منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول
أوابك

النفط والتعاون العربي

المجلد التاسع والأربعون 2023 - العدد 184

الأبحاث

- دور حقول البترول الناضجة في تلبية الطلب العالمي على الطاقة

  م. تركي حسن الحمش

- واقع وآفاق الاقتصاد العالمي والانعكاسات المحتملة على أسواق النفط العالمية

  ماجد عامر

- انتاج الوقود الحيوي من الزيوت المستعملة

  د. نوفا أحمد جمعة

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

دور حقول البترول الناضجة في تلبية الطلب العالمي على الطاقة
م. تركي حسن الحمش ——— 7

واقع وآفاق الاقتصاد العالمي والانعكاسات المحتملة على أسواق النفط العالمية
ماجد عامر ——— 95

انتاج الوقود الحيوي من الزيوت المستعملة
د. نوفا أحمد جمعة ——— 169

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

دور حقول البترول الناضجة في تلبية الطلب العالمي على الطاقة

م. تركي حسن الحمش *

* خبير أول بترول / استكشاف وانتاج - إدارة الشؤون الفنية ، أوابك - الكويت

تمهيد

حقول النفط الناضجة هي حقول تنتج منذ فترة طويلة بمعدلات إنتاج انخفضت بشكل كبير عما كانت عليه في السابق، أي أنها قد تجاوزت ذروة إنتاجها. وتمثل الحقول العملاقة الناضجة المصدر الأساسي للنفط الذي يتم إنتاجه اليوم في العالم. تحتوي بعض الحقول الناضجة على آبار ومعدات قديمة، وبعضها ذو بنى تحتية ذات مخاطر مرتفعة نسبياً فيما يتعلق بقضايا البيئة أو السلامة. لكن ذلك لا يعني أن هذه الحقول قد انتهت، فهناك العديد من الأساليب والتقنيات المتاحة لتنشيط الحقول الناضجة يندرج أغلبها تحت مظلة تقنيات الاستخلاص المحسن. وعند النظر في شأن تطوير حقل ناضج يجب أولاً تحديد الهدف المنشود من المشروع، وعادة ما تكون البداية من تحليل المكمن وتقييمه بعناية، لتحديد أية توضعات نفطية لم يتم اكتشافها سابقاً، أو تحديد المناطق التي تتمتع بنسبة تشبع مرتفعة بالنفط من غيرها، ثم تتابع التقنيات الحديثة دورها في عمليات التطوير.

يتطلب اكتشاف وإنتاج النفط سلسلة طويلة من العمليات التي تشمل العديد من المجالات العلمية مثل الجيولوجيا، والهيدرولوجيا*، وهندسة البترول، وغيرها. وبالرغم من أن الحفر لإنتاج النفط يعود لعهدٍ غابر يمتد إلى مئات السنين، إلا أن تاريخ النفط الحديث يبدأ من عام 1859 عبر بئر "ديريك" في ولاية بنسلفانيا الأمريكية. ويعزى سبب ذلك إلى ابتكار تقنية لتكرير النفط المنتج واستخلاص الكيروسين منه لاستخدامه في الإضاءة، مما حوّل النفط منذ أواخر القرن التاسع عشر إلى سلعة دولية. لكن تلك الفترة بعينها شهدت ابتكار المصباح الكهربائي المتوهّج، مما دفع إلى التخوف من فقدان النفط لمكانته، إلا أن تطوير محركات الاحتراق الداخلي غيّر المعادلة لصالح النفط مرة أخرى.

وسرعان ما تنامت أهمية النفط في مزيج الطاقة العالمي، حتى بات مكوّناً رئيسياً ضمن هذا المزيج في القرن العشرين. وتجلّت تلك الأهمية في دخول مفهوم "أمن الإمداد"† ضمن استراتيجيات الدول

* علم دراسة توزع وحركة المياه فوق وتحت سطح الأرض.

† Security of Supply

المستهلكة، وخاصة الكبرى منها مثل الولايات المتحدة والصين ودول أوروبا الغربية، حيث اتبعت كل منها خططاً مختلفة لضمان تدفق النفط بلا انقطاع. وبالرغم من ارتفاع العديد من الأصوات في السنوات الأخيرة تأييداً للانتقال أو التحول الطاقوي* وما بعده من المراحل، إلا أن هذا التحول -في حال نجاحه- يحتاج إلى فترة ليست بالقصيرة، مما يعني أن النفط والغاز سوف يبقيان من أهم مصادر الطاقة في العالم في المدى المنظور، بل ويمكن التأكيد أن عصر "ما بعد النفط" هو مجرد تعبيرٍ فضفاض لأن العالم يتجه اليوم إلى استخدام مزيج من مصادر الطاقة قد ترتفع فيه حصة مصدرٍ ما على حساب مصدر آخر، لكنه بالتأكيد لن يتخلى عن النفط والغاز. وربما يدعم هذه الفكرة النظرُ إلى أن مقدار ما خصصته شركة عملاقة مثل Chevron للاستثمار في التحول الطاقوي لعام 2021 والبالغ 300 مليون دولار، لم يكن يمثل عملياً أكثر من 2% فقط من إجمالي ميزانيتها[1].

تعيش حقول النفط والغاز مدة طويلة، غالباً ما تكون أطول مما كان متصوراً في البداية. وقد تكون هناك عوائق تنظيمية، أو تجارية، أو قيود معينة تتعلق بتخصيص رأس المال أو القوى العاملة، أو مصاعب تقنية، أو غيرها من العوائق التي - إذا تم تداركها- يمكن أن تطيل العمر الإنتاجي للحقل، خاصة مع الإدارة الصحيحة للمخاطر، إذ تعتبر إدارة المخاطر والتكاليف المالية أمراً بالغ الأهمية في صناعة النفط، لا سيما في الشركات التي تتمثل أصولها† في حقول النفط الناضجة. وتعد الإدارة السليمة للمخاطر والتخفيف من حدتها خطوة هامة على طريق اتخاذ قرارات الاستثمار، وبطبيعة الحال فإن المخاطر تكون أكبر في مرحلة الاستكشاف التي تتطلب استثمارات رأسمالية مرتفعة، فمن الضروري - اقتصادياً- أن تترافق تلك الاستثمارات مع تخفيض المخاطر إلى الحد الأدنى.

ينطبق ما ذكر أعلاه على حقول النفط عموماً، أما في حالة الحقول الناضجة والتي شهدت عقوداً من عمليات التطوير، فإن تراكم كميات كبيرة من البيانات والمعلومات يساهم في تراجع المخاطر الفنية بالتأكيد، بينما تشكل مخاطر تكاليف الحفاظ على الإنتاج أمراً حيوياً عند اتخاذ قرار هجر حقل نفطي أو الاستمرار في الإنتاج منه[2]، إذ يظهر سؤال هام حول إمكانية تحقيق عوائد اقتصادية ضمن منظور

* Energy Transition
† Assets

مستويات منخفضة من الإنتاج وخاصة من الحقول الناضجة الصغيرة، وسوف يتم التطرق إلى هذه المواضيع خلال هذه الدراسة.

الفصل الأول

- ✓ تعريف الحقول الناضجة
- ✓ ما هي الحقول العملاقة
- ✓ لماذا الاهتمام بالحقول الناضجة
- ✓ الطلب المستقبلي على الطاقة
- ✓ ذروة إنتاج النفط
- ✓ تنشيط الحقول الناضجة
- ✓ تحديات إدارة وتطوير الحقول الناضجة
- ✓ تكاليف هجر الحقول الناضجة

تعريف الحقول الناضجة

رغم الانتشار الواسع لتعبير "**الحقول الناضجة**" واستخدامه بكثرة في الصناعة البترولية، إلا أنه لا يوجد في الواقع تعريف واضح المعالم لهذا النوع من الحقول، حيث تختلف التعاريف باختلاف الشركات التي تدير الحقول، وإن كان من المقبول نسبياً على المستوى العالمي تعريف الحقل الناضج بأنه: **الحقل الذي بدأ معدل إنتاجه الأعظمي المستقر Plateau في التراجع باستمرار**، أو أن معدل إنتاجه انخفض إلى أقل من نصف الإنتاج الأعظمي. وهناك آراء تتبنى تعريف الحقل الناضج بأنه: **ذاك الذي أنتج أكثر من 50% من احتياطياته المؤكدة والمحتملة**، أو أنه **الحقل الذي مضى على وضعه على الإنتاج أكثر من 25 سنة**[3]. أو ببساطة، **هو الحقل الذي نفذت عليه خطط التطوير بشكل كامل**.

وربما يكون الشكل الأبسط لهذا التعريف هو استخدام فترة الإنتاج، كونها مقدار دقيق واضح، بينما يرتبط التعريف المبني على الاحتياطيات بتغير هذه الاحتياطيات إيجاباً وسلباً نتيجة إعادة تقديرها مع تدفق المعلومات الجديدة عن الحقل بشكل دائم.

ضمن هذا المضمار يمكن النظر إلى الجدول 1 الذي يبين بعض أكبر حقول النفط التي اكتشفت في العالم حتى عام 2000، مرتبة حسب تاريخ الاكتشاف، حيث يلاحظ أن معظمها وضع على الإنتاج منذ أكثر من 25 عاماً، وهي بالتالي حقول ناضجة بالتعريف. كما يلاحظ أن بعضها مثل Esfandiar في إيران اكتشف منذ 56 عاماً لكنه لم يوضع على الإنتاج، وبالتالي فلا ينطبق عليه تعريف الحقل الناضج، وهذا بدوره مثال عن صعوبة تعريف الحقل الناضج حسب معيار واحد.

الجدول 1: أكبر 22 حقلاً للنفط في العالم حتى عام 2000

الحقل	الموقع	الدولة	تاريخ الاكتشاف	تاريخ بدء الإنتاج	الاحتياطي القابل للإنتاج مليار برميل	عدد سنين الإنتاج
Bolivar Coastal Field	على اليابسة	فنزويلا	1917	1922	30- 32	99
Gachsaran Field	على اليابسة	إيران	1927	1930	66	91
برقان	على اليابسة	الكويت	1937	1948	66- 72	73
Aghajari Field	على اليابسة	إيران	1938	1940	28	81
غوار	على اليابسة	السعودية	1948	1951	88- 104	70
Romashkino Field	على اليابسة	روسيا	1948	1949	16- 17	72
السفانية	في البحر	السعودية	1951	1957	30	64
Ahvaz Field	على اليابسة	إيران	1953	1954	25	67
الرميلة	على اليابسة	العراق	1953	1954	17	67
حاسي مسعود	على اليابسة	الجزائر	1956	1956		66
Daqing Field	على اليابسة	الصين	1959	1960	16	61
رورد الباغيل	على اليابسة	الجزائر	1962	1962		60
زاكوم العلوي	في البحر	الإمارات	1963	1967	21	54
Marun Field	على اليابسة	إيران	1963	1966	16	55
Samotlor Field	على اليابسة	روسيا	1965	1969	14- 16	52
Esfandiar Field	في البحر	إيران	1965	-	30	-
مرجان	في البحر	السعودية	1967	1973	2.3	48
غرب القرنة	على اليابسة	العراق	1973	2012	15- 21	9
Cantarell Field	في البحر	المكسيك	1976	1981	18- 35	40
Tengiz Field	على اليابسة	كازاخستان	1979	1993	26- 40	28
شيبة	على اليابسة	السعودية	1998	1998	15	23
Kashagan Field	في البحر	كازاخستان	2000	2013	30	8

المصدر: من إعداد الباحث، وتم تجميع البيانات من عدد من المصادر، منها Offshore Technology، BP، OGJ.

وبالطبع تم منذ عام 2000 وحتى اليوم اكتشاف العديد من الحقول العملاقة التي يمكن أن يندرج بعضها تحت مظلة الحقول الناضجة، لكن الهدف من استعراض الجدو ل السابق هو بيان مثال عن هذه الحقول وليس استعراضها كلها.

ما هي الحقول العملاقة؟

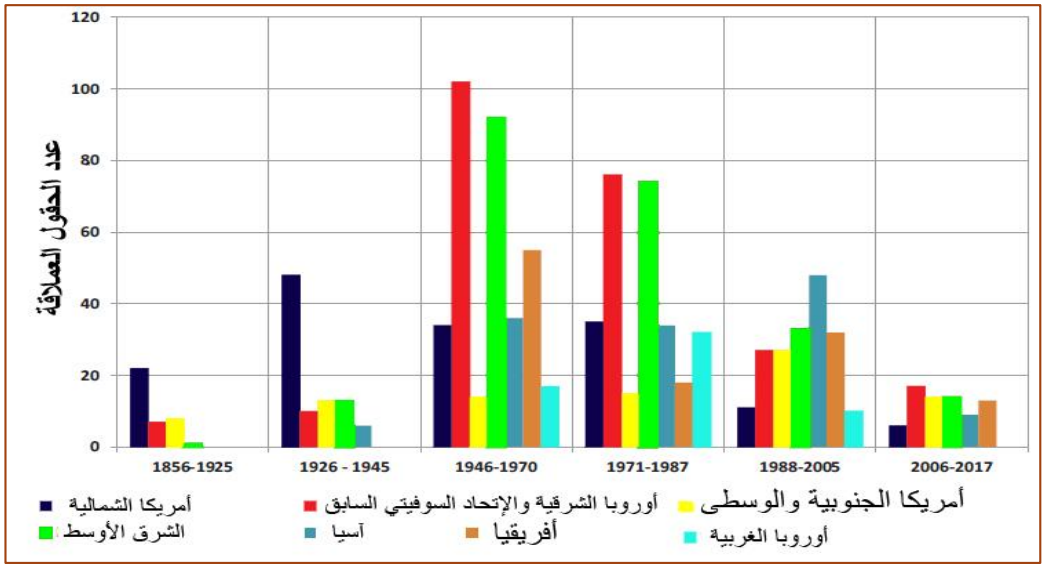
يقود الحديث عن الحقول الناضجة بالضرورة إلى موضوع الحقول العملاقة، إذ يكاد المعنيان يتلازمان بالنسبة للعديد من الحقول القديمة، حيث أن الكثير من حقول العالم العملاقة باتت تدخل تحت تصنيف الحقول الناضجة، وبطبيعة الحال هناك حقول صغيرة ناضجة بدروها، لكن التأثير الملحوظ على كميات الإنتاج العالمي يأتي من الحقول العملاقة، كما أن هناك حقولاً عملاقة تم اكتشافها منذ بضع سنين، فهي من جهة التعريف لم تصل لمرحلة النضوج بعد.

تتطلب الصناعة البترولية استثمارات كبيرة، مما يعني أن تطوير الحقول الناضجة ربما لا يكون اقتصادياً إلا عند وجود احتياطيات كبيرة فيها، ويمكن من جهة الاحتياطيات تصنيف حقول النفط إلى:

1. حقل عملاق للنفط Giant: الإنتاج الأعظمي المتوقع ≤ 500 مليون برميل
2. حقل عملاق للنفط والغاز: الإنتاج الأعظمي المتوقع ≤ 500 مليون برميل مكافئ نفط.
3. حقل عملاق للغاز: الإنتاج الأعظمي المتوقع ≤ 3 تريليون قدم مكعب من الغاز
4. الحقل العملاق ضخم الحجم Super Giant: الإنتاج الأعظمي المتوقع ≤ 5 مليار برميل مكافئ نفط. ويعرف العالم 94 حقلاً من هذا النوع، يقع نحو ثلثها في الدول العربية.
5. الحقل هائل الحجم Mega Giant: الإنتاج الأعظمي المتوقع ≤ 10 مليار برميل مكافئ نفط.

تشير بعض المصادر إلى أن فرص اكتشاف حقول عملاقة جديدة في العالم تتناقص، وتظهر الإحصائيات أن معدل اكتشاف الحقول العملاقة بلغ ذروته بين نهاية الستينات ومطلع السبعينات من القرن الماضي، بينما تراجع بعدها. إذ شهدت الفترة بين نهاية القرن التاسع عشر، وحتى عام 1945 اكتشاف عدد من الحقول العملاقة بشكل رئيسي في منطقة أمريكا الشمالية. أما في الفترة الممتدة بين عامي 1946- 1970 فظهر أكبر عدد من اكتشافات الحقول العملاقة في منطقة أوروبا الشرقية ودول الاتحاد السوفيتي السابق ودول منطقة الشرق الأوسط[4]. يوضح الشكل 1 تراجع عدد الاكتشافات العملاقة بشكل ملحوظ بين عامي 2006 و2017.

الشكل 1: عدد الحقول العملاقة في العالم حسب المجموعات الدولية حتى عام 2017



المصدر: Dolson، 2021.

لا يتنافى ما تقدم مع حقيقة أن السنوات القليلة الماضية شهدت اكتشاف عدد من الحقول العملاقة، ومنها على سبيل المثال حقل عملاق في القاطع CI-101 في "ساحل العاج" في أواخر عام 2021 تراوحت تقديرات احتياطياته الجيولوجية ما بين 1.5- 2 مليار برميل، علاوة على 51 مليون متر مكعب من الغاز. وذكرت شركة Eni أن تكاليف الاستكشاف في القاطع المذكور بلغت 185 مليون دولار[5]، وتعد تكاليف الاستكشاف أمراً حيوياً بالنسبة للصناعة البترولية كما سوف يبين في هذه الدراسة.

لماذا الاهتمام بالحقول الناضجة؟

تستقطب الاكتشافات الجديدة دوماً الأضواء، وتحتل العناوين الرئيسية في مختلف وسائل الإعلام، لكن الواقع أن **الحقول الناضجة تعتبر العمود الفقري للصناعة البترولية** حيث يقدر أن مساهمتها تبلغ 75- 80% من إنتاج العالم من النفط. وقد شهدت صناعة النفط والغاز العالمية في عام 2020 اضطراب أسواق الصناعة البترولية بشكل لم يشهد له التاريخ مثيلاً من قبل، وكان من ضمن تأثيرات ذلك الاضطراب تراجع عدد عقود النفط والغاز، حيث وجدت الشركات صعوبة في المضي قدماً بسبب العوائق التي واجهت رؤوس الأموال، وتراجعِ أسعار النفط والتحديات التشغيلية بسبب تفشي وباء كوفيد-19. وأشارت مؤسسة Rystad Energy إلى أنه لمواجهة الطلب على النفط

حتى عام 2050، لا بد من تنشيط أسواق الاستكشاف، وضخ نفقات رأسمالية تناهز 3 تريليون دولار فيها. ويمكن جلاء أهمية نفقات الاستكشاف من خلال النظر إلى انخفاض استثمارات الاستكشاف والإنتاج بأكثر من 50% في مجال زيت وغاز السجيل في الولايات المتحدة الأمريكية بحسب بيانات وكالة الطاقة الدولية IEA، حيث تراجعت الاستثمارات من 100 مليار دولار بين عامي 2018- 2019، إلى نحو 45 مليار دولار في عام 2020. وقد قدرت الاستثمارات في مجال الاستكشاف والإنتاج على مستوى العالم بنحو 341 مليار دولار خلال عام 2021، وهو ما مثل تراجعاً بنسبة 23% عن الاستثمارات في فترة ما قبل وباء كورونا، ورافق ذلك تراجع الاكتشافات الجديدة إلى أقل مستوى لها منذ عدة عقود، إذ قدر إجمالي حجم الاكتشافات الجديدة بنحو 4.7 مليار برميل مكافئ نفط خلال عام 2021 مثّل النفط منها نحو 66%. وقد لوحظ أن روسيا حققت ستة اكتشافات فقط خلال النصف الأول من عام 2021، بلغ مجموع احتياطياتها حوالي 36 مليون برميل فقط، وهو عملياً أقل عدد وحجم من الاكتشافات تحققه روسيا منذ خمس سنوات. وأشارت العديد من المصادر إلى أن السبب الرئيسي وراء هذا التراجع يعود إلى خفض النفقات الرأسمالية الروسية في مجال الاستكشاف. يذكر أن روسيا حققت 66 اكتشافاً عام 2019، ونحو 35 اكتشافاً عام 2020.

إن تراجع الاستثمارات في مجال الاستكشاف والإنتاج يعني احتمال تراجع الإمدادات البترولية، وتراجع السعات الإنتاجية، وهو ما سوف ينعكس سلباً على الاقتصاد العالمي. وقد انعكس تراجع الاكتشافات في عام 2021 في تراجع احتياطيات النفط والغاز في العالم بنسبة 1% بين عامي 2020 و2021، بينما كانت التقديرات قد بينت أن احتياطيات العالم من النفط ارتفعت بنسبة 2.6% بين عامي 2019 و2020.

ولما كان الهدف الرئيسي لعمليات الاستكشاف هو الوصول إلى أفضل المصادر المتوفرة، فمن الطبيعي أن الصناعة البترولية وللحصول على أعلى مردود على استثماراتها، تعتمد دوماً على التقنيات الحديثة لتجاوز عقبة "بيئة الأسعار المتذبذبة للنفط"، وعقبة "طول المدة اللازمة لتنفيذ المشاريع البترولية". لكن التقنيات الحديثة بحد ذاتها تمثل تحدياً لا يستهان به، إذ أن التغيرات التقنية تنمو بشكل متسارع مرتبطة إلى حد بعيد بالحوافز التي تدعم تطوير هذه التقنية.

ضمن نفس المضمار، ورغم ارتفاع العديد من الأصوات المؤيدة للانتقال أو التحول الطاقوي خلال عام 2020 وما بعده، إلا أن هذه التحول -في حال نجاحه- يحتاج إلى فترة ليست بالقصيرة، مما يعني أن النفط والغاز سوف يبقيان من أهم مصادر الطاقة في العالم في المدى المنظور. ويمكن هنا النظر إلى أن ما خصصته شركة عملاقة مثل Chevron للاستثمار في التحول الطاقوي لعام 2021 والبالغ 300 مليون دولار، لا يمثل عملياً سوى 2% فقط من إجمالي ميزانيتها[6]. بمعنى آخر، وبالنظر إلى جملة ما تقدم عن العوائق وتراجع الاستثمارات، تظهر الحقول الناضجة كطوق نجاة قريب المنال، مقابل التراجع في الاستثمارات.

قدر عدد الحقول العملاقة المكتشفة في العالم حتى مطلع عام 2020 بنحو 1060 حقلاً، اكتشف 84% منها قبل عام 2000، فيمكن القول -نظرياً على الأقل- أن 84% من حقول العالم العملاقة هي حقول ناضجة. فعلى سبيل المثال اكتشف أقدم الحقول العملاقة المعروفة في العالم (حقل La Brea في البيرو) قبل 153 عاماً وتحديداً في عام 1868، وقدر الاحتياطي الأعظمي القابل للإنتاج فيه بنحو 3.5 مليار برميل، لكن الحقل سوف يتوقف عن الإنتاج غالباً في عام 2027 بعد أن تراجع إنتاجه إلى هامش الحدود الاقتصادية. يبين النظر في تاريخ اكتشاف الحقول العملاقة أن العدد الأكبر من هذه الحقول تم اكتشافه في الفترة ما بين أواخر الستينات وأواخر السبعينات في القرن الماضي، وشهد عام 1969 تحقيق 28 اكتشافاً عملاقاً، منها 13 اكتشافاً على اليابسة، و15 اكتشافاً في المغمورة.

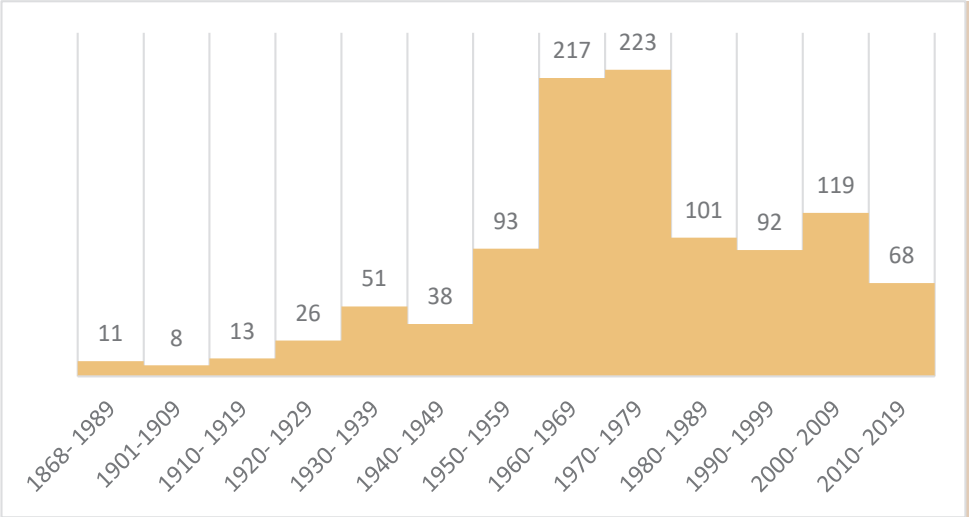
ويمكن تبيّن عدد الاكتشافات العملاقة Giants والعملاقة ضخمة الحجم Super Giants في العالم موزعة على فترات زمنية متساوية (هستوغرام) من خلال الشكلين 2 و3. بينما يبين الجدول 2 التوزع العددي للحقول العملاقة في العالم وفي الدول العربية، ويلاحظ منه أن في العالم سبعة حقول هائلة الحجم، منها خمسة في الدول العربية هي حقلا الغوار والسفانية في السعودية، وحقل الشمال في قطر، وحقل برقان في الكويت، وحقل خليج البحرين الذي اكتشف عام 2018 ولم يوضع على الإنتاج بعد، أما الحقلان الباقيان فهما حقل أورينغوي في روسيا، وحقل فارس الجنوبي في إيران.

الجدول 2 : عدد الحقول العملاقة حسب تصنيفاتها في الدول العربية والعالم

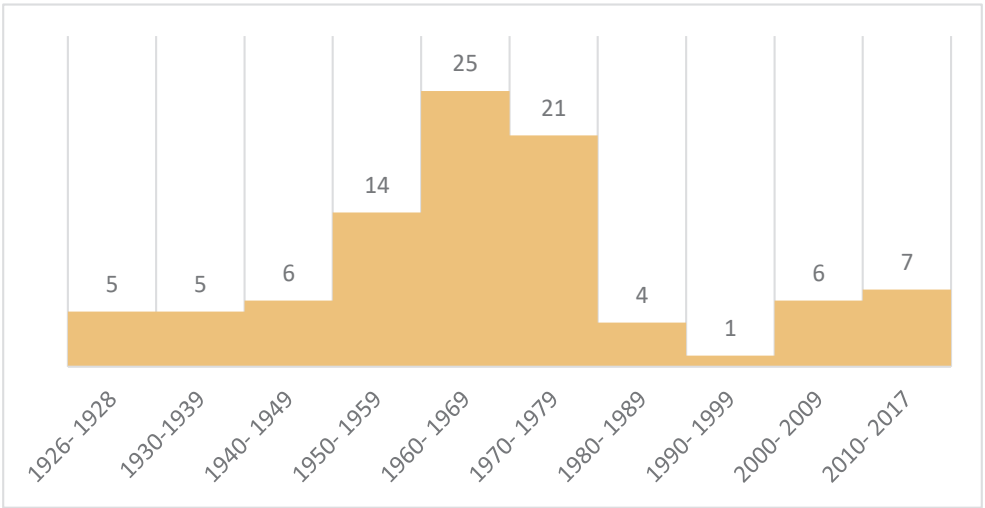
	حقل عملاق Giant	حقل عملاق ضخم الحجم Super Giant	حقل هائل الحجم Mega Giant
في العالم	781	64	2
في الدول العربية	178	30	5
المجموع	959	94	7
الدول العربية/ العالم %	**%19**	**%32**	**%71**

من إعداد الباحث بناء على بيانات مستخلصة من قاعدة بيانات [7] Harvard Dataverse. النسب المئوية مدورة لأقرب رقم

الشكل 2: التوزع الزمني (هستوغرام) لعدد الاكتشافات العملاقة Giants في العالم حتى مطلع عام 2020



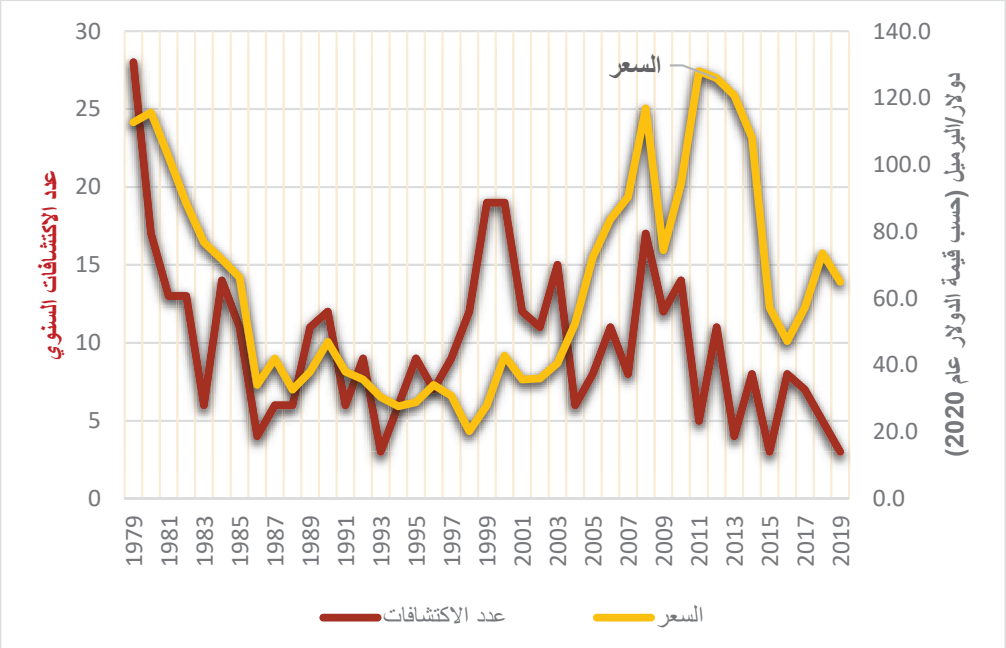
الشكل 3: التوزع الزمني (هستوغرام) لعدد الاكتشافات العملاقة ضخمة الحجم Super Giants في العالم



المصدر: الشكلان من إعداد الباحث بناء على بيانات مستخلصة من قاعدة بيانات Harvard Dataverse

ولا يمكن عملياً غض النظر عن التأثير المتبادل بين أسعار النفط وبين عدد الاكتشافات كما هو مبين في الشكل 4، الذي يبين أسعار النفط* وعدد الاكتشافات منذ مطلع الثمانينات. حيث يلاحظ منه† التشابه البنيوي بين شكل المنحيين، مما يؤكد أن هناك علاقة وثيقة بين أسعار النفط وبين عدد الاكتشافات، فالأسعار المرتفعة للنفط (ضمن عوامل أخرى بالتأكيد) تشجع الشركات على الاستثمار في عمليات التنقيب وهذا يعني زيادة فرصة الحصول على اكتشافات جديدة. يضاف إلى كل ما سبق وجود عدد كبير من الحقول المتوسطة والصغيرة المسؤولة عن نحو 34% من إنتاج العالم، ولا يوجد رقم مؤكد يبين عدد هذه الحقول، وإن قدر هذا العدد في عام 2011 بأكثر من 76720 (ستة وسبعين ألفاً وسبعمئة وعشرين) حقلاً، يقع نحو 76% منها في الولايات المتحدة الأمريكية[8].

الشكل 4: عدد الاكتشافات وأسعار النفط خلال 40 عاماً



المصدر: من إعداد الباحث، بناء على بيانات الأسعار من Nasdaq، وعدد الاكتشافات من قاعدة بيانات Harvard Dataverse، ومن قاعدة بيانات تتبع بيانات الاكتشافات البترولية الجديدة / إدارة الشؤون الفنية- أوابك.

* حسب قيمة الدولار في عام 2020.

† تم إعداد الشكل من قبل الباحث بناء على بيانات استخلصت من قاعدتي بيانات:

Harvard Dataverse, *Giant oil and gas field discoveries 2018*. Cust *et al*. 17/2/2021. https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/MEH5CS

Nasdaq, *Crude oil Prices from 1861*. https://data.nasdaq.com/data/BP/CRUDE_OIL_PRICES-crude-oil-prices-from-1861

عموماً، **تكمن أهمية الحقول الناضجة في أربع نقاط** هي:

1. تساهم في ازدهار اقتصاد الدولة، كونها تحتوي على كميات من الهيدروكربونات التي يمكن استثمارها.
2. توفّر بنية تحتية واسعة تسمح بتطوير الاكتشافات الصغيرة المجاورة بشكل اقتصادي.
3. يمثل إنتاج الحقول العملاقة نحو 60% من إجمالي الإمداد العالمي من النفط، ومعظم الحقول العملاقة المعروفة في العالم دخلت في طور النضوج.
4. تؤمن كمية كبيرة من البيانات التي تستخدم لتحسين برامج الاستكشاف والتطوير.

وربما تبرز أهمية الحقول الناضجة بشكل أوضح، عند النظر في الطلب المستقبلي على الطاقة وتأثره - علاوة على المتغيرات الاقتصادية والاجتماعية- بالتغيرات الجيوسياسية، وهو ما يحتاج لشيء من التفصيل. ولما كانت هذه الدراسة تستهدف التعرف على دور الحقول الناضجة في تلبية الطلب العالمي على الطاقة، فلا بد بداية من تحديد شكل وأبعاد هذا الطلب.

الطلب المستقبلي على الطاقة

رغم بساطة التعبير إلا أن تحديد مستقبل الطلب العالمي على الطاقة يخضع عملياً للعديد من المعايير التي تحمل - مع أي رقم مستقبلي- مجالاً واسعاً لعدم الموثوقية* بسبب المُعامِلات التي يتم افتراضها، وهذا ما يوجِد عدداً كبيراً من السيناريوهات التي تختلف من معهد لآخر. ورغم تعدد هذه السيناريوهات إلا أن سيناريو الحالة العادية يبقى الأهم، ذلك أن بقية السيناريوهات المرتبطة بحدوث تحول جذري في سلوك الاستهلاك أو في التحول الطاقوي، تبقى سيناريوهات نظرية قد تتغير بمعدل سريع، كما هو الحال فيما شهده العالم مؤخراً بعد الأزمة الروسية الأوكرانية، إذ تراجعت أغلب الدول عن خططها الرامية للحد من استخدام مصادر الطاقة الأحفورية، حيث وجدت في هذه

* Uncertainty

المصادر حصناً يقيها شبح أزمة طاقوية يستحيل أن تتمكن مصادر الطاقة المتجددة من احتوائها بالسرعة المطلوبة.

وبالرغم من تعدد السيناريوهات التي تصدرها الهيئات المختلفة، إلا أنها جميعاً تتفق على أن الطلب العالمي على الطاقة في تزايد مستمر، وهو أمر سيكون مدفوعاً بشكل رئيسي بنمو الاستهلاك في الاقتصادات النامية ومن أهمها دول آسيا. ويمكن الاستدلال على ذلك من مراجعة العديد من توقعات الطلب المستقبلي لمختلف الجهات، فمنها على سبيل المثال منظور منظمة أوبك للطلب المستقبلي على النفط في سيناريو الحالة العادية، والذي يبين أن الطلب على النفط سيبلغ 99 مليون ب/ي في عام 2045، بينما سيبلغ الطلب على الغاز ما يعادل 85.7 مليون ب م ن/ي*. أما إدارة معلومات الطاقة الأمريكية فيبين منظورها المستقبلي أن الطلب على النفط سيبلغ قرابة 96.1 مليون ب/ ي عام 2045، بينما سيبلغ الطلب على الغاز نحو 81 مليون ب م ن/ي.

وترى شركة BP أن إنتاج النفط العالمي سوف يبلغ 92 مليون ب/ي عام 2045، وسوف يصل إنتاج الغاز إلى نحو 84 مليون ب م ن/ي. تبين **الجداول (3، 4، 5)** المنظور المستقبلي للطلب على النفط والغاز والفحم الحجري، وإجمالي الطلب المتوقع والذي يتضمن مصادر الطاقة الأخرى.

ونظراً لأن كل جهة تصدر توقعاتها باستخدام واحدات مختلفة، فقد تم تحويل كل التوقعات إلى (برميل مكافئ نفط) لسهولة المقارنة†.

الجدول 3 : مستقبل الطلب على الطاقة- منظور OPEC

	2020	2025	2030	2035	2040	2045
نفط	83	95	97	99	99	99
غاز	64	70	75	80	83	86
فحم حجري	73	74	72	68	64	61
إجمالي الطلب على الطاقة (مليون ب م ن/ي)	275	304	319	332	344	352

المصدر: استخلصت البيانات من: OPEC, World Oil Outlook 2021

* برميل نفط مكافئ
† تم تحويل البيانات باعتبار 1 كوادراليون وحدة حرارة بريطانية = 172 مليون برميل مكافئ نفط.

الجدول 4 : مستقبل الطلب على الطاقة- منظور EIA

	2020	2025	2030	2035	2040	2045
نفط	76	84	86	89	92	96
غاز	65	70	73	75	78	81
فحم حجري	73	74	73	77	79	82
إجمالي الطلب على الطاقة (مليون ب م ن/ي)	283	315	332	353	375	397

المصدر: استخلصت البيانات من: EIA, World Energy Projection System 2021

الجدول 5 : مستقبل الطلب على الطاقة- منظور BP

	2020	2025	2030	2035	2040	2045
نفط	88	98	98	97	94	92
غاز	62	69	75	79	82	84
فحم حجري	72	69	67	65	62	59
إجمالي الطلب على الطاقة (مليون ب م ن/ي)	249	276	290	300	309	318

المصدر: استخلصت البيانات من: BP-energy-outlook-2020-summary-tables، ولا تتضمن جداول BP المشار إليها هنا معدل الطلب على الطاقة في عام 2020، لذلك تم استخدام بيانات الاستهلاك العالمي من BP Statistical review of world energy 2021 لأرقام عام 2020

وعند ترجمة التوقعات السابقة إلى نسب مئوية من إجمالي الطلب العالمي (الجدول 6) يلاحظ أن الطلب على الوقود الأحفوري حسب التوقعات المختلفة يمكن أن يتراوح بين 65- 74% من إجمالي الطلب على الطاقة في عام 2045، أما نسبة النفط والغاز من إجمالي الطلب المستقبلي المتوقع على الطاقة في نفس العام فسوف تكون 55%، 53%، 45%، وذلك حسب منظورBP، وOPEC، وEIA على التوالي. بتعبير آخر، سوف يستمر النفط والغاز في تلبية ما يربو على نصف الطلب العالمي على الطاقة على الأقل خلال المدى المنظور ضمن سيناريو الحالة المرجعية.

وحتى وكالة الطاقة الدولية التي كانت قد حملت لواء "خارطة الطريق نحو الانبعاثات الصفرية في عام 2050"، ترى أن سيناريو الحالة العادية يعني أن 60% من طاقة العالم سوف تكون من النفط والغاز في عام 2050[9].

الجدول 6 : نسبة الوقود الأحفوري من إجمالي الطلب المستقبلي على الطاقة

الجهة	مصدر الطاقة	2025	2045
BP	نفط	36%	29%
	غاز	25%	26%
	فحم حجري	25%	19%
	الوقود الأحفوري	**86%**	**74%**
	نفط+ غاز	**61%**	**55%**
OPEC	نفط	31%	28%
	غاز	23%	24%
	فحم حجري	24%	17%
	الوقود الأحفوري	**79%**	**70%**
	نفط+ غاز	**54%**	**53%**
EIA	نفط	27%	24%
	غاز	22%	20%
	فحم حجري	23%	21%
	الوقود الأحفوري	**72%**	**65%**
	نفط+ غاز	**49%**	**45%**

المصدر: من إعداد الباحث، بناء على توقعات الطلب المستقبلي حسب الجهات المبينة في الجدول. المجموع قد يختلف بسبب تدوير الأرقام.

بالعودة إلى البيانات المدرجة آنفاً في جداول الطلب العالمي على الطاقة*، وبأخذ وسطي الطلب اليومي على النفط حسب التوقعات لكل جهة (OPEC، BP، EIA)، واحتساب الاستهلاك السنوي خلال 25 عاماً (حتى عام 2045) يلاحظ أن العالم سوف يستهلك ما يناهز 800- 870 مليار برميل من النفط خلال هذه الفترة، وهو ما يعادل نحو 60- 67% من إجمالي الاحتياطي المؤكد في العالم عام 2020، والبالغ نحو 1.28 ترليون برميل، مما يعني وجود أهمية فائقة لتعويض الكميات المنتجة سواء عبر اكتشافات جديدة، أو عبر رفع معامل الاستخلاص من الحقول المنتجة، أو عبر تنشيط الحقول الناضجة†.

* الجداول 3، 4، 5.

† هذه الحسابات الافتراضية مبسطة لا تأخذ بعين الاعتبار التغيرات السنوية للطلب، بل تكتفي بالمتوسط الإجمالي المتوقع، رغم ذلك يمكن القبول بها لرسم ملامح عامة لصورة الاستهلاك الإجمالي المتوقع حتى عام 2045، مع الأخذ بعين الاعتبار أن الطلب المستقبلي أساساً قائم على التوقعات المرتبطة بالكثير من المتغيرات.

إن تلبية الطلب على نصف حاجة العالم من الطاقة - على الأقل- خلال عقدين ونيّف باستخدام النفط والغاز، ليس بالهدف السهل ضمن مختلف التوقعات، خاصة بعد أن تراجعت الاستثمارات في مجال الاستكشاف والإنتاج بأكثر من 30% خلال عام 2020 مدفوعة بتراجع الطلب نتيجة انتشار وباء كورونا، إذ لوحظ على سبيل المثال انخفاض استثمارات الاستكشاف والإنتاج بأكثر من 50% في مجال زيت وغاز السجيل في الولايات المتحدة الأمريكية بحسب بيانات وكالة الطاقة الدولية IEA، حيث تراجعت الاستثمارات من 100 مليار دولار بين عامي 2018- 2019، إلى نحو 45 مليار دولار في عام 2020، وقد أشارت الوكالة في منظورها[10] لعام 2020 إلى أنه وفي ظل تخوف المستثمرين من ضبابية الأسواق، لم يعد من الممكن الاعتماد على زيت السجيل بنفس القدر السابق لمواجهة اضطرابات الأسواق أو ركودها، كما كان عليه الحال خلال السنوات القليلة السابقة حين كان زيت السجيل يلعب دوراً حيوياً في هذا المجال.

من جهة أخرى أقرت وكالة الطاقة الدولية بارتفاع الوتيرة التي يمكن للمنتجين التقليديين من خلالها ضخ إنتاج جديد إلى السوق، حيث تستغرق المشاريع الجديدة نحو ثلاث سنوات في المتوسط للوصول إلى مرحلة الإنتاج الأول. لكنها رأت أن عدم اليقين بشأن الطلب العالمي على النفط يعني أن هناك احتمالاً لعزوف المنتجين عن الإسراع في تطوير المشاريع الجديدة. ورأت الوكالة كذلك أن إنتاج النفط في دول أمريكا الشمالية سوف يصل إلى 27.7 مليون ب/ي في عام 2025، وهو رقم يقل بنحو 700 ألف ب/ي عن توقعاتها المنشورة في عام 2019 قبل انتشار وباء كوفيد-19.

لكن عام 2022 شهد تحسناً ملحوظاً في حركة الأسواق البترولية مدفوعاً بعودة الطلب على الطاقة بالتدريج إلى مستويات تقارب ما كانت عليه قبل انتشار وباء كوفيد-19 في مطلع عام 2020، وترافق ذلك مع التحسن النسبي في أسعار النفط، وقد انعكس هذا التحسن على ميزانيات بعض الشركات العملاقة، كما انعكس على الاستثمارات في بعض المشاريع الكبيرة، وخلافاً لخطط أعلنت في مطلع عام 2021 بشأن وقف إصدار تراخيص فيدرالية جديدة لعمليات التنقيب عن النفط والغاز في الولايات المتحدة الأمريكية، فقد تم الإعلان في شهر أغسطس/آب 2021 عن فتح مساحات جديدة للاستكشاف في خليج المكسيك تقارب 324 ألف كم مربع. وترى بعض الجهات البحثية مثل

مؤسسة Rystad Energy أن أكثر من 1.7 تريليون دولار سيتم إنفاقها على خدمات الحفر وصيانة الآبار بين عامي 2021- 2030، حيث يقدر عدد الآبار التي سوف تحفر خلال تلك الفترة بنحو 600 ألف بئر، منها نحو 30% من آبار النفط في الصخور منخفضة المسامية[11]. ومن المتوقع أن ترتفع الاستثمارات في مجال الاستكشاف والإنتاج حتى نهاية عام 2022 بمعدل 16% عن العام السابق لتصل إلى 658 مليار دولار. وقد لوحظ عملياً ارتفاع عدد الحفارات العاملة في العالم بنحو 22% خلال النصف الأول من عام 2022، حيث وصل متوسط عدد الحفارات العاملة إلى 1628 حفارة، مقابل 1262 حفارة في النصف الأول من عام 2021. كما لوحظ أن المنظور الإيجابي للطلب على الطاقة والتلاشي النسبي لآثار وباء كورونا ساهما في انتعاش عمليات التنقيب والحفر الاستكشافي، حيث تتبعت الأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول تحقيق أربعة وخمسين اكتشافاً جديداً للنفط والغاز حتى منتصف عام 2022، منها ستة وثلاثون اكتشافاً للنفط والبقية اكتشافات للغاز. وهو ما يعكس ارتفاع الفعاليات في الاستكشاف، وذلك بعد التراجع الملحوظ في عدد الاكتشافات خلال عام 2021، حين تم تحقيق 40 اكتشافاً جديداً على مستوى العالم خلال النصف الأول من ذلك العام كان منها 25 اكتشافاً للنفط.

وإذ تبقى آراء العاملين في الصناعة البترولية هي الفيصل فيما يخص موضوع الاستكشاف والاستثمارات المتعلقة به، فمن المفيد في هذا المضمار عرض بعض النتائج لاستبيان قامت به مؤسسة Wood Mackenzie في عام 2022 حول مستقبل عمليات الاستكشاف، وشمل خبراء فنيين ورؤساء شركات من جميع أنحاء العالم[12]، حيث بينت النتائج أن 39% من المشاركين توقعوا أن تستمر عمليات صناعة الاستكشاف لأكثر من 30 عاماً (أي لما بعد 2050)، بينما توقع 14% أن تستمر لنحو 30 سنة على الأقل، وتوقع 29% فقط أن تستمر لنحو 20 سنة على الأقل. إن مجمل هذه النتائج يعني أن الأغلبية يرون أن صناعة الاستكشاف سوف تبقى حتى ما بعد عام 2040. من جهة أخرى رأى 63% من المشاركين أن عمليات الاستكشاف ضمن الأصول الموجودة لديهم حالياً هي الخيار الأمثل وسوف يكون لها دور رئيسي في تطوير المصادر البترولية، وهذا يعني عملياً أن الحقول الناضجة في بعض الأصول سيكون لها حصة من هذه العمليات. كما بين الاستبيان أن أهم عنصر

يوضح نجاح عمليات الاستكشاف هو خلق قيمة إضافية للأصول، وهذا أمر متوقع في ضوء أن الصناعة البترولية -كغيرها من الصناعات- تحتاج لتحقيق عوائد على استثماراتها حتى تستطيع المضي قدماً في عملها.

ويمكن باختصار القول إن الطلب المتنامي على النفط والغاز يعتبر من بين أبرز الأسباب التي تؤدي إلى تزايد الاهتمام بتطوير مختلف المصادر الهيدروكربونية، وتلعب أسعار النفط دوراً لا يستهان به في تحفيز جهود البحث عن مصادر مختلفة للطاقة، ومع حقيقة أن الوقود الأحفوري بمختلف أنواعه سيبقى ممثلاً للحصة الأكبر في مزيج الطاقة العالمي، فإن الاستثمار في عمليات الاستكشاف يبقى من أهم السبل لتفادي شح مصادر الطاقة في العالم، وتحديد معالم الطلب المستقبلي على الطاقة.

وإذا بقيت مساهمة الحقول الناضجة تمثل 75- 80% من إنتاج العالم من النفط، فهذا يعني أنها في عام 2045 ستنتج ما بين 71- 76 مليون ب/ي، وذلك باعتبار أن متوسط الطلب المتوقع في ذلك العام هو 95 مليون ب/ي.

أثر التغيرات الجيوسياسية في الطلب على الطاقة

إن التحليل المذكور فيما سبق يشير إلى السيناريوهات العادية التي يتم ربطها بالنمو السكاني، والدخل القومي، وزيادة نسبة مساهمة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة، والمتعلقة أيضاً بحجم الدعم المقدم لهذا النوع من الطاقات. لكن هناك أحوالاً لا تؤخذ بعين الاعتبار في تلك السيناريوهات، مثل التغيرات الجيوسياسية والتي يمكن لها -عندما تكون على مستوى عالمي- أن تلعب دوراً هاماً في إعادة رسم خرائط الطلب بل والإمداد أيضاً، ومنها على سبيل المثال ما شهده العالم منذ انطلاق الأزمة الروسية الأوكرانية، حيث شهدت أسعار النفط ارتفاعاً سريعاً نتيجة التخوف من نقص الإمداد، وبعد أن كانت أغلب التوقعات ترى أن سعر البرميل سيتراوح بين 70- 80 دولاراً في عام 2022، وصلت التوقعات إلى أن السعر سوف يكون في حدود 100- 130 دولار/البرميل في الربع الثالث من عام 2022*، وارتبطت تلك التوقعات باحتمال خروج ما لا يقل عن مليوني برميل من النفط الروسي

* بلغ متوسط السعر الفوري لخام غرب تكساس الوسيط 101.58 دولار خلال النصف الأول من عام 2022، وذلك بحسب بيانات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية.

من الأسواق[13]. ويمكن الإشارة هنا إلى أن معدل إنتاج النفط الروسي عام 2019 بلغ نحو 11.7 مليون ب/ي، وتراجع هذا الرقم عام 2020 إلى 10.7 مليون ب/ي (أكثر من 12% من إنتاج العالم) بسبب اتفاق روسيا مع دول أوبك على الحد من الإنتاج للحفاظ على استقرار أسعار النفط ضمن ما عرف باتفاقية أوبك+. أما في عام 2021، فبلغ إنتاج روسيا من النفط الخام وسوائل الغاز الطبيعي 10.9 مليون ب/ي[14]، وبلغت صادراتها حوالي 4.7 مليون ب/ي، استأثرت الصين منها بحصة تناهز 34%. كما أنتجت روسيا عام 2021 أكثر من 762 مليار متر مكعب من الغاز، صدرت منها 210 مليار متر مكعب عبر خطوط الأنابيب.

تمتلك روسيا القدرة على تصدير النفط الخام مباشرة إلى أوروبا وآسيا، إذ تنقل منظومة خط أنابيب Druzhba نحو 750 ألف برميل يوميا من الخام مباشرة إلى المصافي في شرق ووسط أوروبا. وتعتبر هذه المنظومة أطول شبكة خطوط أنابيب في العالم بطول يبلغ 5500 كم. وإجمالاً، تمتلك روسيا أكثر من 6% من احتياطيات النفط، ونحو 20% من احتياطيات الغاز في العالم، لكن العديد من حقولها وضعت على الإنتاج منذ عقود، مما يعني أن تلك الحقول دخلت في طور النضج وبات تطويرها أو رفع معدلات الإنتاج منها أمراً ليس بالسهل. وقد أعلنت شركات نفط كبرى مثل ExxonMobil وShell وBP، أنها ستتوقف عن التعاون مع صناعة البترول الروسية وهو أمر يحتمل أن يكون له آثار بعيدة المدى ربما أكبر من آثار حظر واردات النفط والغاز الروسي إلى الولايات المتحدة الأمريكية، فالواقع أن المنتجين الروس اعتمدوا على خبرة الشركات الأجنبية العملاقة للمساعدة في إدارة الحقول الناضجة والحفاظ على الإنتاج لأطول فترة ممكنة. وقد تطلب توقيع اتفاقيات التعاون في مجال الإنتاج سنوات من المفاوضات، ومن غير المرجح أن تعيد شركات النفط الغربية تلك الاتفاقيات التي توقفت حالياً حتى لو تم إيجاد حل سريع نسبياً للأزمة بين روسيا وأوكرانيا. وسواء استمر الحظر على التصدير أم لا، قد يبدأ إنتاج النفط الروسي في الانخفاض، وما لم تحصل صناعة النفط الروسية على الاستثمار والخبرة من مصادر أخرى، فقد تحدث الانخفاضات بشكل أسرع مما هو متوقع. يأتي ذلك في وقت ظل فيه إنتاج النفط العالمي دون مستويات عام 2019 التي

زادت عن 98 مليون ب/ي، بينما قدر إنتاج العالم عام 2021 بحوالي 96.7 مليون ب/ي*.

ومع تأثر الصناعة بوباء كورونا وبالدعوات إلى الحد من الاستثمارات في مجال الاستكشاف، باتت الشركات أكثر حذراً عند التفكير في بدء مشاريع جديدة، فقد لوحظ خلال عام 2021 أن مستويات الاكتشافات الجديدة كانت الأدنى منذ 75 عاماً.

وقد يبدو أن ارتفاع أسعار النفط التي وصلت في شهر مارس 2022 إلى حدود 130 دولار/ البرميل هو أمر جيد مبدئياً للمنتجين، لكن التاريخ يبين أن ارتفاع الأسعار كان أحد أسباب الركود الاقتصادي في العالم في العقود الماضية. كما ساهم ارتفاع الأسعار سابقاً في تشجيع الاستثمار في مجال زيت السجيل (الزيت الصخري)، والذي شكل حسب بيانات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية نحو 66% من إجمالي إنتاج النفط في الولايات المتحدة في عام 2021. لكن المنتجين الذين عانوا من أزمة وباء كورونا، باتوا بدورهم أكثر حذراً عند ضخ استثماراتهم في هذا المجال. ولا يغيب عن الذهن أيضاً أن معظم الإنتاج (والأرباح) في مجال زيت وغاز السجيل أتى من مناطق صغيرة "عالية الجودة" إن صح التعبير Sweet Spots داخل التكوينات الجيولوجية الأكبر التي استهدفتها أعمال الحفر. ومع حقيقة أن تراجع معدلات إنتاج هذا النوع من الآبار أكبر بكثير من تراجع آبار النفط التقليدي، والحاجة إلى استمرار عمليات الحفر بكثافة، فمن غير المرجح أن ينمو إنتاج زيت السجيل بأكثر من المعدل الذي وصل إليه في عام 2020 حيث بلغ المعدل خلال الأشهر الخمسة الأولى من ذلك العام نحو 7.87 مليون ب/ي، بينما تشير بيانات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية أن وسطي إنتاج الأشهر الخمسة الأولى من زيت السجيل في عام 2022 بلغ 7.71 مليون ب/ي، مقابل 7.01 مليون ب/ي عام 2021.

من ناحية أخرى، ونتيجة التخوف من خروج النفط الروسي من الأسواق، ظهرت عدة طروحات تدور حول مساعدة الولايات المتحدة لفنزويلا على زيادة إنتاجها النفطي كوسيلة لتعويض أي خسارة عالمية من الخام الروسي. لكن البنية التحتية لصناعة النفط في فنزويلا تعاني من مشكلات كبيرة لا يمكن حلها بسرعة، مما يعني أن النفط الفنزويلي لن يظهر في الأسواق بالسرعة المأمولة،

* بين تقرير الأمين العام لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول /2022/48 أن معدل إنتاج السوائل الهيدروكربونية في نهاية عام 2021 وصل إلى 96.7 مليون ب/ي، وهو رقم يتوافق مع ما أصدرته شركة BP في شهر يوليو 2022 في تقريرها السنوي BP Statistical Review of World Energy 2022، والذي ذكرت فيه أن معدل إنتاج السوائل الهيدروكربونية في العالم بلغ 96.9 مليون ب/ي.

ويشار هنا إلى أن إنتاج فنزويلا من النفط تراجع من أكثر من 2.1 مليون ب/ي عام 2017 إلى نحو 538 ألف ب/ي فقط عام 2020، وهي كميات تنتج بمعظمها من النفط التقليدي الذي تقدر احتياطياته في فنزويلا بنحو 42 مليار برميل*.

لقد ساهم ارتفاع أسعار النفط في الماضي في تشجيع الاستثمار في مجال التحول نحو مصادر بديلة للطاقة رغم أن هذه المصادر لا تزال بعيدة كل البعد عن إمكانية إزاحة مصادر الطاقة الأحفورية عن عرشها. ورغم ما يشاع من أن طاقة الرياح والطاقة الشمسية هي الحل للخلاص من الأزمة التي يمكن أن تنتج عن خروج النفط الروسي من الأسواق، لكن الواقع أن حصة مصادر الطاقة المتجددة، وبعد أكثر من 20 عاماً من التوسع والأبحاث، لم تشكل إلا نحو 6% من مزيج الطاقة المستهلكة في عام 2020[15]. كما أن السعة المركبة من هذه الطاقات ليست موزعة بما يضمن أن تشكل مساهمة فعالة في مزيج الطاقة في الحالات الطارئة، مثل الطقس شديد القسوة، أو مثل التغيرات الجيوسياسية غير المتوقعة، كما هو الحال في الأزمة الروسية الأوكرانية. وقد مثل استهلاك أوروبا من الطاقة المتجددة عام 2020 حوالي 28.2% من إجمالي استهلاك العالم، لكن أكثر من نصف تلك الطاقة تركز في خمس دول فقط (ألمانيا، بريطانيا، إسبانيا، فرنسا، إيطاليا). وفي نفس المجال لم تخفِ أي جهة أن الاهتمام الصارم بخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون قد أصبح أقل حدة، إذ تم تعديل الأولويات حيث بات تأمين مصادر بديلة للنفط والغاز الروسي أكثر أهمية من موضوع البيئة ليس في الوقت الراهن فحسب، بل على المدى الطويل حيث بدأت مساعي أوروبا في بناء محطات لاستقبال الغاز الطبيعي المسال كبديل محتمل للغاز الروسي، وعادت بعض المحطات العاملة على الفحم الحجري إلى العمل بعد أن تم إيقافها لأسباب بيئية بحتة.

ومن الهام هنا الإشارة إلى أن وكالة الطاقة الدولية بررت في شهر يوليو 2022 إعادة تشغيل محطات الفحم الحجري في أوروبا بسبب حجم الأزمة في الإمداد[16].

توضح التفاصيل المشار إليها أعلاه -التي اتخذت من الأزمة الروسية الأوكرانية مثالاً- أن أي حدثٍ جيوسياسي في العالم، له تأثير مباشر ملحوظ على الأسواق البترولية، بحيث تتغير آليات

* قدرت الأمانة العامة في تقريرها السنوي الصادر عام 2019 أن إنتاج فنزويلا سوف يتراجع إلى أقل من 600 ألف ب/ي في عام 2020، وهو ما حدث فعلاً.

العرض والطلب، وتضطرب الأسعار صعوداً وهبوطاً ضمن آلية تحكمها المضاربات أكثر مما يحكمها الاستهلاك الفعلي للطاقة.

كما يبين النظر في شأن الأحداث الجيوسياسية أن سيناريوهات الطلب المستقبلي على الطاقة هي سيناريوهات نسبية لا تخضع لمعايير مطلقة، فلا يوجد إطار نظري ومنهجي ثابت لإجراء تحليل للسيناريوهات، وغالباً ما تكون التعاريف والمنهجيات مصممة لاستخدامات محددة، وتتضمن نمذجة اقتصادية/ هندسية لنظم طاقة تعتمد على توقعات غير مؤكدة، أو توقعات مرتبطة بآمال في تطورات اقتصادية أو تقنية مستقبلية، وهي بالتالي تفتقر إلى مناقشة مفصلة للظروف الاجتماعية والسياسية المحددة التي توضع السيناريوهات في ظلها. وهو ما يمكن تأكيده من خلال اختلاف النتائج باختلاف الجهة التي تعمل على التوقعات المستقبلية.

ويمكن القول إن حدوث تغير جيوسياسي كبير وخاصة في منطقة أو دولة مصدرة للنفط، يمكن أن يدفع باتجاه العمل على تطوير الحقول الناضجة في مكان آخر من العالم للعمل على سد ثغرات الإمداد، وهو أمر ربما يحتاج لفترة طويلة حتى تظهر نتائجه، لكنه بالتأكيد سيكون أسرع من عمليات التنقيب والاستكشاف.

الاحتياطيات

يقود ما سبق إلى أهمية تعريف الاحتياطيات مقابل المصادر البترولية الرئيسية التي تمثل كل النفط والغاز الموجود في القشرة الأرضية، ذلك أن تعبير "الاحتياطيات" هو تعبير عام يشير إلى كميات البترول (النفط والغاز) التي يتوقع أن تكون قابلة للإنتاج بشكل تجاري عند تطبيق مشاريع تطوير على تجمعات معروفة بدءاً من توقيت معين وضمن شروط محددة.

لكن هذا التعريف تندرج تحته العديد من التصنيفات التفصيلية التي يبينها ما يلي:

الاحتياطيات المؤكدة PROVED RESERVES:

هي كميات بينت الدراسات الجيولوجية والهندسية بدرجة معقولة من اليقين أنه يمكن إنتاجها من مكامن معروفة، وضمن شروط اقتصادية وفنية ومعايير حكومية تنظيمية محددة. وهي ما يشار

لها برمز(1P)، وهذا الرمز أو الاختصار مأخوذ من كلمة **Proved**.

تعبر هذه الاحتياطيات عملياً عن السيناريو الأدنى في تقدير الاحتياطي، وتمثل احتمالية* 90%، أو ما يسمى (P90)، أي أن هناك احتمال 90% لإنتاج هذه الكمية من الاحتياطيات. وتنقسم هذه الاحتياطيات بدورها إلى:

الاحتياطيات المؤكدة المطوّرة†:

هي الاحتياطيات المؤكدة التي يمكن إنتاجها باستخدام الآبار والبنية التحتية الموجودة فعلياً في الحقل.

الاحتياطيات المؤكدة غير المطورة‡:

هي الاحتياطيات المؤكدة التي يحتاج إنتاجها إلى المزيد من البنى التحتية وعمليات الحفر.

الاحتياطيات المحتملة PROBABLE RESERVES:

هي كميات غير مؤكدة، لكن احتمال وجودها يبلغ 50%، أي أنها تمثل احتمالية (P50)، وتستخدم للتعبير عن الاحتياطي المقدر لمنطقة لم يصل إليها الحفر، إلا أن المعطيات الجيولوجية المتوفرة تشير عند مقارنتها مع مناطق أخرى معروفة إلى احتمال وجود النفط فيها.

يشار لمجموع كلٍ من الاحتياطيات المؤكدة والاحتياطيات المحتملة برمز2P، ومصدر الرمز هو كلمتي: **Proved+ Probable**.

الاحتياطيات الممكنة POSSIBLE RESERVES:

وهي كميات تقترح التحاليل الجيولوجية والدراسات الفنية الأخرى إمكانية وجودها، لكن احتمال وجودها أو اكتشافها لا يتعدى 10% (P10).

---

* Probability
† Proven Developed Reserves
‡ Proven Undeveloped Reserves

يشار لمجموع كلٍ من الاحتياطيات المؤكدة والاحتياطيات المحتملة والاحتياطيات الممكنة برمز(3P)، ومصدره: **Proved+ Probable+ Possible**. وهذا المجموع يعبر عن سيناريو التقدير الأعلى للاحتياطيات في حقل ما. لذلك يمكن تلخيص ما سبق بالقول إن تقديرات الاحتياطي قد تكون متحفظة (احتياطي مؤكد)، أو عملية (مؤكد+ محتمل)، أو متفائلة (مؤكد+ محتمل+ ممكن). تقدير الاحتياطي يبقى خاضعاً لدرجة من الشك مهما كان تصنيفه، فالملاحظ أنه حتى بالنسبة للاحتياطي المؤكد لم تصل درجة الموثوقية أو اليقين في تقديره إلى 100%. واعتماداً على التصنيف العام، تدخل كل الأنواع سالفة الذكر تحت تصنيف الاحتياطي الجيولوجي التجاري المكتشف[17].

