منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول
أوابك

النفط والتعاون العربي

المجلد الثامن والأربعون 2022 - العدد 182

الأبحاث

- تأثير تراجع اسعار النفط بسبب جائحة (كوفيد19) على مجال الاستكشاف والإنتاج في الصناعة البترولية

  م. تركي حسن الحمش

- دور البحث العلمي في تطوير صناعة البتروكيماويات

  د. ياسر محمد بغدادي

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

علي سبت بن سبت
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

تأثير تراجع اسعار النفط بسبب جائحة (كوفيد19) على مجال الاستكشاف والإنتاج في الصناعة البترولية

م. تركي حسن الحمش ——— 7

دور البحث العلمي في تطوير صناعة البتروكيماويات

د. ياسر محمد بغدادي ——— 97

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

تأثير تراجع اسعار النفط بسبب جائحة (كوفيد19) على مجال الاستكشاف والإنتاج في الصناعة البترولية

م. تركي حسن الحمش *

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

تأثير تراجع أسعار النفط بسبب جائحة (كوفيد 19) على مجال الاستكشاف والإنتاج في الصناعة البترولية

ملخص تنفيذي

أثار انتشار وباء كوفيد-19 في العالم منذ مطلع عام 2020 عاصفة من التنبؤات التي رأت أن عصر النفط انتهى أو شارف على الانتهاء، وأن الطلب قد بلغ ذروته، ومثله الإنتاج. وكان لانتشار كوفيد-19 دور غير مسبوق في حظر التنقل ضمن وخارج الدول، وتتابعت عمليات الإغلاق بشكل لم يسبق له مثيل في التاريخ. أدت هذه الإجراءات إلى الحد من الطلب على الطاقة وخاصة في مجال النقل، علاوة على توقف الكثير من المعامل والمصانع، وتسبب ذلك في تراجع الطلب على النفط مما أدى لانخفاض الأسعار بشكل ملحوظ، وساهم ذلك في ارتفاع مخزونات النفط في بعض دول العالم التي تمتلك قدرات تخزينية وخاصة الولايات المتحدة الأمريكية. شكلت هذه العوامل السبب الرئيسي وراء اتفاق دول أوبك وحلفائها أو ما سمي بمجموعة (أوبك+) على خطة تدريجية لخفض إنتاج النفط ضمن مسعاها للحفاظ على سوق مستقرة وأسعار عادلة.

ومع تراجع الطلب، تراجعت معدلات إنتاج النفط، إذ تظهر تقديرات منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول أن معدلات الإنتاج بلغت ما يقارب 92 مليون ب/ي خلال عام 2020، متراجعة بنحو 6.6 مليون ب/ي (أي بنسبة 6.7%) عن معدلات إنتاج عام 2019 التي بلغت 98.5 مليون ب/ي.

أذكى مجمل هذه العوامل الكثير من المخاوف حول مستقبل الصناعة البترولية، خاصة مع بروز الطاقات المتجددة كمنافس محتمل على المدى البعيد حسب بعض الآراء، وبرزت إلى السطح تحذيرات كان بعضها موغلاً في التشاؤم مشيراً إلى أن الصناعة البترولية تعيش أيامها الأخيرة. لكن التنبؤات التي تستند على العديد من المتغيرات، لا يمكنها الصمود في وجه الحقائق والأرقام التي تروي القصة من وجهة نظر الوقائع. فقد أثبتت الصناعة البترولية عبر التاريخ أنها قادرة على استعادة توازنها بشكل أسرع بكثير مما كان يعتقد.

تضمنت الدراسة تمهيداً شمل الصورة العامة لوضع الصناعة البترولية والطاقة في عام 2020 وتأثرها بانتشار وباء كوفيد-19، مع أمثلة موجزة من بعض تلك الآثار على بعض الدول العربية.
ثم قسمت الدراسة إلى ثلاثة فصول:

الفصل الأول:

نظر هذا الفصل في ميزانيات الشركات وتأثرها بمختلف المتغيرات عبر التاريخ وأهم نقاط العلام التي مرت بها الصناعة البترولية منذ الأزمة الاقتصادية عام 2008، والعلاقة التي تربط بين الطلب العالمي وبين أسعار النفط، ثم العلاقة بين الأسعار وبين حجم الاكتشافات.

الفصل الثاني:

تضمن تأثير وباء كوفيد-19 على الصناعة البترولية من حيث معدلات الإنتاج العالمي من النفط، ودور أزمات صحية سابقة على الإنتاج، كما نظر في خفض دول أوبك لإنتاجها نتيجة الجائحة ومدى تأثير ذلك على الأسعار. وانتقلت الدراسة بعدها إلى البحث في تأثير الجائحة على عمليات الحفر في الدول العربية والعالم، ونظرت في تغيرات إنتاج زيت السجيل[*] في الولايات المتحدة.
ثم تطرقت الدراسة إلى تأثير الجائحة على مصادر الطاقة المتجددة من المشاريع قيد الإنشاء ومن ناحية التأثير على الأصول الحالية. وفي مسعى لتوضيح صورة تأثير الوباء على الصناعة البترولية، طرحت الدراسة مثالاً عن تأثير كوفيد-19 على سوق أنابيب النقل.

الفصل الثالث:

نظرت الدراسة في موضوع ذروة الطلب وفندت بعض المزاعم التي رأت أن الطلب على النفط قد بلغ ذروته في عام 2020، وانتقلت بعدها إلى بيان أهم مؤشرات الخطر على الصناعة البترولية حالياً.
وختمت الدراسة ببعض الاستنتاجات والتوصيات.

---

[*] المعروف إعلامياً بالزيت الصخري.

تمهيد

يتيح النظر إلى الأزمات السابقة التي شهدتها الصناعة البترولية إمكانية تفهّم ما يحدث أو ما يمكن أن يحدث عندما تتراجع أسعار النفط، كما يسمح بإدراك آلية انتعاش الأسواق لاحقاً.

شهد مطلع عام 2020 توترات جيوسياسية في فنزويلا وارتفاع حدة الخطاب بين الولايات المتحدة وإيران، لكنه شهد أيضاً حدثاً قاسياً تمثل في انتشار وباء كوفيد-19 في كل دول العالم، ولأن العامل المُمرْض في الوباء لم تعرفه البشرية من قبل، فلا علاج ولا لقاح له في تلك الفترة، فقد حاولت الدول جهدها منع انتشار الوباء عن طريق الحد من الحركة قدر الإمكان، إذ لجأت إلى حظر التجول الجزئي والكلي، فتقطعت السبل بالمسافرين بعد أن توقفت حركة السفر بين الدول، وأغلق عدد كبير من المصانع والمعامل في عدد من بلدان العالم. أدت عمليات الإغلاق إلى أكبر انخفاض في الطلب على الطاقة شهدته الصناعة البترولية منذ 70 عاماً. فقد شهدت الصين في مطلع عام 2020 وبعد ثمانية أسابيع من الإغلاق انخفاض الطلب بنسبة 7% حتى نهاية آذار/مارس. وانخفض الطلب كذلك في الولايات المتحدة الأمريكية بنسبة 6% في الربع الأول من عام 2020، لكن هذا كان قبل سريان قيود الإغلاق فيها، مما يرجّح أن السبب يعود إلى أن الشتاء كان معتدلا في ذلك العام.

وانخفض استخدام الطاقة في أوروبا بمستويات مماثلة، باستثناء إيطاليا التي كانت لبضعة أسابيع بؤرة تفشي المرض في أوروبا فقد انخفض الطلب على الكهرباء بأكثر من 25%. وأدى الإغلاق في الهند إلى انخفاض الطلب على الطاقة بنحو 30%.

تحمّل الوقود الأحفوري التأثير الأكبر لانخفاض الطلب وكان الفحم هو مصدر الطاقة الأكثر تضرراً، إذ أدت القيود المفروضة على النشاط الاقتصادي إلى انخفاض الطلب العالمي على الفحم بنسبة 8٪ في الربع الأول من عام 2020، ويرجع ذلك في الغالب إلى انخفاض الطلب على الكهرباء. كما انخفض الطلب على الفحم للأغراض الصناعية وخاصة في الصين حيث أوقفت قيود الإغلاق إنتاج المصانع، علماً أن استهلاك الصين من الفحم الحجري مثل أكثر من نصف استهلاك العالم أجمع (51.9%) في عام 2019. كما ساهمت القيود المفروضة على السفر في انخفاض الطلب على النفط بنسبة 5%، وكان السبب الأساسي لذلك انخفاض حركة

انتقال السيارات، والانخفاض الحاد في الطلب من صناعة الشحن، حيث توقفت أساطيل الطيران في معظم دول العالم، وأغلقت معظم البلدان مطاراتها أمام الجميع باستثناء رحلات العودة إلى الوطن ورحلات الشحن، وقد انخفض الطلب على وقود الطائرات بنحو 25% حتى آذار/ مارس 2020.

تبعاً لذلك شهدت صناعة النفط والغاز العالمية تباطؤاً مستمراً في عدد عقود النفط والغاز، حيث وجدت الشركات صعوبة في المضي قدماً بسبب العوائق التي واجهت رؤوس الأموال، وتراجعِ أسعار النفط والتحديات التشغيلية بسبب تفشي الوباء. إذ سجلت صناعة النفط والغاز قيماً للعقود بلغت 31.96 مليار دولار في الربع الثاني من عام 2020، مقارنة بنحو 18.01 مليار دولار تم تسجيلها في الربع الأول من العام. وشهد عدد العقود انخفاضاً من 1267 عقداً في الربع الأول من عام 2020 (منها 658 عقداً في قطاع التنقيب والإنتاج) إلى 907 عقود في الربع الثاني من عام 2020.

قدر إجمالي إنتاج العالم من السوائل الهيدروكربونية عام 2020 بنحو 92 مليون ب/ي، متراجعاً بنحو 6.7% عن إنتاج عام 2019 الذي بلغ 98.5 مليون ب/ي. وقدر إنتاج الدول الأعضاء في أوابك بحوالي 25 مليون ب/ي من السوائل الهيدروكربونية في عام 2020، مقابل 28 مليون ب/ي عام 2019. أما الدول العربية مجتمعة فقد تراجع إنتاجها من السوائل الهيدروكربونية من 29 مليون ب/ي عام 2019، إلى 26 مليون ب/ي عام 2020.

ومن الناحية الاقتصادية، تسببت جائحة كوفيد-19 وما تبعها من تراجع الطلب وانخفاض أسعار النفط في تأثيرات ملحوظة على اقتصادات معظم دول العالم، وكان التأثير أكبر على الدول التي يشكل البترول المصدر الأهم في ناتجها المحلي.

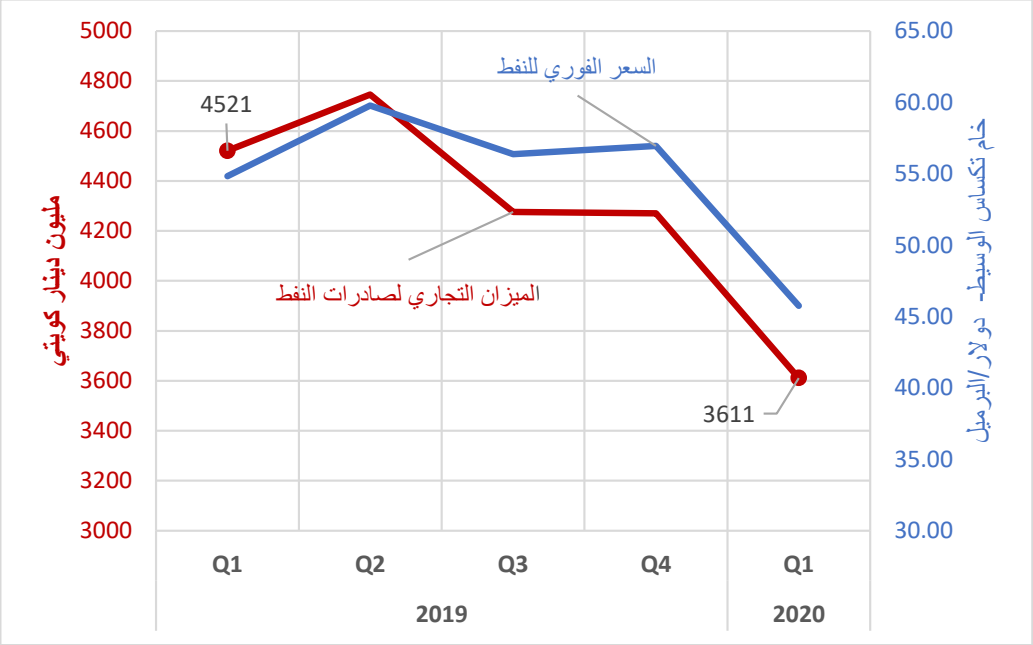
وفي هذا المقام مثلاً ذكر حاكم المصرف المركزي في دولة **الإمارات العربية المتحدة** أنه من المتوقع أن يكون هناك انخفاض في الناتج المحلي الإجمالي للدولة يتراوح بين 3.5- 6% تقريباً. لكنه بين أن هناك مؤشرات تدل على عودة النمو في عام 2021، وظهرت العلامات المبكرة لهذا النمو في أواخر النصف الثاني من عام 2020 مع عودة وتيرة انتعاش التجارة العالمية والتلاشي التدريجي لعوائق الحماية في التنقلات (Alahmadi، 2021)[1].

وسجل القطاع النفطي في **مملكة البحرين** نمواً حقيقياً سنوياً بنسبة 3.2%، إلا أن النمو تراجع بالأسعار الجارية بنسبة 47.9% لغاية النصف الأول من عام 2020 متأثراً بهبوط أسعار النفط إلى أدنى مستوياتها في شهر نيسان/أبريل 2020 (وزارة المالية والاقتصاد الوطني، 2021)[2].

لكن النصف الثاني من عام 2020 ساهم في تغيير الصورة نسبياً، إذ أكد صندوق النقد الدولي نمو الناتج المحلي لقطاع النفط والغاز بالمملكة بنسبة 2% خلال مجمل عام 2020.

وبينت المؤشرات الاقتصادية والنقدية الرئيسية **لدولة الكويت**، أن الميزان التجاري لصادرات النفط الكويتية في الربع الأول من عام 2020 كان أقل بشكل ملحوظ من نظيره في الربع الأول من عام 2019 كما هو مبين في الشكل 1، حيث يلاحظ الفرق الجلي بين أسعار النفط خلال الفترتين المنظورتين (بنك الكويت المركزي، 2020)[3].

الشكل 1: الميزان التجاري لصادرات النفط الكويتية

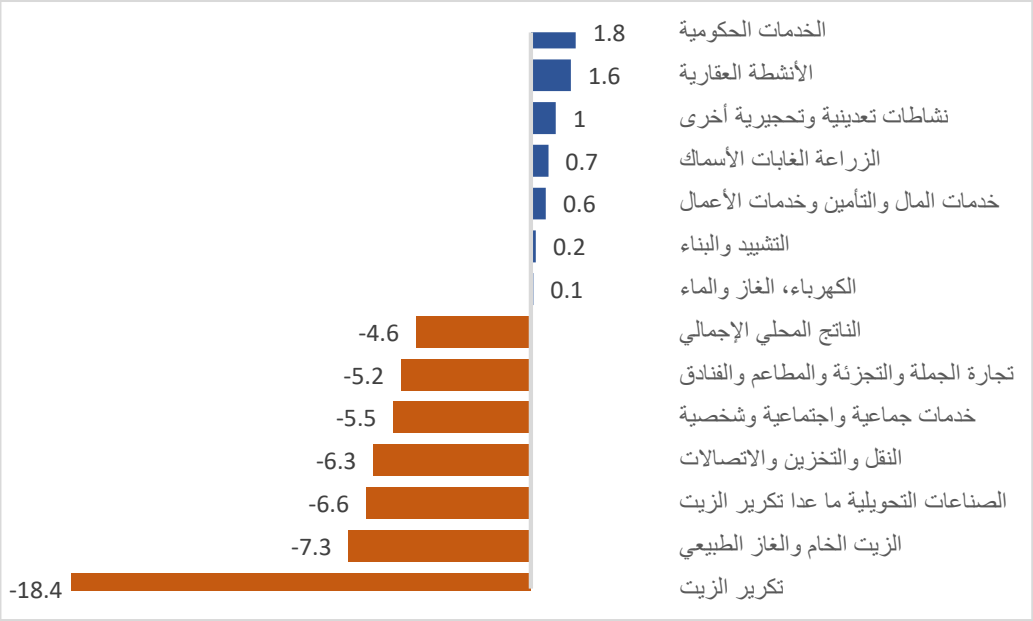


إعداد الباحث بناء على بيانات النشرة الإحصائية الفصلية يناير-مارس 2020 لبنك الكويت المركزي

يذكر هنا أن موازنة دولة الكويت 2022/2021 اعتمدت 30 دولاراً للبرميل لسعر النفط في السنة المالية عام 2021 التي تنتهي في شهر آذار/مارس، و45 دولاراً للبرميل في السنة المالية 2022 (وزارة المالية في دولة الكويت، 2020)[4].

كما شهد الناتج المحلي الإجمالي بالأسعار الثابتة **للمملكة العربية السعودية** انخفاضاً بنسبة 1% في الربع الأول من عام 2020 مقارنة بمعدل نمو 1.7% في الربع الأول من عام 2019، وذلك نتيجة انخفاض النمو في القطاع النفطي بنسبة 4.6%. ثم انخفض نمو القطاع النفطي بمعدل 5.3% في الربع الثاني من عام 2020، ثم شهد انخفاضاً بمعدل 8.2% في الربع الثالث من نفس العام. يبين الشكل 2 معدلات النمو في الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي حسب النشاط الاقتصادي في الربع الثالث 2020 في المملكة العربية السعودية (الهيئة العامة للإحصاء، 2020) [5].

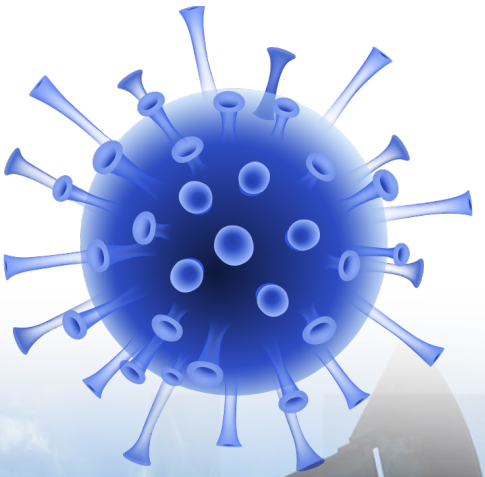
الشكل 2: معدلات النمو في الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي في السعودية حسب النشاط الاقتصادي في الربع الثالث 2020 على أساس سنوي (%)



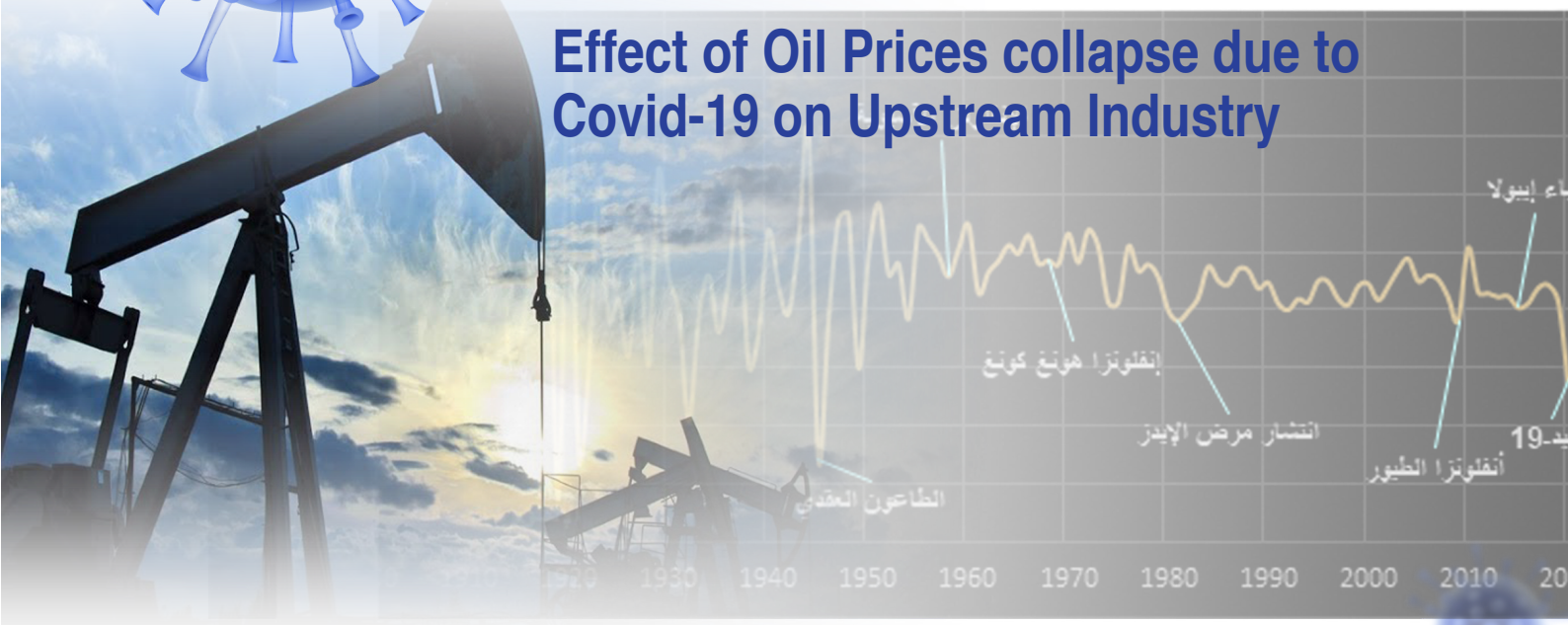
المصدر: الناتج المحلي الإجمالي ومؤشرات الحسابات القومية للربع الثالث 2020، الهيئة العامة للإحصاء في المملكة العربية السعودية.

لكن الناتج المحلي الإجمالي الحقيقي للسعودية شهد نمواً إيجابياً (1.8%) في الربع الثالث من عام 2020 مقارنة بالربع الثاني من نفس العام، كما سجل الربع الرابع بدوره نمواً إيجابياً بمعدل (2.8%) مقارنة بالربع الثالث، مما يشير إلى تحسن أداء الاقتصاد عموماً، وربما يكون ذلك

مؤشراً إيجابياً على أن التأثير الاقتصادي السلبي لجائحة كوفيد-19 في طريقه للتراجع بشكل أسرع مما كان متوقعاً في النصف الأول من عام 2020.



تأثير تراجع أسعار النفط بسبب جائحة كوفيد-19 على مجال الاستكشاف والإنتاج في الصناعة البترولية



الفصل الأول

الميزانيات- الطلب العالمي والأسعار وحجم الاكتشافات

1- ميزانيات الشركات وعمليات الاستكشاف والإنتاج، لمحة تاريخية

عند البحث في تأثير حدثٍ حالي ما على المستقبل القريب، لابد من دراسة تأثير تداعيات أحداث مماثلة له في الماضي، فالتاريخ يلعب دوراً مهماً في رسم الحاضر، إذ أنه أسس مفاهيم وأعرافاً اقتصادية واجتماعية وحتى سياسية، وهو ما يدعو إلى النظر في انعكاسات تذبذب أسعار النفط عبر الماضي القريب وتأثيرها على ميزانيات الاستكشاف والإنتاج[*].

1-1 نقطة العلام الأولى، عام 2008

شهد العقد الأول من القرن الحادي والعشرين تقلبات متنوعة لم تشهدها الصناعة البترولية من قبل، وربما يمكن تتبع بداية هذه التقلبات إلى الأزمة الاقتصادية التي ضربت العالم في أواخر عام 2008، فقد شهدت السوق النفطية قبل الأزمة خلال ذلك العام وصول أسعار النفط إلى مستويات قياسية بلغت حدود 147 دولاراً للبرميل.

ورغم كل الزوابع التي أثيرت وقتها ونحت باللوم على الدول المصدرة للبترول، إلا أن سوق العرض والطلب أثبتت أن ذلك الارتفاع في الأسعار لم يكن بسبب نقص في كميات النفط المعروضة، بقدر ما كان ناتجاً عن عمليات المضاربة التي ساهمت في رفع سعر البرميل الورقي. إذ تأثرت الأسعار في تلك الآونة ببيانات قاتمة عن الوظائف الأمريكية، وموجة بيع واسعة للأسهم، وانخفاض أكبر من المتوقع في المخزونات الأمريكية، وانخفاض قيمة الدولار. ثم أتى تراجع الأسعار بشكل كبير إلى ما دون 40 دولاراً للبرميل في الربع الأخير من عام 2008، ليؤكد أن العرض والطلب لم يكونا العاملين الرئيسيين في موجة الأسعار المرتفعة.

تميز مجال الاستكشاف والإنتاج خلال عام 2008 قبل ظهور الأزمة الاقتصادية بارتفاع النفقات الرأسمالية بحوالي 20% مقارنة بعام 2007، لتصل إلى 418 مليار دولار، منها 98 مليار دولار في الولايات المتحدة الأمريكية، و27.5 مليار دولار في كندا، و293 مليار دولار في

---

[*] الاستكشاف والإنتاج هو التعريب لكلمة Upstream، التي تعني حرفياً رأس المنبع أو أعلاه، ويقصد بها كل العمليات التي تجري في الحقول لإنتاج النفط والغاز، وتنتهي (بالتعريف) عند بدء عمليات نقل الإنتاج الذي يدخل ضمن ما يسمى Midstream.

باقي دول العالم. وكانت للدول العربية بدورها حصة في زيادة الميزانيات في ذلك المجال كما هو مبين في الجدول 1.

