو التحول المتوازن والمتدرج والمسؤول نحو مصادر طاقة أكثر ديمومة بشكل يأخذ في الاعتبار الظروف والأولويات لكل دولة. اما التحدي الثاني فهو المتطلبات الاستثمارية لتطوير قطاع النفط والغاز وعلاقتها بأمن الطاقة، في ظل التوقعات المستقبلية أن النفط والغاز الطبيعي سيظلان محور مزيج الطاقة العالمي لتلبية احتياجات التنمية بحصة تبلغ 53 % من هذا المزيج حتى عام 2045، إلا أن الاستثمارات في صناعة النفط سوف تكون دون المستوى المطلوب.

وفي **ختام كلمته أكد الأمين العام** أن التعاون العربي الصيني في مجال النفط والغاز يجب أن يكون من منطلق تحقيق أمن الطاقة للجانبين، أمن الطلب بالنسبة للدول العربية المنتجة والمصدرة للنفط مما سيحفزها لضخ استثماراتها المالية الضخمة في قطاع الطاقة على المديين المتوسط والبعيد، مقابل أمن الامدادات بالنسبة للصين التي ستتزايد احتياجاتها المستقبلية من النفط والغاز.



- أما **الدكتور سالم حامدي**، المدير العام للهيئة العربية للطاقة الذرية، فقد بين في كلمته أن التعاون العربي الصيني قد بلغ مداه وذلك بتوقيع مذكرة التفاهم بين الهيئة العربية للطاقة الذرية والسلطة الصينية للطاقة الذرية بالتنسيق مع الأمانة العامة لجامعة الدول العربية، حيث تم بمقتضاها الاتفاق على البناء المشترك لمركز تدريب عربي معني باستخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية على أساس الصداقة، والمساواة والمنفعة المتبادلة. وقال ان الطرفين قد أكدا على دعمهما التدريب والتأهيل والتعليم للكوادر العربية في مجال استخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية، والارتقاء بالتعاون بين الإدارات والمؤسسات ذات الصلة بين الصين والجامعة العربية، والتواصل وتبادل الخبرات بغية تطوير مجال الطاقة النووية، وتنفيذ التعاون العملي في مجال استخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية.

ثانيا: الكلمات الرئيسية للمنظمات والهيئات العربية المشاركة في المؤتمر



وكانت من ضمن فعاليات اليوم الأول للمؤتمر، تقديم الجهات والمنظمات المشاركة لكلمات رئيسية، حيث أشارت **المهندسة/ جميلة مطر** - مدير إدارة الطاقة في جامعة الدول العربية، في كلمتها إلى أهمية التعاون الوثيق بين جامعة الدول العربية والدول الأعضاء والصين على مختلف المستويات لتعزيز تبادل المعرفة والخبرة في قطاع الطاقة. كما أكدت على أهمية تعزيز المشاركة في فعاليات مؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة استكمالاً للجهود المبذولة.**ومن جانبه،** قدم **السيد عبدالفتاح العريفي دندي** مدير الإدارة الاقتصادية والمشرف على إدارة الاعلام والمكتبة، كلمة رئيسية أشار فيها إلى أن الحديث عن تعزيز التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة يقود لبيان الآفاق الرحبة والفرص الواعدة في هذا المجال. وبين السيد دندي أن الدول العربية المنتجة والمصدرة للنفط والغاز تمتلك فائض من كميات النفط المتاحة للتصدير، حيث وصل هذا الفائض إلى 21.4 مليون ب/ي في عام 2022، ومن المتوقع أن يرتفع إلى 28.5 مليون ب/ي في عام 2050. وأضاف أن الدول العربية تمتلك أيضاً فائض من كميات الغاز المتاحة للتصدير، حيث وصل هذا الفائض إلى 171.5 مليار متر مكعب في عام 2022، ومن المتوقع أن يرتفع إلى197 مليار متر مكعب في عام 2050. وقال السيد دندي، نلاحظ في المقابل اتساع الفجوة بين إنتاج الصين من النفط والطلب المحلي عليه مما يعني تزايد الاعتماد على الواردات لتغطية الاحتياجات



المحلية منه فمن المتوقع ارتفاع الطلب الصيني على النفط من 14.9 مليون ب/ي في الوقت الحاضر إلى 17.9 مليون ب/ي في عام 2045. ومع الاستقرار النسبي في إنتاج الصين من النفط فهناك تزايد في الواردات من النفط من 10.8 م ب ي إلى 13.7 م ب ي خلال ذات الفترة. كما يلاحظ اتساع الفجوة بين إنتاج الصين من الغاز والطلب المحلي عليه مما يعني تزايد الاعتماد على الواردات لتغطية الاحتياجات المحلية منه من 144.8 مليار متر مكعب إلى 262.7 مليار متر مكعب عام 2050.