ذروة إنتاج النفط

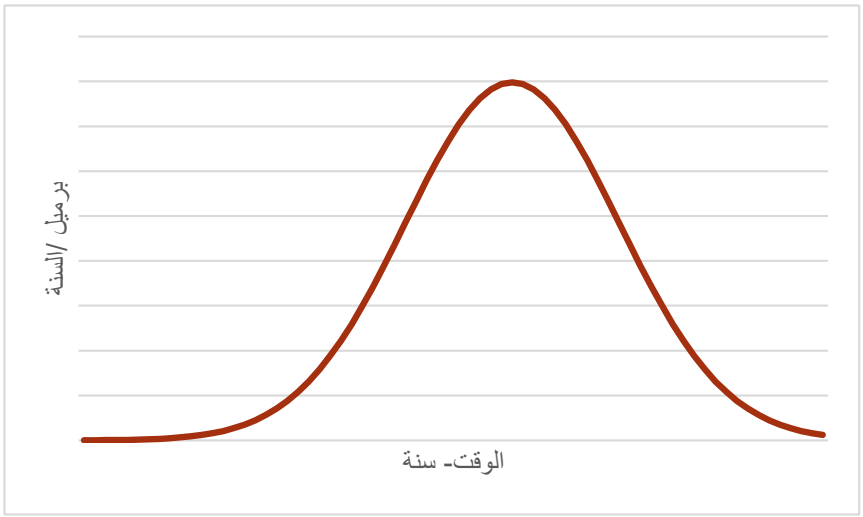
تعتبر فكرة أو فرضية ذروة إنتاج النفط من بين العوامل التي ساهمت في الدفع قدماً نحو تطوير الحقول الناضجة وخاصة عبر طرق الاستخلاص المحسن للنفط، إذ أن التخوف من تراجع الإنتاج لعب دوراً هاماً في السعي نحو المحافظة قدر الإمكان على الحقول عاملةً لاستثمار كل ما يمكن استثماره منها. وذروة إنتاج النفط* هو تعبير يشير إلى النقطة التي يصل عندها معدل الإنتاج من حقلٍ ما إلى أعلى مستوى له، ثم يبدأ بعدها بالتراجع التدريجي[18].

وحالها كحال كل الفرضيات، فإن فرضية ذروة إنتاج النفط لها من يتبنونها ويدافعون عنها، في مقابل من يعارضونها ويرون أن ذروة إنتاج النفط ربما تكون صحيحة نظرياً، لكنها لا تزال بعيدة عن الواقع في الوقت الراهن. كان الجيولوجي هوبرت Hubbert الذي عمل في مجال الجيوفيزياء في خمسينات القرن الماضي أول من طرح هذه الفرضية التي نالت زخماً في مختلف أنحاء العالم بعد أن تنبأ بأن ذروة إنتاج النفط الأمريكي ستكون في عام 1970. كانت الفكرة بسيطة تقوم على أن إنتاج النفط الأمريكي سوف يزداد بشكل أسّي†، لكنه سيتوقف عن التزايد لأن الاحتياطيات محدودة ويعود بعدها للتراجع، وبذلك فإن منحني الإنتاج سيكون له شكل الجرس[19] المبين في الشكل 5، حيث يرتفع الإنتاج

* Peak Oil
† Exponential

بالتدريج حتى الوصول إلى قيمة تعبر عن الطاقة العظمى للحقل أو للحقول المنتجة، ويستمر عندها لفترةٍ ما ثم يبدأ بالتناقص حتى الوصول إلى مرحلة لا يعود الإنتاج بعدها مجدياً اقتصادياً.

الشكل 5: مخطط افتراضي لشكل منحني الإنتاج حسب فرضية هوبرت



المصدر: تركي الحمش، 2020

استعان هوبرت عام 1956ببيانات استثمار الفحم الحجري، التي توفرت منذ عام 1860، وقارن منحنيات إنتاج الفحم الحجري مع منحنيات إنتاج النفط فوجد بينها تشابهاً من ناحية ارتفاع معدل الإنتاج بشكل أسّي حتى الوصول إلى نقطة دعاها باسم نقطة الانعطاف* والتي يتغير عندها اتجاه منحني الإنتاج. وفي محاولة للتنبؤ بالسنة التي سيتغير فيها اتجاه منحني إنتاج النفط، اعتمد هوبرت[20] على مجموعة من الافتراضات حول الاحتياطي الجيولوجي النفطي في الولايات المتحدة الأمريكية وفي العالم، والاحتياطيات المتوقع اكتشافها، ومعدل الإنتاج السنوي، كما افترض أن حجم احتياطيات الغاز، سواء الأمريكية أو العالمية، يمكن تقديرها من خلال معرفة نسبة الغاز إلى النفط في حال البحث عن ذروة إنتاج الغاز (هذا الافتراض بطبيعة الحال لا يمكن القبول به بشكل مطلق إذ لا يأخذ بعين الاعتبار احتياطيات حقول الغاز الحر). ومن خلال تلك البيانات وضع هوبرت أكثر من سيناريو لذروة الإنتاج في الولايات المتحدة وفي العالم، وتوقع في السيناريو المعتدل أن معدل إنتاج

* Inflection Point

النفط الأمريكي لن يزيد عن 7.4 مليون ب/ي وسيكون ذلك في عام 1963*، كما توقع هوبرت أن يصل الإنتاج العالمي إلى ذروته في عام 2000، وفي سيناريو آخر توقع أن تكون ذروة الإنتاج العالمي من النفط في عام 2006.

وبالرغم من أهمية هذه الفرضية إلا أنها واجهت العديد من الانتقادات، التي من بينها:

1- لم تأخذ الفرضية بعين الاعتبار تغير أسعار النفط، فكمية النفط الإجمالية الموجودة في باطن الأرض لا تهم بحد ذاتها بقدر أهمية الكميات القابلة للإنتاج بشكل اقتصادي، فوصول أسعار النفط إلى مستوى مقبول من المنتجين والمستهلكين يساهم في زيادة الاستثمارات في الاستكشاف والحفر وإنشاء البنى التحتية، بينما تنخفض الاحتياطيات القابلة للإنتاج مع انخفاض الأسعار، أو مع ارتفاع تكلفة البرميل، حيث يصبح بعضها خارج هامش المردود الاقتصادي.

2- من الصعب جداً تقدير كمية الاحتياطيات العظمى القابلة للإنتاج بدقة كافية، إذ أن كمية الاحتياطي الجيولوجي- قد تكون أكبر بكثير من المتوقع. وقد اعتبر هوبرت أن الاحتياطي الأعظمي للولايات المتحدة قد يكون 150 أو 200 مليار برميل، وبنى فرضيته على ذلك الأساس. ولما كان من المؤكد في ظل البيانات المتاحة أن يزيد الإنتاج التراكمي للولايات المتحدة عن 200 مليار برميل التي افترضها هوبرت في السيناريو الثاني من فرضيته†، تمت العودة إلى بيانات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية EIA[21] التي أتاحت على موقعها الإلكتروني بيانات للإنتاج على شكل جداول "إكسل" تبدأ من عام 1900، وتم استخلاص باقي بيانات الإنتاج منذ بداية عصر النفط في الولايات المتحدة (1860- 1899) من المخطط الموجود على موقع الإدارة، وجرى احتساب الإنتاج التراكمي، حيث تبين أن الولايات المتحدة أنتجت أكثر من 238.7 مليار برميل حتى نهاية عام 2021، ولا تزال تمتلك أكثر من 35 مليار برميل

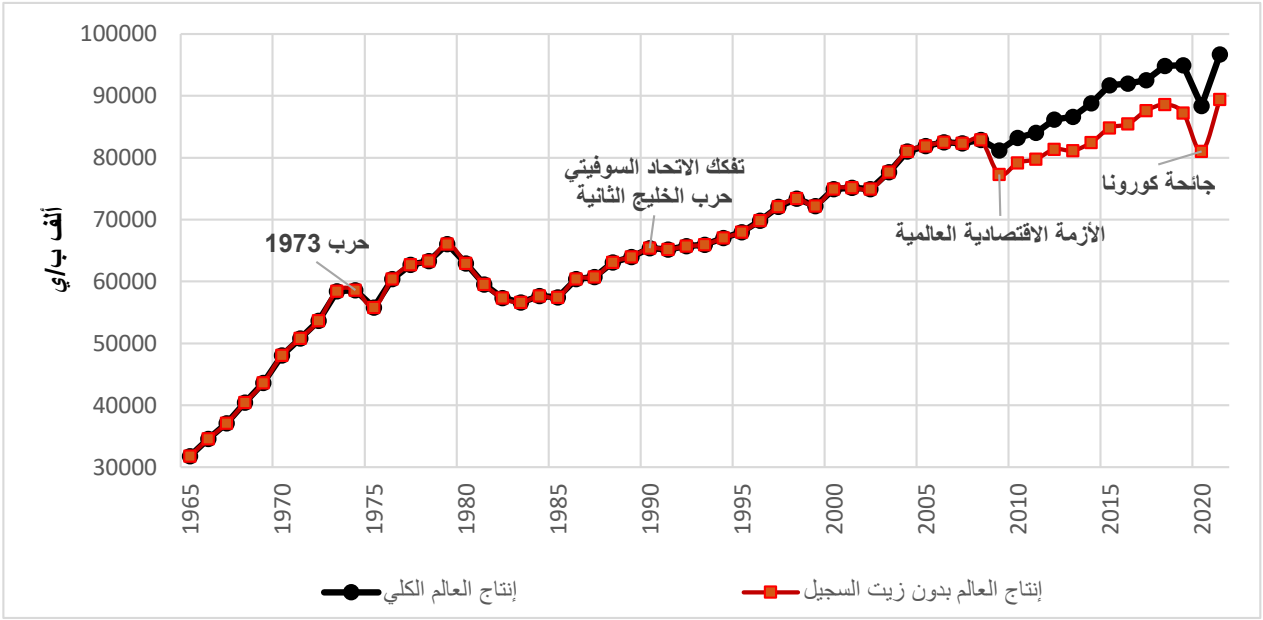
* الواقع أن أعلى إنتاج للنفط الأمريكي تجاوز حد 9 ملايين ب/ي في عام 1970.

† تم احتساب البيانات من قبل الباحث، وهذه النتيجة تؤكد نتائج حسابات في دراسة سابقة صدرت عن الأمانة العامة لمنظمة أوابك توقعت أن الإنتاج التراكمي للنفط الأمريكي سوف يزيد عن 200 مليار برميل حتى لو لم تؤخذ كميات زيت السجيل في الحسبان. تركي الحمش، دور *الاستثمار البترولي المحسن في تطوير الاحتياطيات الهيدروكربونية*. مجلة النفط والتعاون العربي، مجلد 46، العدد 172. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، 2020.

من الاحتياطيات المؤكدة القابلة للإنتاج[*].

3- لم تأخذ الفرضية بعين الاعتبار تأثير التكنولوجيا، فالنفط الذي كان يعتبر مستحيل أو صعب الإنتاج فيما سبق، بات طوع الإنتاج اليوم مع استخدام معدات وتقنيات لم تكن متوفرة حين نشر هوبرت دراسته قبل نحو ستين عاماً. فعلى سبيل المثال ساهم إنتاج زيت السجيل[†] الأمريكي في تغيير ملامح الإنتاج في الولايات المتحدة. ورغم ذلك فإن حذف تأثيره من الصورة العامة للإنتاج العالمي لا يغير حقيقة أن الإنتاج لم يصل ذروته بعد، وهو ما يوضحه الشكل 6، والذي يبين بعض النقاط التي اعتبرت ذرى لإنتاج النفط، لكن الواقع أن الإنتاج عاد بعدها للنمو.

الشكل 6: إنتاج النفط العالمي مع وبدون زيت السجيل



المصدر: من إعداد الباحث بناء على بيانات من BP، 2022، وإدارة معلومات الطاقة الأمريكية EIA، 2022.

[*] تمت الحسابات من قبل معد هذه الدراسة.
[†] ما يعرف باسم النفط الصخري

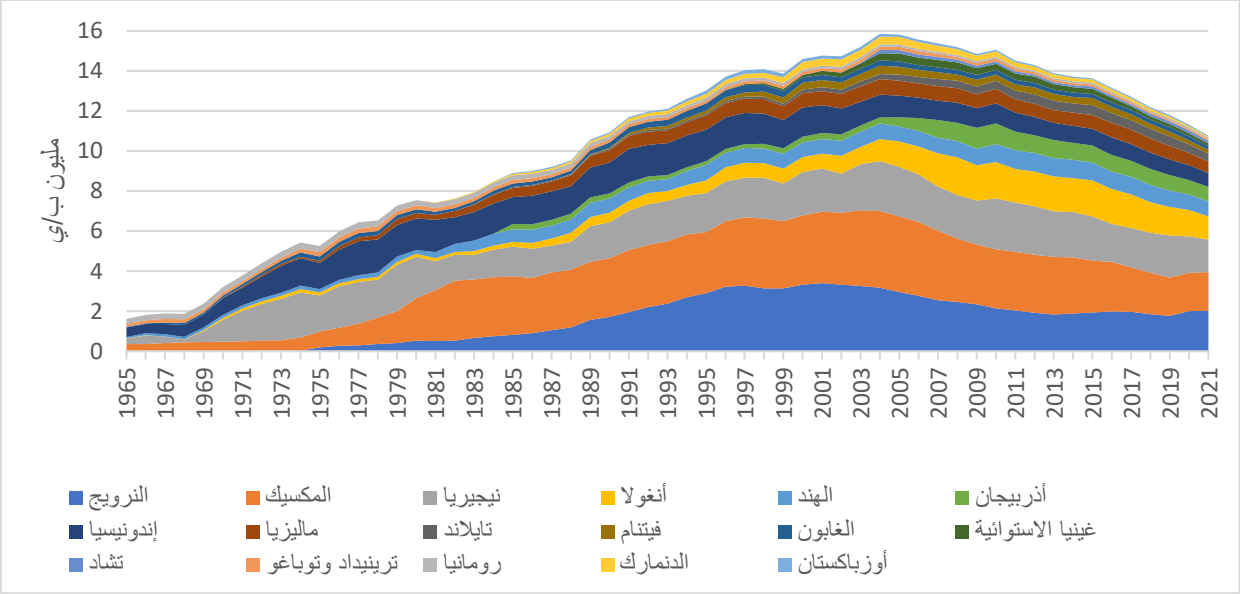
4- إضافة إلى ما سبق، يوجه العديد من الباحثين انتقادات علمية إلى أتباع فرضية منحني هوبرت إجمالاً، ومن بينها تجاهل العوامل الجيوسياسية والاقتصادية التي تؤثر على عمليات الاستكشاف والإنتاج*. علاوة على أن هوبرت اعتمد على رقم ثابت للاحتياطيات العظمى القابلة للإنتاج، بينما يؤثر تغير التقنيات وازدياد المعرفة وتوسع البنى التحتية وغيرها من العوامل، في جعل رقم الاحتياطيات العظمى القابلة للإنتاج رقماً ديناميكياً يتغير بتغير هذه العوامل.

وبالرغم من تلك الانتقادات، إلا أن المصادر البترولية هي مصادر غير متجددة، أي أن السؤال الحقيقي ليس إن كانت هذه المصادر ستنضب يوماً ما، بل: متى سوف تنضب هذه المصادر؟

يشير تتبع معدلات الإنتاج العالمية إلى أن بعض الدول دخلت فعلاً في طور تراجع الإنتاج، ويبين الشكل 7 معدلات إنتاج النفط وسوائل الغاز الطبيعي[22] منذ عام 1965 في سبع عشرة دولة يبدو أن مجموع إنتاجها بلغ الذروة في عام 2004، إذ بلغ في ذلك العام نحو 16 مليون ب/ي، وانخفض في عام 2021 إلى أقل من 11 مليون ب/ي. لكن هذا التراجع قابله ارتفاع في معدلات الإنتاج من دول أخرى، مثل الدول المبينة في الشكل 8، والتي كان مجموع إنتاجها في عام 2004 حوالي 46.5 مليون ب/ي، وبلغ 65 مليون ب/ي عام 2021.

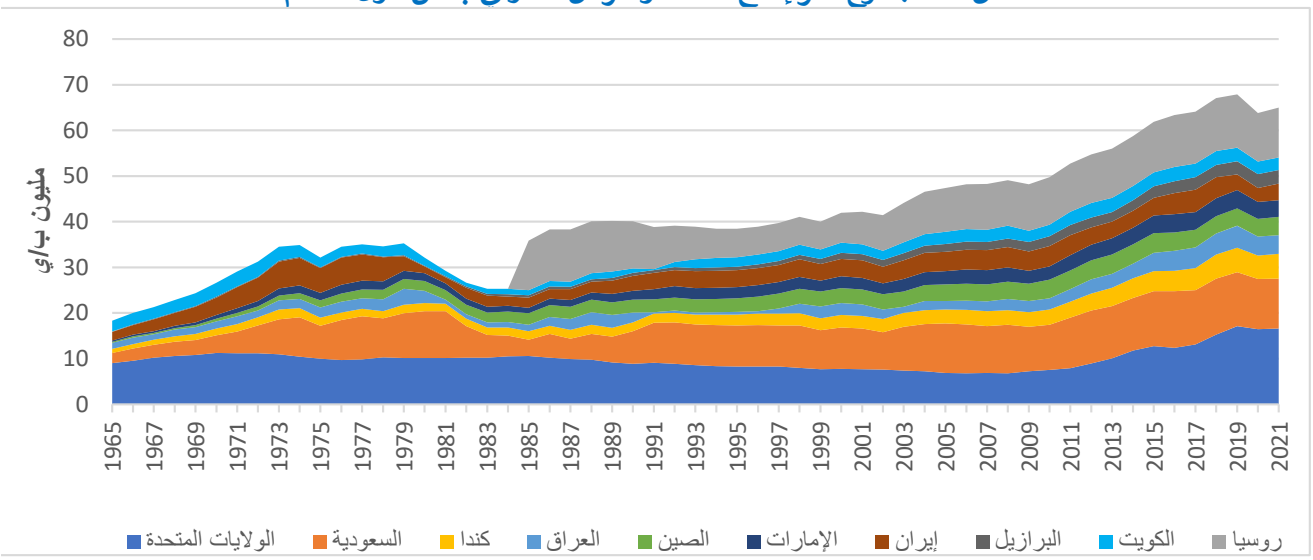
* وهو ما شهده العالم فعلياً خلال الأزمات الجيوسياسية التي عصفت ببعض دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، والأزمة بين روسيا وأوكرانيا.

الشكل 7: مجموع إنتاج النفط وسوائل الغاز في بعض دول العالم وتراجعه بعد عام 2004



المصدر: من إعداد الباحث بناء على بيانات: BP، 2022. ويوضح تراجع الإنتاج في أعوام مختلفة للدول المبينة في الشكل.

الشكل 8: مجموع نمو إنتاج النفط وسوائل الغاز في بعض دول العالم



المصدر: من إعداد الباحث بناء على بيانات: BP، 2022.
التراجع في عام 2020 كانت نتيجة وباء كورونا بشكل أساسي، ولا علاقة له بموضوع ذروة الإنتاج.
بيانات روسيا تبدأ من عام 1985، لأنها كانت متضمنة قبل ذلك في بيانات الاتحاد السوفيتي السابق.

يمكن بالتالي القول إن الحقول الناضجة هي مصادر عالمية ضخمة للبترول، وعمليات تطوير احتياطيات هذه الحقول تتميز بانخفاض عامل المخاطرة* ، ليس لأسباب مباشرة، وإنما لأن هذه الحقول تكون قد مرت فعلياً بمرحلة تطوير طويلة تراكمت خلالها كمية كبيرة من المعلومات حول

* Risk factor

تكوين الحقول والمكامن وآلية الدفع ومعامل الاستخلاص، وغيرها من البيانات، مما يساهم في خفض عدم الموثوقية المرتبط بمختلف مؤشرات هذه الحقول. علاوة على أن حجم الاحتياطيات الجيولوجية الكبير في بعض الحقول العملاقة الناضجة يجعل أي نجاح في عمليات التطوير اللاحقة يعود بفوائد لا يستهان بها.

بالرغم مما تقدم، لابد من التأكيد على أن مستويات نضوب حقول النفط* العملاقة تعتبر من التفاصيل الجديرة بالملاحظة، لأن الحقول العملاقة تميل إلى الوصول إلى ذروة الإنتاج (بداية الانحدار) عند مستويات نضوب أعلى من الحقول الصغيرة. ويمكن تفسير ذلك من خلال الطريقة التي يتم بها تطوير معظم الحقول العملاقة، حيث أنها عادة ما تبدأ الإنتاج بمعدلات نضوب أقل بكثير من الحقول الأصغر بسبب المتطلبات المتعلقة بمعدات الإنتاج وخطوط الأنابيب وما إلى ذلك. ويمكن بالتالي للحقول العملاقة الحفاظ على إنتاج مستقر أعظمي عن طريق الحفر المستمر في أجزاء جديدة من المكمن للتعويض عن انخفاض الإنتاج من الآبار القديمة، وقد يؤدي ذلك إلى أن تكون معدلات النضوب أعلى عند الوصول إلى ذروة الإنتاج من الحقل[23]، لكن هذه المعدلات المحسوبة قد تكون نتيجة التقدير المنخفض للاحتياطيات العظمى القابلة للإنتاج، مما يعني أن أي تغير إيجابي في هذه الاحتياطيات سيؤدي إلى انخفاض معدلات النضوب.

وعلى وجه الإجمال فإن حجم الاحتياطيات الجيولوجية الكبير في الحقول العملاقة الناضجة يجعل أي نجاح في عمليات التطوير اللاحقة يعود بفوائد لا يستهان بها، تساهم في تعويض تراجع الإنتاج من الدول التي بلغت فعلاً ذروة إنتاجها.

تنشيط الحقول الناضجة

تنشيط حقل ناضج† هو تعبير يعني اتخاذ مجموعة تدابير تزيد من قيمة الحقل بما قد يتجاوز التوقعات الأصلية. ويتم عادة رسم منحنٍ يبين نمو معدلات الإنتاج من الحقل حتى وصوله إلى

* Depletion rates معدل النضوب أو معدل الاستنضاب هو الجزء الذي تم إنتاجه Q من الاحتياطيات العظمى القابلة للإنتاج URR في وقت معين t (شهر أو سنة الخ) $D_t = Qt/URR_t$ ويتراوح بين 0-1 (0- 100%).

† Revitalizing

الذروة، ثم انخفاضه حتى يصل إلى النقطة التي لا يعود الإنتاج بعدها مجدياً اقتصادياً، وهي نقطة يتم غالباً هجر الحقل عند الوصول إليها رغم وجود احتياطيات متبقية فيه.

يعمل التنشيط على تعديل منحني الانخفاض الطبيعي للإنتاج بهدف زيادة الإنتاج الاقتصادي الأعظمي من الهيدروكربونات في الحقل. ومن بعض التدابير التي يتم اللجوء إليها في هذه الحالة، يمكن ذكر:

1. تطبيق تقنيات إضافية لتوصيف ومراقبة وإدارة المكمن المنتج.
2. تطوير عمليات الحفر والإكمال.
3. تعزيز معامل الاستخلاص Recovery Factor.

كذلك يمكن لتخفيض تكاليف العمل الحقلي أن يلعب دوراً هاماً في إطالة عمر الحقول الناضجة، إذ أن انخفاض التكاليف يعني -ضمن ما يعنيه - خفض نقطة تعادل الأسعار* مما يسمح بإنتاج كميات أكبر من النفط بشكل اقتصادي.

وعلى أرض الواقع، يتزايد الاهتمام بتطوير الحقول الناضجة يوماً بعد يوم، حيث تنقسم عمليات التطوير في هذا المجال إلى مجموعتين رئيسيتين، هما: **هندسة الآبار**، و**هندسة المكامن**. واعتماداً على نوع الحقل، وتاريخه الإنتاجي، والمناطق المأمولة فيه، فإن خطط التطوير يمكن أن تشمل إحدى هاتين المجموعتين أو كليهما.

تتوضع نصف الاحتياطيات المعروفة في العالم ضمن ثلاثين حقلاً عملاقاً يصنف أغلبها بين الحقول الناضجة، وإذ يقدر متوسط معامل الاستخلاص لطرق الإنتاج الأولية في العالم بنحو 35%، فإن تطوير هذه الحقول أو غيرها من الحقول الناضجة ورفع معامل الاستخلاص منها يستلزم توفر التقنيات المناسبة، والتأكد من الجدوى الاقتصادية، وتوفر استراتيجية فعالة لإدارة المكامن.

يعتبر تحديد كمية وموقع النفط المتبقي في الحقل المفتاح الأساسي لموضوع التطوير، ثم تأتي بعد ذلك التقنيات المحتمل استخدامها، مثل طرق الاستخلاص المحسن المختلفة.

* Breakeven Price

الملامح العامة لتنشيط الحقول الناضجة

هناك العديد من العوامل الرئيسية التي تنضوي تحت مفهوم تطوير حقول النفط الناضجة. ولعل من أهمها: نوعية المكمن، ومواصفاته البتروفيزيائية، ومواصفات النفط وأسعاره، وتكاليف عملية التطوير، والبنية التحتية المتوفرة في الحقل.

تحدد الخطوط العريضة التالية ملامح تنشيط حقل ناضج:

❶ إعداد دراسة مكمنية متكاملة لتحديد الهيدروكربونات المتبقية في جميع نطاقات الحقل، بهدف تطوير تفهم واضح لكل نطاق. هذه الدراسة قد تتضمن استخدام العديد من التقنيات وربما يكون من أهمها استخدام المسح الزلزالي رباعي الأبعاد 4D لتحديد النطاقات التي تحتوي على التشبعات الأعلى بالهيدروكربون.

❷ دراسة استراتيجيات وتقنيات التطوير التي تستخدمها الشركات الأخرى في أماكن أخرى من العالم، ضمن حقول تتضمن مكامن مشابهة لمكمن الحقل الناضج المدروس، والنظر إلى الصورة الكبيرة حول التقنيات والمواد والمعدات المستخدمة، ومدى توفرها.

❸ اختبار الاستراتيجيات والتقنيات باستخدام نموذج محاكاة المكامن، وتقييم اقتصادياتها المحتملة. وقد يكون من الضروري تنفيذ مشروع تجريبي ميداني لإثبات الجدوى الفنية والاقتصادية. إذ أن ريع العملية برمّتها هو الذي سوف يحدد عملياً ما إذا كان الحقل الناضج قد تم تنشيطه أم لا.

وعند التفكير بتنشيط أو إطالة عمر الحقل الناضج، تظهر للعيان عدة مناحٍ عريضة يمكن التفكير فيها مع الحفاظ على الحقل عاملاً بشكل آمن واقتصادي، وتشمل: ادارة التكاليف، والإنتاج الإضافي أو البديل، والتحسينات التشغيلية، والتحسينات المالية والتجارية. وتتضمن كلٌ من هذه النقاط العديد من التفاصيل التي يمكن النظر بشأنها، ويمكن تلخيصها فيما يلي:

- إدارة التكاليف

عادةً ما يتم تطبيق اختبار للحدود الاقتصادية* ELT على مستوى عقود المشاركة في الإنتاج أو مستوى الترخيص أو القاطع ككل، وذلك لتقدير متى يكون العائد الإجمالي للإنتاج من الحقل غير كافٍ

* Economic Limit Test

لدعم التكاليف التشغيلية له. حيث يسمح الفهم التفصيلي لتكاليف التشغيل في نظام الإنتاج ككل بالإيقاف المؤقت للعناصر غير الاقتصادية للنظام (بل والتخلي عنها أحياناً)، مما يؤدي إلى تحسين اقتصاديات النظام المتبقي. فعلى سبيل المثال يمكن إيقاف الآبار ذات الإماهة المرتفعة، أو محاولة استخدام منشأة مركزية واحدة لمعالجة النفط المنتج، وقد يكون استخدام التقنيات الرقمية في الحقل طريقة للحد من عدد الطواقم العاملة، أو يمكن تغيير استراتيجيات التعاقد لنقل التكاليف من النفقات الرأسمالية إلى النفقات التشغيلية (أو العكس) من خلال تأجير المعدات أو بيعها مثلاً.

ومن المسائل الأخرى التي يتم النظر لها في مجال إدارة التكاليف، مسألة إعادة التفاوض على الشروط التعاقدية مع شركات الخدمات مثلاً، وخاصة عند انخفاض أسعار النفط، إذ تشير بيانات IHS Markit إلى أن فترة تراجع أسعار النفط بين عامي 2014- 2016 شهدت تراجع النفقات التشغيلية في مجال الاستكشاف والإنتاج بنحو 18%، كما شهدت تلك النفقات انخفاضاً بنحو 8% بعد تراجع أسعار النفط في عام 2020 نتيجة جائحة كورونا[24].وبغض النظر عن الطرق المتبعة، إلا أن الهدف العام في هذا المجال هو خفض التكاليف عن طريق وقف الأنشطة غير الاقتصادية أو الحد منها.

- **الإنتاج الإضافي أو البديل**

غالباً ما يبدأ العاملون على الحقول الناضجة بمراجعة تفصيلية لجميع البيانات الحقلية والتشغيلية المتاحة، بهدف تحديد "المكاسب السريعة" الممكنة لتوليد تدفق نقدي مبكر يساهم في تمويل المزيد من عمليات التطوير. ثم يمكن فعلياً العمل على مجموعة من النقاط التي قد يكون من أبسطها فحص وصيانة المرافق السطحية وتنظيفها من أي انسدادات مما يساهم في الحد من انخفاض الضغط ويعمل على تحسين الجريان في خطوط التدفق السطحية*. أما ضمن الآبار، فيمكن إجراء عمليات فحص وقياسات لتحديد المناطق غير المثقبة، أو تلك ذات الإنتاجية المنخفضة،

* Flow lines

وتحديد المناطق ذات الإماهة المرتفعة، وقد يتم فتح بعض النطاقات المنتجة التي كانت قد أغلقت سابقاً بسبب الإماهة المرتفعة.

ويمكن أيضاً إعادة دراسة المكمن في ضوء البيانات المتراكمة لتحديد النطاقات التي يمكن حفرها كجذوع جانبية مثلاً. كما يمكن الاستفادة من تقنيات الحفر الموجه أو عمليات التشقيق الهيدروليكي لوضع نطاقات أو مكامن جديدة على الإنتاج كانت تعتبر سابقاً غير منتجة أو غير مجدية اقتصادياً. ومن الأمور الأخرى التي ينظر فيها إمكانية البحث عن نطاقات منتجة تمتد إلى حقول مجاورة وإجراء اختبارات إنتاجية عليها، أو الحفر نحو نطاقات أعمق، أو الاستفادة من طاقة القبعة الغازية ضمن تقنيات الاستخلاص المحسن*.

- **التحسينات التشغيلية**

يمكن تحسين الأداء الاقتصادي للحقل من خلال الاهتمام ببعض العمليات، فيمكن مثلاً التحقق من دقة معدات قياس كميات الإنتاج المرسلة من الحقل نحو محطات التجميع، والتي قد يؤدي تراجع كفاءتها إلى ضياعات في تقدير الكميات المنتجة. كما أن المرافق السطحية في الحقول الناضجة غالباً ما تكون مصممة لكميات ونوعيات محددة من الإنتاج، وهو أمر يتغير مع تقدم عملية الإنتاج، إذ ترتفع عادة كميات المياه المرافقة ونسبة الغاز إلى النفط، وقد يكون من المجدي اقتصادياً إعادة تصميم بعض هذه المرافق في المراحل المتقدمة من عمر الحقل.

- **التحسينات المالية والتجارية**

ربما يكون من مصلحة الدولة ومصلحة الشركات العاملة أن لا يتم هجر الحقول الناضجة، بل إعادة التفاوض على الشروط التعاقدية والتجارية المتعلقة بها. فقد يتم تعديل شروط الضرائب الحكومية على الشركات العاملة تحت مظلة عقود المشاركة بالإنتاج مثلاً لتمكينها من تطوير الحقل الناضج ضمن هامش اقتصادي يعود بالنفع عليها، وخاصة عندما يكون البديل هو التخلي عن الحقل نهائياً.

* يورد الفصل الثالث مثالاً عن حقن غاز ثاني أكسيد الكربون في أحد الحقول الكندية.

وهنا لابد من التنويه إلى أن عملية هجر الحقل نهائياً ليست بالأمر اليسير، فعند وجود 24 بئراً في الحقل على سبيل المثال، قد يحتاج إغلاق وهجر كل بئر إلى أسبوعين من العمل، أي أن إغلاق وهجر جميع آبار الحقل يحتاج لسنة كاملة، وبطبيعة الحال من غير الممكن الحد بشكل كبير من التكاليف التشغيلية حتى الانتهاء من آخر عملية على آخر بئر في الحقل، فهناك تكاليف للطاقم والمعدات والمواد المستخدمة والمكاتب والكهرباء وغيرها.

تحديات إدارة وتطوير الحقول الناضجة

يتمثل جوهر التحدي في إدارة الحقول الناضجة في اتجاهين متباينين:

الاتجاه الأول هو زيادة حجم العمل اللازم للحفاظ على المؤشرات الإنتاجية عند حدودها العظمى.

الاتجاه الثاني هو انخفاض تكامل المعدات.

تنعكس نتائج هذا التباين في انخفاض الإنتاج، وضعف اقتصاديات المشاريع الجديدة في الحقول الناضجة، وزيادة تعقيد المعدات السطحية، وانخفاض احتياطيات الآبار الجديدة. وبطبيعة الحال هناك تأثير العوامل الخارجية مثل تقلب أسعار النفط والغاز، والتشريعات الجديدة سواء المحلية أو العالمية، علاوة على تحديات تتعلق بالشروط التعاقدية، والقيود اللوجستية المختلفة. وتعتبر المحافظة على حدٍ أساسي من الإنتاج أمراً أساسياً قبل الشروع في أي إجراءات إضافية لتطوير هذا الإنتاج[25].

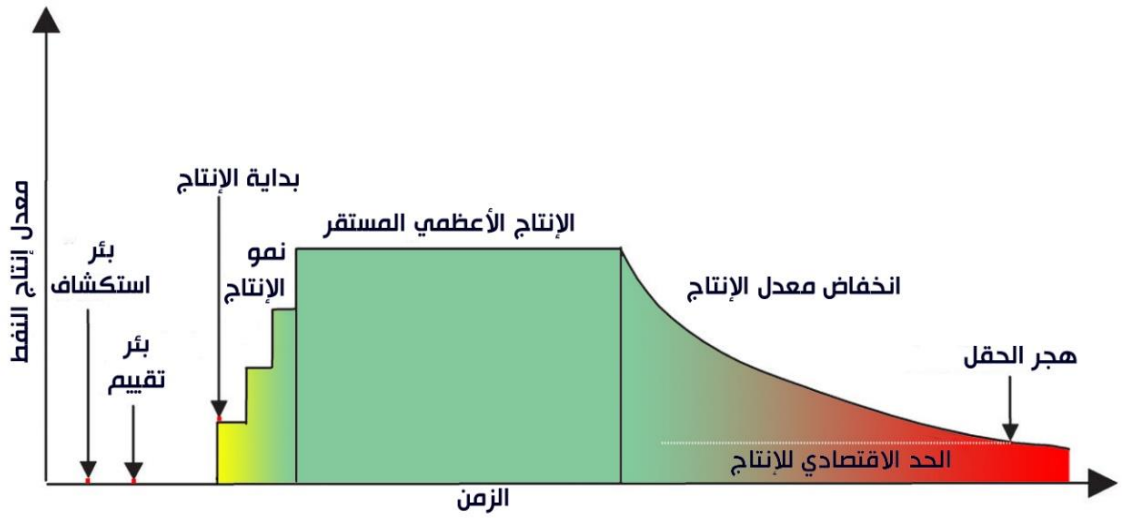
يشكل معدل التراجع السنوي أحد التحديات الكبيرة في الحقول الناضجة، وهو يرتبط بعدد من العوامل من بينها انخفاض الضغط الطبقي، وتغير النفاذية النسبية للموائع في المكمن خلال الإنتاج. وهنا تظهر بعض الآراء التي تعتبر أن معدل التراجع السنوي قد يكون بسبب انخفاض الاستثمارات، بينما تذهب آراء أخرى إلى أنه مجرد نتيجة فيزيائية ترتبط بالمكمن نفسه[26]. تتراجع معدلات الإنتاج بشكل طبيعي بنسب تختلف من حقل لآخر، وإن كان من الوارد القبول بشكل مجملٍ بأن معدل التراجع السنوي لإنتاج* الحقول الكبيرة يبلغ نحو 4.5%، وهو رقم احتسب بناء على

* Decline rate.

إحصاء شمل 811 حقلاً تراوحت في الحجم بين الكبيرة إلى العملاقة، وتغطي نحو 66% من إنتاج العالم[27]. وتشير بعض الدراسات التي شملت حقولاً للنفط خارج منظمة أوبك، إلى أن معدل التراجع السنوي فيها يتراوح بين 8-9%.

يوضح الشكل 9 مخططاً نموذجياً للإنتاج[28] من مكمنٍ أو حقلٍ ما يبين المراحل المختلفة لنمو وتراجع الإنتاج وصولاً إلى الحد الاقتصادي الذي يتم عنده هجر أو إيقاف تشغيل الحقل*.

الشكل 9: مخطط نموذجي لمراحل الإنتاج من حقل ما



المصدر: Hook et al ، 2009

تنبع أهمية معدل التراجع من حقيقة أنه يحدد المعدل المطلوب للاستكشاف والإنتاج المستقبلي اللازم لتلبية الطلب العالمي على الهيدروكربونات. فلو افترض نظرياً أن نمو الطلب العالمي على النفط هو 1% فقط وأن العالم يحتاج لمئة مليون برميل في اليوم، فسوف يحتاج إلى 1.1 مليون ب/ي في العام التالي، لكن عند معدل تراجع سنوي بنسبة 5%، فإن على العالم أن يرفع معدل الإنتاج بما يغطي التراجع الطبيعي في إنتاجية الحقول علاوة على النمو في الطلب، ولا يخفى أن ذلك بحاجة إلى تكاليف رأسمالية وتشغيلية تستثمر بشكل مستمر للعثور على المزيد من الاكتشافات من جهة،

* قد يكون إيقاف التشغيل مؤقتاً لأسباب فنية أو متعلقة بالعوامل الطبيعية مثل الأعاصير وهو ما حصل عدة مرات في خليج المكسيك، أو يكون لأسباب اقتصادية مثلما حصل عند تراجع أسعار النفط بعد عام 2014، مما تسبب بتوقف عدد من الشركات عن الإنتاج رغم وفرة الاحتياطيات لكن تكلفة الإنتاج باتت أعلى من الأرباح.

ولمتابعة تطوير الحقول المكتشفة من جهة أخرى.

ومن التحديات الأخرى الهامة، المنظور الاقتصادي للحقول الناضجة، إذ أن معدلات الإنتاج المنخفضة أو الهامشية قد ترفع من تكلفة مشاريع تطوير هذه الحقول وترفع بالتالي من مخاطر الاستثمار. من ناحية أخرى ينظر للاعتبارات البيئية وتأثيرها على منطقة الحقل، فعمليات التطوير قد تعني المزيد من المعدات والتسهيلات السطحية، واستخداماً لكميات كبيرة من المياه في عمليات الحقن مثلاً. كما تؤخذ بعين الاعتبار تكاليف هجر أو إيقاف تشغيل الحقل، وهي نقطة في غاية الأهمية تحتاج للوقوف عندها بشيء من التفصيل.

تكاليف هجر الحقول الناضجة

إن التفكير بهجر (إيقاف تشغيل) الحقل* بعد انخفاض إنتاجه إلى ما دون الحد الاقتصادي، هو أمر له مخاطره المالية والاقتصادية، ذلك أن التكاليف التشغيلية ستبقى مستمرة كما تقدّم، بينما لا يوجد إنتاج من الحقل يساهم في تعويض هذه التكاليف أو جزء منها. فقد يكون من الأجدى الهجر التدريجي للحقل بالتخلي عن الآبار ذات الإنتاجية الأقل في البداية، بينما تبقى تلك ذات الإنتاجية الأعلى تساهم في تحقيق عوائد من الحقل. ومع أن هذا النهج قد يبدو أقرب للصواب، إلا أن له مساوئ بدوره، ذلك أن الإنتاج سيتراجع في فترة تسبق الوصول إلى الحد الاقتصادي، وهذا التراجع نفسه سيكون له دور في الوصول إلى الحد الاقتصادي بشكل أبكر، مما يعني في بعض الحالات عدم الوصول إلى الاحتياطي الأعظمي القابل للإنتاج الذي كان مقدراً فيما سبق، حتى لو كان هناك جزء من الإنتاج مستمر بعد الوصول إلى الحد الاقتصادي، فالاحتياطيات بالتعريف هي تلك الكميات التي يمكن إنتاجها اقتصادياً.

مع نضوج الحقول واقترابها من نهايات عمرها (افتراضياً)، تبرز العديد من القضايا التي تحتاج للنظر في شأنها. وقد يبدو موضوع إيقاف تشغيل الحقول أو هجرها بسيطاً للوهلة الأولى، لكن النظر إلى التفاصيل المالية المتعلقة به يقول شيئاً آخر. فعلى سبيل المثال تواجه بعض الأحواض الناضجة

* Decommissioning

مثل "بحر الشمال" تحديات كبيرة في مجال إيقاف التشغيل، ففي عام 2016، خلص تقدير من قبل مؤسسة Douglas Westwood إلى أنه "من المتوقع إيقاف ما يقرب من 150 منصة نفطية في بحر الشمال بالمملكة المتحدة خلال السنوات العشر القادمة". وأشار تحليل[29] صدر في مطلع عام 2018 عن مؤسسة Wood Mackenzie، إلى أن إيقاف التشغيل في المغمورة في آسيا والمحيط الهادئ قد يكلف 100 مليار دولار، حيث تتضمن الأصول في تلك المناطق ما يقرب من 2600 منصة و 35000 بئر موزعة على 380 حقلاً يمكن أن تتوقف خلال العقد الحالي.

ومن الطبيعي أن تكاليف إيقاف التشغيل تختلف من موقع لآخر، حيث يقدر أن كلفة إيقاف تشغيل وإزالة منصة من المياه الضحلة في خليج المكسيك تتراوح بين 15- 20 مليون دولار. بينما تتراوح في بحر الشمال بين 39 مليون دولار للمنصات الصغيرة، و260 مليون دولار للمنصات الكبيرة. وقد توقع تقرير اقتصادي أصدرته "هيئة بحر الشمال الانتقالية" في يوليو 2021 أن نفقات إيقاف التشغيل في الرصيف القاري في بحر الشمال سوف تبلغ نحو 60 مليار دولار[30]، وهذا يمثل ارتفاعاً كبيراً عن بيانات تقرير صدر عن Oil and Gas UK في عام 2008، توقع أن تصل نفقات إيقاف التشغيل في بحر الشمال إلى 20 مليار دولار في عام 2030، وحوالي 25 مليار دولار في عام 2040. وهو ما يشكل عبئاً على كاهل الحكومة البريطانية إذ أن القوانين المرعية تسمح للشركات التي حصلت على تراخيص العمل في المغمورة قبل عام 1993 بالمطالبة باسترجاع ما يصل إلى 75% من تكلفة إيقاف التشغيل من مدفوعاتهم الضريبية السابقة على عائدات البترول[31].

ولا يتعلق الموضوع بكلفة المنصات فقط، فإيقاف تشغيل منشأة تخزين وتفريغ عائمة للإنتاج FPSO قد لا يقل أهمية ولا تكلفة عن المنصات، فعلى سبيل المثال وقعت الحكومة الأسترالية في مطلع عام 2022 عقداً بقيمة 236 مليون دولار، وذلك مقابل المرحلة الأولى من إيقاف تشغيل منشأة Northern Endeavour في بحر "تيمور "شمال أستراليا، والتي تتضمن فصل المعدات عن المنشآت الموجودة تحت سطح البحر، بينما تتبقى مرحلتان لإغلاق الآبار في المنطقة وإزالة البنى والمنشآت الموجودة تحت سطح البحر، حيث يتوقع أن يصل إجمالي تكاليف إيقاف المنشأة إلى نحو 1 مليار دولار[32].

وقد بينت دراسة نشرت عام 2021 وشملت 19500 بئر في الولايات المتحدة[33]، أن الكلفة المتوسطة لإغلاق البئر واستصلاح موقعه تناهز 76 ألف دولار، وإن كانت بعض الآبار النادرة تحتاج إلى ما يقارب 1 مليون دولار. من جهة أخرى ينظر إلى أن تكاليف إيقاف التشغيل على اليابسة ربما تكون أقل بالنسبة للبئر الواحدة، لكن عدد الآبار على اليابسة أعلى بكثير من عددها في المغمورة، ويمكن أن تتأثر كلفة إيقاف تشغيل هذه الآبار بعدد كبير من العوامل، مثل:

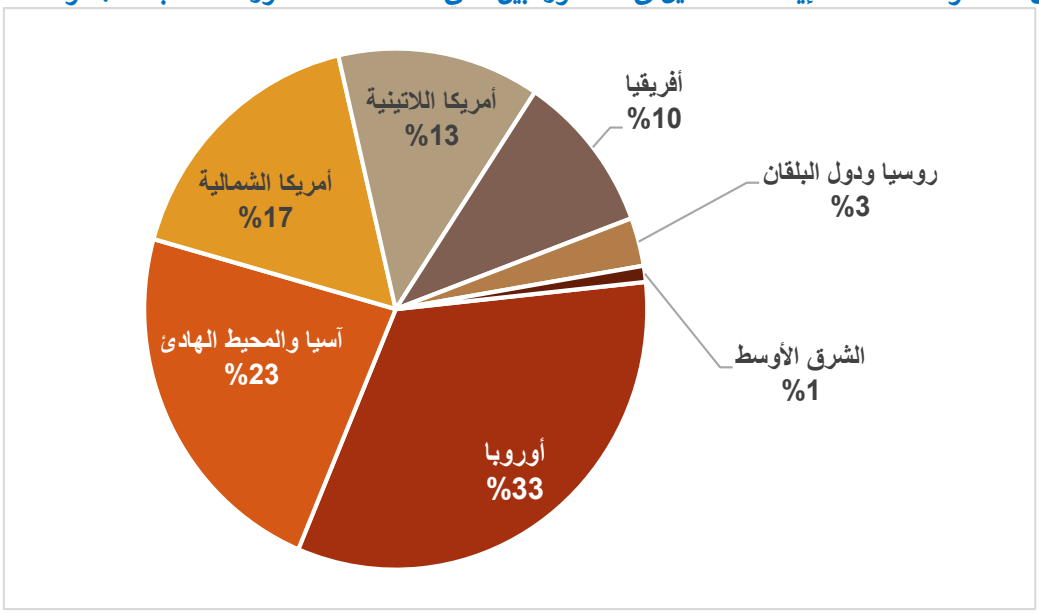
- عمق البئر: فكلما زاد العمق زادت التكلفة. ويقدر أن الكلفة تزداد نحو 20% لكل 330 متراً من عمق البئر.
- عمر البئر: إذ أن الآبار القديمة قد تكون متهالكة أكثر من الجديدة.
- موقع البئر: فالآبار في المناطق الجبلية ستكون أعلى كلفة من تلك الواقعة في السهول.
- نوع البئر: حيث تزداد التكلفة مع آبار الغاز بنحو 9% مقابل آبار النفط التي غالباً ما تكون قد فقدت الضغط الطبقي الذي يجعلها تنتج ذاتياً.

تعتبر التكاليف المرتفعة لإيقاف التشغيل أحد العوامل التي تجعل الشركات تدرس الحقل الناضج بحذر وبأعلى دقة ممكنة قبل التفكير في اتخاذ قرار إيقاف تشغيله، وقد لجأت بعض الشركات منذ العقد الماضي إلى محاولة ابتكار حلول تخفف من وطأة هذه التكاليف، مثل شركة Petronas الماليزية[34] التي قامت منذ مطلع الألفية الثالثة بتبني ما عرف باسم Rig to Reef، أي تحويل منصة الحفر بعد تطهيرها كلياً من التلوث إلى رصيف بحري يمكن أن يشكل موطناً صناعياً للشعب المرجانية، وهو حل يبدو ملائماً للبيئة خاصة في الأعماق الضحلة.

طبقت الشركة تلك التقنية للمرة الأولى عام 2004 على منصة Baram-8 التي تعرضت لعاصفة دمرتها، فتم وضعها تحت الماء في إحدى الحدائق المائية الوطنية. وقد ذكرت الشركة أن تلك المنطقة باتت لاحقاً موئلاً لستٍ وعشرين فصيلة من المخلوقات البحرية، مقابل أربع فصائل فقط من قبل. وتم في عام 2019 غمر منصات أخرى في حقلي Dana (على عمق46 م) و D-30 (على عمق 49 م) قبالة سواحل ماليزيا.

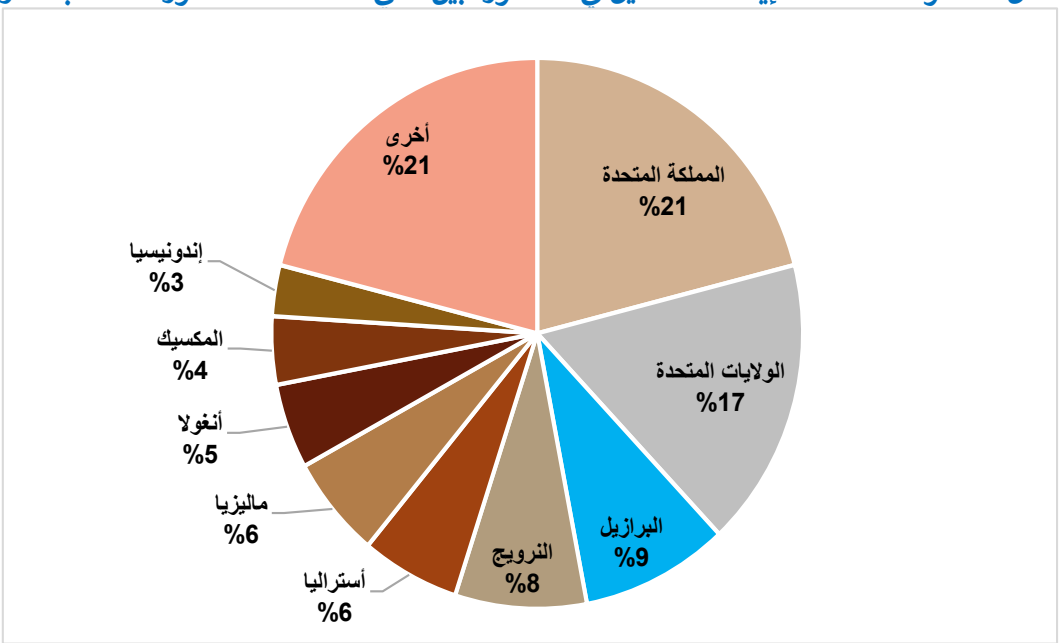
في المجمل، توقعت مؤسسة IHS Markit الاستشارية في تقرير صدر في أواخر عام 2021، أن تصل تكاليف إيقاف التشغيل في المغمورة[35] إلى نحو 100 مليار دولار بين عامي 2021- 2030، موزعة بشكل إقليمي كما هو مبين في الشكل 10، بينما يبين الشكل 11 توزع هذه النفقات حسب الدول.

الشكل 10: توقعات نفقات إيقاف التشغيل في المغمورة بين عامي 2021- 2030 موزعة حسب المجموعات الدولية



المصدر: من إعداد الباحث بناء على بيانات IHS Markit ضمن S&P Global، 2021

الشكل 11: توقعات نفقات إيقاف التشغيل في المغمورة بين عامي 2021- 2030 موزعة حسب الدول



المصدر: من إعداد الباحث بناء على بيانات IHS Markit ضمن S&P Global، 2021

مثال إقليمي افتراضي للتوضيح

تشكل النقاط سالفة الذكر وغيرها جزءاً من التعقيد الذي يلازم التخطيط للعمل في الحقول الناضجة، ويمكن تبين مناهج إطالة عمر الحقول بشكل أوضح من خلال المثال **الافتراضي** التالي عن بعض الأصول في جنوب شرق آسيا، والذي استعرضته شركة استشارية ضمن مؤتمر عن النفط والغاز في عام 2019 كمثال إقليمي عن إدارة الاحتياطيات في الحقول الناضجة[36].

تم في المثال وضع عدة سيناريوهات تعتمد على التسلسل في تطبيق مناهج إطالة عمر الحقل الموضحة فيما سبق، على أحد الأصول الموجودة في جنوب شرق آسيا. وجرى إنشاء جداول تبين التأثير على نهاية عمر الحقل والاحتياطيات وصافي القيمة الحالية* (بما في ذلك تكاليف هجر الحقل). تم استخلاص الشروط المالية وأسعار المنتجات والمواد من البيانات العامة المتاحة، أو تم تقديرها عند عدم توفر البيانات.

1- سيناريو الحالة الأساسية:

اعتمد المثال على منظومة إنتاج بحري مكونة من عدة حقول، تديرها شركة نفط دولية IOC، وتنتج النفط والغاز والمتكثفات لأسواق متعددة. يُفترض أن يستمر هيكل التكلفة في الشركة حتى نهاية عمر المنظومة، والذي يؤخذ عند النقطة التي يتجاوز فيها إجمالي التكاليف إجمالي الإيرادات. تبدأ نفقات هجر الحقل في السنة 11، حيث تصل بعض الآبار والحقول في المنظومة إلى حدودها الاقتصادية، ومع ذلك يتم تأجيل الجزء الأكبر من تكاليف الهجر إلى السنة 14 وهي السنة التي تلي الحد الاقتصادي للإنتاج. إذا استمرت العمليات بعد السنة 13 فسوف تشكل خسارة بالتأكيد، على الرغم من أن الشركة قد تختار القيام بذلك لتأجيل التزام الهجر أو توقعاً لبعض التطورات الإيجابية اللاحقة في أسواق النفط والغاز.

2- سيناريو التحسينات على الكلفة

تتخلى الشركة عن المنظومة، وتتولى شركة مستقلة عملية التشغيل بتكلفة أقل، مع الحفاظ على خطة التطوير المستقبلية للشركة الأولى. من المفترض أن تمتد شروط الترخيص الأصلية إلى تاريخ

* NPV: Net Present Value

جديد لنهاية عمر الحقل. فيقوم المشغل الجديد بتخفيض النفقات التشغيلية بشكل كبير من العام الثاني من عمر المنظومة، ويمكنه بذلك أن يمدد الحد الاقتصادي بمقدار ثلاث سنوات* (حتى السنة 16).

3- سيناريو التطوير والإنتاج المتزايد

توافق الشركة الجديدة على تطوير حقل جديد في المنظومة، وتوفر فرص الإنتاج الإضافية المختلفة بشكل تراكمي إنتاجاً إضافياً بنسبة 10% في المستقبل. تم افتراض أن شروط الترخيص الأصلية سوف تمدد إلى تاريخ جديد يحدد نهاية عمر المنظومة. يتم تنفيذ تطوير الحقل الجديد في العام 17 ويؤجل كذلك الحد الاقتصادي إلى العام 27. ونظراً لأن الإنتاج سيمتد لأحد عشر سنة إضافية، فإن بعض الحقول القديمة في المنظومة تصل إلى حدودها الاقتصادية ويتم هجرها في السنوات 21 إلى 24، مما يقلل من تكلفة الهجر في العام الأخير.

4- سيناريو التحسينات التشغيلية

تم تحسين خطة التطوير والإنتاج الإضافية، وأضيفت بعض الاستثمارات لإيقاف تشغيل منشأة إنتاج رئيسية في السنة 7 (تسريع بعض تكاليف الهجر) مع تخفيض بعض تكاليف التشغيل. زيادة الحد الاقتصادي لمدة عام واحد .تم تمديد شروط الترخيص الأصلية المفترضة إلى تاريخ جديد.

5- سيناريو التحسينات المالية والتجارية

تفترض هذه الحالة أن المشغل الجديد قد تفاوض بنجاح على تحسين سعر المنتج بنسبة 10% وحصل على شروط مالية محسنة في نهاية فترة الترخيص الأصلية في السنة 8. وفيما عدا ذلك تتم المحافظة على برنامج التطوير والتشغيل الموضح في القسم السابق. يفترض بهذا السيناريو أن يوضح التأثير المادي الذي يمكن أن تحدثه الشروط المالية والتجارية على التدفق النقدي وصافي القيمة الحالية، حيث يتم دعمها وتبريرها من خلال برنامج تقني مستمر.

---

* التواريخ المبينة هي جزء من الافتراضات التي وضعتها الورقة للسيناريوهات المفترضة.

تتجلى أهمية هذا المثال في أنه أبرز ضرورة وضع تصور للظروف التي سيتم بموجبها إنتاج "آخر برميل اقتصادي" من حقل ما، بما يعود بأعلى فائدة ممكنة على كل من الحكومة وحامل الترخيص. ويتم إنتاج هذا البرميل من النفط (أو البرميل المكافئ من الغاز) عندما تتساوى التكلفة الحدية للإنتاج مع إيرادات المبيعات، وبحيث لا تفرض الحكومة المعنية ضرائب تتجاوز ضريبة الشركات العادية، وبحيث يتم توفير جميع خدمات الإنتاج من قبل الشركات المحلية بنسبة 100%. كما يتم تخصيص تكاليف إيقاف التشغيل والهجر وتكاليف إعادة المواقع إلى حالتها الأصلية. عموماً، تؤكد السيناريوهات التي قدمها هذا المثال الافتراضي (الجدول 7) أن إدارة الحقول الناضجة تعد تحدياً وفرصة في الوقت نفسه، حيث يتمثل ذلك في كيفية إدارة المنظومة حتى إنتاج آخر برميل اقتصادي من الحقل، مع الحفاظ على عوائد مناسبة للأعمال والمجتمع طوال دورة حياة إنتاج الحقل.

الجدول 7: سيناريوهات اقتصادية مختلفة لإدارة منظومة حقل ناضج

نهاية عمر الحقل (عدد السنوات المتبقية)	حجم الاحتياطيات		القيمة الصافية الحالية (مليون دولار)	
	نفط+ متكثفات (مليون برميل)	غاز (مليار قدم مكعب)	NPV (0)	NPV (10)*
سيناريو الحالة الأساسية				
13+	55.5	891.4	1765	1459
سيناريو التحسينات على الكلفة				
16+	58.4	986.8	1884	1438
سيناريو التطوير والإنتاج المتزايد				
27+	68.4	1486.1	4069	2060
سيناريو التحسينات التشغيلية				
28+	68.6	1508.6	4082	2059
سيناريو التحسينات المالية والتجارية				
29+	68.8	1527.8	4399	2134

المصدر: Peacock and Duncan، 2019.

* NPV(10) هي طريقة لتقدير الأرباح المستقبلية المحتملة لشركة الطاقة بناءً على احتياطياتها المؤكدة من النفط والغاز ، باستخدام معدل خصم 10%

الحقول الرقمية واستدامة الحقول الناضجة

ورد في مطلع هذه الدراسة تحليل للطلب المستقبلي على النفط أكد على اتساع أفق التوقعات المستقبلية للطلب على الطاقة عموماً، ولا ريب أن الصناعة البترولية ضمن منظور هذه التوقعات تواجه عدة تحديات تتعلق بالتكاليف وبالموارد البشرية من جهة، وتتعلق من جهة أخرى بالوصول إلى مصادر جديدة أو تطوير المصادر المعروفة. إن مواجهة هذه التحديات يتطلب - ضمن ما يتطلبه- الحفاظ على وتيرة نمو أو استقرار للإنتاج تكفل وجود ريعٍ عادل مقابل رأس المال المستثمر وتكاليف التشغيل المدفوعة. ومن المعروف أن العديد من الشركات تتبع أسلوباً تقليدياً في العمل يمزج بين معلومات وحدات منفصلة، تتواصل مع بعضها لتدارس نتائج عملها، لكن هذا التواصل لا يكون دوماً في الوقت المناسب. وحتى في الشركات التي تمتلك خطة عمل جماعية، فإن عمليات التواصل قد تواجه العديد من العوائق اللوجستية، ومنها على سبيل المثال لا الحصر بُعد المسافات بين الحقول ومكاتب الشركة الأم، أو صعوبة التنسيق بين ضرورة وجود العاملين على رأس عملهم في الحقول وبين انتقالهم إلى مكان اجتماع يضم كل المعنيين في وقت واحد، وكلفة التنقل التي تضاف على النفقات التشغيلية. إن نمو آفاق الطلب على الطاقة، والشكوك التي تحوم حول كفاية احتياطيات النفط المتاحة، والتذبذب في أسعار النفط، والعوامل الجيوسياسية غير المتوقعة، هي نماذج عن العقبات التي تحتاج شركات الطاقة لتجاوزها في مضمار العوامل المتعلقة بتطوير الحقول عموماً، والحقول الناضجة بشكل خاص. حيث تتطلب الحقول الناضجة عملياً قدراً أكبر من الاهتمام والقوى العاملة للحفاظ على استمرار إنتاجها. تشمل التحديات التشغيلية اليومية النموذجية تحديد الآبار التي تم هجرها وإعادة تنشيطها، وجمع بيانات ضغط/ رأس البئر المستخدمة في دراسات سلامة البئر والمراقبة والتحسين. ومن البديهي أن هذه التحديات تتفاقم بشكل أكبر بالنسبة للأصول الناضجة التي يوجد فيها عدد كبير من الآبار المنتشرة على مساحات واسعة، مما يؤدي إلى دورة لا تنتهي من جمع البيانات.

تتمثل إحدى طرق إدارة هذه التحديات في تثبيت أجهزة استشعار على الآبار لمراقبة البئر عن

بُعد، وهي إحدى التطبيقات التي تستفيد من إنترنت الأشياء الصناعي. تُستخدم المستشعرات لمراقبة بيانات البئر الحرجة (الضغوط ودرجات الحرارة)، وتساهم بالتالي في الحد من النفقات التشغيلية التي يتم تكبدها خلال الانتقال بين هذه الآبار لتشخيص مشاكلها. وتتضمن التطبيقات أيضاً الإبلاغ عن الآبار المتوقفة باستخدام البريد الإلكتروني أو عبر إرسال رسائل نصية إلى المشرفين، مما يساهم في سرعة الاستجابة للتغيرات التي تطرأ على الآبار، ويقلل من زمن توقفات الإنتاج. ورغم التكلفة المرتفعة نسبياً لهذه المستشعرات وتطبيقاتها، إلا أن نقل البيانات في الوقت الفعلي للمشرفين، يعني إمكانية تحليلها وتحويلها إلى معلومات تساهم في إيجاد حلول استباقية للمشاكل المتوقعة، أو تساهم في تحسين إنتاجية الآبار. ويمكن توضيح ما سبق من خلال بضعة أمثلة:

كانت البئر A* إحدى بئرين في المغمورة تم تطبيق تقنية إنترنت الأشياء الصناعي عليهما لأول مرة ضمن مبادرة محلية لمراقبة الآبار عن بُعد. تنتج البئر عبر إكمال مزدوج†، ويتم جمع بيانات البئر مثل ضغط أنابيب الإنتاج وضغط مواسير التغليف وضغط خط التدفق، وتسجيلها وتوجيهها كل ست ساعات. وتم إعداد البيانات في لوحة معلومات خاصة لإرسال إشعار بالبريد الإلكتروني والرسائل النصية إلى المشرفين والمشغلين عندما تنخفض الضغوط إلى ما دون الحد المقرر مسبقاً.

تلقى المشرفون في فبراير 2019، إشعاراً عبر البريد الإلكتروني والرسائل النصية يبين انخفاض الضغط في أنابيب الإنتاج إلى ما دون الحد الأدنى. يبلغ الضغط في أنابيب إنتاج البئر A عادة 280 رطل/ البوصة المربعة psi بينما تمت برمجة المعدات لتعطي تنبيهاً عند انخفاض الضغط إلى ما دون 250 رطل/البوصة المربعة. لاحظ المشرفون أيضاً ارتفاع الضغط في مواسير التغليف، وهذا ما هداهم إلى التأكد من تعطل صمام الأمان البئري نتيجة فقدان الضغط الهيدروليكي فيه. تم تصحيح المشكلة وفتح البئر للإنتاج بعد ثلاث ساعات فقط من التنبيه الذي أرسل للمشرفين، مما منع ضياع نحو 500 برميل من النفط، وهو معدل إنتاج البئر A، وبافتراض أن سعر البرميل 50 دولاراً فقط، فهذا يعني توفير 25 ألف دولار، وذلك بغض النظر عن تكلفة التنقل والتفتيش على الآبار لمعرفة أي منها التي توقفت عن الإنتاج[37].

* لم تذكر الورقة التي أعدتها شركة Chevron Nigeria اسماء الآبار صراحة، واكتفت بتسميات الآبار A، B، C.

† Dual Completion

وفي مثالين آخرين من نفس الشركة، تمت الإشارة إلى بئر B تنتج 2200 ب/ي، وبينت المستشعرات تراجع الضغط في أنابيب الإنتاج بسرعة كبيرة، فتم تعديل تقنية الإنتاج في البئر لتصبح عن طريق الرفع بالغاز. وهو ما ساهم في توفير 165 ألف دولار كانت ستفقد لو توقفت البئر. كما تمت الإشارة إلى بئر أفقية C تعمل بتقنية الرفع بالغاز وتنتج 190 ب/ي، وأظهرت تنبيهات المستشعرات تذبذب الضغط في مواسير التغليف، وتبين أن السبب عائد لتشكل الهيدرات ضمن الصمام الذي يستخدم لحقن الغاز. ساهمت التنبيهات في الاستجابة السريعة من قبل طاقم العمل، حيث تم التخلص من الهيدرات المتشكلة، وعملت البئر بشكل مستمر لمدة ثلاثة أشهر. وقدرت قيمة الإنتاج التي كانت ستفقد بنحو 1.4 مليون دولار.