الجدول 1: ميزانيات الاستكشاف والإنتاج في بعض الدول العربية بين عامي 2007 و2008

الدولة	الشركة	2007 مليار دولار	2008 مليار دولار
الإمارات	أدنوك	1.95	2.25
السعودية	أرامكو	9	11.8
الجزائر	سوناطراك	3.5	4.9

المصدر: أوابك، 2009[6]

وقد ساهمت أسعار النفط المرتفعة في تلك الفترة على تشجيع قطاع الاستكشاف على المستوى العالمي للبحث عن احتياطيات جديدة في مناطق يصعب الوصول إليها، كالمياه العميقة جداً على سبيل المثال[*]، حيث رصدت الشركات العالمية مبالغ كبيرة في ميزانياتها لهذا الشأن. وتجلى نشاط قطاع الاستكشاف في عدة ملامح كان من أبرزها ارتفاع نشاط المسح الزلزالي في مختلف مناطق العالم، إذ ارتفعت نسبة عدد فرق المسح الزلزالي العاملة في الشرق الأوسط في عام 2008 بمعدل 61% عنها في عام 2007. وتماشياً مع تزايد النشاط الاستكشافي، تزايد عدد الحفارات العاملة في مختلف مناطق العالم من 3117 حفارة عام 2007، إلى 3336 حفارة خلال عام 2008. وربما تعتبر هذه الزيادة متواضعة مقارنة مع كثافة عمليات الاستكشاف المشار إليها، لكن السبب الرئيسي لذلك لم يكن العزوف عن عمليات الحفر، بل عدم قدرة المصانع على تلبية الطلب المتنامي على الحفارات من جهة، وارتباط معظم الحفارات العاملة بعقود طويلة الأجل من جهة أخرى، إضافة إلى أن سوق العمل كانت تفتقر نسبياً إلى العدد الكافي من الطواقم المؤهلة لسد الشواغر في المشاريع الاستكشافية والتطويرية التي رافقت ارتفاع أسعار النفط. وأشارت التقديرات في عام 2008 إلى أن النشاطات الاستكشافية، ونشاطات الحفر اللاحقة قادت إلى تحقيق ما لا يقل عن 202 اكتشافاً على الصعيد العالمي، منها 112 اكتشافاً للنفط، و90 اكتشافاً للغاز.

---

[*] تصنف الصناعة البترولية أعماق المياه بأنها ضحلة حتى 300 م، وعميقة بين 300- 1500 م، وعميقة جداً أو سحيقة بعد 1500 م.

تسببت الأزمة الاقتصادية العالمية في نهاية عام 2008 ومطلع عام 2009 في اضطراب أسواق الطاقة، إذ تراجع سعر النفط إلى أقل من 34 دولار/البرميل في كانون الثاني/يناير 2009، ورافق ذلك اضطراب في المنظور المستقبلي لميزانيات الشركات، وهوى عدد الحفارات العاملة في العالم إلى 2304 حفارات متراجعاً بنحو 1032 حفارة عن عام 2008.

ثم شهد عام 2010 بوادر انحسار الأزمة المالية وهو ما ساهم في دفع عجلة عمليات الاستكشاف في معظم مناطق العالم، بالترافق مع استقرار نسبي لأسعار النفط، مما عزز الثقة في الأسواق مرة أخرى، وانعكس في ارتفاع عدد الحفارات العاملة في مختلف مناطق العالم إلى 2985 حفارة، وهو مؤشر إيجابي مقارنة بالانخفاض الكبير الذي شهده العالم بين عامي 2008/ 2009.

2-1 نقطة العلام الثانية، عام 2014

ربما كان تهاوي أسعار النفط في منتصف عام 2014 هو نقطة العلام الثانية للصناعة البترولية في العقد الحالي، وذهبت بعض التكهنات إلى أن تخمة الأسواق بالمعروض[*] كانت السبب وراء هبوط الأسعار بنحو 70%، وهو أكبر معدل هبوط للأسعار شهده العالم منذ الحرب العالمية الثانية، وقد ربط جزء من تلك التخمة بازدهار إنتاج زيت السجيل Shale oil في الولايات المتحدة الأمريكية. كما شكل قرار تخفيض قيمة الدولار الذي اتخذته الخزانة الأمريكية لمواجهة العواقب طويلة الأجل لأزمة الشركات الافتراضية[†] عاملاً آخر ساهم في تذبذب الأسعار.

وألقى انخفاض أسعار النفط في تلك الآونة بظلاله على صناعة الاستكشاف والإنتاج التي شهدت تخفيض ميزانيات عدد كبير من الشركات العالمية في عام 2015. وتمثّل التحدي الأكبر لتلك الشركات في محاولة الموازنة بين أهمية تحقيق عوائد على المدى القصير، وبين ضرورة متابعة

---

[*] أشارت أصابع الاتهام إلى دول أوبك بكونها وراء تخمة السوق، لكن البيانات تظهر أن إنتاج أوبك تراجع بين عامي 2012 و2014.

[†] أزمة الشركات الافتراضية هي ما عرفت باسم أزمة أو فقاعة شركات الإنترنت Dotcom Bubble، إذ شهدت الأسواق الناشئة في أواخر التسعينات ارتفاعاً سريعاً في تقييمات الأسهم التكنولوجية الأمريكية التي تغذيها الاستثمارات في الشركات القائمة على الإنترنت. وخلال أزمة الفقاعة نمت قيمة أسواق الأسهم بشكل كبير، حيث ارتفع مؤشر ناسداك الذي تهيمن عليه التكنولوجيا من أقل من 1000 إلى أكثر من 5000 نقطة بين عامي 1995 و2000. وبين عامي 2001 و2002 تراجعت قيمة تلك الأسهم بشكل كبير تسبب بأزمة اقتصادية عرفت بفقاعة شركات الإنترنت.

عمليات الاستكشاف والإنتاج والتطوير على المدى البعيد. وبدا واضحاً أن وقع انخفاض الأسعار كان أشد وطأة على الشركات الصغيرة والمتوسطة منه على الكبيرة، حيث اضطرت بعض الشركات الصغيرة لتخفيض ميزانياتها بمعدلات مرتفعة للغاية مثل شركة MHRالأمريكية[*] التي خططت لنفقات استثمارية في مجال الاستكشاف والإنتاج تبلغ 100 مليون دولار عام 2015 مقابل 400 مليون دولار عام 2014، أي بتخفيض يعادل 75%. ومن الأمثلة الأخرى اعتماد شركة Pengrowth الكندية لخطة استثمار بقيمة 200 مليون دولار في عام 2015 مقابل 770 مليون دولار في عام 2014، أي بتخفيض يعادل 74%. ورغم أن هذه الشركات صغيرة نسبياً ومشاريعها محدودة الحجم، إلا أن نسب التخفيض الكبيرة في ميزانياتها أعطت مؤشراً عن مدى تأثر الصناعة البترولية بتغير أسعار النفط.

كما تسبب هبوط أسعار النفط في توجيه عدد كبير من عمليات التطوير نحو آبار الغاز بدل آبار النفط[†]، وهو ما ظهر بوضوح على سبيل المثال في كندا، إذ وصل عدد الحفارات العاملة في مجال الغاز إلى 157 حفارة في شهر كانون الأول/ديسمبر 2014، وهو أعلى عدد حفارات عمل في كندا في مجال تطوير الغاز منذ عام 2010، بينما انخفض عدد الحفارات العاملة في تطوير حقول النفط بمعدل 4.3% ليصل إلى 134 حفارة، وارتبط هذا التحول بهبوط أسعار النفط المنتج من إقليم "ألبرتا" بمعدل 46%، بينما انخفضت أسعار الغاز من نفس المنطقة بمعدل 35% فقط.

أما الشركات الكبيرة فقد بلغ تخفيض الميزانيات فيها أرقاماً تجاوزت أحياناً 5 مليار دولار، كما هو الحال بالنسبة لشركة BP على سبيل المثال، وكان من بين هذه المليارات الخمس قرار بتخفيض إنفاقها بمقدار 1 مليار دولار على حقل الرميلة العراقي خلال عام 2015.

---

[*] Magnum Hunter Resources

[†] تكون عقود الغاز عادة طويلة الأجل تمتد بين 20 -25 عاماً، وهذا يحد من تأثر أسعار الغاز بالتغيرات السريعة لأسعار النفط.

يبين الجدول 2 مقدار تخفيض الميزانيات في عدد من الشركات الكبيرة والمتوسطة والصغيرة بين عامي 2014 و2015، ويلاحظ أن مجموع تخفيض الميزانيات لهذه الشركات فقط[*] زاد عن 35 مليار دولار.

الجدول 2: تغير ميزانيات بعض الشركات بين عامي 2014 و2015

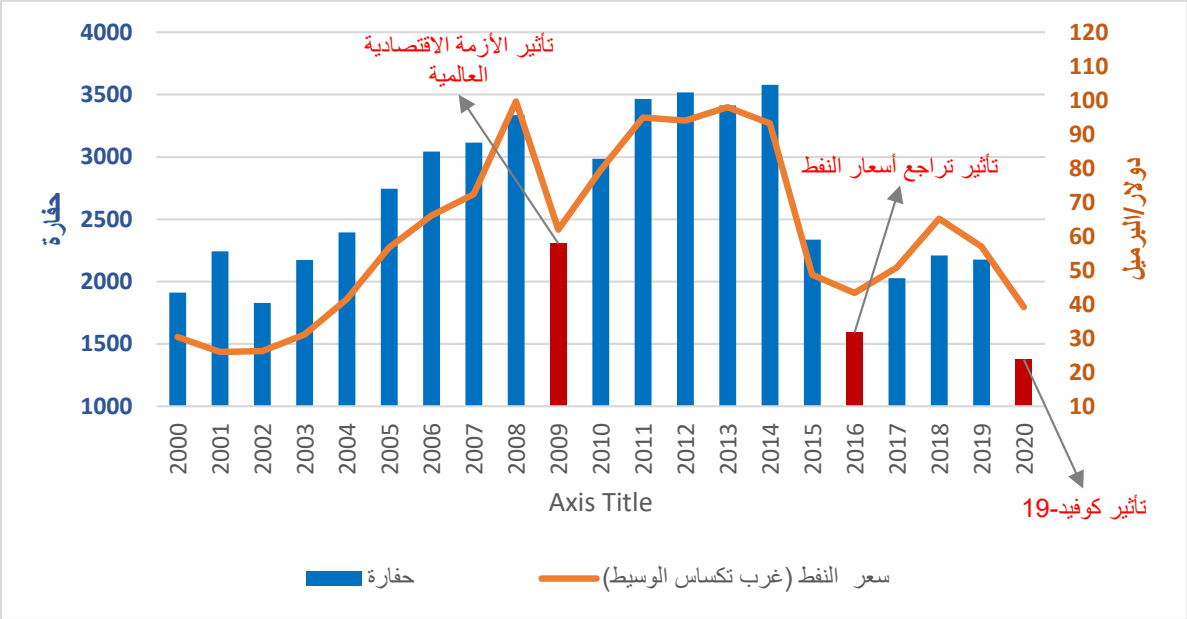
ترتيب الشركات حسب مقدار التخفيض			مقدار التخفيض مليار دولار	المتوسط مليار دولار
1	بريطانية	BP	6 - 4	5
2	أمريكية	Apache Corp	5.5 -2.1	3.8
3	صينية	CNOOC	3.3 -2.9	3.1
4	أمريكية	EOG Resources	3.06 -2.9	3
5	أمريكية	Occidental	2.9	2.9
6	أمريكية	ConocoPhillips	2.7	2.7
7	كندية	CNRL	2.4	2.4
8	أمريكية	Chesapeake Energy	1.67 -1.48	1.6
9	أمريكية	Marathon Oil	1.54	1.54
10	أمريكية	Nobel Energy	1.16	1.16
11	كندية	Suncor Energy	1	1
12	أمريكية	Hess Corp	0.9	0.9
13	أمريكية	Devon Energy	0.88- 0.82	0.85
14	أمريكية	Antero Resources	0.8	0.8
15	أمريكية	Pioneer Natural Resources	0.74	0.74
16	كندية	Cenovus Energy	0.7	0.7
17	أمريكية	Encana Corp.	0.7	0.7
18	أمريكية	Antero Resources	0.58	0.58
19	كندية	Pengrowth Energy	0.55	0.55
20	أمريكية	Oasis Petroleum	0.5	0.5
21	كندية	Cenovus Energy	0.55 -0.35	0.45
22	أمريكية	Magnum Hunter Resources	0.03	0.3
23	أمريكية	Carrizo Oil & Gas	0.165 -0.158	0.16
متوسط مجموع التخفيضات				35.45

المصدر: أوابك، 2016[7]

[*] جمعت المعلومات من قبل إدارة الشؤون الفنية من عدة مصادر على مدى ستة أشهر في عام 2015.

ومع تراجع أسعار النفط في تلك الفترة[*]، توقعت العديد من المنظومات أن يزدهر الاقتصاد العالمي في ظل أسعار الطاقة المنخفضة، لكن الأمر أتى على غير المتوقع، فقد أدى تراجع القوة الاقتصادية للدول المصدرة للبترول إلى تراجع ملحوظ في نمو الاقتصاد العالمي، وكان للولايات المتحدة والصين الدور الأبرز في تراجع هذا النمو (Baffes and Vorisek، 2018)[8]. ويمكن ملاحظة التغيرات التي شهدها عدد الحفارات العاملة في العالم وارتباط هذا العدد بأسعار النفط كمؤشر واضح على تذبذب وضع الأسواق، حيث يوضح الشكل 3 تراجع عدد الحفارات العاملة بشكل ملحوظ في عام 2009 بتأثير الأزمة الاقتصادية العالمية، كما يلاحظ التراجع في عدد الحفارات بين عامي 2015 و2016 بعد تراجع أسعار النفط[†].

الشكل 3: العلاقة بين أسعار النفط وعدد الحفارات العاملة في العالم



إعداد الباحث استناداً إلى بيانات Baker Hughes، وEIA ، 2000

[*] على الرغم من طفرة زيت السجيل، ظلت أسعار النفط مرتفعة نسبياً خلال الفترة 2011- منتصف 2014، مدعومة بتعثر الإمدادات التي ارتبطت بمخاوف جيوسياسية متزايدة شملت بعض المنتجين الرئيسيين في العالم كليبيا مثلاً.

[†] مصدر عدد الحفارات في الشكل هو إحصائيات Baker Hughes، أما أسعار النفط فهي الأسعار الفورية Spot لخام غرب تكساس المتوسط حسب بيانات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية.

ويبدو أن تخفيض الميزانيات نتيجة تراجع أسعار النفط لعب دوراً سلبياً في عدد الاكتشافات الجديدة، إذ أشارت مراجعة عمليات الاستكشاف في عام 2015 إلى أن الاكتشافات في الصناعة البترولية انخفضت إلى حدود غير مسبوقة، حيث أظهرت البيانات أن الشركات اكتشفت نحو 11.6 مليار برميل مكافئ من النفط والغاز، وهو رقم يقل بنسبة 21% عما تم تحقيقه قبل 10 أعوام من ذلك. وتوضح بيانات منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول/ أوابك التي نشرت في تقرير الأمين العام السنوي الثاني والأربعين أن الاحتياطيات النفطية المؤكدة ارتفعت بحوالي 3.1 مليار برميل بين عامي 2014 و2015، بينما تم إنتاج أكثر من 31 مليار برميل من النفط في عام 2015، أي أن الإنتاج بلغ نحو 10 أضعاف ما تمكنت الصناعة من إضافته إلى الاحتياطيات.

وفي عام 2016 استمر تأثير انخفاض أسعار النفط الذي بدأ منذ أواخر عام 2014 في إلقاء ظلاله على ميزانيات وأرباح الشركات العاملة في الصناعة البترولية، حيث شهد عام 2016 تراجع الميزانيات والإنفاق للعام الثاني على التوالي، وهو ما لم تشهده الصناعة البترولية لأكثر من 30 عاماً. وقدر عدد الشركات التي أفلست فعلاً في الولايات المتحدة الأمريكية عام 2015 بحوالي 170 شركة، بينما تقدمت 180 شركة بطلب إشهار إفلاسها في مطلع عام 2016، لكن هذا الرقم انخفض إلى 135 شركة في شهر أيلول/سبتمبر 2016 بعد التحسن النسبي لأسعار النفط (أوابك، 2016)[9]. وذكر تقرير لمؤسسة Wood Mackenzie نشر في مطلع عام 2016، أن قرارات الاستثمار المتعلقة بنحو 68 مشروعاً كبيراً في العالم قدرت تكاليفها الرأسمالية بأكثر من380 مليون دولار قد تم تأجيلها بين نهاية عام 2014 وعام 2015. وبين التقرير أن مشاريع المياه العميقة كانت الأكثر تأثراً، حيث تم خلال النصف الثاني من عام 2015 تأجيل 22 مشروعاً إضافياً كان من المفترض أن تطور 7 مليارات برميل مكافئ نفط من الاحتياطيات التجارية، وأشار التقرير إلى أن 90% من الاحتياطيات النفطية التي تأخرت مشاريعها تتوزع بين كندا، وأنغولا، وكازاخستان، ونيجيريا، والنرويج، والولايات المتحدة الأمريكية. وهي مشاريع تتضمن رمال القار، والنفط التقليدي، سواء على اليابسة أو في المغمورة. أما المشاريع التي تم تأخيرها والمتعلقة بتطوير الاحتياطيات الغازية، فيتوزع 85% منها بين موزمبيق، وأستراليا، وماليزيا، وإندونيسيا. كما أوضح التقرير أن من بين المشاريع

المذكورة ما تم تأجيله إلى الفترة الممتدة بين 2016 إلى 2020، وهي مشاريع تبلغ نفقاتها الرأسمالية 170 مليار دولار.

وفي نفس السياق، ذكر بنك Barclays في منظوره للإنفاق في مجال الاستكشاف والإنتاج (Barclays, 2016) [10] في شهر كانون الثاني/يناير 2016 أن الشركات العاملة في مجال الاستكشاف والإنتاج تخطط لخفض نفقاتها بنسبة 15% خلال عام 2016. لكن البنك عاد لاحقاً في شهر آذار/مارس إلى تعديل الرقم مؤكداً أن الإنفاق انخفض بنسبة 23% عام 2015 مقارنة مع عام 2014، وسوف ينخفض بنسبة 27% بين عامي 2015 و2016، أي بنسبة تصل إلى 44% في عام 2016 مقارنة مع عام 2014. وبيّن تقرير البنك أن إنفاق الشركات العاملة في أمريكا الشمالية (الولايات المتحدة وكندا) يميل إلى التراجع بنسبة إجمالية تبلغ 40%، حيث سيتراجع إنفاق المؤسسات الكبيرة بنسبة 52%، والمؤسسات الصغيرة والمتوسطة بنسبة 44% (Journal, 2016)[11].

وفي أواخر شهر نيسان/أبريل 2016، رسم تقرير آخر لمؤسسة Wood Mackenzie صورة مظلمة لإجمالي إنتاج النفط العالمي مبيناً أن تراجع ميزانيات الاستكشاف والتطوير بسبب تراجع أسعار النفط سوف يؤدي إلى نقص في الإنتاج بمعدل 4.5 مليون ب/ي في عام 2035، موضحاً أن النجاح في عمليات الاستكشاف تراجع إلى النصف بين عامي 2008 و2015. وبينت التفاصيل التي وردت في التقرير أنه تم اكتشاف 19 مليار برميل سنوياً بين عامي 2008 و2011، بينما جرى اكتشاف 8 مليارات برميل فقط سنوياً بين عامي 2012 و2015، أما خلال عام 2015 فقد جرى اكتشاف حوالي 2.9 مليار برميل فقط[*].

بالمقابل، ذكرت مؤسسة IHS في تحليل لها نشر في منتصف عام 2016، أن حجم الاكتشافات التقليدية من النفط والغاز خارج دول أمريكا الشمالية في تراجع مستمر بلغ أدنى قيمة له منذ عام 1952، مبينة أن عام 2015 شهد اكتشاف 12 مليار برميل مكافئ نفط، منها نحو 2.8 مليار برميل من النفط فقط[†]، والباقي من الغاز، مما يجعل حجم اكتشافات الغاز أكبر

---

[*] هذا الرقم يطابق تقريباً الرقم الذي تم احتسابه من قبل إدارة الشؤون الفنية في أوابك (3 مليار برميل) وقد ورد في تقرير الأمين العام السنوي الحادي والأربعين.

[†] تقريباً نفس رقم مؤسسة Wood Mackenzie ونفس رقم أوابك المنشور سابقاً.

من حجم اكتشافات النفط للعام الخامس على التوالي. وأشار التحليل إلى أن عام 2016 لن يشهد تغيراً عن هذا المنحى خاصة في ضوء تراجع أسعار النفط وتوجه الشركات إلى ضغط نفقاتها، ذلك أن عدد الآبار الاستكشافية والتقييمية التي تم حفرها خارج أمريكا الشمالية عام 2015 لم يتجاوز 4300 بئر، مقارنة مع 5300 بئر عام 2012. كما بين التحليل أن عدد الآبار الاستكشافية والتقييمية في المياه العميقة انخفض بنسبة 20% بين عام 2014 و2015، بينما انخفض العدد بنسبة 40% بالنسبة للآبار شديدة العمق(IHS, 2015) [12].

3-1 نقطة العلام الثالثة، عام 2017

شهد عام 2017 تذبذباً في سوق الاستكشاف والإنتاج رافق التحسن النسبي في أسعار النفط، وانعكس ذلك على ميزانيات الشركات التي ارتفع بعضها بشكل ملحوظ، مثل شركة Nobel Energy التي رفعت نفقاتها الرأسمالية إلى أكثر من 2.3 مليار دولار مقارنة بنحو 1.3 مليار دولار في عام 2016. كما أقرت مؤسسة Chesapeake Energy ميزانية تتراوح بين 1.9- 2.5 مليار دولار لعام 2017، مقارنة بحوالي 1.65- 1.75 مليار دولار في عام 2016.

ورأت وكالة الطاقة الدولية IEA في ذلك الوقت أنه مع نمو الطلب العالمي على النفط والمتوقع أن يكون بحدود 1.2 مليون ب/ي خلال الفترة 2017- 2021، فإن تقلص الاستثمارات لفترة طويلة (رغم تحسنها النسبي عام 2017) سيؤدي إلى أزمة في كميات النفط الكافية لتلبية الطلب العالمي. وفي هذا المقام ضربت الوكالة مثلاً عن تراجع الاستثمارات في بحر الشمال إلى أقل من 26 مليار دولار، أي ما يمثل نحو نصف ما استثمر عام 2014. وبينت الوكالة أن تراجع حجم الاستثمارات العالمي في مشاريع النفط والغاز بين عامي 2015 و2016 بلغ 345 مليار دولار، كما أن عدد المشاريع تراجع إلى أدنى حد له منذ عام 1950.

وعند النظر في تفاصيل التقرير يتبين أن الاستثمارات في مجال الاستكشاف تراجعت بشكل ملحوظ أكثر من الاستثمارات في مجال التطوير لتبلغ 60 مليار دولار، وهو ما يمثل نحو نصف قيمتها في عام 2014. وتوقعت الوكالة أن تحظى عمليات الاستكشاف بحوالي 12% فقط

من كامل الاستثمارات في عام 2017، وهي أدنى نسبة تنشرها في أدبياتها منذ عقد من الزمان. كما شهد ذلك العام تراجع عدد فرق المسح الزلزالي العاملة في العالم للسنة الرابعة على التوالي كما هو مبين في **الجدول 3**، حيث بلغ378 فرقة/الشهر في عام 2017 مقابل 426 فرقة/الشهر في عام 2016، و488 فرقة/الشهر في عام 2015، و531 فرقة/ الشهر في عام 2014.

الجدول 3: نشاط المسح الزلزالي في مختلف مناطق العالم، 2013-2017

	فرقة/الشهر				
	2013	2014	2015	2016	2017
الشرق الأوسط	21	23	25	20	17
أفريقيا	56	52	48	42	42
أوروبا	35	29	20	19	19
روسيا/ كومنولث الدول المستقلة	219	217	197	178	155
الشرق الأقصى	122	115	115	112	107
الولايات المتحدة الأمريكية	72	62	60	31	19
كندا	8	12	5	2	1
أمريكا اللاتينية	32	21	18	22	18
اجمالي العالم	**565**	**531**	**488**	**426**	**378**

أوابك، 2017[13]

ثم شهد عام 2018 نوعاً من التفاؤل بعد التحسن النسبي الذي شهدته أسعار النفط، وانعكس هذا التفاؤل على التوقعات للمشاريع المستقبلية في العالم بالرغم من بعض التعثرات التي شهدتها الأسواق العالمية. حيث كان من المتوقع أن يبدأ 81 مشروعاً للنفط والغاز في أوروبا بين عامي 2018 و2025، وكان من المتوقع أيضاً أن يبلغ مجموع الانفاق الرأسمالي العالمي على مشاريع النفط والغاز نحو 790 مليار دولار خلال الفترة بين 2018 و2025، منها 350 مليار دولار لتطوير مشاريع النفط التقليدي، 3 مليار دولار لتطوير مشاريع النفط غير التقليدي، و40.2 مليار دولار لتطوير مشاريع النفط الثقيل، و43.4 مليار دولار لتطوير مشاريع رمال القار، و348 مليار دولار لتطوير مشاريع الغاز التقليدي، و5.5 مليار دولار لتطوير مشاريع غاز

طبقات الفحم (CBM). علاوة على ذلك كان من المنظور أن 29 مشروعاً ستبدأ العمل في روسيا بحلول عام 2025، قدرت قيمة النفقات الرأسمالية لها بأكثر من 43.1 مليار دولار.