وفي ختام كلمته، قال **السيد دندي** أن الحاجة تدعو الى العمل سويا على تعزيز التعاون القائم بين الطرفين من منظور أمن الطاقة بشقيه أمن الامدادات للصين وأمن الطلب للدول العربية. كما أشار الى عدد من النقاط التي من شأنها الدفع بالتعاون بين الطرفين نحو الأمام ولما فيه مصلحة الجانبين، من ضمنها تعزيز الاستثمارات في قطاع الصناعات اللاحقة في الصين كالمصافي وصناعة البتروكيماويات من أجل فتح أسواق واسعة لمنتجاتها، وأهمية تعزيز التعاون في مجال البحث والتكنولوجيا وخاصة تلك المتعلقة بكفاءة الطاقة وتقنيات التقاط واستخدام وتخزين الكربون (CCUS) وحلول الطاقة المستدامة.



- من جهته أشار **الدكتور ضو مصباح**، مدير الشؤون الفنية في الهيئة العربية للطاقة الذرية في كلمته الرئيسة الى أن بعض الدول العربية قد بادرت في التخطيط لإنشاء محطات نووية لتوليد الطاقة الكهربائية وذلك لسببين هامين أولهما القدرة الإنتاجية الكبيرة لهذه المحطات وثانيهما التأرجح الملحوظ في أسعار النفط والغاز وضرورة الحفاظ على هذه الثروة واستغلالها استغلالاً جيداً حفاظاً على حقوق الأجيال العربية القادمة. هذا بالإضافة إلى الفوائد العظيمة لهذه المفاعلات والتكنولوجيا النووية في مختلف مجالات الحياة الأخرى، لذلك فإن الدول العربية في حاجة إلى التعاون مع الدول المتقدمة في هذا الميدان مثل جمهورية الصين الشعبية من تقديم المساعدة العلمية والفنية. وأضاف أن العديد من الدول العربية أعربت عن رغبتها في إدراج الخيار النووي ضمن إستراتيجيتها لمزيج الطاقة، فلذلك تعمل الهيئة جاهدة من خلال أنشطتها المتعددة للمساهمة في تعزيز البنية التحتية الوطنية الأساسية والاستعداد لإنشاء محطات نووية عن طريق بناء الموارد البشرية اللازمة لبرنامج ناجح للطاقة النووية.

ثالثا: الجلسات الفنية الموازية

وبحسب البرنامج الزمني للمؤتمر، تم عقد ثلاث جلسات عمل بشكل متوازي قدمت خلالها 18 ورقة عمل من الجانبين تناولت مجالات النفط والغاز الطبيعي، والطاقة المتجددة والهيدروجين وتخزين الطاقة، والطاقة النووية.



- **الجلسة المتعلقة بالتعاون في مجال النفط والغاز.**

افتتح **المهندس جمال عيسى اللوغاني**، الأمين العام للمنظمة الجلسة بكلمة موجزة أشار فيها الى أن إستغلال النفط والغاز مع التحكم في انبعاثاتها من خلال التقنيات النظيفة «CCUS» سيعزز امكانية وصول العالم إلى الحياد الصفري المنشود في عام 2050، وبذلك ستكون هذه المصادر جزء من الحل نحو التحول المتوازن والمتدرج والمسؤول نحو مصادر طاقة أكثر ديمومة والذي يأخذ في الاعتبار الظروف والأولويات لكل دولة. ويعد مجال البحث والتكنولوجيا، وخاصة تلك المتعلقة بكفاءة الطاقة وتقنيات التقاط واستخدام وتخزين الكربون (CCUS) وحلول الطاقة المستدامة مجالا رحبا للتعاون بين الجانب الصيني والجانب العربي الذي يتطلع للاستفادة من خبرة الجانب الصيني في هذا المجال. وأضاف اللوغاني أنه هناك اهتمام متزايد في الدول العربية بشأن إستغلال الطاقة المتجددة لتحقيق أهدافها في خفض الانبعاثات، وأصدرت كثير منها أهدافاً واضحة في خفض انبعاثات الكربون، فمثلاً هدف الإمارات وعمان لتحقيق الحياد الكربوني بحلول عام 2050، والسعودية والبحرين بحلول عام 2060. وفي المقابل، تعد الصين رائدة عالمياً في الاستثمار والبحث والتطوير



في الطاقة الجديدة، وهي أكبر منتج في العالم لمعدات الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح وغيرها من الطاقة الجديدة، وهذا أفق آخر لتعزيز التعاون بين الجانبين.