تبين الأمثلة الآنفة الذكر أهمية استخدام تقنيات الحقول الرقمية في تطوير الحقول الناضجة واستدامة إنتاجها، فالتجربة العملية تؤكد أن استراتيجيات الإدارة المؤتمتة للبيانات والمهام الروتينية تؤدي إلى رفع الكفاءة التشغيلية، وانخفاض النفقات العامة للمشروع في إطار زمني قصير للغاية. وتقود المراقبة المتطورة للإنتاج (بما في ذلك أنظمة الإنذار عالية الكفاءة) إلى زيادة فرص تحسين الإنتاج والوصول إلى زمن استجابة أسرع لأي تغيرات تظهر فيه، مما يقلل بشكل كبير من خسائر الإنتاج. كما تسمح زيادة دقة العمليات وزيادة جودة البيانات بتفهم المكمن وأداء الآبار بشكل أفضل، مما يعني إطالة العمر الافتراضي للحقل.

ولا يخفى أن العديد من الحقول الناضجة القديمة تستخدم فيها معدات قديمة أيضاً، وغالباً ما تكون المقاييس المثبتة على رؤوس الآبار غير قادرة على بث بياناتها آلياً إلى نظام تحكم مركزي، وحتى عمليات الاختبار تتم يدوياً وعلى فترات متقطعة. وهناك حجم كبير من العمليات في تلك الحقول ومعظم الآبار تكون منخفضة الإنتاجية، كما يكون في الحقل عدد كبير من الآبار تنتشر على كامل مساحته. وهنا تبرز أهمية أتمتة العمل لمراقبة أداء هذه الابار والعمل على استدامة إنتاجها.

يذكر في هذا المجال أن العديد من الدول الأعضاء في منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول تبنت مفهوم الحقول الرقمية، ومن بينها مركز التحكم المتقدم والذكاء الاصطناعي (بانوراما) لشركة

بترول أبو ظبي الوطنية "أدنوك" الذي افتتح عام 2017، لتوفير إمكانية الوصول إلى البيانات الضخمة* من العمليات والأداء، ويضع البيانات الهامة في متناول المختصين. ويستمد المركز بياناته من نقاط البيانات التابعة لأدنوك في مجالات الاستكشاف والتطوير والإنتاج، ومعالجة الغاز والتكرير والبتروكيماويات، وحجم المبيعات والتسويق ونقل المنتجات للعملاء في جميع أنحاء العالم وكذلك الخدمات والإمداد. ويتكامل مع مركز (بانوراما) مركز (ثمامة) لدراسات المكامن البترولية، وهو مركز تستخدم فيه "أدنوك" طرق التحليل الذكية مترافقة مع منصات الذكاء الاصطناعي للبحث عن حلول للمشكلات التي تواجه العمليات تحت السطحية[38].

وأطلقت المملكة العربية السعودية مبادرة "الحقل الذكي" منذ عام 2004، وضمن مساعيها لتطوير أعمالها بشكل مستمر†، حولت "أرامكو السعودية" في عام 2019 مجمع مكاتب لها في مدينة الظهران إلى ما عرف باسم "مركز الثورة الصناعية الرابعة"، وذلك لتطبيق الابتكارات التكنولوجية والرقمية. وهي خطوة أدت إلى تطوير المهارات الفنية للقوى العاملة في الشركة لمساعدتها على تحقيق رؤيتها للتحول الرقمي، كما سمحت بتحسين كفاءة العمل وتوفير التكاليف[39].

وفي دولة قطر، أطلقت "قطر للبترول" مشروعاً لتثبيت نظام لاسلكي لمراقبة الضغط والتدفق في آبار حقن المياه في حقل دخان، وذلك لتسهيل المراقبة عن بعد في الوقت الفعلي وتخزين البيانات التاريخية لتحقيق إدارة أفضل للمكامن، بالإضافة إلى نقل البيانات إلى المحطات الميدانية وغرفة التحكم الرئيسية. وقد عمل المشروع على تزويد مهندسي المكامن والإنتاج في مكتب الشركة البعيد ببيانات تاريخية وبيانات فورية تصل إلى أجهزة الكمبيوتر المكتبية الخاصة بهم[40].

ومن تجارب الدول الأعضاء أيضاً يمكن الإشارة إلى دولة الكويت حيث أطلقت شركة نفط الكويت المشروع التجريبي "الحقل الرقمي المتكامل الكويتي"‡ في مركز التجميع رقم 1 في جنوب شرق الكويت، في حقل برقان، وقد بدأ تشغيله الميداني الفعلي في نهاية عام 2009. وتذكر مؤسسة البترول

* Big Data: مصطلح يشير إلى مجموعة بيانات تستعصي على التخزين أو المعالجة بإحدى الأدوات أو التطبيقات المعتادة لإدارة البيانات، بسبب ضخامتها أو تعقيدها.

† سجلت السعودية في عام 2016 فتحاً علمياً حيث طوّرت شركة أرامكو السعودية أول محاكٍ Simulator من نوعه في العالم بإمكانه معالجة تريليونات الخلايا. وتمكن المحاكي من تتبع هجرة النفط حتى وصوله للمكمن في أحد الحقول عبر ملايين السنين، وذلك خلال عملية استغرقت عشر ساعات فقط، مما فتح الأفق واسعاً أمام عمليات الاستكشاف في كافة مناطق المملكة. تحقّق هذا الإنجاز غير المسبوق باستخدام 150 ألف وحدة تمثل 75% من قدرة كومبيوتر (شاهين 2) العملاق الموجود في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية.

‡ Kuwait Integrated Digital Field Jurassic (KwIDF-Jurassic)

الكويتية أن رؤية الحقل الرقمي المتكامل الكويتي في العمل تتمحور حول تحقيق تكامل التكنولوجيا الذكية مع العمليات والمكان والعاملين، وذلك لضمان قياس وتخطيط وإدارة المكامن بأعلى الكفاءات وأقل التكاليف، وتوفير بيانات دقيقة وفورية ومعلومات صحيحة ولحظية لضمان اتخاذ القرارات الأفضل في وقت مبكر في بيئة عمل تتضافر فيها الجهود التعاونية بين العاملين[41]. وقد افتتحت شركة نفط الكويت منذ عام 2012 "مركز الكويت للحقل الذكي المتكامل"، الذي يتضمن منظومة متكاملة تهدف إلى تحقيق استراتيجية مؤسسة البترول الكويتية في رفع إنتاج النفط إلى 4 مليون ب/ي عام 2040[42].

ومن الدول العربية غير الأعضاء في المنظمة، يمكن الإشارة إلى سلطنة عمان، حيث تم تصميم منصة "نبراس: ضمن شركة "تنمية نفط عمان" كمنصة ذكية لإدارة المكامن والآبار. وقد برزت فكرة هذه المنصة من الحاجة إلى أداة قياسية سهلة الاستخدام والصيانة، وذلك لاستبدال العدد الكبير من جداول البيانات وغيرها من الأدوات التي لا تكون بالضرورة قياسية بالنسبة لجميع الفرق العاملة في الحقول. تقوم المنصة بتجميع نصف مليون بيان في الدقيقة من عشرة آلاف بئر وبضع منشآت سطحية، وتوفر البيانات مؤشرات رئيسية حول الآبار وحالة المكامن، مما يساعد المهندسين على اتخاذ قرارات أفضل[43].

إجمالاً، وفي ضوء التحسن النسبي في أسعار النفط مؤخراً، ونتيجة لتأثير الأزمة الجيوسياسية المرتبطة بروسيا وأوكرانيا، لم تعد الحقول الناضجة العملاقة فقط تحت أضواء التطوير، بل بدأت بعض الشركات في دراسة تطوير حقول ناضجة صغيرة يمكن أن يكون لها مردود اقتصادي، مثل حقل Maria في بحر الشمال الذي اكتشف منذ عام 1976، واعتبر غير اقتصادي لأن احتياطياته القابلة للإنتاج لا تتجاوز 6 مليون برميل مكافئ نفط. لكن الشركة المالكة لامتياز الحقل أجرت مسحاً زلزالياً ثلاثي الأبعاد على الحقل في عام 2021، وأعلنت في شهر يوليو 2022 (أي بعد 46 سنة على اكتشاف الحقل) أنها سوف تباشر في عمليات تطويره، مستفيدة من البنى التحتية في حقول قريبة مجاورة، متوقعة أن يبدأ الإنتاج منه في عام 2025، ويستمر حتى عام 2034. ورأت الشركة أن متوسط التكاليف التشغيلية سيبلغ نحو 10.6 دولار/ البرميل، وأن الحقل خلال السنة الأولى من الإنتاج سيحقق إيرادات بقيمة 193.5 مليون دولار، تنخفض إلى 125.7 مليون دولار

في عام 2026 و81.7 مليون دولار في عام 2027. وتوقعت أن يدر الحقل 545 مليون دولار من الإيرادات على مدى عمره[44].

خلاصة الفصل الأول

- يمكن للتأثيرات الجيوسياسية أن تلعب دوراً كبيراً في إعادة رسم ملامح الأسواق في الصناعة البترولية، وتغير من منظور الدول (المنتجة والمستهلكة) نحو أمن الطلب وأمن الإمداد.
- استناداً إلى مختلف السيناريوهات التي تمت مراجعتها، سوف يستمر النفط والغاز في تلبية ما يربو على نصف الطلب العالمي على الطاقة على الأقل خلال العقود القادمة، مما يعني أن أهمية الحقول الناضجة سوف تزداد أكثر فأكثر.
- رغم ارتفاع الاستثمارات الملحوظ في الحقول الجديدة في العالم، وخاصة في أفريقيا، فإن الحقول الناضجة تعتبر العمود الفقري للإنتاج في الصناعة البترولية حيث تنتج أكثر من ثلثي إنتاج النفط العالمي.
- معظم حقول العالم العملاقة هي حقول ناضجة تجاوزت 25 عاماً من الإنتاج.
- معدلات نضوب الحقول العملاقة تكون منخفضة في بداية الإنتاج، لكنها ترتفع بشكل كبير عند الوصول إلى الإنتاج الأعظمي.
- يمكن لأي تغير إيجابي في تقدير الاحتياطي الأعظمي القابل للإنتاج أن يحد من معدلات النضوب من خلال إدارة الحقول وتطبيق تقنيات تنشيط الحقول الناضجة، وهو ما سيتم شرحه بإسهاب في الفصول القادمة.

الفصل الثاني

✓ تقنيات تنشيط الحقول الناضجة : أمثلة عملية

يتمثل الهدف من أي تقنية في إمكانية تطبيقها عملياً، لذلك تم في هذا الفصل استعراض عددٍ من الأمثلة التي توضح نتائج تطبيق مختلف التقنيات على الحقول الناضجة، ومدى فعاليتها في تطوير تلك الحقول، وتم تضمين العديد من المعلومات الفنية التفصيلية لتكون مرجعاً للمقارنة عند المختصين.

ولما كانت معظم التقنيات المستخدمة في تنشيط الحقول الناضجة تدخل ضمن تصنيف تقنيات الاستخلاص المحسن للنفط، فقد احتوى هذا الفصل على لمحة عامة حول هذه التقنيات.

دور طرق الاستخلاص المحسن

يمثل الإنتاج الأولي بالتعريف استخدام الطاقة الطبيعية للمكمن في إنتاج ما يمكن إنتاجه من النفط، ويرتبط معامل الاستخلاص في هذه الحالة بالضغط الأولي للمكمن وعمقه، ولزوجة النفط وتركيبه، وطبيعة الصخور وخصائصها الفيزيائية والبتروفيزيائية، وقطر مواسير الإنتاج المستخدمة، وقطر المقطع النهائي للبئر، والعديد من العوامل الأخرى. أما الإنتاج الثانوي IOR*، فيتضمن إضافة طاقة خارجية للمكمن باستخدام العديد من التقنيات مثل حقن الماء، أو حقن الغاز غير القابل للامتزاج للمحافظة على الضغط الطبقي وغيرها من الطرق. وفي هذه الحالة يتم إنتاج النفط من بئر ما، بينما يتم استخدام التقنيات التي تعدل أو تقدم طاقة إضافية للمكمن عبر بئر أو آبار أخرى. وهناك عدد من التقنيات الشائعة التي يمكن تصنيفها بين تقنيات الاستخلاص المحسن، مثل الحفر البيني†، والحفر الأفقي، وتوصيف المكامن‡. أما ما يشار له بالاستخلاص المدعم (المعزز) للنفط EOR، فيتضمن تطبيق تقنيات متقدمة مثل حقن مواد قابلة/ غير قابلة للامتزاج، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون، وغاز النتروجين، وغازات العوادم من محركات الاحتراق الداخلي§، والغازات الهيدروكربونية، أو حقن الماء مضافاً إليه بعض المواد الكيميائية، مثل مخفضات التوتر السطحي، والبوليميرات، علاوة على الطرق الحرارية مثل حقن البخار في المكمن، أو الحرق في المكان (الموضع) عبر حقن الهواء أو الأوكسجين، أو الطرق البكتيرية. باختصار، فإن الهدف هو تطبيق أي تقنية يمكنها إنتاج كميات نفط أكبر من تلك التي أنتجت بالطرق الأولية أو الثانوية.

إن التحري التفصيلي لتقنيات الاستخلاص المحسن ليس من ضمن أهداف هذه الدراسة عن الحقول الناضجة، فهناك دراسات مختصة بالاستخلاص المحسن وتقنياته وتطبيقاته. لكن من الهام إيضاح دور هذه التقنيات عموماً في الحقول الناضجة، إذ لا يخفى على العاملين في الصناعة البترولية

* Improved Oil Recovery
† Infill Drilling
‡ Reservoir Characterization
§ Flue Gas

أن تقنيات الاستخلاص المحسن للنفط في تطور مستمر شأنها في ذلك شأن كافة مناحي الصناعة، مما يعني أن الاطلاع المستمر على هذه التطورات يشكل خطوة هامة تساعد على اتخاذ قرار اعتماد هذا النوع من التقنيات في الحقول التي تتطلب المزيد من عمليات التطوير لاستخلاص كل ما يمكن استخلاصه منها. وقد نال الاستخلاص المحسن للنفط حظه من التقدم التقني الذي شهدته وتشهده مختلف مناحي الصناعة البترولية، فتطورت العديد من الطرق المعروفة وظهرت تقنيات جديدة هنا وهناك تصب في مصلحة التوجه نحو الاستخلاص المحسن مدفوعة بالعديد من النقاط التي من أهمها:

1. صعوبة تطوير الاكتشافات الجديدة في ظل تقلب الأسواق والأسعار
2. بقاء كميات كبيرة من النفط في الحقول الناضجة لا يمكن إنتاجها بالطرق العادية، إذ أن معامل الاستخلاص لهذه الطرق لا يزيد عن 35% في أحسن الأحوال.

تجري العديد من الدراسات حول العالم لبيان الدور الذي يمكن لطرق الاستخلاص المحسن أن تلعبه في تطوير الحقول الناضجة، ومنها دراسة شارك فيها باحثون من أكاديمية العلوم الصينية، ومختبر Pacific Northwest الأمريكي، ومعهد أبحاث الحفر في مؤسسة البترول الوطنية الصينية CNPC. تبنت الدراسة أسلوب تقييم فني اقتصادي تضمن نموذج فعالية وكفاءة من جهة، ونموذجاً مالياً لمشاريع حقن غاز ثاني أكسيد الكربون من جهة أخرى. جرى تطبيق النموذجين على 296 حقلاً صينياً على اليابسة، شكلت 70% من الحقول الصينية الناضجة حتى عام 2015، وخلصت الدراسة إلى أن استخدام هذه التقنية يمكن أن يساهم في إضافة 1.1 مليار طن (7.7 مليار برميل) إلى الاحتياطيات الصينية ضمن الشروط السائدة في وقت الدراسة. وبين النموذج الذي تم استخدامه أن الإنتاج التراكمي من النفط إضافة إلى كميات التخزين المتوقعة من غاز ثاني أكسيد الكربون ترتبط بأسعار النفط، وكلفة الغاز، وعمر المشروع، ومعدلات الفائدة، والسياسات الضريبية. كما أشارت الدراسة إلى أن نجاح تطبيق هذا النوع من التقنية في الصين يمكن أن ترتفع جدواه الاقتصادية في حال توفر الحوافز الحكومية لاصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون[45].

يوضح المثال السابق أهمية التخطيط الاستراتيجي بعيد المدى عند تطبيق تقنيات الاستخلاص

المحسن على الحقول الناضجة، فالعوامل المختلفة التي ينظر لها في أي مشروع من هذا النوع تكون حساسة للغاية لتغيرات أسعار النفط، ربما بسبب كلفتها العالية مقارنة مع طرق الإنتاج الأولي، مما يضيّق من هامش الربح المتوقع من حقل ما. ويمكن الإشارة هنا إلى أن تقنية حقن غاز ثاني أكسيد الكربون ساهمت في إنتاج 25 ألف ب/ي في الولايات المتحدة عام 1986، بينما أنتجت 275 ألف ب/ي في عام 2012. ولا شك أن ارتفاع أسعار النفط* من 61.9 دولار/البرميل عام 2009 إلى 99.7 دولار/ البرميل عام 2011 لعب دوراً هاماً في ارتباط العديد من الشركات بعقود طويلة الأجل للحصول على غاز ثاني أكسيد الكربون بحيث لا تزيد كلفة الكميات اللازمة منه لإنتاج برميل واحد من النفط عن 2% من سعر البرميل[46]. وعندما تباطأت عجلة الأسعار بعد عام 2014 أصبحت تلك الشركات في وضع لا تحسد عليه، وباتت العقود طويلة الأجل تشكل عبئاً على ميزانياتها. بينما تمكنت بعض الشركات التي تمتلك مصادرها الخاصة من غاز ثاني أكسيد الكربون من متابعة مشاريعها دون عوائق. فتبع ذلك سعي العديد من المؤسسات لبيع مشاريعها العاملة في الحقول الناضجة، وغالباً ما كانت الشركات التي تشتري هذا النوع من المشاريع هي تلك التي تمتلك المعرفة والخبرة الكافيتين في هذا المجال، إضافة إلى امتلاك البنية التحتية القادرة على التعامل مع تقلبات السوق، بحيث يمكنها تحقيق أرباح من تلك المشاريع ضمن مختلف نطاقات الأسعار[47].

الاستخلاص المحسن في المغمورة

من الشائع أن معظم تقنيات الاستخلاص المحسن ومعايير اختيارها تتركز على اليابسة لعدة أسباب، من أهمها:

- انخفاض الكلفة نسبياً على اليابسة مقارنة بالمشاريع في المغمورة، وخاصة عمليات النقل من وإلى المنصات.
- التعقيدات الفنية لإعداد البنية التحتية اللازمة في المغمورة. إذ أن الكلفة المرتفعة للآبار في المغمورة تقود إلى حفر آبار بتباعد كبير Spacing، يصل في المتوسط إلى 1 كم، مما

* خام غرب تكساس الوسطي، على أساس سنوي.

يعني أن توصيف المكامن يترافق مع الكثير من عدم الموثوقية، كما أن نماذج الآبار (توزيع آبار الحقن والإنتاج) يصعب التحكم بها مما يجعلها بعيدة عن الحالة المثالية[48].

- القوانين البيئية التي تحد من عمليات التخلص من المياه المنتجة أو المستحلبات أو المواد الكيميائية. وغالباً ما يكون خيار التخلص منها عبر نقلها إلى اليابسة خياراً غير مطروح بسبب التعقيدات الفنية والكلفة العالية.

يلاحظ من خلال ما سبق أن معظم التحديات تؤول إلى العامل الاقتصادي، وبالرغم من ذلك لا تزال تقنيات الاستخلاص المحسن في المغمورة تلقى الاهتمام، ذلك أن حقول المغمورة تكون ذات احتياطيات كبيرة في العادة، وهو أمر مفهوم في ضوء التكاليف المرتفعة التي يجب تغطيتها مما يجعل الشركات تحجم عن الاستثمار في حقول صغيرة في المغمورة، وبالتالي فإن هذه الاحتياطيات الكبيرة تشكل هدفاً مغرياً لتقنيات الاستخلاص المحسن. ويمكن على سبيل المثال الإشارة إلى بعض المشاريع التي تستهدف حقولاً ناضجة من ناحية العمر على الأقل[49]، يبينها الجدول 8.

الجدول 8: بعض مشاريع الاستخلاص المحسن على حقول ناضجة في المغمورة.

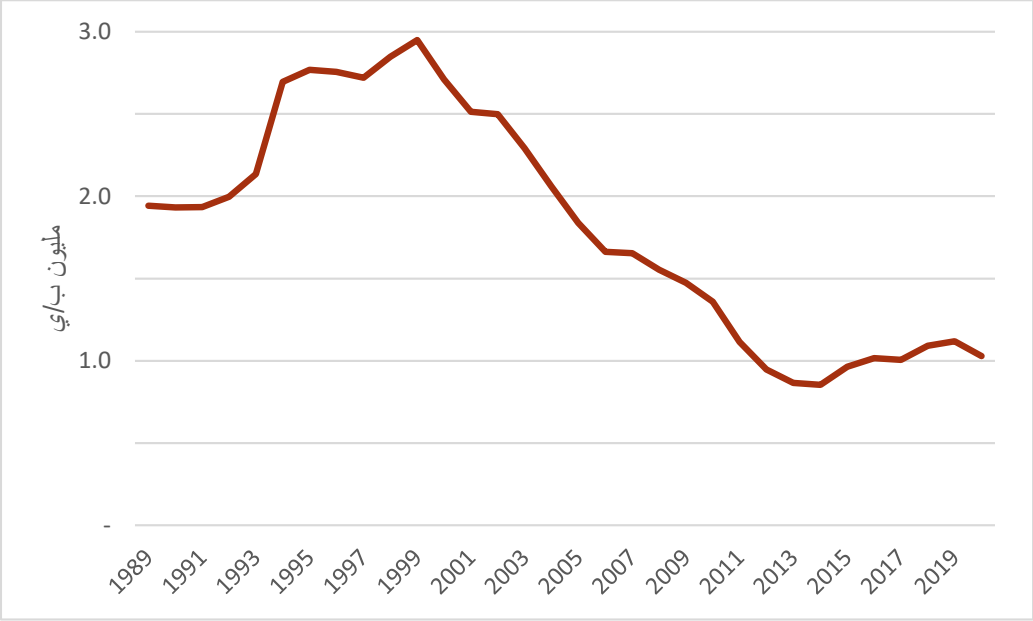
نوع التقنية	الحقل	الموقع	تاريخ بدء المشروع
حقن غاز قابل للامتزاج	Ekofisk	بحر الشمال	1975
	Beryl	بحر الشمال	1977
	Statfjord	بحر الشمال	1979
	Brent	بحر الشمال	1981
	South Pass Block 89	خليج المكسيك	1983
	Ula	بحر الشمال	1986
	South Pass Block 89	خليج المكسيك	1989
	Alwyn North	بحر الشمال	1999
	Smorbukk South	بحر الشمال	1999
حقن الماء بالتبادل مع الغاز	Snorre (SnA)	بحر الشمال	1994
	South Bae	بحر الشمال	1994
	Ula	بحر الشمال	1998
	Magnus	بحر الشمال	2002

المصدر: Lim *et al*، 2016.

يبين الجدول أن المشاريع المذكورة اعتمدت تقنية حقن الغاز القابل للامتزاج، أو حقن الماء بالتبادل مع الغاز، وغالباً ما يكون السبب توفر الغاز المرافق.

ويلاحظ من الجدول السابق كذلك أن أغلب الأمثلة كانت من بحر الشمال، وقد نشرت "سلطة النفط والغاز البريطانية" Oil and Gas Authority تقريراً في عام 2016 يبين أن تطبيق تقنيات الاستخلاص المحسن على حقول الرصيف القاري للمملكة المتحدة يمكن أن يساهم في إضافة نحو 250 مليون برميل مكافئ نفط، وتضيف نحو 10 سنوات إلى عمر الإنتاج[50]. وبطبيعة الحال فإن المملكة المتحدة بحاجة إلى ما يعزز إنتاجها من النفط، بعد أن بدأ إنتاجها من السوائل الهيدروكربونية بالتراجع بشكل ملحوظ منذ عام 1999 كما هو مبين في الشكل 12.

الشكل 12: إنتاج بريطانيا من النفط والمتكثفات



المصدر: من إعداد الباحث بناء على بيانات من BP Statistical Review of World Energy، 2021

وضمن هذا المضمار يشار إلى أن العديد من الشركات الكبرى تبحث في إمكانية تطبيق تقنيات الاستخلاص المحسن في المغمورة، وقد عملت شركة BP على سبيل المثال منذ أكثر من 40 عاماً على تطوير عدد من التقنيات، ومنها تقنية LoSal التي تعتمد الإفاضة بمياه منخفضة الملوحة تقوم

بتحرير النفط الملتصق بالطين* Clay، وقد استخدمت هذه التقنية لأول مرة في حقل Clair Ridge الذي وضع على الإنتاج عام 2018، وبتكلفة لم تزد عن 3 دولار/البرميل، مستهدفة رفع معامل الاستخلاص من احتياطيات تقارب 640 مليون برميل[51].

1- تنشيط حقل SCOTT في المملكة المتحدة (حقن البكتيريا)

يقع حقل Scott في الجزء المركزي من بحر الشمال في مياه عمقها 142 م، وقد اكتشف عام 1983، ووضع على الإنتاج منذ عام 1993، قدرت الاحتياطيات في الحقل بنحو 440 مليون برميل، أنتج منها حتى عام 2003 نحو 330 مليون برميل. وصل الحقل خلال سبعة أشهر إلى ذروة إنتاجه التي بلغت 200 ألف ب/ي يتم إنتاجها من 7 آبار تدعمها بضعة آبار حقن للماء. وقد تراجع إنتاجه إلى 20 ألف ب/ي في عام 2015، وبلغت نسبة الإماهة فيه حوالي 90%.

الحقل -من الناحية الجيولوجية- عبارة عن مكمن من الصخر الرملي المعقد تركيبياً، مضروبٌ بفوالق تقسمه إلى أربع كتل معزولة الضغط عن بعضها. تتراوح نفاذية المكمن بين 0.1- 6500 ميلي دراسي، وتبلغ درجة حرارته 96° مئوية، وتقع قمته على عمق 3170 م.

تم توصيف المكمن باستخدام بيانات القياسات الكهربائية البئرية Logs، والعينات الأسطوانية اللبية Cores، والقياسات الإنتاجية. وتبين أنه يتحدد بتتابعات Sequences من صخور السجيل Clay التي تعزل الصخور الرملية إلى نطاقات جريان مختلفة[52].

مع نضوج الحقل زادت صعوبة الوصول إلى مزيد من الاحتياطيات، وانخفضت إمكانية رفع الإنتاج، فتراجعت بالنتيجة عمليات الحفر التطويري لأن المواقع المستهدفة للحفر وخاصة على حدود الحقل باتت ذات مُعامل مخاطرة مرتفع.

وقد تم إيقاف الحفر في الحقل في عام 2004 بعد سلسلة من العمليات التي أعطت نتائج أقل من

* الطين أو الصلصال، نوع من الرواسب الفتاتية، وهو عبارة عن طين جاف، ومتصلب، أوْ تربة أقطار جسيماتها أقل من 0.0039 ملم.

المتوقع. فتم إجراء تغيير في استراتيجية حملة الحفر اللاحقة بين عامي 2005-2007 والتي أسفرت عن نتائج إيجابية، حيث ساهمت في رفع الاحتياطيات وزيادة معدلات الإنتاج. وكان من أهم عوامل نجاح هذه الحملة:

1- نقل التركيز من الأهداف المحيطية الواقعة على أطراف الحقل إلى أهداف ذات مخاطر أقل. وفي بعض الحالات كانت الآبار الجديدة تحفر على مسافة تقارب 500 متر من الآبار المنتجة في مكمن ما.
2- تم إجراء أول مسح زلزالي للحقل عام 1992، ثم أعيد المسح عام 1996. وفي عام 2003 جرت إعادة تفسير بيانات المسح الزلزالي وخاصة للفوالق في المناطق التي لم تكن واضحة سابقاً، وهو ما أدى إلى زيادة الثقة في توصيف المكامن المجاورة للفوالق، كما ساهم في تحديد فوالق صغيرة كان لها تأثير على فعالية إزاحة الموائع المنتجة. تم حفر بضع آبار نتيجة التفسير الجديد، وفي عام 2005 أدرجت نتائج هذه الآبار في عمليات إعادة تفسير أخرى ساهمت بدروها في نقل تفهم المكمن وآلية عمله إلى مستوى جديد.

أظهر النموذج الديناميكي للحقل وجود كميات كبيرة من النفط الذي لم يتم كسحه Unswept، وقد ساهم هذا النموذج بعد عدد كبير من عمليات المحاكاة في نجاح حملة للحفر بين عامي 2005 و2007 ساهمت في رفع الإنتاج من 15 ألف ب/ي ليصل إلى 35 ألف ب/ي.

ورغم أن نسبة الإماهة* كانت ترتفع بسرعة، إلا أن معدلات الإنتاج الإجمالي من الحقل كانت تستمر لنحو 3 أو 4 سنوات قبل أن تعود إلى سابق عهدها[53].

مشروع لاستخدام الاستخلاص المحسن في الحقل

بدأ في عام 2020 تطبيق مشروع تجريبي لتقنية الاستخلاص البترولي المحسن باستخدام حقن البكتريا في الحقل†. حيث تم اختيار أحد الآبار بناء على تحليل المواصفات الخزنية للمكمن، وأجريت

* Water Cut
† OOR: Organic Oil Recovery

عدة دراسات مخبرية على عينات من موائع البئر، ثم أجري تحليل للاستجابة البكتيرية في البئر.

تمت إجراءات حقن البكتيريا في البئر على عدة مراحل:

1- حقن 2400 برميل من مياه البحر ممزوجة بمواد مغذية (99% ماء، 1% مواد مغذية)، بمعدل 4 براميل في الدقيقة مباشرة على رأس البئر.

2- أزيحت المياه المحقونة باستخدام 400 برميل من مياه البحر

3- أغلق البئر لمدة سبعة أيام (فترة الحضانة للبكتريا).

4- حقن 400 برميل من مياه البحر لدفع البكتريا النامية إلى أبعد ما يمكن ضمن المكمن.

5- أغلق البئر لمدة 3 أيام، ثم أعيد وضعه على الإنتاج.

ساهم ذلك المشروع التجريبي في إنتاج نحو 25 ألف برميل إضافي من البئر، وتراجعت الإماهة بنسبة 4%، وربما كان من أهم مميزات المشروع عدم الحاجة إلى استثمارات رأسمالية جديدة، حيث تم استخدام المضخات المتوفرة في الحقل[54].

ويمكن الإشارة إلى نتائج تطبيق تقنية حقن البكتريا **بطريقة مشابهة** على حقل صغير في جنوب كاليفورنيا عام 2007، وهو حقل Beverly Hills، حيث يوضح الجدول 9 معدلات إنتاج الماء والنفط قبل وبعد تجربة حقن البكتريا في البئر OS1.

ورغم أن معدل الإنتاج منخفض في البئر المشار إليها (20 ب/ي من النفط)، إلا أن وصول الإنتاج إلى 82 ب/ي بعد المعالجة البكتيرية تعني (حسابياً) أن معدل إنتاج النفط من البئر تضاعف أكثر من 300%، كما أن نسبة الإماهة تراجعت بنحو 16%. وبعد عام كامل من التجربة كانت البئر OS1 تنتج بمعدل 33 ب/ي، أي بزيادة تعادل 62% من معدل الإنتاج الأولي[55].

الجدول 9: نتائج اختبار البئر OS1 في حقل Beverly Hills قبل وبعد حقن البكتيريا

	التاريخ	إجمالي السوائل ب/ي	الإماهة	ماء	نفط
معدل الإنتاج قبل التجربة	2007-03-06	110	87%	96	14
	2007-03-11	105	82%	86	19
	2007-03-28	130	78%	102	28
	المتوسط	**115**	**82%**	**95**	**20**
معدل الإنتاج بعد التجربة	2007-07-09	177	56%	99	78
	2007-07-17	182	50%	91	91
	2007-07-24	162	57%	92	70
	2007-08-06	162	20%	32	130
	2007-08-14	156	61%	95	61
	2007-09-04	158	66%	104	54
	2007-09-26	134	33%	44	88
	المتوسط	**162**	**49%**	**80**	**82**

المصدر: Zahner، 2010

2- حقل BERYL في المملكة المتحدة (مسوحات زلزالية متطورة)

اكتشف حقل Beryl عام 1972، ووضع على الإنتاج عام 1976 عبر منصة إنتاج واحدة. يقع الحقل في بحر الشمال على بعد حوالي 335 كم شمال شرق مدينة أبردين ضمن الرصيف القاري للمملكة المتحدة ويمتد على مساحة 49 كم مربع، ضمن مياه تتراوح أعماقها بين 106- 122 م. قدرت احتياطيات الحقل الجيولوجية بنحو 2.1 مليار برميل من النفط، و853 مليار متر مكعب من الغاز، أما الاحتياطيات القابلة للإنتاج فقدرت بزهاء 800 مليون برميل من النفط، و487 مليار متر مكعب من الغاز[56].

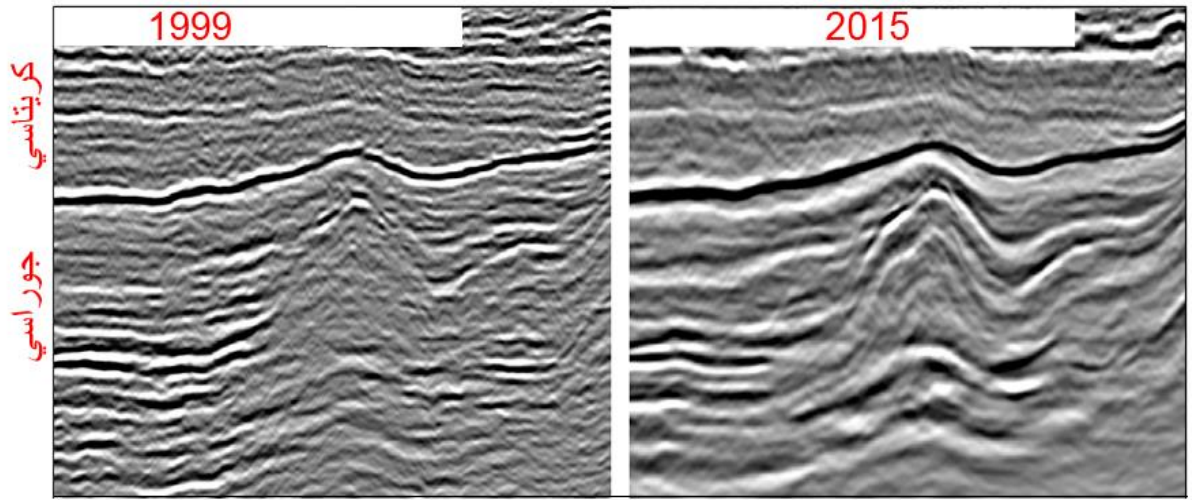
يتكون الحقل من ثلاث طبقات:

- رواسب الدلتا الساحلية من العصر الجوراسي الأوسط.
- رواسب قارية وبحرية من الترياسي الأعلى والجوراسي الأسفل.

- رواسب العكر (Turbidites) من الجوراسي الأعلى.

تشكل الصخور الرملية المكمن الأساسي في الحقل، وتحتوي صخور الجوراسي الأوسط على نحو 78% من احتياطيات الحقل، الذي أنتج حتى عام 1984 حوالي 179 مليون برميل. أضيفت منصة إنتاج ثانية إلى الحقل عام 1984، وساهم ذلك في وصول معدل الإنتاج إلى 130 ألف ب/ي* في عام 1988. ونتيجة عمليات التطوير المتتالية ارتفع معدل الإنتاج إلى أن بلغ 200 ألف ب م ن/ي، وكان متوسط الإنتاج المستقر† نحو 180 ألف ب م ن/ي حتى عام 2000. ثم تراجع الإنتاج بين عامي 2000 و2006 إلى نحو 100 ألف ب م ن/ي، ثم تراجع إلى 50 ألف ب م ن/ي عام 2010، بينما لم يزد عن 43 ألف ب م ن/ي في عام 2016. ركزت عمليات تطوير الحقل[57] على إجراء 6 مسوحات زلزالية ثلاثية الأبعاد، خلال مراحل مختلفة من عمر الحقل، عملت على تخفيض التشويش وإبراز العواكس الزلزالية بشكل أفضل، كما هو مبين في الشكل 13 الذي يوضح الفارق بين عمليتي مسح زلزالي يفصل بينهما 16 عاماً.

الشكل 13: التطور في نتائج المسح الزلزالي في حقل Beryl



المصدر: Pyle *et al.*، 2018

وقد ساهم الاستثمار في المسوحات الزلزالية الجديدة في تحديد العديد من المناطق المأمولة في الحقل الناضج، وحفر عدد من الآبار فيها. ثم ساهمت بيانات هذه الآبار بدورها في إيضاح العديد

* هذا كان الرقم الوحيد المتوفر عن إنتاج النفط فقط (ب/ي)، بينما توفرت فقط كميات الإنتاج المكافئ (ب م ن/ي) في باقي السنوات

† Plateau.

من التفاصيل الجيولوجية والمكمنية للحقل، ووفرت فرص حفر منخفضة المخاطر مما رفع معدل نسبة الآبار الناجحة إلى 88%.

3- مشروع حقل WEYBURN الكندي العملاق (حقن غاز ثاني أكسيد الكربون)

تمت في الدراسة سابقاً الإشارة إلى الإنتاج الإضافي أو البديل ضمن الخطوط العامة لإطالة عمر الحقول الناضجة، والواقع أن هناك حالات تم فيها رفع القيمة الاقتصادية للحقل عن طريق استخدامه لتخزين غاز ثاني أكسيد الكربون، كما هو مبين في هذا المثال من حقل Weyburn الكندي.

يعتبر مشروع حقن غاز ثاني أكسيد الكربون في حقل Weyburn العملاق الواقع غرب كندا، من أهم المشاريع البحثية على مستوى العالم التي صممت أساساً لدراسة إمكانية تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون، لكن هذا التخزين أفاد أيضاً من خلال استخدامه كتقنية من تقنيات الاستخلاص المحسن للنفط في الحقل.

اكتشف حقل Weyburn عام 1954 وقدر الاحتياطي الجيولوجي فيه بنحو 1.4 مليار برميل. يمتد الحقل على مساحة 180 كم مربع، وتتراوح كثافة النفط فيه بين 25° إلى 34° API، وينتج من مكمن دولوميتي طباشيري* منخفض النفاذية. وضع الحقل على الإنتاج عام 1957، وبلغ الإنتاج ذروته في منتصف الستينات حيث بلغ زهاء 47 ألف ب/ي، ثم بدأ بالتراجع منذ أواخر الستينات† حتى بلغ أقل من 10 آلاف ب/ي عام 1987 رغم استخدام تقنية الإفاضة بالماء Waterflooding منذ عام 1964. بلغ معامل الاستخلاص من الحقل عبر الإنتاج الأولي والثانوي حوالي 30%.

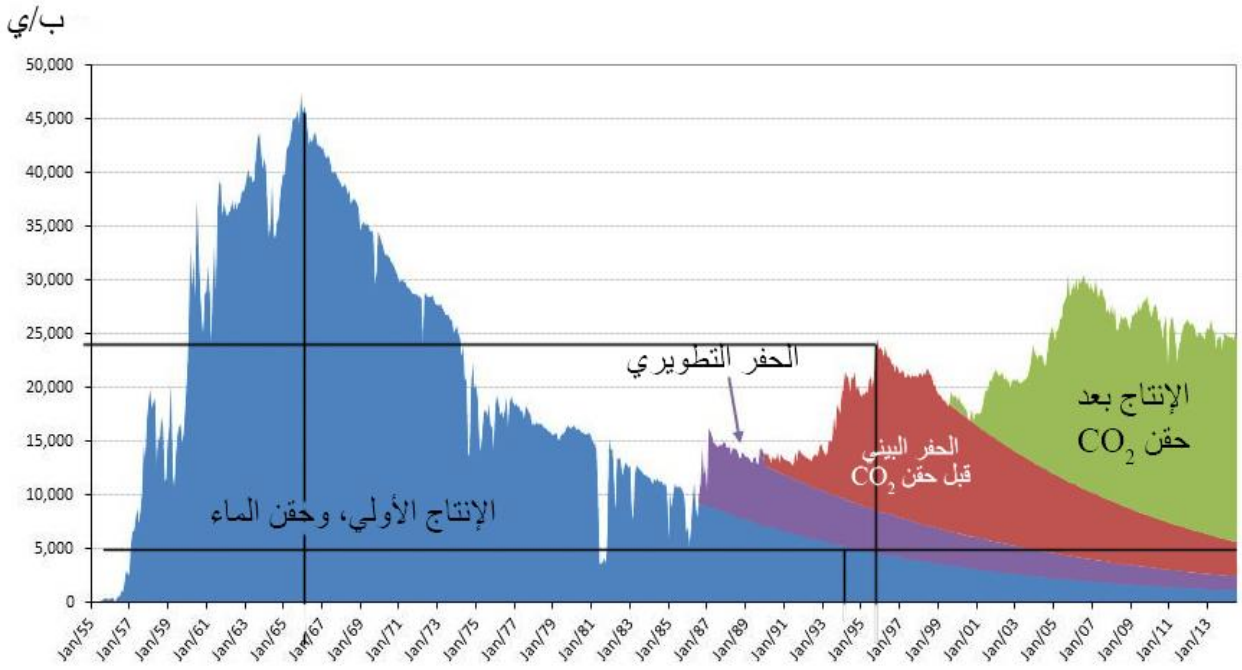
يوضح مخطط إنتاج الحقل المبين في الشكل 14، أن معدل الإنتاج كان سينخفض إلى ما دون 5000 ب/ي في منتصف التسعينات، لكن عمليات الحفر التطويري والحفر البيني، واستخدام

* Dolomite and Chalk

† أي أنه حسب التعريف كان ناضجاً من ذلك الحين.

تقنيات الحفر الأفقي منذ عام 1991، سمحت بزيادة فرص تطوير الحقل حيث ارتفع معدل إنتاجه عام 1996 إلى 24 ألف ب/ي.

الشكل 14: إنتاج حقل Weyburn في كندا قبل وبعد استخدام CO_2



المصدر: PTRC، 2004

في يوليو عام 2000، أطلق مركز أبحاث تكنولوجيا البترول (PTRC) [58] في كندا لرصد وتخزين غاز ثاني أكسيد الكربون* مشروعاً بحثياً هدف بشكل رئيسي لدراسة إمكانية التخزين الجيولوجي لثاني أكسيد الكربون، وتم تمويل المشروع من قبل العديد من الجهات الحكومية والصناعية والعلمية بما فيها "وزارة الموارد الطبيعية الكندية"، "ووزارة الطاقة الأمريكية"، "ومعهد أبحاث الطاقة في ألبرتا"، علاوة على المفوضية الأوروبية، وعشر جهات صناعية في كندا والولايات المتحدة واليابان. كما عملت على المشروع اثنتان وعشرون مؤسسة بحثية واستشارية وحوالي سبعين موظفاً وفنياً.

أوضحت الدراسة الأولية أن مكامن التخزين الجيولوجي لغاز ثاني أكسيد الكربون يجب أن تتمتع بخصائص محددة، من ضمنها:

* CO_2 Monitoring and Storage Project

- آلية احتجاز فعالة للغاز.
- وجود صخور عازلة للمكمن.
- عزل هيدروجيولوجي عن الأحواض المائية المجاورة.
- حد أدنى من المسارات المحتملة لهجرة غاز ثاني أكسيد الكربون عبر الشقوق والفوالق.

بناء على ذلك دُرس مكمن Weyburn لتحديد مدى استيفائه لهذه المعايير، وتضمنت الدراسة فحص الغلاف الأرضي* في المنطقة من خلال مجموعة متنوعة من الطرق لتحديد سلامة النظام الجيولوجي للتخزين طويل الأجل، حيث تمت دراسة مساحة 200 × 200 كم، تتمحور حول الحقل لرسم خريطة للتوزيع الطبقي ونطاقات المكمن والصخور العازلة ومكامن المياه الجوفية الإقليمية، وذلك من صخور حقبة ما قبل الكامبري وحتى سطح الأرض.

قدمت النتائج إطاراً للتوصيف الشامل لنظام تدفق السوائل تحت السطحية، وهو ما يؤثر بشكل كبير على التوزيع النهائي لثاني أكسيد الكربون المحقون كما يؤثر على توزيع ومصير أي كمية من الغاز تتسرب من موقع التخزين.

كما تمت دراسة السمات التكتونية وتركيبات الأحواض باستخدام البيانات الزلزالية عالية الدقة والبيانات المغناطيسية وغيرها من البيانات. ثم استخدمت هذه الدراسات لتقييم الهجرة المحتملة لثاني أكسيد الكربون في منطقة الدراسة. كما تم وصف البيئة الهيدروجيولوجية القريبة من السطح لتحديد التضاريس وأحواض الصرف وتوزيع طبقات المياه الجوفية الضحلة. وتم إنشاء نموذج جيولوجي متكامل ثلاثي الأبعاد لمنطقة تمتد 10 كم خارج حدود منطقة حقن ثاني أكسيد الكربون. عمِل النموذج الجيولوجي الذي يصف النظام الطبيعي، كأساس لنموذج أكثر شمولاً تضمن بيانات الآبار ومؤشرات الإنتاج، وتم استخدامه لنمذجة تقييم المخاطر والأداء. وقد أوضح النموذج

* Geosphere

الأصلي حالة الموقع قبل حقن ثاني أكسيد الكربون، ليمكن بعد ذلك مقارنة النموذج بالبيانات اللاحقة.

بدأت عمليات حقن غاز ثاني أكسيد الكربون في سبتمبر من عام 2000 ضمن خطة أولية للتوسع باستخدام هذا الغاز على مدى عمر المشروع. استخدم غاز ثاني أكسيد الكربون بدرجة نقاء تبلغ 95%، وبلغ معدل الحقن الأولي 5000 طن/ يوم، وتوقعت دراسة رسمية نشرت عن الموضوع[59] في ذلك العام أنه سيتم ضخ ما يقرب من 20 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون في المكمن على مدار عمر المشروع.

أما مصدر غاز ثاني أكسيد الكربون فكان منتجاً ثانوياً تم شراؤه من مصنع وقود اصطناعي في ولاية داكوتا الشمالية في الولايات المتحدة الأمريكية، ويتم نقله عبر خط أنابيب بطول 320 كم إلى الحقل. بدأ تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون على معدلات إنتاج النفط من الحقل بالظهور جلياً بعد نحو 3 سنوات على بدء العملية، إذ ساهم حقن الغاز في رفع معدل إنتاج الحقل بأكثر من 10 آلاف ب/ي، ليصل في عام 2007 إلى أكثر من 30 ألف ب/ي.

تم استخدام المراقبة الزلزالية لتسجيل أي نشاط زلزالي قد يكون ناتجاً عن حقن ثاني أكسيد الكربون. حيث أجريت مسوحات زلزالية ثلاثية الأبعاد على فترات منتظمة، بدأت قبل بدء عمليات الحقن. وقد لوحظ تقدم ثاني أكسيد الكربون في المكمن من خلال مقارنة المسوحات الزلزالية بمرور الوقت. وهو ما سمح بمراقبة أي تغييرات في المكمن ناتجة عن ثاني أكسيد الكربون. كما جرى استخدام طريقة تتبع غاز ثاني أكسيد الكربون المحقون من خلال التحليل الكيميائي للموائع المنتجة، حيث أن الغاز المحقون يحتوي على نظائر مختلفة عن تلك الموجودة أساساً في المكمن. واستخدمت كذلك غازات تتبع صناعية* لمراقبة حركة غاز ثاني أكسيد الكربون المحقون. بيّن المشروع أن كل طنٍ واحد من غاز ثاني أكسيد الكربون، ساهم في زيادة الإنتاج بنحو ثلاثة براميل، أو بمعنى آخر، استُخدم نحو 1272 متر مكعب من غاز ثاني أكسيد الكربون مقابل كل برميل إضافي من النفط.

* Tracers

ملاحظات على نتائج مشروع حقل WEYBURN

يستوجب ما ذكر عن هذا الحقل ضرورة التنويه إلى ملاحظات هامة يمكن استنتاجها مما تقدم، وهي:

- اكتشف الحقل عام 1954 وبدأ مشروع تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون فيه عام 2000، أي أن هناك معلومات تفصيلية عن الحقل تراكمت خلال نحو 45 عاماً من عمره، وتضمنت وجود بيانات عن عدد كبير من الآبار، ونتائج 11 ألف اختبار أثناء الحفر* DST، وتوفرت بيانات رقمية عن 6000 عينة أسطوانية لبية Core، وما يزيد عن 9200 تحليل كيميائي للمياه الطبقية[60]. بمعنى آخر، توفرت قاعدة بيانات متكاملة عن المكمن وعن التشكيلات الصخرية الموجودة في الحقل.
- هناك جزء من غاز ثاني أكسيد الكربون يعود إلى السطح مع النفط المنتج، ويجب العمل على فصله وإعادة حقنه، لذلك تشير بعض البيانات إلى تخزين 26 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون في الحقل، لكن الواقع أن 6 ملايين طن منها هي كميات تم فصلها عن النفط المنتج وأعيد حقنها.
- قد يبدو للوهلة الأولى أن كلفة حقن الطن الواحد من غاز ثاني أكسيد الكربون بلغت 1.2 دولار/طن (ناتج قسمة تكاليف المشروع على كمية الغاز المحقون) وهو رقم متواضع قياساً بتكاليف تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون في مشاريع أخرى، لكن الواقع أن المشروع مشروع بحثي بالدرجة الأولى قبل أن يكون تجارياً، وقد رصد له مبلغ 40 مليون دولار كندي (نحو 32 مليون دولار أمريكي)، وكان هدفه الرئيسي تحري إمكانية تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون في الحقل. وإن كان هناك من كفاءة اقتصادية للمشروع، فهي عملياً ناتجة عن استخدام بعض المعدات الموجودة في الحقل أساساً للقيام بعمليات الحقن. كما ساهم في تقدير اقتصادية المشروع وجود مصدر لغاز ثاني أكسيد الكربون المنتج من الصناعة وبالتالي لم تكن هناك تكاليف لعمليات الاصطياد، علاوة على أن حقن الغاز ساهم في إنتاج كميات إضافية من النفط من الحقل عملت بدورها على رفع الكفاءة الاقتصادية.

* Drill Stem Test

- بالرغم من أن تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون واستخدامه في نفس الوقت كتقنية استخلاص محسن للنفط هو في الوقت الحالي الشكل الأكثر اقتصادية للتخزين الجيولوجي، إلا أن هذه العملية لا يمكن تطبيقها على كل أنواع المكامن، ما لم تتمتع تلك المكامن بمعايير جيولوجية وهيدرولوجية محددة. كما لا يمكن فعلياً تقييم الأثر الاقتصادي لهذا النوع من العمليات إلا عبر النفط الإضافي المنتج.
- أوضحت عمليات المحاكاة في الحقل أن 44.2% من غاز ثاني أكسد الكربون المحقون سوف ينحل في النفط، و28% في المياه الطبقية، بينما سوف يحتجز 27.5% منه في البنية الصخرية، ويتوزع 0.3% على شكل شوارد.

4- حقل خريص في المملكة العربية السعودية

يقع حقل "خريص" على بعد 150 كم جنوب شرق مدينة الرياض، وإلى الجنوب الشرقي من مدينة "الظهران"، وقد اكتشف عام 1957، ضمن تركيب يميل باتجاه شمال غرب- جنوب شرق، مع انخفاض بمقدار 2 درجة على جانبه الشرقي و8.7 درجة على جانبه الغربي. يمتد الحقل على مساحة تقارب 2890 كم مربع، وقدرت احتياطياته من النفط بنحو 25 مليار برميل. تبين منذ البداية أن جودة المكمن متغيرة من مكان لآخر، مما حدّ من عمليات تطويره في تلك الآونة، وقد بدأ الإنتاج التجريبي من الحقل عام 1963، وبلغت معدلات الإنتاج في تلك الفترة نحو 190 ألف ب/ي. ثم ارتفع معدل الإنتاج من الحقل في عام 1982م إلى 300 ألف ب/ي بعد إضافة مرافق لمعالجة النفط المحتوي على الماء. وفي عام 1993 تقرر إيقاف العمل بالحقل لأسباب مختلفة منها انخفاض الضغط فيه، علاوة على كونه في منطقة نائية تجعل عمليات النقل والشحن نحو الحقل في غاية الصعوبة[61] ، حتى تقرر وضع خطة لتطويره في عام 2005، ضمن مشروع تطوير يضم حقول" خريص، وأبو جفان، ومزاليج"[62]. كان الهدف الأول من مشروع تطوير حقل خريص هو زيادة إنتاج المملكة من النفط بمعدل 1.2 مليون ب/ي. وقد تطلب ذلك العديد من الإجراءات التي شملت توسعة وتحديث أكبر وحدات معالجة لمياه البحر على مستوى العالم بمعدل 4.5 مليون ب/ي،

وتركيب أكثر من 1200 كم من خطوط أنابيب توزيع وحقن مياه البحر، وبناء وحدة جديدة لحقن المياه في خريص، وتوسعة 4 وحدات أخرى في كل من "عين دار"، "والعثمانية"، "والحوية"، و"حرض". علاوة على مد أكثر من 900 كم من خطوط نقل النفط الرئيسية، وخطوط التدفق، والخطوط الفرعية للآبار، وبناء أكثر من 1000 كم من خطوط الكهرباء، ونصب 3 آلاف برج كهربائي يتراوح طول كل واحد منها بين 12 و27 م. وبناء مرفق معالجة مركزي مع أربعة معامل لفصل الغاز عن النفط، ومعملين لمعالجة الغاز والمتكثفات، ومرافق للإنتاج والتخزين، ونظام كهربائي مع تسع محطات فرعية، وأنظمة أجهزة التحكم. وجرى كذلك بناء مرافق للنقل تشمل خطوط أنابيب متنوعة المقاسات لنقل النفط الخام وسوائل الغاز الطبيعي والغاز المسال. واحتاج ذلك إلى بناء مقرات سكن مؤقتة لحوالي 30 ألف عامل، ومقرات سكن دائمة تستوعب 1200 موظف، إضافة إلى مرافق صناعية ومطار محلي لدعم عمليات الإنتاج[63]. وفي 10 حزيران/ يونيو عام 2009، بدأ الإنتاج الكامل من الحقل الذي بات يعتبر أحد أكبر مرافق الإنتاج في العالم[64]، وأتى ذلك من خلال استثمارات تم ضخها لسنوات بهدف إنشاء أكبر حقل نفط ذكي في العالم، حيث تستخدم فيه تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتعليم الآلة*، وأدوات تحليل البيانات الضخمة. تعمل نسخة افتراضية رقمية كاملة من الحقل بالتوازي مع عمل الحقل الفعلي، حيث يتم نقل البيانات إلى هذه النسخة بشكل آني إلى غرفة تحكم مركزية، مما يسمح -ضمن العديد من الخيارات الأخرى- بمراقبة سير العمل وتشخيص الأعطال الطارئة أو توقع تلك المحتملة، علاوة على إدارة المكامن المنتجة من الحقل بفعالية وكفاءة عالية. يعتبر نهج تطوير حقل خريص تبنياً واسع النطاق لمفاهيم وحلول الثورة الصناعية الرابعة في جميع مراحل عمل الحقل، بدءاً من الطبقات وحتى المرافق السطحية. إذ تم تزويد كافة آبار الحقل بأجهزة استشعار ذكية مصممة لقيعان الآبار (SDS†)، وصمامات للتحكم في التدفق (ICV‡)، ومضخات كهربائية غاطسة.

يلاحظ من المثال السابق أن الحقول الناضجة تتطلب قدراً كبيراً من الاهتمام ومن الطواقم

* Machine Learning، هو فرع من فروع الذكاء الاصطناعي يهتم بتصميم وتطوير خوارزميات تسمح للحواسب بامتلاك خاصية التعلم
† Smart Downhole Sensor.
‡ Inflow Control Valve

العاملة للحفاظ على إنتاجها أو لتطويرها. فهناك عملياً تحديات تشغيلية تشمل تحديد الآبار التي توقفت وأعيد تنشيطها، وجمع بيانات الضغط ضمن مواسير التغليف على رؤوس الآبار في سبيل دراسة سلامة الآبار ومراقبتها وتحسين أدائها. وتنمو هذه التحديات بشكل أكبر بالنسبة للحقول الناضجة التي تحتوي على عدد كبير من الآبار المنتشرة عبر رقعة جغرافية واسعة، مما يؤدي إلى دورة لا تنتهي من عمليات جمع البيانات عن كل بئر. وكان لتثبيت أجهزة استشعار تتبنى إنترنت الأشياء الصناعي* (IIoT) على الآبار لتحقيق مراقبة البئر عن بُعد، واستخدام المستشعرات لمراقبة مؤشرات البئر الهامة (الضغوط ودرجات الحرارة) عن بُعد، دور كبير في إدارة هذه التحديات، وتقليل النفقات التشغيلية المتكبدة خلال عمليات النقل ضمن الحقل.

5- مشروع حقل مرمول في سلطنة عمان

اكتشف الحقل عام 1956 في جنوب البلاد في منطقة ظفار، والمكمن الأساسي في الحقل مكون من صخور رملية تعود لحقبة الباليوزوئيك (نهاية العصر الكربوني وبداية العصر البيرمي). قدر الاحتياطي الجيولوجي في الحقل بنحو 2.5 مليار برميل من النفط الثقيل (API °21)، والذي تبلغ لزوجته 80 سنتي بواز، ودرجة حرارة المكمن 46° مئوية. وخلال الثمانينات من القرن الماضي كان الحقل في مرحلة التطوير الأساسية وبلغ معدل إنتاجه اليومي 45 ألف ب/ي، وبينت بعض الدراسات[65] أن استخدام تقنية حقن البوليمير سيساهم في إنتاج كمية كبيرة من النفط مقارنة بحقن الماء. وتشير دراسة عن التقييم البيئي لممتلكات شركة "تنمية نفط عمان" إلى أن إنتاج الحقل بلغ أكثر من 70 ألف ب/ي عام 2002[66]. وقد تبنت الشركة استخدام هذه التقنية حيث اكتمل أول مشروع من نوعه في البلاد لحقن البوليمير في الحقل عام 2010، وأسفر عن إضافة 8000 ب/ي إلى الإنتاج الأساسي للحقل[67]. كما تبنت الشركة حفر عدد كبير من الآبار في مجموعة: "مرمول - رحب - ثليلات - قهارير" في جنوب منطقة الامتياز، وصل إلى 1000 بئر في

* IOT يعرّف الاتحاد الدولي للاتصالات، إنترنت الأشياء عموماً بأنه: بنية تحتية عالمية لمجتمع المعلومات، تسمح بتقديم خدمات متطورة عبر الاتصالات الفيزيائية والافتراضية المستندة إلى تقنيات المعلومات الحالية أو التي سوف تتطور مستقبلاً. أو يمكن القول ببساطة: إنترنت الأشياء هو مفهوم حديث لشبكة الإنترنت بحيث تمتلك كل الأشياء في حياتنا قابلية الاتصال بالإنترنت أو ببعضها البعض لإرسال واستقبال البيانات لأداء وظائف محددة من خلال الشبكة. والإنترنت الصناعي للأشياء IIOT، عبارة عن تطبيقات إنترنت الأشياء على مقياس صناعي.

مطلع عام 2020. وقدر إنتاج النفط من تلك المجموعة بأكثر من 81 ألف ب/ي[68].

6- تطوير أحد الحقول الروسية الناضجة

تأتي أهمية هذا المثال من كونه تناول دراسة حالة لحقل A* نيّفَ عمره على 70 عاماً، وأتت خطة تطويره كنتيجة للتراجع الكبير في أسعار النفط في منتصف عام 2014، حين عمدت الشركات إلى الحد من النفقات ذات معامل الخطورة المرتفع، وتأتي نفقات عمليات الاستكشاف على رأس هذه القائمة. لذلك اضطرت قطاعات الاستكشاف والإنتاج في شركات النفط إلى تعديل استراتيجياتها بحيث تضمنت إعادة النظر في أصولها الناضجة[69]. فتكلفة إعادة تطوير العناصر الناضجة ضمن محفظة الشركة تكون في أغلب الأحيان أقل بكثير من تكاليف الاستكشاف.

قامت الشركة التي تدير الحقل بمراجعة محفظة الأصول التي تديرها، وبينت المراجعة أهمية العمل بشكل حثيث لتقليل المخاطر وزيادة قيمة تلك الأصول وإدارتها بحيث تتحمل التغيرات المفاجئة في الأسواق. وبناء على ذلك تبنت الشركة استراتيجية سلطت الضوء على الحاجة الملحة لإعادة تقييم شامل لاحتياطيات الهيدروكربونات في الحقل وإمكانات التطوير الإضافية له. ولتحقيق هذه الغاية تم إنشاء قاعدة بيانات جديدة احتاجت إلى إعادة تفسير الكثير من البيانات الموجودة المتاحة في مجالات الجيوفيزياء، والبتروفيزياء، ودراسات الموائع والعينات الأسطوانية اللبية Cores، والبيانات المتعلقة بالرسوبيات والجيولوجيا العامة وجيولوجية المكمن وهندسته، ناهيك عن بيانات الحفر والإكمال واختبار الآبار.

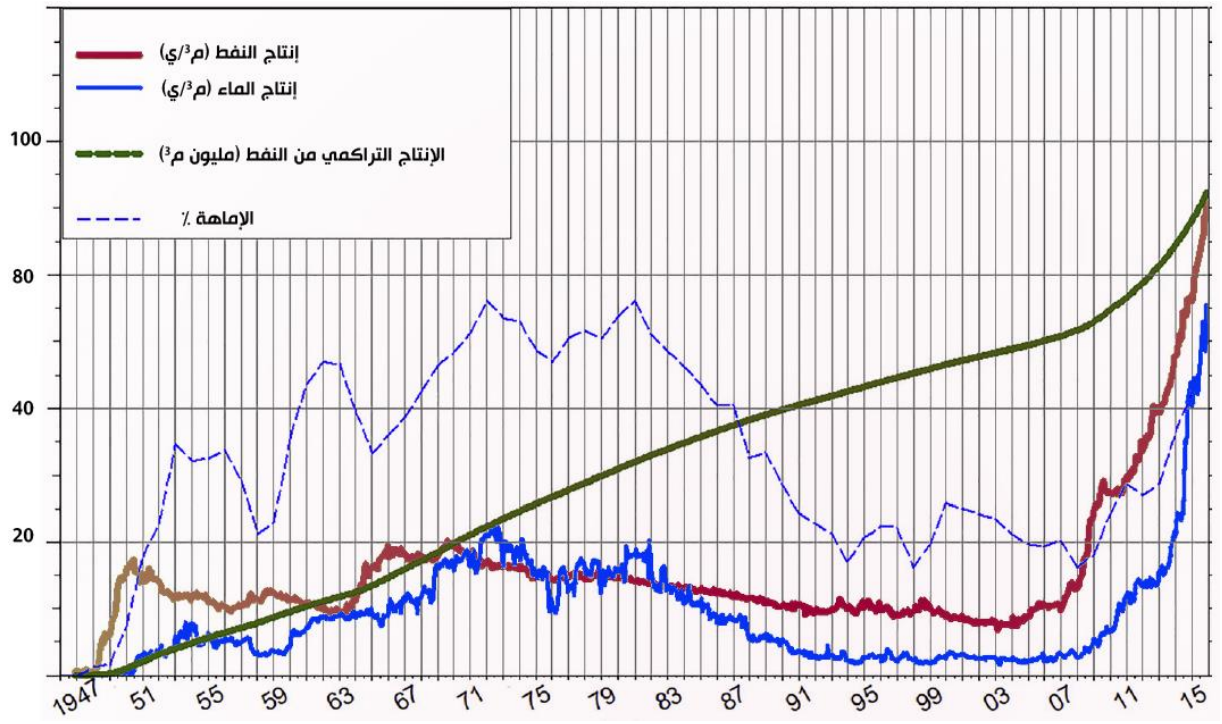
اكتشف الحقل A عام 1947 ووضع على الإنتاج عام 1949، وأفادت البيانات المتاحة أن المكامن الرئيسية الحاملة للهيدروكربونات مكونة من الحجر الجيري الذي يعود للعصر "الكربوني". يتميز الحقل بعدم تجانس الخواص Heterogeneous مما جعل معدل إنتاج الآبار فيه يتراوح بين 6- 480 ب/ي. في عام 2007، تم وضع خطة لحفر بينيّ† في الحقل، وجرى حفر ما بين 40- 70 بئراً كل سنة

* لم تصرح الورقة التي طرحت الدراسة باسم الحقل، واكتفت بالرمز **A** وبأن الحقل يقع في منطقة تترستان

† Infill Drilling

فيما بين عامي 2007- 2016. يبين الشكل 15 تطور إنتاج الحقل قبل وبعد عمليات الحفر البيني.