يذكر هنا أن معظم مشاريع التطوير في المغمورة كانت قد وضعت على أساس أن سعر النفط يتراوح بين 80- 100 دولار/ البرميل، لكن المجتمعين في مؤتمر Offshore Technology الذي عقد في ولاية هيوستن/ الولايات المتحدة في شهر نيسان/ أبريل 2018، بينوا أن الصناعة في المغمورة بدأت تنظر إلى سعر 50 دولار/ البرميل كرقم عادي مقبول (أوابك، 2018)[14]، ولعل ذلك كان أول المؤشرات إلى أن تراجع أسعار النفط سوف يستمر لفترة طويلة.

وفي عام 2019، ونتيجة الاستقرار النسبي في الأسواق، شهدت الصناعة البترولية اتخاذ قرارات اقتصادية هامة من قبل عدد كبير من الشركات العالمية والدولية. وعلى سبيل المثال اتخذت شركة BP قراراً كان الأكثر تميزاً في بداية ذلك العام حيث وافقت على خطة بقيمة 1.3 مليار دولار لتوسعة العمل في حقل Atlantis الواقع في خليج المكسيك في الولايات المتحدة الأمريكية. وتضاعف عدد الآبار الاستكشافية في المملكة المتحدة عام 2019 مقارنة بعام 2018، أما النفقات الإجمالية لعمليات الاستكشاف والإنتاج في منطقة الرصيف القاري البريطاني فبلغت 19 مليار دولار عام 2018، وازدادت بنحو 800 مليون دولار لتصل إلى 19.8 مليار دولار حتى نهاية عام 2019.

كما بدأت أسواق الحفر في المياه شديدة العمق على مستوى العالم باستعادة عافيتها بعد النجاحات التي حققتها الشركات الكبرى في مجال الاستكشاف والإنتاج عام 2018، وكان من المتوقع أن تشهد سوق منصات الحفر العائمة نمواً ملحوظاً نتيجة لجولة من مشاريع تطوير الحقول الجديدة في المياه العميقة وفي المناطق ذات الظروف البيئية القاسية، إذ بلغ الطلب على هذه الشريحة من المنصات 172 منصة لهذا النوع من المشاريع، مدفوعة بشكل رئيسي بعدد من المشاريع في بحر الشمال ضمن النرويج والمملكة المتحدة، وخليج المكسيك الأمريكي، وغرب إفريقيا، والبرازيل.

4-1 نقطة العلام الرابعة، ميزانيات عام 2020

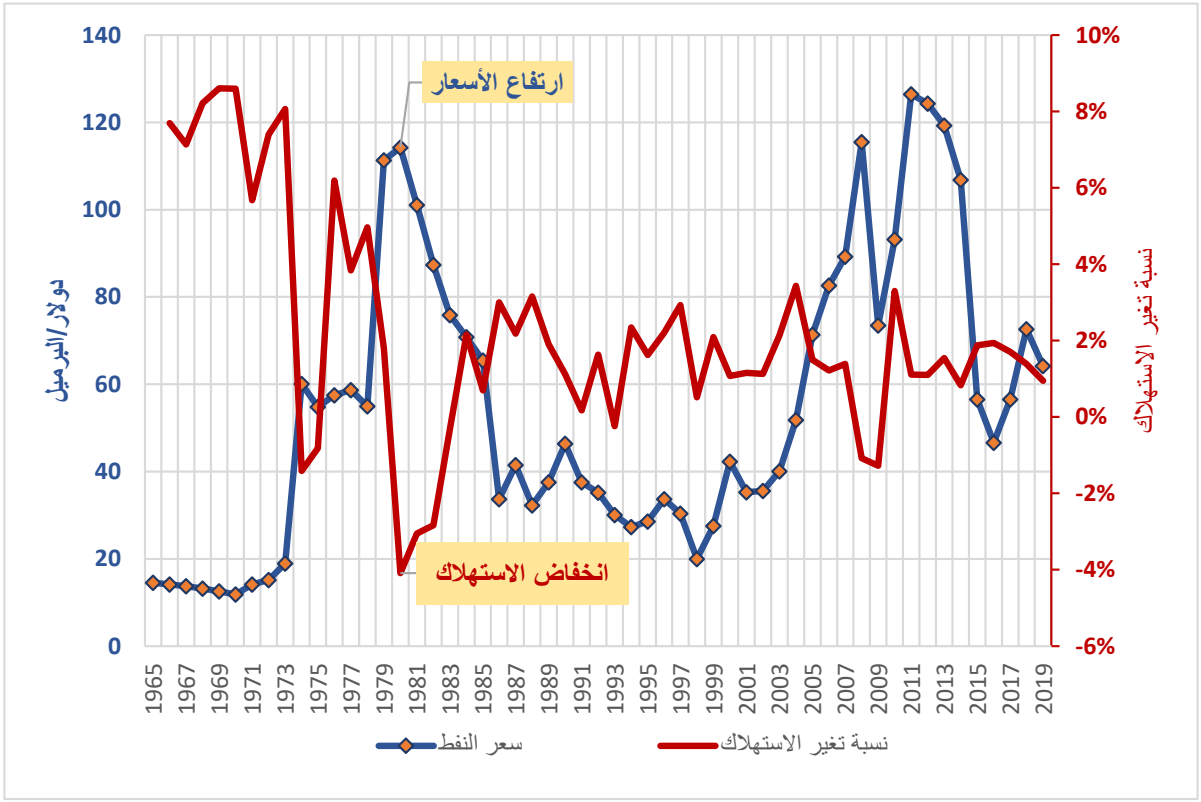
بلغ إجمالي استثمارات شركات الاستكشاف والإنتاج نحو 546 مليار دولار عام 2019، ورأت مؤسسة Rystad Energy في شهر آذار/مارس 2020 أن الاستثمارات خلال مجمل عام 2020 سوف تبلغ حوالي 450 مليار دولار (Offshore mag, 2020)[15]، بينما رأت مؤسسات أخرى أن الرقم لن يتجاوز 329 دولار(World Oil, 2020) [16].

ونتيجة تأثير جائحة كوفيد- 19 على أسعار النفط ومستويات الطلب العالمي عليه، توقعت مؤسسة Rystad Energy في نهاية عام 2020 أن يبلغ إجمالي استثمارات شركات الاستكشاف والإنتاج على مستوى العالم حوالي 380 مليار دولار في عام 2021. وتشير الأرقام إلى أن استثمارات الاستكشاف والإنتاج قاربت فعلاً 382 مليار دولار في عام 2020، أي بتراجع يقارب 30% عن استثمارات عام 2019. وبحلول عام 2023، ترى المؤسسة أن الإنفاق قد يتعافى إلى مستوى ما قبل الجائحة البالغ 530 مليار دولار إذا ارتفع سعر النفط إلى حوالي 65 دولار/البرميل، على الرغم من أنه في أعقاب أزمة الانهيار السابق للأسعار عام 2014 لم تتعاف استثمارات الاستكشاف والإنتاج السنوية إلى مستوى ما قبل الأزمة البالغ 880 مليار دولار، بل استقرت عند 500- 550 مليار دولار سنوياً. وأشارت مؤسسة Rystad Energy كذلك إلى أنه ولمواجهة الطلب على النفط خلال السنوات الثلاثين القادمة (حتى عام 2050)، فلا بد من تنشيط أسواق الاستكشاف، وضخ نفقات رأسمالية تناهز 3 تريليون دولار فيها.

2- الطلب العالمي والعلاقة بأسعار النفط

يقود تذبذب الأسعار السريع الذي شهده العالم في مطلع عام 2020 نتيجة انتشار وباء كوفيد-19 إلى النظر في العلاقة بين تغير الأسعار وتغير الطلب على النفط، ويوضح الشكل 4 النسب السنوية لتغير الاستهلاك من النفط بالعلاقة مع تغير الأسعار السنوية[*]، ويلاحظ منه أن ارتفاع أسعار النفط ترافق غالباً مع انخفاض لاحق بالاستهلاك، مثل الفترة الممتدة بين عامي 1979 و1983 التي شهدت عدداً كبيراً من الأحداث الجيوسياسية والأمنية حول العالم، ساهمت في ارتفاع الأسعار الإسمية للنفط من 14 دولار/البرميل عام 1974 إلى 31.6 دولار/البرميل[†] عام 1975. وقد انخفض الاستهلاك خلال تلك الفترة من 64 مليون ب/ي عام 1979، إلى أقل من 58 مليون ب/ي عام 1983.

الشكل 4: نسب تغير الاستهلاك السنوي من النفط بالعلاقة مع الأسعار



إعداد الباحث اعتماداً على بيانات BP، 2020.

[*] الأسعار بعد احتساب نسبة التضخم حسب مؤشر أسعار المستهلك في الولايات المتحدة الأمريكية لعام 2019.
[†] تعادل 55 و114.3 دولار/البرميل على التوالي حسب الأسعار الحالية بعد احتساب التضخم.

لا شك أن ظروف الطلب المتغيرة وخاصة على المدى القصير تلعب دوراً هاماً في تقلبات الأسعار، وهو ما شهدته أسواق الطاقة في الفترة الممتدة بين عامي 2003 و2008 مدفوعة بالتقييم الإيجابي لآفاق الطلب في بلدان الأسواق الصاعدة والنامية، حيث ارتفعت أسعار النفط[*] من 31 دولار/البرميل عام 2003، إلى نحو 100 دولار/البرميل عام 2008.

بينما انعكس المشهد لاحقاً بعد الأزمة المالية العالمية مع انخفاض توقعات النمو في بلدان الأسواق الصاعدة والنامية، فترافق ذلك مع تراجع توقعات الطلب على النفط. واشتدت المخاوف بشأن آفاق النمو العالمي خلال عام 2015 وأوائل عام 2016، وسط مؤشرات على حدوث تباطؤ متزامن في النمو في الصين وفي اقتصادات الأسواق الصاعدة والبلدان النامية الرئيسية المصدرة للسلع الأساسية وفي الولايات المتحدة. وانعكس ذلك في تراجع أسعار النفط في مطلع عام 2016 إلى مستوى 31 دولار/البرميل (World Bank, 2018)[17].

ثم شكل عام 2018 عاماً متميزاً من الاضطرابات لصناعة النفط والغاز، حيث ارتفعت الأسعار في مطلع العام واستمرت بالتزايد قبل أن تنخفض في تشرين الثاني/ نوفمبر حين بدأت المخاوف من زيادة العرض العالمي وسط تراجع في النمو الاقتصادي العالمي. بالرغم من ذلك، كانت معظم التكهنات ترى أن الأسعار سوف تستمر بالارتفاع. وفي 23 حزيران/يونيو قررت أوبك زيادة إنتاجها بنحو 1 مليون ب/ي مما ساعد على تعويض انخفاض الإنتاج الليبي والفنزويلي والإيراني، حيث تراجع الإنتاج في هذه الدول بنحو 1.3 مليون ب/ي بين مطلع 2018 وشهر حزيران/يونيو من نفس العام[†]. ودعت روسيا في تلك الفترة إلى تخفيف القيود على الإنتاج وسط تخوفها من تأثير وصول السعر إلى حدود 80 دولار/البرميل على الطلب العالمي.

وبطبيعة الحال لا يمكن إغفال التأثيرات الجيوسياسية على سوق النفط، إذ ظهرت في الفترة نفسها مخاوف من أن تأثير انسحاب الولايات المتحدة من خطة العمل الشاملة المشتركة

---

[*] الأسعار الفورية Spot price لخام غرب تكساس المتوسط.

[†] بناء على تتبع بيانات الإنتاج من التقارير الشهرية لأوبك خلال عام 2018.

(JCPOA)[*] مع إيران حول برنامجها النووي، سوف يؤدي إلى تراجع المعروض من النفط بأكثر من 500 ألف ب/ي، فبدأت السوق تأخذ في حسبانها انخفاض إنتاج إيران قبل عودة العقوبات الأمريكية عليها بشكل كامل في تشرين الثاني/نوفمبر 2018. ومع التراجع الملحوظ في إمدادات فنزويلا بنحو 1.4 مليون ب/ي، وتراجع إمدادات كل من أنغولا والإكوادور[†] وغينيا الاستوائية والغابون مجتمعة بأكثر من 270 ألف ب/ي، أخذ شبح نقص الإمدادات يخيّم على الأسواق.

وتشير التقارير الشهرية لأوبك في عام 2018 إلى أن المملكة العربية السعودية رفعت إنتاجها بنحو 500 ألف ب/ي بين شهري أيار/مايو وحزيران/يونيو. وبين شهري حزيران/يونيو وتموز/يوليو ارتفع إنتاج كل من الإمارات العربية المتحدة بنحو 85 ألف ب/ي، والكويت بحوالي 93 ألف ب/ي، والعراق بحوالي 100 ألف ب/ي، بينما رفعت روسيا إنتاجها خلال نفس الفترة بأكثر من 250 ألف ب/ي. وبدا واضحاً للصناعة البترولية في ذلك الحين أن المصادر الرئيسية لنمو الإمداد على المدى القصير تمثلت في السعودية والكويت والإمارات وروسيا[‡]، وقد ارتفع معدل إنتاج أوبك بنحو 1% بين الربعين الثاني والثالث (أوبك، 2018)[18] كما هو مبين في الجدول 4.

الجدول 4: تغير إنتاج دول أوبك عام 2018

الدولة	2018				
	الربع الثاني	تموز/يوليو	آب/أغسطس	أيلول/سبتمبر	الربع الثالث
السعودية	10114	10288	10404	10502	10399
العراق	4480	4460	4642	4460	4460
الإمارات	2873	2975	2969	3050	2998
الكويت	2708	2800	2803	2752	2784
مجموع أوبك	**32190**	**33319**	**32637**	**32953**	**32573**

إعداد الباحث، مستخلص من تقارير أوبك الشهرية لعام 2018. البيانات مرتبة حسب حجم الإنتاج.

[*] Joint Comprehensive Plan of Action.

[†] انسحبت الإكوادور من أوبك في مطلع عام 2020.

[‡] ستبين هذه الدراسة لاحقاً أن الإمارات والسعودية والكويت تحملت الجزء الأكبر من اتفاقية خفض إنتاج أوبك عام 2020-2021.

كما ارتفع متوسط إنتاج الولايات المتحدة من النفط في تلك الفترة أيضاً، إذ بلغ نحو 11.4 مليون ب/ي في شهر آب/أغسطس 2018، منها 6.6 مليون ب/ي من زيت السجيل، تعادل حوالي 58% من إجمالي الإنتاج(EIA, 2018) [19].

3- العلاقة بين أسعار النفط وعدد وحجم الاكتشافات

تسببت جائحة كوفيد-19 في تراجع كبير في أسعار النفط عام 2020، ولا يمكن إنكار أن لتغير أسعار النفط تأثيراً على أعمال الاستكشاف، سواء كان ذلك التأثير بشكل مباشر أو غير مباشر.

لكن افتراض وجود علاقة مباشرة وفورية بين أسعار النفط وعدد أو حجم الاكتشافات يبقى أمراً غير واضح المعالم. فتراجع الأسعار يعني ارتفاع عامل المخاطرة في عمليات الاستكشاف كون العائد المتوقع من اكتشاف ما سيكون أقل، وهذا ما قد يجعل الشركات تخفض من ميزانياتها لعمليات الاستكشاف، أو توجه تلك العمليات إلى المناطق الأقل مخاطرة والأقل كلفة.

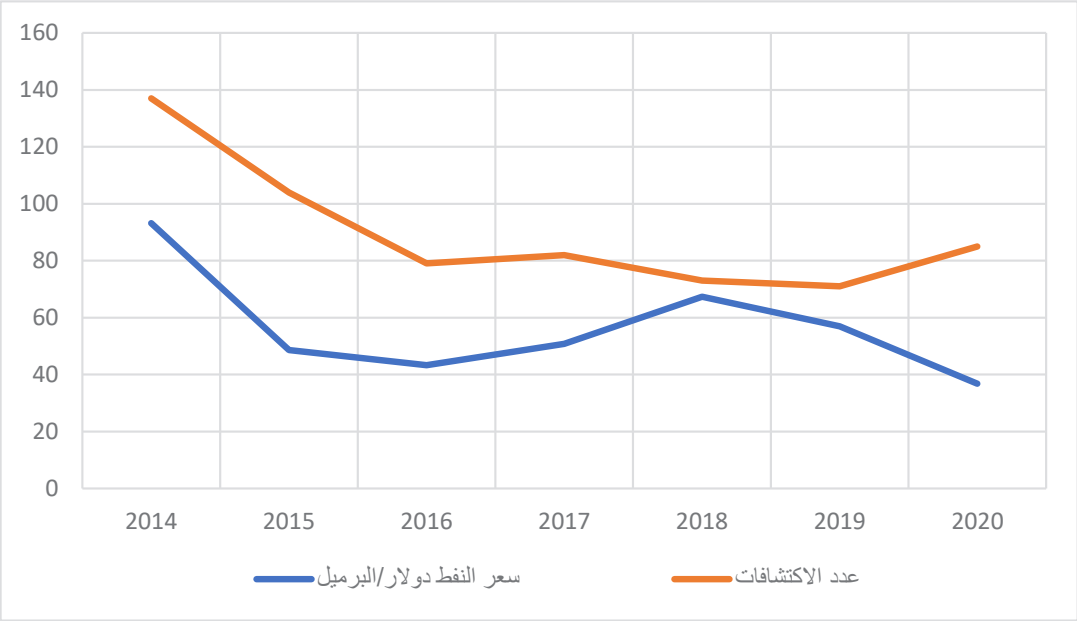
وبالتالي فإن تراجع الأسعار يحتاج غالباً إلى فترة زمنية حتى يظهر انعكاسه على فعاليات عمليات الاستكشاف. فتراجع الأسعار في مطلع عام 2020 مثلاً لم يعنِ توقف العمل فوراً، إذ أن هناك خطط عمل وميزانيات مرصودة تم اعتمادها قبل المباشرة بالعمل، وانخفاض الأسعار لا يعني إيقاف هذه الخطط بشكل فوري، فالخطط تأخذ بعين الاعتبار فيما تأخذه عدة سيناريوهات لأسعار النفط، مما يعطيها المرونة للتكيف مع هذه التغيرات ما لم تصل تلك التغيرات إلى حدود تتجاوز قدرة الشركات على التعامل مع احتمالات الخسارة.

رغم ذلك، يمكن من خلال الشكل 5 ملاحظة تغير عدد الاكتشافات[*] في العالم مع تغير أسعار النفط[†] خلال السنوات الأخيرة، حيث يبدو أن تراجع أسعار النفط أدى إلى تراجع عدد الاكتشافات، بينما ساهم ارتفاع الأسعار في الحد من تراجع عدد الاكتشافات.

(*) إدارة الشؤون الفنية، أوابك، استناداً إلى بيانات من Rystad Energy ومقاطعتها مع بيانات تتبع الاكتشافات الجديدة في أوابك.

[†] الأسعار الفورية لخام غرب تكساس الوسيط.

الشكل 5: عدد الاكتشافات البترولية في العالم بالعلاقة مع أسعار النفط



إعداد الباحث بناء على بيانات من إدارة الشؤون الفنية، أوابك، 2020، وRystad Energy

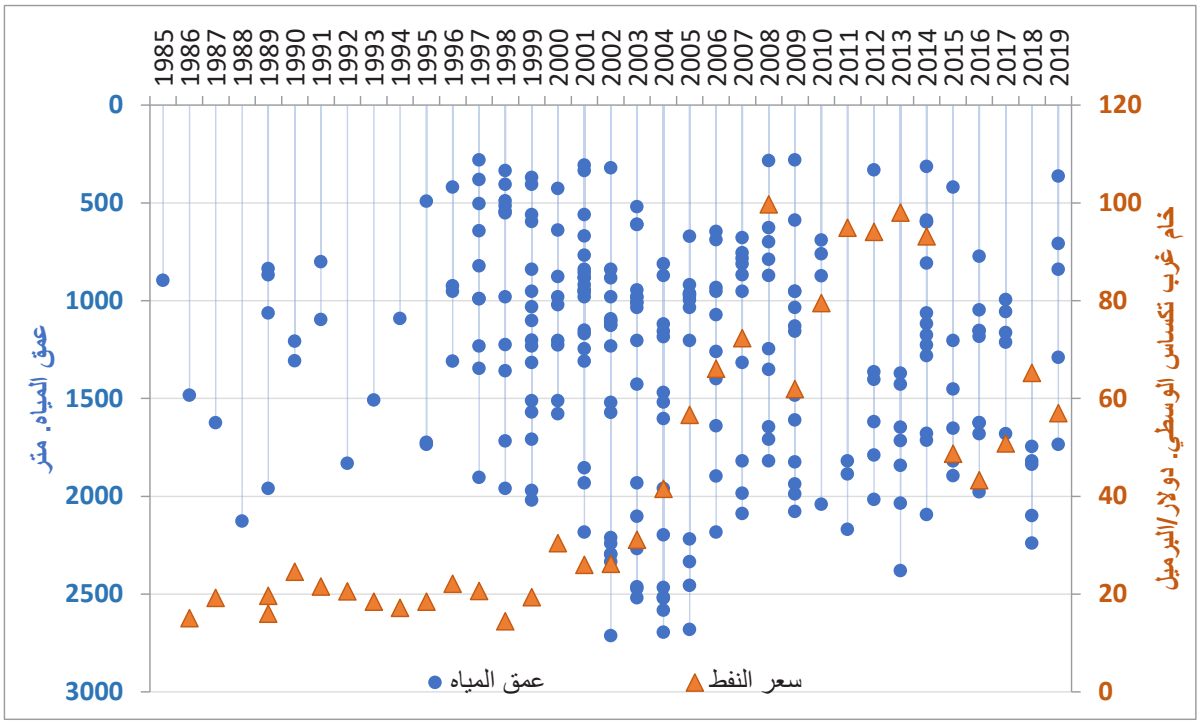
ويوضح الشكل السابق كذلك وجود فاصل زمني بين تغير الأسعار وبين تغير عدد الاكتشافات (كما هو واضح في عام 2020)، وهو أمر يمكن أن يعزى إلى تغيير الشركات لخطط الانفاق وظهور تأثير ذلك لاحقاً على نتائج عملها.

لكن من الهام التأكيد على أن رفع ميزانية الاستكشاف لا يعني بالضرورة الحصول على اكتشافات جديدة، إنما يعني وجود فرص أكبر للعثور على هذه الاكتشافات، إذ يمكن للميزانيات المرتفعة أن تتضمن مسوحات زلزالية ثلاثية الأبعاد بدلاً من ثنائية الأبعاد، أو إعادة تفسير مسوحات سابقة، أو زيادة عدد آبار التنقيب Wild cat، وغيرها من الأعمال الأخرى التي تنطوي تحت مظلة عمليات الاستكشاف.

ولجلاء هذه الفكرة يمكن النظر إلى أعماق المياه للاكتشافات التي تحققت في خليج المكسيك في الولايات المتحدة الأمريكية، إذ يبين الشكل 6 أن أعمق الاكتشافات التي تحققت في خليج المكسيك كانت بين أعوام 2002- 2005، حيث تراوحت أسعار النفط بين 26- 57 دولار/البرميل.

لكن ارتفاع أسعار النفط إلى 100 دولار/البرميل لم يترافق مع اكتشافات في مياه أكثر عمقاً خلال السنوات اللاحقة (Offshore mag، 2020)[20].

الشكل 6: أعماق المياه للاكتشافات في خليج المكسيك

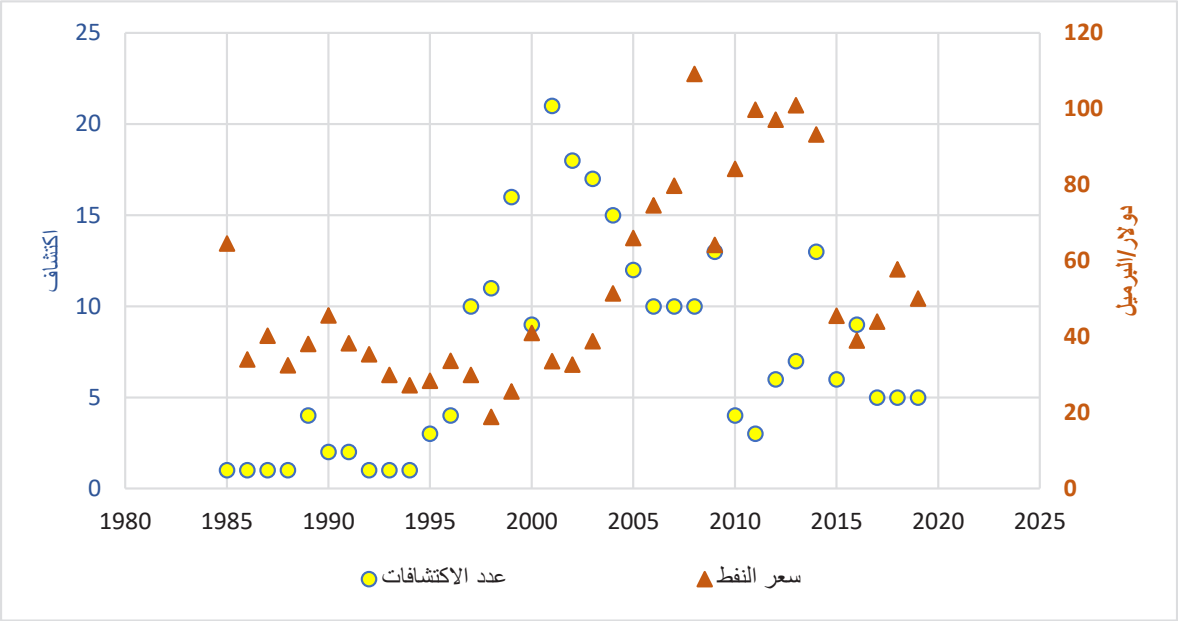


إعداد الباحث بناء على بيانات من Offshore-mag وبيانات الأسعار السنوية من EIA، 2020

وعلاوة على أعماق المياه للاكتشافات الجديدة، يمكن أيضاً النظر إلى عدد هذه الاكتشافات في خليج المكسيك، كما هو مبين في الشكل 7، إذ بالرغم من ارتفاع أسعار النفط[*] حتى عام 2014، لا يوجد ارتفاع موازٍ آنيّ في عدد الاكتشافات التي تحققت. وهذا أمر متوقع بطبيعة الحال، فارتفاع أسعار النفط يعني إمكانية وضع خطط تنقيب واستكشاف في أماكن صعبة، لكن نتيجة عمليات الاستكشاف قد لا تظهر إلا بعد بضع سنوات ربما تكون أسعار النفط قد تغيرت خلالها(Inflation Data, 2020) [21].