ومن جانبه قدم **السيد عبدالفتاح العريفي دندي** مدير الإدارة الاقتصادية والمشرف على إدارة الاعلام في هذه الجلسة ورقة فنية موسعة تناول فيها الموقع الحالي والمستقبلي للدول العربية في السوق البترولية ، والوضع الحالي والمستقبلي لقطاع النفط والغاز الطبيعي في الصين، كما تطرق الى أهمية تعزيز التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة من منطلق أمن الامدادات مقابل أمن الطلب ، وختم حديثة بعدد من التوصيات أكد من خلالها أنه في ظل ما ستشهده الصين من تزايد في الطلب المستقبلي على الطاقة، والعجز المتوقع أن تشهده لتلبية احتياجاتها المحلية . وفي ظل ما تمتلكه الدول العربية من احتياطيات ومصادر وفيرة وفائض للتصدير، فالحاجة تدعو الى العمل سويا على تعزيز التعاون القائم بين الطرفين من منظور أمن الطاقة بشقيه: أمن الامدادات للصين وأمن الطلب بالنسبة للدول العربية.



رابعا: البيان الختامي للمؤتمر

أكد البيان أنه وفقاً لما تم التوافق عليه في هذه الدورة، والمداولات التي أجراها المشاركون، اتفق الجانبان على عدة نقاط أبرزها ما يلي:

1. التعاون في مجال النفط والغاز الطبيعي

أشار الجانبان أنهما سيوطدان ويعززان التعاون العلمي في مجال النفط والغاز، خاصة في المشاريع الاستثمارية ذات الصلة، بما في ذلك التنقيب عن النفط واستغلاله وتكرير النقل والكيماويات وما إلى ذلك وفقا للقوانين واللوائح الحالية لمختلف الدول، أخذا في الاعتبار التكنولوجيا الصينية المتقدمة في مجال النفط والغاز. كما أكد الجانبان على توسيع نطاق التجارة الصينية العربية في مجال النفط ومشتقاته، وتنسيق مواقفهما في المنظمات والمناسبات الدولية ذات الصلة بشؤون النفط والطاقة، وعقد ورش عمل وندوات في مجال النفط والغاز.

2. التعاون في مجال الكهرباء وتخزين الطاقة

شدد الجانبان على أهمية تشجيع الشركات ومراكز الأبحاث على تعزيز تبادل الخبرات الفنية والحوار على أساس المنفعة المتبادلة في بناء أنظمة طاقة جديدة عالية المستوى، والاستخدام الرشيد للطاقة التقليدية، والتوجه نحو الطاقة الخضراء، والحرص على أن تكامل عملية «توليد الطاقة ونقلها وتحميلها وتخزينها»، والتطوير المنسق للطاقة الجديدة ومصادر الطاقة التقليدية، والابتكار والنشر على نطاق واسع لتقنيات تخزين الطاقة الجديدة، وتعميق التعاون ليكون أكثر شمولا وعمقا في مجال الطاقة الكهربائية، إلى جانب الاستثمار في تخزين الطاقة.

3. التعاون في مجال الطاقة النظيفة

أكد الجانبان على دعمهما لشركات الطاقة والمؤسسات المالية الصينية للمشاركة في مشاريع الطاقة المتجددة في الدول العربية بما يتوافق مع الاستراتيجيات الوطنية للدول العربية. وفي الوقت نفسه، سيواصل الجانبان تعزيز التعاون في مجالات جديدة مثل التقنيات الخضراء منخفضة الكربون. وتطوير التبادل والتعاون بين الجانبين في تصميم سياسة الصناعة الكهروضوئية والشمسية والحرارية، والبحث والتطوير التكنولوجي، وتعزيز المشاريع التجريبية، وتدريب الكوادر الموهوبة، وما إلى ذلك لتعزيز تطوير صناعة الطاقة النظيفة بشكل مشترك.

4. التعاون في مجال الاستخدامات السليمة للطاقة النووية

اتفق الجانبان على أهمية تطوير التعاون في مجال الاستخدامات السليمة للطاقة النووية، وتعزيز الاستخدامات السليمة للطاقة النووية، وخاصة بناء القدرات في مجالات توليد الطاقة وتحلية مياه البحر، والاستفادة من تجربة الصين، والتأكيد على التعاون بين الصين والدول العربية في مجال أبحاث التكنولوجيا النووية، وأشار الطرفان إلى مذكرة التفاهم الموقعة بين الهيئة العربية للطاقة الذرية في عام 2017 وهيئة الطاقة الذرية الصينية بشأن إنشاء مركز تدريب عربي على الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية، وحثا الطرفين على استئناف التنسيق والجهود المشتركة لتحقيق أهداف هذه المذكرة.