الشكل 15: تطور إنتاج الحقل A في روسيا



المصدر: Istvan *et al*، 2012.
المحور الأيسر يمثل نسبة الإماهة %. بقية البيانات على المحور الأيمن وردت في الورقة بدون مقياس لأسباب خاصة بالشركة التي تدير الحقل. وبغض النظر عن الأرقام، يلاحظ أن هناك نمو واضح في معدل إنتاج النفط والماء.

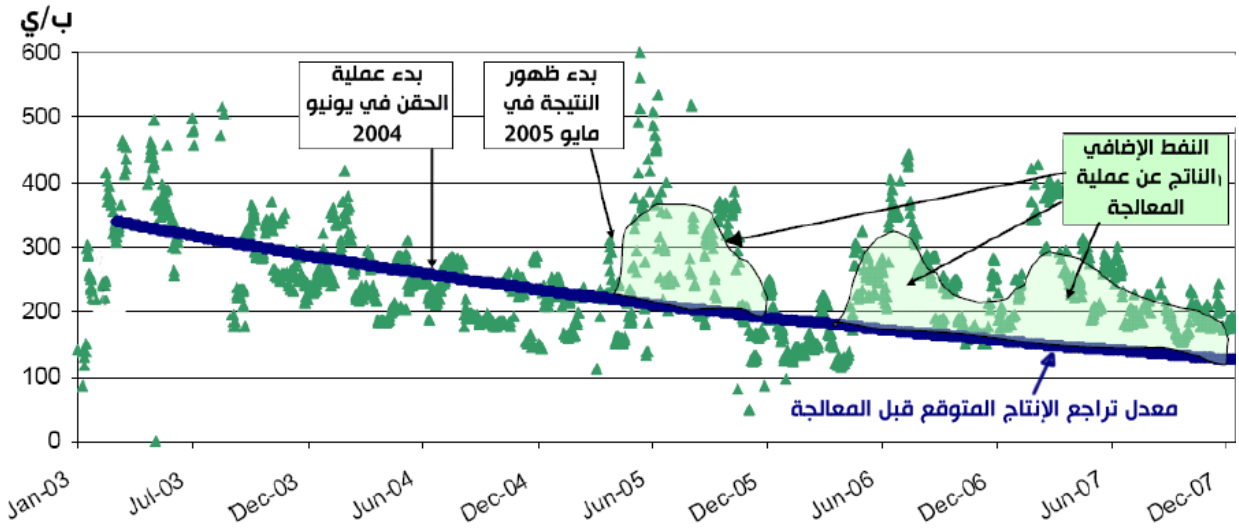
بالرغم من عمليات الحفر البيني فقد تراوح معامل الاستخلاص من الحقل حتى عام 2015 ما بين 8- 12%، مما أشار إلى ضرورة القيام بدراسة تفصيلية للفرص المتاحة في الحقل. وكان الحل الأمثل هو بناء نموذج جيولوجي ثلاثي الأبعاد 3D Model، تم بناء عليه تطوير نموذج إنتاج ديناميكي عمل كأداة فعالة للتخطيط التنموي وتقدير الإمكانات المتبقية للحقل.

وبنتيجة الدراسة تم رفع الاحتياطيات الجيولوجية للمكامن المختلفة في الحقل بمعدل تراوح بين 20- 40%، وهو رقم لا يستهان به. إذ بالرغم من ارتفاع الإماهة الواضح في الشكل أعلاه مع تزايد عدد الآبار المحفورة، إلا أن وجود احتياطي كبير يعني في هذه الحالة أن هناك مبرراً اقتصادياً لمتابعة تطوير الحقل.

7- استخدام تقنية BRIGHTWATER® في حقل MILNE POINT

طبقت شركة BP تقنية دعتها BrightWater® EOR، تعتمد على جسيمات مجهرية من رتبة النانو Nano يتم تنشيطها حرارياً، وتنتشر ضمن المكمن في النطاقات عالية النفاذية، مما يجبر المياه المحقونة على التحرك باتجاه المناطق التي لم يتم كسح Sweep النفط فيها بشكل جيد، وقد استخدمت هذه التقنية على 140 بئراً حول العالم، بكلفة قاربت 6 دولار/البرميل. وقد طرحت BP مشروع استخدام BrightWater® في عام 1997، واعتبر مشروعاً مرتفع المخاطر، لكنه في حال نجاحه سيكون مرتفع المردود. المواد المستخدمة في التقنية ليست بوليمرات عادية، ولا تتعرض للتلف بسبب إجهاد القص Shear Stress خلال عملية الحقن. تتراوح أقطار الجسيمات المستخدمة بين 0.3- 0.5 ميكرون، ويتم نقلها ضمن مذيب هيدروكربوني يبلغ محتواه من المادة الفعالة نحو 30%. تتأثر هذه الجسيمات بحرارة المكمن فتنتبج مغلقة بذلك النطاقات التي اجتاحتها المياه سابقاً، ويمكن التحكم بنوعية الجسيمات لتتأثر بالماء عند درجة حرارة معينة[70]. استخدمت هذه التقنية على سبيل المثال على أحد الوحدات المنتجة في حقل Milne Point في ألاسكا، وهو حقل[71] اكتشف عام 1969، وبدأ الإنتاج منه عام 1985. يبين الشكل 16 نتيجة تطبيق هذه التقنية حيث يلاحظ أن عملية حقن الجسيمات بدأت في شهر يونيو عام 2004، وترافق ذلك مع تراجع مستمر في معدلات الإنتاج حتى بدأت نتيجة المعالجة تظهر في شهر مايو 2005 أي بعد أقل من سنة، حيث يلاحظ من الشكل أن معدلات الإنتاج ارتفعت بشكل واضح. ويبدو من خلال التجارب الحقلية والمخبرية أن هذه التقنية يمكن أن تكلل بالنجاح في المكامن التي تكون الشقوق الطبيعية فيها منخفضة، وفي حال وجود نفط قابل للحركة بنسبة 10% على الأقل من الاحتياطي الجيولوجي، وبحيث تتراوح حرارة المكمن بين 15- 120 درجة مئوية. ويجب أن تقل ملوحة المياه عن 150 جزء بالمليون (ppm).

الشكل 16: نتيجة استعمال تقنية BrightWater



المصدر: Nalco & Stepan Co.، 2010

يلخص الجدول 10 أمثلة عن نتائج تطوير بعض الحقول الناضجة بتطبيق تقنيات الاستخلاص المحسن للنفط[72]، ويلاحظ منه تأثير هذه التقنيات على رفع معامل الاستخلاص وتحويل قسم من الاحتياطي الجيولوجي إلى احتياطي قابل للإنتاج.

الجدول 10: نتائج تطبيق تقنيات الاستخلاص المحسن على بعض الحقول الناضجة في العالم

الحقل	تاريخ الاكتشاف	التقنية المستخدمة	النتيجة
حقل البحرين، مملكة البحرين	1932	حقن الماء، وحفر آبار بينية وتشقيق هيدروليكي	المعدل التراكمي لزيادة الإنتاج حتى شباط/ فبراير 2017: 400 ب/ي من 21 بئراً. معدل الإنتاج: 43200 ب/ي عام 2020.
Slaughter، الولايات المتحدة الأمريكية	1936	حقن الماء بالتبادل مع غاز ثاني أكسيد الكربون	رفع معامل الاستخلاص بنحو 20%
Bati Raman، تركيا	1940	حقن غاز ثاني أكسيد الكربون، ثم حقن هلام البوليمير لزيادة فعالية الكسح	رفع معامل الاستخلاص من 2% ليصل إلى 5%.
Duri، إندونيسيا	1941	حقن البخار	تقديرات الاحتياطي الجيولوجي: 2 مليار برميل. بينما أنتج الحقل تراكميا أكثر من 2.6 مليار برميل حتى عام 2018. معدل إنتاجه عام 2019 بلغ 40 ألف ب/ي.
Dollarhide، الولايات المتحدة الأمريكية	1945	حقن الماء بالتبادل مع غاز ثاني أكسيد الكربون	رفع معامل الاستخلاص بنحو 20%
حقل مرمول، سلطنة عمان	1956	حقن البوليمير	إضافة 8000 ب/ي إلى الإنتاج الأساسي منذ عام 2010.
Daqing، الصين	1959	حقن البوليمير	رفع الاستخلاص الأعظمي من الحقل إلى 50%
Cold Lake، كندا	1964	حقن البخار	رفع معامل الاستخلاص من 20% في منتصف التسعينات، ليصل إلى أكثر من 50% حالياً.
Prudhoe Bay، ألاسكا	1968	حقن الغاز الهيدروكربوني القابل للامتزاج	كان الاحتياطي المؤكد عند اكتشاف الحقل: 9.6 مليار برميل. بينما بلغ الإنتاج التراكمي حتى عام 2017: 12.5 مليار برميل. ومعامل الاستخلاص 50%.
Ekofisk، النرويج	1969	حقن الماء بالتبادل مع الغاز الهيدروكربوني	رفع الاحتياطي القابل للإنتاج من 1.2 مليار برميل، إلى 3.4 مليار برميل. رفع معامل الاستخلاص إلى 50%.
Jay، الولايات المتحدة الأمريكية	1970	حقن غاز النتروجين	رفع معامل الاستخلاص بنحو 7%، ونقل 58 مليون برميل من خانة الاحتياطي الجيولوجي إلى خانة الاحتياطي القابل للإنتاج.
Statfjord، النرويج	1974	حقن الماء بالتبادل مع الغاز الهيدروكربوني	وصل معامل الاستخلاص عام 2017 إلى 66%. يتوقع أن يصل معامل الاستخلاص الأعظمي للحقل إلى 67.9%
Cantarell، المكسيك	1978	حقن غاز النتروجين	نقل 2.5- 3 مليار برميل من الاحتياطي الجيولوجي إلى الاحتياطي المؤكد القابل للإنتاج

المصدر: معدل عن تركي الحمش، 2020. الحقول مرتبة حسب تاريخ الاكتشاف، والنتائج تتضمن تأثير التقنية المذكورة فقط، ولا تتضمن الوضع التطويري للحقل إجمالاً.

الخلاصة والاستنتاجات

- تختلف الرؤى في عالم اليوم حول أفضل الطرق التي يمكن أن تلبي حاجة العالم من الطاقة، لكنها تتفق جميعاً على أن الطلب على الطاقة إجمالاً في تزايد مستمر، كما تتفق أغلبها على أن الوقود الأحفوري سوف يبقى متصدراً المشهد العالمي كأهم عناصر مزيج الطاقة خلال العقود القادمة. مما يعني ضرورة ضخ الاستثمارات سواء في عمليات التنقيب عن حقول جديدة، أو متابعة تطوير الحقول الناضجة المعروفة، فإذا بقيت مساهمة الحقول الناضجة تمثل 75- 80% من إنتاج العالم من النفط، فهذا يعني أنها في عام 2045 ستنتج ما بين 71- 76 مليون ب/ي، وذلك باعتبار أن متوسط الطلب المتوقع في ذلك العام هو 95 مليون ب/ي. وضمن منظور النمو العالمي في الطلب على النفط، وتحسن الأسعار النسبي الذي تشهده الأسواق البترولية، فقد باتت حتى الحقول الناضجة الصغيرة محط أنظار عمليات التطوير.
- يقدر عدد الحقول العملاقة في العالم بأكثر من 1060 حقلاً، اكتشف أكثر من 91% منها (873 حقلاً) في القرن الماضي. وتعتبر الحقول العملاقة الناضجة العمود الفقري لإنتاج النفط في العالم، إذ تنبع أهميتها من الاحتياطيات الكبيرة فيها، ومن وجود بنية تحتية وتسهيلات سطحية تساهم في جعل عملية التطوير أكثر سلاسة وأقل تكلفة من الحقول الجديدة. لكن بالرغم من ذلك فإن عمليات تطوير الحقول الناضجة تحتاج لاستثمارات ليست بالهينة، والحكم على نتائجها قد يستغرق عدة سنوات، مما يعني ضرورة توفر إرادة من المستثمرين أو الحكومات تضع الثقة في الطواقم التي تدير الحقول.
- يعتبر الاستثمار في تطوير الاحتياطيات المعروفة في الحقول الناضجة أقل مخاطرة من عمليات التنقيب في المناطق الجديدة، وتلعب طرق الاستخلاص المحسن للنفط دوراً جوهرياً في تطوير هذا النوع من الحقول. وقد أثبتت العديد من الحالات أن تطبيق هذه التقنيات ساهم ليس فقط في رفع معدل الإنتاج، بل في رفع معامل الاستخلاص من هذه الحقول، وهو ما يمكن النظر إليه وكأنه اكتشاف جديد. فالعديد من الحقول الناضجة لم يتجاوز معامل الاستخلاص فيها 35%، مما

يعني أن هناك 65% من الاحتياطيات الجيولوجية المتبقية لا تزال تمثل مصدراً هاماً لرفد الاحتياطي القابل للإنتاج.

- بغض النظر عن الأسعار، هناك أسباب بيئية تدعو للتفكير بتطوير الحقول الناضجة، فتوفر البنى التحتية في هذه الحقول يعني الحد من استخدام مواد جديدة كالفولاذ على سبيل المثال، والذي يسبب إنتاج طن واحد منه انبعاث 1.85 طن من غاز ثاني أكسيد الكربون. ومع التطورات التقنية، قد تمثل هذه الحقول مكاناً لمشاريع احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه.

بعض المصطلحات التي استخدمت في الدراسة

Assets	الأصول المملوكة لشركة ما
Big Data	مجموعة بيانات تستعصي على التخزين أو المعالجة بإحدى الأدوات أو التطبيقات المعتادة لإدارة البيانات، بسبب ضخامتها أو تعقيدها.
Chalk	حجر كلسي طباشيري
Clay	الطين أو الصلصال. رواسب فتاتية عبارة عن طين جاف، ومتصلب، أوْ تربة أقطار جسيماتها أقل من 0.0039 ملم
Decommissioning	إيقاف تشغيل الحقل، هجر الحقل
Revitalizing	إعادة تنشيط الحقل الناضج
Dolomite	صخر مكون من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم $CaMg(CO_3)_2$
Drill Stem Test (DST)	عمليات اختبار على البئر تجري من خلال مجموعة الحفر
Dual Completion	إكمال مزدوج لبئر الإنتاج
Energy Transition	التحول الطاقوي
Flue Gas	غازات العادم الناتجة عن محرقات الاحتراق الداخلي
Geosphere	الغلاف الأرضي
IIOT	الإنترنت الصناعي للأشياء، عبارة عن تطبيقات إنترنت الأشياء IOT على مقياس صناعي
Improved Oil Recovery	الإنتاج الثانوي- الإنتاج المحسن للنفط
Infill Drilling	الحفر البيني، حفر آبار تطويرية ضمن الحقل
Inflection Point	نقطة انعطاف، نقطة تغير اتجاه منحنٍ ما
Inflow Control Valve	صمامات خاصة للتحكم بالجريان والتدفق في الآبار
IOT	إنترنت الأشياء: هو مفهوم حديث لشبكة الإنترنت بحيث تمتلك كل الأشياء في حياتنا قابلية الاتصال بالإنترنت أو ببعضها البعض لإرسال واستقبال البيانات لأداء وظائف محددة من خلال الإنترنت.
Machine Learning	فرع من فروع الذكاء الاصطناعي يهتم بتصميم وتطوير خوارزميات تسمح للحواسب بامتلاك خاصية التعلم
Net Present Value	القيمة الصافية الحالية
OOR: Organic Oil Recovery	الإنتاج العضوي (البكتيري) للنفط، إحدى طرق الاستخلاص المحسن.
Peak Oil	ذروة إنتاج النفط
Plateau	الإنتاج المستقر للحقل قبل بدء التراجع
Possible	ممكن
Probability	الاحتمال (احتمالية الاحتياطيات)
Probable	محتمل
Production Decline rate	معدل تراجع الإنتاج

Proved	مؤكد
Proven Developed Reserves	الاحتياطيات المؤكدة المطوّرة
Proven Undeveloped Reserves	الاحتياطيات المؤكدة غير المطورة
Reservoir Characterization	توصيف المكامن وتحديد خصائصها
Risk factor	عامل المخاطرة
Security of Supply	أمن الإمداد
Smart Downhole Sensor	مستشعرات (أجهزة استشعار) ذكية تستخدم ضمن البئر
Tracers (Tracing gases)	غازات معينة تحقن في المكمن ويمكن تتبعها بسهولة
Uncertainty	عدم الموثوقية، عدم التأكد
Water Cut	الإماهة، نسبة الماء في النفط المنتج

قائمة المراجع حسب تسلسل ورودها في الدراسة

[1] Reza Hassan Kazmi. *Supply Chain Newsletter*. Rystad Energy. 2021. https://www.rystadenergy.com/newsevents/news/newsletters/OfsArchive/supply-chain-september-2021/

[2] Josip Ivšinovi´c *et al*. *Risk and Financial Cost Management of Injection Wells in: Mature Oil Fields*. Journal of Risk and Financial Management. 18/4/2021. https://doi.org/10.3390/jrfm14040184

[3]Parshall, J. *Mature Fields Hold Big Expansion Opportunity*. Journal of Petroleum Technology, 52-58. 2012. https://doi.org/10.2118/1012-0052-JPT

[4] John Dolson. *Giant Oil Fields of the World' is Going Online with Memoir 125*. AAPG, July 2021. https://explorer.aapg.org/story/articleid/60641/undefined

[5] Ivory Coast: *Italian oil giant Eni makes huge offshore discovery*. 2021. https://www.dw.com/en/ivory-coast-italian-oil-giant-eni-makes-huge-offshore-discovery/a-59056939

[6] Rystad Energy. Supply Chain. 2021. https://www.rystadenergy.com/newsevents/news/newsletters/OfsArchive/supply-chain-september-2021/

[7] Cust *et al*. Harvard Dataverse, *Giant oil and gas field discoveries 2018*. 17/2/2021. https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/MEH5CS

[8] Li Guoyu A John. *World Atlas of Oil and Gas Basins*. Wiley-Blackwell publication. 2011.

[9] International Energy Agency, World Energy Outlook 2021.

[10] International Energy Agency, World Energy Outlook 2020.

[11] تقرير الأمين العام السنوي 48، أوابك، الكويت، 2022.

[12] Andrew Latham *et al*. *What is the future of oil and gas exploration?* May 2022. https://www.woodmac.com/news/opinion/what-is-the-future-of-oil-and-gas-exploration/

[13] Rystad Energy. Rystad Energy Impact Report: Russia's Invasion of Ukraine. 21 March 2022. https://pages.rystadenergy.com/Rystad-Energy-Russia-Invasion-Ukraine-Report-March-2022

[14] BP Statistical Review of World Energy, 2022.

[15] المرجع 14

[16] David Sheppard. IEA chief warns Europe to prepare for total shutdown of Russian gas exports. NY Times. 22/6/2022. https://www.ft.com/content/f7990162-395f-488e-9d23-13f3cce83e24

[17] تركي الحمش، *الاستخلاص البترولي المحسن*. مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 36، العدد 133، 2010.

[18] تركي الحمش، *دور الاستثمار المحسن للنفط في تطوير الاحتياطيات الهيدروكربونية*. مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 46، العدد 172، 2020.

[19] المرجع 18.

[20] M. King Hubbert. *Nuclear Energy and the Fossil Fuel*, Presented before the spring meeting of the southern district, Division of Production, API, Plaza Hotel, San Antonio, Texas, March 7-8-9 1956. Publication no 95, Shell Development Company, Texas, 1956.

[21] EIA, *US Field Production of Crude Oil*. Available on: https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=MCRFPUS2&f=A

[22] المرجع 14.

[23] Mikael Höök. *Decline and depletion rates of oil production: a comprehensive investigation*. The Royal Society Publishing. 13/1/2014. https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0448

[24] IHS Markit. *The Upstream Capital Costs Index (UCCI) will decline as its underlying markets react to a drastically lower oil price and weaker global economy caused by COVID-19*. April, 2020. https://ihsmarkit.com/research-analysis/upstream-capital-costs-index-ucci-will-decline-covid19.html

[25] Henricus Herwin *et al*. *TOTAL'S Experiences in Tackling Mature Field Challenges in The Mahakam PSC.* AAPG 2017 Asia Pacific Region Technical Symposium, Hidden Potential in Mature Basins: Play Analogs and Best Practices, Bandung, Indonesia, September 13-14, 2017.

[26] المرجع 23.

[27] Oil fields decline rates. (No date). https://grandemotte.wordpress.com/oil-and-gas-5-production-decline-rates/

[28] Mikael Hook et al. *The Evolution of Giant Oil Field Production Behavior*. International Association for Mathematical Geology. Published online: 5/2/2009. 1520-7439/09/0300-0039/0

[29] Wood Mackenzie. *Offshore decommissioning in Asia Pacific could cost US$100 billion*. 1/2/2018. https://www.woodmac.com/press-releases/asia-decom/

[30] North Sea Transition Authority (UK). *Decommissioning/ Cost estimates*. July, 2021. https://www.nstauthority.co.uk/decommissioning/cost-estimate/

[31] Rajesh Chhabara. *Offshore oil rigs: Can decommissioning ever be green?* Reuters, 1/9/2009. https://www.reutersevents.com/sustainability/stakeholder-engagement/offshore-oil-rigs-can-decommissioning-ever-be-green

[32] Australian Government Website. *Northern Endeavour decommissioning Phase 1 contract signed*. 1/4/2022 https://www.minister.industry.gov.au/ministers/pitt/media-releases/northern-endeavour-decommissioning-phase-1-contract-signed

[33] Daniel Raimi *et al*. *Decommissioning Orphaned and Abandoned Oil and Gas Wells: New Estimates and Cost Drivers*. American Chemical Society, Environ. Sci. Technol. 14/7/2021. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c02234

[34] Petronas. *When Decommissioned Rigs Create Wonderlands for Marine Species*. 2/2/2021. https://www.petronas.com/mpm/gallery/when-decommissioned-rigs-create-wonderlands-marine-species

[35] S&P Global. *Are we entering a decade of offshore decommissioning*?5/10/2021. https://ihsmarkit.com/research-analysis/decade-of-offshore-decommissioning.html

[36] Douglas Peacock and Andrew Duncan. Gaffney, Cline & Associates. *Management of Reserves in Mature Oil and Gas Fields*. SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition, Bali, Indonesia, 29-31 October 2019. SPE-196252-MS.

[37] Adeboye Adeyinka *et al*. *Re-positioning Mature Fields for Sustainability: Deriving Additional Value byApplying the Internet of Things via Remote Well Monitoring*. Nigeria Annual International Conference and Exhibition originally scheduled to be held in Victoria Island, Lagos, Nigeria,11 - 13 August 2020. Due to COVID-19 the physical event was not held. The official proceedings were published online on 11 August 2020. SPE-203671-MS.

[38] Adnoc. UAE's AI Minister Visits ADNOC's Artificial Intelligence and Big Data Centers. 20 February. https://www.adnoc.ae/en/news-and-media/press-releases/2018/uaes-ai-minister-visits-adnocs-artificial-intelligence-and-big-data-centers Retrieved on: 10/2/2019.

[39] Offshore Magazine (2019). Aramco unveils digital/AI center. https://www.offshore-mag.com/articles/2019/03/aramco-unveils-digital-ai-center.html Retrieved: 9/4/2019

[40] Zencus (no date). *Dukhan Water Injection Wireless SCADA Project Overview*. https://www.zencus.com/project-1.html#qpt1 Retrieved: 9/4/2019.

[41] مؤسسة البترول الكويتية (بدون تاريخ). مشروع الحقل الرقمي المتكامل الكويتي في مركز التجميع رقم 1. متاح على العنوان: https://www.kpc.com.kw/ar/Technology-Innovation/Pages/KWIDF.aspx

[42] مجلة الكويتي (2012). افتتاح مركز الحقل الذكي المتكامل. شركة نفط الكويت، العدد 1343.

[43] Sufyan Shihab *et al*. *Real-Time Operations Portal (Nibras): Another Step En Route to a Smart Field Management*. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference. Manama, Bahrain, 25-28 September 2011. Paper SPE 141771

[44] Melisa Cavcic. *UK firm's North Sea discovery forecasted to rake in $545 million in revenue over life of field*. Offshore Energy, 11 July 2022. https://www.offshore-energy.biz/uk-firms-north-sea-discovery-forecasted-to-rake-in-545-million-in-revenue-over-life-of-field/

[45] Ning Weia, *et al*. *Economic evaluation on CO_2-EOR of Onshore Oil Fields in China*. International Journal of Greenhouse Gas Control, Volume 37, June, 2015.

[46] Brian Walzel. *Sustaining EOR in today's economy*. Hart Energy E&P Magazine. August, 2017.

https://s3.amazonaws.com/pdfs.hartenergy.com/EPmag/2017/ep-magazine-2017-08.pdf

[47] المرجع 17.

[48] Pan-Sang Kang, Jong-Se Lim and Chun Huh. *Screening Criteria and Considerations of Offshore Enhanced Oil Recovery*. MDPI Journal, Vol. 9, Issue 44, 2016.

[49] Lim *et al*. *Screening Criteria and Considerations of Offshore Enhanced Oil Recovery*. MDPI Journal, Vol. 9, Issue 44, 2016.

[50] Oil and Gas Authority. *EOR Delivery Programme*. 2016. https://www.nstauthority.co.uk/media/3092/eor_delivery_programme.pdf

[51] Offshore Technology. *Clair Ridge Project, Shetlands*. 30/4/2021. https://www.offshore-technology.com/projects/clair-ridge-project-shetlands/

[52] Guscott Simon *et al*. *The Scott Field, Blocks 15/21a, 15/22, UK North Sea*. Geological Society, London, Memoirs, 20, 467-482, 1 January 2003. https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2003.020.01.38

[53] G. R. Brook *et al*. *The Scott Field: revitalization of a mature field*. VINING, B.A. & PICKERING, S. C. (eds) Petroleum Geology: From Mature Basins to New Frontiers – Proceedings of the 7th Petroleum Geology Conference, 387–403. DOI: 10.1144/0070387 # Petroleum Geology Conferences Ltd. Published by the Geological Society, London.2015.

[54] CNOOC Petroleum Europe Limited. *Scott Field North Sea Pilot*. July, 2020. https://www.organicoilrecovery.com/wp-content/uploads/2020/10/Scott-Field-Case-Study_MASTER-Rev5.pdf

[55] Bob Zahner *et al*. *MEOR Success in Southern California*. SPE Improved Oil Recovery Symposium. Tulsa, Oklahoma, USA, 24–28 April 2010. SPE 129742

[56] Offshore Technology. *Beryl Field*. https://www.offshore-technology.com/projects/beryl-field/

[57] J. Pyle *et al*. *The Beryl Field area: increasing production in a mature asset*. In Bowman, M. & Levell, B. (eds) 2018. *Petroleum Geology of NW Europe: 50 Years of Learning* – Proceedings of the 8th Petroleum Geology Conference, 507–523. https://doi.org/10.1144/PGC8.32

[58] Petroleum Technology Research Center, *The IEAGHG Weyburn-Midale CO_2 Monitoring and Storage Project*, 2013. https://ptrc.ca/projects/past-projects/weyburn-midale

[59] Petroleum Technology Research Center, *CO_2 Monitoring & Storage Project Summary Report*, IEA GHG WEYBURN, 2000-2004. 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies. September 5-9, 2004, Vancouver, Canada.

[60] Neil Wildgust, *Weyburn-Midale :Recent Developments and Best Practice Manual*. IEAGHG Joint Network Meeting, Santa Fe. June, 2012.

[61] وكالة الأنباء السعودية، *مشروع خريص إنجاز آخر غير مسبوق ويحتل مرتبة متقدمة بين حقول النفط العالمية*. https://www.spa.gov.sa/1563393 .2016/11/25

[62] Abdullah Al-Somali A. *et al*. *Application of Artificial Lift Technology in the Giant Khurais Field*. Paper presented in Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, 4–7 May 2009.

[63] المرجع 54.

[64] أرامكو السعودية. *من بيانات تقنية إلى نفط*. https://www.aramco.com/ar/magazine/elements/2020/why-intelligence-is-important

[65] D. Teeuw, D. Rond *et al*. *Design of a Pilot Polymer Flood in the Marmul Field, Oman*. SPE, Middle East Oil Technical Conference and Exhibition, 14-17 March, Manama, Bahrain, 1983. SPE-11504-MS.

[66] L. M. Akella. *Environmental Assessment of Marmul Asset, 2002 Review and Update*. PDO, 2003. www.pdo.co.om/hseforcontractors/.../Marmul%20Asset.pdf Retrieved on: 25/4/2018.

[67] Petroleum Development Oman. *Historical Timeline of PDO between 1937 and 2016*. http://www.pdo.co.om/en/about/timeline/Pages/default.aspx Retrieved on: 25/4/2018.

[68] شركة تنمية نفط عمان. *شركة تنمية نفط عمان تحفر البئر رقم ١٠٠٠ في مرمول*. 2020/1/26.
https://pdo.co.om/ar/news/press-releases/Pages/PDO%20Drills%201,000th%20Well%20At%20Marmul.aspx

[69] Istvan Nemes *et al*. *Challenges of a mature Russian field's redevelopment – Advantages and disadvantages of quick-look geologic modeling*. AK Journal. Published online: March 26, 2021. DOI: 10.1556/24.2021.00003

[70] Nalco& Stepan Co. *BrightWater® Technology In-Depth Conformance*. How to maximize the value of mature HC fields. SPE Workshop. Budapest, 2010.

[71] Wood Mackenzie. *Milne Point Summary Report.* 7/5/2020.
https://www.woodmac.com/reports/upstream-oil-and-gas-milne-point-2078196

[72] المرجع 17.

البحـــث الثاني

واقع وآفاق الاقتصاد العالمي والانعكاسات المحتملة على أسواق النفط العالمية

ماجد عامر *

* خبير اقتصادي - الإدارة الاقتصادية - أوابك - الكويت

الجزء الأول
الواقع الحالي والآفاق المستقبلية للتطورات الاقتصادية العالمية وفق المجموعات الدولية

يتضمن هذا الجزء متابعة التطورات في أهم مؤشرات الاقتصاد الكلي على مستوى العالم خلال الفترة (2019 – 2021)، كما يتضمن التطورات المتوقعة في هذه المؤشرات حتى عام 2027، استناداً إلى بيانات صندوق النقد الدولي، ووفقاً للمجموعات الدولية والإقليمية[1] والاقتصادات الرئيسية[2]. وتتضمن مؤشرات الاقتصاد الكلي: الناتج المحلي الإجمالي، ومعدل التضخم، ومعدل البطالة، والإيرادات والنفقات الحكومية، والاستثمارات، والحساب الجاري.

أولاً: المؤشرات الاقتصادية وفق المجموعات الدولية والإقليمية

1. الناتج المحلي الإجمالي:

1.1 الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية:

أ- الاقتصادات المتقدمة:

سجل الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية للاقتصادات المتقدمة في عام 2019 نحو 51984 مليار دولار، قبل أن يتراجع بنسبة 2.3% في عام 2020 بسبب جائحة Covid-19 ليصل إلى نحو 50784 مليار دولار. وفي عام 2021، شهد تعافياً ملحوظاً نسبته 10.6% مسجلاً أعلى مستوى له على الإطلاق ليصل إلى 56150 مليار دولار، ويتوقع أن ينمو بمعدل 3.8% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2027) ليصل إلى 70302 مليار دولار في عام 2027، أي ما يشكل 52.7% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي.

[1] تتضمن المجموعات الدولية والإقليمية كلاً من الاقتصادات المتقدمة والاقتصادات الناشئة والنامية. هذا وتتوزع الاقتصادات المتقدمة إلى فئتين هما: مجموعة الدول السبع الكبرى (ألمانيا، إيطاليا، فرنسا، كندا، المملكة المتحدة، الولايات المتحدة الأمريكية، اليابان) والاتحاد الأوروبي. أما الاقتصادات الناشئة والنامية فتتوزع حسب المناطق الجغرافية في آسيا، وأوروبا، وأمريكا الجنوبية، ومنطقة الشرق الأوسط وآسيا الوسطى، وأفريقيا جنوب الصحراء.

[2] تضم الاقتصادات الرئيسية أكبر 16 دولة في العالم من حيث حجم الناتج المحلي الإجمالي (أكبر من 1 تريليون دولار في عام 2019) وتتضمن هذه الفئة الدول التالية: الولايات المتحدة الأمريكية، الصين، اليابان، ألمانيا، المملكة المتحدة، الهند، فرنسا، ايطاليا، البرازيل، كندا، روسيا، كوريا الجنوبية، إسبانيا، استراليا، المكسيك، اندونسيا (مرتبة تنازلياً وفقاً لمستوى الناتج المحلي الإجمالي).

وتعتبر "مجموعة الدول السبع الكبرى G7" هي الكتلة الاقتصادية الأكبر على الصعيد العالمي حيث بلغ ناتجها المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية نحو 39745 مليار دولار في عام 2019، وانخفض هذا الناتج بنسبة 2.5% في عام 2020، قبل أن يرتفع مجدداً بنسبة بلغت 9.5% ليصل إلى نحو 42426 مليار دولار في عام 2021، ويتوقع له أن يزداد بمعدل سنوي يبلغ 3.8% خلال الفترة (2021 – 2027) ليصل إلى نحو 53146 مليار دولار في عام 2027. يذكر أن، الناتج المحلي الإجمالي في "مجموعة الدول السبع الكبرى" يشكل الجزء الأكبر من الناتج المحلي الإجمالي سواء في الاقتصادات المتقدمة أو في الاقتصاد العالمي ككل. حيث بلغت حصة "مجموعة الدول السبع الكبرى" نحو 75.5% من الناتج المحلي الإجمالي في الاقتصادات المتقدمة في عام 2021، ويتوقع لها أن ترتفع بشكل طفيف لتصل إلى 75.6% في عام 2027. وفي الوقت ذاته، بلغت حصة "مجموعة الدول السبع الكبرى" في الناتج المحلي الإجمالي العالمي نحو 43.7% في عام 2021، ويتوقع أن تنخفض إلى 39.8% في عام 2027.

وضمن الاقتصادات المتقدمة، بلغ الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية في دول الاتحاد الأوروبي نحو 15693 مليار دولار في عام 2019، وانخفض هذا الناتج بمعدل 2.2% في عام 2020، قبل أن يعاود ارتفاعه بنسبة 11.9% في عام 2021 ليصل إلى نحو 17165 مليار دولار، ويتوقع له أن يزداد بمعدل سنوي يبلغ 3% خلال الفترة (2021 – 2027) ليصل إلى نحو 20498 مليار دولار في عام 2027. ويمثل الناتج المحلي الإجمالي في دول الاتحاد الأوروبي حصة متناقصة في إجمالي الناتج في كل من الاقتصادات المتقدمة والاقتصاد العالمي. حيث بلغت حصة الناتج في دول الاتحاد الأوروبي في إجمالي الناتج المحلي في الاقتصادات المتقدمة نحو 30.6% في عام 2021، ويتوقع أن تتراجع إلى 29.2% في عام 2027. كما يتوقع أن تتراجع حصة الناتج المحلي في دول الاتحاد الأوروبي في الناتج المحلي العالمي من 17.7% في عام 2021 إلى 15.4% في عام 2027.

ب- الاقتصادات الناشئة والنامية

تضم هذه الفئة من الاقتصادات 5 مجموعات من الدول مصنفة حسب المناطق الجغرافية وهي: الدول الآسيوية، الدول الأوروبية، دول أمريكا اللاتينية والكاريبي، دول الشرق الأوسط وآسيا الوسطى، ودول إفريقيا جنوب الصحراء.

اكتسبت الاقتصادات الناشئة والنامية أهمية خاصة بعد أن حققت طفرات كبيرة خلال العقدين الماضيين مدفوعة بالنمو الملحوظ في الدول الآسيوية، ولا سيما الصين، حيث ارتفع ناتجها المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية من نحو 7156 مليار دولار في عام 2000 إلى نحو 35670 مليار دولار في عام 2019، أي بمعدل نمو بلغ 8.8% سنوياً، بالمقارنة مع المعدل السنوي العالمي البالغ 5.1% خلال الفترة ذاتها. وعليه فقد تضاعفت حصة هذه الفئة من الاقتصادات في الناتج المحلي العالمي من 21% في عام 2000 إلى 40.7% في عام 2019. يأتي ذلك قبل أن يتراجع ناتجها المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية إلى نحو 34657 مليار دولار في عام 2020 بسبب جائحة Covid-19، وعاود ارتفاعه في عام 2021، مسجلاً معدل نمو بلغ 18.1% ليصل إلى نحو 40926 مليار دولار. هذا ويتوقع أن ينحسر معدل النمو في الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية في هذه الفئة خلال الفترة (2021 – 2027) ليصل إلى 7.5% سنوياً، إذ سيبلغ هذا الناتج 63142 مليار دولار في عام 2027، أي ما يشكل حصة نسبتها 47.3% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي.

- الدول الآسيوية

تتبوأ الدول الآسيوية مرتبة الصدارة ضمن الاقتصادات الناشئة والنامية، حيث بلغت حصة الناتج المحلي الإجمالي في هذه الدول نحو 59.8% من الناتج المحلي الإجمالي في الاقتصادات الناشئة والنامية في عام 2021، ويتوقع لهذه الحصة أن ترتفع لتصل إلى 62.2% في عام 2027. وعلى خلاف باقي المجموعات الدولية، لم يتراجع الناتج المحلي الإجمالي في الدول الآسيوية في عام 2020، ولكنه شهد فقط تباطؤ في النمو (بدعم من قوة الاقتصاد الصيني)، حيث ارتفع إلى نحو 20820 مليار دولار مقارنة بنحو 20568 مليار دولار في عام 2019. يأتي ذلك قبل أن

يحقق نمواً ملحوظاً في عام 2021 بلغ معدله 17.6% وهو الأكبر منذ عام 2011، ليصل إلى نحو 24475 مليار دولار، ويتوقع له أن يزداد بمعدل سنوي يبلغ 8.2% خلال الفترة (2021 – 2027) ليصل إلى نحو 39256 مليار دولار في عام 2027، أي ما يشكل 29.4% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي.

- الدول الأوروبية الناشئة والنامية [3]

بلغ الناتج المحلي الإجمالي في الدول الأوروبية الناشئة والنامية نحو 3940 مليار دولار في عام 2019، وتراجع إلى نحو 3680 مليار دولار في عام 2020، قبل أن يرتفع بشكل ملحوظ بلغت نسبته 16.8% في عام 2021 ليصل إلى نحو 4298 مليار دولار، ويتوقع أن يرتفع هذا الناتج بمعدل سنوي يبلغ 5.3% خلال الفترة (2021 – 2027) ليصل إلى نحو 5853 مليار دولار في عام 2027، أي ما يشكل 4.4% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي. هذا وتجدر الإشارة إلى وجود حالة مرتفعة من عدم اليقين بشأن الآفاق الاقتصادية لهذه الدول، على خلفية التوترات الجيوسياسية المتصاعدة في شرق أوروبا، وما يرتبط بها من تداعيات على كافة الجوانب الاقتصادية.

- دول أمريكا اللاتينية والكاريبي

حققت دول أمريكا اللاتينية والكاريبي ناتج محلي إجمالي بلغ نحو 5208 مليار دولار في عام 2019، وتراجع هذا الناتج في عام 2020 بنسبة بلغت 16.6% بسبب جائحة Covid-19، قبل أن يعاود ارتفاعه ليصل إلى نحو 5033 مليار دولار في عام 2021، إلا أنه ما زال أقل من المستوى المسجل قبل الجائحة. هذا ويتوقع ارتفاع الناتج المحلي الإجمالي لدول أمريكا اللاتينية والكاريبي بمعدل نمو يبلغ نحو 6.3% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2027) ليصل إلى نحو 7255 مليار دولار في عام 2027، أي ما يشكل 5.4% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي.

[3] تضم الدول الأوروبية الناشئة والنامية 16 دولة وهي: ألبانيا، أوكرانيا، بلغاريا، البوسنة والهرسك، بولندا، بيلاروسيا، تركيا، الجبل الأسود، صربيا، كرواتيا، كوسوفو، مقدونيا الشمالية، روسيا، رومانيا، مولدافيا، والمجر.

ـ دول الشرق الأوسط وآسيا الوسطى[4]

سجل الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية في دول الشرق الأوسط وآسيا الوسطى نحو 4191 مليار دولار في عام 2019، وانخفض بشكل طفيف بلغت نسبته نحو 1% فقط في عام 2020، قبل أن يشهد تعافياً ملحوظاً نسبته 26.5% مسجلاً أعلى مستوى له على الإطلاق بلغ 5245 مليار دولار، ويتوقع أن ينمو بمعدل 6.7% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2027) ليصل إلى نحو 7750 مليار دولار في عام 2027، أي ما يشكل 5.8% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي.

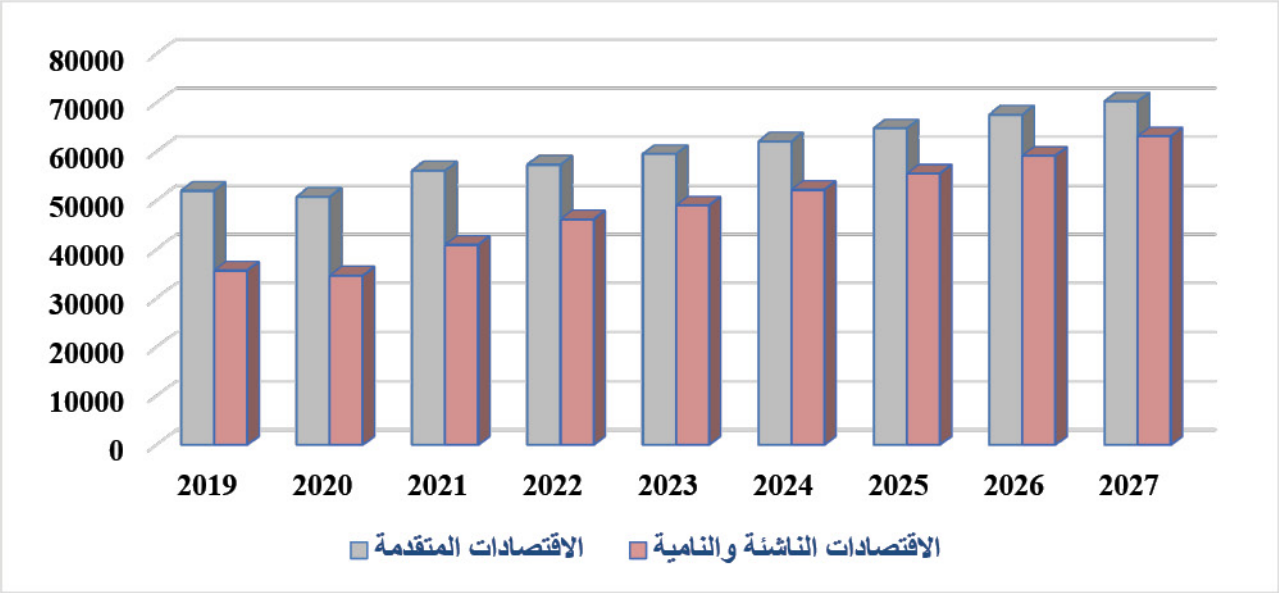
ـ دول أفريقيا جنوب الصحراء[5]

حققت دول أفريقيا جنوب الصحراء أقل مستوى من الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية ضمن مجموعة الاقتصادات الناشئة والنامية بلغ نحو 1762 مليار دولار في عام 2019، وانخفض هذا الناتج بنسبة 5.5% في عام 2020، قبل أن يعاود ارتفاعه مجدداً ليصل إلى نحو 1876 مليار دولار في عام 2021، ويتوقع له أن ينمو بمعدل يبلغ 8.3% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2027) ليصل إلى نحو 3028 مليار دولار في عام 2027، أي ما يشكل 2.3% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي، ***كما يوضح الشكل (1) والجدول (1) في الملحق***.

[4] تضم دول الشرق الأوسط وآسيا الوسطى 20 دولة، منها 8 دول من الدول الأعضاء في منظمة أوابك وهي: الإمارات، البحرين، الجزائر، السعودية، العراق، قطر، الكويت، وليبيا. كما تضم 5 دول عربية أخرى وهي: السودان، الصومال، عُمان، موريتانيا، واليمن. كما تشتمل على 7 دول من دول آسيا الوسطى وهي: أذربيجان، أفغانستان، أوزبكستان، إيران، تركمنستان، طاجيكستان، وكازاخستان.

[5] تضم دول أفريقيا جنوب الصحراء 23 دولة وهي: جمهورية إفريقيا الوسطى، إريتريا، أنغولا، بوركينا فاسو، بوروندي، بينين، جنوب إفريقيا، جنوب السودان، تشاد، ساحل العاج، سيراليون، غابون، غينيا، غينيا الاستوائية، غينيا بيساو، جمهورية الكونغو، جمهورية الكونغو الديمقراطية، ليبيريا، مالي، ملاوي، نيجيريا، زامبيا، وزيمبابوي.

الشكل (1)
الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية في المجموعات الدولية والإقليمية
(مليار دولار)



المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

2.1 الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية [6]:

تبدو الصورة مختلفة بشكل ملحوظ عند النظر إلى تطورات الناتج المحلي الإجمالي العالمي بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية، وخاصة عند النظر إلى هذا الناتج حسب المناطق الجغرافية إذ تصبح الفوارق بين هذه المناطق أقل حدة سواء من ناحية حجم الناتج المحلي الإجمالي حسب القوة الشرائية، أو من ناحية معدلات النمو في هذا الناتج، وذلك على الرغم من التباين الملحوظ بين مستويات الناتج بالأسعار الجارية من طرف، وبين مستوياته بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية من طرف آخر.

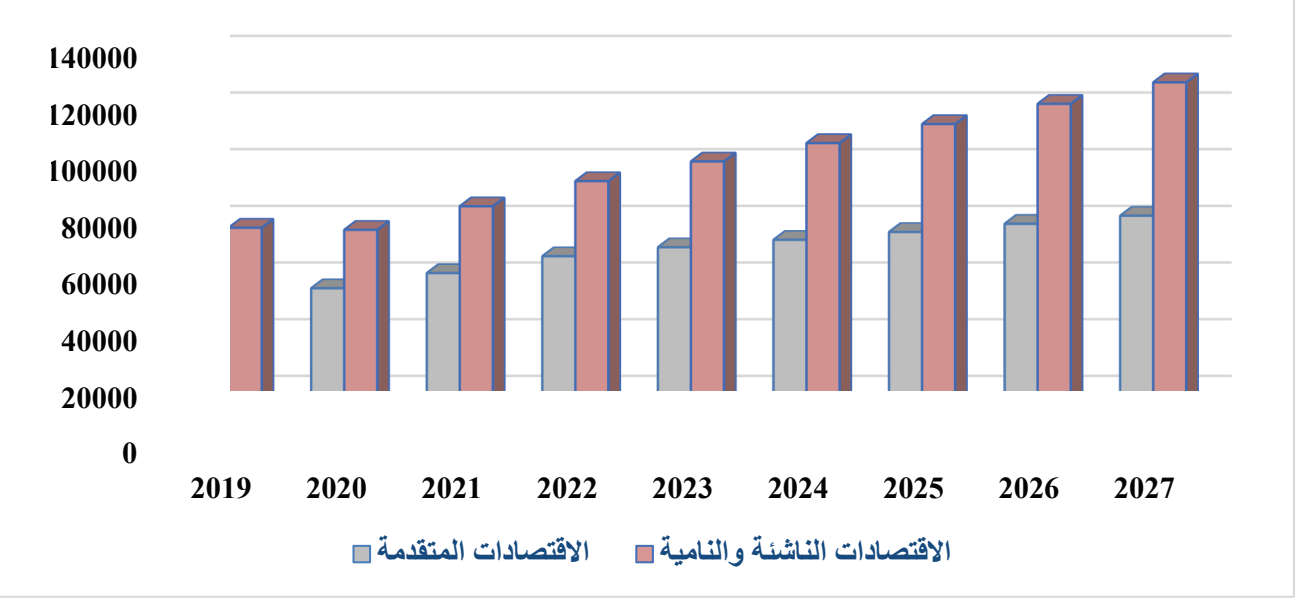
واعتمادا على قاعدة بيانات صندوق النقد الدولي فإنه من المتوقع أن يرتفع الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية بالاقتصادات المتقدمة إلى 81770 مليار دولار في عام 2027، أي بمعدل نمو 4.9% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2027). كما يتوقع أن يرتفع

[6] يوفر هذا المؤشر قيمة للناتج المحلي الإجمالي بالاسعار الجارية معبراً عنها بالدولار العالمي، بعد تحويلها باستخدام معادلات القوة الشرائية.

سنوياً خلال الفترة (2021 – 2027).

ويستنتج من هذه التوقعات أنه سيطرأ تغير ملموس في الأهمية النسبية لكل من الاقتصادات المتقدمة والاقتصادات الناشئة والنامية في الاقتصاد العالمي عند النظر إلى الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية والناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية. حيث يتوقع أن تصل حصة الاقتصادات الناشئة والنامية في الناتج المحلي الإجمالي العالمي بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية في عام 2027 إلى 61.2% بالمقارنة مع 47.3% حسب الأسعار الجارية. وفي المقابل ستصبح حصة الاقتصادات المتقدمة 38.8% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي حسب القوة الشرائية بالمقارنة مع 52.7% حسب الأسعار الجارية، ***كما يوضح الشكل (2) والجدول (2) في الملحق.***

الشكل (2)
الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية في المجموعات الدولية والإقليمية (مليار دولار)



المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

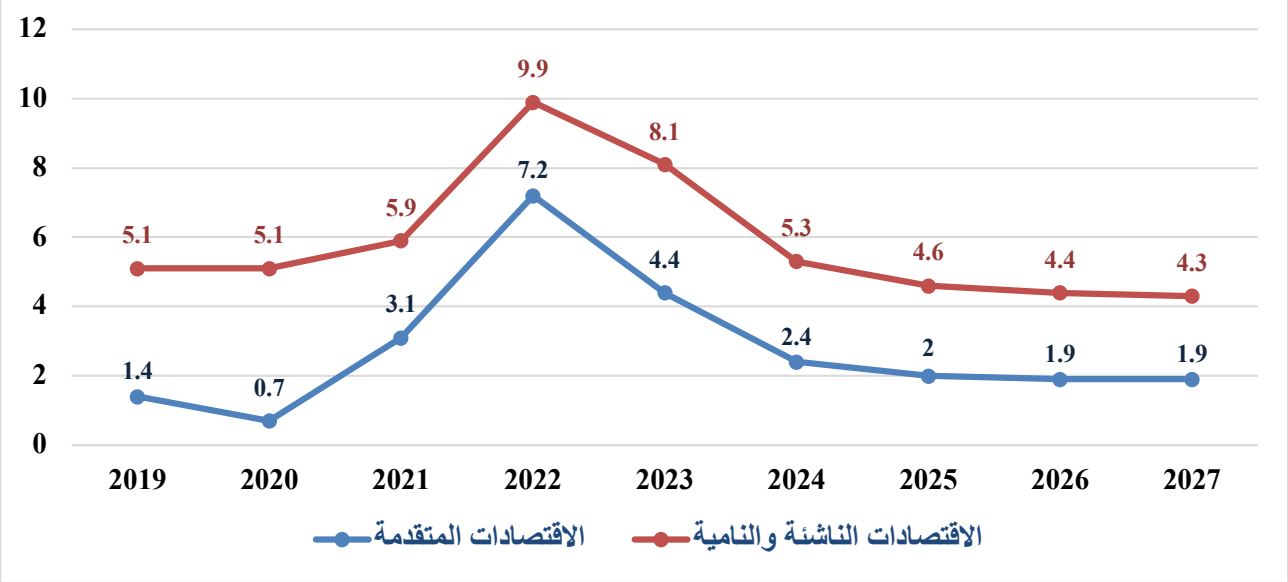
2. معدل التضخم:

انخفض معدل التضخم العالمي من 3.5% في عام 2019 إلى 3.2% في عام 2020، قبل أن يعاود ارتفاعه ليبلغ 4.7% في عام 2021. ويتوقع أن يرتفع هذا المعدل بشكل ملحوظ ليصل إلى 8.8% مع نهاية عام 2022 وهو أعلى مستوى له منذ عام 1996، ومن المتوقع أن ينخفض بعد ذلك بصورة تدريجية ليصل إلى 3.3% في عام 2027.

وفي هذا السياق، تجدر الإشارة إلى أن معدل التضخم في الاقتصادات المتقدمة قد انخفض من 1.4% في عام 2019 إلى 0.7% في عام 2020، قبل أن يعاود ارتفاعه مجدداً ليصل إلى 3.1% في عام 2021، ومن المتوقع أن يرتفع إلى 7.2% مع نهاية عام 2022 مسجلاً أعلى مستوى له منذ عام 1982، ثم يتوقع أن ينخفض ليصل إلى 1.9% في عام 2027. أما في الاقتصادات الناشئة والنامية فقد استقر معدل التضخم عند نحو 5.1% خلال عام 2019 وعام 2020، قبل أن يرتفع إلى 5.9% في عام 2021، وإلى 9.9% مع نهاية عام 2022 وهو أعلى مستوى مسجل له منذ عام 1999.

ويلاحظ أن كل من منطقة الشرق الأوسط وآسيا الوسطى ومنطقة أفريقيا جنوب الصحراء قد سجلتا أعلى معدلات تضخم على المستوى العالمي خلال الفترة (2019 – 2021)، حيث بلغ 12.9% في منطقة الشرق الأوسط وآسيا الوسطى في عام 2021 وهو أعلى مستوى له منذ عام 1995، ويتوقع أن يرتفع إلى 13.8% مع نهاية عام 2022، قبل أن ينخفض بشكل تدريجي خلال الفترة (2023 -2027) ليصل إلى 6.8% في عام 2027. في حين بلغ معدل التضخم نحو 11.1% في منطقة أفريقيا جنوب الصحراء في عام 2021، ويتوقع أن يرتفع إلى 14.4% مع نهاية عام 2022 وهو أعلى مستوى له منذ عام 2000، قبل أن ينخفض بعد ذلك ليصل إلى 6.9% في عام 2027. ومن المتوقع أن تسجل الدول الأوروبية الناشئة والنامية معدل تضخم يبلغ 27.8% مع نهاية عام 2022، وهو أعلى معدل على المستوى العالمي، والأعلى لها منذ عام 2000، على خلفية التوترات الجيوسياسية في شرق أوروبا، قبل أن يأخذ منحنى الانخفاض بشكل تدريجي ليصل إلى 6.7% في عام 2027، ***كما يوضح الشكل (3) والجدول (3) في الملحق***.

الشكل (3)
معدل التضخم في المجموعات الدولية والإقليمية
(النسبة المئوية للتغير في أسعار المستهلك)



المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

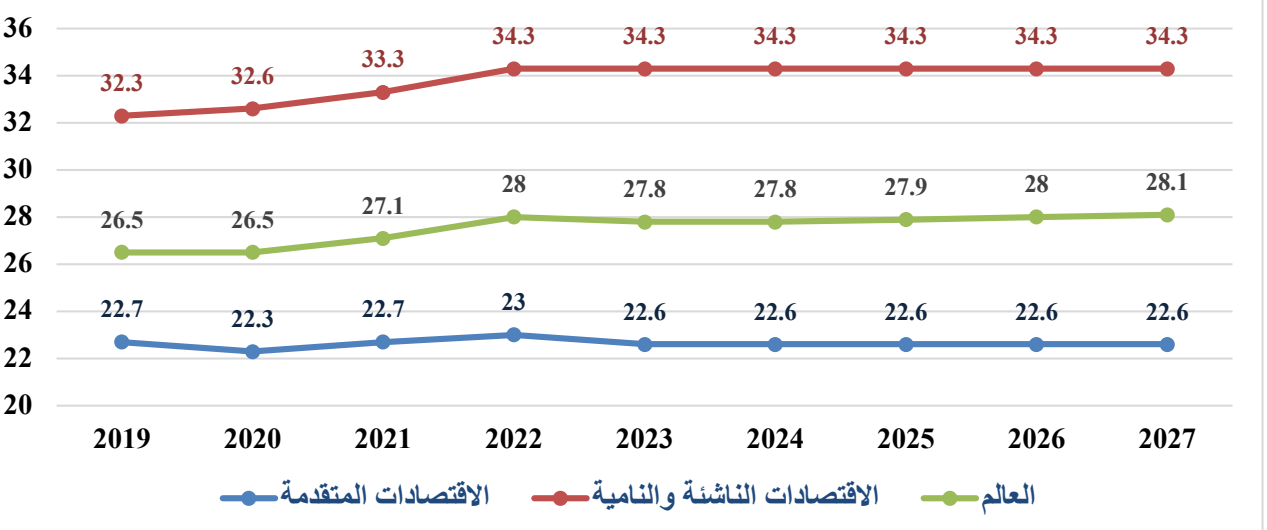
3. معدل البطالة:

ارتفع معدل البطالة في الاقتصادات المتقدمة من 4.8% في عام 2019 إلى 6.6% في عام 2020، على خلفية جائحة كورونا التي تسببت في خسارة ما يعادل حوالي 114 مليون وظيفة وفقاً لبيانات منظمة العمل الدولية. وكان لاستئناف النشاط الاقتصادي وتخفيف القيود على حركة التنقل المرتبطة بالجائحة دوراً في تراجع معدل البطالة في عام 2021 إلى 5.6%، ومن المتوقع أن ينخفض هذا المعدل إلى 4.5% مع نهاية عام 2022، قبل أن يستقر عند مستوى متوقع عند 5% خلال الفترة (2023 – 2027). ومن ضمن الاقتصادات المتقدمة، ارتفع معدل البطالة في مجموعة الدول السبع الكبرى من 4.3% في عام 2019 إلى 6.5% في عام 2020 وهو أعلى مستوى له منذ عام 2013، قبل أن ينخفض ليصل إلى 5.2% مع نهاية عام 2021، ويتوقع أن يتراجع إلى 4.6% في عام 2027، ***كما يوضح الجدول (4) في الملحق***.

4. الاستثمارات:

بلغت نسبة الاستثمارات من الناتج المحلي الإجمالي العالمي 26.5% في عام 2020 وهو تقريباً نفس المستوى المسجل في عام 2019، قبل أن إلى 27.1% في عام 2021، وتشير التوقعات إلى ارتفاع تلك النسبة إلى 28.1% في عام 2027 وهو أعلى مستوى لها على الإطلاق. والجدير بالذكر، أنه في الوقت الذي انخفضت فيه هذه النسبة في الاقتصادات المتقدمة من 22.7% في عام 2019 إلى 22.3% في عام 2020 ثم ارتفعت إلى 22.7% مجدداً في عام 2021، فإنها شهدت ارتفاعاً متواصلاً في الاقتصادات الناشئة والنامية من 32.3% في عام 2019 إلى 33.3% في عام 2021. ومن المتوقع ارتفاع نسبة الاستثمارات من الناتج المحلي الإجمالي في الاقتصادات المتقدمة إلى 23% مع نهاية عام 2022، قبل أن تستقر عند مستوى 22.6% خلال الفترة (2023 – 2027). كما يتوقع ارتفاع هذه النسبة في الاقتصادات الناشئة والنامية لتستقر عند 34.3% خلال الفترة (2022 – 2027). ويلاحظ أن الدول الآسيوية ضمن الاقتصادات الناشئة والنامية ستحقق أعلى المستويات بنسبة 40.4% في عام 2027، يليها دول الشرق الأوسط وآسيا الوسطى بنسبة 28.4%، ثم الدول الأوروبية الناشئة في المرتبة الثالثة بنسبة 25.1%، ***كما يوضح الشكل (4) والجدول (5) في الملحق.***

الشكل (4)
الاستثمارات في المجموعات الدولية والإقليمية
(النسبة المئوية من الناتج المحلي الإجمالي)



المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

5. الحساب الجاري:

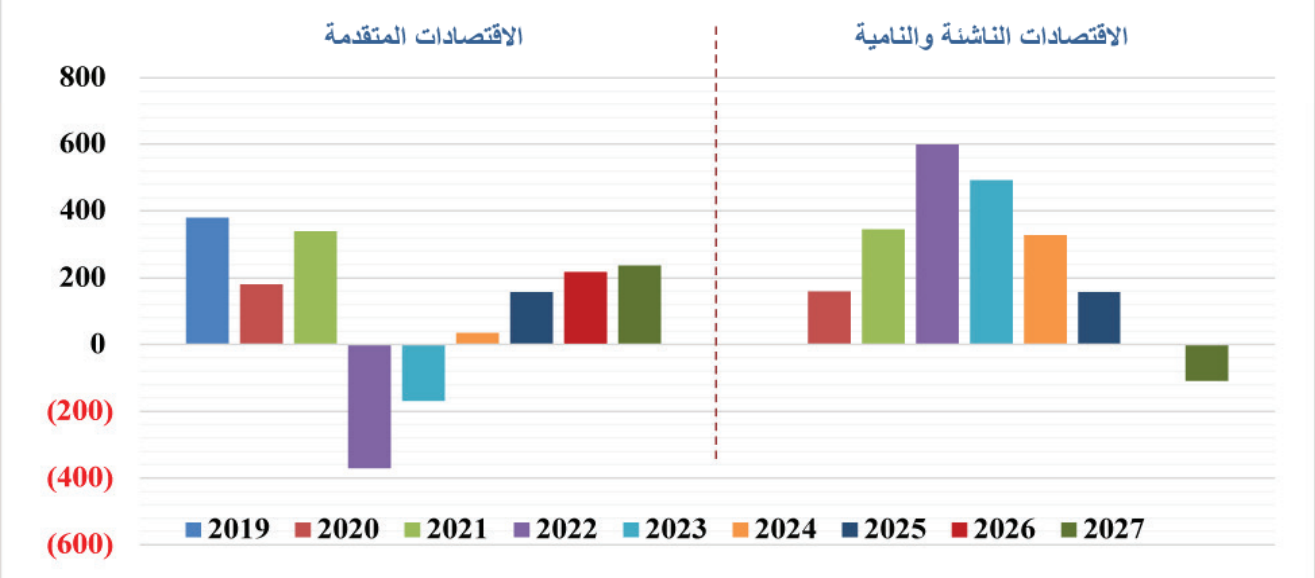
حقق فائض الحساب الجاري للاقتصاد العالمي في عام 2021 ارتفاعاً ملحوظاً بلغت نسبته أكثر من 100% مقارنة بعام 2020 ليصل إلى مستوى قياسي بلغ نحو 683.3 مليار دولار، ومن المتوقع أن ينخفض مع نهاية عام 2022 بشكل ملحوظ نسبته 66.8% ليصل إلى أدنى مستوى له منذ عام 2015 أي عند مستوى 227.1 مليار دولار، كما يتوقع أن ينخفض في عام 2027 إلى 128.4 مليار دولار وهو أدنى مستوى له منذ الأزمة المالية العالمية في عام 2008.

وتجدر الإشارة إلى أن فائض الحساب الجاري في الاقتصادات المتقدمة كمجموعة قد انخفض في عام 2020 بنسبة تزيد عن 50% مقارنة بعام 2019، بينما تحول عجز الحساب الجاري في الاقتصادات الناشئة والنامية إلى فائض خلال نفس العام. وفي عام 2021، شهدت فوائض الحساب الجاري لكلا المجموعتين ارتفاعاً ملحوظاً بلغت نسبته 88.7% في الاقتصادات المتقدمة و118% في الاقتصادات النامية والناشئة لتصل إلى نحو 339.4 مليار دولار و343.8 مليار دولار على الترتيب. ومن المتوقع أن يستمر الارتفاع في الفائض بالنسبة للاقتصادات النامية والناشئة مع نهاية عام 2022 ليصل إلى 598 مليار دولار وهو أعلى مستوى له منذ عام 2008، قبل أن يتراجع خلال الفترة (2023 – 2025)، ويتحول هذا الفائض إلى عجز يبلغ نحو (0.5) مليار دولار في عام 2026، ويتزايد إلى نحو (108.2) مليار دولار في عام 2027. بينما يتوقع أن يتحول فائض الحساب الجاري في الاقتصادات المتقدمة إلى عجز يبلغ (371) مليار دولار مع نهاية عام 2022، وهو الأول منذ عام 2011، وينخفض هذا العجز في عام 2023، قبل أن يتحول مجدداً إلى فائض متزايد خلال الفترة (2024 – 2027) ليصل إلى نحو 236.6 مليار دولار في عام 2027.