[*] تم في الشكل استخدام أسعار النفط العالمية مع احتساب معدل التضخم.

الشكل 7: عدد الاكتشافات في خليج المكسيك بالعلاقة مع سعر النفط



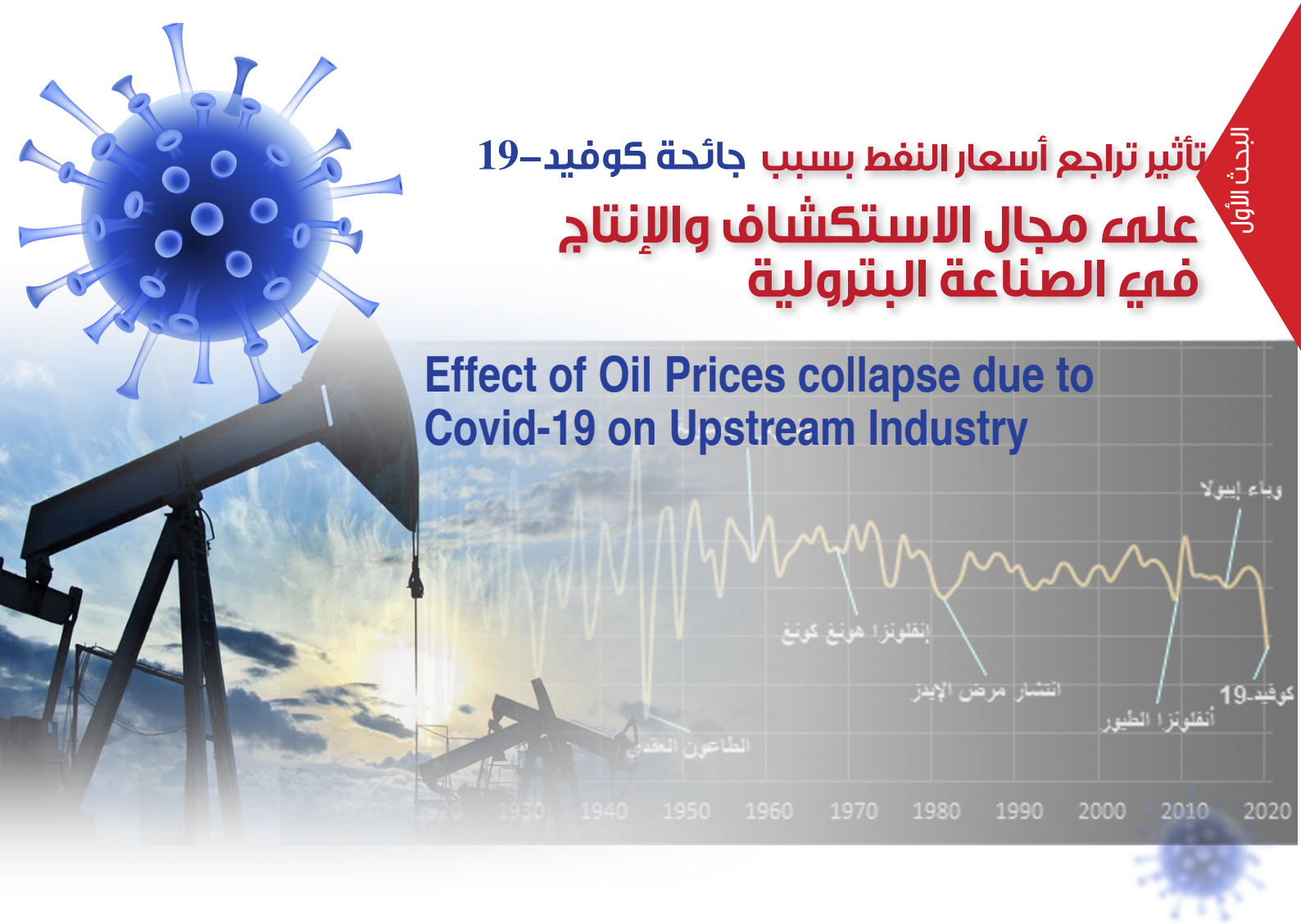
إعداد الباحث بناء على بيانات من Offshore-mag وبيانات الأسعار السنوية من Inflation data، 2020

إن تغير أسعار النفط وما يرافقه من تغير في ميزانيات الاستكشاف لن يؤثر على حجم الاكتشافات الجديدة إلا بشكل غير مباشر كما تقدّم، حيث تميل الشركات في حال تراجع الأسعار إلى تركيز جهود التنقيب في الأماكن ذات معامل اليقين المرتفع. وما قد يبدو أحياناً وكأنه علاقة بين عدد/ حجم الاكتشافات وتغير أسعار النفط، قد يكون بسبب تراجع عدد الاكتشافات عموماً، بمعنى أن الاكتشافات السهلة ربما تم تحقيقها فعلاً في معظم العالم، بينما تتجه عمليات التنقيب نحو ما يسمى "النفط الصعب".

ولتسليط مزيد من الضوء على هذه النقطة يمكن الاسترشاد بالاكتشافات العملاقة التي تحققت عام 2008 رغم تراجع أسعار النفط في أواخر ذلك العام، إذ شهدت دول أمريكا اللاتينية لوحدها تحقيق 7 اكتشافات كبيرة منها 5 اكتشافات في المياه العميقة في البرازيل، واكتشاف واحد في كل من البيرو، وبوليفيا. ومع تحسن الأسعار في عام 2009 شهد العالم تحقيق المزيد من الاكتشافات الكبيرة، منها 33 مليار برميل مكافئ للنفط في حقل Carioca في البرازيل، علاوة على 2 مليار برميل مكافئ نفط جنوب شرق حقل Jupiter. كما تم في نفس العام اكتشاف حقل غاز تامار في فلسطين المحتلة.

البحث الأول

تأثير تراجع أسعار النفط بسبب جائحة كوفيد-19 على مجال الاستكشاف والإنتاج في الصناعة البترولية



الفصل الثاني

تأثير كوفيد-19 على الصناعة البترولية

1- تأثير كوفيد- 19 على معدلات على الإنتاج العالمي من النفط

يبين الشكل 8 معدلات الإنتاج والاستهلاك الربع سنوية من النفط خلال 5 سنوات ، حيث يشير تتبع بيانات الإنتاج العالمي من النفط (EIA, 2021) [22] إلى أن أنماط العرض والطلب العالمية شهدت فترتين منفصلتين في عام 2020 نتيجة لتأثير وباء كوفيد-19 وما ترتب عليه من آثار اقتصادية.

- الفترة الأولى: منذ بداية عام 2020 وحتى نهاية شهر أيار/مايو، حيث فاقت الانخفاضات في استهلاك النفط معدلات الانخفاض في الإنتاج، وقادت إلى ارتفاع مخزونات[*] النفط العالمية بمقدار 1.2 مليار برميل. وكان هذا الارتفاع أحد أهم أسباب انخفاض المتوسط الشهري لأسعار النفط الخام (برنت) إلى حدود 18 دولار/البرميل في شهر نيسان/ أبريل[†]، وهو أدنى سعر يصله هذا الخام منذ شهر شباط/ فبراير 1999.

ولابد من الإشارة إلى التراجع الكبير جداً في سعر الخام الأمريكي في 20 نيسان/أبريل 2020 في بورصة نايمكس، إلى قيمة سالبة لأول مرة منذ بدء تداول العقود الآجلة في عام 1983، حيث هبط السعر إلى (-37.63 دولار/البرميل) للعقود الآجلة، مما أثار ضجة واسعة ساهمت فيها وسائل الإعلام بمختلف أنواعها بحيث أوحت بعض تلك الوسائل للمتابعين من غير المتخصصين بأن النفط لم يعد سلعة ذات قيمة أبداً[‡]. والواقع أن الهبوط كان لعقود النفط الآجلة لشهر أيار/مايو فقط، والتي كانت ستنتهي في 21 نيسان/أبريل. أما عقود حزيران/يونيو لنفس الخام فتم تداولها في نفس اليوم عند أسعار أعلى من 20 دولار/البرميل، بينما تم تداول عقود خام برنت في نفس اليوم

---

[*] المخزون Inventory ويقصد به كميات النفط الخام المخزنة وخاصة في الولايات المتحدة الأمريكية. بينما تستعمل كلمة المخزون في بعض الدول العربية للإشارة إلى الاحتياطيات Reserves.

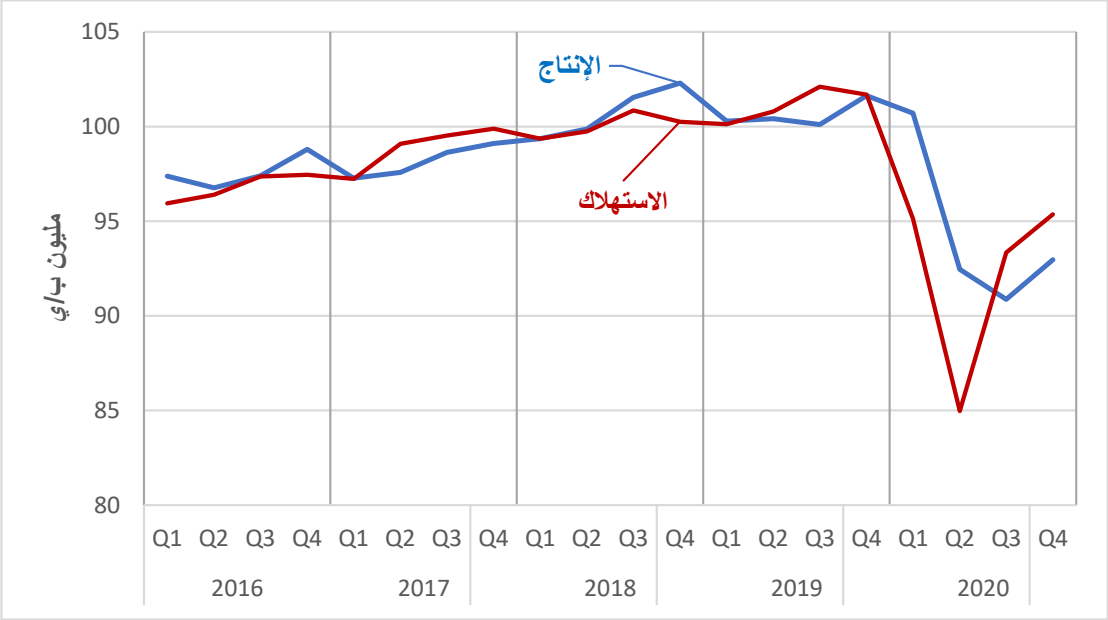
[†] تراجع سعر الخام الأمريكي في 20 نيسان/أبريل 2020 إلى (**-37.63 دولار/البرميل**) للعقود الآجلة لشهر أيار/مايو فقط، والتي كانت ستنتهي في 21 نيسان/أبريل. أما عقود حزيران/يونيو لنفس الخام فتم تداولها في نفس اليوم عند أسعار أعلى من 20 دولار/البرميل.

[‡] لا شك أن السبق الصحفي جزء من مسيرة عمل وسائل الإعلام، وربما بسبب سرعة تراجع أسعار النفط يومها، لم يتح لتلك الوسائل تحليل الوقائع لتقديم الصورة الكاملة.

عند أسعار أعلى من 25 دولار/البرميل.

- الفترة الثانية: امتدت من مطلع شهر حزيران/يونيو وحتى نهاية عام 2020، حيث ساهم تخفيف القيود على السفر والتنقل والحركة في ارتفاع معدلات الاستهلاك، كما لعب تخفيض إنتاج النفط من قبل (أوبك +) وتراجع معدلات الإنتاج في الولايات المتحدة الأمريكية دوراً هاماً في انخفاض المخزونات، مما دفع أسعار خام برنت إلى متوسط شهري بلغ 50 دولار/البرميل في شهر كانون الأول/ديسمبر 2020.

الشكل 8: معدلات الاستهلاك والإنتاج الربعية العالمية من النفط خلال 5 سنوات

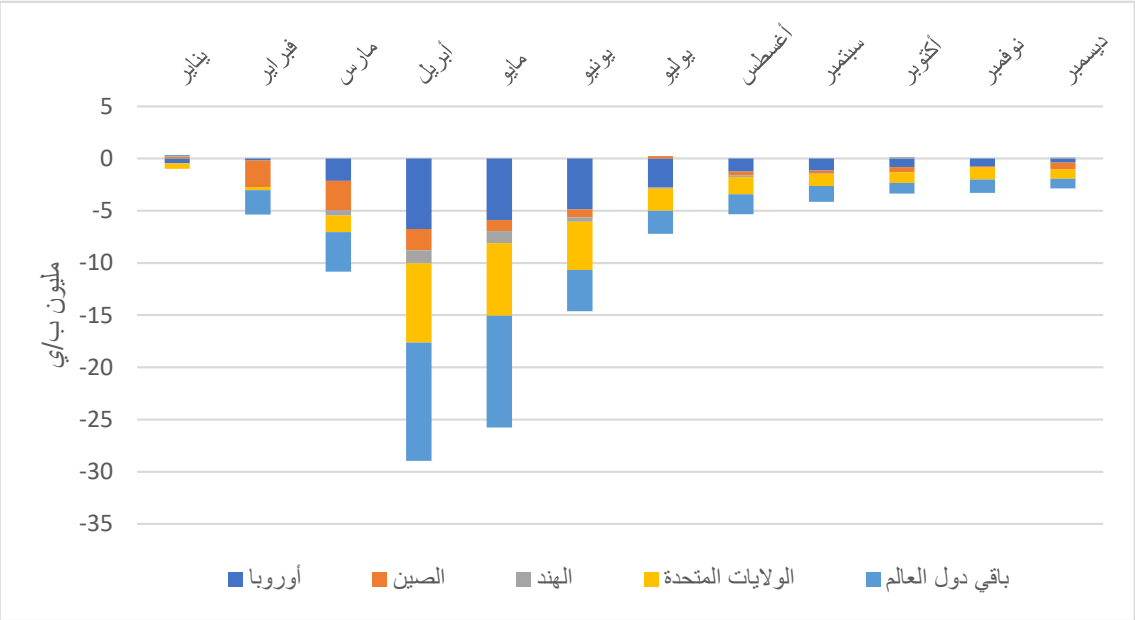


المصدر: EIA، 2021

وربما يوضح الشكل 9 بمزيد من التفصيل تغيرات الطلب الشهرية في بعض دول العالم (EIA، 2019)[23]، حيث يلاحظ أن شهري نيسان/أبريل، وأيار/مايو شهدا أكبر تراجع للطلب، وخاصة في الولايات المتحدة وأوروبا، ثم بدأ الطلب يزداد ثانية في النصف الثاني من عام

2020[*]. وكانت وكالة الطاقة الدولية IEA قد قدرت أن يبلغ إجمالي انخفاض الطلب خلال عام 2020 نحو 8.6 مليون ب/ي (EIA, 2020)[24].

الشكل 9: تغير الطلب الشهري على النفط خلال عام 2020



المصدر: وكالة الطاقة الدولية، 2020.

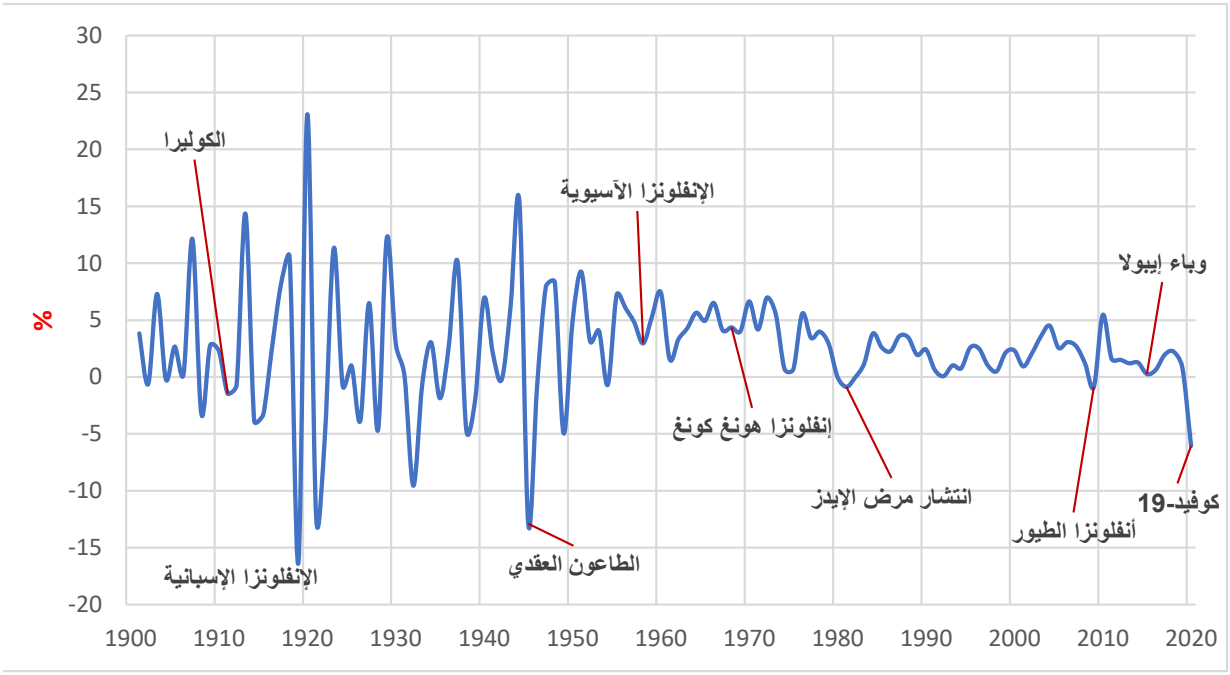
1-1 الأزمات الصحية العالمية والإنتاج

بعيداً عن الأسباب الاقتصادية والسياسية أو الأمنية، فقد شهد العالم تراجع الطلب على النفط لمرات عديدة خلال تاريخه لأسباب تتعلق أيضاً بأسباب صحية مثل الأمراض والأوبئة، إذ يمكن من خلال الشكل 10 ملاحظة تأثير انتشار مختلف الأوبئة على الطلب على النفط، فخلال فترة انتشار مرض (الإيدز) مثلاً وما رافقه من محاذير وإجراءات تتعلق بالسفر، انخفض الطلب العالمي عام 1981 بمعدل زاد عن 8%، وتراجع بنفس المعدل تقريباً خلال انتشار وباء (انفلونزا الطيور) عام 2009. ويلاحظ أيضاً تراجع الطلب خلال انتشار وباء (إبولا) بين عامي 2014 و2015، لكن معدل التراجع كان نحو 3% فقط، إذ أن الوباء انتشر في بعض دول غرب أفريقيا

[*] هناك بعض الفروقات بين تقديرات وكالة الطاقة الدولية، وتقديرات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية للطلب في شهر أيار/مايو، لأن بيانات وكالة الطاقة الدولية لم يتم تحديثها خلال النصف الثاني من عام 2020.

فقط ولم ينتشر على مستوى العالم. ولا يمكن الجزم بأن تراجع الطلب كان فقط بسبب انتشار تلك الأوبئة خلال ذلك الوقت، بينما يمكن التأكيد اليوم بأن وباء كوفيد-19 كان أهم أسباب تراجع الطلب خلال عام 2020.

الشكل 10: التغير السنوي في الطلب العالمي على النفط بالعلاقة مع الأزمات الصحية



إعداد الباحث، معدّل عن وكالة الطاقة الدولية، 2020[25].

2-1 خفض إنتاج أوبك وحلفاؤها

استجابت أوبك وحلفاؤها (OPEC Plus) لتراجع الطلب وتراجع أسعار النفط بقرار اتخذ في 9 نيسان/أبريل 2020 يقضي بتخفيض إنتاج النفط بمعدل 10 مليون ب/ي[*] تبدأ من 1 أيار/مايو ولغاية 30 حزيران/يونيو. وعلى أن يتم تعديل التخفيض إلى 8 مليون ب/ي خلال النصف الثاني من 2020 أي من 1 تموز/يوليو لغاية 31 كانون الأول/ديسمبر.

[*] الرقم الفعلي كان 9.7 مليون ب/ي، بينما التزمت الولايات المتحدة الأمريكية (من خارج التحالف) بتخفيض 300 ألف ب/ي. وهذا ينطبق على باقي أرقام التخفيض المعلنة.

ثم يتقلص التخفيض إلى 6 مليون ب/ي لمدة 16 شهراً تبدأ من 1 كانون الثاني/يناير 2021، ولغاية 30 نيسان/أبريل 2022. وبحيث يكون المرجع الذي يتم التخفيض بناء عليه هو معدل الإنتاج في شهر تشرين الأول/أكتوبر 2018، باستثناء السعودية وروسيا، حيث يعتبر مرجع الإنتاج لكل منهما11 مليون ب/ي (OPEC, 2020) [26].

علاوة على ذلك تم استثناء ليبيا وإيران وفنزويلا من خطة خفض الإنتاج. وتشير البيانات المتوفرة إلى أن معدل الإنتاج الأساسي لدول أوبك وحلفائها[*] الذي تم اتخاذ قرار الخفض على أساسه بلغ حوالي 43.8 مليون ب/ي، منها نحو 26.7 مليون ب/ي من دول أوبك المشمولة في القرار(PIW, 2020) [27].

وفي 6 حزيران/يونيو 2020، قررت أوبك تمديد الالتزام بمعدلات تخفيض أيار/مايو وحزيران/يونيو (-10 مليون ب/ي) لغاية شهر تموز/يوليو (OPEC، 2020)[28].

وفي 3 كانون الأول/ديسمبر 2020 وافقت أوبك على رفع الإنتاج بشكل تدريجي بمعدل 2 مليون ب/ي، وذلك بعد تحسن شروط السوق بحيث يصبح 7.7 مليون ب/ي، بينما قررت بعض الدول خفضاً طوعياً بمقدار 0.5 مليون ب/ي، بحيث يبقى التخفيض عند معدل 7.2 مليون ب/ي (OPEC، 2020)[29].

وفي اجتماعها بتاريخ 5 كانون الثاني/يناير 2021، تم الاتفاق على أن يكون معدل التخفيض 7.2 مليون ب/ي خلال شهري شباط/فبراير وآذار/مارس 2021. وعلى أن يكون توزع حصص التخفيض حسب ما هو مبين في **الجدول 5**، وبحيث تتم مراجعة تخفيض الإنتاج لشهر نيسان/أبريل وما يتبعه في اجتماعات لاحقة (OPEC, 2021) [30].

---

[*] هذه الدول مبينة في الجدول 5.

الجدول 5 : معدلات تخفيض الإنتاج لدول أوبك وحلفائها خلال الربع الأول من عام 2021

الدولة	الإنتاج المرجعي (2018) X ألف ب/ي	كانون الثاني/يناير 7.2 مليون ب/ي		شباط/فبراير 7.125 مليون ب/ي		آذار/مارس 7.05 مليون ب/ي	
		معدل الإنتاج المطلوب	التعديل	معدل الإنتاج المطلوب	التعديل	معدل الإنتاج المطلوب	التعديل
الإمارات	3168	2626	-542	2626	-542	2626	-542
أنغولا	1528	1267	-261	1267	-261	1267	-261
الجزائر	1057	876	-181	876	-181	876	-181
السعودية	11000	9119	-1881	9119	-1881	9119	-1881
العراق	4653	3857	-796	3857	-796	3857	-796
الغابون	187	155	-32	155	-32	155	-32
غينيا الاستوائية	127	105	-22	105	-22	105	-22
الكونغو	325	269	-56	269	-56	269	-56
الكويت	2809	2329	-480	2329	-480	2329	-480
نيجريا	1829	1516	-313	1516	-313	1516	-313
أذربيجان	718	595	-123	595	-123	595	-123
البحرين	205	170	-35	170	-35	170	-35
بروناي	102	85	-17	85	-17	85	-17
جنوب السودان	130	108	-22	108	-22	108	-22
روسيا	11000	9119	-1881	9184	-1816	9249	-1751
السودان	75	62	-13	62	-13	62	-13
عمان	883	732	-151	732	-151	732	-151
كازاخستان	1709	1417	-292	1427	-282	1437	-272
ماليزيا	595	493	-102	493	-102	493	-102
المكسيك	1753	1753	0	1753	0	1753	0
أوبك (10)[*]	26683	22119	-4564	22119	-4564	22119	-4564
الحلفاء (+)	17170	14534	-2636	14609	-2561	14684	-2486
أوبك والحلفاء (OPEC+)	**43853**	**36653**	**-7200**	**36728**	**-7125**	**36803**	**-7050**

المصدر: OPEC، 2021

وقد أقرت أوبك في 4 شباط/فبراير 2020 الإبقاء على حجم التخفيضات عند 7.2 مليون ب/ي، بينما أعلنت السعودية عن تخفيض طوعي بمعدل 1 مليون ب/ي، أي أن حجم التخفيضات الكلي كان 8.2 مليون ب/ي.

[*] يلاحظ أن إيران وفنزويلا وليبيا لم ترد في الجدول لأنها معفاة من الالتزام بالتخفيضات.