5. التعاون في مجال الهيدروجين الأخضر

أكد الجانبان على تعزيز استخدام الهيدروجين الأخضر لإمدادات الطاقة، والاستفادة من الخبرة المتقدمة للصين من خلال إجراء البحوث وورش العمل، والعمل بنشاط على إنشاء آلية للتبادل العلمي والتقني من خلال الندوات العربية الصينية في مجال طاقة الهيدروجين، إلى جانب تعزيز التعاون العلمي والتطبيقي، والعمل على تنفيذ مشاريع التعاون التجريبية، ووضع المعايير الفنية للهيدروجين النظيف، وكذلك دعم التعاون في السلسلة الصناعية الكاملة لطاقة الهيدروجين (الأمونيا) بين الدول العربية والصين.

وقد اتفق الجانبان على عقد الدورة الثامنة لمؤتمر التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة عام 2025 في إحدى الدول العربية، على أن يتم تحديد مكان وموعد انعقاد المؤتمر في وقت لاحق.

Abstract

"Trends of European countries towards the use of renewable energies and its potential impact on oil markets."

Dr Sofiane Oujidah

Today, Europe is considered as one of the energy giants and the third largest consumer in the world after China and the United States of America, as it relies on more than 70% of fossil fuel. Therefore, the European Union seeks to reduce its energy consumption, from year to year, especially fossil fuels, while maintaining the path of carbon-free energy. The Russia-Ukraine crisis was a reminder that energy was - and remains - a key strategic issue. At the same time, the European Union chose renewable energies as alternatives to fossil fuels in order to contribute to reducing greenhouse gas emissions by diversifying energy supplies and reducing dependence on oil and gas.

EU legislation on enhancing the status of renewable energies has evolved significantly over the past 15 years; Especially in setting and setting appropriate targets and striving to achieve them, as well as amending the Renewables Energy Directive, several times, in order to achieve the urgent emission reductions necessary to achieve the European Union's increasing climate ambitions. Most recently in May 2022, through the REPowerEU plan the ambitious target was raised to 45% by 2030.

At a time when the European continent is witnessing great international tension and Western disputes over energy imports - with the outbreak of the Russian-Ukrainian crisis - the urgent need to activate the independence and diversification of energy sources, as well as the transition to cleaner energy, requires European Union countries to accelerate the pace of searching for alternatives to compensate for the potential shortage in energy supplies. Russia is rich in oil and gas, while developing the renewable energy sector.

Given the importance of the topic, and given that energy issues are very closely linked to issues of politics and economics, and as a result of many oil-producing countries relying on it as a main source of income - in particular the member countries of OAPEC - studying and analyzing these trends would provide a fundamental vision for policy makers. Energy, especially in OAPEC member countries.

The study aims primarily to review the policies pursued by European countries regarding the exploitation of various renewable energies, diversifying the mix of energy consumed in them, and the shift towards renewable and new energies, and to investigate the potential impacts of these trends on global oil markets in general and on the oil of OAPEC member states in particular.

*Senior Economic Researcher, Economic Department, OAPEC

Abstract

Technological Pathways for Decarbonizing Petroleum Refineries

Eng. Imad Makki *

Despite the challenges facing the petroleum refining sector, due to the call for reducing its carbon footprint, it could play an important role in supporting low carbon transitions worldwide, since much of the current processing and distribution infrastructure can be repurposed for this approach.

If the refining sector wants to remain a part of the overall energy transition, it will have to start thinking on how to comply with the regulations and how to remain relevant in the market through applying different decarbonization technologies.

This study assesses several technological pathways for decarbonizing petroleum refining. At the top of the list are the application of fuel switching onsite heat generation and applying carbon capture to the major process units and possibly gas turbines where necessary. Carbon capture, use, and storage (CCUS) technologies are an effective tool for mitigating process emissions because these flue streams come from large, single-point sources rather than varied and dispersed exhaust systems. Fuel switching and electrification, on the other hand, can be applied to dispersed combustion systems, providing clean heat if the electricity or fuel is low or zero carbon.

The study concluded that today's success of the refining industry is no longer just measured on safe and profitable operations, but also the delivery of low carbon products and commitment to low carbon emissions. These situations call for strong collaboration between OAPEC members, working together to implement sustainable solutions for the refining industry to remain competitive.