هذا وتنطوي الفوائض أو العجوزات في الحساب الجاري على تباينات كبيرة عند النظر إليها حسب المجموعات الاقتصادية والجغرافية الفرعية سواء في الاقتصادات المتقدمة أو في الاقتصادات الناشئة والنامية. فعلى سبيل المثال، وضمن الاقتصادات المتقدمة، سجلت مجموعة الدول السبع الكبرى عجزاً في حسابها الجاري كمجموعة بلغ (8.8) مليار دولار في عام 2019،

واستمر هذا العجز في الارتفاع بعد ذلك ليصل إلى (410.2) مليار دولار في عام 2021، ويتوقع استمرار ارتفاعه ليسجل مستوى قياسي يبلغ (939.1) مليار دولار مع نهاية عام 2022، قبل أن يتراجع بشكل تدريجي خلال الفترة (2023 – 2027) ليصل إلى (394.4) مليار دولار في عام 2027. أما ضمن الاقتصادات الناشئة والنامية، فقد حققت الدول الآسيوية فائضاً في حسابها الجاري بلغ 319.8 مليار دولار في عام 2020 مقارنة بنحو 93.2 مليار دولار في عام 2019، وتراجع هذا الفائض إلى نحو 250.2 مليار دولار في عام 2021، ويتوقع استمرار التراجع خلال الفترة (2022 – 2026) ليصل إلى نحو 19.8 مليار دولار فقط في عام 2026، قبل أن يتحول إلى عجز قدره (25.2) مليار دولار في عام 2027. بينما حققت دول الشرق الأوسط وآسيا الوسطى عجزاً بلغ (105.7) مليار دولار في عام 2020 مقارنة بفائض بلغ 17.3 مليار دولار في عام 2019، وتحول هذا العجز مجدداً إلى فائض بلغ 121.8 مليار دولار في عام 2021، ويتوقع أن يرتفع إلى 406.5 مليار دولار مع نهاية عام 2022، قبل أن يتراجع خلال الفترة (2023 – 2027) ليصل إلى 89.8 مليار دولار في عام 2027، ***كما يوضح الشكل (5) والجدول (6) في الملحق.***

الشكل (5)
الحساب الجاري في المجموعات الدولية والإقليمية
(مليار دولار)



المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

ثانياً: المؤشرات الاقتصادية في الاقتصادات الرئيسية في العالم

1. الناتج المحلي الإجمالي:

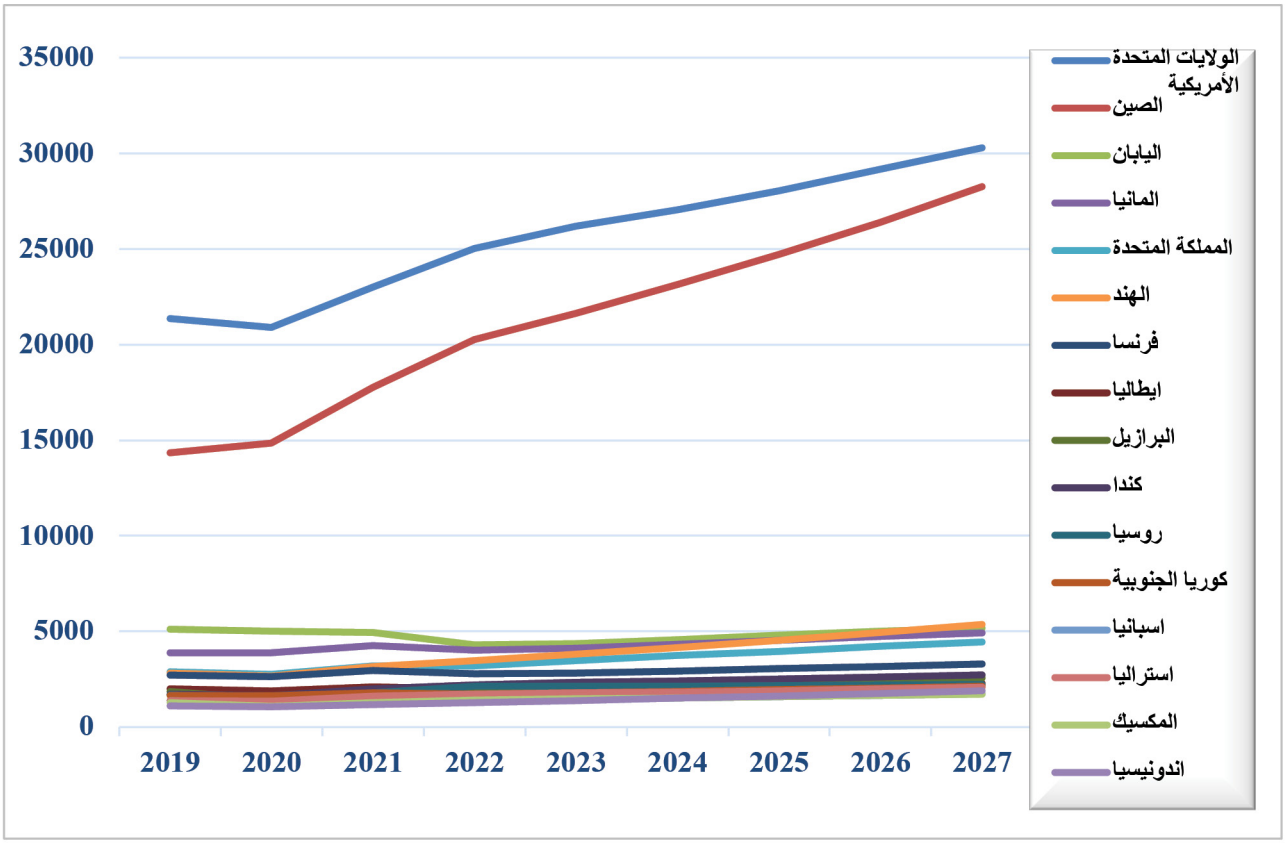
يشكل الناتج المحلي الإجمالي الحالي والمتوقع في هذه الفئة من الاقتصادات نسبة تصل إلى أكثر من 75% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي، حيث انخفض إجمالي هذا الناتج في الاقتصادات الرئيسية من حوالي 67.3 تريليون دولار في عام 2019 إلى 65.6 تريليون دولار في عام 2020 بسبب جائحة كورونا، قبل أن يرتفع بنسبة 12.9% مسجلاً نحو 74.1 تريليون دولار في عام 2021، ومن المتوقع أن ينمو بمعدل 5.3% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2027) وهو نفس معدل النمو العالمي، ليصل إلى حوالي 101.1 تريليون دولار في عام 2027.

وعند النظر إلى حجم الناتج المحلي الإجمالي في هذه الاقتصادات بصورة منفردة، يمكن التمييز بين فئتين من الدول، وهما، أولاً: الدول التي يتوقع أن يرتفع فيها هذا الناتج بمعدل يتجاوز معدل النمو في هذه الفئة من الاقتصادات البالغ 6% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2027)، وتضم 6 دول وهي، الهند (9.1%)، اندونيسيا (8.2%)، الصين والبرازيل (8.1%)، المملكة المتحدة (5.7%)، كندا (5.4%). **ثانياً:** الدول التي يتوقع أن يرتفع فيها الناتج المحلي الإجمالي بمعدل يقل عن معدل النمو في هذه الفئة من الاقتصادات خلال نفس الفترة، وتضم 10 دول وهي، المكسيك (4.8%)، الولايات المتحدة الأمريكية (4.7%)، استراليا (4.1%)، روسيا (3.9%)، إسبانيا (3.4%)، كوريا الجنوبية (2.8%)، ألمانيا (2.4%)، فرنسا (1.8%)، ايطاليا (1.4%)، اليابان (0.8%).

وفي هذا السياق، تجدر الإشارة إلى أن الولايات المتحدة الأمريكية سوف تستمر في كونها أكبر اقتصاد على مستوى العالم، على الرغم من تراجع معدلات النمو فيها عن المعدل العالمي، حيث يتوقع ارتفاع ناتجها المحلي الإجمالي من 23 تريليون دولار في عام 2021 إلى ما يقارب نحو 30.3 تريليون دولار في عام 2027، وبذلك ستتراجع حصتها في الناتج المحلي الإجمالي العالمي من 23.7% في عام 2021 إلى 22.7% في عام 2027. وفي الوقت نفسه، سيرتفع الناتج في الصين من نحو 17.7 تريليون دولار في عام 2021 إلى 28.3 تريليون دولار في عام

2027، وعليه سترتفع حصة الصين في الناتج العالمي من 18.3% في عام 2021 إلى 21.2% في عام 2027. كما ستصبح الهند ثالث أكبر اقتصاد على مستوى العالم، بدلاً من اليابان، باجمالي ناتج محلي إجمالي يبلغ نحو 5.4 تريليون دولار في عام 2027 مقارنة بنحو 3.2 تريليون دولار في عام 2021، ***ويوضح الشكل (6) والجدول (7) في الملحق***. التطورات المتوقعة في الناتج المحلي الإجمالي في الاقتصادات الرئيسية المتوقعة خلال الفترة (2019 – 2027).

الشكل (6)
الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية في الاقتصادات الرئيسية في العالم
(مليار دولار)

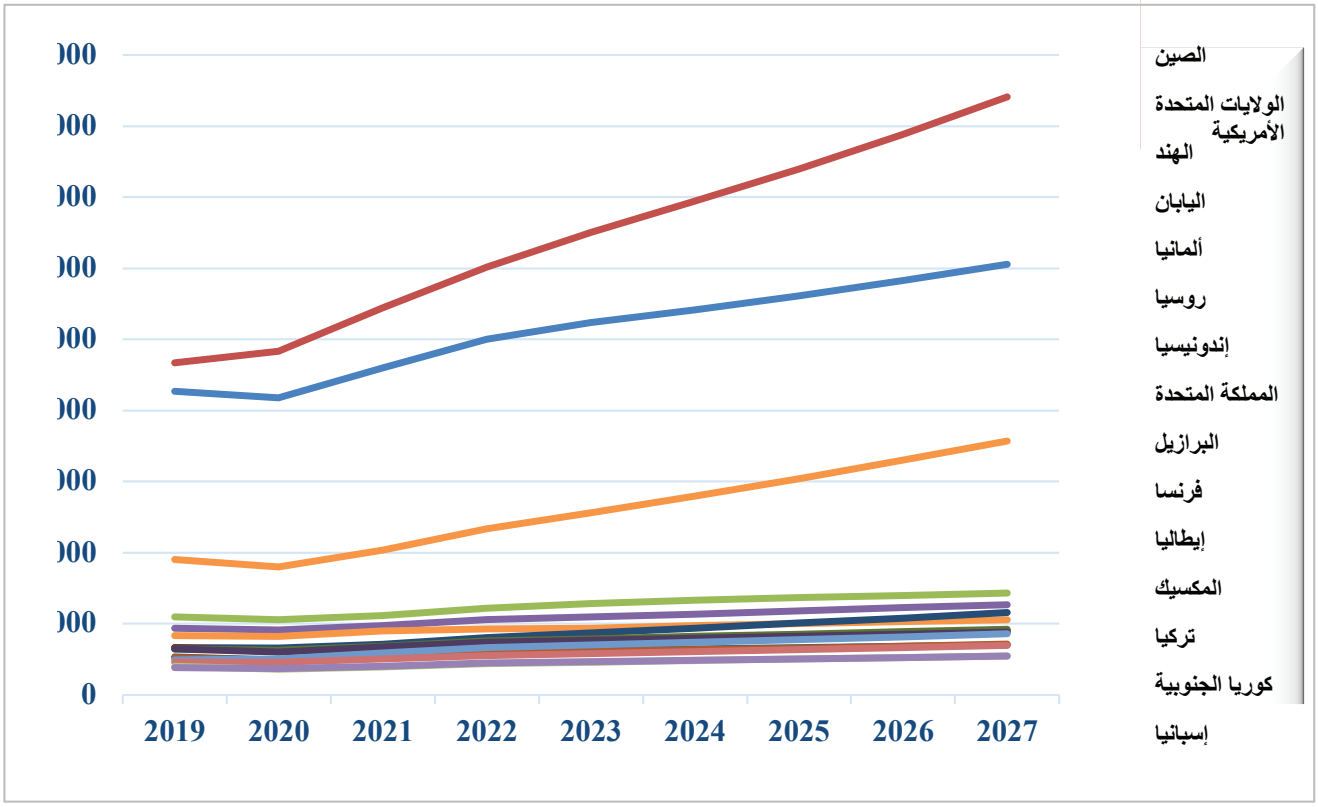


المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

وتختلف الصورة بشكل ملفت عند النظر إلى الناتج المحلي الإجمالي في هذه الدول حسب القوة الشرائية إذ ستقفز الصين لتحتل المركز الأول عالمياً بفارق ملحوظ عن الولايات المتحدة الأمريكية التي ستأتي في المركز الثاني، حيث يتوقع أن يرتفع الناتج المحلي الإجمالي حسب القوة الشرائية في الصين من نحو 27.2 تريليون دولار في عام 2019 إلى نحو 42 تريليون دولار

17.3% في عام 2019 إلى 19.9% في عام 2027. في حين سيرتفع الناتج المحلي الإجمالي في الولايات المتحدة الأمريكية من نحو 21.4 تريليون دولار في عام 2019 إلى نحو 30.3 تريليون دولار في عام 2027، وبذلك ستنخفض حصتها في إجمالي الناتج العالمي حسب القوة الشرائية من 15.8% في عام 2019 إلى 14.4% في عام 2027. وسيطرأ تغير ملحوظ في ترتيب بقية الدول من حيث مكانتها في الناتج المحلي العالمي حسب القوة الشرائية، بالإضافة إلى خروج أستراليا من قائمة الاقتصادات الرئيسية لتدخل بدلا منها تركيا التي يتوقع أن يرتفع الناتج المحلي الإجمالي فيها حسب القوة الشرائية من نحو 2.5 تريليون دولار في عام 2019 إلى نحو 4.3 تريليون دولار في عام 2027، ***كما يوضح الشكل (7) والجدول (8) في الملحق***.

الشكل (7)
الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية في الاقتصادات الرئيسية في العالم (مليار دولار)



المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

2. معدل التضخم:

يمكن التمييز بين فئتين من الدول ضمن الاقتصادات الرئيسية فيما يخص معدلات التضخم (النسبة المئوية للتغير في أسعار المستهلك)، وهما: **أولاً، مجموعة الدول التي لم يتجاوز فيها معدل التضخم 2% في عام 2019**، وتضم هذه المجموعة 10 دول وهي: كوريا الجنوبية (0.4%)، اليابان (0.5%)، إيطاليا (0.6%)، إسبانيا (0.7%)، فرنسا (1.3%)، ألمانيا (1.4%)، أستراليا (1.6%)، المملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية (1.8%)، وكندا (1.9%). **ثانياً: مجموعة الدول تجاوز فيها معدل التضخم 2%**، وتضم هذه المجموعة 6 دول وهي: إندونيسيا (2.8%)، الصين (2.9%)، المكسيك (3.6%)، البرازيل (3.7%)، روسيا (4.5%)، والهند (4.8%).

ويتوقع ارتفاع معدل التضخم في كافة الاقتصادات الرئيسية مع نهاية عام 2022 (باستثناء الصين) لتصل إلى مستويات لم تشهدها في عدة أعوام. فعلى سبيل المثال ولا الحصر، يتوقع أن تسجل روسيا أعلى معدل تضخم ما بين الاقتصادات الرئيسية ليبلغ 13.8%، وهو أعلى معدل منذ عام 2015، تليها البرازيل (9.4%) وهو أعلى معدل منذ عام 2003، وسيصل معدل التضخم في الولايات المتحدة الأمريكية إلى 8.1% وهو الأعلى له منذ عام 1981، بينما ستسجل ألمانيا معدل تضخم قياسي يبلغ 8.5%. يأتي ذلك، قبل أن تنخفض معدلات التضخم وبشكل تدريجي في كافة الاقتصادات الرئيسية خلال الفترة (2023 – 2027)، ***كما يوضح الجدول (9) في الملحق***.

3. معدل البطالة:

يمكن التمييز بين ثلاث فئات من الدول ضمن الاقتصادات الرئيسية في العالم، فيما يتعلق بمعدل البطالة، وهي: **أولاً، الدول التي قل بها معدل البطالة عن 4% في عام 2019**، وتضم هذه الفئة 7 دول وهي، اليابان (2.4%)، ألمانيا (3%)، المكسيك (3.5%)، الصين (3.6%)، الولايات المتحدة الأمريكية (3.7%)، المملكة المتحدة وكوريا الجنوبية (3.8%). **ثانياً، الدول التي تراوح معدل البطالة فيها ما بين (4% - 9%)**، وتضم هذه الفئة 5 دول وهي، روسيا (4.6%)، استراليا واندونيسيا (5.2%)، كندا (5.8%)، فرنسا (8.4%). **ثالثاً، الدول التي تجاوز**

فيها معدل البطالة 9%، وتضم هذه الفئة 3 دول وهي، ايطاليا (9.9%)، البرازيل (12%)، إسبانيا (14.1%).

هذا وقد ارتفع معدل البطالة في كافة الاقتصادات الرئيسية في عام 2020، على خلفية جائحة فيروس كورونا، وما يرتبط بها من إغلاقات كلية وجزئية لتلك الاقتصادات. يأتي ذلك قبل أن ينخفض معدل البطالة في عام 2021 بدعم من استئناف النشاط الاقتصادي وتخفيف/إلغاء القيود المرتبطة بالجائحة. ومن المتوقع أن يستمر هذا الانخفاض خلال الفترة (2022 – 2027)، حيث ستسجل اليابان أقل معدل بطالة بين الاقتصادات الرئيسية يبلغ 2.4% في عام 2027، بينما سيتحقق أعلى معدل بطالة في إسبانيا (12%)، يليها البرازيل (9.5%)، وايطاليا (9%)، ***كما يوضح الجدول (10) في الملحق***.

4. الاستثمارات:

فيما يتعلق بالاستثمارات في الاقتصادات الرئيسية في العالم، يمكن التمييز بين فئتين من الدول، وهما: **أولاً، الدول التي لم تتجاوز فيها نسبة الاستثمارات 30% من الناتج المحلي الإجمالي في عام 2019**، وتضم هذه الفئة 12 دولة وهي، البرازيل (15.5%)، المملكة المتحدة (18%)، ايطاليا (18.2%)، إسبانيا (20.9%)، المكسيك (21.2%)، الولايات المتحدة الأمريكية (21.4%)، ألمانيا (22.1%)، أستراليا (22.6%)، روسيا (22.7%)، كندا (23.1%)، فرنسا (24.4%)، واليابان (25.8%). **ثانياً: الدول التي تجاوزت فيها نسبة الاستثمارات 30% من الناتج المحلي الإجمالي في عام 2019**، وتضم هذه الفئة 4 دول وهي، الهند (30.2%)، كوريا الجنوبية (31.5%)، إندونيسيا (33.8%)، والصين (43.1%).

وفي هذا السياق، تجدر الإشارة إلى أن الصين سوف تستمر في استحواذها على أكبر نسبة استثمارات من الناتج المحلي الإجمالي العالمي، حيث يتوقع ارتفاع هذه النسبة من 42.6% في عام 2021 إلى 43.8% في عام 2027، وستقفز الهند إلى المرتبة الثانية بنسبة استثمارات تبلغ 33.7% في عام 2027 مقارنة بنسبة بلغت 31.2% في عام 2021. في حين ستحقق المملكة المتحدة أقل نسبة للاستثمارات تبلغ 17.3%، ***كما يوضح الجدول (11) في الملحق***.

5. الحساب الجاري:

سجلت 5 دول من الاقتصادات الرئيسية في العالم عجزاً في حسابها الجاري خلال عام 2021، وهذه الدول هي: الولايات المتحدة الأمريكية (446) مليار دولار، المملكة المتحدة (76.8) مليار دولار، الهند (24.5) مليار دولار، البرازيل (65) مليار دولار، والمكسيك (3.4) مليار دولار. أما باقي الاقتصادات الرئيسية فقد حققت فائضاً في حساباتها الجارية تراوح ما بين 0.9 مليار دولار في كندا و317.3 مليار دولار في الصين.

هذا ويتوقع أن تسجل الولايات المتحدة الأمريكية مع نهاية عام 2022 أعلى مستوى عجز في حسابها الجاري على الإطلاق ليبلغ (985.3) مليار دولار، وسيتراجع هذا العجز ليصل إلى (701.4) مليار دولار في عام 2027. في حين ستحقق الصين فائضاً في حسابها الجاري يبلغ 329.6 مليار دولار مع نهاية عام 2022 وهو أعلى مستوى مسجل منذ عام 2008، قبل أن ينخفض الفائض بشكل تدريجي ليصل إلى 149.6 مليار دولار في عام 2027. كما تجدر الإشارة إلى أن الفائض المحقق في الحساب الجاري بكل من كندا واندونيسيا وفرنسا واستراليا في عام 2021، من المتوقع أن يتحول إلى عجز في عام 2027، ***كما يوضح الجدول (12) في الملحق***.

الجزء الثاني
التطورات في مؤشرات أسواق النفط العالمية وآفاقها المستقبلية

يلقي هذا الجزء من الدراسة الضوء على الإنتاج العالمي من النفط والطلب عليه خلال الفترة (2019 – 2021)، والآفاق المستقبلية وفقاً لتوقعات منظمة الدول المصدرة للنفط (أوبك) حتى عام 2045، وتوقعات وكالة الطاقة الدولية حتى عام 2050. كما يستعرض الاستثمارات المطلوبة لتلبية الطلب العالمي على النفط، والتطورات في صناعة تكرير النفط العالمية، واتجاهات تجارة النفط العالمية.

أولاً: الإنتاج العالمي من النفط

انخفض إجمالي إنتاج النفط العالمي خلال عام 2020 بنحو 6.3 مليون برميل/يوم مقارنة بعام 2019، ليصل إلى أدنى مستوى له مُنذ عام 2014 وهو حوالي 93.7 مليون برميل/يوم، تزامناً مع جائحة فيروس كورونا، وما ترتب عليها من التوصل إلى اتفاق تاريخي بشأن خفض قياسي للإنتاج بين دول أوبك+ وبعض الدول الرئيسية الأخرى المنتجة للنفط ومن بينها الولايات المتحدة الأمريكية، مع إجراء كل من السعودية والكويت والامارات لتخفيضات إضافية طوعية مؤقتة على انتاجهم. يأتي ذلك قبل أن يرتفع إجمالي إنتاج النفط العالمي خلال عام 2021 ليصل إلى نحو 95.2 مليون برميل/ يوم، تزامناً مع قرارات دول أوبك+ بشأن تقليص تخفيضات إتفاق خفض الإنتاج بشكل تدريجي "أي زيادة الإنتاج"، والمتفق عليها خلال اجتماعاتها الوزارية التي بلغ عددها 12 اجتماعاً خلال عام 2021.

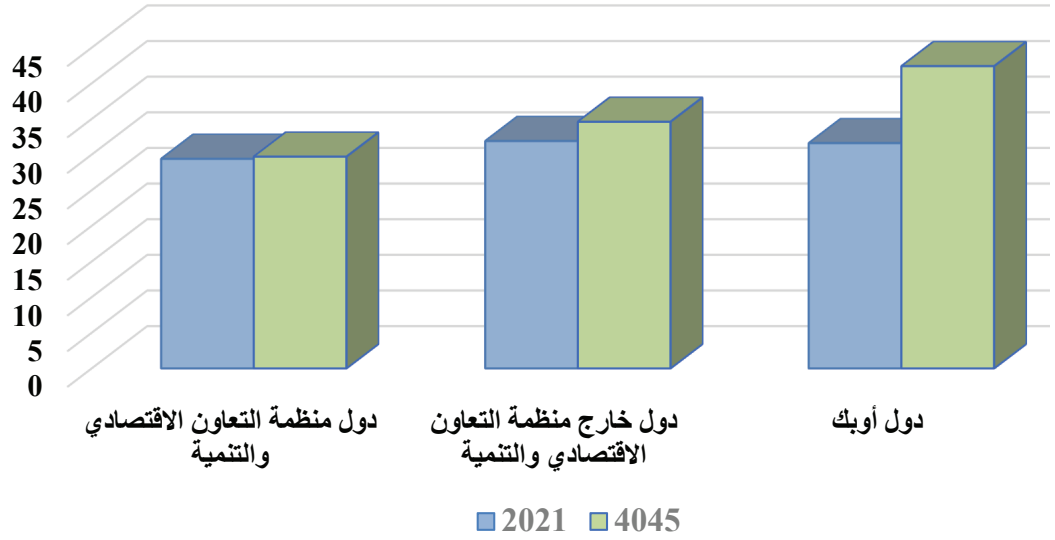
1. الآفاق المستقبلية للإمدادات النفطية العالمية وفقاً لتوقعات منظمة أوبك

تشير التوقعات إلى نمو الإمدادات العالمية بمعدل 0.6% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2045) لتصل إلى 109.8 مليون ب/ي في عام 2045. وبالنظر إلى التوزيع الجغرافي للإنتاج وفقاً للمجموعات الدولية الرئيسية، يلاحظ أن إمدادات دول أوبك سترتفع بمعدل 1.2% سنوياً خلال الفترة المذكورة، حيث ستزيد من حوالي 31.6 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 42.4

مليون ب/ي في عام 2045، وبذلك ستصل حصة دول أوبك من إجمالي الإمدادات العالمية إلى 38.4% في عام 2045 مقارنة بحصة بلغت 33.2% فقط في عام 2021.

في حين سترتفع الإمدادات من دول خارج أوبك بمعدل 0.2% سنوياً، حيث ستزيد من 61.3 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 64.3 مليون ب/ي في عام 2045، وبذلك ستنخفض حصة دول خارج أوبك من إجمالي الإمدادات العالمية إلى 58.6% في عام 2045 مقارنة بحصة بلغت 64.4% في عام 2021. ومن بين دول خارج أوبك، يتوقع انخفاض الإمدادات من الولايات المتحدة الأمريكية خلال الفترة (2021 – 2045) بمعدل 0.1% سنوياً، لتصل إلى حوالي 17.2 مليون ب/ي في عام 2045، وبذلك ستتراجع حصتها من الإجمالي العالمي إلى 15.7% في عام 2045 مقارنة بنحو 18.7% في عام 2021. كما يتوقع انخفاض الإمدادات من روسيا بمعدل 0.2% سنوياً، إلى 10.4 مليون ب/ي، وبذلك ستتراجع حصتها من الإجمالي العالمي إلى 9.5% في عام 2045 مقارنة بنحو 11.3% في عام 2021. وفي المقابل، يتوقع أن تسجل الإمدادات من أمريكا الجنوبية أعلى معدل نمو وهو 1.6% سنوياً خلال فترة التوقعات، لتصل إلى 8.7 مليون ب/ي في عام 2045، وبذلك ترتفع حصتها من الإجمالي العالمي من 6.3% في عام 2021 إلى 7.9% في عام 2045. كما يتوقع ارتفاع الإمدادات من منطقة الشرق الأوسط (باستثناء الدول الأعضاء في أوبك) بمعدل 0.7% سنوياً، لتصل إلى 3.8 مليون ب/ي في عام 2045، ***كما يوضح الشكل (8) والجدول (13) في الملحق***.

(مليون ب/ي)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

2. الآفاق المستقبلية للإنتاج العالمي من النفط وفقاً لتوقعات وكالة الطاقة الدولية

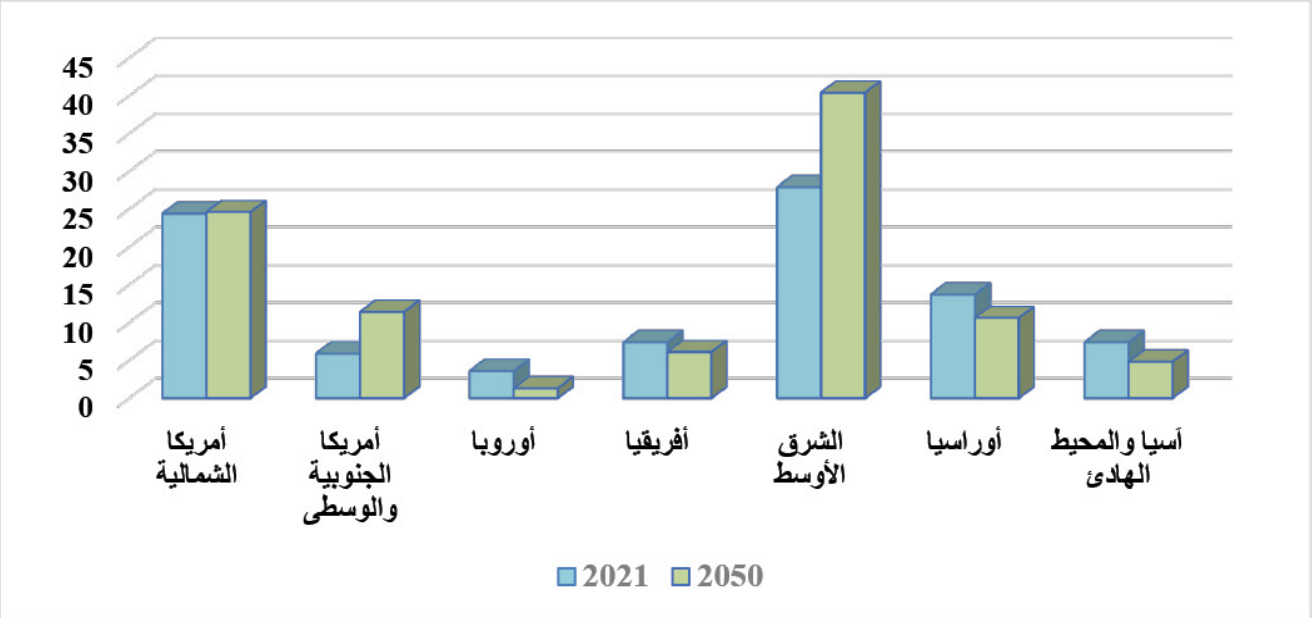
يتوقع نمو الإنتاج العالمي من النفط بمعدل 0.3% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2050) ليصل إلى 99.3 مليون ب/ي في عام 2050، وفقاً لسيناريو السياسات المعلنة [7]. وبالنظر إلى التوزيع الجغرافي للإنتاج وفقاً للمجموعات الدولية الرئيسية، يلاحظ أن هناك ثلاث مناطق سيرتفع فيها إنتاج النفط وهي منطقة الشرق الأوسط، وأمريكا الشمالية، وأمريكا الجنوبية والوسطى. في حين سيتراجع إنتاج النفط في المناطق الأربع الأخرى وهي منطقة أوراسيا، والدول الأفريقية، ودول آسيا والمحيط الهادي، والدول الأوروبية. وسيأتي الجزء الأكبر من إنتاج النفط في العالم من منطقة الشرق الأوسط التي سيرتفع إنتاجها بمعدل يبلغ حوالي 1.3% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2050)، حيث سيرتفع من 27.9 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 40.4 مليون ب/ي في عام 2050، وبذلك ستصل حصة منطقة الشرق الأوسط في إجمالي الإنتاج العالمي من النفط إلى نحو 40.7% في عام 2050، مقارنة بنحو 30.9% في عام 2021. وتأتي منطقة أمريكا

الشمالية في المرتبة الثانية من ناحية حجم إنتاجها من النفط الذي سينمو بمعدل 0.03% سنوياً ليرتفع من 24.4 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 24.6 مليون ب/ي في عام 2050، وبذلك ستنخفض حصتها في الإنتاج العالمي من 27% إلى 24.8%. وستشهد دول أمريكا الجنوبية والوسطى ارتفاعاً ملموساً في إنتاج النفط لتستحوذ على المرتبة الثالثة، حيث سينمو إنتاج النفط فيها بمعدل 2.3% سنوياً، مرتفعاً من 5.9 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 11.4 مليون ب/ي في عام 2050، وبذلك ستزيد حصتها في إجمالي الإنتاج العالمي من 6.5% إلى 11.5%.

بينما يتوقع أن ينخفض إنتاج النفط في منطقة أوراسيا بمعدل 0.9% سنوياً ليتراجع من 13.7 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 10.6 مليون ب/ي في عام 2050، وبذلك ستنخفض حصتها في إجمالي الإنتاج العالمي من 15.2% إلى 10.7%. وسينخفض إنتاج النفط في كل من الدول الأفريقية ودول آسيا والمحيط الهادي والدول الأوروبية خلال الفترة (2021 – 2050) بمعدل 0.7% و1.5% و3.5% على التوالي، حيث سيتراجع إنتاج النفط في الدول الأفريقية من 7.4 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 6.1 مليون ب/ي في عام 2050، وسيتراجع في دول آسيا والمحيط الهادي من 7.4 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 4.8 مليون ب/ي في عام 2050، كما سيتراجع إنتاج النفط في الدول الأوروبية من 3.6 مليون ب/ي إلى 1.3 مليون ب/ي، ***كما يوضح الشكل (9) والجدول (14) في الملحق***.

ومن الملاحظ أن توقعات وكالة الطاقة الدولية على المدى المتوسط، تشير على ارتفاع الإنتاج العالمي إلى نحو 99.9 مليون ب/ي في عام 2030، وإلى نحو 100.1 مليون ب/ي بحلول عام 2040. وفي المقابل تشير توقعات منظمة أوبك إلى ارتفاعه ليصل إلى 108.4 مليون ب/ي على المدى المتوسط، وإلى نحو 109.8 مليون ب/ي بحلول عام 2040.

الشكل (9)
الإنتاج العالمي من النفط، وفقاً للمجموعات الدولية الرئيسية
سيناريو السياسات المعلنة لوكالة الطاقة الدولية، عامي 2021 و 2050
(مليون ب/ي)



المصدر: IEA, World Energy Outlook, October 2022.

ثانياً: الطلب العالمي على النفط

شهد الطلب العالمي على النفط في عام 2020 انخفاضاً قياسياً بلغ 9.5 مليون برميل/يوم وهو أول انخفاض له مُنذ عام 2009 مقارنة بنمو بلغ نحو 1.1 مليون برميل/يوم عام 2019، ليصل إلى 90.5 مليون برميل/يوم وهو أدنى مستوى له مُنذ عام 2012. ويعزى ذلك إلى فرض غالبية دول العالم قيود على السفر وتدابير عزل صارمة للحد من تفشي جائحة فيروس كورونا التي تسببت في ركود غير مسبوق في أداء الاقتصاد العالمي هو الأول مُنذ الأزمة المالية العالمية، والأكبر مُنذ الكساد الكبير في ثلاثينيات القرن الماضي. يأتي ذلك قبل أن يرتفع الطلب العالمي على النفط في عام 2021 مسجلاً أكبر زيادة سنوية له على الإطلاق بلغت 5.7 مليون برميل/يوم، ليصل إلى حوالي 96.9 مليون برميل/يوم. بدعم من إطلاق حملات التطعيمات وتسارع وتيرتها، مما ساهم في تخفيف القيود المفروضة على حركة التنقل والسفر واستئناف النشاط الاقتصادي.

1. الآفاق المستقبلية للطلب العالمي على النفط وفقاً لتوقعات منظمة أوبك

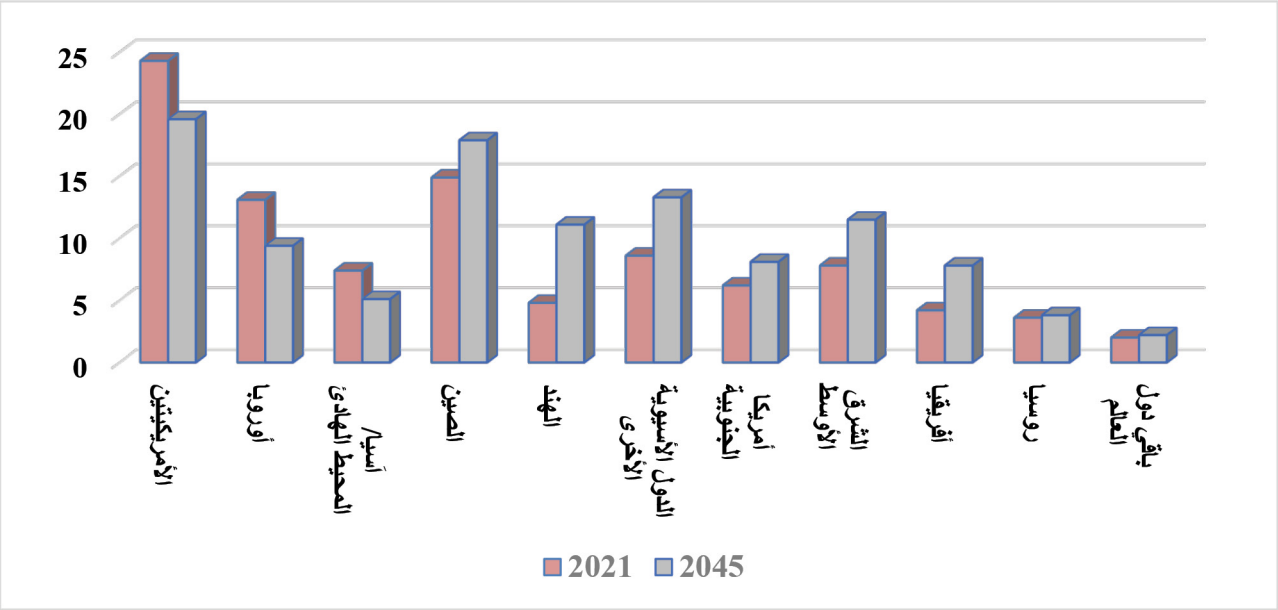
من المتوقع نمو الطلب العالمي على النفط بمعدل 0.5% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2045)، حيث سيرتفع من نحو 96.9 مليون ب/ي في عام 2021 ليصل إلى 109.8 مليون ب/ي في عام 2045، وفقاً للسيناريو المرجعي[8]، وتتسم تطورات الطلب المتوقع على النفط حتى عام 2045 بخمس سمات رئيسية وهي:

- تشكل كل من دول الأمريكيتين (لا سيما الولايات المتحدة الأمريكية) والصين ومنطقة الشرق الأوسط الجهات الرئيسية التي سيأتي منها الطلب على النفط في عام 2045. وعلى الرغم من تراجع الطلب على النفط في دول الأمريكيتين من 24.3 مليون ب/ي في عام 2021 إلى نحو 19.6 مليون ب/ي في عام 2045، أي بمعدل تراجع 0.9% سنوياً، إلا أنها ستحافظ على المركز الأول عالمياً من ناحية حجم الطلب على النفط، حيث ستنخفض حصتها من إجمالي الطلب العالمي من 25.1% في عام 2021 إلى 17.9% في عام 2045. بينما يتوقع ارتفاع الطلب على النفط في الصين بمعدل يبلغ 0.8% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2045)، حيث سيرتفع من 14.9 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 17.9 مليون ب/ي في عام 2050، وبذلك ستزيد حصة الصين في الطلب العالمي من 15.4% إلى 16.3%. أما الطلب على النفط في منطقة الشرق الأوسط فيتوقع ارتفاعه بمعدل 1.6% سنوياً، حيث سيرتفع من نحو 7.8 مليون ب/ي في عام 2021 ليصل إلى 11.5 مليون ب/ي في عام 2045، وبذلك سترتفع حصة هذه المنطقة في إجمالي الطلب العالمي من 8.1% إلى 10.5%.
- سيأتي الجزء الأكبر من حجم الزيادة في الطلب على النفط خلال الفترة (2021 – 2045) من الهند التي يتوقع أن يزداد الطلب فيها بمعدل 3.6% سنوياً وهو أعلى معدلات النمو في الطلب على النفط على المستوى العالمي، ليرتفع من 4.8 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 11.1 مليون ب/ي في عام 2045، وعليه سترتفع حصة الهند في الطلب العالمي على النفط بصورة ملحوظة من 5% في عام 2021 إلى 10.1% في عام 2045.

[8] يفترض السيناريو المرجعي مزيجاً من الانتعاش الاقتصادي المضطرد، إلى جانب استقرار أسواق النفط على المدى القصير والمتوسط، لصالح جميع الاطراف الفاعلة، سواء المنتجين أو المستهلكين.

- يتوقع تراجع الطلب على النفط في دول أوروبا الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بمعدل 1.4% سنوياً، حيث سينخفض من 13.1 مليون ب/ي في عام 2021 إلى نحو 9.4 مليون ب/ي في عام 2045، وعليه ستتراجع حصة هذه الدول في الطلب العالمي من 13.5% إلى 8.6% خلال نفس الفترة. كما يتوقع تراجع طلب دول آسيا والمحيط الهادئ بمعدل 1.5% سنوياً، حيث سينخفض من 7.4 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 5.1 مليون ب/ي في عام 2045، وعليه ستتراجع حصتها في الطلب العالمي من 7.6% إلى 4.6%.
- ستحقق الدول الأفريقية ثاني أعلى معدلات النمو في الطلب على النفط يبلغ 2.6% سنوياً، ليرتفع من حوالي 4.2 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 7.8 مليون ب/ي في عام 2045، وعليه ستزيد حصة هذه الدول في الطلب العالمي من 4.3% إلى 7.1% خلال نفس الفترة. يليها الدول الآسيوية الأخرى (باستثناء الصين والهند) بمعدل نمو 1.8% سنوياً، حيث سيرتفع طلبها من 8.6 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 13.3 مليون ب/ي في عام 2045، وعليه ستزيد حصة هذه الدول في الطلب العالمي من 8.9% إلى 12.1% خلال نفس الفترة.
- يتوقع أن يشهد الطلب على النفط في كل من دول أمريكا الجنوبية ودول أوراسيا زيادة معتدلة في معدل النمو. حيث سيبلغ هذا المعدل حوالي 1.1% و0.4% سنوياً على التوالي خلال الفترة (2021 – 2045)، ومن ثم سيصل حجم الطلب في هاتين المنطقتين في عام 2045 إلى حوالي 8.1 مليون ب/ي، و5.3 مليون ب/ي على التوالي، ***كما يوضح الشكل (10) والجدول (15) في الملحق.***

الشكل (10)
الطلب العالمي على النفط، وفقاً للسيناريو المرجعي لمنظمة أوبك
(مليون ب/ي)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

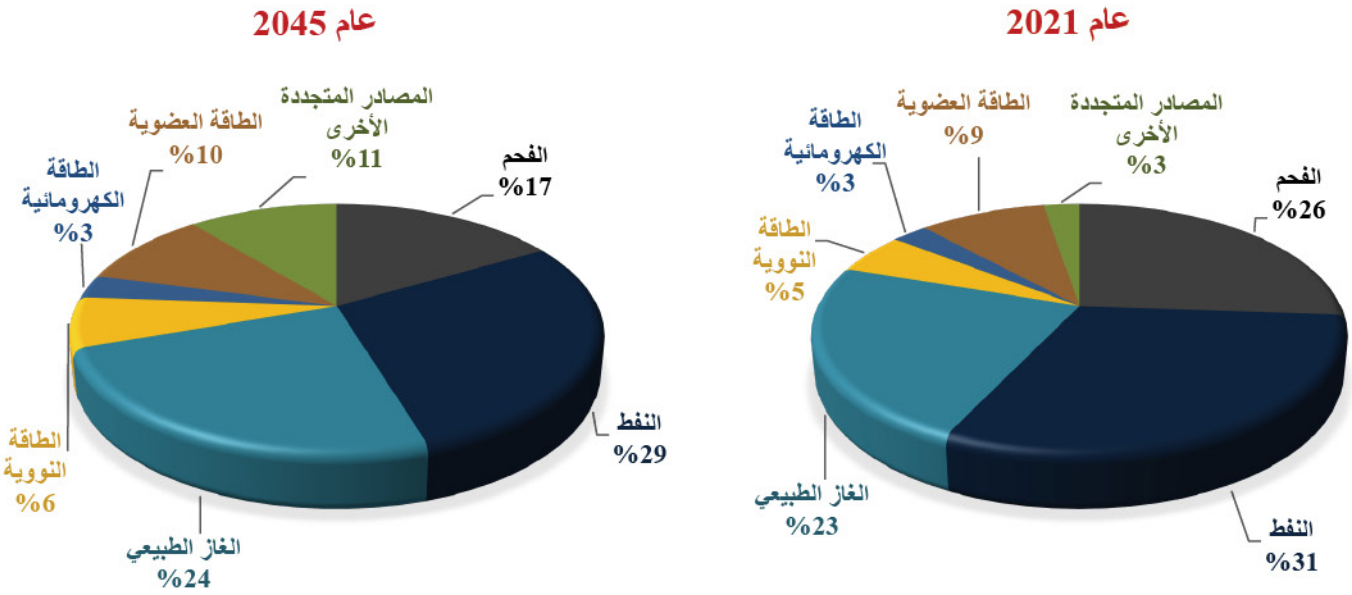
2. الآفاق المستقبلية لحصة النفط في مزيج الطلب على الطاقة الأولية وفقاً لتوقعات أوبك

يتوقع ارتفاع الطلب العالمي على مصادر الطاقة الأولية من 285.7 مليون برميل نفط مكافئ/يوم في عام 2021 لتصل إلى نحو 351 برميل نفط مكافئ/يوم في عام 2045، أي بمعدل نمو 0.9% سنوياً خلال تلك الفترة. وتجدُر الإشارة، إلى أن نمو الطلب العالمي على الطاقة الاولية سيشهد تباطؤاً تدريجياً طويل الأجل، حيث يتوقع ارتفاعه بنحو 7.4 مليون برميل نفط مكافئ/يوم فقط خلال الفترة (2040 – 2045)، مقارنة بارتفاع متوقع يبلغ نحو 13 مليون برميل نفط مكافئ/يوم خلال الفترة (2030 – 2035)، ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى توقع تباطؤ النمو السكاني، وتباطؤ النمو الاقتصادي، وزيادة كفاءة الطاقة. هذا وتتسم التطورات في مزيج الطلب العالمي على الطاقة الأولية حتى عام 2045، بخمس سمات رئيسية وهي:

- من المتوقع انخفاض حصة النفط في مزيج الطلب العالمي على الطاقة الأولية من نحو 30.9% في عام 2021 إلى نحو 28.7% في عام 2045، وعلى الرغم من ذلك، سيظل النفط محتفظاً بأعلى حصة في مزيج الطاقة العالمي خلال فترة التوقعات.

- يتوقع أن يستحوذ الغاز الطبيعي على ثاني أكبر حصة في مزيج الطاقة العالمي بحلول عام 2030، بدعم من ارتفاع الطلب عليه في جميع القطاعات، ليحل محل الفحم والطاقة العضوية التقليدية. وفي هذا السياق، من المتوقع ارتفاع حصة الغاز الطبيعي من 23.2% في عام 2021، ليصل إلى 23.4% في عام 2030، و24.3% في عام 2045.
- الفحم هو مصدر الطاقة الوحيد الذي يتوقع أن يشهد انخفاضاً خلال الفترة (2021 – 2045) بمعدل 1% سنوياً، وبذلك تتراجع حصته في مزيج الطاقة العالمي من 26.1% في عام 2021 إلى 16.6% في عام 2045.
- سترتفع حصة الطاقة النووية في مزيج الطاقة العالمي من 5.3% في عام 2021 إلى 6.6% في عام 2045، وسيكون الطلب المتزايد على الطاقة منخفضة الكربون هو الدافع الرئيسي لهذا الاتجاه.
- تُعد مصادر الطاقة المتجددة الأخرى (لا سيما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) هي الفئة الأسرع والأكبر نمواً في مزيج الطاقة العالمي خلال الفترة (2021 – 2045)، حيث يتوقع ارتفاع حصتها من 2.6% فقط في عام 2021، لتصل إلى 10.9% في عام 2045، ***كما يوضح الشكل (11) والجدول (16) في الملحق.***

الشكل (11)
مزيج الطلب العالمي على الطاقة الأولية، وفقاً لتوقعات منظمة أوبك (السيناريو المرجعي)
(%)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

وعلى مستوى المجموعات الدولية الرئيسية، يتوقع انخفاض حصة النفط من مزيج الطاقة في **دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية** (لا سيما دول أوروبا) من 36.4% في عام 2021 إلى 28.1% في عام 2045، كما ستنخفض حصة الفحم من 13.6% إلى 6.4% خلال نفس الفترة. في حين يتوقع ارتفاع حصة الغاز الطبيعي في مزيج الطاقة بشكل طفيف من 28.1% في عام 2021 إلى 28.4% في عام 2045، كما سترتفع حصة كل من الطاقة النووية والطاقة الكهرومائية والطاقة العضوية من 9.8% و2.3% و6.5% إلى 11.3% و2.9% و9.8% على التوالي خلال الفترة (2021 – 2045). هذا وستسجل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى أسرع واكبر نمو في مزيج الطاقة، حيث يتوقع ارتفاع حصتها من 3.3% في عام 2021، لتصل إلى 13.2% في عام 2045.

أما فيما يخص دول خارج منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، فيتوقع ارتفاع حصة النفط من مزيج الطاقة بها من 27.7% في عام 2021 إلى 28.9% في عام 2045، كما يتوقع ارتفاع حصة الغاز الطبيعي في مزيج الطاقة من 20.4% في عام 2021 إلى 22.6% في عام 2045،

وسترتفع حصة كل من الطاقة النووية والطاقة الكهرومائية والطاقة العضوية من 2.7% و2.8% و10.8% إلى 4.7% و3% و10% على التوالي خلال الفترة (2021 – 2045). هذا وستسجل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى أسرع وأكبر نمو في مزيج الطاقة، حيث يتوقع ارتفاع حصتها من 2.2% في عام 2021، لتصل إلى 10% في عام 2045. في حين ستنخفض حصة الفحم بشكل ملحوظ من 33.5% إلى 20.8% خلال نفس الفترة.

ومن بين دول خارج منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، يتوقع ارتفاع حصة النفط من مزيج الطاقة في الصين، التي تُعد المحرك الرئيسي للنمو الاقتصادي الآسيوي وقاطرة التعافي في السوق المذكورة، من 20.5% في عام 2021 إلى 21.3% في عام 2045، كما يتوقع ارتفاع حصة الغاز الطبيعي في مزيج الطاقة من 7.9% في عام 2021 إلى 12.7% في عام 2045، وسترتفع حصة كل من الطاقة النووية والطاقة الكهرومائية والطاقة العضوية من 3.3% و3.3% و3.9% إلى 8.9% و3.8% و5.4% على التوالي خلال الفترة (2021 – 2045). هذا وستسجل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى أسرع وأكبر نمو في مزيج الطاقة، حيث يتوقع ارتفاع حصتها من 3.3% في عام 2021، لتصل إلى 14.2% في عام 2045. في حين ستنخفض حصة الفحم بشكل ملحوظ من 58% إلى 33.6% خلال نفس الفترة.

ولن يختلف الأمر بشكل كبير بالنسبة للاقتصاد الهندي، المحرك الآخر لنمو الاقتصاد الآسيوي، حيث يتوقع ارتفاع حصة النفط من مزيج الطاقة بها من 25.7% في عام 2021 إلى 29.2% في عام 2045، كما يتوقع ارتفاع حصة الغاز الطبيعي من 6% في عام 2021 إلى 10.2% في عام 2045، وسترتفع حصة كل من الطاقة النووية والطاقة الكهرومائية من 1.6% و1.7% إلى 3.7% و1.9% على التوالي خلال الفترة (2021 – 2045). هذا وستشهد مصادر الطاقة المتجددة الأخرى أسرع وأكبر نمو في مزيج الطاقة، حيث يتوقع ارتفاع حصتها من 1.6% في عام 2021، لتصل إلى 9.3% في عام 2045. في حين ستنخفض حصة الفحم من 43.1% إلى 34.8%، وستنخفض حصة الطاقة العضوية بشكل ملحوظ من 20.2% إلى 10.9% خلال نفس

الفترة. ***ويوضح الجدول (17) في الملحق*** حصة الطلب على النفط في مزيج الطاقة وفقاً للمجموعات الدولية الرئيسية.

3. الآفاق المستقبلية للطلب العالمي على النفط وفقاً لتوقعات وكالة الطاقة الدولية

يتوقع نمو الطلب العالمي على النفط بمعدل 0.3% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2050)، حيث سيرتفع من 94.5 مليون ب/ي في عام 2021 ليصل إلى حوالي 102.1 مليون ب/ي في عام 2050، وفقاً لسيناريو السياسات المعلنة. وتتسم تطورات الطلب المتوقع على النفط حتى عام 2050 بخمس سمات رئيسية وهي:

أ. تشكل الولايات المتحدة الأمريكية والصين ومنطقة الشرق الأوسط الجهات الرئيسية التي سيأتي منها الطلب على النفط في عام 2050. وعلى الرغم من تراجع الطلب على النفط في الولايات المتحدة الأمريكية من 17.7 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 12.6 مليون ب/ي في عام 2050، أي بمعدل تراجع 1.2% سنوياً، إلا أنها ستحافظ على المركز الأول عالمياً من ناحية حجم الطلب على النفط، حيث ستنخفض حصتها من إجمالي الطلب العالمي من 18.7% في عام 2021 لتصل إلى 12.3% في عام 2050. كما يتوقع تراجع الطلب على النفط في الصين بمعدل 0.6% سنوياً خلال الفترة (2021 – 2050)، حيث سينخفض من 15.1 مليون ب/ي في عام 2021 ليصل إلى 12.5 مليون ب/ي في عام 2050، وبذلك ستتراجع حصة الصين في الطلب العالمي من 16% إلى 12.2%. أما الطلب على النفط في منطقة الشرق الأوسط فيتوقع ارتفاعه بمعدل 1.2% سنوياً، حيث سيرتفع من 7.7 مليون ب/ي في عام 2021 ليصل إلى 10.9 مليون ب/ي في عام 2050، وبذلك سترتفع حصة هذه المنطقة في إجمالي الطلب العالمي من 8.1% لتصل إلى 10.7%.

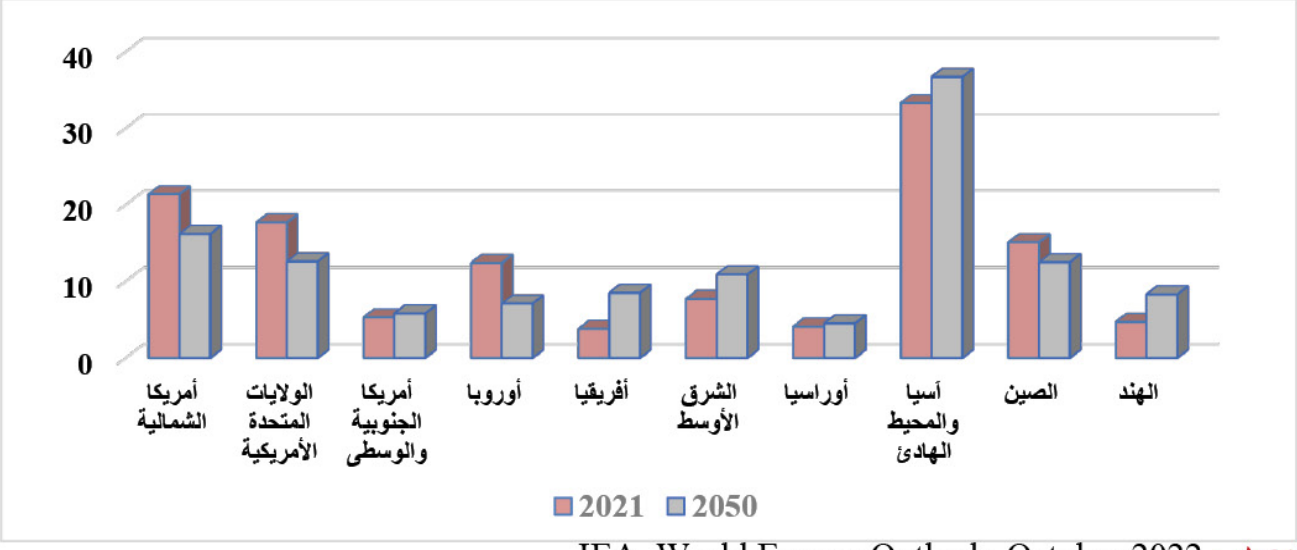
ب. سيأتي الجزء الأكبر من حجم الزيادة في الطلب على النفط خلال الفترة (2021 – 2050) من الهند التي يتوقع أن يزداد الطلب فيها بمعدل 2% سنوياً، ليرتفع من 4.7 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 8.3 مليون ب/ي في عام 2050، وعليه سترتفع حصة الهند في الطلب العالمي على النفط بصورة ملحوظة من 5% في عام 2021 إلى 8.1% في عام 2050.

ج. يتوقع تراجع الطلب على النفط في الدول الأوروبية بمعدل 1.9% سنوياً، حيث سينخفض من 12.4 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 7.1 مليون ب/ي في عام 2050، وعليه ستتراجع حصة هذه الدول في الطلب العالمي من 13.1% إلى 7% خلال نفس الفترة.

د. ستحقق الدول الأفريقية أعلى معدلات النمو في الطلب على النفط يبلغ 2.8% سنوياً، ليرتفع من 3.8 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 8.5 مليون ب/ي في عام 2050، وعليه ستزيد حصة هذه الدول في الطلب العالمي من 4% إلى 8.3% خلال نفس الفترة.

هـ. يتوقع أن يشهد الطلب على النفط في كل من دول آسيا والمحيط الهادئ (باستثناء الصين والهند) ودول أمريكا الجنوبية والوسطى ودول أوراسيا زيادة معتدلة في معدل النمو. حيث سيبلغ هذا المعدل 0.6% و0.3% و0.3% سنوياً في هذه المناطق الثلاث على التوالي خلال الفترة (2021 – 2050)، ومن ثم سيصل حجم الطلب في هذه المناطق في عام 2050 إلى 15.9 مليون ب/ي، و5.8 مليون ب/ي و4.5 مليون ب/ي على التوالي، ***كما يوضح الشكل (12) والجدول (18) في الملحق.***

الشكل (12)
الطلب العالمي على النفط، وفقاً لسيناريو السياسات المعلنة لوكالة الطاقة الدولية
(مليون ب/ي)

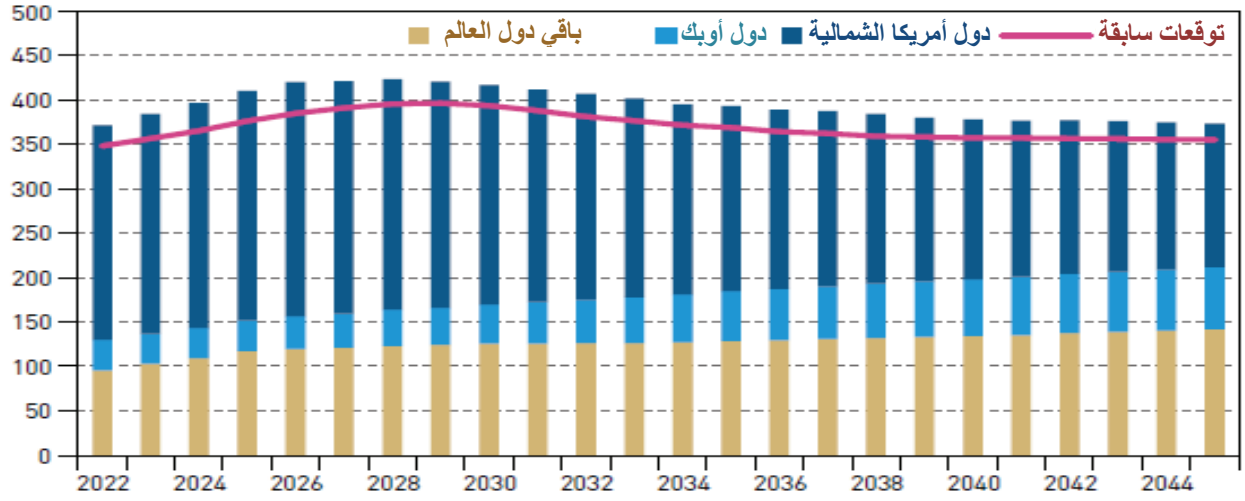


المصدر: IEA, World Energy Outlook, October 2022.

ثالثاً: الاستثمارات المطلوبة لتلبية الطلب العالمي على النفط

استناداً إلى السيناريو المرجعي لمنظمة أوبك والذي يتوقع نمو الطلب العالمي على النفط بنحو 13 مليون ب/ي خلال الفترة (2012 – 2045)، وبالنظر إلى الانخفاض الطبيعي في إنتاج حقول النفط، تبلغ إجمالي الاستثمارات المطلوبة لتلبية الطلب العالمي على النفط حتى عام 2045 نحو 12.1 تريليون دولار (9.5 تريليون دولار في أنشطة الاستكشاف والإنتاج - Upstream، 1 تريليون دولار في أنشطة التخزين والنقل - Midstream، و 1.6 تريليون دولار في أنشطة التكرير والتوزيع والتصدير - Downstream). وفيما يتعلق بالاستثمارات المطلوبة في الاستكشاف والإنتاج - Upstream، من المتوقع أن تستمر دول أمريكا الشمالية في استحواذها على الحصة الأكبر من هذه الاستثمارات خلال الفترة (2022 – 2045)، على الرغم من تراجعها بشكل تدريجي، حيث يتوقع ارتفاع إجمالي الاستثمارات المطلوبة بدول أمريكا الشمالية من نحو 241 مليار دولار مع نهاية عام 2022 لتصل إلى مستوى قياسي يبلغ نحو 260 مليار دولار في عام 2028 تزامناً مع ذروة إنتاج النفط الصخري في الولايات المتحدة الأمريكية. قبل أن تنخفض بعد ذلك، لتتراجع حصة دول أمريكا الشمالية من إجمالي الاستثمارات العالمية إلى نحو 43% في عام 2045 مقارنة بنحو من 65% مع نهاية عام 2022، ***كما يوضح الشكل (13)***.

الشكل (13)
إجمالي استثمارات المنبع/Upstream المطلوبة سنوياً لتلبية الطلب العالمي
(مليار دولار أمريكي)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

رابعاً: صناعة تكرير النفط العالمية

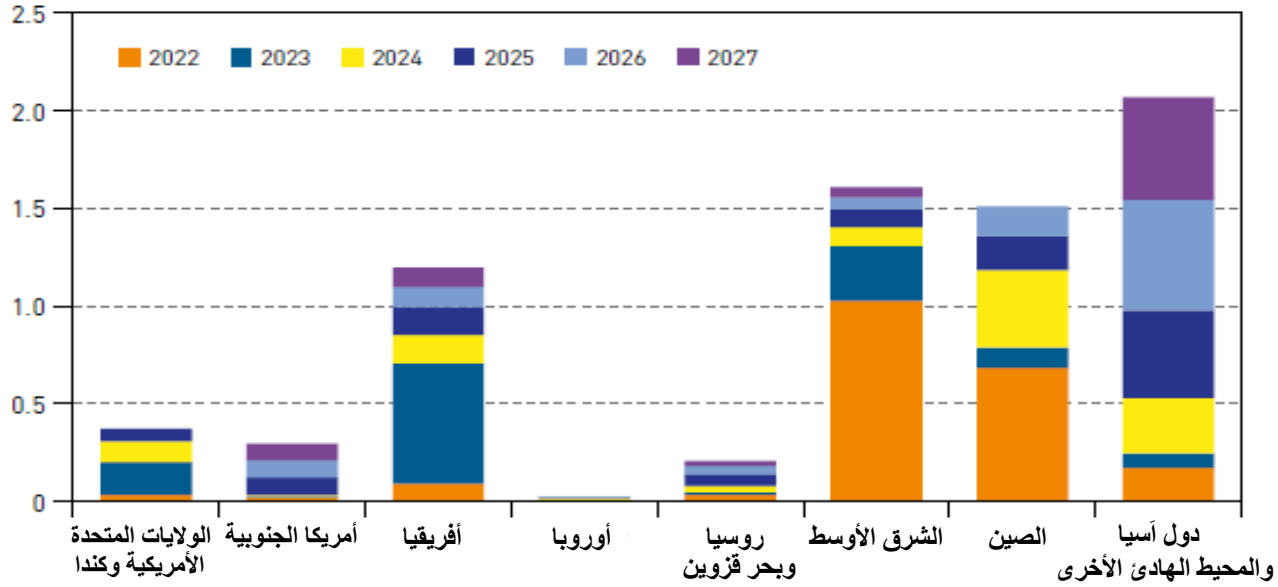
تراجعت صناعة تكرير النفط العالمية خلال عام 2020، على خلفية جائحة فيروس كورونا التي تسببت في انخفاض قياسي للطلب على النفط، حيث اضطرت العديد من مصافي التكرير إلى خفض إنتاجيتها وسط ضعف هوامش التكرير، كما تم إغلاق عدد كبير من المصافي. يأتي ذلك قبل أن يتحسن الوضع بشكل نسبي خلال عام 2021، فقد ارتفعت معدلات تشغيل مصافي التكرير في معظم المناطق الرئيسية، غير أنها ظلت دون مستويات ما قبل الجائحة. ومع تخفيف القيود وإجراءات الإغلاق في أجزاء كثيرة من العالم، لا سيما في النصف الثاني من عام 2022، ارتفعت إنتاجية المصافي لتلبية الطلب العالمي.