ولو تم النظر إلى دول أوبك التي شملها قرار خفض الإنتاج بين شهري أيار/مايو، وكانون الأول/ديسمبر 2020، فسوف يلاحظ أن إنتاجها تراجع بنحو 7 مليون ب/ي خلال تلك الفترة، كما هو مبين في **الجدول 6**، أي ما يعادل تراجعاً بنحو 25%. وتحملت الإمارات والسعودية والكويت نحو 5.4 مليون ب/ي من مجموع تراجع الإنتاج، أي ما يقارب 77%.

الجدول 6: معدلات إنتاج دول أوبك بعد قرارات خفض الإنتاج عام 2020

الإنتاج (ألف ب/ي)	نيسان/أبريل	كانون الأول/ ديسمبر	الفرق
السعودية	12,007	8,980	-3,027
العراق	4,480	3,857	-623
الإمارات	4,033	2,578	-1,455
الكويت	3,151	2,295	-856
نيجيريا	1,793	1,174	-619
أنغولا	1,352	1,145	-207
الجزائر	1,004	863	-141
الكونغو	314	296	-18
الغابون	196	179	-17
غينيا الاستوائية	122	111	-11
مجموع أوبك	**28,452**	**21,478**	**-6,974**

المصدر: التقارير الشهرية لأوبك MOMR، 2020.

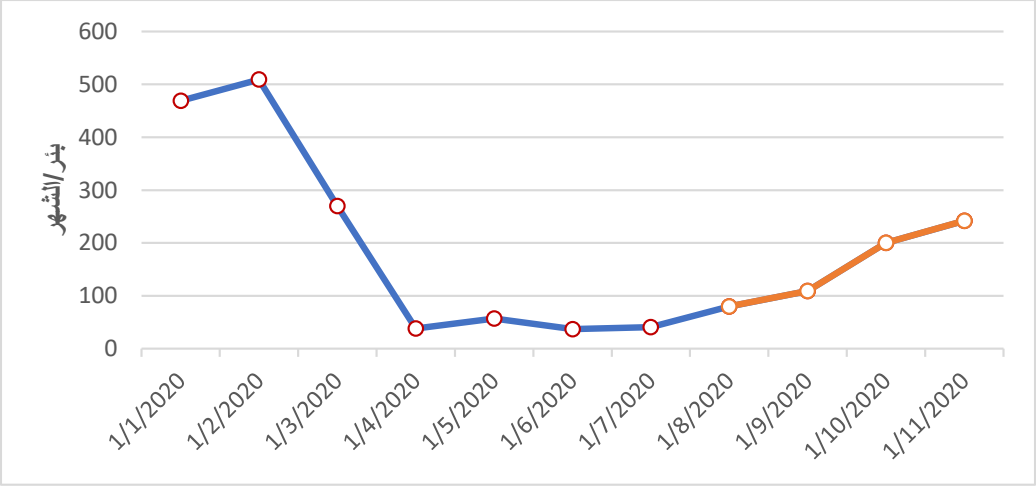
2- تأثير كوفيد -19 على عمليات الحفر والاستكشاف

2-1 التأثير على عمليات الحفر في العالم

ترتبط عمليات الاستكشاف حكماً بعمليات الحفر التي تشكل جزءاً رئيسياً منها، وقد قدر عدد الآبار المحفورة عام 2020 بنحو 55 ألف بئر(Rystad Energy, 2020) [31]، في مقابل نحو 72 ألف بئر تم حفرها عام 2019. بينما أشارت تقديرات أخرى (World Oil، 2020)[32] ظهرت في مطلع عام 2020 إلى أن العدد الكلي للآبار المحفورة لن يتجاوز 43879 بئراً.

ومع تراجع عدد الحفارات العاملة في العالم فمن البديهي أن يتراجع عدد الآبار المحفورة كذلك، ففي مقاطعة ألبرتا الكندية على سبيل المثال (ARD، No date)[33]، جرى حفر 3851 بئراً عام 2019، بينما انخفض الرقم إلى 2052 بئراً فقط عام 2020، وذلك بعد تراجع عدد الحفارات العاملة فيها من 139 حفارة عام 2019، إلى 89 حفارة عام 2020. لكن هذا الرقم الوسطي لعدد الآبار ربما لا يعطي الصورة الدقيقة عن الوضع، إذ تراجع عدد الآبار بشدة بين شهري شباط/فبراير، وآذار/مارس، كما هو مبين في الشكل 11، واستقر تقريباً عند مستوى منخفض خلال الربع الثاني من عام 2020، حتى عاد للارتفاع بدءاً من شهر آب/أغسطس، وذلك كان متزامناً إلى حد ما مع تخفيف القيود على الحركة والتنقل سواء ضمن الدولة نفسها أو بين باقي دول العالم.

الشكل 11: عدد الآبار المحفورة في مقاطعة ألبرتا في كندا

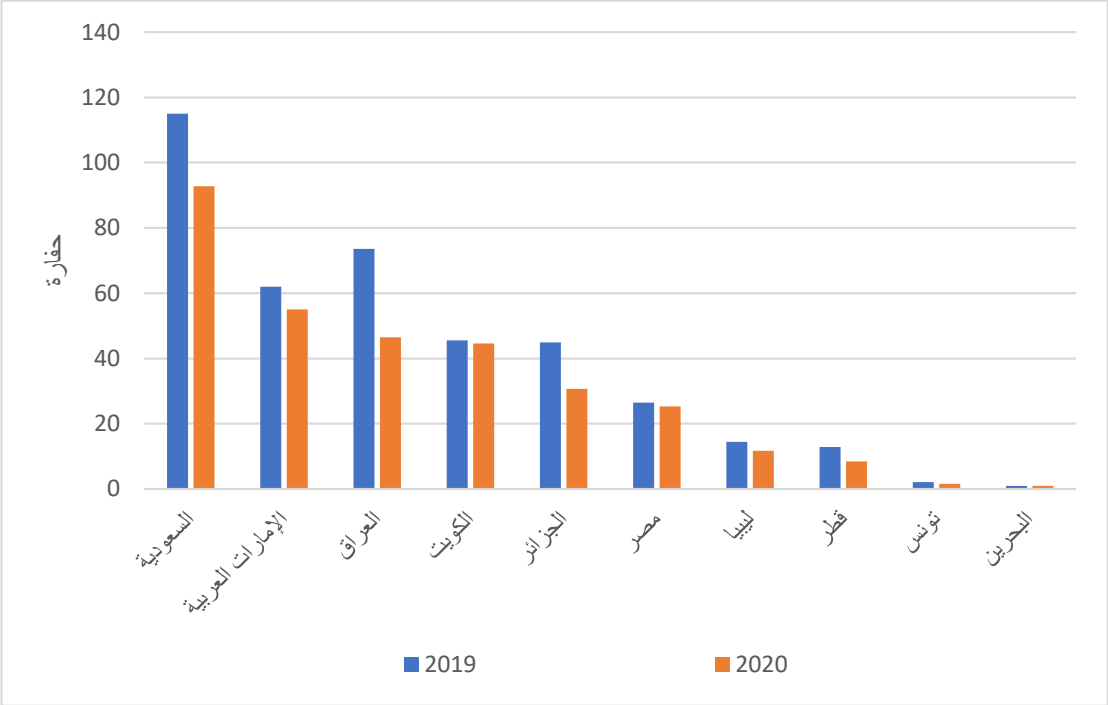


المصدر: Alberta Regional Dashboard، 2021

2-2 التأثير على عدد الحفارات في الدول العربية

أما في المنطقة العربية، فقد تراجع المتوسط الشهري لعدد الحفارات العاملة في الدول العربية[*] بنسبة قاربت 20%، وذلك من 460 حفارة عام 2019 إلى 370 حفارة عام 2020، منها 398 حفارة في الدول الأعضاء في أوابك، تراجعت إلى 317 حفارة عام 2020، كما هو مبين في الشكل 12.

الشكل 12: المتوسط الشهري لعدد الحفارات العاملة في أوابك بين عامي 2019 و2020



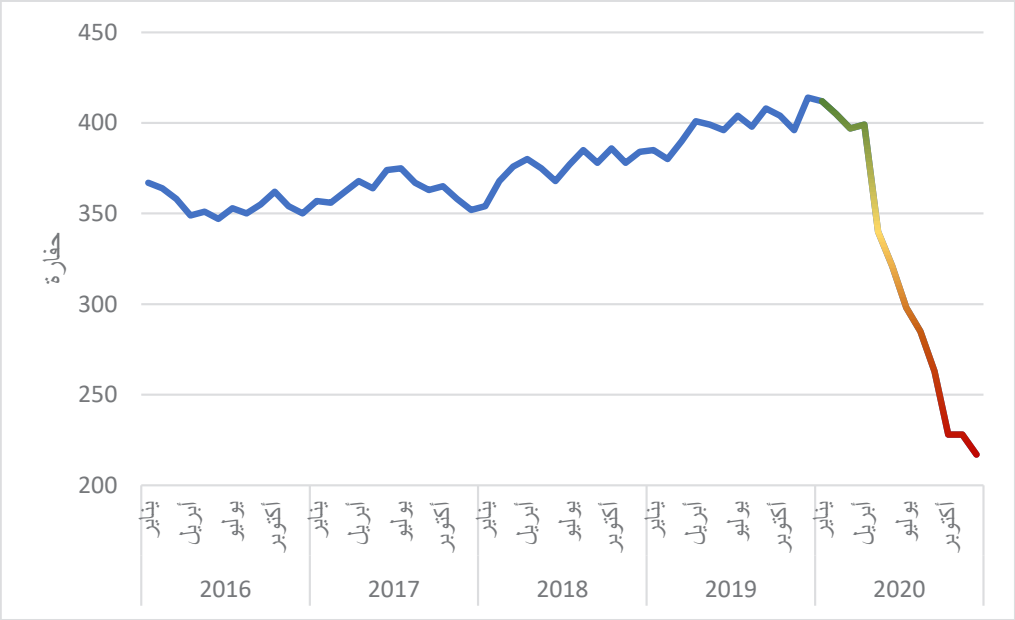
إعداد الباحث بناء على متوسط التقارير الشهرية من Backer Hughes لعدد الحفارات العاملة في العالم خلال عامي 2019 و2020

يوضح الشكل 13 التغير الذي طرأ على إجمالي المتوسط الشهري لعدد الحفارات العاملة في دول أوابك خلال 5 سنوات، ويلاحظ أن هذا العدد انخفض منذ مطلع عام 2020 بنحو 47% أي ما بين كانون الثاني/يناير (412 حفارة) وكانون الأول/ديسمبر 2020 (217 حفارة). أما

[*] باستثناء سوريا التي لم تتوفر معلومات عنها.

متوسط عدد الحفارات في دول أوابك بين عامي 2019 و2020 فقد تراجع بنسبة 21%، كما هو مبين في **الجدول 7**.

الشكل 13: المتوسط الشهري لعدد الحفارات العاملة في دول أوابك خلال 5 سنوات



إعداد الباحث بناء على متوسط التقارير الشهرية من Backer Hughes لعدد الحفارات العاملة في العالم (باستثناء سوريا) خلال عامي 2019 و2020.

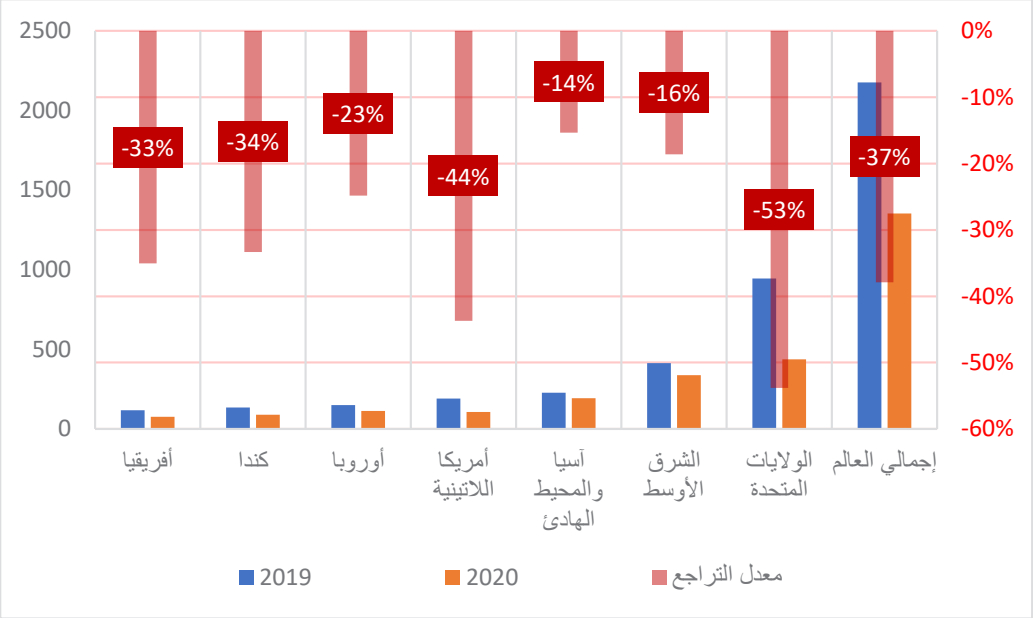
الجدول7 : التراجع العددي والنسبي لعدد الحفارات في دول أوابك بين عامي 2019 و2020

الدولة	التراجع العددي		الدولة	التراجع النسبي
العراق	27-		العراق	37%-
السعودية	22-		قطر	34%-
الجزائر	14-		الجزائر	32%-
الإمارات	8-		تونس	24%-
قطر	4-		السعودية	19%-
ليبيا	3-		ليبيا	19%-
مصر	1-		الإمارات	13%-
الكويت	1-		مصر	4%-
تونس	1-		الكويت	2%-
أوابك	**82-**		**أوابك**	**21%**

المصدر: إعداد الباحث بناء على متوسط التقارير الشهرية من Backer Hughes لعدد الحفارات العاملة في العالم خلال عامي 2019 و2020

ويمكن في نفس السياق ملاحظة تراجع متوسط عدد الحفارات العاملة في العالم عام 2020 (Baker Hughes، 2020)[34] مقارنة مع عام 2019، من خلال الشكل 14، حيث يبين الشكل تأثر الولايات المتحدة بشدة إذ تراجع متوسط عدد الحفارات العاملة فيها خلال عام 2020 بنحو 53% مقارنة بالعدد الذي كان يعمل في نفس الفترة من عام 2019، تلتها في ذلك أمريكا اللاتينية بنسبة 44%، ثم كندا بنسبة 34%، ثم أفريقيا (33%)، وأوروبا (23%)، والشرق الأوسط (16%)[*]، ودول آسيا والمحيط الهادئ (14%).

الشكل 14: مقارنة عدد الحفارات العاملة في العالم بين عامي 2019 و 2020



إعداد الباحث بناء على متوسط التقارير السنوية من Backer Hughes لعدد الحفارات العاملة في العالم خلال عامي 2019 و2020

ويلاحظ من الشكل أيضاً أن متوسط إجمالي عدد الحفارات العاملة في العالم تراجع بنسبة 37%.

يشير ما سبق إلى أن جائحة كوفيد-19 ألقت بظلال قاتمة على عمليات الاستكشاف والحفر، فتراجع حجم الاكتشافات ربما يكون بسبب توجه عمليات التنقيب نحو الأماكن الأكثر أملاً في مسعى للحد من تأثير عدم اليقين على نشاطات الشركات في تلك الفترة الحرجة. كما أن تراجع عدد منصات الحفر العاملة وانخفاض عدد الآبار المحفورة يصعب ربطه بسبب آخر،

[*] حسب إحصائيات Baker Hughes منطقة الشرق الأوسط تتضمن السودان ومصر والباكستان علاوة على الدول العربية الأخرى في المنطقة.

فتراجع الأسعار الذي شهدته أسواق النفط في مطلع 2020 ارتبط في معظمه بتراجع الطلب نتيجة توقف حركة الملاحة بأنواعها وتوقف النشاطات الصناعية، بينما بدأت الأسعار تستعيد شيئاً من عافيتها بعد تخفيف إجراءات منع التجول، والعودة التدريجية للحدود المفتوحة.

عموماً، يمكن التأكيد أنه إلى جانب التخفيضات الحادة في الإنفاق الرأسمالي، كان لجائحة كوفيد-19 آثار عملية على النشاط الاستثماري من خلال تعطيل المشاريع الاستثمارية القائمة وسلاسل التوريد التي تعتمد عليها، وربما يمكن تصنيف هذه التأثيرات في أربع فئات رئيسية:

1- المخاطر التي تتعرض لها الطواقم العاملة التي تعيش وتعمل معاً في المشاريع الموجودة على اليابسة أو في المغمورة، إذ عادة ما يبقى العمال في هذه المرافق متجاورين في أماكن قريبة على منصات الحفر، مما يجعل التباعد الاجتماعي شبه مستحيل، كما أن عمل هذه الطواقم على شكل ورديات متناوبة يزيد من احتمالات انتشار العدوى. لذلك تحاول الشركات التخفيف من هذه المخاطر من خلال الفحوصات الصحية المنتظمة، أو من خلال الحد من عدد الأشخاص في الموقع ومن خلال تمديد فترة إقامة الطواقم قبل تبديله الورديات. ومن الجلي أن هذه التدابير تؤثر على السرعة التي تمضي بها المشاريع.

2- تعتمد الشركات لتشغيل مشاريعها أو تقديم خدماتها، على تحرك الطواقم سواء محلياً أو دولياً. لكن فرض قيود على حركة الأفراد قلص حرية التنقل، وهو ما أدى إلى حدوث تأخيرات في تسليم المشاريع أو تقديم الخدمات.

3- اضطرابات سلسلة التوريد. حيث توقف إنتاج وتسليم المواد والآلات للمشاريع في بعض الحالات بسبب الإغلاق، إما بسبب تأثر المصانع نفسها أو بسبب تعطل النقل (مثل الموانئ). فعلى سبيل المثال، كانت هناك 28 سفينة عائمة للإنتاج والتخزين والتفريغ (FPSO) قيد الإنشاء في الربع الأول من عام 2020، منها 22 سفينة كان من المزمع بناؤها في أحواض بناء السفن في الصين وكوريا وسنغافورة، وهي من البلدان التي تأثر فيها النشاط الصناعي بشدة نتيجة الإغلاق(IEA, 2020) [35].

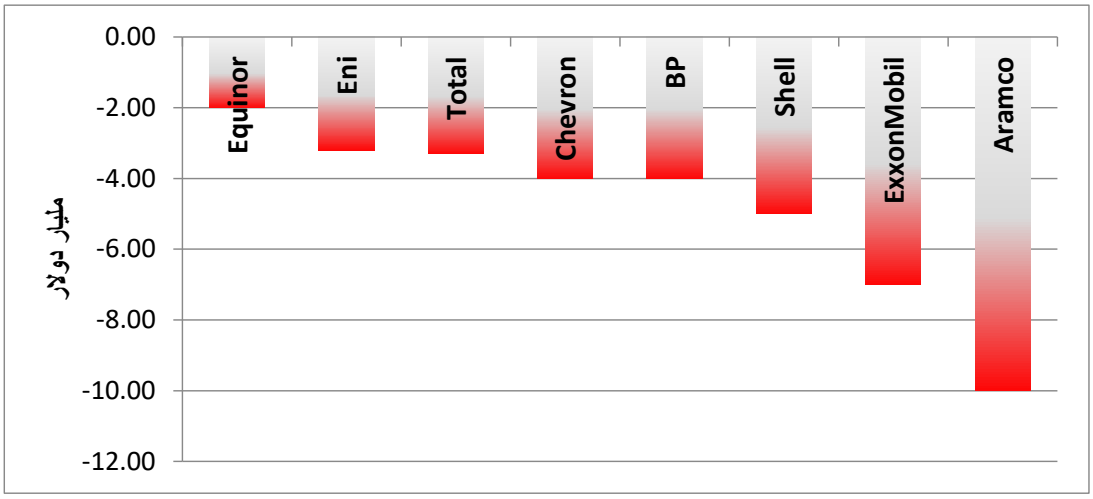
4- التأخير في جولات التراخيص والموافقات وعمليات التصريح بسبب تعطل عمل الجهات الرقابية، وهو ما استدعى تغيير أنشطة جولات التراخيص المخطط لها في العديد من

البلدان مثل بنغلاديش والبرازيل والهند وليبيريا والسنغال وجنوب السودان وتايلاند والمملكة المتحدة.

3-2 التأثير على عمليات الاستكشاف

ربما لا يمكن من حيث المبدأ الحكم بأن تغير عدد أو حجم الاكتشافات ناتج عن التأثير المباشر لجائحة كوفيد-19، لكن تراجع الطلب وتراجع الأسعار وتراجع أعداد منصات الحفر (الحفارات) العاملة في العالم، وتراجع عدد الآبار المحفورة، تتضافر جميعها لتشير إلى أن ما جرى من تراجع عدد أو حجم الاكتشافات خلال النصف الأول من عام 2020 هو على الأغلب نتيجة للجائحة، خاصة وأن التأثيرات الاقتصادية لها لم تستثن الشركات العاملة في الصناعة البترولية. حيث خفضت العديد من الشركات ميزانياتها لعام 2020 وما بعده، وهذا يشابه ما حدث عامي 2014 و2015 (Xu, 2020) [36]، ويلاحظ على سبيل المثال من الشكل 15 أن الشركات السبع المبينة فيه قد خفضت ميزانياتها بأكثر من 38 مليار دولار [*].

الشكل 15: تخفيض ميزانيات شركات الاستكشاف والإنتاج الكبرى في العالم عام 2020 بسبب جائحة كوفيد-19



إعداد الباحث بناء على بيانات من: Conglin، 2020.

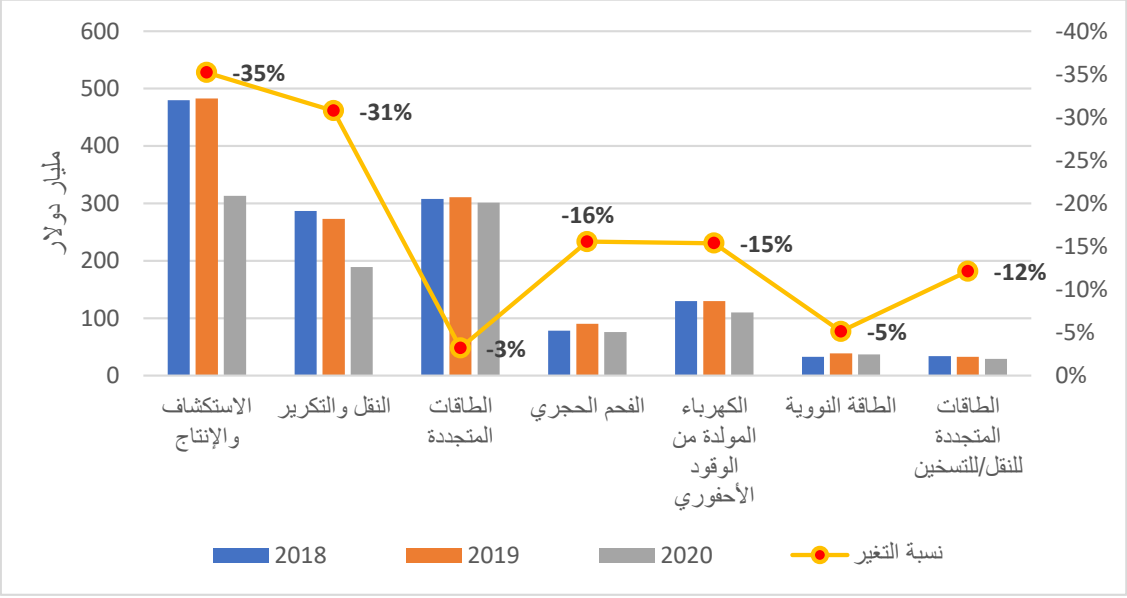
[*] ورد سابقاً في الدراسة أن 23 شركة خفضت ميزانياتها بنحو 35 مليار دولار بين عامي 2014 و2015، بينما يلاحظ هنا أن 7 شركات فقط خفضت ميزانياتها بأكثر من 38 مليار دولار.

اختلفت التقديرات حول ميزانيات الاستكشاف والإنتاج المتوقعة خلال عام 2020، وهو أمر متوقع إذ أن كل جهة تنظر بشكل مختلف إلى العوامل التي ترى أنها تؤثر على هذه الميزانيات، كما أن هذه التقديرات التي اختلفت حسب تاريخ اصدراها كانت متأثرة بالمتغيرات الفعلية في أسواق الطاقة.

ورأت الوكالة الدولية للطاقة في تقرير لها نشر في أواخر شهر تشرين الأول/أكتوبر 2020 أن النفقات الرأسمالية في قطاع الطاقة انخفضت بنسبة 18% خلال عام 2020 لتبلغ 1.5 تريليون دولار. ومثّل هذا التقدير تغيراً طفيفاً عن تقديرات سابقة نشرتها الوكالة في شهر أيار/مايو 2020، حيث أرجعت الوكالة هذا التغير في تقديراتها إلى انكماش اقتصادي أقل نوعاً ما مما كانت تتوقع، كما ظهر أداء أفضل في بعض القطاعات المتعلقة بالطاقة النظيفة، مثل الطاقة المتجددة.

يبين الشكل 16 تغير الاستثمارات في مجال الطاقة عام 2020، حسب تقديرات وكالة الطاقة الدولية (IEA، 2020)[37] في شهر تشرين الأول/أكتوبر 2020. ويلاحظ منه أن أكبر تخفيض في الاستثمارات كان في مجال الاستكشاف والإنتاج، وهو أمر متوقع في ضوء عامل المخاطرة المرتفع في هذا المجال.

الشكل 16: تغير الاستثمارات في مجال الطاقة عام 2020



إعداد الباحث بناء على بيانات من وكالة الطاقة الدولية، 2020.