* Senior Refining Expert, - Technical Affairs Department, OAPEC - Kuwait

Contents

Articles

Technological Pathways for Decarbonizing Petroleum Refineries 7

Eng. Imad Makki Abstract 7

"Trends of European countries towards the use of renewable energies and its potential impact on oil markets." 101

Dr Sofiane Oujidah Abstract 8

Reports

The 7TH china-Arab Energy Cooperation Conference

Abdulfattah Dandi 247

Oil and Arab Cooperation is an Arab journal aiming at spreading petroleum and energy knowledge while following up the latest scientific developments in the petroleum industry

Articles published in this journal reflect the opinions of their authors and not necessarily those of OAPEC.

- Articles should not exceed 40 pages (including text, tables, and figures) excluding the list of references. The full text of the article should be sent electronically as a Word document.
- Figures, maps, and pictures should be sent in a separate additional file in JPEG format.
- "Times New Roman" should be used with font size 12. Line spacing should be 1.5. Text alignment should be "justified".
- Information sources and references should be referred to/enlisted in a clear academic method.
- When citing information from any source (digital, specific vision, or analysis), plagiarism should be avoided. Such information should be rephrased by the researcher's own words while referring to the original source. For quotations, quotation marks ("…") should be used.
- It is preferred to write the foreign names of cities, research centres, companies, and universities in English not Arabic.
- The researcher's CV should be attached to the article if it was the first time he/she cooperates with the journal.
- Views published in the journal reflect those of the authors and do not necessarily represent the views of OAPEC. The arrangement of the published articles is conditioned by technical aspects.
- Authors of rejected articles will be informed of the decision without giving reasons.
- The author of any published article will be provided with 5 complementary copies of the issue containing his/her article.

Articles and reviews should be sent to:
The Editor-in-Chiref, Oil and Arab Cooperation Journal, OAPEC

P.O.Box 20501 Safat -13066 Kuwait
Tel.: (+965) 24959000 - (+965) 24959779
Fax : (+965) 24959755
E-mail : oapec@oapecorg.org - www.oapecorg.org

PUBLICATION RULES

DEFINITION AND PURPOSE

OIL AND ARAB COOPERATION is a refereed quarterly journal specialized in oil, gas, and energy. It attracts a group of elite Arab and non- Arab experts to publish their research articles and enhance scientific cooperation in the fields relevant to the issues covered by the journal. The journal promotes creativity, transfers petroleum and energy knowledge, and follows up on petroleum industry developments.

RESEARCH ARTICLES

The journal welcomes all research articles on oil, gas, and energy aiming at enriching the Arab economic literature with new additions.

BOOK AND RESEARCH REVIEWS

The journal publishes articles presenting analytical reviews on books or studies published on oil, gas, and energy in general. These reviews work as references for researchers on the latest and most important petroleum-industry-related publications.

REPORTS

They tackle a conference or seminar attended by the author on the condition that they are relevant to oil, gas, and energy. Also, the author should obtain the permission of the institution that delegated or sponsored him/her to attend that event allowing him/her to publish their article in our journal. The report should not exceed 10 pages including figures, charts, maps, and tables if available.

RESEARCH CONDITIONS

- Publication of authentic research articles in Arabic which observe internationally recognized scientific research methodology.

OIL AND ARAB COOPERATION

Editor - in - Chief

Jamal Essa Al Loughani

Secretary General, Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (OAPEC)

Managing Editor

Abdulfattah Dandi

Director of Economics Dept. and Supervisor of Media and Library Dept.
OAPEC

Editorial Board

Eng. Imad Nassif Makki

Director of Technical Affairs Dept.
OAPEC

Dr. Dawwod Bahzad

Director Science and Technology Dept.
Kuwait Institute for Scientific Research

Dr. Belkacem L aabas

Chief Economist
Arab Planning Institute

Volume 48 - 2022 - Issue 186

Prices

Annual Subscription (4 issues including postage)

Arab Countries:
Individuals: KD 8 or US $25
Institutions: KD 12 or US$45

Other Countries:
Individuals: US$ 30
Institutions: US$ 50

All Correspondences should be directed to:
Editor-in-Chief of Oil and Arab Cooperation Journal



OIL AND ARAB COOPERATION

Refereed Journal Published Quarterly by the Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (OAPEC)

ORGANIZATION OF ARAB PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES
OAPEC

OIL & ARAB COOPERATION



Volume 49 - 2023 - Issue 186

Articles

- Technological Pathways for Decarbonizing Petroleum Refineries

  Eng. Imad Makki

- "Trends of European countries towards the use of renewable energies and its potential impact on oil markets."

  Dr Sofiane Oujidah

Reports

- The 7TH china-Arab Energy Cooperation Conference

  Abdulfattah Dandi