هذا وتجدر الإشارة، إلى أن التغير الملحوظ في سياسة الطاقة في الاقتصادات المتقدمة حيال خفض الاعتماد على الوقود الأحفوري، كان له دور رئيسي في انخفاض طاقة تكرير النفط الخام العالمية، حيث تم إغلاق أكثر من 60% من مصافي التكرير العاملة في اقتصادات أوروبا وأمريكا الشمالية ومنطقة آسيا والمحيط الهادئ خلال الفترة (2020 – 2022). كما تسببت الانقطاعات في سلاسل الإمدادات العالمية في تأخر بدء تشغيل العديد من مصافي التكرير الجديدة، وهو ما ساهم أيضاً في خفض قدرة التكرير المتاحة خلال عام 2022. وأدت التوترات الجيوسياسية المتصاعدة في شرق أوروبا منذ أواخر شهر فبراير 2022 إلى ارتفاع أسعار المنتجات النفطية، لا سيما مع توقف العديد من الدول الأوروبية عن شراء المنتجات الروسية، وهو ما كان له انعكاسات سلبية على إنتاجية مصافي تكرير النفط في روسيا، وأضاف مزيد من الضغط الهبوطي على طاقة التكرير العالمية المتاحة.

ومن المتوقع أن يصل إجمالي الإضافات في طاقة التكرير بالمصافي العالمية إلى نحو 7.3 مليون ب/ي خلال الفترة (2022 – 2027)، يتركز معظمه في منطقة آسيا والمحيط الهادئ (3.6 مليون ب/ي)، ومنطقة الشرق الأوسط (1.6 مليون ب/ي) وأفريقيا (1.2 مليون ب/ي)، وسيكون المحرك الرئيسي لذلك هو نمو الطلب في تلك المناطق الثلاثة. في حين يتوقع أن تكون

أوروبا هي المنطقة الوحيدة التي لن تشهد أي إضافات في طاقة التكرير، وهو ما يتماشى مع التطورات المتوقعة في طلبها على النفط، ***كما يوضح الشكل (14)***.

الشكل (14)
طاقة التكرير المضافة بمصافي النفط القائمة على المدى المتوسط
(مليون ب/ي)



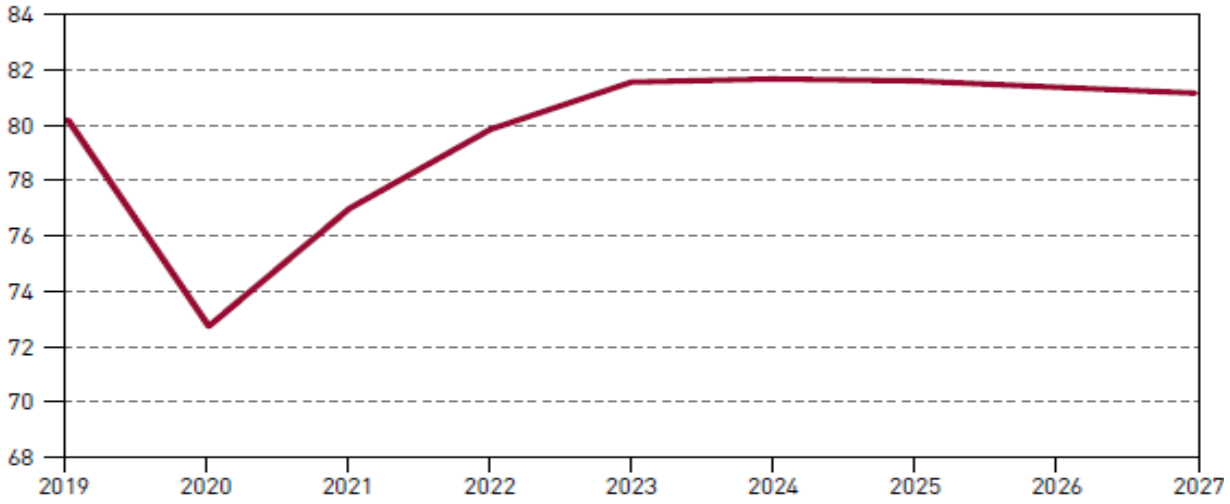
المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

أما على المدى الطويل حتى عام 2045، فمن المتوقع أن يرتفع إجمالي طاقة التكرير العالمية المضافة ليصل إلى نحو 15.5 مليون ب/ي، ويتركز ما يقرب من 90% من هذا الإجمالي في منطقة آسيا والمحيط الهادئ ومنطقة الشرق الأوسط وأفريقيا.

يذكر أن متوسط معدلات تشغيل مصافي التكرير العالمية قد انخفض من نحو 80.2% في عام 2019 إلى أقل من 73% في عام 2020، ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى انخفاض الطلب الناجم عن القيود المرتبطة بجائحة فيروس كورونا. يأتي ذلك قبل أن يتعافى في عام 2021 ليصل إلى مستوى يقترب من 77%، بدعم من ارتفاع الطلب وإغلاق المصافي. وتشير التوقعات إلى ارتفاع متوسط معدلات تشغيل مصافي التكرير العالمية إلى نحو 80% مع نهاية عام 2022، مقتربة من مستوياتها المسجلة قبل الجائحة. ويتوقع أن يرتفع هذا المعدل على المدى المتوسط ليصل إلى أكثر من 81.5% خلال الفترة (2023 – 2025)، على خلفية توقع استمرار النمو

القوي في الطلب وإغلاق المصافي. وينخفض بعد ذلك إلى 81% في عام 2027، تماشياً مع بدء تشغيل مصافي التكرير الجديدة والتباطؤ المتوقع في نمو الطلب، ***كما يوضح الشكل (15)***.

الشكل (15)
متوسط معدلات تشغيل مصافي التكرير العالمية خلال الفترة (2019 – 2027)
(%)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

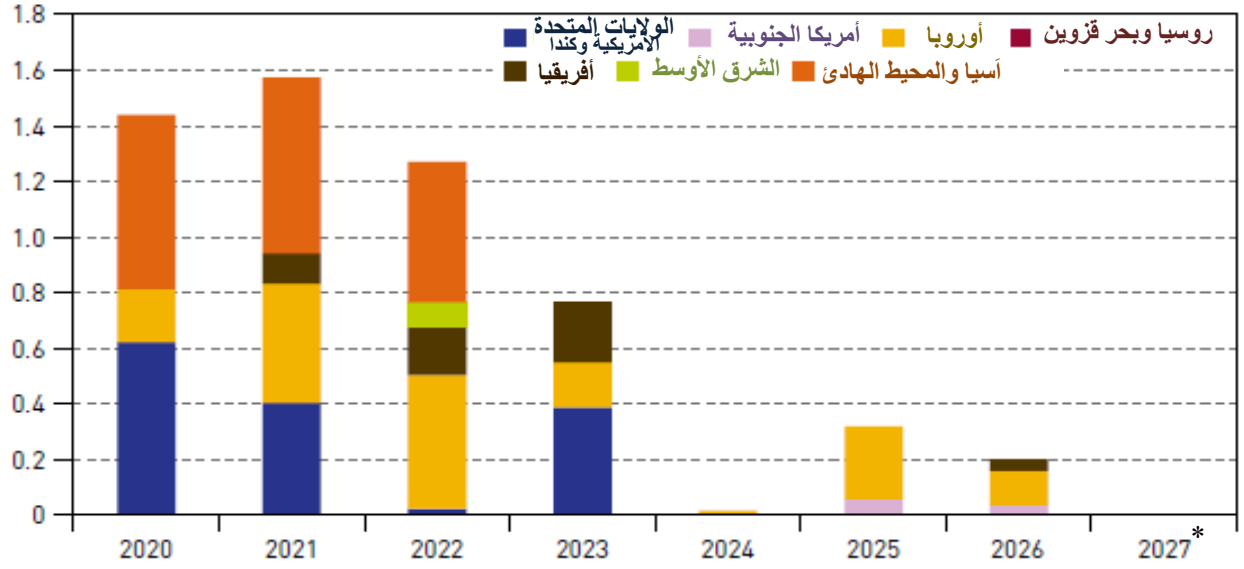
أما على المدى الطويل حتى عام 2045، فيتوقع انخفاض متوسط معدلات تشغيل مصافي التكرير العالمية بشكل تدريجي لتصل إلى نحو 75%، وسيكون المحرك الرئيسي لهذا الانخفاض هو تراجع الطلب على النفط في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية.

ومن المتوقع أن ترتفع إنتاجية مصافي التكرير من نحو 78 مليون ب/ي في عام 2021 لتصل إلى 85.4 مليون ب/ي في عام 2025، وأن تسجل مستوى قياسي يبلغ 86.5 مليون ب/ي في عام 2035، قبل أن تنخفض بعد ذلك إلى 86.2 مليون ب/ي في عام 2045. وتجدر الإشارة في هذا السياق إلى توقع انخفاض إنتاجية مصافي التكرير العاملة في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (الولايات المتحدة الأمريكية، وكندا، وأوروبا، ومنطقة آسيا والمحيط الهادئ) خلال الفترة (2025 – 2045). وفي المقابل، يتوقع ارتفاع إنتاجية مصافي التكرير في الاقتصادات النامية والناشئة، بما في ذلك منطقة الشرق الأوسط.

والجدير بالذكر أنه تم إغلاق حوالي 6 مليون ب/ي من طاقة التكرير خلال الفترة (2012 – 2019)، تركز معظمها في الاقتصادات المتقدمة. بينما تم إغلاق 3 مليون ب/ي من طاقات التكرير وحدها في عامي 2020 و 2021، ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى صدمة الطلب الناجمة عن جائحة فيروس كورونا وقيود الإغلاق ذات الصلة، وقد تركز ما يزيد عن 50% من هذه الإغلاقات في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية وكندا، بينما تركزت النسبة المتبقية في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، ومن ضمنها إغلاق مصافي التكرير القديمة وغير الفعالة في الصين التي سيتم استبدال بعضها بمصافي جديدة في المدى القريب.

ومن المتوقع أن يتركز ما يقرب من 60% من عمليات إغلاق مصافي التكرير العالمية خلال الفترة (2022 – 2027) في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية وكندا. كما يتوقع أيضاً أن تشهد منطقة آسيا والمحيط الهادئ (لا سيما اليابان ونيوزيلندا) عمليات إغلاق كبيرة لمصافي التكرير خلال نفس الفترة، بطاقة 500 ألف ب/ي، ***كما يوضح الشكل (16)***.

الشكل (16)
عمليات إغلاق مصافي التكرير على المدى المتوسط، وفقاً للمجموعات الدولية الرئيسية (مليون ب/ي)



* أقل من 0.1 مليون ب/ي.

المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

خامساً: تجارة النفط العالمية

1. تجارة النفط الخام

تأثرت تجارة النفط الخام والمتكثفات بشكل كبير بصدمة الطلب المرتبطة بجائحة فيروس كورونا المستجد في عام 2020، لتنخفض من نحو 38.2 مليون ب/ي في عام 2019 إلى نحو 33.8 مليون ب/ي في عام 2020، قبل أن تتعافى في عام 2021.

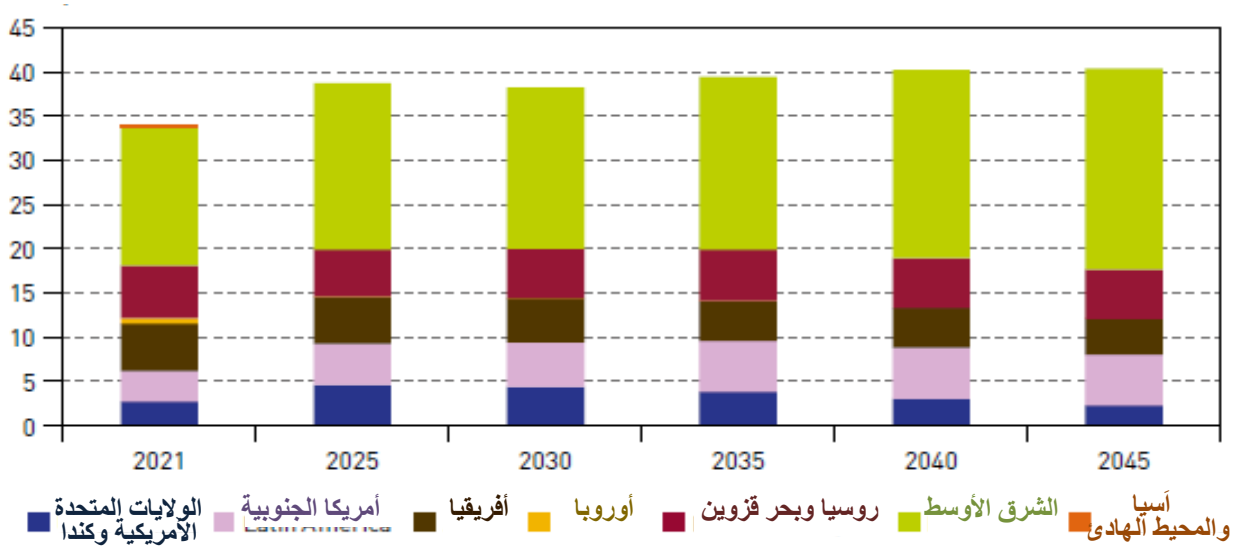
غير أن بدء الأزمة الروسية الأوكرانية في نهاية شهر فبراير 2022، كان له تأثيرات كبيرة على أسواق النفط والطاقة العالمية. فقد فرضت العديد من الدول، بما في ذلك الاتحاد الأوروبي والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية، حظراً على واردات النفط الخام والمنتجات النفطية الروسية التي بلغت نحو 3.5 مليون ب/ي في عام 2021. كما أنه من المقرر فرض حظر أوروبي على النفط الخام الروسي في الخامس من ديسمبر 2022، وبالنسبة للمنتجات النفطية سيشملها الحظر في أوائل عام 2023، مع وجود استثناءات مؤقتة، وإن كانت بأحجام صغيرة نسبياً. وتشير التوقعات إلى أنه يمكن للاتحاد الأوروبي التخلص التدريجي من جميع الصادرات الروسية بحلول عام 2024.

وعلى وقع تلك المعطيات، بدأت بالفعل إعادة تشكيل لاتجاهات تجارة النفط الخام والمتكثفات العالمية. فقد قامت روسيا بالفعل بتوجيه كميات كبيرة صادراتها إلى الدول الآسيوية، ولا سيما الصين والهند التي ارتفعت وارداتها من النفط الخام الروسي إلى نحو 1.1 مليون ب/ي في شهر يونيو 2022 مقارنة بمتوسط شهري بلغ أقل من 50 ألف ب/ي خلال عام 2021. ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى التخفيضات الكبيرة على سعر خام الأورال الروسي. ونظراً لحجم صادرات النفط الخام والمتكثفات الروسية إلى الاتحاد الأوروبي، فمن المرجح إعادة توجيه كميات أكبر بكثير في أواخر عام 2022 إلى مناطق أخرى، خاصة منطقة آسيا والمحيط الهادئ.

في الوقت ذاته، أبدت الدول الأوروبية اهتماماً ملحوظاً بواردات النفط الخام من منطقة الشرق الأوسط. علاوة على ذلك، زادت واردات أوروبا من نفط غرب إفريقيا (نيجيريا وأنغولا)، والتي عادة ما تكون غنية بمنتجات التقطير المتوسطة الملائمة لاستخدامات المصافي الأوروبية.

ومن المتوقع ارتفاع تجارة النفط الخام والمتكثفات العالمية بشكل كبير خلال الفترة (2021 – 2025)، ويرجع ذلك جزئياً إلى التعافي من تداعيات جائحة فيروس كورونا وما يرتبط به من نمو ملحوظ في الطلب. وفي هذا السياق، من المتوقع ارتفاع إجمالي تجارة النفط الخام والمتكثفات العالمية إلى نحو 39 مليون ب/ي في عام 2025، أي بزيادة قدرها نحو 5 مليون ب/ي مقارنة بعام 2021. ويتوقع ارتفاع ذلك الإجمالي تدريجياً بعد ذلك على المدى الطويل، ليصل إلى نحو 40.5 مليون بحلول عام 2045، أي بزيادة قدرها 1.5 مليون ب/ي مقارنة بعام 2025، ***كما يوضح الشكل (17).***

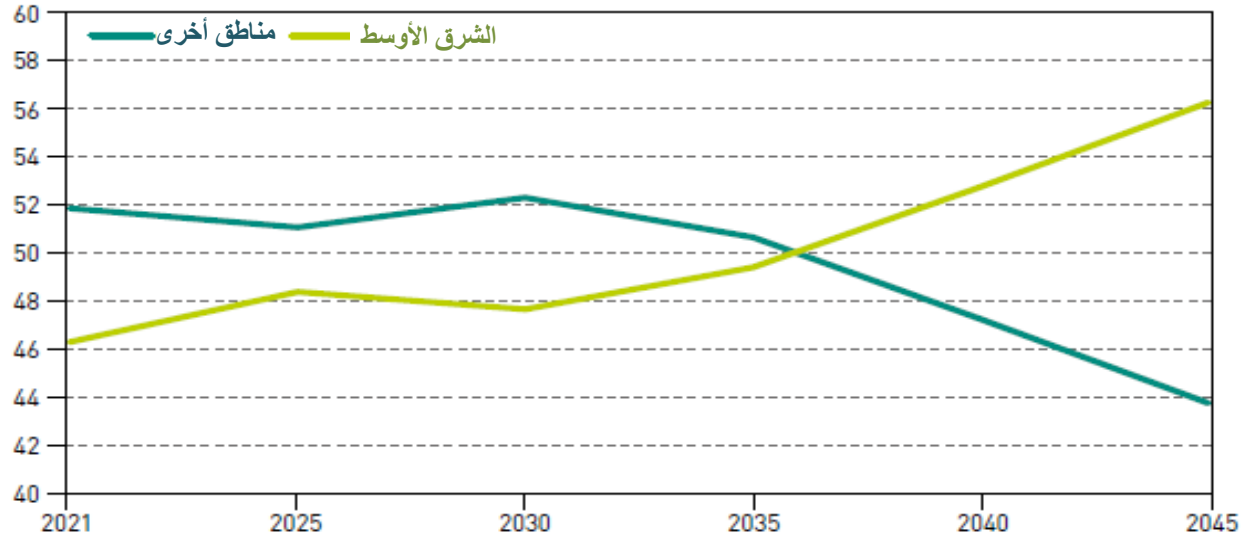
الشكل (17)
الصادرات العالمية من النفط الخام والمتكثفات، وفقاً للمجموعات الدولية الرئيسية
(مليون ب/ي)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

وتجدر الإشارة إلى أن منطقة الشرق الأوسط ستظل إلى حد بعيد هي أهم مصدر لتجارة النفط الخام والمتكثفات خلال الفترة (2021 – 2045). حيث يتوقع ارتفاع حصتها من إجمالي تجارة النفط العالمية من نحو 46% في عام 2021، لتصل إلى نحو 49% في عام 2025 بسبب الارتفاع المتوقع الكبير في الصادرات. ومن المتوقع أن تظل هذه الحصة مستقرة بشكل نسبي حتى عام 2035. ومع استمرار نمو صادرات منطقة الشرق الأوسط إلى ما بعد عام 2035، يتوقع ارتفاع حصتها إلى أكثر من 56% في عام 2045، بدعم من انخفاض الصادرات من إفريقيا والولايات المتحدة الأمريكية وكندا، فضلاً عن الوصول إلى ذروة صادرات أمريكا اللاتينية في عام 2035، ***كما يوضح الشكل (18)***.

الشكل (18)
مقارنة حصة صادرات النفط الخام والمتكثفات من الشرق الأوسط والمناطق الأخرى (%)



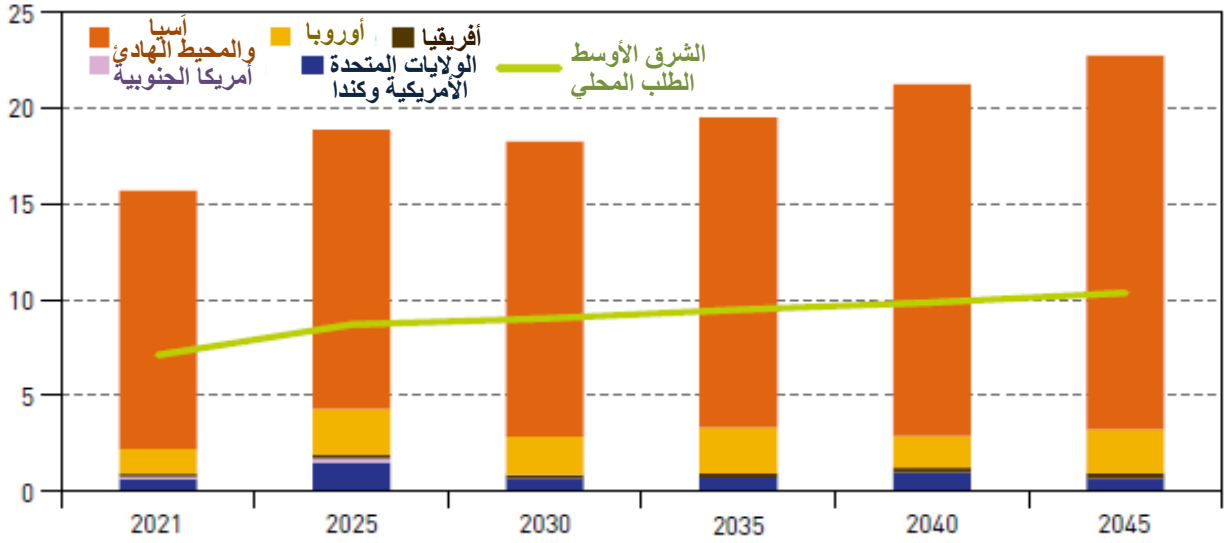
ملاحظة: المناطق الأخرى تشمل امريكا الجنوبية، وأفريقيا، وروسيا وبحر قزوين، والولايات المتحدة الأمريكية وكندا.
المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

من المتوقع ارتفاع صادرات منطقة الشرق الأوسط من النفط الخام والمتكثفات من نحو 15.7 مليون ب/ي في عام 2021 إلى 22.7 مليون ب/ي في عام 2045، أي بزيادة قدرها 7 مليون ب/ي خلال فترة التوقعات. وسيتحقق أكثر من 45%، أو 3.2 مليون ب/ي من هذه الزيادة خلال الفترة (2021 – 2025)، تماشياً مع النمو القوي المتوقع في الطلب خلال ذات الفترة.

ويتبع ذلك، انخفاض طفيف حتى عام 2030، على خلفية زيادة الطلب المحلي في منطقة الشرق الأوسط. قبل أن ترتفع تلك الصادرات لتصل إلى نحو 22.8 مليون ب/ي بحلول عام 2045.

هذا وستظل منطقة آسيا والمحيط الهادئ هي الوجهة الرئيسية لصادرات النفط الخام من منطقة الشرق الأوسط خلال الفترة حتى عام 2045، حيث يتوقع أن ترتفع تلك الصادرات من نحو 13.5 مليون ب/ي في عام 2021 إلى نحو 19.5 مليون ب/ي في عام 2045. ومن المتوقع أن تتضاعف الصادرات إلى أوروبا تقريباً على المدى المتوسط من نحو 1.3 مليون ب/ي في عام 2021 إلى ما يقرب من 2.5 مليون ب/ي في عام 2025، قبل أن تستقر بعد ذلك عند مستوى يبلغ نحو 2 مليون ب/ي. كما يتوقع ارتفاع صادرات النفط الخام والمتكثفات من منطقة الشرق الأوسط إلى الولايات المتحدة الأمريكية وكندا بشكل ملحوظ لتصل إلى نحو 1.5 مليون ب/ي في عام 2025، مقابل 600 ألف ب/ي في عام 2021. وعلى المدى الطويل، ستنخفض تلك الصادرات إلى مستوى يتراوح بين 600 ألف ب/ي و1 مليون ب/ي، وهو ما يتماشى مع انخفاض الطلب في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وزيادة الإمدادات المحلية من درجات النفط الثقيل في هذه المنطقة (معظمها من كندا)، ***كما يوضح الشكل (19)***.

الشكل (19)
صادرات النفط الخام والمتكثفات من منطقة الشرق الأوسط حسب الوجهة الرئيسية
(مليون ب/ي)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

2. تجارة المنتجات النفطية

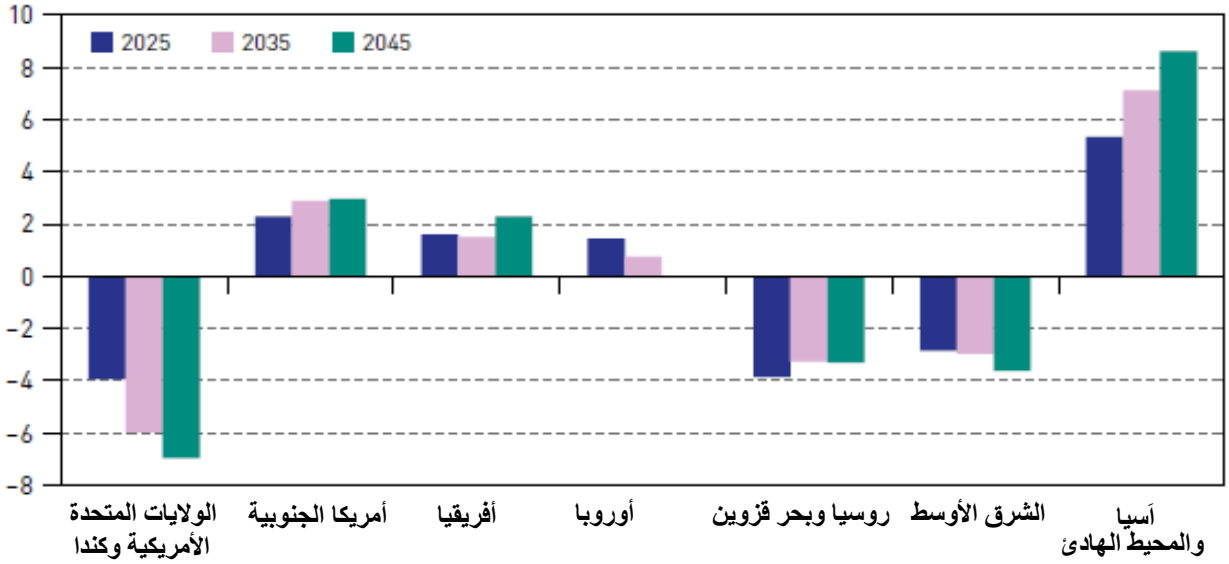
تُعد تجارة المنتجات النفطية العالمية أقل بكثير مقارنة بالتجارة العالمية من النفط الخام والمتكثفات، ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى أن الدول المستهلكة تفضل زيادة نشاط التكرير المحلي واستيراد النفط الخام والمتكثفات، والاستفادة من انخفاض تكاليف نقل النفط الخام مقارنة بالمنتجات النفطية المكررة. ومع ذلك، لا تزال هناك تجارة كبيرة للمنتجات النفطية من المناطق ذات قدرة التكرير المرتفعة إلى المناطق الأخرى التي يكون فيها الطلب على المنتجات المحلية أعلى مقارنة بإنتاج مصافي التكرير المحلية. ومن ثم، تعتمد الاتجاهات المستقبلية لتجارة المنتجات النفطية على نمو الطلب المحلي، فضلاً عن قدرة التكرير المتاحة والجديدة.

وعلى مستوى الصادرات، من المتوقع أن تأتي الولايات المتحدة الأمريكية وكندا في المرتبة الأولى عالمياً، حيث يتوقع ارتفاع صافي صادراتهما من المنتجات النفطية من حوالي 3.9 مليون ب/ي في عام 2025 إلى حوالي 7 مليون ب/ي في عام 2045. سيكون الدافع الرئيسي هو انخفاض الطلب في هذه المنطقة، وهو الأمر الذي يؤدي لزيادة صادرات المنتجات. في حين، يتوقع ارتفاع صافي صادرات المنتجات من منطقة الشرق الأوسط من حوالي 2.9 مليون ب/ي في عام 2025 إلى حوالي 3.6 مليون ب/ي في عام 2045، وهذا الارتفاع المتواضع هو نتيجة للطلب القوي المتوقع الذي سيحد من القدرة المتاحة للتصدير. من جانب آخر، يتوقع أن ينخفض صافي الصادرات من روسيا وبحر قزوين إلى نحو 3.3 مليون ب/ي في عام 2035 مقارنة بنحو 4 مليون ب/ي في عام 2021، ويأتي ذلك على خلفية إنخفاض الطلب في منافذ التصدير الرئيسية مثل أوروبا، فضلاً عن زيادة القدرة التنافسية من مناطق أخرى، مثل الولايات المتحدة الأمريكية ومنطقة الشرق الأوسط.

أما على مستوى صافي الواردات من المنتجات النفطية، تشير التوقعات إلى أن منطقة آسيا والمحيط الهادئ ستأتي في المرتبة الأولى عالمياً خلال فترة التوقعات، حيث يتوقع أن ترتفع وارداتها من نحو 5.3 مليون ب/ي في عام 2025 لتصل إلى 8.6 مليون ب/ي في عام 2045، ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى زيادة الطلب. في حين، يتوقع انخفاض صافي واردات أوروبا من

المنتجات إلى نحو 1.4 مليون ب/ي في عام 2025، قبل أن يتراجع مستواها إلى صفر بحلول عام 2045، على خلفية انخفاض الطلب المتوقع في هذه الدول على المدى الطويل، ***كما يوضح الشكل (20)***.

الشكل (20)
صافي واردات المنتجات النفطية وفقاً للمجموعات الدولية الرئيسية
(مليون ب/ي)



المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

الجزء الثالث
الانعكاسات المحتملة للتطورات في الاقتصاد العالمي على أسواق النفط العالمية

تعرض الاقتصاد العالمي إلى صدمة غير مسبوقة بسبب جائحة فيروس كورونا التي اجتاحت العالم في بداية عام 2020، حيث خلفت هذه الجائحة العديد من التداعيات السلبية الضخمة وأبرزها إصابة ما يقارب 629 مليون نسمة بهذا الفيروس توفي منهم نحو 6.6 مليون نسمة[9]. وقد أدت الجائحة وما يرتبط بها من إجراءات الحظر والإغلاق العام وتوقف حركة التنقل والسفر إلى انكماش الاقتصاد العالمي في عام 2020. يأتي ذلك قبل أن يعود الاقتصاد العالمي إلى التعافي في عام 2021، بفضل سياسات الدعم المالي الاستثنائي التي تبنتها معظم دول العالم، مع توافر حملات اللقاحات وتسارع وتيرتها مما كان له دور كبير في الغاء القيود وإجراءات الإغلاق.

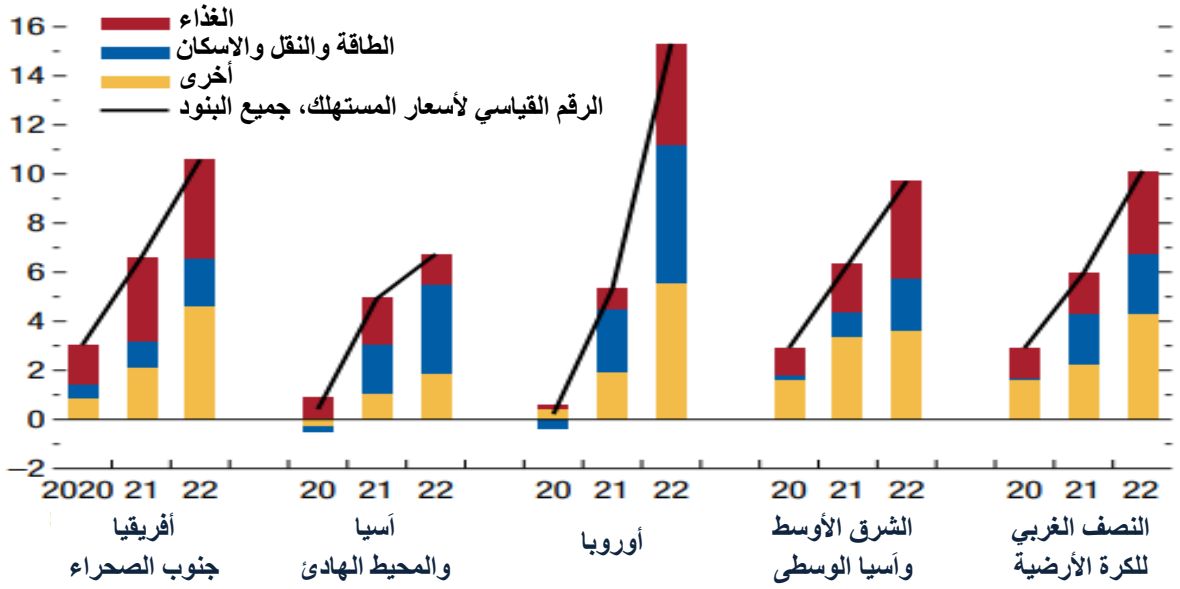
هذا وقد تسببت مجموعة متنوعة من التحديات خلال عام 2021 والفترة المنقضية من عام 2022 في حالة من عدم اليقين بشأن توقعات أداء الاقتصادي العالمي على المدى القريب. ومن أهم هذه التطورات، **أولاً:** المخاوف بشأن احتمال ظهور متحورات جديدة من فيروس كورونا، وارتباط ذلك بتجدد الانخفاض في الطلب العالمي على النفط. **ثانياً:** تزايد حدة الأزمة الروسية الأوكرانية المتصاعدة، وارتباط ذلك بتهديد لأمن الطاقة العالمي. **ثالثاً:** الارتفعات الحادة والقياسية في معدلات التضخم العالمية، وارتباط ذلك بارتفاع أسعار الطاقة وتوجه البنوك المركزية الرئيسية نحو تشديد السياسات النقدية لكبح جماح التضخم. ومن الواضح أن هذه التطورات ستكون لها آثار محتملة متوسطة المدى وعلى المدى الطويل أيضاً. علاوة على ذلك، قد تتسبب التدابير البيئية والاجتماعية والحوكمة (ESG - Environmental, Social and Governance) في مزيد من الاتجاهات التضخمية في تكاليف إمدادات الطاقة، كما حدث في نهاية عام 2021.

[9] (World Health Organization, ***COVID-19 Weekly Epidemiological***, published 7 November 2022).

وعلى الجانب الإيجابي، بدأ التعافي التدريجي خلال الربع الثاني 2022 في العديد من القطاعات الاقتصادية بما في ذلك قطاع النقل والسفر، خاصة في نصف الكرة الأرضية الشمالي. ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى انخفاض تأثير فيروس كورونا والتعايش بشكل أفضل مع هذا الوباء. ومع ذلك، لا يزال من المتوقع أن تعود هذه القطاعات إلى مستويات عام 2019 في عام 2023، أو حتى عام 2024.

والجدير بالذكر أن صندوق النقد الدولي قد أشار في تقريره الأخير حول مستجدات آفاق الاقتصاد العالمي الصادر في شهر أكتوبر 2022، إلى التباطؤ الملحوظ الذي يشهده أداء الاقتصاد العالمي في الفترة الأخيرة، متأثراً بثلاثة تحديات رئيسية وهي، **أولاً**: اتساع نطاق الضغوط التضخمية المزمنة، حيث ارتفع التضخم في بعض الاقتصادات إلى مستويات لم يشهدها منذ أربعة عقود، مما أدى إلى تسارع وتيرة التشديد النقدي من قبل البنوك المركزية، وارتفع الدولار الأمريكي بشكل ملحوظ مقابل معظم العملات الأخرى مسجلاً أعلى مستوياته منذ عام 2002، ***كما يوضح الشكل (21).***

الشكل (21)
معدل التضخم وفقاً للمجموعات الاقتصادية الدولية خلال الفترة (2020 – 2022)
(النسبة المئوية السنوية)



المصدر: صندوق النقد الدولي، تقرير آفاق الاقتصاد العالمي، أكتوبر 2022.

ثانياً: التوترات الجيوسياسية في شرق أوروبا، حيث تنامت تداعيات تلك التوترات لتنتج عنها أزمة شديدة في الطاقة على مستوى الدول الأوروبية، تسببت في ارتفاع تكلفة المعيشة بشكل حاد وتعثر النشاط الاقتصادي، فقد ارتفعت أسعار الغاز الطبيعي في أوروبا بأكثر من 4 أضعاف منذ عام 2021، وانخفضت إمدادات الغاز الروسي إلى أوروبا إلى أقل من 20% من مستواها في عام 2021، مما يزيد من احتمال عجز الطاقة خلال فصل الشتاء القادم وما بعده. هذا وقد أشار صندوق النقد الدولي إلى أن أزمة الطاقة الأوروبية ليست مجرد صدمة انتقالية، وأن أمن إمدادات الطاقة أصبح واقعاً ضرورياً، ويتوقع أن تشهد أوروبا شتاء صعباً في عام 2022، وسيكون شتاء عام 2023 أسوأ على الأرجح. **ثالثاً:** التباطؤ في أداء الاقتصاد الصيني، حيث تسببت قيود وإجراءات الاغلاق المتكررة في إطار سياسية Zero – Covid، بجانب ضعف قطاع العقارات، في تداعيات سلبية على الاقتصاد الصيني، مما قد يشكل خطراً كبيراً على سلاسل الإمداد ومستويات التجارة العالمية.

ويتوقع أن يشهد ثلث الاقتصاد العالمي على الأرجح حالة من الانكماش خلال العام الحالي 2022 أو العام القادم 2023، مع استمرار التباطؤ في أكبر ثلاث اقتصادات عالمية، وهي الولايات المتحدة الأمريكية والصين ومنطقة اليورو. وفي هذا السياق، لا تزال المخاطر المحيطة بآفاق الاقتصاد العالمي كبيرة بشكل استثنائي ومائلة نحو التطورات السلبية. حيث قد لا تتمكن السياسة النقدية الحالية من خفض التضخم العالمي، ومن الممكن أن يستمر تباعد مسارات السياسات في الاقتصادات الكبرى مما يؤدي إلى استمرار الارتفاع في قيمة الدولار الأمريكي مقابل العملات الأخرى، وقد يؤدي حدوث مزيد من صدمات أسعار الطاقة والغذاء إلى استمرار التضخم لمدة أطول، ومن الممكن أن يتسبب تشديد أوضاع التمويل العالمي في دخول الأسواق الصاعدة في مرحلة مديونية حرجة على نطاق واسع، كما أنه من شأن وقف إمدادات الغاز من روسيا أن يضعف الناتج بشكل كبير في أوروبا، وقد يواجه نمو الاقتصاد العالمي مزيداً من العوائق في حالة تفشي جائحة كورونا مجدداً أو ظهور مخاوف صحية عالمية جديدة.

هذا ويبدأ مواجهة المخاطر المحيطة بآفاق الاقتصاد العالمي بمواصلة السياسة النقدية العمل على استعادة استقرار الأسعار، غير أن التساهل أو الإفراط في التشديد النقدي يؤديان كلاهما إلى عدة مخاطر. فالتساهل قد يؤدي إلى استمرار ترسيخ القوى التضخمية، أما الإفراط فقد يؤدي إلى دفع الاقتصاد العالمي نحو حالة من الركود الحاد. ويمكن تخفيف النقص في سلاسل الإمدادات من خلال الاصلاحات الهيكلية المكثفة الرامية إلى تحسين الانتاجية والقدرات الاقتصادية، ومن ثم دعم السياسة النقدية في مواجهة التضخم. هذا ويتوقع أن يساهم التعاون متعدد الأطراف في الحفاظ على مكاسب الرفاهية الاقتصادية التي تحققت على مدى 30 عاماً من التكامل الاقتصادي على المستوى العالمي.

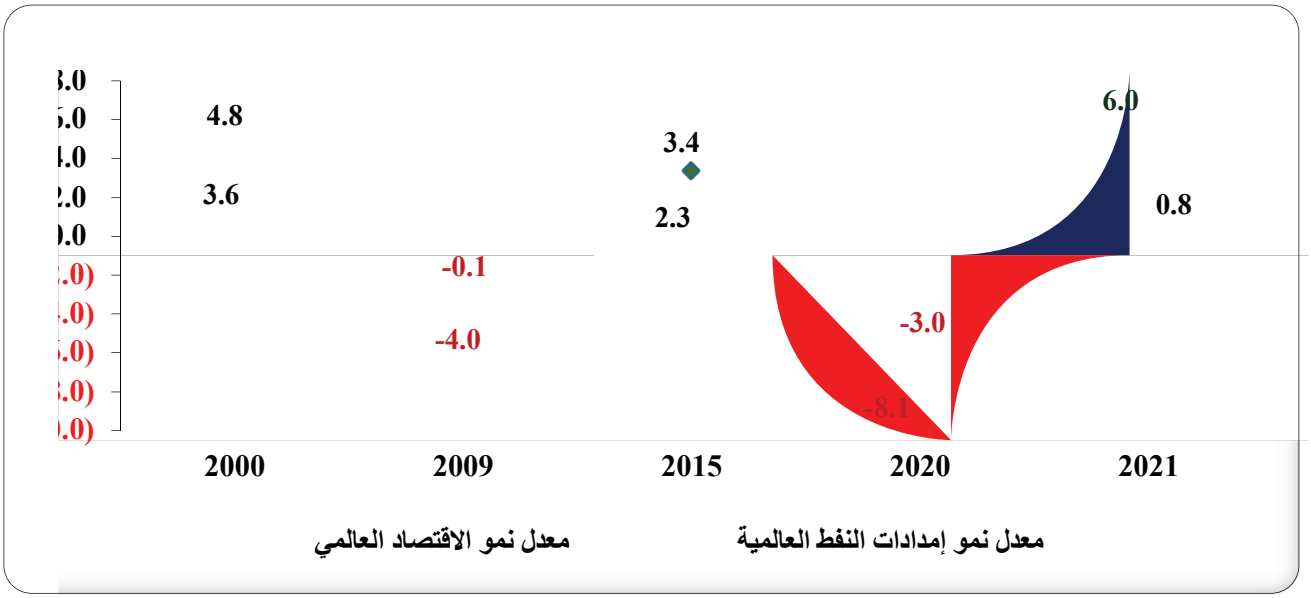
وفيما يلي نستعرض أهم الانعكاسات المحتملة لواقع وآفاق الاقتصاد العالمي على أساسيات أسواق النفط العالمية، وهي كالتالي:

1. الانعكاسات المحتملة على إمدادات النفط العالمية

يرتبط أداء الاقتصاد العالمي بعلاقة طردية مع إمدادات النفط العالمية، فعلى سبيل المثال كان للركود الذي شهده الاقتصاد العالمي في عام 2009 تأثير سلبي كبير على الاستثمارات الأولية في قطاع النفط، فقد أدى انخفاض الطلب على النفط إلى تقليل الحاجة الملحة إلى الطاقة الإنتاجية الجديدة، كما أعاقت شروط الائتمان الأكثر صرامة في جميع أنحاء العالم قدرة المؤسسات المالية على تمويل خططها الاستثمارية، ومن ثم إلغاء أو تأجيل مشروعات تطوير الحقول الجديدة التي من شأنها زيادة الطاقة الإنتاجية للنفط. وتكرر هذا الأمر في عام 2020 تزامناً مع تفشي جائحة فيروس كورونا التي تسببت في انخفاض قياسي في الطلب على النفط، وتراجع عدد عقود النفط، حيث وجدت الشركات صعوبة في المضي قدماً بسبب العوائق التي واجهت رؤوس الأموال، وانخفاض أسعار النفط والتحديات التشغيلية، مما أدى إلى انخفاض الاستثمارات في مجال الاستكشاف والإنتاج بأكثر من 30% مقارنة بعام 2019. ولم يتحسن الوضع بشكل كبير في عام 2021، فعلى الرغم من بدء تعافي أداء الاقتصاد العالمي من التداعيات السلبية الجائحة، إلا أن الاستثمارات في مجال الاستكشاف والإنتاج من النفط الخام

ما قبل الجائحة. ورافق ذلك تراجع في الاكتشافات الجديدة لتصل إلى أقل مستوى لها منذ عدة عقود، إذ قدر إجمالي حجم الاكتشافات العالمية الجديدة بنحو 4.7 مليار برميل مكافئ نفط، شكل النفط منها نحو 66%، وارتفع انتاج النفط الخام العالمي بمعدل نمو 0.8% فقط مقارنة بعام 2020، ***ويوضح الشكل (22) العلاقة بين أداء الاقتصاد العالمي وإمدادات النفط الخام.***

الشكل (22)
معدل نمو الاقتصاد العالمي ومعدل نمو إمدادات النفط الخام خلال الفترة (2000 – 2021)
(%)



المصادر: التقرير الاحصائي السنوي لمنظمة أوبك (أعداد مختلفة)، وقاعدة بيانات تقرير آفاق الاقتصاد العالمي لصندوق النقد الدولي، أكتوبر 2022.

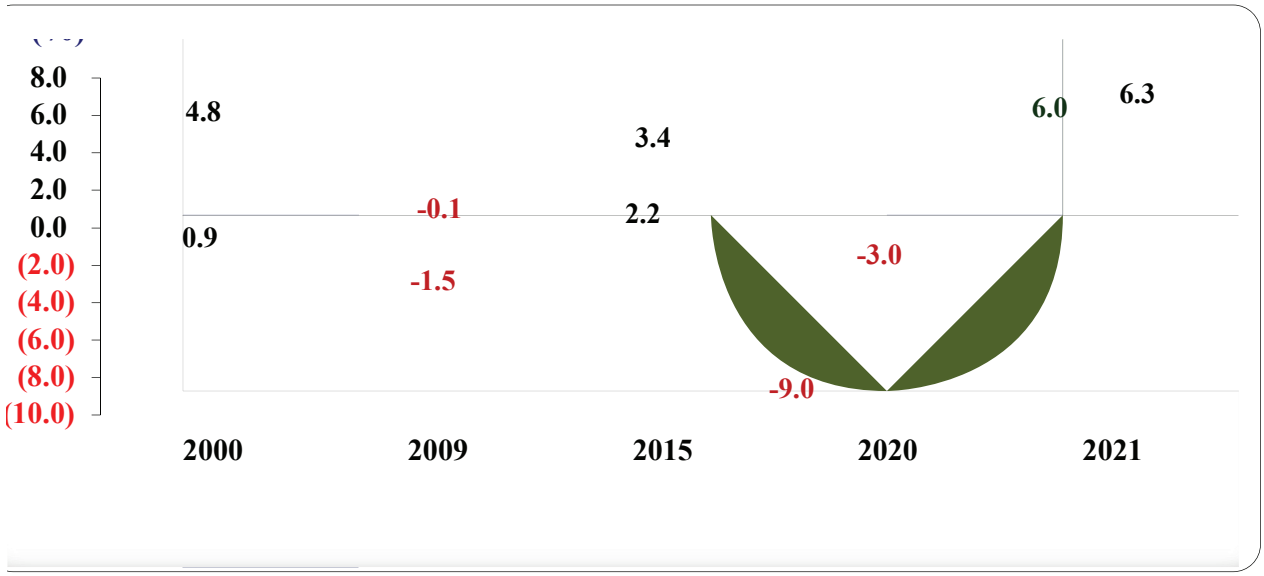
وعلى المدى المتوسط، هناك احتمال بأن يؤدي تباطؤ أداء الاقتصاد العالمي إلى انخفاض استثمارات الإنتاج والاستكشاف، كما يمكن أن يتسبب ارتفاع معدلات التضخم في زيادة تكاليف الإنتاج، ومن ثم إبطاء توسع السعة الإنتاجية. وقد يؤدي ذلك أيضاً إلى اختناقات جديدة في الإمدادات، مما يمثل ضغط تصاعدي على أسعار النفط الخام في المستقبل، لا سيما مع تحسن أداء الاقتصاد العالمي. وتجدر الإشارة إلى أن مجموعة دول أوبك+ أشارت إلى نقص الاستثمار المزمن في قطاع النفط العالمي الذي تسبب في انخفاض القدرات الإنتاجية الفائضة للدول

من ان الاستثمار غير الكافي في قطاع الاستكشاف والإنتاج سيؤثر على توافر إمدادات النف الكافية في الوقت المناسب لتلبية الطلب المتزايد إلى ما بعد عام 2023.

2. الانعكاسات على الطلب العالمي على النفط

وفقاً لنظرية الاقتصاد الكلي، يُعد نمو الطلب على النفط هو أحد المحركات الرئيسية لأداء الاقتصاد العالمي بشكل عام. وقد تنامت خلال الآونه الأخيرة المخاوف حيال ضعف الطلب على النفط، في ظل ارتفاع معدلات التضخم العالمية، وما صاحب ذلك من زيادة كبير في أسعار الطاقة والتي يمكن أن تؤدي في حال استمرارها إلى حدوث ركود اقتصادي عالمي ينخفض فيه الطلب على النفط وتنهار أسعاره لمستويات متدنية، ***ويوضح الشكل (23) العلاقة بين أداء الاقتصاد العالمي والطلب على النفط.***

الشكل (23)
معدل نمو الاقتصاد العالمي ومعدل نمو الطلب على النفط خلال الفترة (2000 – 2021)
(%)

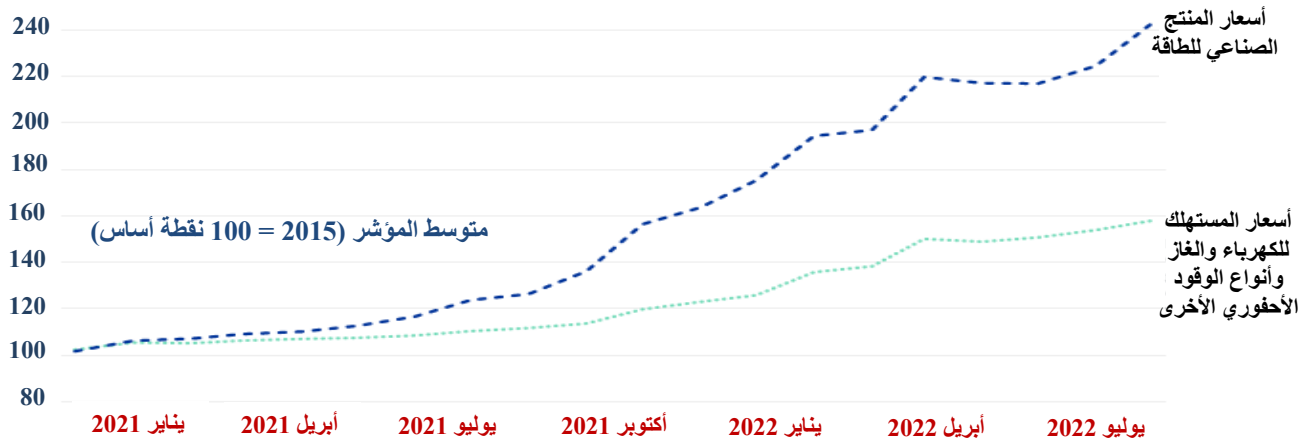


المصادر: التقرير الاحصائي السنوي لمنظمة أوبك (أعداد مختلفة)، وقاعدة بيانات تقرير آفاق الاقتصاد العالم لصندوق النقد الدولي، أكتوبر 2022.

وقد عانت غالبية الاقتصـــادات العالمية من ركود خلال عام 2020، قبل أن تبدأ في التعافي المحدود خلال عام 2021، وكان متوقعاً أن يستمر هذا التعافي في عام 2022، إلا أنها وجدت نفسـها على أعتاب الدخول في حالة من الركود التضـخمي، الذي صـاحبه ارتفاع في الأسعار، وبالفعل فقد ارتفعت أسعار السلع الصناعية والغذائية والخدمات، ولا سيما في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا إلى مسـتويات لم تشـهدها منذ عقود، في حين تضـاعف الأثر التضخمي بشكل ملحوظ على الاقتصادات النامية والناشئة.

وبالنظر إلى سوق الطاقة في دول الاتحاد الأوروبي، يلاحظ أنه قد شهد اضطراباً كبيراً خلال عام 2022، نتيجة التداعيات السلبية للأزمة الروسية الأوكرانية على اقتصاداتها، والتي كانت سبباً رئيسياً في ارتفاع أسعار المنتج والمستهلك للطاقة إلى مستويات قياسية، ***كما يوضح الشكل (24)***.

الشكل (24)
أسعار المنتج والمستهلك للطاقة في الاتحاد الأوروبي
خلال الفترة (يناير 2021 – يوليو 2022)



المصدر: Eurostat.

وعلى الرغم من أنه يتوقع ارتفاع طلب الدول الأوروبية على النفط في المدى القريب، في ظل تركيزها على تحقيق أمن الطاقة في ظل الأزمة الروسية الأوكرانية المتصاعدة، لا سيما مع الزيادة الكبيرة في أسـعار الغاز الطبيعي، إلا أن اسـتمرار هذا الارتفاع هو أمر غير مؤكد،

على خلفية حالة عدم اليقين المحيطة بآفاق الاقتصـــادات الأوروبية، وخطط الاتحاد الأوروبي لفرض حظر على وارداتها من النفط الخام والمنتجات النفطية الروسـية، فضـلاً عن توجه تلك الدول نحو زيادة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة.

من جانب آخر، وعلى الرغم من تباطؤ وتيرة نمو الطلب الأمريكي على النفط خلال الفترة الأخيرة، متأثراً بمستويات التضخم المرتفعة التي كان لها دوراً رئيسياً في تراجع القوة الشـرائية للمسـتهلكين، إلا أنه من المتوقع أن تظل الولايات المتحدة الأمريكية أكبر مسـتهلك عالمي للنفط، بدعم رئيسي من استمرار كونها أكبر اقتصاد على مستوى العالم حتى عام 2027، وفقاً لصندوق النقد الدولي.

أما فيما يخص الصـين – أكبر مسـتورد وثاني أكبر مسـتهلك عالمي للنفط – فلا تزال المخاوف بشأن تباطؤ نمو الاقتصاد الصيني قائمة، خاصة مع استمرار سياسة Zero – Covid والتي كانت سبباً رئيسياً في انخفاض حركة التنقل ونشاط التصنيع، وما يرتبط بذلك من تراجع في الطلب على النفط، حيث شهدت وارداتها من النفط الخام انخفاضاً خلال التسعة أشهر الأولى من عام 2022، وهو أول انخفاض سنوي لها خلال هذه الفترة منذ عام 2014. في حين ستكون الهند هي النقطة المضـئية في نمو الطلب العالمي على النفط، لا سـيما مع توقع أن تصـبح الهند ثالث أكبر اقتصاد على مستوى العالم بحلول عام 2027.

3. الانعكاسات على أسعار النفط العالمية

شهدت أسعار النفط العالمية خلال عام 2019 انخفاضاً هو الأول لها منذ عام 2016، حيث بلغ المتوسط السنوي لأسعار سلة خامات أوبك 64 دولار/برميل، مشكلاً تراجعاً بنسبة 8.3% بالمقارنة مع مستويات عام 2018، ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى عوامل عديدة ومتشابكة من أهمها تباطؤ أداء الاقتصاد العالمي إلى أدنى مستوى له منذ عام 2009، والتوترات التجارية المتصاعدة في تلك الفترة بين الولايات المتحدة الأمريكية والصين.

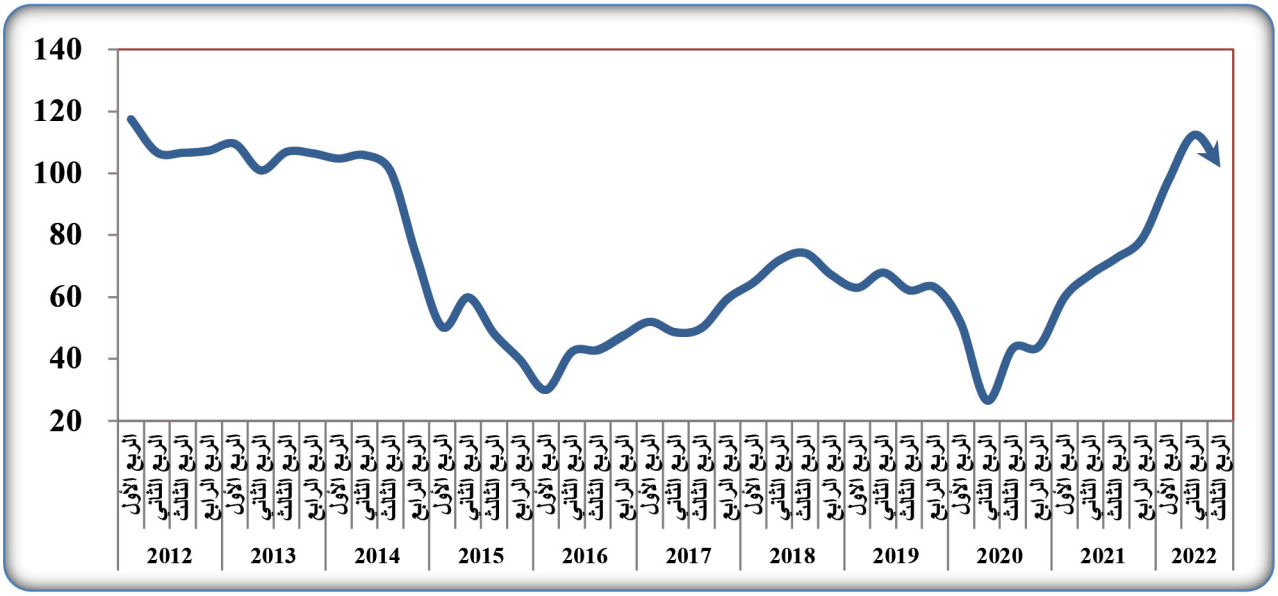
وفي عام 2020، انخفضت أسعار النفط العالمية بأعلى وتيرة لها مسجلة مُنذ عام 2015، حيث بلغ المتوسط السنوي لأسعار سلة خامات أوبك 41.5 دولار/ برميل وهو أدنى مستوى له مُنذ عام 2016. وتراجعت أسعار العقود الآجلة لخام غرب تكساس الأمريكي إلى ما دون الصفر للمرة الأولى على الإطلاق، على خلفية فرض غالبية دول العالم قيوداً على السفر وتدابير عزل صارمة للحد من تفشي جائحة فيروس كورونا المستجد، مما أدى إلى انكماش غير مسبوق في أداء الاقتصاد العالمي هو الأول مُنذ الأزمة المالية العالمية، والأكبر مُنذ الكساد الكبير في ثلاثينيات القرن الماضي.

يأتي ذلك قبل أن تعاود أسعار النفط العالمية ارتفاعها خلال عام 2021، بدعم من بدء تعافي أداء الاقتصادات من تداعيات الجائحة، رغم عدم استقرار هذا التعافي، وسط حالة من عدم اليقين سببها ظهور متحورات جديدة من هذا الفيروس واضطرابات ملحوظة في سلاسل التوريد. حيث ارتفع المتوسط السنوي لأسعار سلة خامات أوبك بأعلى وتيرة مسجلة مُنذ عام 2011، ليصل إلى 69.9 دولار/ برميل وهو أعلى مستوى له مُنذ عام 2014.

وواصلت أسعار النفط العالمية ارتفاعها خلال النصف الأول من عام 2022، على الرغم من تباطؤ نمو أداء الاقتصاد العالمي، متأثرة بالأزمة الروسية الأوكرانية المتصاعدة وما يرتبط بها من اتساع نطاق الضغوط السعرية – لا سيما في الولايات المتحدة الأمريكية والاقتصادات الأوروبية الرئيسية التي سجلت أعلى معدلات تضخم لها منذ 40 عام. حيث ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك في الربع الأول من عام 2022 إلى 97.6 دولار/برميل وهو أعلى مستوى له منذ الربع الثالث من عام 2014، واقتربت الأسعار الآجلة لعقود خام برنت وعقود خام غرب تكساس الأمريكي من أعلى مستوياتها المسجلة منذ شهر يوليو 2008. كما ارتفع متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك في الربع الثاني من عام 2022 إلى 112.4 دولار/برميل وهو أعلى مستوى له منذ الربع الأول من عام 2012، وسجلت أسعار النفط الخام الآجلة أطول سلسلة مكاسب شهرية لها منذ عام 2011. غير أن تباطؤ أداء الاقتصاد العالمي بشكل ملحوظ يفوق التوقعات خلال الربع الثالث من عام 2022، مع تنامي حالة عدم اليقين حيال آفاق الاقتصاد

العالمي وتزايد عمليات البيع في أسواق العقود الآجلة، كان له دور رئيسي في انخفاض متوسط الأسعار الفورية لسلة خامات أوبك إلى 101.9 دولار/برميل، وهو أول انخفاض فصلي له منذ الربع الثاني من عام 2020، ***كما يوضح الشكل (25)***.

الشكل (25)
المتوسط الربع السنوي للأسعار الفورية لسلة خامات أوبك، (2012- 2022)
(دولار/برميل)



المصدر: التقرير الشهري لمنظمة أوبك (أعداد مختلفة).

وتجدُر الإشـارة إلى أن سـوق النفط العالمية لا تزال تكتنفها حالة مرتفعة من عدم اليقين يصـعب معها تحديد مسـتوى محدد يمكن أن تصـله أسـعار النفط، ولكن تتوقع **منظمة الأقطار العربية المصـدرة للبترول (أوابك)** أن تتجه أسـعار النفط الخام نحو الانخفاض خلال الفترة المتبقية من عام 2022، على خلفية تنامي مخاوف حدوث ركود في الاقتصـادي العالمي، وما يرتبط به من تراجع في الطلب على النفط ومنتجاته، في ظل قيام البنوك المركزية العالمية برفع أسعار الفائدة لكبح التضخم المتزايد. وفي المقابل يتوقع أن يساهم حرص مجموعة دول أوبك+ على دعم استقرار وتوازن سوق النفط، ولا سيما قرارها الأخير بخفض مستوى إنتاجها النفطي بمقدار 2 مليون برميل/يوم خلال الفترة (نوفمبر 2022 – ديسمبر 2023) في دعم أسعار النفط

الخام. يأتي ذلك إلى جانب التطورات الجيوسياسية المتصاعدة في شرق أوروبا، وما يرتبط بها من حظر على واردات النفط الروسية، وزيادة مخاطر أمن إمدادات الطاقة العالمية.

وتشير توقعات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية إلى أن متوسط سعر خام برنت سينخفض من 102.1 دولار/برميل في عام 2022 إلى 94.6 دولار/برميل في عام 2023، كما يتوقع انخفاض متوسط سعر خام غرب تكساس من 95.8 دولار/برميل في عام 2022 إلى 88.6 دولار/برميل في عام 2023. بينما، يتوقع صندوق النقد الدولي أن ينخفض متوسط أسعار النفط (خام برنت وخام دبي وخام غرب تكساس) من 98.2 دولار/برميل في عام 2022 إلى 71 دولار/برميل في عام 2027.

التوصيات

توصلت الدراسة إلى **عدد من التوصيات الرئيسية** وهي على النحو التالي :

- نظرا لأهمية الإنتاج المستقبلي من النفط في الدول الأعضاء في منظمة أوابك ودوره في تحقيق الاستقرار في السوق النفطية العالمية، وما ينتج عن ذلك من آثار إيجابية سواء على الاقتصادات المحلية أو على الاقتصادات العالمية، فإن الأمر يدعو إلى ترسيخ قواعد الصناعة النفطية في الدول الأعضاء وتعزيز الطاقات الإنتاجية بغض النظر عن التوقعات بشأن تطورات قطاع الطاقة العالمي، خاصة وأن منطقة الشرق الأوسط هي من ضمن المناطق الرئيسية في العالم التي يتوقع ارتفاع طلبها على النفط بصورة ملموسة.
- تكتسب متابعة التطورات في قطاع الطاقة بشكل عام، وفي الطاقات المتجددة خصوصاً أهمية استثنائية، نظراً لما سيكون لهذه المصادر من تأثير ملموس على صناعة الطاقة العالمية على المدى البعيد ، ولا سيما على الصناعة النفطية في الدول الأعضاء.
- ضرورة متابعة التطورات المستقبلية في الطلب على النفط في الدول الآسيوية وخاصة الصين والهند، نظراً لأهميتهما المتزايدة في ميزان الطاقة العالمي.
- من المتوقع على المدى القريب، أن يتاح للدول الرئيسية المصدرة للنفط (لا سيما الدول الأعضاء في منظمة أوابك) فرصة كبيرة لتعظيم الفوائد المتحققة من عائدات النفط الاستثنائية المحققة خلال عام 2022 والتي تُعد من أهم مصادر الدخل القومي وتساهم في تحقيق التنمية المستدامة، وذلك من خلال بناء هوامش الأمان المالي والمحافظة على زخم إصلاحات المالية العامة، والمضي قدماً بتنفيذ خطط التحول والتنويع الاقتصادي. كما أن الدول الأعضاء ستستفيد من تحول مسار تجارة النفط إلى حد ما، نتيجة الأزمة الروسية الأوكرانية، حيث تسعى الدول الأوروبية لإيجاد بديل لمشترياتها النفطية من روسيا.