يشير تتبع بيانات الاكتشافات الجديدة إلى أن إجمالي حجم الاكتشافات التي تحققت في العالم خلال النصف الأول من عام 2020، بلغ نحو 4.9 مليار برميل مكافئ نفط، وهو أقل رقم يتحقق خلال الفترات المماثلة منذ مطلع القرن الحادي والعشرين. وبالمقارنة، يقل حجم الاكتشافات الجديدة في النصف الأول من عام 2020 بنحو 42% عن حجم اكتشافات النصف الأول من عام 2019، كما أن عدد الاكتشافات حتى منتصف عام 2020 كان يقل بحوالي 31% عن عدد اكتشافات الفترة المماثلة من عام 2019، حيث تتبعت إدارة الشؤون الفنية في أوابك البيانات عن تحقيق 38 اكتشافاً خلال النصف الأول من عام 2020، في مقابل 54 اكتشافاً خلال النصف الأول من عام 2019. وقد قدر متوسط الأحجام المكتشفة شهرياً خلال النصف الأول من عام 2020 بحوالي 810 مليون برميل مكافئ نفط، وهو انخفاض بنسبة 34٪ مقارنة بنفس الفترة من العام الماضي حين بلغ المتوسط الشهري حوالي 1.085 مليار برميل مكافئ نفط (مثلت اكتشافات الغاز 55% منها)، في حين مثلت اكتشافات الغاز حوالي 68% من اجمالي الاكتشافات (Rystad Energy، 2020)[38]. وإجمالاً، فإن 73% من المصادر الجديدة المكتشفة كانت في روسيا وأمريكا الجنوبية والشرق الأوسط.

وبعد أن بدأت الدول بتخفيف إجراءات الحظر، تغيرت الصورة قليلاً، إذ حقق العالم 51 اكتشافاً جديداً في النصف الثاني من عام 2020. وبلغ مجموع الاكتشافات التي حققها العالم 89 اكتشافاً حتى نهاية عام 2020 باحتياطيات تزيد عن 9.8 مليار برميل مكافئ نفط، وقد شكّل عدد الاكتشافات في المغمورة أكثر من 45% من إجمالي الاكتشافات. أما من ناحية الحجم، فيقدر أن 75% من حجم الاكتشافات الجديدة كان في المغمورة، حيث شكل حجم اكتشافات المياه العميقة جداً نحو 29% مقارنة بنحو 45% عام 2019، بينما شكل حجم اكتشافات المياه العميقة 44% عام 2020 مقارنة بحوالي 20% عام 2019 (أوابك، 2021)[39].

وحققت الدول العربية عشرة اكتشافات جديدة خلال عام 2020، منها اكتشافان للغاز في دولة الإمارات العربية المتحدة، وثلاثة اكتشافات للنفط ومثلها للغاز في المملكة العربية السعودية، واكتشاف واحد للنفط في جمهورية العراق، وثلاثة اكتشافات للنفط في دولة الكويت، وثلاثة اكتشافات للنفط ومثلها للغاز في جمهورية مصر العربية، كما أعلنت المملكة المغربية عن تحقيق اكتشافين جديدين للغاز.

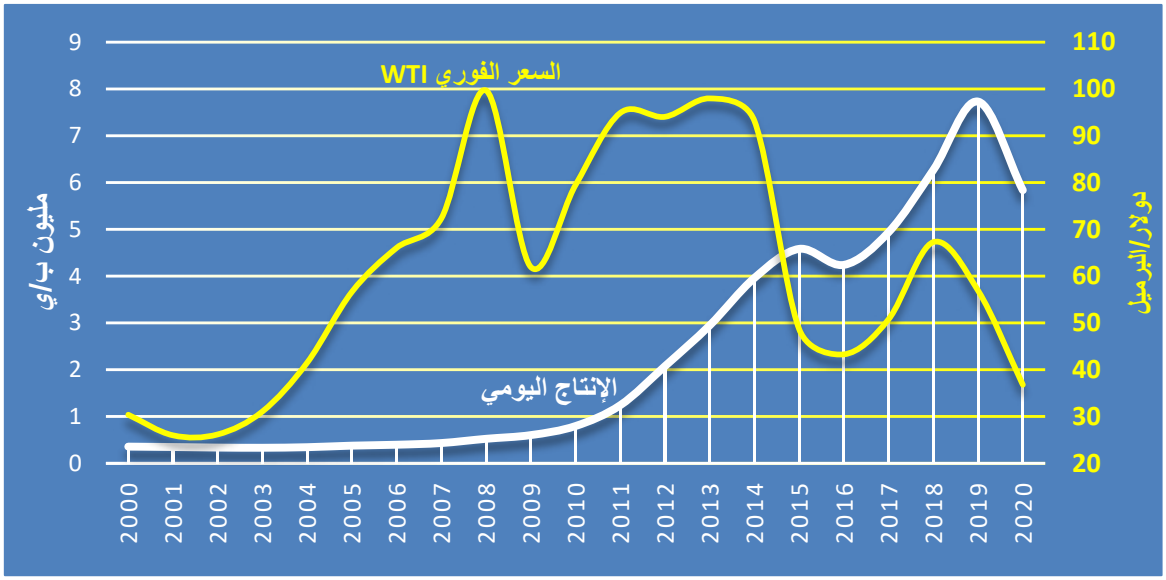
في العموم، لا يمكن إنكار تأثير انتشار وباء كوفيد-19 على عمليات الحفر والاستكشاف في عام 2020، لكن النتائج الإجمالية للعام كانت إيجابية بالرغم من ذلك. فقد بلغ معدل الآبار عالية التأثير الناجحة 41% مقارنة بنحو 32% في عام 2019. ومثلت الآبار عالية التأثير[*] ما يقرب من ثلث الموارد التقليدية التي تم اكتشافها عام 2020، ويرجع ذلك إلى أن معظم الآبار التي تستهدف المناطق المأمولة الكبيرة في المغمورة تم حفرها كما هو مخطط لها. إذ تم في مطلع عام 2020 التخطيط لحفر 35 بئراً عالية التأثير في مختلف مناطق العالم، وتم تأجيل 16 منها حتى عام 2021 أو ما بعده، بينما ألغيت قرارات حفر 6 آبار فقط، مما يعني أنه تم مبدئياً حفر 13 بئراً فقط من القائمة الأولية. ومع تغير قرارات التفاعل مع كوفيد-19، تمكنت الشركات من إضافة 14 بئراً أخرى عالية التأثير إلى برامج الحفر، مما قاد إلى حفر 27 بئراً من هذا النوع بانخفاض بنسبة 25٪ عن عام 2019. وشكل الغاز حوالي ثلثي الموارد المكتشفة من خلال هذه الآبار (Offshore mag, 2021) [40].

[*] الآبار عالية التأثير (High Impact Wells) هو تصنيف يعتمد على حجم المناطق المأمولة التي تحفر بها البئر، وهل تساهم في التعرف على منظومة بترولية جديدة Play، ومدى أهميتها بالنسبة للشركة. ومنها على سبيل المثال بئر Tuna-1 الذي حققت تركيا عبره في النصف الثاني من 2020 اكتشافها العملاق للغاز في المغمورة الذي قدرت مصادره بنحو 320 مليار متر مكعب.

3- التأثير على زيت السجيل في الولايات المتحدة الأمريكية

كان لنجاح الولايات المتحدة في تطوير إنتاجها من زيت السجل دور لا يستهان به على سوق النفط العالمية، واستمر ظهور هذا التأثير سلباً وإيجاباً مع انتشار جائحة كوفيد-19. ويبدو أن إنتاج هذا النوع من النفط والذي بدأت ملامحه تظهر عملياً منذ عام 2000 لم يُقدّر تأثيره على الأسواق بشكل دقيق، إذ ربما ساعدت الاضطرابات والأزمات التي شهدتها منطقة الشرق وشمال أفريقيا في إخفاء هذا التأثير نسبياً، مثل تراجع إنتاج النفط في ليبيا وإيران وغيرها من دول المنطقة. يبين الشكل 17 نمو معدل إنتاج زيت السجيل الأمريكي منذ عام 2000، حيث يلاحظ أن الإنتاج استمر بالنمو رغم تهاوي أسعار النفط بعد الأزمة الاقتصادية العالمية أواخر عام 2008 أو بعد عام 2014، ولم يتأثر الإنتاج إلا بشكل بسيط في عام 2016، ليتابع لاحقاً مسيرة النمو.

الشكل 17: نمو إنتاج زيت السجيل الأمريكي

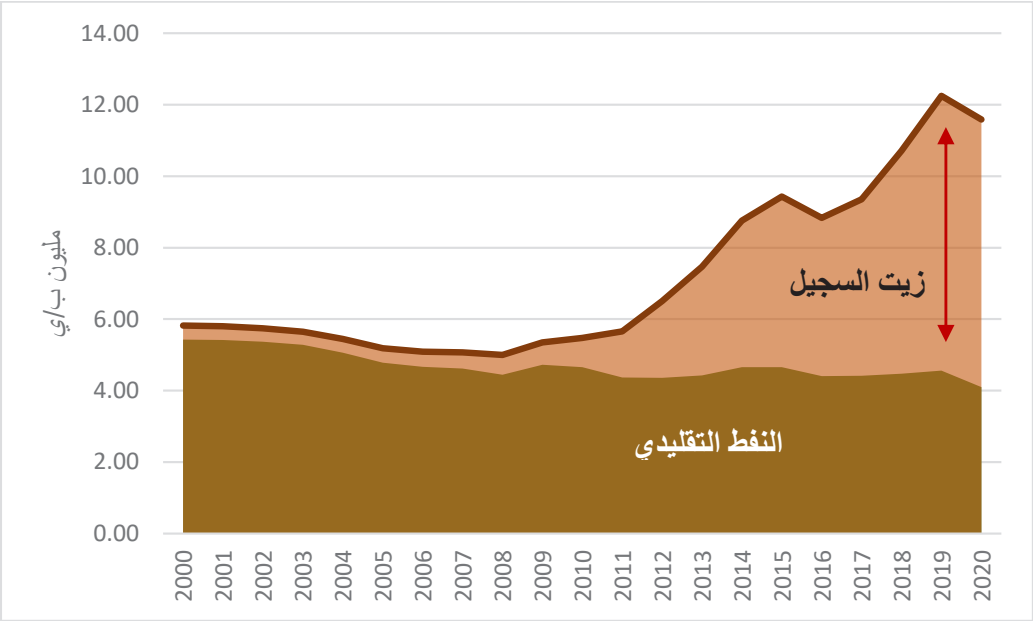


إعداد الباحث بناء على بيانات التقارير الشهرية للأسعار ولإنتاج زيت السجيل من إدارة معلومات الطاقة الأمريكية

ولا شك أن إنتاج زيت السجيل في الولايات المتحدة لعب دوراً هاماً في تغيير توازنات أسواق النفط، إذ أن إجمالي إنتاج النفط في الولايات المتحدة كان في تراجع مستمر منذ سبعينات القرن الماضي، وبلغ أدنى قيمة له في عام 2008 حيث وصل إلى نحو 5 مليون ب/ي. وبدأ بعدها

بالتزايد التدريجي ليصل متوسط إنتاجه إلى حوالي 12.3 مليون ب/ي عام 2019، شكل زيت السجيل منها أكثر من 63% وهو ما يوضحه الشكل 18.

الشكل 18: متوسط الإنتاج اليومي سنوياً من النفط التقليدي وزيت السجيل في الولايات المتحدة

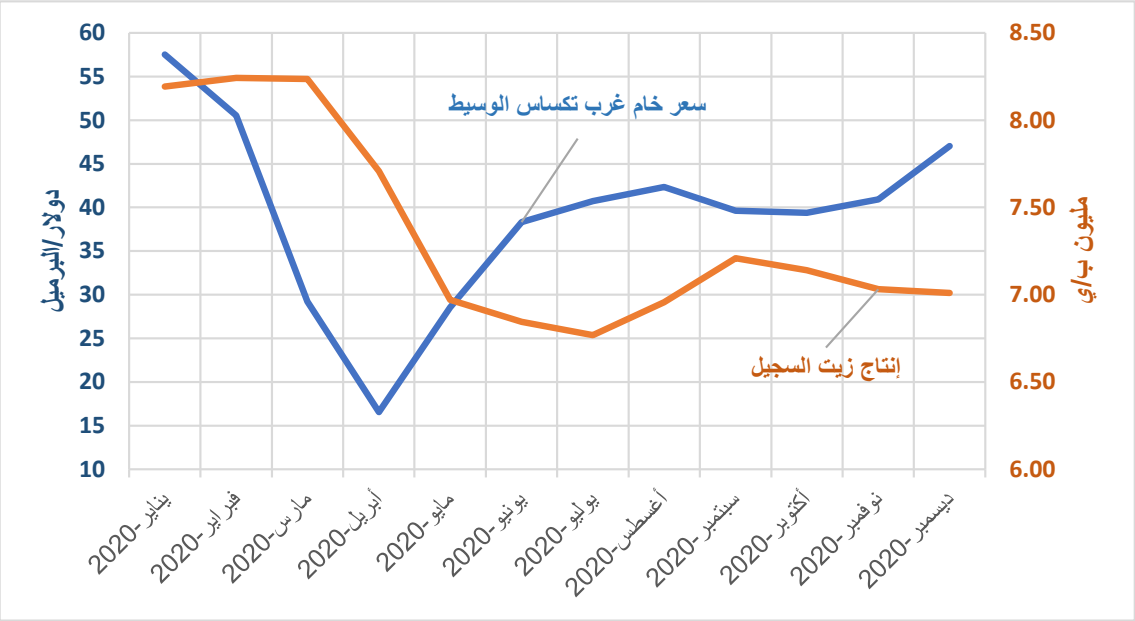


إعداد الباحث بناء على التقارير الشهرية لإنتاج زيت السجيل من إدارة معلومات الطاقة الأمريكية منذ عام 2000

أظهرت التوقعات في مطلع شهر أيلول/سبتمبر 2020 أن إنتاج زيت السجيل في الربع الأخير من السنة سيشهد تراجعاً كبيراً ينسحب تأثيره خلال عام 2021، وذلك نتيجة تراجع عدد الحفارات العاملة وازدياد قلق المستثمرين من عدم اليقين حول حالة الأسواق، خاصة بعد أن تراجع سعر خام غرب تكساس الوسيط إلى أقل من 40 دولار/البرميل في شهر أيلول/سبتمبر 2020 نتيجة مخاوف من انتشار موجة ثانية من وباء كوفيد-19. وكان معدل إنتاج زيت السجيل قد وصل إلى معدل زاد عن 8.24 مليون ب/ي في شهر شباط/فبراير من ذلك العام، ليبدأ بعدها في التراجع بشكل ملحوظ حتى بلغ نحو 6.8 مليون ب/ي في شهر تموز/يوليو.

ومع ظهور بوادر لانحسار الموجة الأولى من جائحة كوفيد-19، عاد الإنتاج إلى الارتفاع ليصل في أيلول/سبتمبر 2020 إلى 7.21 مليون ب/ي، إلا أن التخوف من موجة ثانية من الوباء، أعادت الإنتاج إلى التراجع ليصل إلى نحو 7 مليون ب/ي في شهر كانون الأول/ديسمبر 2020، كما هو مبين في الشكل 19.

الشكل 19: متوسط الإنتاج اليومي من زيت السجيل في الولايات المتحدة وأسعار النفط



إعداد الباحث بناء على بيانات التقارير الشهرية للأسعار ولإنتاج زيت السجيل من إدارة معلومات الطاقة الأمريكية، 2020

ويظهر الشكل 19 أيضاً العلاقة الوطيدة بين تغير أسعار النفط وتغير معدلات الإنتاج، وهي علاقة تتغير بشكل ملحوظ في حالة السجيل الزيتي نتيجة التراجع الطبيعي السريع في معدلات إنتاج البئر، مما يستلزم حفر آبار جديدة بشكل مستمر للحفاظ على معدل الإنتاج من حقل ما.

لقد ورد في هذه الدراسة سابقاً أن الولايات المتحدة تعهدت بخفض إنتاجها بمعدل 300 ألف ب/ي كنوع من المساهمة مع حلفاء أوبك، وتشير البيانات المتاحة إلى أن متوسط إنتاج الولايات المتحدة من زيت السجيل بين عامي 2019 و2020 تراجع بنحو 330 ألف ب/ي، أما منذ كانون الثاني/يناير وحتى كانون الأول/ديسمبر 2020 فقد تراجع الإنتاج بمعدل 1.18 مليون ب/ي.

أما بالنسبة للنفط التقليدي، فقد تراجع متوسط إنتاجه أيضاً بين عام 2019 وعام 2020 بنحو 650 ألف ب/ي، بينما تراجع بنحو 550 ألف ب/ي بين كانون الثاني/يناير وحتى كانون الأول/ديسمبر 2020. أي أن النفط الأمريكي تراجع إجمالاً بما يزيد عن 1 مليون ب/ي، ولا يمكن الجزم إن كان جزء من هذا التراجع مرتبط بتعهد الولايات المتحدة بخفض إنتاجها مع أوبك، أو أنه تراجع ارتبط كغيره بآثار كوفيد-19 على إنتاج النفط العالمي ككل. ولكن الغالب أنه انعكاس لتراجع نشاطات الحفر وتقليص عدد الآبار الجديدة بسبب تراجع أسعار النفط.

ظهرت في شهر تشرين الثاني/أكتوبر 2020 بوادر تعافٍ بطيء لإنتاج زيت السجيل الأمريكي إبان ارتفاع أسعار خام غرب تكساس الوسيط فوق مستوى 40 دولاراً/البرميل، وذلك بعد أن تدهورت إلى قيم سالبة في نهاية شهر أبريل 2020، لكن الأزمة الاقتصادية لم تكن قد انتهت بعد. إذ أدى التقلب غير المسبوق في الأسواق، والمخاوف بشأن الإغلاق المستقبلي للحدود بين الدول، أو حظر التجول، إلى وضع سقف لإعادة موازنة أسعار النفط. ويمكن القول إن جزءاً كبيراً من الصناعة البترولية بات يواجه عقبات كأداء من آجال استحقاق الديون في عام 2021 ربما لا يمكن التغلب عليها في المدى المنظور. ومع أن تحسن الأسعار أدى إلى توفير عدد كبير من عوامل نجاح عمليات الاستكشاف والإنتاج، ومنع الالتجاء المبكر للشركات الأمريكية إلى الفصل الحادي عشر من قانون الإفلاس الأمريكي[*] في شهري حزيران/ يونيو وتموز/يوليو، فإن بيئة الأسعار التي سادت لم تكن كافية بأي حال من الأحوال لعدد كبير من شركات الاستكشاف والإنتاج.

تراجع منتجو زيت السجيل في الولايات المتحدة عن الاقتراض بشكل كبير منذ طفرة الائتمان 2010-2014. لكن الإقراض في السنوات الأخيرة ظل عند ضعف المستوى المسجل خلال منتصف العقد الأول من القرن الحالي، إذ تسبب النمو السريع لإنتاج زيت السجيل في الولايات المتحدة إلى إرهاق جزء كبير من الصناعة بالتزامات ديون ضخمة.

ومن بين أكبر 50 شركة في العالم في مجال الاستكشاف والإنتاج، توجد 37 شركة مثقلة بالديون مقرها في الولايات المتحدة الأمريكية، و7 شركات منها تعتبر من الشركات العشر الكبرى في

---

[*] يقصد بالفصل الحادي عشر من قانون الإفلاس شكل من الإفلاس يتم فيه منح المدين (الأفراد أو الشركات) فرصة جديدة في الولايات المتحدة الأمريكية لإعادة هيكلة الديون. إلا أن عملية إعادة الهيكلة تكون عادة مرهونة بالوفاء من قبل المدين بكافة الالتزامات وذلك بموجب خطة إعادة التنظيم. وفي مثل هذه الحالة تتقدم الشركات بطلب وفقا لقانون الإفلاس بهدف السماح للشركة بإعادة تنظيم الأصول والديون وذلك من خلال طريقة متيسرة وتكون في نفس الوقت بعيدة عن المطالب الخاصة بالدائنين. يسمح في معظم الأحيان بإبقاء عمليات الشركة تحت سيطرة المدين وملكيته لكن تظل تحت مراقبة المحكمة وسلطتها التشريعية. ويملك المَدين الأدوات لإعادة هيكلة شركته ويستطيع الحصول على تمويل وقروض بشروط ميسرة بشرط إعطاء الممولين الجدد أولوية في الحصول على أرباح الشركة، وقد تعطي المحكمة المدين المالك للشركة حق رفض أو إلغاء عقود يرى أنها لا تناسب شركته، كما يتمتع المدين بالحماية من دعاوى قضائية ضد شركته عن طريق فرض ما يسمى بوقف التنفيذ بصورة آلية. كما أن للمدين الحق في اقتراح خطته لإعادة الهيكلة لمدة من الزمن تصل في معظم الأحيان إلى ثلاثة أشهر، مع وجوب موافقة الدائنين عليها، يقدم بعدها الدائنون خططهم البديلة. للمزيد من التفاصيل، يمكن الرجوع إلى الموقع الحكومي للمحاكم الأمريكية على الرابط:
https://www.uscourts.gov/services-forms/bankruptcy/bankruptcy-basics/chapter-11-bankruptcy-basics

العالم. شركة Chesapeake على سبيل المثال هي شركة أمريكية مستقلة لجأت إلى الفصل 11 من قانون الإفلاس الأمريكي في حزيران/ يونيو 2020 بعد أن بلغت ديونها 12.5 مليار دولار. وتبعتها عدة شركات مثل Antero، وCalifornia Resources، وWPX Energy، وContinental Resources، وFreeport Mc- MoRan، وRange Resources. وأشارت مراكز أبحاث قانونية إلى ارتفاع في حالات إعلان الإفلاس في مجال زيت السجيل، إذ بلغت نحو 32 حالة تقدم لإشهار الإفلاس حسب الفصل 11 بلغ إجمالي ديونها 40 مليار دولار. كما تقدمت 25 شركة خدمات بترولية بطلب إشهار إفلاسها كذلك، وتبع ذلك فقدان نحو 118 ألف وظيفة في قطاع النفط الأمريكي (Waine، 2020)[41].

قدرت الديون على شركات الاستكشاف والإنتاج على مستوى العالم حتى الربع الثالث من عام 2020 بأكثر من 240 مليار دولار، وكان ذلك يعني احتمال تكبد هذه الشركات لخسائر فادحة إن لم تشهد أسعار النفط شيئاً من التعافي يدفع بها فوق عتبة 50 دولار/البرميل بشكل مستدام[*]، وفي هذا المقام أكد الرئيس التنفيذي لشركة Concho Resources في شهر آب/أغسطس 2020 أن هذا السعر لا تحتاجه شركات زيت السجيل فقط، بل كل الشركات العاملة في الصناعة البترولية. ويبدو أن الشركة المذكورة واجهت من المصاعب المالية ما لم تستطع مواجهته، فباعت أسهمها لشركة Conoco Philips في تشرين الأول /أكتوبر من نفس العام (Concho Resources، 2020)[42].

قدرت مؤسسة Rystad Energy أن متوسط دين الشركة الواحدة في دول أمريكا الشمالية بلغ 1.2 مليار دولار حتى الربع الثالث من عام 2020، أي أنه ارتفع بنسبة 160% عن معدل الدين الذي ساد في الفترة بين عامي 2015- 2019، ورأت أنه لو استقر سعر برميل النفط عند 40 دولاراً، فعلى الأغلب ستتقدم 125 شركة أخرى بطلب إشهار إفلاسها حتى نهاية عام 2022، بينما لو انخفض سعر النفط إلى 30 دولار/البرميل[†]، فسوف يبلغ العدد 272 شركة (Rystad Energy، 2020)[43]. لذلك يبدو أن الشركات سوف تضطر لتغيير طريقة

---

[*] تجاوزت أسعار النفط عتبة 60 دولار/البرميل في شهر آذار/مارس 2021، ولكن السبب الرئيسي وراء ذلك هو خطة خفض الإنتاج في أوبك.

[†] خام غرب تكساس الوسيط WTI

عملها لتتمكن من جذب الاستثمارات اللازمة، وسوف تحتاج إلى تقييد الإنفاق الرأسمالي بما لا يتجاوز 70- 80% من التدفق النقدي Cash Flow، وهو ما سوف يؤثر على معدلات نمو أعمال هذه الشركات.

عموماً، قدرت إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA، 2021)[44] أن مجمل إنتاج النفط الأمريكي سوف يرتفع إلى 11.5 مليون ب/ي في عام 2022 في حال تحسن الأسعار. يجدر بالذكر هنا أن معظم النفط التقليدي في الولايات المتحدة ينتج من خليج المكسيك، بينما أغلب النفط المنتج من باقي الولايات (L48)[*] هو من زيت السجيل.

[*] تسمى Lower 48، وتعني كل الولايات المتحدة باستثناء ألاسكا، وهاواي.

4- تأثير جائحة كوفيد-19 على مصادر الطاقة المتجددة

مع استمرار جائحة كوفيد-19 في التأثير على الأسواق الاقتصادية والمالية الرئيسية، واجهت جميع الصناعات تقريباً تحديات مرتبطة بالظروف الاقتصادية الناتجة عن الجهود المبذولة لمواجهة هذه الجائحة، ولم تكن صناعة الطاقة المتجددة بمنأى عن هذه التأثيرات.

في منظورها لمستقبل صناعة الطاقة المتجددة، أعلنت وكالة الطاقة الدولية في تشرين الأول/ أكتوبر عام 2019 أن السعات الجديدة التي ستضاف إلى مصادر الطاقة المتجددة ستحقق نمواً يزيد عن 10% حتى نهاية عام 2019 وذلك بعد توقف النمو تقريباً عام 2018. وكانت أرقام النمو قريبة جداً من توقعات الوكالة إذ بلغت السعات الجديدة المتصلة بالشبكة (بحسب بياناتها) 191 جيجاوات، بزيادة تعادل 7% عن عام 2018 (IEA، 2021)[45]. واستناداً إلى منظور الوكالة سيطرت الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نمو مصادر الطاقة المتجددة في عام 2019، حيث وصلت إلى 109 جيجاوات، وهي أقل بقليل من توقعات الوكالة التي رجّحت أن يصل الرقم إلى 114 جيجاوات، وعزت السبب في هذا الاختلاف البسيط إلى تغييرات مختلفة هيمنت على سياسات الطاقة، فقد انخفضت إضافات الصين الكهروضوئية للعام الثاني على التوالي إلى 30 جيجاوات، وهو انخفاض أكثر حدة مما كان متوقعاً في السابق، أي أن حصة الصين من الإضافات الكهروضوئية العالمية تراجعت من 55% في عام 2017 إلى أقل من 30% في عام 2019.

في المقابل، تجاوزت الأسواق الأخرى مثل الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي والبرازيل وفيتنام التوقعات الخاصة بالإضافات الكهروضوئية. وشهدت طاقة الرياح ثاني أكبر توسع لها منذ عام 2015، مدفوعة بنمو أسرع في الصين وفي دول الاتحاد الأوروبي، بينما تراجع معدل إضافات الطاقة الكهرومائية نتيجة تراجع عدد المشاريع الجديدة في الصين.

كما توقعت وكالة الطاقة الدولية نتيجة النمو الملحوظ في السعات المركبة عام 2019، أن تسجل الإضافات العالمية لسعات الطاقة المتجددة أرقاماً قياسية جديدة في عام 2020 ثم تنخفض في عام 2021، وهو توجه رأت أنه مرتبط بالتطورات التي تحركها سياسات الأسواق الرئيسية، وأهمها:

- في الولايات المتحدة، كان من المتوقع أن تصل إضافات طاقة الرياح على اليابسة إلى ذروتها في عام 2020 ثم تبدأ في الانخفاض مع بدء التراجع التدريجي في الائتمان الضريبي للإنتاج (PTC)[*].
- في الصين، كان من المتوقع أن يؤدي الإلغاء التدريجي لتعريفات التغذية (FITs)[†] إلى دفع عجلة استكمال مشاريع طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية في عام 2020، في حين كان من المقرر بدء تشغيل العديد من مشاريع الطاقة الكهرومائية التقليدية ومشاريع الضخ في عام 2020.
- في الهند، كان من الضروري تسريع نمو مشاريع طاقة الرياح والطاقة الشمسية لتحقيق هدف يطمح للوصول إلى 175 جيجاوات في عام 2022.
- في الاتحاد الأوروبي، مُنحت العديد من الدول عدداً من العقود في مجال طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية لسد الفجوة المتوقعة بين الطلب والإمداد ضمن أهداف عام 2020.

كما كان من المتوقع قبل انتشار جائحة كوفيد -19، أن يزداد إنتاج الوقود الحيوي واستهلاك الطاقة الحرارية المتجددة[‡] بنحو 3% في عام 2020. وكانت هناك ثلاثة عوامل وراء توقعات وكالة الطاقة الدولية في هذا المجال، وهي:

① سياسة الوقود الحيوي الجديدة في البرازيل (Biofuel International, 2020) (46)، حيث تخطط البرازيل لرفع نسبة الديزل الحيوي في وقود السيارات إلى 15% بحلول عام 2023.

---

[*] Production Tax Credit، هو أحد أنواع الدعم الذي تقدمه الولايات المتحدة لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة وخاصة طاقة الرياح، ويبلغ وسطياً 2.3 سنت لكل كيلووات ساعة خلال السنوات العشر الأولى من تشغيل المنشأة. وقد شهد هذا الدعم توقفاً وتمديداً عدة مرات خلال السنين السابقة، وآخر تمديد له ينتهي في كانون الأول/ديسمبر 2020.

[†] Phase-out of feed-in tariffs، هو نوع من الدعم تقدمه الحكومة الصينية لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، ويبلغ نحو 0.15 سنت لكل كيلووات ساعة. وقد قررت الصين إيقاف هذا الدعم عن مشاريع الطاقة الشمسية مع مطلع عام 2012.

[‡] Renewable Heat، الحرارة المتجددة، وتعني استخدام الحرارة مباشرة بدل تحويل الطاقة المتجددة إلى كهرباء. مثل استخدام الطاقة الشمسية لغلي الماء أو للتدفئة بشكل مباشر مثلاً.

② توسع الصين في اعتماد سياسة مزيج الإيثانول ضمن وقود السيارات، فبعد تجربة تمت ضمن أحد عشر إقليماً، أعلنت الصين منذ أواخر عام 2017، عن سياسة توسع في الاستخدام الإلزامي للوقود E10[*] بحيث يعمم على كامل البلاد في عام 2020 (Li et al.، 2021)[47].

③ التوسع المستمر في استخدام وقود الديزل الحيوي في الدول الأعضاء في ASEAN[†].
كما أن الاتحاد الأوروبي كان قد وضع نصب عينيه سياسة دعم الحرارة المتجددة بحيث يمثل عام 2020 بداية فترة تنفيذ الأهداف الجديدة للاتحاد في مجال الطاقة المتجددة لعام 2030.

وبالرغم من أن سعة انتشار جائحة كوفيد-19 عالمياً لم تكن شيئاً متوقعاً، إلا أن الوضع الحالي لقطاع الطاقة المتجددة كان من ضمن المتوقع. حيث تنتج الزيادة المستمرة في حصة الطاقة المتجددة من مزيج الطاقة عن مجموعة من السياسات والنواظم والحوافز المضمّنة في قطاعات الطاقة في العديد من البلدان، ويصل الأمر بهذه السياسات إلى منح الطاقة المتجددة الأولوية خلال تنظيم سوق الطاقة.
كما تساهم الابتكارات المستمرة في خفض تكاليف الطاقة المتجددة، وتشير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة IRENA إلى أن خيارات تكاليف توليد الطاقة في 56% من المشاريع الجديدة على مستوى المرافق[‡] كان أقل من خيارات التوليد باستخدام الوقود الأحفوري في عام 2019. علاوة على ذلك، يشير منتدى الطاقة العالمي إلى أن مصادر الطاقة المتجددة باتت تشكل الخيار المفضل لدى المستثمرين(WEF, 2020) [48].

يبين **الجدول 9** تراجع كلفة توليد الطاقة المتجددة بحسب المصدر خلال العقد الماضي (IRENA, 2020)[49].

---

[*] هو الغازولين الذي يحتوي على 10% من الإيثانول.
[†] Association of Southeast Asian Nations، رابطة دول جنوب شرق آسيا
[‡] حسب تعريف وزارة الطاقة الأمريكية، المشاريع على مستوى المرافق هي المشاريع التي تبلغ سعة التوليد فيها 10 ميغاوات وأكثر. https://rb.gy/gjtnst

الجدول 8: تغير تكاليف توليد الطاقات المتجددة خلال 10 سنوات

المصدر	تغير الكلفة خلال 10 سنوات %
الطاقة الكهروضوئية[*]	-82%
الطاقة الشمسية المركزة[†]	-47%
طاقة الرياح على اليابسة	-39%
طاقة الرياح في المغمورة	-29%

حسب بيانات: IRENA، 2020

1-4 تأثير كوفيد-19 على انتشار مشاريع الطاقة المتجددة

تعرضت مشاريع مصادر الطاقة المتجددة لمخاطر جديدة بسبب جائحة كوفيد -19، مثلها مثل باقي الصناعات، وتختلف هذه المخاطر حسب السوق وحسب التقنية. وصلت تدابير الإغلاق في العالم بسبب جائحة كوفيد-19 إلى ذروتها في 5 نيسان/ أبريل 2020، حيث خضع أكثر من نصف سكان العالم إلى إجراءات الحظر الجزئي أو الكلي. ثم بدأت مختلف دول العالم في التخفيف من هذه الإجراءات في شهر أيار/ مايو من نفس العام. وقد تسببت تعليمات التباعد الاجتماعي وتدابير الإغلاق في تعطيل سلاسل التوريد وتأخير إنجاز المشاريع، مما كان له تأثير مباشر على بدء تشغيل مشاريع الكهرباء المتجددة ومرافق الوقود الحيوي بل وعلى استثمارات الطاقة المتجددة. إذ أدت القيود المفروضة على الأنشطة التجارية والسفر وإغلاق الحدود إلى انخفاض حاد في الطلب على الطاقة في النقل والصناعة، مما حد من استهلاك الطاقة الحيوية ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى. وأدت التحديات الاقتصادية إلى إلغاء أو تعليق قرارات الاستثمار لبعض المشاريع الكبيرة والصغيرة الحجم قيد التطوير. كل هذه العوامل ساهمت في تعريض بعض المشاريع للخطر حتى تلك التي كانت في مرحلة متقدمة من الإنجاز. شهدت الصين في مطلع عام 2020 وبعد ثمانية أسابيع من الإغلاق، أكبر انخفاض في الطلب على الطاقة، حيث انخفض الطلب بنسبة 7% حتى نهاية آذار/مارس. وانخفض الطلب كذلك في

[*] Photovoltaics
[†] Concentrating Solar Power

الولايات المتحدة الأمريكية بنسبة 6% في الربع الأول من عام 2020[*]. كما انخفض استخدام الطاقة في أوروبا بمستويات مماثلة، باستثناء إيطاليا التي كانت لبضعة أسابيع بؤرة تفشي المرض في أوروبا فقد انخفض الطلب على الكهرباء بأكثر من 25%. وأدى الإغلاق في الهند إلى انخفاض الطلب على الطاقة بنحو 30%.

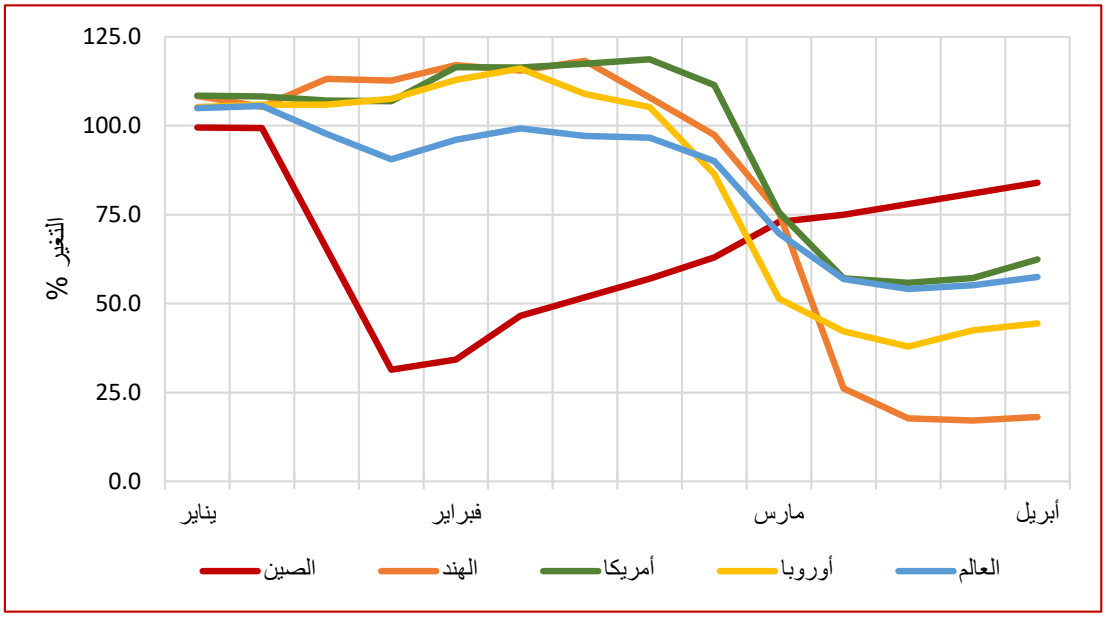
تحمل الوقود الأحفوري التأثير الأكبر لانخفاض الطلب وكان الفحم هو مصدر الطاقة الأكثر تضرراً، إذ أدت القيود المفروضة على النشاط الاقتصادي إلى انخفاض الطلب العالمي على الفحم بنسبة 8% في الربع الأول من عام 2020، وذلك بسبب انخفاض الطلب على الكهرباء[†]. كما انخفض الطلب على الفحم للأغراض الصناعية وخاصة في الصين إذ أوقفت قيود الإغلاق إنتاج المصانع، علماً أن استهلاك الصين من الفحم الحجري مثّل أكثر من نصف استهلاك العالم أجمع في عام 2019.

ساهمت القيود المفروضة على السفر في انخفاض الطلب على النفط بنسبة 5%، وكان من بين الأسباب الأساسية لذلك انخفاض حركة انتقال السيارات كما هو مبين في الشكل 20، حيث تراجعت الحركة على الطرقات عالمياً في النصف الثاني من شهر آذار/مارس 2020، بأكثر من 53% مقارنة بنفس الفترة من عام 2019. ويلاحظ من الشكل أن التراجع كان سريعاً جداً في الصين حتى شهر شباط/فبراير 2020. بينما لم يظهر التراجع في باقي دول العالم مثل أوروبا وأمريكا والهند إلا مع تتالي عمليات الإغلاق في شهر آذار/مارس (IEA، 2020)[50].

[*] كان هذا قبل سريان قيود الإغلاق في الولايات المتحدة، مما يرجّح أن السبب يعود إلى أن الشتاء كان معتدلا فيها هذا العام.

[†] الأمر يختلف من دولة لأخرى، إذ تبين المعلومات المتاحة من إدارة معلومات الطاقة الأمريكية منذ عام 1973، أن نموذج استهلاك الفحم الحجري في الولايات المتحدة خلال عام 2020 لم يشهد تغيراً عن نمطه في السنوات السابقة، وبقي استهلاك الفحم الحجري عند حدوده الدنيا في شهر نيسان/أبريل، مقابل حدود عظمى في أشهر تموز/يوليو وآب/أغسطس من كل عام، مع الأخذ بعين الاعتبار أن استهلاك الولايات المتحدة من الفحم عموماً يتراجع منذ عام 2008.

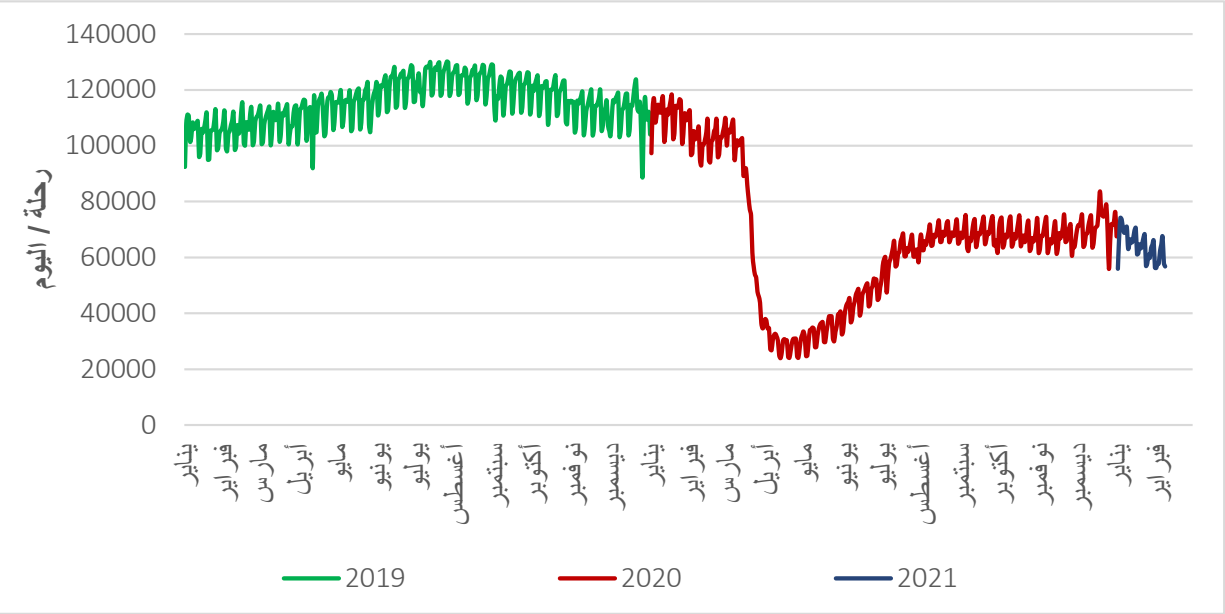
الشكل 20: مقارنة تأثير الإغلاق على حركة السيارات خلال الأشهر الأربعة الأولى من عامي 2019- 2020



المصدر: وكالة الطاقة الدولية، 2020

كذلك ساهم الانخفاض الحاد في الطلب من صناعة الشحن في تراجع الطلب على النفط، حيث توقفت أساطيل الطيران في معظم دول العالم، وأغلقت البلدان مطاراتها باستثناء رحلات الإعادة إلى الوطن ورحلات الشحن، يبين الشكل 20 مقارنة بين عدد رحلات الطيران اليومية بين عامي 2019 و2020 (Flight Radar, 2020)[51]، حيث انخفض الطلب على وقود الطائرات بنحو 25% حتى آذار/ مارس 2020 (EIA، 2020)[52]. وانخفض عدد رحلات الطيران بنسبة 41% بين مطلع عام 2020 حتى الأسبوعين الأخيرين من شهر آذار/مارس، وبلغ متوسط عدد الرحلات في شهر نيسان/أبريل 2020 نحو 26% فقط من متوسط عدد الرحلات لنفس الفترة في عام 2019. لكن تخفيف إجراءات الحظر والسفر في النصف الثاني من عام 2020، انعكس إيجابياً على عدد رحلات الطيران، حيث بلغ متوسط عدد رحلات شهر كانون الأول/ديسمبر 2020 حوالي 64% من متوسط نفس الفترة لعام 2019. ويلاحظ من الشكل أن بيانات الشهرين الأولين من عام 2021 تشير إلى تراجع في عدد الرحلات، ربما نتيجة الموجة الثانية من الوباء التي تسببت في العودة إلى عمليات الإغلاق وإيقاف السفر بين الدول.

الشكل 21: عدد رحلات الطيران اليومية في العالم. مقارنة بين 2019 و2020



إعداد الباحث بناء على بيانات من: Flightradar24، 2021

رغم ذلك كانت الطاقة المتجددة هي المصدر الوحيد الذي شهد نمواً في الطلب خلال الربع الأول من عام 2020، وكان هذا النمو مدفوعاً جزئياً ببدء تشغيل منشآت جديدة للطاقة الشمسية والرياح. وقدمت مصادر الطاقة المتجددة مساهمات قياسية في توليد الكهرباء في كلٍ من بلجيكا وألمانيا والمجر وإيطاليا والولايات المتحدة.

2-4 تأجيل مشاريع قيد الانشاء

ترى وكالة الطاقة الدولية أن تأخر مشاريع الكهرباء والوقود الحيوي للنقل، سيعتمد على طول وشدة تدابير الإغلاق، وهي تدابير يمكن أن تختلف حسب الدولة أو حتى حسب المدينة. بحلول منتصف شهر أيار/ مايو 2020، كانت الخدمات غير الأساسية في الأسواق الأكثر نمواً في العالم في عام 2020 قد خضعت لما يتراوح بين 4- 10 أسابيع من الإغلاق، مع تطبيق بعض الإجراءات الأكثر صرامة في بعض الولايات الأمريكية وأوروبا والهند اعتباراً من منتصف آذار/مارس.

لكن قطاع الطاقة في معظم البلدان يعد من بين الخدمات الأساسية، لذلك لا تعني إجراءات الإغلاق بالضرورة أن نشاطات الإنشاء في مشاريع الطاقة - بما في ذلك مصادر الطاقة المتجددة- قد توقفت تماماً فهذا أمر يختلف حسب السوق، إذ سمح في بعض البلدان بالوصول إلى المواقع في ظل الإغلاق الكامل، بينما تم إيقاف العمل في بعض المشاريع في بلدان أخرى حتى في ظل الإغلاق الجزئي.

فعلى سبيل المثال عُلقت أعمال الإنشاء في مشاريع الطاقة المتجددة في اليابان استجابة لحالة الإغلاق، بينما سمحت الهند بالاستمرار في عمليات الإنشاء خلال فترة الإغلاق الكامل التي استمرت ثلاثة أسابيع، وترافق ذلك مع توقعات بتأخر 21.6% من مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في الهند (Energy World, 2020) [53].

وقد أدت التأخيرات بسبب اضطرابات سلسلة التوريد وإغلاق مواقع العمل إلى نتيجة واضحة تمثلت في الحد من الإضافات قصيرة الأجل للسعات الجديدة من الطاقات المتجددة. أما النتيجة الثانية فهي أن المشاريع المتأخرة قد تتعرض لخطر عدم جني فوائد الحوافز التي انتهت في عام 2020. فحتى مع إمكانية الوصول إلى مواقع الإنشاء، تفرض جميع إجراءات الإغلاق والمبادئ التوجيهية للتباعد الاجتماعي على الشركات اتباع إجراءات السلامة الاحترازية.

لذلك تؤدي القيود المفروضة على عدد العمال المسموح بهم في الموقع علاوة على بروتوكولات النظافة الصارمة إلى إبطاء أعمال الإنشاء، مما يزيد من مخاطر التأخير. وتؤدي التأخيرات في وصول المكونات أو المواد اللازمة للعمل إلى تعريض الشركات لخطر تجاوز المواعيد النهائية المهمة لسياسات الحوافز في الصين والولايات المتحدة وأوروبا، مما يحرمها من الحوافز المالية التي كانت مؤهلة لها في السابق.

ولمعالجة المخاوف من تجاوز المشاريع لمواعيدها النهائية، فقد أدخل عدد من البلدان تعديلات توفر مرونة لمواعيد مشاريع الطاقة المتجددة، كما هو مبين في **الجدول 9** وهي تغييرات يتوقع أن يظهر تأثيرها في عام 2021 وما بعده.

الجدول 9: التغييرات في سياسة توفير المرونة لتأخر مشاريع الطاقة المتجددة في بعض دول العالم

الدولة	التغيير	بدءاً من:
النمسا	تمديد فترة البناء لمزارع الرياح 6 شهور	2020 -2021
الدنمارك	3-5 أشهر تمديد المواعيد النهائية للتكليف لتوربينات الرياح المنزلية. تمديد شهرين لطلبات الدعم لمشاريع الغاز الحيوي	2020
فرنسا	تمديد المواعيد النهائية للتكليف لمدة 2-6 الشهور	2020 -2021
ألمانيا	أعلنت وكالة الشبكة الفيدرالية أنها ستكون مرنة فيما يتعلق بموعد المشاريع المعلن عنها سابقاً	2020 -2021
اليونان	تمديد 6 أشهر للمشاريع المرتقب تشغيلها في منتصف عام 2020	2020 -2021
الهند	تمديد المواعيد النهائية للمشاريع 30 يوماً	2020 -2021
المملكة المتحدة	تمديد 6 أشهر للموعد النهائي لإكمال مشاريع التعرفة حسب التغذية (FIT) للطاقة الشمسية المجتمعية[*]	2020
الولايات المتحدة الأمريكية	اقتراح تمديد موعد الائتمان الضريبي للإنتاج وللاستثمارات	2020 -2021

المصدر: وكالة الطاقة الدولية، 2020

إجمالاً، يشكل انتشار كوفيد-19 خطراً على استثمارات الأفراد والمؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم في تطبيقات الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الكهروضوئية الموزعة[†] وسخانات المياه الحرارية الشمسية والمضخات الحرارية والسخانات العاملة على طاقة الكتلة الحيوية.

تنطوي هذه الاستثمارات على مخاطر أعلى من المشاريع الكبيرة فيما يخص تأخير مواعيدها النهائية أو حتى إلغائها. ومع تباطؤ تركيب الألواح الشمسية الكهروضوئية في العديد من البلدان بسبب إجراءات الإغلاق التي منعت الوصول إلى المنازل أو المباني التجارية، فإن العديد من الأسر والشركات الصغيرة قد أجلت أو ألغت خططها لتركيب الطاقة الشمسية الكهروضوئية أو سخانات المياه بالطاقة الشمسية أو مضخات الحرارة، بسبب الوضع المالي الناتج عن إجراءات الإغلاق، وبسبب عدم اليقين حول الوضع الاقتصادي.

[*] Feed-in tariff، التعرفة حسب التغذية، سياسة مصممة لجذب الاستثمارات في تقنيات الطاقة المتجددة. يتم تقديم عقود طويلة الأجل لمنتجي الطاقة المتجددة، تعتمد عادة على كلفة إنتاج كل تقنية.

[†] Distributed PV power generation، تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية مباشرة من خلال الوحدات الكهروضوئية.

3-4 التأثيرات على الأصول الحالية

على خلاف المشاريع قيد الإنشاء، فإن محطات الكهرباء العاملة محميةٌ في الغالب من انخفاض الطلب على الكهرباء وانخفاض الأسعار. ذلك أن العديد من محطات توليد الكهرباء العاملة على الطاقة المتجددة لديها عقود أسعار ثابتة وتُمنح أولوية الوصول إلى الشبكة، لذلك قد تواجه تقليصاً ضئيلاً للإنتاج أو قد لا تواجهه أبداً. لقد أدت إجراءات الإغلاق نتيجة كوفيد-19 إلى انخفاض الطلب الأسبوعي على الكهرباء بنسبة 10- 35% عبر المناطق المتأثرة في أوروبا، وهذا سمح بزيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة من الطلب. ونتيجة لانخفاض الطلب على الكهرباء، والسعات الإضافية التي تمت إضافتها إلى الشبكة في الربع الأول من عام 2020، ارتفعت حصص التغذية من مصادر الطاقة المتجددة في العديد من مناطق العالم. بمعنى آخر، استفادت الطاقة المتجددة من انخفاض الطلب على الكهرباء لتحتل حيزاً أكبر من الشبكة كونها نتيجة الدعم الحكومي تمتلك أولوية النقل على الشبكة.