ملحق الجداول الإحصائية

الجدول (1)
الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية في المجموعات الدولية والإقليمية، (مليار دولار)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
الاقتصادات المتقدمة	51984	50784	56150	57329	59552	62121	64789	67577	70302
مجموعة الدول السبع الكبرى	39745	38743	42426	43541	45275	47133	49095	51158	53146
الاتحاد الأوروبي	15693	15346	17165	16613	17008	17911	18797	19652	20498
الاقتصادات الناشئة والنامية	35670	34657	40926	46167	49029	52187	55555	59164	63142
آسيا	20568	20820	24475	27563	29593	31747	34079	36542	39256
أوروبا	3940	3680	4298	4556	4760	5013	5270	5548	5853
أمريكا اللاتينية والكاريبي	5208	4343	5033	5734	6086	6367	6629	6921	7255
الشرق الأوسط وآسيا الوسطى	4191	4148	5245	6277	6407	6692	7010	7364	7750
أفريقيا جنوب الصحراء	1762	1665	1876	2037	2184	2368	2567	2788	3028
العالم (تريليون دولار)	87.7	85.4	97.0	103.5	108.6	114.3	120.3	126.7	133.4

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (2)
الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية في المجموعات الدولية والإقليمية (مليار دولار)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
الاقتصادات المتقدمة	58124	56160	61514	67473	70634	73258	76026	78915	81770
مجموعة الدول السبع الكبرى	42715	41145	45012	49189	51351	53088	55012	57037	59008
الاتحاد الأوروبي	20785	19834	21755	24049	25068	26122	27185	28248	29296
الاقتصادات الناشئة والنامية	77518	76776	85094	93976	100915	107398	114100	121239	128822
آسيا	42485	42655	47582	53182	57754	62031	66508	71288	76378
أوروبا	10287	10226	11366	11664	12136	12699	13233	13785	14359
أمريكا اللاتينية والكاريبي	10233	9608	10687	11835	12466	13025	13601	14206	14827
الشرق الأوسط وآسيا الوسطى	10276	10078	10869	12205	13092	13837	14601	15421	16305
أفريقيا جنوب الصحراء	4237	4210	4589	5091	5466	5805	6158	6539	6954
العالم (تريليون دولار)	135.6	132.9	146.6	161.4	171.5	180.7	190.1	200.1	210.6

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (3)
معدل التضخم في المجموعات الدولية والإقليمية
(النسبة المئوية للتغير في أسعار المستهلك)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
الاقتصادات المتقدمة	1.4	0.7	3.1	7.2	4.4	2.4	2.0	1.9	1.9
مجموعة الدول السبع الكبرى	1.5	0.8	3.3	7.2	4.3	2.3	1.9	1.8	1.9
الاتحاد الأوروبي	1.4	0.7	2.9	9.2	6.8	3.0	2.3	2.0	2.0
الاقتصادات الناشئة والنامية	5.1	5.1	5.9	9.9	8.1	5.3	4.6	4.4	4.3
آسيا	3.3	3.1	2.2	4.1	3.6	2.8	2.8	2.8	2.8
أوروبا	6.6	5.3	9.5	27.8	19.4	10.0	7.6	6.9	6.7
أمريكا اللاتينية والكاريبي	7.7	6.4	9.8	14.1	11.4	8.1	6.5	6.1	5.7
الشرق الأوسط وآسيا الوسطى	7.7	10.5	12.9	13.8	13.1	8.9	7.5	7.0	6.8
أفريقيا جنوب الصحراء	8.2	10.2	11.1	14.4	11.9	8.6	7.3	7.0	6.9
العالم	3.5	3.2	4.7	8.8	6.5	4.1	3.6	3.4	3.3

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (4)
معدل البطالة في الاقتصادات المتقدمة
(النسبة المئوية من عدد القوى العاملة)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
الاقتصادات المتقدمة	4.8	6.6	5.6	4.5	5.0	5.2	5.1	5.0	4.9
مجموعة الدول السبع الكبرى	4.3	6.5	5.2	4.1	4.7	5.1	5.0	4.7	4.6

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (5)
الاستثمارات في المجموعات الدولية والإقليمية
(النسبة المئوية من الناتج المحلي الإجمالي)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
الاقتصادات المتقدمة	22.7	22.3	22.7	23.0	22.6	22.6	22.6	22.6	22.6
مجموعة الدول السبع الكبرى	21.9	21.5	22.0	22.4	21.9	21.8	21.8	21.8	21.8
الاتحاد الأوروبي	22.9	22.4	23.1	23.5	22.7	22.5	22.4	22.3	22.3
الاقتصادات الناشئة والنامية	32.3	32.6	33.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3
آسيا	39.1	38.6	39.2	41.1	40.8	40.7	40.5	40.5	40.4
أوروبا	22.9	23.7	24.2	24.1	23.7	24.1	24.7	24.9	25.1
أمريكا اللاتينية والكاريبي	18.7	17.9	20.3	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.9
الشرق الأوسط وآسيا الوسطى	27.8	29.1	28.4	27.8	28.3	28.5	28.4	28.5	28.4
أفريقيا جنوب الصحراء	22.9	22.6	24.0	20.5	20.4	20.1	19.8	19.6	19.1
العالم	26.5	26.5	27.1	28.0	27.8	27.8	27.9	28.0	28.1

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (6)
الحساب الجاري في المجموعات الدولية والإقليمية، (مليار دولار)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
الاقتصادات المتقدمة	379.3	179.9	339.4	-370.9	-170.2	34.9	156.8	216.0	236.6
مجموعة الدول السبع الكبرى	-8.8	-275.2	-410.2	-939.1	-711.8	-518.8	-425.6	-395.1	-394.4
الاتحاد الأوروبي	467.7	418.7	571.6	190.5	262.3	375.0	440.8	490.1	541.2
الاقتصادات الناشئة والنامية	-3.4	157.8	343.8	598.0	492.3	326.9	156.1	-0.5	-108.2
آسيا	93.2	319.8	250.2	191.6	166.9	131.9	89.2	19.8	-25.2
أوروبا	50.1	0.4	71.0	131.9	131.5	99.5	49.9	10.4	-13.5
أمريكا اللاتينية والكاريبي	-106.6	-8.7	-79.3	-97.6	-83.7	-87.3	-89.8	-91.7	-98.2
الشرق الأوسط وآسيا الوسطى	17.3	-105.7	121.8	406.5	333.0	242.9	169.6	124.4	89.8
أفريقيا جنوب الصحراء	-57.4	-48.0	-19.9	-34.6	-55.4	-60.0	-62.7	-63.4	-61.2
العالم	375.9	337.7	683.3	227.1	322.2	361.8	312.8	215.4	128.4

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (7)
الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية في الاقتصادات الرئيسية في العالم
(مليار دولار)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
الولايات المتحدة الأمريكية	21373	20894	22996	25035	26185	27057	28045	29166	30282
الصين	14341	14863	17745	20256	21643	23124	24706	26388	28252
اليابان	5120	5032	4933	4301	4366	4569	4812	5010	5172
ألمانيا	3889	3887	4263	4031	4120	4337	4547	4741	4925
المملكة المتحدة	2880	2759	3188	3198	3479	3757	3970	4218	4450
الهند	2832	2668	3176	3469	3821	4170	4547	4947	5366
فرنسا	2729	2636	2957	2778	2807	2932	3057	3179	3300
ايطاليا	2012	1891	2101	1997	1991	2059	2133	2214	2290
البرازيل	1873	1449	1608	1895	2059	2201	2319	2437	2568
كندا	1742	1645	1988	2200	2327	2421	2531	2630	2728
روسيا	1696	1484	1779	2133	2136	2147	2159	2195	2236
كوريا الجنوبية	1651	1645	1811	1734	1792	1879	1962	2048	2137
إسبانيا	1393	1280	1426	1390	1421	1509	1593	1669	1738
استراليا	1387	1358	1635	1725	1788	1838	1914	1994	2082
المكسيك	1269	1090	1298	1425	1476	1527	1586	1650	1719
اندونيسيا	1119	1062	1187	1289	1389	1507	1632	1762	1901
الإجمالي (تريليون دولار)	67.3	65.6	74.1	78.9	82.8	87.0	91.5	96.31	101.1

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (8)
الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الجارية حسب القوة الشرائية في الاقتصادات الرئيسية في العالم
(مليار دولار)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
الصين	23356	24168	27206	30074	32529	34706	36988	39427	42050
الولايات المتحدة الأمريكية	21373	20894	22996	25035	26185	27057	28045	29166	30282
الهند	9526	9005	10194	11665	12813	13973	15197	16497	17855
اليابان	5485	5295	5607	6110	6430	6653	6839	7002	7168
ألمانيا	4692	4573	4888	5317	5490	5690	5921	6143	6346
روسيا	4182	4119	4494	4650	4706	4876	5017	5153	5290
اندونيسيا	3332	3302	3566	4024	4374	4706	5049	5413	5801
المملكة المتحدة	3312	3041	3403	3776	3923	4028	4199	4373	4525
البرازيل	3241	3153	3436	3783	3958	4118	4278	4446	4622
فرنسا	3241	3021	3359	3688	3845	3987	4134	4283	4429
ايطاليا	2674	2462	2735	3022	3124	3233	3329	3428	3520
المكسيك	2628	2446	2669	2920	3059	3179	3307	3441	3581
تركيا	2469	2547	2954	3321	3543	3726	3908	4103	4308
كوريا الجنوبية	2309	2321	2517	2766	2923	3065	3203	3346	3490
إسبانيا	2007	1811	1983	2216	2323	2433	2546	2648	2747
كندا	1939	1860	2025	2240	2354	2442	2545	2642	2739
الإجمالي (تريليون دولار)	95.8	94.0	104.0	114.6	121.6	127.9	134.5	141.5	148.8

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (9)
معدل التضخم في الاقتصادات الرئيسية في العالم
(النسبة المئوية للتغير في أسعار المستهلك)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
كوريا الجنوبية	0.4	0.5	2.5	5.5	3.8	2.3	2.0	2.0	2.0
اليابان	0.5	0.0	-0.2	2.0	1.4	1.0	1.0	1.0	1.0
ايطاليا	0.6	-0.1	1.9	8.7	5.2	1.7	2.1	2.0	2.0
إسبانيا	0.7	-0.3	3.1	8.8	4.9	3.5	2.3	1.9	1.7
فرنسا	1.3	0.5	2.1	5.8	4.6	2.4	1.8	1.6	1.6
ألمانيا	1.4	0.4	3.2	8.5	7.2	3.5	2.6	2.0	2.0
استراليا	1.6	0.9	2.8	6.5	4.8	2.9	2.8	2.5	2.5
المملكة المتحدة	1.8	0.9	2.6	9.1	9.0	3.7	1.8	2.0	2.0
الولايات المتحدة الأمريكية	1.8	1.2	4.7	8.1	3.5	2.2	2.0	2.0	2.0
كندا	1.9	0.7	3.4	6.9	4.2	2.4	1.9	1.9	2.0
اندونيسيا	2.8	2.0	1.6	4.6	5.5	3.2	3.0	3.0	3.0
الصين	2.9	2.4	0.9	2.2	2.2	1.9	2.0	2.0	2.0
المكسيك	3.6	3.4	5.7	8.0	6.3	3.9	3.3	3.1	3.0
البرازيل	3.7	3.2	8.3	9.4	4.7	3.9	3.0	3.0	3.0
روسيا	4.5	3.4	6.7	13.8	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
الهند	4.8	6.2	5.5	6.9	5.1	4.4	4.1	4.0	4.0

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (10)
معدل البطالة في الاقتصادات الرئيسية في العالم
(النسبة المئوية من عدد القوى العاملة)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
اليابان	2.4	2.8	2.8	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
ألمانيا	3.0	3.6	3.6	2.9	3.4	3.3	3.2	3.0	3.0
المكسيك	3.5	4.4	4.1	3.4	3.7	3.7	3.8	3.8	3.8
الصين	3.6	4.2	4.0	4.2	4.1	3.9	3.8	3.7	3.6
الولايات المتحدة الأمريكية	3.7	8.1	5.4	3.7	4.6	5.4	5.4	4.9	4.7
كوريا الجنوبية	3.8	3.9	3.7	3.0	3.4	3.3	3.4	3.6	3.6
المملكة المتحدة	3.8	4.6	4.5	3.8	4.8	5.0	4.3	4.2	4.2
روسيا	4.6	5.8	4.8	4.0	4.3	4.4	4.4	4.5	4.6
استراليا	5.2	6.5	5.1	3.6	3.7	4.2	4.5	4.7	4.8
اندونيسيا	5.2	7.1	6.5	5.5	5.3	5.2	5.1	5.1	5.1
كندا	5.8	9.6	7.4	5.3	5.9	6.2	6.1	6.0	6.0
فرنسا	8.4	8.0	7.9	7.5	7.6	7.5	7.5	7.4	7.4
ايطاليا	9.9	9.3	9.5	8.8	9.4	9.3	9.2	9.1	9.0
البرازيل	12.0	13.8	13.2	9.8	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
إسبانيا	14.1	15.5	14.8	12.7	12.3	12.1	12.0	12.0	12.0

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (11)
الاستثمارات في الاقتصادات الرئيسية في العالم
(النسبة المئوية من الناتج المحلي الإجمالي)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
البرازيل	15.5	15.9	18.9	18.8	18.5	18.5	18.6	18.8	19.1
المملكة المتحدة	18.0	16.7	17.1	17.4	16.9	16.9	17.2	17.4	17.3
ايطاليا	18.2	17.7	20.0	21.9	22.0	21.5	21.0	20.8	20.3
إسبانيا	20.9	20.7	21.5	22.7	22.1	21.9	21.6	21.3	21.1
المكسيك	21.2	19.2	20.2	20.8	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2
الولايات المتحدة الأمريكية	21.4	21.2	21.4	22.0	21.8	21.7	21.7	21.8	21.8
ألمانيا	22.1	22.1	23.3	22.7	21.3	21.0	21.0	21.0	21.1
استراليا	22.6	22.3	23.0	23.2	23.6	23.9	23.9	23.9	24.0
روسيا	22.7	23.4	22.4	20.1	20.9	22.3	23.5	24.4	25.2
كندا	23.1	22.3	23.7	23.3	23.0	23.5	23.7	23.9	24.2
فرنسا	24.4	23.6	24.6	24.9	23.6	23.3	22.9	22.7	22.7
اليابان	25.8	25.3	25.2	25.7	25.5	25.5	25.5	25.4	25.4
الهند	30.2	27.9	31.2	32.8	33.0	33.3	33.5	33.6	33.7
كوريا الجنوبية	31.5	31.9	32.1	32.1	31.9	31.7	31.5	31.3	31.1
اندونيسيا	33.8	32.4	31.5	30.3	30.4	30.6	30.9	31.2	31.4
الصين	43.1	42.9	42.6	44.8	44.5	44.3	44.0	44.0	43.8

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (12)
الحساب الجاري في الاقتصادات الرئيسية في العالم
(مليار دولار)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
الولايات المتحدة الأمريكية	-446.0	-619.7	-846.4	-985.3	-822.9	-746.9	-701.5	-688.6	-701.4
المملكة المتحدة	-76.8	-69.0	-82.5	-153.9	-157.9	-150.6	-147.3	-150.5	-155.9
الهند	-24.5	24.0	-38.7	-120.6	-112.4	-110.0	-118.9	-131.1	-140.6
البرازيل	-65.0	-24.5	-27.9	-27.5	-32.1	-36.5	-41.0	-45.6	-50.2
المكسيك	-3.4	27.1	-4.8	-17.6	-17.7	-16.8	-15.6	-14.5	-14.6
كندا	-35.5	-29.4	0.9	11.6	-5.3	-9.4	-24.7	-38.5	-51.9
اندونيسيا	-30.3	-4.4	3.4	28.1	15.4	-5.4	-21.5	-27.7	-35.2
فرنسا	14.0	-47.4	10.6	-35.1	-42.3	-34.4	-20.3	-16.4	-9.1
إسبانيا	29.3	10.6	13.2	-2.4	-3.5	-1.5	9.2	20.2	25.3
ايطاليا	64.8	70.9	51.3	-3.3	5.6	17.7	31.8	44.3	57.1
كوريا الجنوبية	59.7	75.9	88.3	55.3	62.6	73.2	81.4	87.3	94.4
روسيا	65.7	35.4	122.3	259.3	236.1	187.4	138.3	97.1	73.8
اليابان	176.3	146.9	142.2	58.1	94.4	131.8	148.3	161.5	165.6
ألمانيا	294.3	272.5	313.6	168.7	216.6	273.0	288.2	293.2	301.1
الصين	102.9	248.8	317.3	329.6	279.3	249.8	227.5	176.0	149.6

المصدر: IMF, World Economic Outlook database, October 2022.

الجدول (13)
الإمدادات النفطية العالمية، وفقاً لتوقعات منظمة أوبك
(مليون ب/ي)

	2021	2025	2030	2035	2040	2045	الحصة من الإجمالي العالمي (%)		معدل النمو السنوي % (2045-2021)
							2021	2045	
دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	**29.4**	**33.6**	**34.0**	**32.5**	**31.0**	**29.7**	**30.9**	**27.1**	**0.04**
الأمريكيتين، منها	25.2	29.0	29.2	27.9	26.5	25.2	26.5	23.0	–
الولايات المتحدة الأمريكية	17.8	21.3	21.3	19.9	18.5	17.2	18.7	15.7	(0.1)
أوروبا	3.8	4.1	4.2	4.1	4.1	4.1	4.0	3.7	0.3
آسيا / المحيط الهادئ	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4	(0.9)
دول خارج منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	**31.9**	**33.4**	**35.6**	**35.8**	**35.3**	**34.6**	**33.5**	**31.6**	**0.3**
الصين	4.3	4.6	4.5	4.4	4.3	4.2	4.5	3.8	(0.1)
الهند	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	–
الدول الآسيوية الأخرى	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	1.8	2.5	1.6	(1.2)
أمريكا الجنوبية	6.0	7.3	8.8	9.0	8.9	8.7	6.3	7.9	1.6
الشرق الأوسط	3.2	3.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.4	3.5	0.7
أفريقيا	1.3	1.5	1.8	1.7	1.6	1.6	1.4	1.5	0.9
روسيا	10.8	10.2	10.4	10.5	10.5	10.4	11.3	9.5	(0.2)
دول أوراسيا الأخرى	2.9	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2	3.0	2.9	0.4
الدول الأوروبية الأخرى	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	–
عوائد التكرير	**2.3**	**2.6**	**2.8**	**2.9**	**3.0**	**3.2**	**2.4**	**2.9**	**1.4**
دول أوبك	**31.6**	**36.1**	**36.1**	**38.3**	**40.4**	**42.2**	**33.2**	**38.4**	**1.2**
حصة دول أوبك من الإجمالي العالمي (%)	**33.2**	**34.2**	**33.3**	**35.0**	**36.8**	**38.4**			
الإجمالي العالمي	**95.2**	**105.7**	**108.4**	**109.5**	**109.8**	**109.8**	**100**	**100**	**0.6**

المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

الجدول (14)
الإنتاج العالمي من النفط، وفقاً لسيناريو السياسات المعلنة لوكالة الطاقة الدولية
(مليون ب/ي)

	2021	2030	2040	2050	الحصة من الإجمالي العالمي (%)		معدل النمو السنوي % (2050-2021)
					2021	2050	
أمريكا الشمالية	24.4	28.6	27.0	24.6	27.0	24.8	0.03
أمريكا الجنوبية والوسطى	5.9	9.0	10.1	11.4	6.5	11.5	2.3
أوروبا	3.6	3.1	2.2	1.3	4.0	1.3	(3.5)
أفريقيا	7.4	7.0	6.4	6.1	8.2	6.2	(0.7)
الشرق الأوسط	27.9	33.9	38.2	40.4	30.9	40.7	1.3
أوراسيا	13.7	11.9	10.8	10.6	15.2	10.7	(0.9)
آسيا والمحيط الهادئ	7.4	6.3	5.4	4.8	8.2	4.8	(1.5)
الإجمالي العالمي	90.3	99.9	100.1	99.3	100	100	0.3

المصدر: IEA, World Energy Outlook, October 2022.

الجدول (15)
الطلب العالمي على النفط، وفقاً للسيناريو المرجعي لمنظمة أوبك
(مليون ب/ي)

	2021	2025	2030	2035	2040	2045	الحصة من الإجمالي العالمي (%)		معدل النمو السنوي % (2045-2021)
							2021	2045	
دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	**44.8**	**47.0**	**44.5**	**41.1**	**37.5**	**34.1**	**46.2**	**31.1**	**(1.1)**
الأمريكيتين	24.3	26.0	25.0	23.3	21.4	19.6	25.1	17.9	(0.9)
أوروبا	13.1	13.5	12.6	11.5	10.4	9.4	13.5	8.6	(1.4)
آسيا / المحيط الهادئ	7.4	7.5	6.9	6.3	5.7	5.1	7.6	4.6	(1.5)
دول خارج منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	**52.2**	**58.5**	**53.8**	**68.4**	**72.3**	**75.7**	**53.8**	**68.9**	**1.6**
الصين	14.9	16.6	17.3	17.7	17.9	17.9	15.4	16.3	0.8
الهند	4.8	5.8	7.1	8.3	9.7	11.1	5.0	10.1	3.6
الدول الآسيوية الأخرى	8.6	10.0	10.9	11.8	12.6	13.3	8.9	12.1	1.8
أمريكا الجنوبية	6.2	6.7	7.2	7.6	7.8	8.1	6.4	7.4	1.1
الشرق الأوسط	7.8	8.9	9.9	10.7	11.2	11.5	8.1	10.5	1.6
أفريقيا	4.2	4.8	5.5	6.3	7.0	7.8	4.3	7.1	2.6
روسيا	3.6	3.7	3.8	3.9	3.9	3.8	3.7	3.5	0.2
دول أوراسيا الأخرى	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.2	1.3	0.9
الدول الأوروبية الأخرى	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.6	(0.6)
الإجمالي العالمي	**96.9**	**105.5**	**108.3**	**109.5**	**109.8**	**109.8**	**100**	**100**	**0.5**

المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

الجدول (16)
مزيج الطلب العالمي على الطاقة الأولية، وفقاً لتوقعات منظمة أوبك (السيناريو المرجعي)
(مليون برميل مكافئ نفط/يوم)

	2021	2025	2030	2035	2040	2045	الحصة في مزيج الطاقة (%)		معدل النمو السنوي % (2045-2021)
							2021	2045	
النفط	88.3	96.1	98.9	100.1	100.5	100.6	30.9	28.7	0.5
الفحم	74.7	74.0	70.7	66.4	62.1	58.2	26.1	16.6	(1.0)
الغاز الطبيعي	66.4	69.9	74.9	79.5	83.0	85.3	23.2	24.3	1.0
الطاقة النووية	15.2	16.3	17.8	19.6	21.7	23.3	5.3	6.6	1.8
الطاقة الكهرومائية	7.5	8.0	8.7	9.4	10.1	10.4	2.6	3.0	1.4
الطاقة العضوية	26.2	27.9	30.0	32.0	33.7	34.9	9.2	9.9	1.2
الطاقات المتجددة الأخرى	7.4	11.2	17.8	24.9	32.5	38.3	2.6	10.9	7.1
الإجمالي	285.7	303.4	318.9	331.9	343.6	351.0	100.0	100.0	0.9

المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

الجدول (17)
حصة الطلب على النفط في مزيج الطاقة الأولية، وفقاً للمجموعات الدولية الرئيسية
(مليون برميل مكافئ نفط/يوم)

	2021	2025	2030	2035	2040	2045	حصة النفط في مزيج الطاقة الاولية (%)		التغير في الحصة (ارتفاع / انخفاض)
							2021	2045	
دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	38.5	40.3	38.1	35.0	31.8	28.8	36.4	28.1	↓
دول خارج منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	49.8	55.8	60.8	65.1	68.7	71.9	27.7	29.8	↑
الصين	14.2	15.7	16.2	16.6	16.6	16.5	20.5	21.3	↑
الهند	4.8	5.8	7.1	8.3	9.6	11.0	25.7	29.2	↑

المصدر: OPEC, World Oil Outlook, October 2022.

الجدول (18)
الطلب العالمي على النفط، وفقاً لسيناريو السياسات المعلنة لوكالة الطاقة الدولية
(مليون ب/ي)

	2021	2030	2040	2050	الحصة من الإجمالي العالمي (%)		معدل النمو السنوي % (2050-2021)
					2021	2050	
أمريكا الشمالية، منها:	**21.4**	**20.5**	**17.8**	**16.2**	**22.6**	**15.9**	**(1.0)**
الولايات المتحدة الأمريكية	17.7	16.7	14.1	12.6	18.7	12.3	(1.2)
أمريكا الجنوبية والوسطى	**5.3**	**5.5**	**5.8**	**5.8**	**5.6**	**5.9**	**0.3**
أوروبا	**12.4**	**10.9**	**8.6**	**7.1**	**13.1**	**7.0**	**(1.9)**
أفريقيا	**3.8**	**5.0**	**6.7**	**8.5**	**4.0**	**8.3**	**2.8**
الشرق الأوسط	**7.7**	**8.9**	**10.4**	**10.9**	**8.1**	**10.7**	**1.2**
أوراسيا	**4.1**	**4.2**	**4.5**	**4.5**	**4.3**	**4.4**	**0.3**
آسيا والمحيط الهادئ، منها:	**33.3**	**38.2**	**38.7**	**36.7**	**35.2**	**35.9**	**0.3**
الصين	15.1	16.2	14.3	12.5	16.0	12.2	(0.6)
الهند	4.7	6.7	8.4	8.3	5.0	8.1	2.0
وقود السفن	**6.6**	**9.3**	**10.4**	**12.4**	**7.1**	**11.9**	**2.2**
الإجمالي العالمي	**94.5**	**102.4**	**102.8**	**102.1**	**100**	**100**	**0.3**

المصدر: IEA, World Energy Outlook, October 2022.

مراجع الدراسة

1. International Monetary Fund (IMF), *World Economic Outlook*, October 2022.
2. International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Database, October 2022.
3. International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2022.
4. Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC), World Oil Outlook 2022.
5. Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC), Annual Statistical Bulletin, various issues.
6. Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC), Monthly Report, various issues.
7. World Health Organization (WHO), COVID-19 Dashboard, published 7 November 2022.

البحـــث الثالث

انتاج الوقود الحيوي من الزيوت المستعملة

د. نوفا أحمد جمعة *

* دكتوراة في الهندسة الكيميائية/اختصاص التلوث وحماية البيئة/

ملخص:

أُنتج وقود الديزل الحيوي في هذا البحث من نفايات الزيوت النباتية المستهلكة، وقورنت النتائج مع حالة استخدام زيت دوار شمس نقي، وتمت دراسة تأثير كل من النسبة الحجمية (ميتانول/زيت) في المجال (0.6 -0.1). ونسبة ماءات البوتاسيوم المحفِز لتفاعلات الأسترة التحويلية للزيت إلى وقود الديزل الحيوي كانت % (2-1) عند درجة حرارة ثابتة 65 °C وسرعة تحريك ثابتة. وبعد استنتاج النسب المثلى لكحول الميثانول والوسيط المتجانس ماءات البوتاسيوم، قورنت النتائج مع حالة استخدام وسيط غير متجانس بتركيز 1 % وزنا ومكوناً من أكسيد الفناديوم المحمَل على حامل من الغضار المشوي، بينت النتائج أن النسبة الحجمية المثلى للتفاعل كحول/زيت هي 0.2، وزمن التفاعل الأمثل في حالة التفاعل المتجانس هو 30 دقيقة، انخفض هذا الزمن إلى النصف في حالة وجود الوسيط غير المتجانس، ووصل مردود الديزل الحيوي إلى % (99 -97) لدى اجراء تفاعل الأسترة الوسيطية غير المتجانسة لكل من الزيت المستعمل والجديد على الترتيب.

أهمية البحث:

1. يشكل الديزل الحيوي إضافة قيّمة لقائمة مصادر الوقود المتجددة.
2. هذا النوع من الوقود ليس مكلفاً لأنه مصنوع من المواد الأولية الرخيصة، الدهون وزيت الطهي والشحوم. هذه الأصناف ليس لها أي استخدام آخر باستثناء إلقاءها في الأماكن المخصصة للقمامة.
3. يعتبر هذا النوع من الوقود آمناً تماماً لأنه خال من أي مادة سامة، وقابل للتحلل بسرعة، وبالتالي فإن تأثير تصريف وقود الديزل الحيوي في البيئة بكميات صغيرة هو أقل من تأثير تصريف نفس الكمية من الوقود العادي أو النفط. ومع ذلك، فإن التخلص منه بكميات كبيرة يعتبر ضاراً بالبيئة عموماً.
4. إنتاج محاصيل زيتية عالية الكثافة مثل أشجار النخيل على نطاق واسع، قد يكون ذا جدوى اقتصادية للبلدان منخفضة النمو. إذ يمكن استخراج الزيوت النباتية المخصصة للوقود الحيوي من أشجار النخيل، وبالتالي سيكون الإنتاج كافياً لتلبية الطلب على هذا الوقود في بلدان أخرى ما يدعم الاقتصاد المحلي.
5. وقود الديزل الحيوي يكاد يكون جاهزاً للاستخدام من دون أي تعديلات تذكر، مما يقلل من التكلفة بشكل ملحوظ، إذ يمكن استخدامه في أي طراز من المركبات التي تعمل بالديزل، من دون أي حاجة إلى نوع جديد من المحركات.
6. يحسن الوقود الحيوي من القدرة على التشحيم والتوصيل، ما يجعله جيداً لتأدية الوظائف الميكانيكية ولعمل محركات المركبات على نحو سلس.

الوقود الحيوي

مقدمة:

منذ فجر التاريخ، استخدم الإنسان الطاقة الحيوية في أبسط صورها وأشكالها، إذ كان يحرق الأخشاب والمخلفات الحيوانية وأوراق الأشجار لطهي طعامه وتسخين مائه وتدفئة منزله، وللإضاءة ليلاً وإخافة الحيوانات الكاسرة. مع التقدم التقني، بقيت الطاقة الحيوية محافظة على مكانتها، إذ أن كثيراً من المجتمعات الريفية في البلاد النامية لا تزال تعتمد على الطاقة الحيوية بشكل مباشر كما كان يفعل الإنسان قديماً، كما أن كثيراً من سكان المناطق الريفية في الدول الصناعية ما زالوا يعتمدون على هذا المصدر من الطاقة لتدفئة منازلهم وغيرها من الاستخدامات المهمة. مع نضوب الموارد الطبيعية للطاقة، ومع استمرار خطر التلوث البيئي الناتج عن تلبية متطلبات الإنسان العصري، بات من الضروري البحث بشكل جدي عن مصادر جديدة للطاقة أكثر صداقة للبيئة كالوقود الحيوي، الأمل الواعد في المستقبل[1] .

لقد دلّت الدراسات المتعلقة بالطاقة أن قطاع النقل بوجه خاص أحد أهم المستهلكين للطاقة، وأحد أهم المتهمين بتلويث البيئة وتغيير التوازن الأيكولوجي لكوكب الأرض، لذلك لجأت العديد من الدول الصناعية إلى دعم الأبحاث العلمية المختصة لتوفير وقود للسيارات والحافلات بديلاً للديزل البترولي التقليدي المعروف حالياً، بحيث يكون وقود المستقبل صديقاً للبيئة، ولا يتسبب في انبعاث الغازات التي تحتوي على بعض المركبات الكيميائية الخطرة على البيئة، وفي نفس الوقت يكون متجدداً غير قابل للنضوب.

مفهوم الطاقة الحيوية والوقود الحيوي:

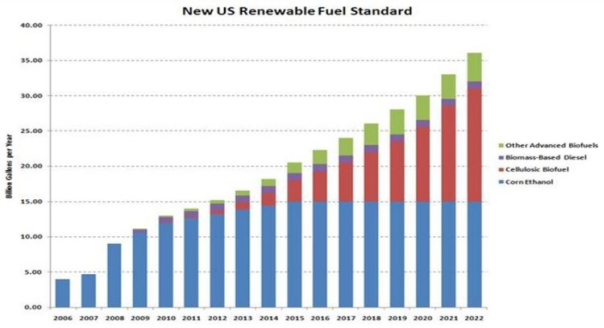
الطاقة الحيوية هي طاقة متجددة يتمُّ استخدامها بشكل كبير في الحياة اليوميّة، لذلك هي مهمة جداً لحياة الإنسان، وتوجد عدة أشكال من مصادر الطاقة، حيثُ تنقسم إلى نوعين هما: مصادر الطاقة غير المتجددة، والتي تحتاج إلى آلاف السنين لتكوينها، مثل؛ الوقود الأحفوري، ومصادر الطاقة المتجددة التي تتكون بسرعة، ويمكن أن تزود المنطقة باحتياجاتها من الطاقة لمدة طويلة الأجل، مثل طاقة الرياح، وطاقة الشمس، والماء، والوقود الحيوي ويمثل الوقود الحيوي الطاقة المستمدة من الكائنات الحية سواء النباتية أو الحيوانية منها، وهو أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة، على خلاف غيرها من الموارد الطبيعية مثل النفط والفحم الحجري وكافة أنواع الوقود الأحفوري والوقود النووي. الوقود الحيوي هو وقود نظيف يعتمد إنتاجه في الاساس على تحويل الكتلة الحيوية Biomass سواء كانت ممثلة في صورة حبوب ومحاصيل زراعية مثل الذرة وقصب السكر، أو في صورة زيوت مثل زيت فول الصويا وزيت النخيل وشحوم حيوانية، إلى ايثانول كحولي أو ديزل حيوي مما يعني امكانية استخدامها في الإنارة وتسيير المركبات وإدارة المولدات، وهذا حادث فعلاً وعلى نطاق واسع في دول كثيرة أبرزها الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل وألمانيا والسويد وكندا والصين والهند[1, 2]. يمثل الجدول (1) أنواع النباتات المزروعة في بعض البلدان والنسبة المئوية لإنتاج الوقود الحيوي.

الجدول 1. أنواع النباتات المزروعة في بعض البلدان والنسبة المئوية لإنتاج الوقود الحيوي[2, 3, 4].

البلد	الولايات المتحدة	أوربا	البرازيل	الصين
اسم النبات المزروع	فول الصويا	اللفت	قصب السكر	الذرة
إنتاج الوقود الحيوي (%)	39.2-45	17.8	35.8	7.2-18

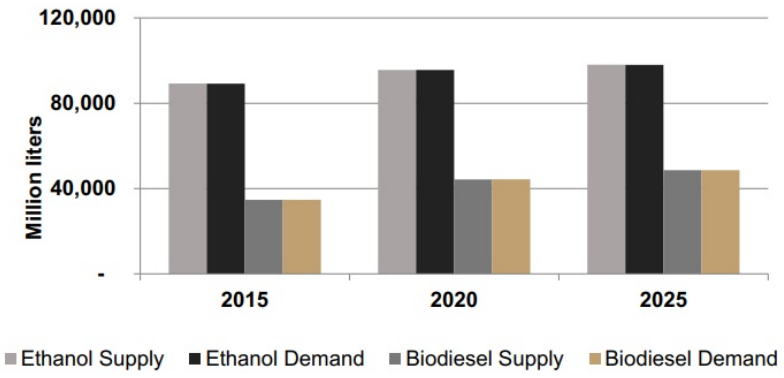
لقد أصبح الحصول على الطاقة المتجددة من الاساسيات لمعظم دول العالم والتي سعت في ظل ما يشهده العالم من ازمات ومشكلات بيئية واقتصادية متفاقمة، إلى تجنيد كل طاقات هذه الدول في سبيل الحصول على الطاقة الرخيصة، من خلال الاعتماد على مصادر انتاج متنوعة ومنها الوقود الحيوي الذي يعد أحد أسرع مصادر الطاقة المتجددة نمواً في العديد من الدول، في نهاية العام 2020 بلغت قدرة انتاج الديزل الحيوي في الولايات المتحدة الامريكية 800 مليون غالون (الغالون يعادل 3.7 ليتر) مع انتاج 500 مليون غالون في العام نفسه، وترى إدارة معلومات الطاقة أن قدرة إنتاج الديزل المتجدد في الولايات المتحدة الامريكية يمكن أن تزيد خمس أمثال بحلول عام 2024 إلى أكثر من 5 مليارات غالون سنويا في المستقبل القريب. في المقابل يرى التقرير أن مشروعات الديزل الحيوي ستنتج ملياري غالون من إجمالي القدرة الإنتاجية في عام 2025، ما يعني أنه من المحتمل تقليص ملياري غالون من السعة المضافة المعلنة. وبحسب التقرير فإن القيود المفروضة على توافر المواد الأولية وكذلك الدعم المتاح لإنتاج الديزل المتجدد، لا تدعم على الأرجح إنتاج 5 مليارات غالون، وعلى الرغم من النمو المتوقع في إنتاج الديزل الحيوي فإنه سيمثل فقط 5 % من القدرة الإنتاجية الحالية للديزل في الولايات المتحدة بحلول عام 2024 [5].

يوضح الرسم البياني في الشكل رقم 1 الانتاج الفعلي والمتوقع للوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية خلال العام 2006 - 2022 [6, 8].



الشكل 1. الانتاج السنوي الفعلي والمتوقع للوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية خلال العام 2022

الشكل التالي رقم 2 يبين التوقعات العالمية للعرض والطلب على الوقود الحيوي (إيثانول وديزل حيوي) لغاية العام 2025، حيث من المتوقع أن يفقد الوقود الحيوي الزخم في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي، ولكن مناطق أخرى تضمن استمرار النمو[7].



الشكل 2 العرض والطلب على الايثانول والديزل الحيوي عالمياً

أنواع الوقود الحيوي المستخرج من الكتلة الحيوية:

هناك ثلاثة أنواع من الوقود الحيوي:

1) **الوقود الحيوي الصلب:** وهو عبارة عن قطع صلبة من المواد العضوية التي تصدر الطاقة أثناء الاحتراق، ويتضمن ما يلي:
   a. الفضلات الحيوانية (السماد أو الروث).
   b. التفل أو اليبس: وهي الفضلات النباتية المتروكة بعد عمليات التصنيع والإنتاج، مثل مخلفات العصير أو السكر المستخرج من قصب السكر.
   c. الفحم.
   d. القمامة، والقش، والنباتات الجافة، وقشرة الحبوب والخشب.
2) **الوقود الحيوي السائل:** وهو أي نوع من السوائل يتم استخراجه من المواد الحيوية أو النباتية ويمكن استخدامه كوقود، ويتضمن الأنواع التالية:
   a. وقود الديزل الحيوي: وهو وقود مصنوع من الزيوت النباتية والدهون الحيوانية وهو بديلٌ عن الديزل البترولي.
   b. وقود الزيوت النباتية: ويتضمن الزيوت النباتية النقية وفضلات الزيوت النباتية.
   c. الايثانول: ويصنع من حبوب الذرة والمواد النباتية الأخرى، ويمكن أن يمزج مع الغازولين أو يعوض عنه.
   d. سلسلة بي: وهو وقود جديد يربط الايثانول واليسير من الغاز الطبيعي ومواد مصنوعة من القمامة.
3) **وقود الغاز الحيوي:**

وهو الغاز الحيوي الذي ينبعث من النباتات الفاسدة والحيوانات والروث، وحيث أن الميثان هو المكون الرئيسي للغاز الطبيعي، فإن العلماء يبحثون عن عدة طرق للحصول عليه من القمامة، ويتحققون من إمكانية استعمال الوقود الحيوي لتوليد الهيدروجين الذي يستخدم في خلايا الوقود [1, 2, 6, 8].

منافع استخدام الوقود الحيوي:

1. الوقود الحيوي أكثر نظافة للبيئة من الوقود الأحفوري، وهو أقل تلويثاً للهواء، وعدا عن ذلك فإنه يستهلك المواد التي تعتبر كقمامة.
2. الوقود الحيوي متجدد، وتجهيزه أقل احتمالاً للنفاذ، بينما تجهيز الوقود الأحفوري من المحتمل أن ينفذ.
3. يمكن أن يصنع محلياً وباستخدام المواد المحلية.
4. مرن الاستعمال، بحيث يمكن مزجه بسهولة مع باقي أنواع الوقود.
5. يمكن أن يكون أرخص من الوقود الأحفوري، وسيحد بالتأكيد من ارتفاع سعره.
6. إن وقود الايثانول والديزل الحيوي أفضل لمحركات السيارات من الوقود الأحفوري، ويمكن أن يستعملا كإضافات لتحسين الأداء حتى وإن لم يكونا مصدر الوقود الرئيسي[1, 2, 8, 9].

معوقات استخدام الوقود الحيوي:

إن استعمال الوقود الحيوي لا يخلو من بعض العيوب والمعوقات منها[1, 2, 8, 9] :

1. إنتاج كميات كبيرة من الوقود الحيوي يتطلب زراعة مساحات واسعة.
2. تتطلب بعض أنواع الوقود الحيوي إجراء تعديلات على المحركات للحصول على الكفاءة العالية.
3. الوقود الحيوي ليس متوفراً بصورة واسعة.
4. من غير المناسب تصنيع وقود الديزل الحيوي منزلياً أو معالجة الزيت النباتي المعد للاستعمال المنزلي.
5. بعض أنواع الوقود الحيوي ما زالت تتطلب المزج مع الوقود الأحفوري عند الاستعمال، على سبيل المثال، فإن أكثر المركبات يجب أن يكون عندها بعض الغازولين المخلوط مع الايثانول للعمل ولا تستطيع الاعتماد على الايثانول وحده.
6. زيادة الأسعار.
7. تقليل المراعي.
8. التأثير السلبي على الغابات والمناخ العالمي.

التأثيرات البيئية للطاقة الحيوية:

الطاقة الحيوية أقل تلويثاً للبيئة من الطاقة الناتجة من الوقود الأحفوري قياساً إلى ثاني أكسيد الكربون الناتج، حيث أن الوقود الحيوي يحتوي على كربون تكوّن أخيراً في جو الأرض، لذا فإن ثاني أكسيد الكربون المنبعث خلال احتراق الوقود الحيوي لن يضاف لإجمالي ثاني أكسيد الكربون في الهواء.

إن الوقود الأحفوري يحتوي على كربون أزيل من الجو منذ ملايين السنين، ويبعث عند احتراقه كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون الإضافي، واستبدال بعض الوقود الأحفوري بالوقود الحيوي قد يساعد على تخفيف ارتفاع درجة حرارة جو الأرض، وكذلك يقلل من تلوث الهواء مما قد يساهم في تنظيف هواء العالم[1, 2] .

يعتبر الوقود الحيوي باعثاً لأكاسيد الآزوت والتي تعتبر المكون الرئيسي للضباب الدخاني، حيث يعتبر مرضى الجهاز التنفسي والأطفال الصغار أكثر تأثراً بمثل هذا الهواء الملوث [9].

يعتبر الوقود الحيوي وقوداً متجدداً، ويتم الحصول عليه من النباتات والمواد العضوية المتزايدة حالياً، مما يجعله أكثر تلطيفاً للبيئة من الوقود الأحفوري الذي ليس وقوداً متجدداً وحتى أنه في طريقه للنفاذ.

أثناء انتاج الوقود الحيوي يمكن استخدام فضلات المواد الأولية لمخازن الأطعمة، فمثلاً فضلات الزيوت النباتية لمطاعم الوجبات السريعة وكذلك بقايا معامل شرائح البطاطا، يمكن تحويلها إلى وقود الديزل الحيوي، وهذا يعني إمكانية استخدام هذه المواد لمرة أخرى بدلاً من أن تذهب إلى مواقع دفن النفايات.

من الناحية الأخرى، فإن الوقود الحيوي يتطلب كميات كبيرة من الأراضي لكي تزرع وتحصد، مما يمكن أن يتسبب في مشاكل بيئية رئيسية كدمار البيئة والدورات الزراعية، ثم إن المزارعين يستعملون كميات كبيرة من الوقود الأحفوري لنمو المحاصيل مثل الذرة، والتي تقلل من قيمة الطاقة المتولدة من تلك المحاصيل، وفي بعض الحالات فإن إنتاج الوقود الحيوي مثل الايثانول يستعمل في الحقيقة طاقة أكثر مما ينتجه الايثانول نفسه، لذلك فإن الديزل الحيوي المصنع من بقايا الزيوت النباتية هو الأفضل من وجهة نظر بيئية، مقارنة مع باقي أنواع الوقود الحيوي. يمثل الجدول (2) النسب المئوية لتخفيضات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري مثل (ثاني أكسيد الكربون CO_2، أكسيد النتروز N_2O،..) الناجمة عن مجموعة مختارة من أنواع الوقود الحيوي، مقارنة بالبنزين والديزل البترولي واللذين ينتج عن احتراقهما في محركات الديزل والبنزين تراكيز عالية من الملوثات الصلبة والسائلة والغازية، والتي تسهم في العديد من ظواهر تلوث الهواء ومنها الاحتباس الحراري، والأمطار الحامضية واستنزاف طبقة الأوزون والضباب الدخاني، ناهيك عن اسهامها الكبير في تلويث المياه والتربة. النتائج المترتبة على ظاهرة الاحتباس الحراري ارتفاع درجة حرارة الأرض، وهذا سيؤدي إلى ذوبان الجليد في القطبين الشمالي والجنوبي، حيث يكون فيهما ارتفاع الحرارة أعظمياً، وسيرافق ذلك مجموعة كبيرة من المخاطر أهمها تمدد مياه البحار والمحيطات، والتأثير سلباً على انتاج المحاصيل الزراعية، وزيادة العجز في الموارد المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة، والإضرار بالتنوع البيولوجي وازدياد الآفات الحشرية، وازدياد عدد الوفيات خاصة في الدول الفقيرة.

الجدول 2. نسب تخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري لمجموعة من أنواع الوقود الحيوي مقارنة بالبنزين والديزل

[2, 3, 4, 8, 10, 12]

مصدر الوقود الحيوي	تخفيض الانبعاثات (%)	مصدر الوقود الحيوي	تخفيض الانبعاثات (%)
ايثانول قصب السكر	105-65	ديزل زيت النخيل	75-30
ايثانول القمح	90-5	ديزل زيت الجاتروفا	100-40
ايثانول الذرة	55-20	ديزل فول الصويا	70-52
ديزل حيوي من بذور اللفت	80-20	ايثانول خشبي سللوزي	112-45

بمقارنة نسب تخفيض الانبعاثات لدى حرق الديزل الحيوي الناتج من بذور اللفت وزيت النخيل وزيت فول الصويا وزيت الجاتروفا، مع انبعاثات الديزل البترولي يتبين أنها أقل بنسبة تصل إلى 75-100 % في حدها الأعظمي، وهذه نتيجة واعدة جداً بالتخلص من الآثار الضارة لبعض الملوثات الهوائية الناتجة عن حرق المشتقات النفطية، والتي تجاوزت أضرارها الإنسان ووصلت إلى الحيوان والنبات والأبنية والمناخ [8, 10] .

استعمل قلة من الناس الوقود الحيوي أثناء القرن العشرين، لأن الوقود الأحفوري كان متوفراً بسهولة ورخيص الثمن، وفي أوائل القرن الحادي والعشرين أصبح الوقود الحيوي أكثر جاذبية للشركات الكبرى، والتي رأت بوقود الديزل الحيوي والايثانول مصادر محتملة للربح. لا زال اهتمام شركات النفط والغاز قليلاً في متابعة مصادر الطاقة الحيوية، وتأثيرها على الحكومات الوطنية والرسمية يمكن أن يمنع الوقود الحيوي من أن يستعمل على نطاق واسع. معظم الناس مازالوا لا يعرفون إلا القليل عن الوقود الحيوي، لذا فإنه من الصعب على الناس استعماله. قليل منهم يريدون صنع وقود الديزل الحيوي الخاص بهم، أو تحوير محركات سياراتهم كي تعمل على الزيت النباتي النقي. وإذا ما توفر الوقود الحيوي بصورة تجارية وسهلة الاستعمال فإن المستهلكين الذين يعتمدون عليه سيصبحون في تزايد.

سياسات الوقود الحيوي في دول العالم:

في السنوات الأخيرة تبنت كثير من البلدان سياسات لتشجيع إنتاج الوقود الحيوي وذلك لتحقيق الأهداف التالية[2]:

1. تقليل الاعتماد على مصادر الوقود الأحفوري (أمن الطاقة).
2. تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري (التخفيف من آثار التغير المناخي).
3. خلق طلب على المحاصيل الزراعية الفائضة (التنمية الريفية).

تتلخص تدابير سياسات الوقود الحيوي في أربعة نقاط:

1. دعم الميزانية: مثل الدعم المباشر لمشاريع إنتاج الوقود الحيوي، وتوفير القروض لبناء وحدات إنتاج الوقود الحيوي، وقروض للمستثمرين الكبار في مجال إنتاج الطاقة من المخلفات العضوية.
2. اتخاذ تشريعات لتحديد الحد الأدنى من كمية الوقود الحيوي المستخدم في وسائل النقل.
3. التدابير الجمركية: الاعفاء من التعرفة الجمركية على استيراد أجهزة إنتاج الوقود الحيوي.
4. تدابير لتشجيع طرق إنتاج الديزل الحيوي وتطويرها ودعم الباحثين في هذا المجال.

الديزل الحيوي

الديزل الحيوي هو وقود مصنع من المصادر القابلة للتجدد مثل الزيت النباتي المستعمل أو الدهون الحيوانية المستعملة في الطبخ، ويمكن أن يستعمل في محركات الديزل كبديل مباشر لوقود الديزل البترولي. هو سائل ذو لون عنبري يكون مشابه للديزل البترولي، ويمكن أن يستعمل لوحده في محركات الديزل أو يخلط مع الديزل البترولي بنسب معينة تتراوح بين 100 % -10، يصنع من الزيوت النباتية المتوفرة بسهولة وبكثرة في منطقة معينة، مثل زيت بذور اللفت وزيت النخيل والخردل وحب الصويا وزيوت أخرى. تستعمل بذور الصويا كمصدر مهم لإنتاج وقود الديزل الحيوي، وذلك لنموها على نحو واسع، ورغم أن الصويا ليست المصدر الأفضل لإنتاج وقود الديزل الحيوي إلا أن وفرتها في السوق تعوض عن ذلك، علماً أن بذور اللفت والخردل يمكن أن تنتج زيتاً أكثر بمرتين أو ثلاث مرات من حبوب الصويا، كما أن زيت النخيل يعتبر مصدراً ممتازاً لإنتاج وقود الديزل الحيوي[1, 2].

يُرمز إلى وقود الديزل الحيوي لوحده أو ممزوجاً باستعمال الحرف (B) متبوعا بعدد يدل على النسبة المئوية لوقود الديزل الحيوي، في المزيج مثلاً B20 تدل على أن وقود الديزل البترولي يحتوي على نسبة 20 % من وقود الديزل الحيوي، وB100 تدل على أن وقود الديزل الحيوي نقي 100 %.

يساعد ارتفاع محتوى الديزل الحيوي من الأكسجين في اتمام حرق الوقود، مما يقلل من انبعاثات الجسيمات الملوثة للهواء وأحادي أكسيد الكربون والهيدروكربونات، ولا يحتوي وقود الديزل الحيوي على الكبريت إلا بكمية بسيطة جداً مما يقلل من انبعاث SO_2 /SO [1, 2, 10] .

تحويل الزيوت النباتية إلى وقود الديزل الحيوي:

إن مركبات الديزل يمكن لها أن تتحرك باستعمال الزيت النباتي النقي المأخوذ من مخزن البقالية، حيث أن محرك الديزل الأول قد تمت إدارته بزيت الفستق [1].

رغم إمكانية استعمال الزيوت النباتية غير المعالجة في محركات الديزل، إلا أنها في النهاية ستعرقل عمل المرشحات، مما سوف يستوجب تعديل المحرك حتى وإن تم مزج الزيوت النباتية مع الديزل البترولي، أما إذا تحول الزيت النباتي إلى وقود الديزل الحيوي سيصبح مشابهاً لوقود الديزل البترولي ويمكن أن يستعمل في محرك ديزل غير معدل وبدون تأثيرات مضرة.

يمكن تصنيع وقود الديزل الحيوي من زيت نباتي نقي، أو مستعمل وكذلك من الدهن الحيواني. إن بقايا الزيت النباتي والذي عادة ما يستعمل في القلي هو أكثر صعوبة في معالجته من الزيت غير المستعمل، وذلك لوجوب تنقيته، لإزالة الشوائب منه أولاً في حالة تحويله إلى وقود الديزل الحيوي، ومع ذلك فإنه رخيص أو مجاني في أغلب الأحيان، وتحويله إلى ديزل حيوي طريقة جيدة لتدويره بدلاً من رميه[1] .

الاستعمال الحالي لوقود الديزل الحيوي :

إن وقود الديزل الحيوي يستعمل في أي محرك ديزل بدون تعديلات ضرورية، وهذا يعني يمكننا أن نستخدمه كبديل لوقود الديزل البترولي، وأيضاً يمكن أن يخلط مع وقود الديزل البترولي لتخفيض الانبعاثات الغازية الضارة للبيئة وتحسين أداء المحرك والحفاظ على أجزاء المحرك نظيفة.

لعدة سنوات كان أخصائيو البيئة المتحمسون هم الوحيدون الذين يستخدمون وقود الديزل الحيوي المصنوع في المنازل، ولكن ذلك قد تغير بعد أن أصبح وقود الديزل الحيوي ينتج على نطاق تجاري.

إن وقود الديزل الحيوي كثير الاستعمال في أوروبا وآسيا، وتعتبر فرنسا المنتج الأكبر له في العالم، حيث أن معظم وقود الديزل البترولي المباع في فرنسا يحوي على الأقل على 5% من وقود الديزل الحيوي، وفي ألمانيا فإن أكثر من 1500 محطة بنزين تبيع وقود الديزل الحيوي وبسعر أقل من وقود الديزل البترولي.

في بداية الألفية الثانية أصبح وقود الديزل الحيوي أكثر شيوعاً في الولايات المتحدة، وقد نظمت عدة ولايات كيفية خلط وقود الديزل الحيوي إلى وقود الديزل البترولي لغرض استعماله في المجالات المختلفة.

إن استعمال وقود الديزل الحيوي في تزايد مستمر وأصبح بالإمكان إنتاجه بفاعلية اقتصادية تجذب العلماء والمستثمرين على حد سواء. تقوم حاليا أكثر من أربعين دولة بإنتاج الديزل الحيوي على رأسها الولايات المتحدة الأمريكية تليها ألمانيا فالأرجنتين وبعدها البرازيل ثم إندونيسيا في المركز الخامس، ولا يوجد في هذه القائمة أي دولة عربية، ويحظى الديزل الحيوي بدعم الحكومات عن طريق إعانات مباشرة أو إعفاءات ضريبية. وعلى الرغم من أن كبار الدول المنتجة هي أيضاً كبار الدول المستهلكة إلا أن هناك تجارة دولية كبيرة في الوقود الحيوي خاصة الديزل الحيوي [1].

ايجابيات وسلبيات وقود الديزل الحيوي:

ايجابيات وقود الديزل الحيوي[1, 2, 9]:

1. إنه سهل جداً ليحل كبديل لوقود الديزل البترولي.
2. المستخدمون ليسوا بحاجة إلى تدريب خاص لاستعماله.
3. ليس من الضرورة أن تعدل الأجهزة عند استعماله.
4. على خلاف وقود الديزل البترولي فإن وقود الديزل الحيوي لن يشتعل أو ينفجر.
5. ليس ساماً للبشر.
6. يمكن أن يتحلل إلى منتجات غير مؤذية.
7. أكثر نظافة للبيئة من وقود الديزل البترولي.
8. يعتبر وقود الديزل الحيوي منظف ممتاز للمحركات فهو يزيل الأوساخ والبقايا من خزان المحرك.
9. يجعل تدفق وقود الديزل الحيوي أكثر يسراً ويمنع تراكم الملوثات ضمن نظام الوقود للمحرك.

معوقات وقود الديزل الحيوي:

1. من المشاكل الرئيسية مع وقود الديزل الحيوي هو أنه ليس متوفراً بصورة واسعة.
2. في بعض الحالات قد يكون وقود الديزل الحيوي أغلى من وقود الديزل البترولي اعتماداً على مكوناته.
3. إن وقود الديزل الحيوي المصنع من النفايات يجب أن يرشح قبل استخدامه.
4. بعض المواد الكيميائية التي تستعمل لتصنيع وقود الديزل الحيوي تكون سامة للبشر.
5. إن وقود الديزل الحيوي ليس مثالي كوقود الديزل البترولي في الطقس البارد.
6. كلا نوعي وقود الديزل الحيوي والبترولي تصبح مليئة ببلورات صغيرة يمكن أن تعرقل مرشحات الوقود، ولكن وقود الديزل الحيوي أكثر حساسية لهذه المشكلة.
7. عندما يتعرض وقود الديزل الحيوي إلى طقس بارد جداً فإنه سيتحول إلى مادة صلبة حيث لن تتدفق في منظومة الوقود مطلقاً[2, 9].

التأثير البيئي لوقود الديزل الحيوي:

إن وقود الديزل الحيوي أفضل بكثير من وقود الديزل البترولي، فهو ليس ساماً للبشر ولا يشكل أي تهديدات للصحة الإنسانية، ولا يبعث منتجات ملوثة كما في الوقود البترولي، بل يحسن نوعية الهواء في المنطقة، ولا يطلق الهباب كما في وقود الديزل البترولي.

ويمتاز بالأمان والسلامة عند خزنه ونقله ودرجة اشتعاله أعلى بكثير من درجة اشتعال وقود الديزل البترولي لذا فإن احتمالية ابتداء اشتعاله أبعد وأصعب من وقود الديزل البترولي.

يعتبر تصنيع وقود الديزل الحيوي طريقة جيدة لإعادة استعمال فضلات الزيوت التي كانت ستنتهي في شبكة الصرف الصحي أو في مواقع دفن النفايات، ومع ذلك فإن هناك كميات كبيرة من فضلات الزيوت تنتج يومياً وهي بعيدة جداً عن كمية وقود الديزل الحيوي المستعملة كل يوم وعلى نفس النمط فإن فضلات الدهون الحيوانية ليست متوفرة تقريباً بما فيه الكفاية لتلبية حاجات الطاقة الرئيسية.

على الرغم من أن بعض فضلات الزيوت النباتية يتم تحويلها إلى منتجات أخرى مثل الصابون، فإن كميات كبيرة منها ومن فضلات الدهون الحيوانية تنتهي في مواقع دفن النفايات، والتي يمكن تحويلها تماماً إلى وقود الديزل الحيوي.

الديزل الحيوي المصنع من الزيوت النباتية المستهلكة

اتجهت أنظار العالم في السنوات الأخيرة لإنتاج وقود الديزل الحيوي بديلاً عن الديزل البترولي، عن طريق تحويل زيوت القلي إلى وقود الديزل الحيوي، ومما شجع على تطبيق الفكرة هو توفر الكميات الهائلة من زيوت القلي المستعملة التي تقدر بآلاف الأطنان سنوياً، فليس من المنطقي أن تصرف هذه الكميات الكبيرة في مصارف المياه التي حتماً ستؤدي إلى تلوث بيئي كبير، وسوف يُبذل في حلها كثير من الطاقات المهدورة.

تعالج هذه الزيوت المستعملة لإنتاج أحد أنواع الوقود النظيفة، حيث أنه غير سام، ولا يحتوي على عناصر تسبب بعد احتراقها انبعاث ملوثات للهواء الجوي مقارنة مع الوقود البترولي، وتعالج هذه الزيوت المستعملة بطرق بسيطة لتحويلها إلى وقود حيوي للتخلص من درجة لزوجتها العالية التي تشكل رواسب كربونية داخل محركات الاحتراق الداخلي، ومن أبسط هذه الطرق هي عملية الأسترة باستخدام الميثانول[9, 10, 11] .

الديزل الحيوي هو وقود بديل عن الديزل البترولي، ينتج عن تكسير الزيت النباتي أو الدهن الحيواني نتيجة تفاعله مع الكحول، وهو أقل لزوجة من الزيت وأقل تلويثاً من الوقود البترولي، لذا تعتمد عليه عدد من الدول وخاصة الدول الأوربية في تقليل انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون الناتج عن حرق الوقود، من خلال إضافته إلى الديزل البترولي بنسبة لا تقل عن 2%، لكن مع ارتفاع أسعار الغذاء في السنوات الأخيرة وتحميل المسؤولية لشركات إنتاج الوقود من المحاصيل الزراعية تراجع الاهتمام بالديزل الحيوي وتوجهت الجهود نحو مصادر أخرى متجددة كالهيدروجين والطاقة الشمسية [1].

من أهم ميزات الديزل الحيوي أنه يمكن إنتاجه في أي بلد سواء كانت نفطية أو لا، ولا يحتاج إلى تقنية عالية لإنتاجه في الغالب، وهو أقل إنتاجاً للملوثات وأكثر فاعلية عند الاحتراق، وكذلك درجة تبخره المرتفعة نسبياً تجعل منه وقوداً آمناً مقارنة بالديزل البترولي القابل للاشتعال بسهولة.

المواد الخام اللازمة لإنتاج الديزل الحيوي من زيت القلي:

1. إن أهم المواد اللازمة لإنتاج الديزل الحيوي هي زيت القلي، أو أي زيت نباتي سواء كان نقياً أو سبق استخدامه في القلي، وسواء كان من الزيوت التي تصلح للاستهلاك البشري أو لا، مثل زيت الخروع أو زيت الجاتروفا، وكذلك زيت الصويا، وزيت بذور اللفت وزيت النخيل، وكذلك الدهن الحيواني (الشحم - شحم الخنزير- شحوم ودهون الدجاج - زيت السمك) بنسبة صغيرة بعد أن تتم عليه عمليات معالجة خاصة.
2. الميثانول أو الايثانول أو البروبانول، وهو مهم لتشكيل سلاسل أقصر وأكثر ثباتاً بعد تكسير جزيئات الزيت، وفي حال استخدام الميثانول يجب أن يكون بتركيز 99 % على الأقل.
3. حامض قوي مثل حمض كلور الماء HCl وذلك حسب نوعية الزيت المستخدم ودرجة حموضته، إذ يستخدم الحامض للزيوت ذات الحموضة المنخفضة، وهو عامل مساعد لإتمام التفاعل، وقد يتم الاستغناء عنه في حال استعمال بكتريا منتجة للديزل الحيوي.
4. البوتاس الكاوي وهو على شكل مسحوق أبيض صلب.

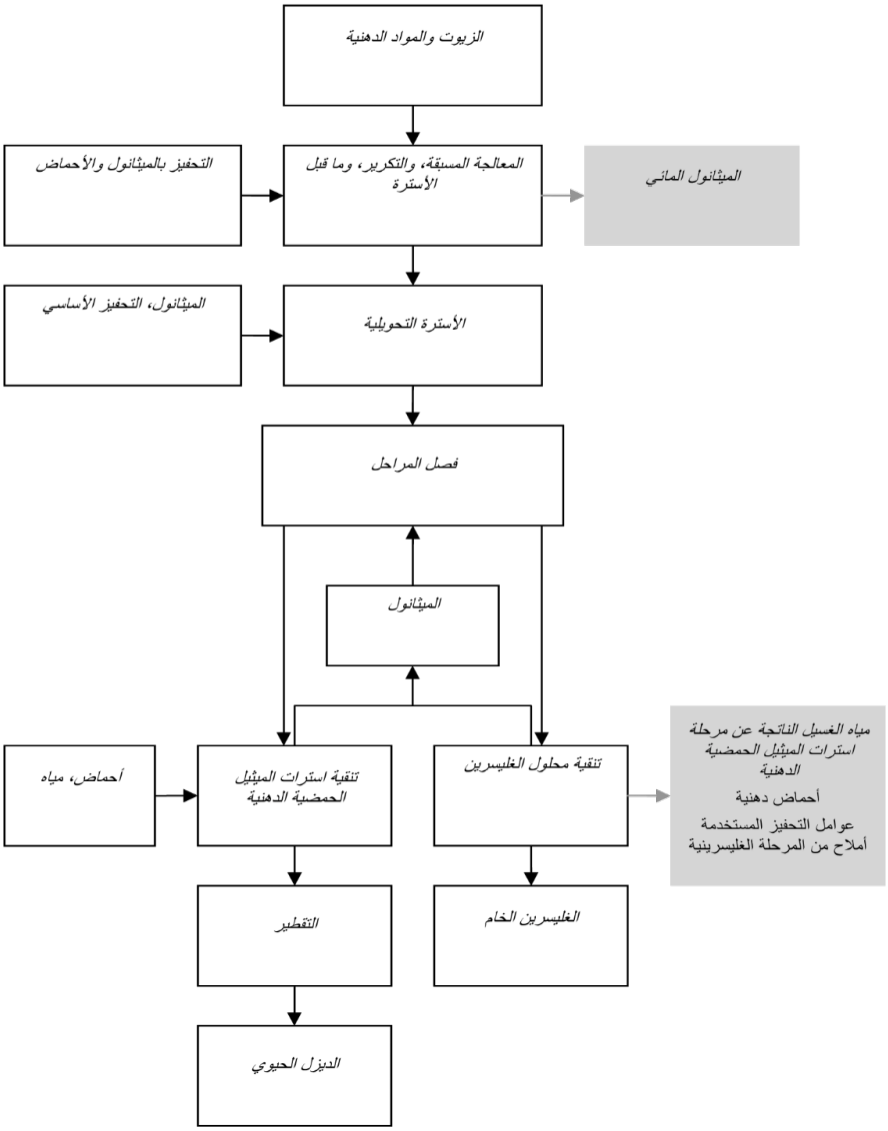
خطوات إنتاج الديزل الحيوي:

1. لإنتاج الديزل الحيوي هناك حاجة إلى مفاعل مغلق مزود بمحرك متوسط الحركة أو مضخة تدوير، وكذلك سخان، وميزان حرارة، ويتم تحديد حجمه من خلال حجم الإنتاج الذي يرغب الشخص الحصول عليه يومياً.
2. يتم خلط الميثانول بالبوتاس الكاوي ولكن يجب الحذر لأنه ينتج مادة شديدة السمية (ميثوكسيد البوتاسيوم).
3. يترك الزيت ليتفاعل عند 60 درجة مئوية لمدة 2-3 ساعة، ويتم تحديد الزمن اللازم في البداية من خلال فحوصات اللزوجة، وخصائص الوقود، وكمية الإنتاج الثانوي عند الفصل.
4. ينقل الناتج إلى وعاء مخروطي الشكل لتسريع فصله عن الناتج الثانوي وهو الغليسيرين، ثم يفصل الغليسيرين ليتم تنقيته لاسترداد جزء من الميثانول غير المتفاعل.
5. يمر الناتج خلال عملية غسيل من ثلاث إلى أربع مراحل، ويكون الغسيل بالماء المقطر للتخلص من الميثانول والشوائب والمواد المتصبنة، التي قد تؤذي محرك السيارة، ثم يجفف على درجة حرارة 105 °C لمدة ساعة.
6. يتم أخذ عينات للتأكد من مطابقة المنتج للمواصفات المطلوبة للديزل الحيوي (في حال تطابقه ينقل إلى خزانات)، أو يتم استعماله إما بخلطه مع الديزل البترولي، أو لوحده حسب حالة الطقس ونوع المركبة.

هناك بعض الأمور التي يجب تجنبها، ومنها عدم استعمال الديزل الحيوي في السيارات القديمة والمنتجة قبل عام 1995 م لأنها قد تكون غير مؤهلة لذلك فنياً، وعدم استعماله لوحده في الطقس البارد لأن درجة تجمده عالية نسبياً مقارنة مع الديزل البترولي.

يمكن لزيت القلي أن يصبح وقوداً يستخدم في السيارات، لكن لا يمكن أن يكون بديلاً ذا جدوى عن الديزل البترولي لغلاء سعره، وعدم توفر كميات كبيرة من زيوت قد تم استخدامها في القلي تكون رخيصة الثمن، ولكن يمكن توفير زيوت غير صالحة للاستهلاك البشري تكون أقل سعراً وتأثيراً على أسعار الغذاء في العالم، ومنها زيت الجاتروفا التي يمكن أن تنمو في ظروف قاسية، وهو الخيار الأفضل للإنتاج، ولعل السنوات القادمة ستشهد تغيراً في مجال إنتاج النفط، مما يجبر كثير من الدول على زراعة وإنتاج كميات من هذه الزيوت لتصبح وقوداً لسيارات المستقبل.

يمثل الشكل (3) مخططاً صندوقياً لمراحل إنتاج الديزل الحيوي [9].



الشكل 3. مخطط صندوقي لمراحل إنتاج الديزل الحيوي

ميزات ومساوئ استخدام الديزل الحيوي مقارنة بالديزل البترولي:

ميزات استخدام الديزل الحيوي مقارنة بالديزل البترولي[1, 2, 9]:

1) توفير في استهلاك السيارات للوقود.
2) تخفيض غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة 60 % إلى 78 %.
3) سعر الديزل الحيوي أقل بمرة ونصف من الديزل البترولي.
4) بديل غير سام للديزل البترولي.

5) الحد من نواتج احتراق الديزل البترولي المسببة للسرطان بشكل خاص سرطان الرئة، حيث ينخفض انتاج البنزوبيرين (Benzopyrene $C_{20}H_{12}$) بنسبة % 71، والبنزوبيرين هيدروكربون عطري متعدد الحلقات ينتج بسبب الاحتراق غير الكامل للوقود، والألدهيدات مثل الفورم الدهيد HCHO، والمركبات العطرية مثل الفينول C_6H_6 تنخفض بنسبة % 13.

6) ليس هناك انبعاث لغاز ثنائي أكسيد الكبريت SO_2.

7) تخفيض انبعاث غاز أول أكسيد الكربون بنسبة % 15-10.

8) عدم انبعاث الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات والتي تنتج عند احتراق الديزل البترولي.

9) طاقة حرارية عالية.

10) يعمل الديزل الحيوي على جميع أنواع محركات الاحتراق الداخلي بدون استثناء ما.

11) الديزل الحيوي يزيد من عمر محركات الديزل بشكل كبير حيث أن الديزل الحيوي لا يحتوي على مركبات كبريتية وعطريات، ويحترق بشكل أفضل ولا يترك أي ترسبات ويعمل على تزييت المحرك أيضاً حيث سيعمل المحرك بشكل أفضل من ذي قبل، وليس هناك انبعاثات كريهة تخرج من الأكشمان (عادم السيارة).

12) يقلل من تلوث الهواء، ومن التغيرات المناخية التي يسببها انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز النتروز وغير ذلك من نواتج احتراق الديزل البترولي بنسبة % 85.

13) أكثر أماناً من الديزل البترولي.

14) الديزل الحيوي يتحلل بمعدل أربع مرات أسرع من الديزل البترولي.

15) قابل للنقل.

16) متوفر بشكل دائم.

17) متجدد.

18) قابلية احتراق عالية.

19) رقم سيتان مرتفع.

20) يحتوي على نسبة من % 11-10 من الأكسجين وزناً وهذا يعطيه قطبية أكثر من الديزل البترولي.

مساوئ استخدام الديزل الحيوي مقارنة بالديزل البترولي[1, 2, 9]

1) زيادة نسبة أكاسيد الأزوت التي تسهم في تشكل الضباب الدخاني.

2) اللزوجة العالية.

3) انخفاض محتوى الطاقة.

4) انخفاض سرعة المحرك.

5) تدهور نوعية الوقود عند التخزين لفترات طويلة.

6) ارتفاع الأسعار.

على الرغم من أن تصنيع واستخدام وقود الديزل الحيوي إحدى الخطوات الهامة إلى الأمام، لكن من الضروري التنويه إلى أن وقود الديزل الحيوي ليس سوى حل جزئي لمشكلة الوقود، فحتى لو تم تحويل كل المساحات المزروعة من فول الصويا إلى وقود الديزل الحيوي، فذلك لن يمثل سوى 6 % من الطلب على وقود الديزل البترولي، لذلك لابد من التطلع المستمر نحو مصادر جديدة من الوقود لتقليل الاعتماد على الوقود المشتق من البترول.

خصائص وقود الديزل الحيوي:

1. القيمة الحرارية أو حرارة الاحتراقHeat Value

تعتبر القيمة الحرارية للوقود من خصائصه الهامة حيث يمكن بها تحديد كمية الطاقة الحرارية المعطاة للمحرك، وبهذا يمكن معرفة قدرة المحرك على تحويل هذه الطاقة الحرارية إلى عمل مستفاد منه، وتقاس القيمة الحرارية بعدة اختبارات باهظة التكاليف، وبما إن القيمة الحرارية لوقود ما تتناسب إلى حد ما مع وزنه النوعي لذلك شاع استعمال الوزن النوعي (API gravity)لوقود ما للاستدلال على قيمته الحرارية.

2. نقطة الوميض Flash point

وتعرف بأنها درجة الحرارة التي يبدأ عندها الوقود في التبخر بكمية قابلة للاحتراق بحيث يشتعل ذاتيا على صورة وميض عند اقتراب مصدر للحرارة منه.

ويحدد لكل وقود نقطة وميض خاصة به لتجنب الحرائق عند النقل أو التخزين، فالوقود ذو درجة الوميض المنخفضة جدا يكون أكثر خطراً عند نقله أو تخزينه، ولا تدل درجة أو نقطة الوميض على طريقة احتراق الوقود داخل المحرك حيث يعتمد الاحتراق على خاصية نوع الاشتعال، فتلاحظ أن وقود البنزين (وهو ذو نقطة وميض منخفضة جداً) لا يصلح وقوداً لمحركات الديزل بسبب اختلاف خاصية الاشتعال.

3. اللزوجة الحركية Kinematic viscosity

تعبر عن مقدار الاحتكاك الداخلي في سائل ما أو مقدار مقاومته للسريان، وتقاس لزوجة وقود الديزل قبل استعماله لأنها تحدد قابليته للسريان داخل منظومة حقن الوقود حيث يجب ألا تقل عن حد معين لان وقود الديزل يستخدم لتزييت وحدات الحقن في مضخة الحقن الرئيسية وأجزاء البخاخات، كما أن لزوجة وقود الديزل تؤثر بشكل كبير في شكل تذرية الوقود عند خروجه من البخاخ داخل غرفة الاحتراق فالوقود الأقل لزوجة يعطى مسافة أقصر لطول البخة وذرات أدق في الحجم لقصيرات الوقود مما يسهل اختلاطه بالهواء ومن ثم احتراقه جيداً.

4. رقم السيتان Cetan Number

هو قياس نسبي للفاصل الزمني بين بداية الحقن وبداية الاشتعال الذاتي للوقود. كلما زاد رقم السيتان كلما كان فاصل التأخير أقصر وكلما زادت قابلية الاحتراق. ينتج عن الوقود ذو أرقام السيتان المنخفضة صعوبة تشغيل وضوضاء

ودخان عادم، وبشكل عام تعمل محركات الديزل بشكل أفضل على الوقود مع أرقام سيتان أعلى من 50. تعطي اختبارات السيتان معلومات عن جودة اشتعال وقود الديزل الحيوي.

5. الكثافة Density

هي الوزن لكل وحدة حجم، تحتوي الزيوت الأكثر كثافة على طاقة أكبر. على سبيل المثال وقود البنزين والديزل الحيوي يعطي طاقة مماثلة من حيث الوزن، ولكن الديزل أكثر كثافة وبالتالي يعطي طاقة أكثر لكل ليتر.

6. الوزن النوعي gravity

هو عبارة عن نسبة وزن حجم معين من الوقود إلى وزن حجم معين مساو له من الماء النقي، ويدل بصفة تقريبية على أنواع الوقود المختلفة التي تقسم إلى ثقيلة ذات أوزان نوعية مرتفعة، وخفيفة ذات أوزان نوعية منخفضة وقد تتساوى بعض أنواع الوقود في أوزانها النوعية إلا أنها تختلف اختلافا كبيرا في درجة اللزوجة وخاصية نوع الاشتعال وهما الخاصيتان الأهم في خصائص وقود الديزل، ويرتبط الوزن النوعي للوقود مع قيمته الحرارية ارتباطا وثيقا ويمكن قياس الوزن النوعي للوقود بواسطة جهاز خاص يسمى الهيدروميتر.

الانبعاثات النفثية الناتجة عن الديزل الحيوي[9]

الانبعاثات المعيارية تكون منخفضة مع استخدام الديزل الحيوي، كما أن استخدام الديزل الحيوي في بعض أصناف محركات الديزل غير المعدلة مثل Cummins N14 يؤدي إلى انخفاضات جوهرية للهيدروكربونات غير المحترقة، تبلغ عند استخدام الديزل الحيوي 93% أقل منه عند استخدام الديزل البترولي.

اضافة لما سبق يمكن ذكر الانبعاثات الغازية:

1. أول أكسيد الكربون:

كانت الانبعاثات النفثية من أول أكسيد الكربون (وهو غاز سام جداً) عند استخدام الديزل الحيوي أقل من انبعاثات أول أكسيد الكربون عند استخدام الديزل البترولي بنسبة 50-60 %.

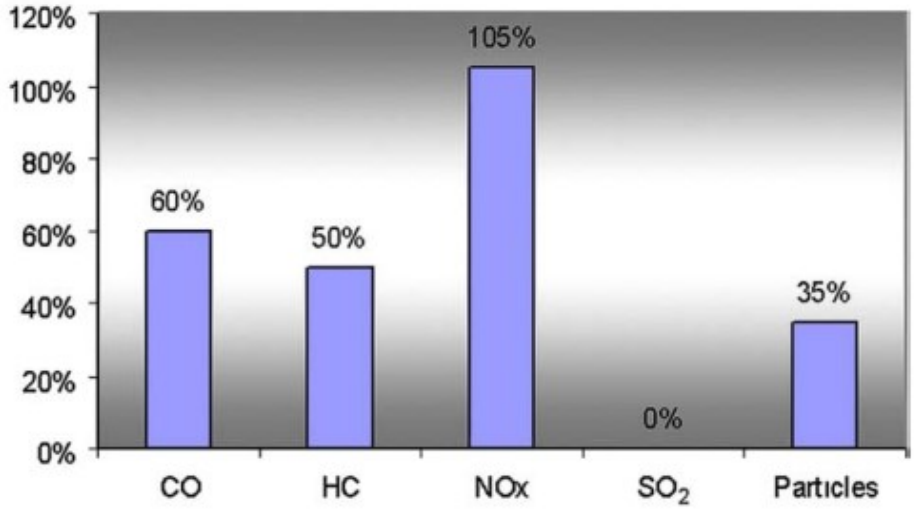
2. أكاسيد الأزوت:

تزداد انبعاثات أكاسيد الازوت NO_x من الديزل الحيوي أو تنخفض تبعاً لنوع المحرك، فقد أشارت بعض التجارب إلى انخفاض NO_x بنسبة 30 % عند استخدام الديزل الحيوي، بينما أظهرت اختبارات أخرى زيادة نسبة NO_x بنسبة 5-13 % عند استخدام الديزل البترولي.

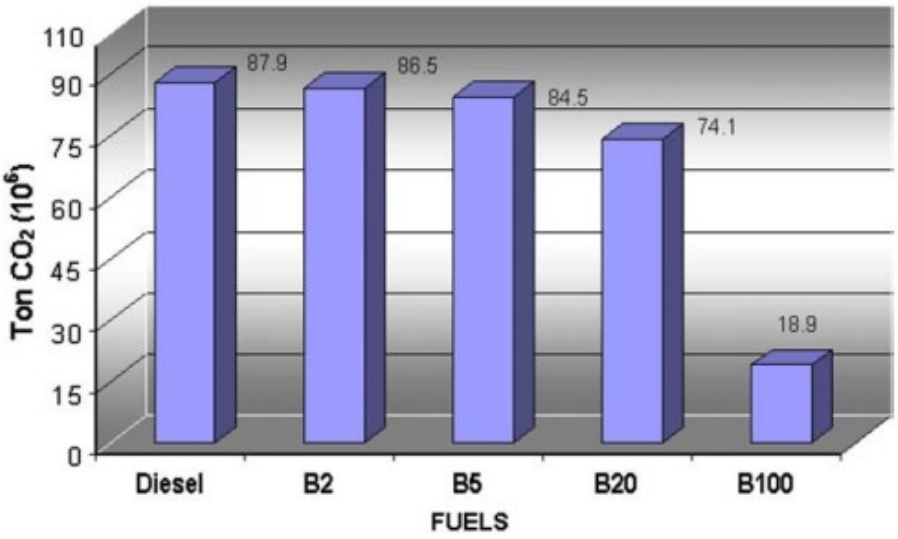
3. الهباب:

إن الجزيئات النفثية تمثل مصدر خطر على الصحة الإنسانية، فالانبعاثات النفثية للمادة الهبابية من الديزل الحيوي تبلغ حوالي 30-35 % أقل من انبعاثات الهباب مقارنة مع الديزل البترولي.

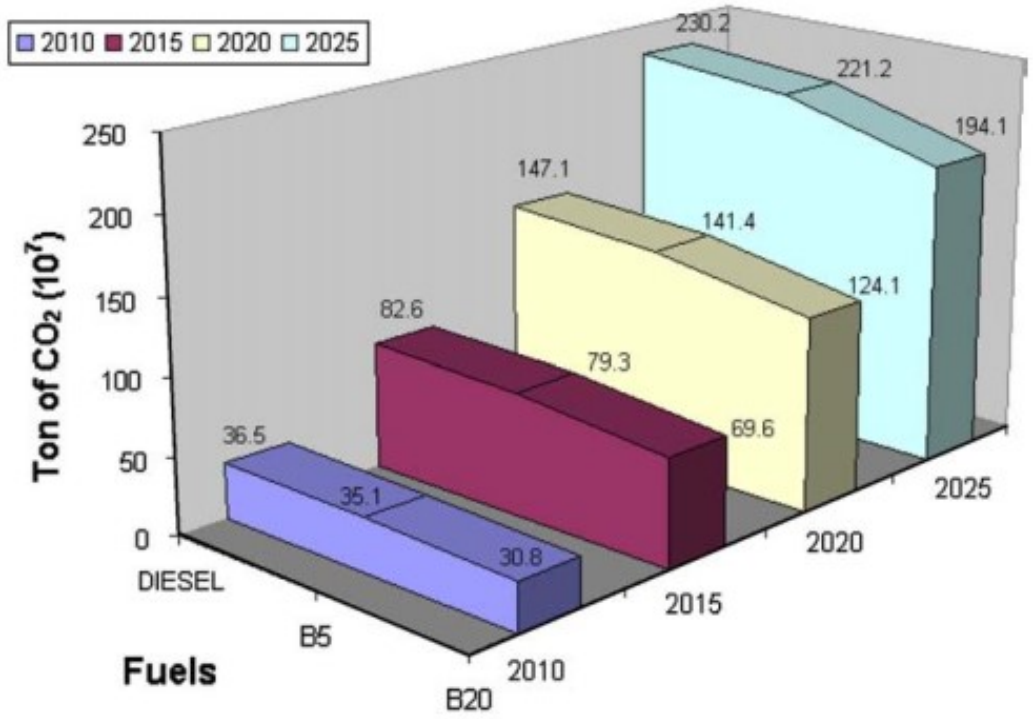
يمثل الشكل (4) النسب المئوية لتخفيض انبعاثات غازات أول أكسيد الكربون وأكاسيد الآزوت وأكاسيد الكبريت والهيدروكربونات والجزيئات الصلبة الناتجة عن وقود الديزل الحيوي النقي مقارنة بانبعاثات الديزل البترولي، ويمثل الشكل (5) تغير كمية غاز ثنائي أكسيد الكربون الناتج عن احتراق أنواع مختلفة من الوقود (ديزل بترولي- ديزل حيوي نقي B100 – ديزل حيوي ممزوج مع الديزل البترولي بنسب مختلفة -B02-B05-B20)، ويظهر من الشكل انخفاض كمية CO_2 الناتج مع زيادة نسبة مزج الديزل الحيوي مع الديزل البترول ، حيث انخفضت الكمية من $87.9*10^6$ ton في حالة احتراق الديزل البترولي إلى $18.9*10^6$ ton في حالة احتراق الديزل الحيوي النقي ونسبة التخفيض في اصدار الغاز وصلت % 78.5 ، **أما الشكل (6)** فيمثل تغير كميات انبعاث غاز CO_2 الناتج عن احتراق وقود الديزل البترولي النقي مقارنة مع الديزل الحيوي B05 ، والديزل الحيوي B20 ، خلال الأعوام 2025-2020-2015-2010 في البرازيل[10] .



الشكل 4. الانبعاثات الغازية الناتجة عن احتراق وقود الديزل الحيوي النقي B100، اعتبرت القيمة % 100مستوى الانبعاث في محرك الديزل البترولي



الشكل 5. تغير كميات انبعاث غاز CO_2 الناتج عن احتراق وقود الديزل البترولي النقي والديزل الحيوي النقي B100 والديزل الحيوي الممزوج بنسب مختلفة مع الديزل البترولي



الشكل 6. تغير كميات انبعاث غاز CO_2 الناتج عن احتراق وقود الديزل البترولي النقي والديزل الحيوي B05 والديزل الحيوي B20 خلال الأعوام 2010-2015-2020-2025

الجانب التطبيقي

إن تزايد انتاج زيوت ودهون الطبخ المستخدمة وبشكل خاص زيوت القلي المستخدمة من مصادر منزلية وصناعية، تشكل مشكلة متنامية في سوريا وحول العالم كله، ففي سوريا تُطرح عشرات الآلاف من الليترات من الزيوت النباتية والدهون الحيوانية المستخدمة في شبكات الصرف الصحي بدون معالجة، كما يُطرح في مجاري الأنهار والينابيع كميات لا يستهان بها من تلك النفايات، وهكذا تزيد هذه النفايات كلفة معالجة التيارات المتدفقة، وتلوث المجاري المائية، أو قد تدخل في السلسلة الغذائية عبر التغذية الحيوانية، وبالتالي تصبح سبباً محتملاً للمشاكل الصحية الإنسانية.

لذلك فإن هذا البحث اذ يسلط الضوء على مشكلة بيئية يتعرض لها النظام البيئي في سوريا، فإنه يقدم طريقة آمنة للتخلص من هذه النفايات، واقتصادية، وسهلة التطبيق العملي وواعدة في الحصول على منتج أساسي صديق للبيئة هو الديزل الحيوي. عولجت هذه الزيوت المستعملة بطرق بسيطة وحولت إلى وقود الديزل الحيوي للتخلص من درجة لزوجتها العالية التي تسبب تشكل رواسب كربونية داخل محركات الاحتراق الداخلي، ومن أبسط الطرق هي عملية الأسترة التحويلية (التبادلية) باستخدام الميثانول في وسط قلوي، وإعطاء منتج ثانوي يشكل مصدراً آخر للربح هو الغليسيرين، الذي يباع إلى معامل الصابون. وسوف تستعرض بالتفصيل خطوات انجاز هذا البحث والأدوات المستخدمة والجدوى الاقتصادية، وسيتم التعرف على مواصفات المنتج المرغوب لمقارنتها مع المواصفات القياسية العالمية ودراسة الأثر البيئي لهذا المنتج.

لقد عرفت الجمعية الأميركية لاختبارات الوقود الحيوي الديزل الحيوي على أنه أستر أحادي الألكيل ذو سلاسل طويلة، تم انتاجه من أحماض دهنية أخذت من مصادر متجددة ليتم استخدامها في محركات الديزل.

النسبة الممزوجة من الديزل الحيوي يدل عليها ب BX حيث X هي نسبة الديزل الحيوي[12].

الدراسة العلمية والتجريبية:

أنتج أستر ميتيل الأحماض الدهنية من زيت دوار الشمس الجديد والمستعمل، في حالتين مختلفتين: وجود وعدم وجود وسائط غير متجانسة، عند نسب حجمية مختلفة ميثانول إلى زيت، وأزمنة تفاعل مختلفة، ودرجة حرارة ثابتة 65 °C، وسرعة تحريك ثابتة 900 دورة/دقيقة.

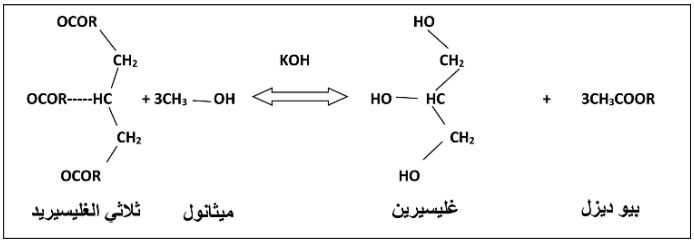
استخدم كحول قصير السلسلة (الميثانول) عوضاً عن الإيثانول بسبب مزاياه الفيزيائية والكيميائية، إلى جانب تفاعله السريع مع ثلاثي الغليسيريد ويمكن أن ينحل KOH فيه بسهولة[9, 11, 14, 16].

في الحالة الأولى استخدمت ماءات البوتاسيوم كوسيط ولتأمين الوسط القلوي لتفاعل الأسترة بين الدهون الثلاثية والكحول قصير السلسلة في نظام متجانس.

في الحالة الثانية استخدم وسيط صلب غير متجانس من أكاسيد المعادن المحملة على الغضار كعامل حفاز لتفاعل الأسترة بين الغليسيريد الثلاثي والكحول الميتيلي في نظام غير متجانس. هذه الوسائط غير المتجانسة عالجت

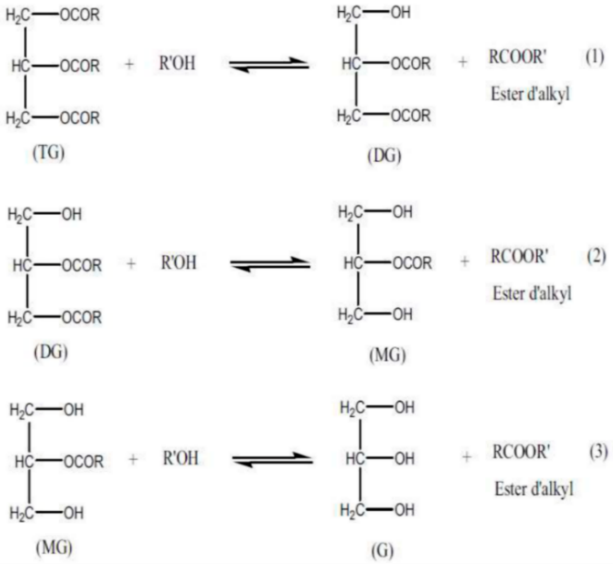
عيوب استخدام الوسائط المتجانسة التي تبقى في نواتج التفاعل، والتي يجب تنظيف المنتج منها، كما أن كلفتها أقل من كلفة الوسيط المتجانس ولا تذوب في الميثانول، وذات قلوية مرتفعة، ويمكن فصلها بسهولة كبيرة عن النواتج [11].

في هذه العملية تم تحويل زيت دوار الشمس إلى ثنائي غليسيريد وأحادي غليسيريد وأخيراً إلى الغليسيرين وأسترات، في كل خطوة تم إنتاج أستر، وبالتالي تم إنتاج ثلاثة جزيئات أستر من جزء واحد من الزيوت. ويمثل الشكل (7) معادلة تفاعل الأسترة [9, 11, 12, 14]:



الشكل 7. تفاعل الأسترة

استخدمت كمية فائضة من الكحول الميتيلي لحرف التفاعل نحو اليمين، لأن التفاعل عكوس، وكذلك لإنتاج الغليسيرين كمنتج ثانوي. عندما تم تحويل الزيوت إلى دهون ثنائية ثم إلى دهون أحادية وأخيراً إلى غليسيرين، فإن كل مول واحد من الزيت نتج عن تحويله جزيئة أستر في كل خطوة [9, 11, 15] . يمثل الشكل (8) مراحل تفاعل الأسترة .



الشكل 8. مراحل تفاعل الأسترة

إن معظم كمية الديزل الحيوي المصنع في الوقت الحاضر تم انتاجها من الزيت النباتي المستهلك لأسباب اقتصادية، باستخدام عملية الأسترة التحويلية المحفزة قلوياً، باستخدام كحول الميثانول، بوجود وسيط قلوي نظراً لقدرة هذا الوسيط مقارنة مع الوسيط الحامضي على انهاء تفاعل الأسترة بسرعة أكبر بشكل خاص عندما يكون محتوى الأحماض الدهنية الحرة في الزيوت منخفضاً ومعدل التفاعل في هذه الحالة يكون أسرع بألف مرة[16] .

عند وجود الأحماض الدهنية الحرة فإن الوسائط القلوية تسبب تفاعل التصبن عندما تتفاعل مع هذه الحموض الحرة، في هذه الحالة يفضل استخدام الوسائط الحامضية.

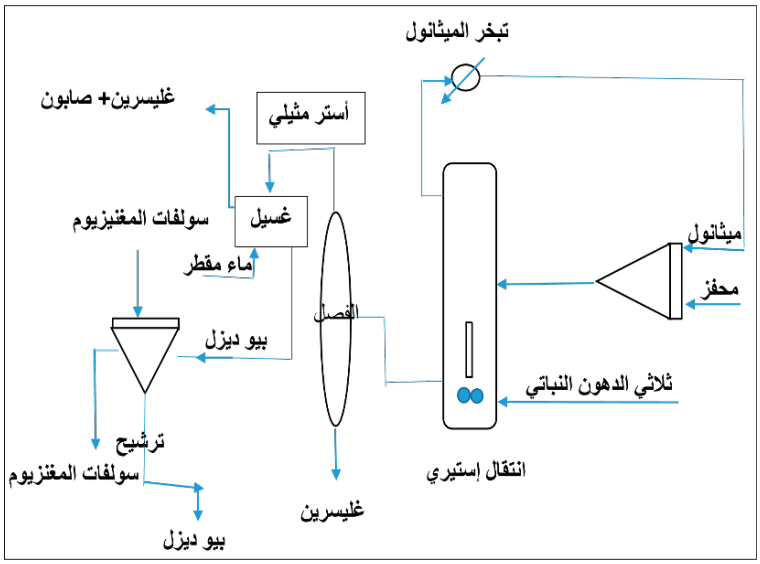
الوسائط القلوية: هناك نوعان للوسائط القلوية:

a. وسائط قلوية متجانسة:

إن الوسيط القلوي المتجانس في تفاعلات الأسترة والأكثر شيوعاً هو ماءات البوتاسيوم KOH وماءات الصوديوم NaOH، ويعتبر وسيط ماءات الصوديوم مفضلاً أكثر نظراً لكلفته المنخفضة، ولكن وسيط ماءات البوتاسيوم أكثر ذوباناً في الكحول الميتيلي، ويعطي قدرة فصل أسهل للوقود الحيوي والغليسيرين، لذلك وقع عليه الاختيار للعمل.

b. وسائط قلوية غير متجانسة:

عندما يكون الوسيط غير متجانس فإن تفاعل الأسترة الوسيطية غير المتجانسة يندرج ضمن مصطلح التكنولوجيا الخضراء بسبب سهولة استرجاع الوسيط، وسهولة فصل الديزل الحيوي عن الغليسيرين، ولا حاجة في هذه العملية إلى عمليات غسل الديزل الحيوي الناتج مقارنة بعملية الأسترة الوسيطية المتجانسة التي تحتاج الكثير من الطاقة والماء والزمن، ولا يمكن إعادة استخدام الوسائط المستخدمة فيها، بينما يتم فصل الوسائط غير المتجانسة بسهولة ويمكن استخدامها عدة مرات. يمثل الشكل (9) رسما توضيحيا لإنتاج الديزل الحيوي صناعياً :



الشكل 9. إنتاج الديزل الحيوي صناعياً

مراحل انتاج الديزل الحيوي مخبرياً:

تم في هذا الإجراء التجريبي دراسة العوامل المؤثرة على تفاعل انتاج الديزل الحيوي بهدف تحديد الشروط المثلى للتفاعل، ودراسة مواصفات الديزل الحيوي وتحديد كفاءة هذا المنتج لاستخدامه كوقود لمحركات الاحتراق

الداخلي، من خلال التعرف على مواصفاته ومقارنتها مع المواصفات القياسية لوقود الديزل البترولي النموذجي، ومن ثم الوصول إلى الاستنتاجات والتوصيات حول كيفية استخدام هذا المنتج وتعليمات الأمان والسلامة.

الطريقة المستخدمة:

استخدمت في هذا البحث طريقة تفاعل الأسترة المحفزة قاعدياً كونها الطريقة الأمثل لإنتاج الديزل الحيوي، وأيضاً اتبعت نفس الطريقة ولكن بوجود وسيط صلب غير متجانس مكون من أكسيد الفناديوم المحمل على غضار البنتونيت، في وسط التفاعل.

الأجهزة والأدوات والمواد اللازمة:

يمثل الجدول (3) الأجهزة والأدوات والمواد المستخدمة في البحث، ويمثل الجدول (4) المواد المستخدمة في البحث وبلد المنشأ والكثافة. أما الشكل (10) فيمثل المواد المستخدمة في إنتاج الديزل الحيوي:

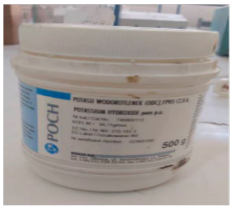
الجدول 3. الأجهزة والأدوات والمواد المستخدمة

الأجهزة	الأدوات	المواد
سخان كهربائي يمكن التحكم فيه بدرجة الحرارة وسرعة التحريك المغناطيسي والزمن. جهاز طرد مركزي.	دورق فصل ذو عنق وسدادة محكمة الاغلاق. أقماع فصل. ماصة زجاجية. أنابيب مدرجة. بيشر. قضيب تحريك مغناطيسي.	زيت دوار الشمس جديد. زيت دوار الشمس مستعمل. ميثانول ذو نقاوة % 99.9. ماءات البوتاسيوم. ماء مقطر. أكسيد الفناديوم محمل على غضار البنتونيت

الجدول 4. المواد المستخدمة في البحث وبلد المنشأ والكثافة

المنتج	الكثافة kg/m^3	المنشأ
زيت دوار الشمس مستعمل	940	SYRIA
زيت دوار الشمس الجديد	915	SYRIA
الميثانول % 99.9	972	SCHARLAU, SPAIN
ماءات البوتاسيوم	-	RIEDEL-DE HAEN A.-G., GERMAN

زيت نباتي



الشكل 10. المواد المستخدمة في إنتاج الديزل الحيوي

طريقة العمل: تضمن العمل إجراء التفاعلات وفق ثلاث مراحل هي:

المرحلة الأولى:

سُكب 50 ml من الزيت النباتي في دورق زجاجي ذو عنق، وسخن إلى درجة حرارة تصل إلى 80 °C للتخلص من الماء الزائد الذي قد يكون موجود في الزيت.

المرحلة الثانية:

بُرد الزيت إلى درجة حرارة التفاعل المرغوبة والتي ثبتت في كل التجارب عند 65 °C، مع التحريك بسرعة ثابتة تصل إلى 900 دورة/دقيقة.

المرحلة الثالثة:

أضيف كحول الميتانول إلى الزيت بنسب تراوحت بين 0.1-0.6 حجماً، ودُرس تأثير ماءات البوتاسيوم المضافة إلى المنظومة بنسبة مئوية تراوحت بين 1-2 وزناً.

يمثل التفاعل التالي تشكل ميثوكسيد البوتاسيوم:

$$CH_3OH + KOH \longrightarrow CH_3OK + H_2O$$

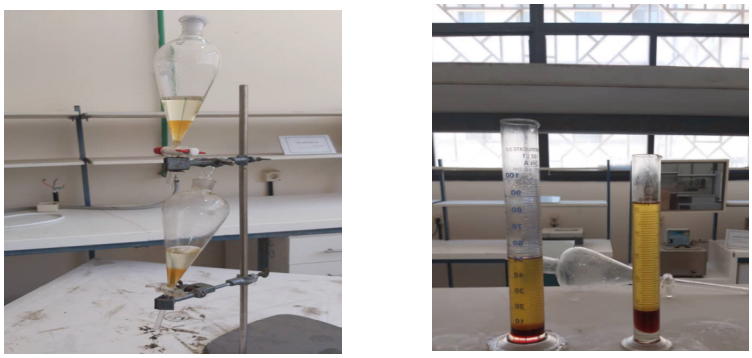
المرحلة الرابعة: أ

أُضيف الميثوكسيد عند درجة حرارة ثابتة 65°C وسرعة تحريك ثابتة 900 دورة/دقيقة، وبعد نصف ساعة فقط تشكلت طبقتان، وبذلك تم تفاعل الأسترة التحويلية، وبعد ذلك فُصلت الأجهزة وأوقفت العملية.

أعيدت التجربة السابقة نفسها ولكن بإضافة وسيط صلب غير متجانس مكون من أكسيد الفناديوم المحمل على البنتونيت المشوي، فكانت النتائج واعدة جداً حيث تم تفاعل الأسترة التحويلية خلال 15 دقيقة فقط، وبذلك أُختصر زمن التفاعل الى النصف.

عملية الفصل:

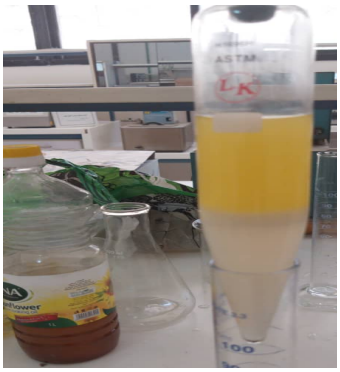
وضع المحلول الناتج عن التفاعل في قمع الفصل، وبعد مدة زمنية تراوحت بين 4 -7 دقائق تشكلت طبقتان، الطبقة العليا هي الديزل الحيوي والطبقة السفلى هي الغليسيرين، ثم فُصل الديزل الحيوي عن الغليسيرين. يمثل الشكل (11) تشكل طبقتان من الديزل الحيوي والغليسيرين لدى استخدام زيت نباتي مستعمل وجديد.



الشكل 11. تشكل طبقتان من الديزل الحيوي والغليسيرين الناتجتين عن زيت نباتي مستعمل وزيت جديد

عملية الغسيل:

غُسل الديزل الحيوي الناتج عدة مرات بالماء المقطر لنزع بقايا الكحول والغليسيرين، مع رجٍ خفيف وببطء (الديزل الحيوي بعد الغسيل أصبح لونه أفتح منه قبل الغسيل)، وللتأكد أن الديزل الحيوي خال من الكحول والأملاح تم قياس قيمة pH لمياه غسيل الديزل الحيوي فكانت pH=6.49 علماً أن قيمة pH الماء المقطر قبل الغسل كانت pH=6.4. يمثل الشكل (12) الديزل الحيوي الناتج من الزيت المستهلك بعد الغسيل.



الشكل 12. الديزل الحيوي الناتج من الزيت المستهلك بعد الغسيل

عملية الترشيح:

تم ترشيح الديزل الحيوي باستخدام ورق ترشيح 0.45 µ m للتخلص من بقايا الغليسيرين العالقة في الديزل الحيوي على شكل شعيرات. يمثل الشكل (13) الديزل الحيوي الناتج والغليسرين الناتج عن زيت نباتي مستعمل وجديد.

الشكل 13. الديزل الحيوي الناتج والغليسرين

النتائج:

السلسلة الأولى من التجارب العملية: (حالة استخدام وسيط متجانس)

1) الأسترة التحويلية المتجانسة لزيت دوار شمس جديد، في وسط قلوي باستخدام KOH كوسيط، ودراسة تأثير النسبة الحجمية (كحول/زيت) على مردود الديزل الحيوي عند زمن قدره 30 دقيقة وتركيز ماءات البوتاسيوم 1 % وزناً. درست النسبة (ميثانول/زيت) في المجال (0.1-0.6) حجماً عند حجم ثابت للزيت وقدره 50 ml ودرجة حرارة ثابتة 65 °C وسرعة تحريك ثابتة 900 دورة/دقيقة. يمثل الجدول (4) نتائج تفاعل الأسترة التحويلية المتجانسة في وسط قلوي (زيت جديد).

الجدول 4. النتائج الأولية لتفاعل الأسترة التحويلية المتجانسة في وسط قلوي لزيت جديد

(كحول/زيت) Vol.	حجم طور الديزل الحيوي ml	حجم طور الغليسيرين ml	زمن ترسيب الغليسيرين (min)	نقاوة الديزل الحيوي
0.1	40	15	7	عكر قليلاً
0.2	47	13	6	عكر قليلاً
0.4	57	13	6	عكر قليلاً
0.6	67	13	6	عكر قليلاً

سُخن الديزل الحيوي الناتج إلى درجة حرارة أعلى بقليل من 70° C لتخليصه من الميثانول الفائض المتبقي، مع الاستمرار في التسخين حتى ثبات حجم الديزل الحيوي الناتج، وحسبت مرة أخرى حجوم الديزل الحيوي الناتج.

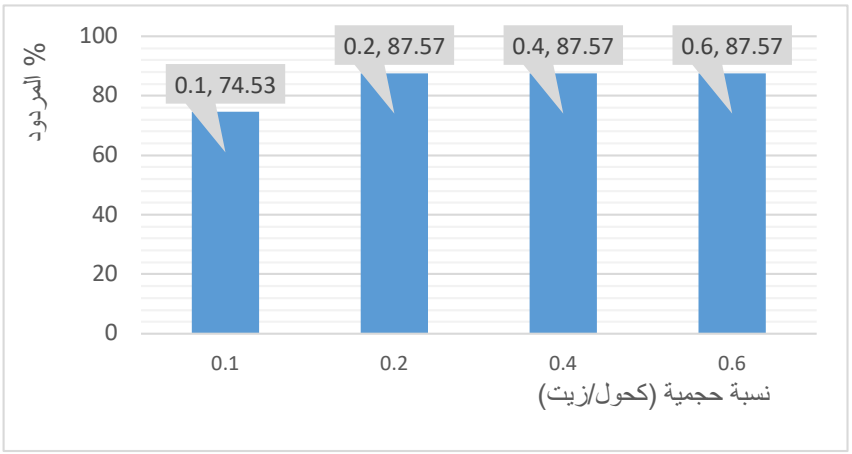
يمثل الجدول (5) النتائج النهائية لتفاعل الأسترة التحويلية المتجانسة في وسط قلوي لزيت جديد، علماً أن كثافة الزيت الجديد المستخدم $0.91 g/cm^3$.

$$\text{المردود} = \frac{\text{حجم الديزل الحيوي} \times \text{كثافة الديزل الحيوي}}{\text{حجم الزيت} \times \text{كثافة الزيت}} \times 100$$

الجدول 5. النتائج النهائية لتفاعل الأسترة التحويلية المتجانسة في وسط قلوي لزيت جديد

Vol.(كحول/زيت)	حجم الديزل الحيوي ml	حجم الغليسيرين الناتج ml	المردود %
0.1	40	15	74.53
0.2	47	13	87.57
0.4	47	13	87.57
0.6	47	13	87.57

من هذه النتائج استنتج أن أفضل نسبة (كحول/زيت) هي 0.2 حجماً. يمثل الشكل (14) تغير المردود مع تغير النسبة الحجمية (كحول/زيت) للديزل الحيوي الناتج من الزيت الجديد.



الشكل 14. تغير المردود مع تغير النسبة (كحول/زيت) للديزل الحيوي الناتج من الزيت الجديد

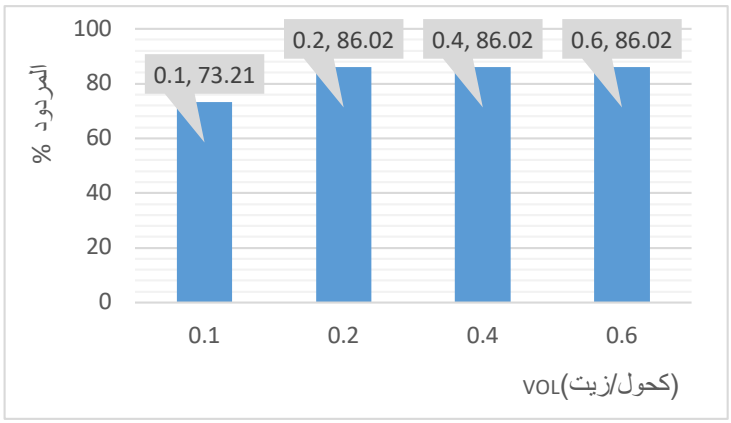
2) أعيدت التجربة باستخدام KOH عند التركيز 2 %، تم الحصول على نتائج متقاربة جدا مع النتائج السابقة، وبالتالي لا يوجد جدوى من إضافة ماءات البوتاسيوم بتراكيز أعلى من 1 % وزناً، ويمكن اعتبار التركيز 1 % أمثلياً.

3) لدى استخدام زيت دوار الشمس المستعمل واتباع نفس المنهجية السابقة في العمل، وعند نفس الشروط المطبقة، تم الحصول على نتائج مشابهة للنتائج السابقة، لكن لون الديزل الحيوي والغليسيرين الناتجين كانا أغمق مقارنة مع حالة استخدام زيت جديد، كما أن مردود التفاعل من الديزل الحيوي انخفض قليلاً. يمثل الجدول (6) النتائج النهائية لتفاعل الأسترة التحويلية المتجانسة في وسط قلوي لزيت مستعمل.

الجدول 6. النتائج النهائية لتفاعل الأسترة التحويلية المتجانسة في وسط قلوي لزيت مستعمل

Vol.(كحول/زيت)	حجم الديزل الحيوي (ml)	حجم الغليسيرين (ml)	زمن ترسيب الغليسيرين (min)	نقاوة الديزل الحيوي	المردود %
0.1	40	15	7	عكر قليلاً	73.21
0.2	47	13	6	عكر قليلاً	86.02
0.4	47	13	6	عكر قليلاً	86.02
0.6	47	13	6	عكر قليلاً	86.02

4) من هذه النتائج استنتج أيضاً أن أفضل نسبة (كحول/زيت) هي 0.2 حجماً، وذلك عند النسبة المثلى للوسيط المتجانس ماءات البوتاسيوم وهي 1 % وزمن تفاعل 30 دقيقة ودرجة حرارة 65° C . يمثل الشكل (15) تغير المردود عند تغير نسبة (كحول/زيت) للديزل الحيوي الناتج من الزيت المستعمل.



الشكل 15. تغير المردود مع تغير نسبة كحول/زيت للديزل الحيوي الناتج من الزيت المستعمل

تحديد خصائص الديزل الحيوي الناتج في حالة استخدام زيت جديد ومستعمل:

حُللت عينات الديزل الحيوي الناتجة في الحالتين السابقتين عن الأسترة التحويلية باستخدام وسيط قلوي متجانس لكل من الزيت الجديد والمستعمل، لتحديد خواصها الفيزيائية مثل الكثافة واللزوجة والحجم النوعي ورقم السيتان ونقطة الوميض ولُخصت النتائج في الجدول رقم (7). يمثل الشكل (16) أجهزة قياس بعض خصائص الديزل الحيوي.

الجدول 7. الخصائص الفيزيائية لوقود الديزل الحيوي الناتج من الأسترة التحويلية المتجانسة في وسط قلوي

الخصائص	زيت جديد	زيت مستعمل
الكثافة kg/m^3	0.8524	0.8602
اللزوجة الحركية mm^2/sec	4.28	5.23
API gravity	34.501	32.99
T 90 % - ˚C	333	334
رقم السيتان (ASTM D976)	50.87	49.20
مؤشر السيتان (ASTM D4737)	62.5	61
نقطة الوميض - ˚C	110	113

جهاز قياس نقطة الوميض

جهاز تقطير

جهاز قياس اللزوجة

الشكل 16. بعض الأجهزة التي استخدمت لتحديد خصائص الديزل الحيوي

السلسلة الثانية من التجارب العملية: (حالة استخدام وسيط غير متجانس)

1- تحضير الوسيط الصلب غير المتجانس:

حُضِّر حامل الوسيط من عجينة الغضار المستخدمة في صناعة الفخار(غضار البنتونيت)، على شكل خيوط معكرونة بطول cm (2 - 1) و قطر mm (3 - 2)، وبعد تجفيفه لمدة 24 ساعة في الهواء، جفف عند درجة الحرارة C ° 150 في فرن تجفيف، ثم كُلِس في فرن حرق عند الدرجة C ° 800 وفق برنامج حراري أعد مسبقاً؛ أما الوسيط فقد حضِر بطريقة التشريب الرطب لملح فنادات الأمونيوم NH_4VO_3 على الحامل الغضاري المشوي مدة 24 ساعة، وبعد الترشيح والغسيل بالماء المقطر عدة مرات، جفف الوسيط مدة 24 ساعة في الهواء، ثم مرة أخرى عند الدرجة 150 درجة مئوية، وبعد ذلك كلّس عند درجة الحرارة المناسبة C ° 500 مدة 4 ساعة.

يمثل الشكل رقم (17)الوسيط الصلب غير المتجانس المكون من أكسيد الفناديوم المحمل على الغضار المشوي.

استخدم لتحليل هذا الوسيط، جهاز الامتصاص الذري (AAS) جهاز200- Spectra AA، وبواسطته تم تحديد النسب المئوية الحقيقية للأكاسيد المكونة لكل من الحامل والوسيط على حد سواء، وبالتالي تم التعرف على نسب تحميل الحامل الغضاري المشوي بأكسيد الفناديوم المحمل. يمثل الجدول (8) النسب المئوية لأكسيد الفناديوم قبل وبعد التشريب، علماً أن تركيز الأكسيد النظري في محلوله الملحي هو 5 % V_2O_5. حلل الوسيط أيضاً باستخدام جهاز BET لحساب سطحه النوعي فكان 180 m^2/g.

الشكل 17. الوسيط الصلب المكون من أكسيد الفناديوم المحمل على الغضار المشوي.

الجدول 8. النسب المئوية للأكاسيد المعدنية قبل وبعد التشريب

% الأكسيد	الحامل	الوسيط
Fe_2O_3	8.17	8.25
V_2O_5	-	1.84
TiO_4	2.03	1.82
Al_2O_3	7.93	7.87
Cr_2O_3	0.027	0.029
MgO	1.66	1.64
CaO	28.94	27.89
SiO_2	40.20	39.59
الفاقد عند 900 ^oC	11.76	9.95
Σ %	100.76	98.89

2- الأسترة التحويلية الوسيطية غير المتجانسة في حالة استخدام وسيط صلب غير متجانس مكون من أكسيد الفناديوم المحمل على الغضار:

أجري تفاعل الأسترة الوسيطية غير المتجانسة في وسط قلوي تم تأمينه من خلال إضافة KOH حتى الوصول إلى pH=9 عند التركيز KOH 1 %، ونسبة حجمية (كحول/زيت) = 0.2، وطبقت نفس الشروط المطبقة في التفاعلات السابقة. يمثل الجدول (9) نتائج الأسترة التحويلية للزيت الجديد والمستعمل، عند الشروط المثلى للتفاعل باستخدام وسيط صلب غير متجانس. أظهرت النتائج تقليص زمن تفاعل الأسترة إلى النصف في حال استخدام وسيط غير متجانس سواء للزيت الجديد أو المستعمل، ونقاوة الديزل الحيوي الناتج مقارنة مع حالة استخدام وسيط متجانس، وسرعة كبيرة في فصل طور الديزل الحيوي عن الغليسرين، كل هذه الميزات تجعل من الوسيط غير المتجانس وسيطاً واعداً للاستخدام في تفاعلات الأسترة التحويلية للزيوت الجديدة أو المستعملة.

الجدول 9. النتائج النهائية لتفاعل الأسترة التحويلية للزيت الجديد والمستعمل باستخدام وسيط صلب غير متجانس

الزمن- (min)	10	15	20	30
حجم الديزل الحيوي -ml	لم يكتمل التفاعل	53	53	53
حجم الغليسيرين -ml	لم يكتمل التفاعل	7	7	7
نقاوة الديزل الحيوي	-	نقي ورائق	نقي ورائق	نقي ورائق
المردود %- زيت جديد	-	99	99	99
المردود %- زيت مستعمل	-	97	97	97

3- تحليل خصائص الديزل الحيوي الناتج عن الأسترة التحويلية الوسيطية غير المتجانسة للزيوت:

أظهر تحليل خصائص الديزل الحيوي الناتج بعض الاختلاف في حالة وجود وسيط صلب غير متجانس، ويمثل الجدول (10) خصائص الديزل الحيوي الناتج من الأسترة التحويلية باستخدام وسيط صلب غير متجانس.

لوحظ انخفاض في كثافة ولزوجة ورقم السيتان للديزل الحيوي الناتج عن أسترة الزيت المستعمل، مقارنة مع حالة الأسترة الوسيطية المتجانسة، وزيادة في نقطة الوميض.

جدول 10. خصائص الديزل الحيوي الناتج من الأسترة التحويلية باستخدام وسيط صلب غير متجانس

الخصائص	زيت جديد	زيت مستعمل	المواصفة القياسية [17]
الكثافة g/cm^3	0.8504	0.8591	0.85-0.89
اللزوجة mm^2/sec	4.18	5.06	2.3-6.0
API	34.89	33.207	-
T 90 % - °C	335	335	Max. 360
رقم السيتان (ASTM D970)	51.66	49.46	At least 46 EN ISO 5165:1998
مؤشر السيتان (ASTM D4737)	64.8	61	At least 51 EN ISO 4264:1996
نقطة الوميض - °C	115	120	Min. 100
Free Fatty Acid mg KOH/g_{oil}	0.2	0.3	Max. 0.8

النتائج:

1. النسبة الحجمية المثلى (كحول/زيت) هي 0.2 لأن النسبة الأقل أعطت مردود منخفض، والنسبة الأعلى أعطت نفس المردود، بالتالي فإن استخدام نسب حجمية أعلى يترتب عليه كلفة اقتصادية أعلى، دون زيادة في المردود.
2. زمن التفاعل الأمثل هو 15 min في حال وجود وسيط صلب غير متجانس، ونصف ساعة في حال وجود وسيط صلب متجانس، وهو أخفض زمن يحدث عنده التفاعل وبأعلى مردود للديزل الحيوي الناتج.
3. النسب العالية من الكحول إلى الزيت غير مفيدة في زيادة كفاءة التحويل، بل تجعل التفاعل معقداً، وتزيد كلفة الإنتاج، وتسبب صعوبات في تكرير وقود الديزل الحيوي، وتخفيض اللزوجة والكثافة ونقطة الوميض.
4. عزَز استخدام الوسائط الصلبة غير المتجانسة عملية اختلاط الزيت والكحول، وسرَع معدل تفاعل الأسترة التحويلية، بالتالي خفض الزمن اللازم لإتمام العملية إلى النصف، وفُصل الديزل عن الغليسرين بوقت قصير جداً دون الحاجة لتقنيات جديدة للفصل، ولا لزمن ترقيد طويل، حيث لم يتعدى زمن الفصل بضع دقائق، وكان

الديزل الناتج نقياً جداً وبشفافية كبيرة ولم تتغير مواصفاته بعد الترشيح، وبمقارنة نتائج تحاليل الديزل الحيوي في الحالتين (وسيط متجانس – وسيط غير متجانس) لوحظ أن مواصفات المنتج في حالة الأسترة الوسيطية غير المتجانسة، أفضل من حالة استخدام وسيط متجانس، لذلك يوصى بتطبيق هذه الشروط للحصول على أفضل النتائج.

5. حقق البحث نتائج واعدة من حيث إعادة تدوير الزيوت المستعملة بتكاليف بسيطة، وبتقنيات سهلة جداً.
6. تطابقت المواصفات القياسية للديزل الحيوي المنتج مع المواصفات القياسية العالمية.
7. يمكن إجراء عدد كبير من التجارب باستخدام الوسيط غير المتجانس دون أن يتعرض الوسيط للتلف.

التوصيات:

1. استخدام وسيط صلب غير متجانس مفيد لتسريع العملية، واختصار الزمن، وتقليل الكلفة الاقتصادية للعملية بشكل كبير، لذلك يوصى باستخدام هذه الأنواع من الوسائط، وإجراء أبحاث جديدة على استخدام وسائط مشابهة مثل القطع الفخارية، وخاصة التالفة لإعادة استخدامها كوسيط ناجح بالعملية، وتحضير وسائط أخرى من أكاسيد المعادن المحملة على أنواع الغضار المختلفة واختبار كفاءتها.
2. دراسة تأثير تراكيز مختلفة من الوسيط غير المتجانس على الإنتاجية، وتحديد التركيز الأمثل للتفاعل، علماً أن تركيز الوسيط غير المتجانس المستخدم كان 1 % فقط.
3. تعميم تجربة إنتاج الديزل الحيوي على جميع أنواع الزيوت والدهون الحيوانية وإعادة تدويرها، حيث لم تتوفر معلومات عن استخدام هذه النفايات لإنتاج الديزل الحيوي.
4. استخدام الناتج الثانوي للعملية (الغليسيرين) في معامل تصنيع المنظفات الكيميائية.
5. إنشاء شبكة مصائد الدهون والزيوت على مخارج الصرف الصحي من المطاعم والمنازل، وتجميع هذه الفضلات في محطات المعالجة.
6. تأمين وسائل تصريف المواد المفيدة المستخلصة من خلال التعاقد مع وزارة النقل للاستفادة من الديزل الحيوي والتعاقد مع الشركات الدوائية للاستفادة من الغليسيرين.
7. من الممكن تعميم تجربة انتاج الديزل الحيوي من الزيوت المستهلكة على جميع البلدان العربية، وعدم اقتصارها على الجمهورية العربية السورية.
8. تصميم وتصنيع وتنفيذ وحدة متنقلة لإنتاج الديزل الحيوي من الزيوت المستهلكة، وهذه الوحدة توفر تكاليف نقل الزيوت، وتؤمن اليد العاملة والاختصاصيين والخبراء كفريق عمل متكامل يسهل انجاز العملية.

المراجع

1- كتاب الطاقة البديلة، مصادرها واستخداماتها. د. سمير سعدون مصطفى – د. بلال عبدالله ناصر –محمود خضر سلمان.
2- الوقود الحيوي، الآفاق والمخاطر والفرص. د. موسى الفياض، م. عبير أبو رمان. المركز الوطني للبحث والإرشاد الزراعي. المملكة الأردنية الهاشمية.
3- تقارير منظمة الاغذية والزراعة الدولية 1990 (FAO) - 2008.
4- تقارير ونشرات هيئة الطاقة الذرية 2008 - 2001.
5- https://attaqa.net/2022/01/20/
6- تقرير الوقود الحيوي المتجدد، إعداد فيصل عبدالله الزنكوي. مراجعة هشام محمد جحيل- مدير إدارة الاقتصاد الكلي والسياسة المالية . د. خالد بسام الحمود مستشار صندوق النقد الدولي (IMF) بالإدارة.
7- Stratas Advisors, A Hart Energy Company. Global Biofuels Outlook to 2025 Paul Niznik. Biomass Research and Development Board, Technical Advisry Commihes, May 20,2015.
8- المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي – المجلد السادس والعشرون – العدد الرابع – ديسمبر 2016. الجدوى الاقتصادية لإنتاج الوقود الحيوي من نبات الجاتروفا كمصدر بديل للطاقة. د . ايمان علي محفوظ العجوزة. جامعة السويس.
9- Zahra, F. Mahyari., Zeinab K., Majid, K., Khadijeh, F. M., Biodiesel production from slaughter wastes of broiler chicken: a potential survey in Iran. Research Article. Published online: 10 January 2021.
10- Christian, R., C., João, Andrade de C., Jr., José, L. S., Biodiesel CO2 emissions: A comparison with the main fuels in the Brazilian market. FUEL PROCESSING TECHNOLOGY 90 (2009) 204 – 211, www. elsevier. com / locate / fuproc.
11- Syarifddin, O., Anwar, I. R., Muh, I., Andri, K., M., Biodiesel Production from Waste Cooking Oil through Transesterification Reaction Using CaO/ZnO as Catalys. ISSN: 04532198 Volume 62, Issue 04, April, 2020 -1333.
12- Panel, S., Brahma, B., Nath ,B., Basumatary, B., Pankaj, S`., Khemnath, P., Sanjay, B., Biodiesel production from mixed oils: A sustainable approach towards industrial biofuel production Chemical Engineering Journal Advances. Volume 10, 15 May 2022, 100284.

13- UFOP. Biodiesel 2014/2015: Report on the current situation and prospects, Berlin, 2016.

14- Luqman, B., Istadi, I., Purwanto, P. , Advanced Chemical Reactor Technologies for Biodiesel Production from Vegetable Oils - A Review . Department of Chemical Engineering, Diponegoro University, Indonesia . Received: 17 May 2016; Published: 11 Oct 2016.

15- Chen, K.S., Lin, Y.C., Hsu, K.H., Wang, H.K. Improving biodiesel yields from waste cooking oil by using sodium methoxide and a microwave heating system. Energy, 2012; 38(1): 151-156.

16- Micic, R.D., Tomić, M.D., Kiss, F.E., Nikolić-Djorić, E.B., Simikić, M. Influence of reaction conditions and type of alcohol on biodiesel yields and process economics of supercritical transesterification. Energy Convers. Manag., 2014; 86: 717-726.

17- Biodiesel SNI 7182:2015 System Information Standard Nasional Indonesia.

Biofuel production from used oils

Nova Ahmed Gomaa *

In this research, biodiesel was produced from the waste of used vegetable oil, and the results were compared with the case of using pure sunflower oil. The effect of each volumetric ratio (methanol/oil) was studied in the range (0.1-0.6). The ratio of potassium water catalyst for the transesterification reactions of oil to biodiesel was (1-2) % at a constant temperature of 65 C° and a constant stirring speed. After deducing the optimal ratios for methanol alcohol and the homogeneous medium potassium hydroxide, the results were compared with the case of using a heterogeneous medium with a concentration of 1% by weight and composed of vanadium oxide loaded on a carrier of grilled clay. The results showed that the optimal volumetric ratio for the alcohol/oil reaction is 0.2, and the optimal reaction time in the case of the homogeneous reaction is 30 minutes, this time was reduced by half in the case of the presence of the heterogeneous medium, and the biodiesel yield reached (97-99) % when the heterogeneous intermediate esterification reaction was carried out for both the used and the new oil, respectively.

* Ph.D. in Chemical Engineering

Abstract

Current state and future prospects of global economy and the potential repercussions on the global oil market

Maged Amer *

The global economy witnessed an unprecedented downturn during 2020, due to the Covid-19 pandemic, which had a major negative impact on the global oil markets. As the start of global economy recovery from the repercussions of the pandemic in 2021, supported by vaccination campaigns acceleration which greatly contributed to easing and abolishing mobility restrictions, global oil markets witnessed positive developments. But During 2022, the global economy faced several challenges that caused a slowdown in growth in its performance, and was surrounded by a great state of uncertainty about its future prospects. The most prominent challenge were the geopolitical tensions in Eastern Europe that put global energy security at risk, the record rises in global inflation rates that contributed to rise in energy prices, as well as the continuing concerns about the possible emergence of new variants of Covid. This was reflected on the global oil markets fundamentals, which witnessed remarkable fluctuations.

The study mainly aimed to shed light on the current and future developments in the global economy performance during the period (2019-2027), and to review the current and future developments of the global oil markets during the period (2019-2050). As well as showing the potential repercussions of economic developments on the future prospects of global oil markets.

The study includes three parts, the first part of was devoted to reviewing current state and future prospects for global economic developments according to international groups, the second part deals with global oil market indicators developments and their future prospects, and the third part focuses on the potential repercussions of developments in global economy on oil markets.

One of the most important conclusions of this study is that in the global oil markets developments are linked to a strong positive and mutual relationship with the global economy performance. As tracking the time periods that witnessed recession and downturn in global economy performance, it was found that global oil markets were negatively and significantly affected by this performance, along the value chain. On the other hand, global oil markets witnessed a recovery in the time periods that witnessed an improvement in the global economy performance.

Also, the study concluded that achieving stability and balance in the global oil markets with all its components is necessary to continue sustainable growth in the global economy performance. Therefore, attention is required to consolidating oil industry bases in OAPEC member states and enhance their production capacity, to ensure the achievement of global energy security. Especially since the international energy organizations outlook indicate that oil will continue to retain the biggest share in the global energy mix until 2050.

The main oil exporting countries (especially OAPEC member countries) have a great opportunity to maximize the benefits accrued from exceptional oil revenues achieved during 2022, which is one of the most important sources of their national income and contributes to achieving sustainable development, through building margins of Financial security, maintaining the momentum of public finance reforms, and advancing the implementation of economic transformation and diversification plans. In addition, member countries will be benefited from the shift in oil trade course, as a result of the Russian-Ukrainian crisis, as European countries seek to find an alternative to their oil purchases from Russia.

* Economic Expert, Director of the Economic Department, OAPEC, Kuwait.

Abstract

Role of Mature Oil Fields in Meeting the World Energy Demand

Eng. Torki Hasan Hemsh *

Mature oil fields are fields that have been producing for a long time at lower rates than their peak production. Giant mature fields are the main source of oil the world is currently producing. They might contain outdated wells and equipment, and some of them have infrastructure with relatively high risks in terms of environmental or safety issues. This does not mean that such fields have no value, there are many methods and techniques - generally classified as Improved Oil Recovery- to re- activate mature fields.

When considering the development of a mature field, the desired goal of the project must first be determined, the first step starts always from the careful analysis and evaluation of reservoir to identify any oil deposits which have not been discovered previously, and to categorize areas that have a higher saturation rate than others. Then eventually new technologies take over.

This study was divided into two chapters:

Chapter 1: The first chapter encompassed the concept of mature fields, their definition and importance, then reviewed the current and future global demand for energy to determine the form of this demand, especially in light of geopolitical changes, before examining the role of mature fields in meeting such a demand. It also presented the reserves classification, and their relationship to the peak oil notion. The chapter discussed the general features of activating mature fields from various aspects, and likewise indicated the challenges facing the development of mature fields.

Chapter 2: This chapter was devoted to presenting several examples that showed experiences from different countries around the world in developing mature fields.

A wrap up followed with a set of conclusions and recommendations that stress the importance of investing in developing mature fields to keep pace with the growth in global demand for oil.

* Senior Petroleum Expert, - Technical Affairs Department, OAPEC - Kuwait

Contents

Articles

Role of Mature Oil Fields in Meeting the World Energy Demand 7

Eng. Torki Hasan Hemsh Abstract 7

Current state and future prospects of global economy and the potential repercussions on the global oil market 95

Maged Amer Abstract 8

Biofuel production from used oils 167

Nova Ahmed Gomaa Abstract 9

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

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 184

Articles

- Role of Mature Oil Fields in Meeting the World Energy Demand

  Eng. Torki Hasan Hemsh

- Current status and future prospects of global economy and the potential repercussions on the global oil market

  Maged Amer

- Biofuel production from used oils

  Nova Ahmed Gomaa