وشهدت كل من إيطاليا والنمسا وبلجيكا عام 2020 حصصاً من مشاركة الطاقة المتجددة المتغيرة في توليد الكهرباء أعلى بكثير مقارنة بالعام الماضي، حيث وصلت إلى 63، 70، 67% على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، سجلت ألمانيا رقماً قياسياً جديداً في انخفاض صافي الحمولة على الشبكة نتيجة لانخفاض الطلب. وعلى العكس من ذلك، شهدت كاليفورنيا وتكساس مشاركة من الطاقة المتجددة المتغيرة مماثلة لعام 2019، مما يدل على أنه في بعض الحالات كان للطقس تأثيرات أقوى من انخفاض الطلب على الكهرباء بسبب كوفيد-19.

وفي أواخر شهر تشرين الأول/أكتوبر 2020، رأت مؤسسة Wood Mackenzie أنه مع استمرار الأسواق العالمية للطاقة الشمسية الكهروضوئية في التغلب على التحديات التي فرضتها جائحة كوفيد-19، فمن المتوقع أن تصل سعات الطاقة الشمسية الكهروضوئية إلى 115 جيجاوات حتى نهاية 2020، وسوف يستمر النمو السنوي في السعات كل عام حتى عام 2025، لتصل إلى 145 جيجاوات (Wood Mac, 2020)[54].

يمكن في الخلاصة القول إن سوق الطاقات المتجددة تعرضت مثل باقي الأسواق لتحديات مباشرة وغير مباشرة نتيجة انتشار جائحة كوفيد-19، لكن وعلى الرغم من التحديات،

يبدو مسار النمو طويل الأجل لصناعة الطاقة المتجددة متفائلاً، فانخفاض التكاليف، وزيادة القدرة التنافسية للبطاريات على تخزين الطاقة، مهدت الطريق لهذا النمو المتوقع. لكن هذا لا يمنع من التأكيد على أن الجداول الزمنية لمشاريع الطاقة المتجددة قيد الإنشاء تتعرض لضغوط بسبب الإغلاق وبسبب انقطاع سلسلة التوريد من الصين أو من الأسواق الأخرى التي تنتج العديد من المكونات المستخدمة في منشآت توليد طاقة الرياح والطاقة الشمسية، خاصة في ضوء المخاوف الحالية التي سببها انتشار الموجة الثانية من كوفيد-19.

5- تأثير كوفيد-19 على سوق أنابيب النقل

لم يقتصر تأثير انتشار وباء كوفيد-19 على سوق العرض والطلب للنفط والغاز فقط، بل تعداه إلى كافة مناحي الصناعة البترولية، وربما يكون من المفيد النظر في منحى آخر لجلاء صورة التغيرات قدر الإمكان، مثل التأثير على سوق أنابيب النقل الذي نال بدوره نصيبه من هذا التأثير.

ينقسم السوق العالمي لخطوط النقل إلى خطوط تصدير أولية متصلة بمرافق المعالجة أو الإنتاج، وخطوط النقل المستخدمة للنقل النهائي بين المناطق والأسواق. وعلى الرغم من الاتصال الوثيق بين هذه الأنواع من الخطوط، إلا أن الدوافع المؤثرة على أسواقها تختلف، كما تختلف خصائص هذه الخطوط أيضاً. يرتبط الطلب على خطوط التصدير ارتباطاً مباشراً بنشاط عمليات الاستكشاف والإنتاج، حيث تتطلب عمليات تطوير حقول الغاز بشكل أساسي خطوطاً رئيسية بقطر كبير، لذلك تمثل البنية التحتية للنقل في عمليات تطوير حقول الغاز جزءاً أكبر بكثير ضمن سلسلة القيمة، مقارنة بتطوير حقول النفط. إذ في حالة حقول النفط يمكن للشركات اللجوء إلى وسائل أخرى غير أنابيب النقل، كاستخدام الناقلات مثلاً. لذلك فإن أكثر من 90% من نحو 100 خط رئيسي يتوقع تطويرها بين 2020 و2024 هي أنابيب لتصدير الغاز.

ترتبط خطوط أنابيب النقل العابرة للحدود[*] ارتباطاً وثيقاً بعمليات تطوير الحقول، وهي تنشأ عادة في مجموعات تطوير الحقول العملاقة التي تنتج من الغاز أكثر مما تحتاجه الأسواق المحلية، ويمكن بالتالي أن تمتد لمئات من الكيلومترات أو أكثر للوصول إلى أسواق الاستيراد. تقع مشاريع هذا النوع من الأنابيب غالباً تحت تأثيرات الجغرافيا السياسية Geopolitics، بحيث تعد القرارات المتعلقة بمسارها ومراحل الموافقات القانونية لها عمليات طويلة، خاصة بالنسبة للخطوط التي قد تمر عبر بلاد وسيطة قبل الوصول إلى السوق المستهدفة. ومن المتوقع أن تشكل مشاريع هذا النوع من الخطوط من ناحية العدد نحو ثلث المشاريع الجديدة حتى عام 2024، أما من ناحية الطول، فيتوقع أن يشكل طول خطوط أنابيب النقل العابرة للحدود حوالي

[*] Transmission lines، خطوط تربط بين الدول، قد تكون خطوطاً قصيرة لكنها تمتد من دولة لأخرى، وقد تكون ضمن الدولة الواحدة لكنها تمتد لمسافة بعيدة.

نصف طول الخطوط المتوقع لنفس العام. وفي هذا المجال انخفض الطلب العالمي على خطوط الأنابيب لعمليات النقل البحرية المحلية[*] بنحو 26% في عام 2020، حيث لم يتجاوز إجمالي طول الخطوط المركبة 2150 كم خلال عام 2020.

وعلى الرغم من الانخفاض الكبير مقارنة بعام 2019 حين بلغ طول الخطوط المركبة 2913 كم، إلا أن الطلب ضمن الظروف العالمية الحالية بقي أفضل من حالات سابقة تراجعت فيها أسعار النفط، إذ انخفض الطلب عام 2016 إلى 938 كم فقط مقارنة مع 2488 كم في عام 2015.

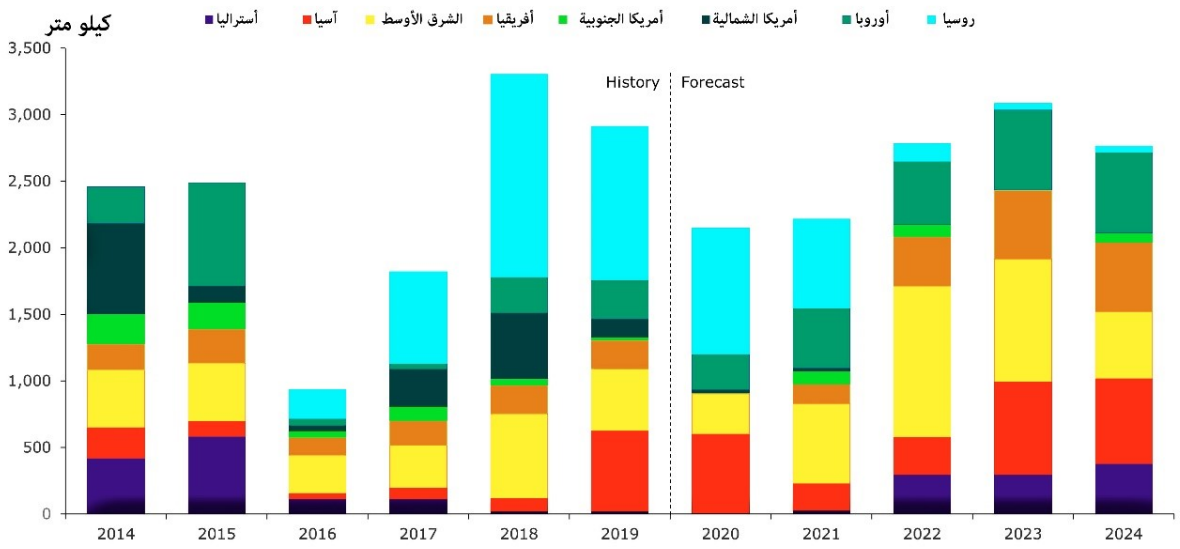
وتتوقع مؤسسة Rystad Energy الاستشارية أن تعافي سوق أنابيب النقل سيكون سريعاً هذه المرة، حيث من المرجح أن تدفع بعض المشاريع في الشرق الأوسط الطلبَ إلى مستويات ما قبل كوفيد-19 بدءاً من عام 2022 وتدفعه أكثر بدءاً من عام 2023، وتتوقع أن يصل الطلب إلى 3000 كم، مدفوعاً بعدد من خطوط النقل الكبيرة بين الأسواق الإقليمية والعديد من خطوط التصدير من مشاريع تطوير حقول الغاز البحرية القادمة (Offshore mag، 2020)[55].

فعلى سبيل المثال ارتبط الطلب على خطوط النقل المحلية في أوروبا وروسيا بإنشاء خط الأنابيب المزدوج Nord Stream 2، الممتد من روسيا إلى ألمانيا عبر بحر البلطيق، والذي بدأ العمل عليه في عام 2018، ومن المتوقع أن يكتمل في أواخر عام 2021. كما ساهمت خطوط أنابيب نقل النفط والغاز من حقول بحر الشمال في رفد الطلب، لكن أكبر حافز حالي للطلب هو خط الأنابيب EastMed[†] الذي يمتد من شرق المتوسط عبر قبرص إلى اليونان بطول إجمالي يبلغ 1900 كم، بينما يبلغ طول الأجزاء الواقعة في المغمورة منه 1340 كم، ومن المتوقع أن يتم إنشاء هذا الخط بين عام 2023 و2026. علاوة على ذلك، من المرجح أن تستمر هيمنة خطوط التصدير المرتبطة بالتطورات البحرية العملاقة في كل من جمهورية مصر العربية، والمملكة العربية السعودية، ودولة قطر، وإيران، على سوق خطوط النقل الرئيسية في الشرق الأوسط

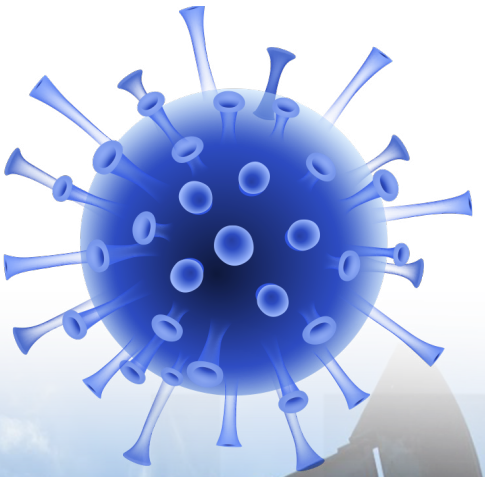
[*] Trunkline، خطوط نقل محلية قصيرة من الحقل إلى محطة تجميع أو من محطة تجميع إلى ميناء تصدير أو مصفاة ضمن نفس البلد.
[†] يبدأ من الحقول المكتشفة في مياه فلسطين المحتلة.

وشمال أفريقيا. يوضح الشكل 22 خطوط النقل الحالية والمتوقع إنشاؤها في المغمورة حتى عام 2024 (Rystad Energy، 2020)[56].

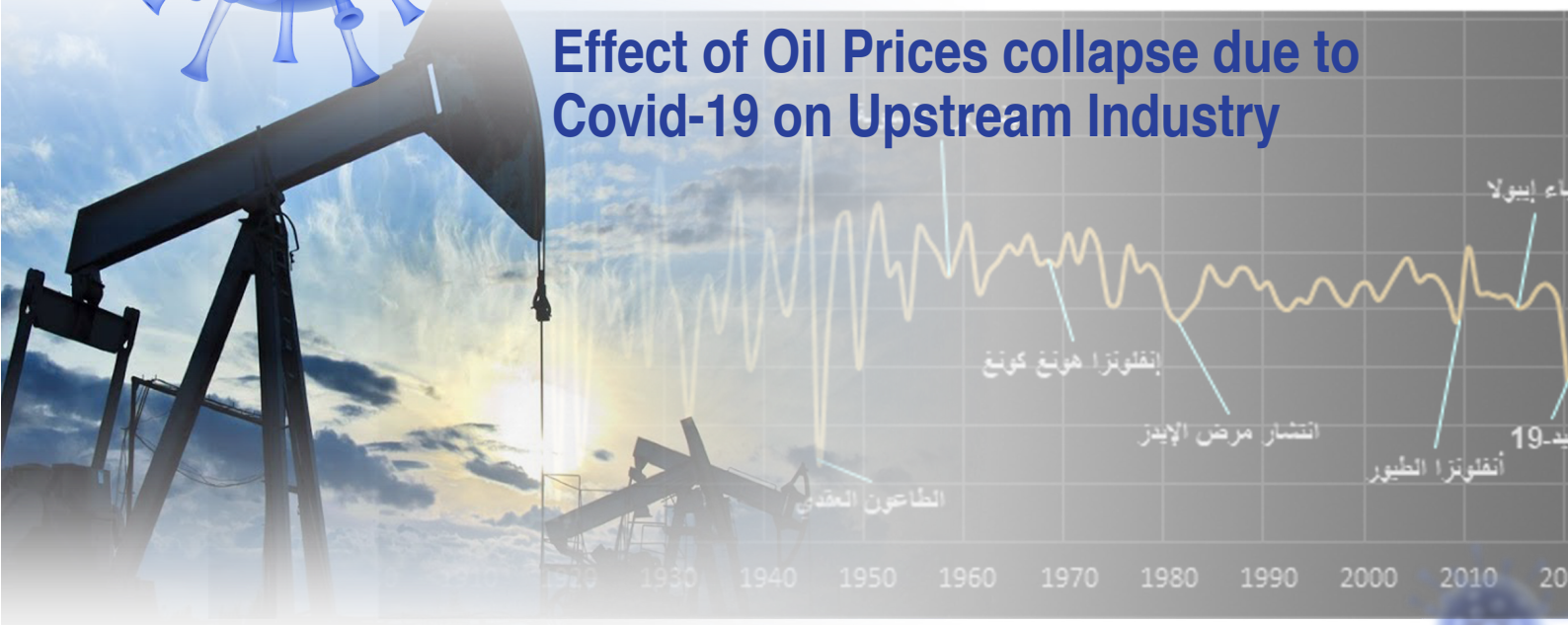
الشكل 22: خطوط النقل الحالية والمستقبلية في المغمورة.



المصدر: Rystad Energy، 2020



تأثير تراجع أسعار النفط بسبب جائحة كوفيد-19 على مجال الاستكشاف والإنتاج في الصناعة البترولية



الفصل الثالث

ذروة الطلب والمنظور المستقبلي

1- ذروة الطلب في ظل كوفيد-19، والمنظور المستقبلي

1- 1 ذروة الطلب في ظل كوفيد-19

في خضم حمى الأسعار المنخفضة للنفط التي سادت خلال عام 2020، وما رافقها من تراجع للطلب نتيجة انتشار وباء كوفيد-19، برزت إلى الواجهة موجة جديدة من التوقعات بأن الطلب على النفط على وشك أن يبلغ ذروته إذا لم يكن قد بلغها بالفعل، إذ سلطت المواقع الإخبارية الضوء على تنبؤات مختلفة بأن الوباء سيقرّب الصناعة البترولية من النقطة التي يصل فيها الطلب العالمي على النفط إلى الذروة.

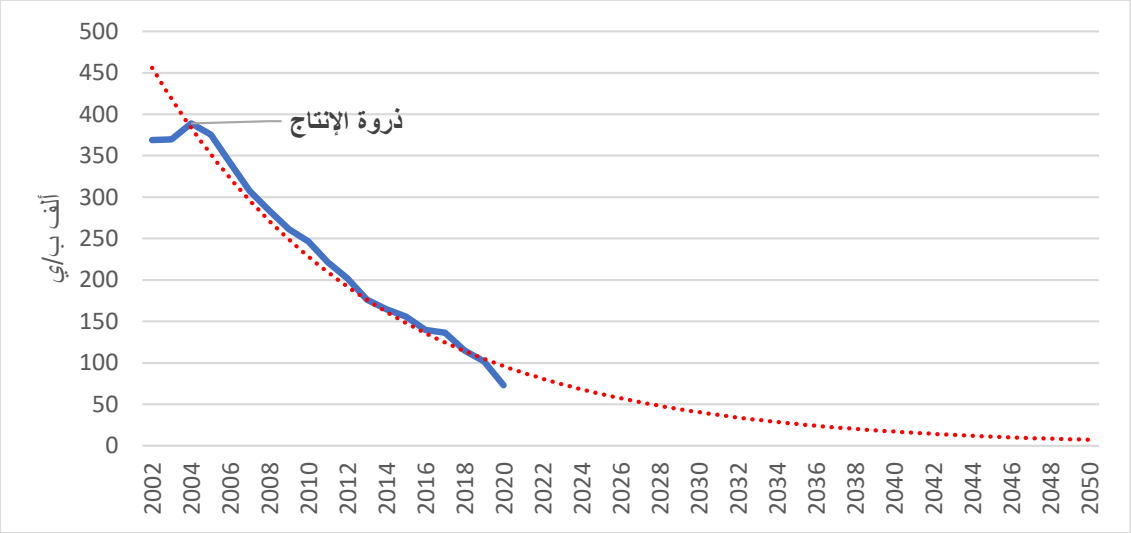
عملياً، تتناقل المواقع الإعلامية هذا النوع من الأخبار كعناوين رئيسية تنتشر انتشار النار في الهشيم، وعندما تكون هذه الأخبار صادرة عن منظمات غير متخصصة مثل (السلام الأخضر[*]) فالأمر لا يعدو تكراراً روتينياً حصل عدة مرات من قبل. أما على النطاق التخصصي فيعرف المطلعون على الصناعة البترولية بأنه قد تم التنبؤ بالوصول إلى ذروة إنتاج النفط مرات عديدة على مدى العقود السابقة، وهو أمر لم يحصل حتى اليوم، لكن ذلك لم يحد من ظهور هذا النوع من التوقعات من حين لآخر.

كما تم التنبؤ عدة مرات بأن الصناعة البترولية باتت قاب قوسين أو أدنى من نهايتها، بما في ذلك استبدال النفط بتقنيات أو وقود أحدث وأفضل. وقد شهدت السنين الماضية عدداً كبيراً من هذا النوع من التنبؤات التي كانت ترمي الكرة إلى ما بعد عشرين أو ثلاثين عاماً، ومنها على سبيل المثال لا الحصر ما ذكر في مجلة Foreign Affairs عام 1999 بأن الإيثانول بات "البترول الجديد" كوقود للسيارات، وأن الاعتماد المتزايد على نفط الشرق الأوسط الذي يشح باستمرار هو مقامرة خاسرة (Lugar and Woolsey، 1999)[57]. لكن البيانات الفعلية تشير إلى أن استهلاك الوقود الحيوي لم يتجاوز 655 ألف برميل مكافئ نفط في اليوم عام 2019، أي بعد عشرين عاماً من التنبؤ بأن الوقود الحيوي سيحل محل الغازولين والديزل.

[*] Green Peace

وربما يمكن إيراد مثال هنا عن الدور الذي قد تلعبه بعض وسائل الإعلام أحياناً في رسم صورة غير دقيقة للواقع، فموضوع ذروة الطلب الذي يراه البعض مرتبطاً إلى حدٍ ما بالتوجهات العالمية للحد من استخدام الوقود الأحفوري، كان أحد الأسباب التي جعلت حكومة الدنمارك تقرر إلغاء كل امتيازات النفط والغاز الجديدة في الجزء الدنماركي من بحر الشمال، كما أعلنت عن إيقاف إنتاج الهيدروكربونات (Nicolás، 2020)[58] في موعد أقصاه عام 2050. ويبدو الأمر من الناحية الرسمية والإعلامية على الأقل متعلقاً بموضوع البيئة والتزام الدانمارك بالتحول الطوعي إلى الطاقات المتجددة، لكن لغة الأرقام تقول شيئاً مختلفاً: إذ أن آخر اكتشاف مهم للهيدروكربونات في الدانمارك كان في 2014، ومنذ ذلك الحين لم تحقق عمليات التنقيب المحدودة أي نجاح ذي شأن، فحتى اكتشاف Jill-1 الذي حققته شركة Hess عام 2019 تبين أنه غير تجاري (Offshore mag، 2020)[59]. علاوة على ذلك، تشير البيانات إلى أن إنتاج النفط في الدانمارك في تراجع مستمر منذ سبعة عشر عاماً بعد أن بلغ ذروته في عام 2004 حين وصل إلى 389 ألف ب/ي، ثم بدأ في التراجع المستمر من ذلك الوقت إلى نحو 74 ألف ب/ي في عام 2020 كما هو مبين في الشكل 23، ويلاحظ أن منحني الإنتاج المتوقع (باللون الأحمر) يشير إلى أن إنتاج النفط كان في طريقه أساساً إلى التوقف في حدود عام 2050 حسب المعطيات الفنية والاقتصادية الحالية.

الشكل 23: إنتاج الدانمارك من النفط

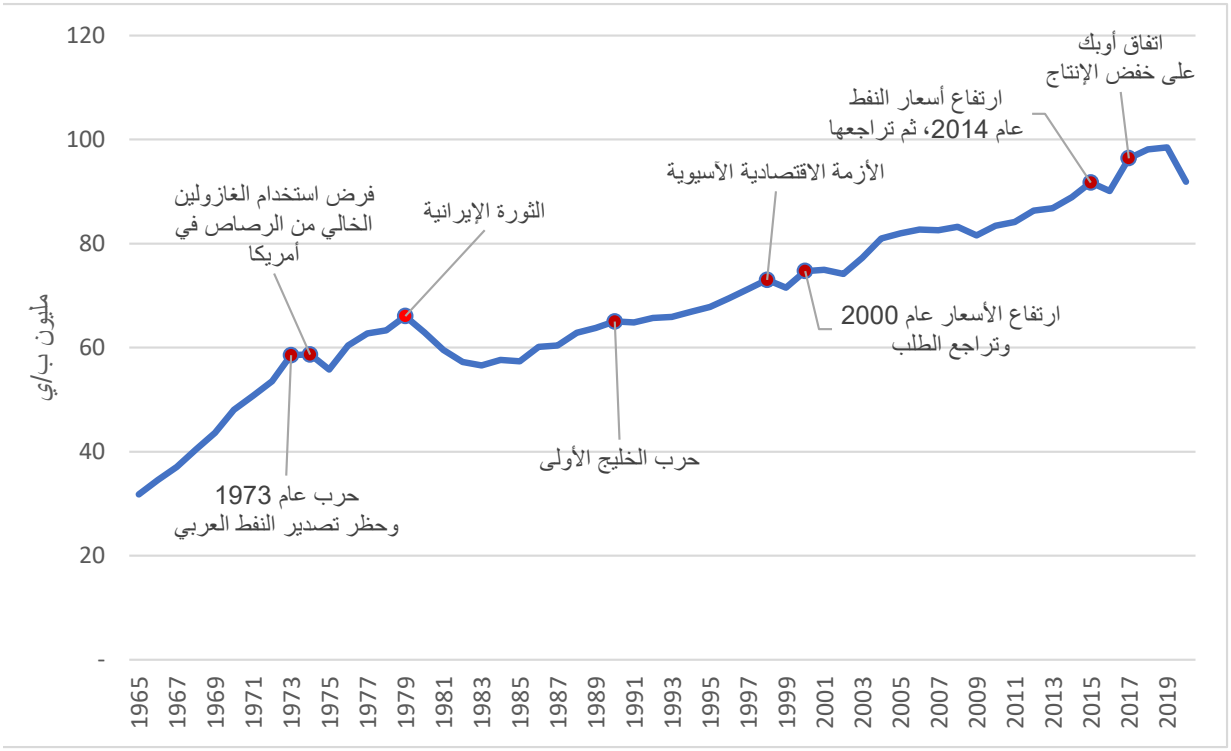


إعداد الباحث بناء على بيانات الإنتاج الشهرية المتوفرة على قاعدة بيانات JODI.

إن مقارنة بيانات الإنتاج الفعلية مع التنبؤات السابقة بعيدة المدى اعتماداً على أحداث غير عادية، تشير إلى أن تلك التنبؤات غالباً ما قادت إلى أرقام متسرعة وغير واقعية، وهذا ما شهده العالم إبّان فترة حرب الخليج وتوقف إمدادات النفط العراقية مطلع التسعينات من القرن الماضي، أو خلال الاضطرابات التي شهدتها فنزويلا، حيث ظهرت تحليلات رأت أن هناك ندرة في الاحتياطيات وأن العالم مقبل على نهاية عصر النفط. ومنذ ذلك التاريخ وحتى اليوم ارتفع إنتاج النفط في العالم بأكثر من 30 مليون ب/ي.

يمكن تبين تأثير بعض الأحداث السياسية والأزمات والمواقف الاقتصادية العالمية من خلال الشكل 24، حيث يلاحظ تراجع إنتاج النفط لعدة مرات، وقد شهدت معظم تلك الحالات تبشيراً بالوصول إلى ذروة الإنتاج، لكن المعدلات عادت إلى مسار التزايد لاحقاً.

الشكل 24: تأثير الأحداث السياسية والحالات الاقتصادية على معدلات إنتاج النفط في العالم



إعداد الباحث بناء على معدلات الإنتاج من BP، 2020.

2-1 مؤشرات الخطر على الصناعة البترولية- المنظور المستقبلي

يعتبر البعض أن ظهور السيارات الكهربائية والضغوط المتزايدة لإزالة الكربون من قطاع النقل يعنيان أن الطلب على النفط يواجه منافسة كبيرة لأول مرة، وربما يقود ذلك إلى توقف نمو الطلب على النفط بشكل كامل.

لكن وفي الوقت نفسه، يشهد جانب العرض في سوق النفط آلية حركة متميزة، فالسجيل الزيتي مصدر جديد لم يكن بالحسبان قبل بضعة عقود (Dale and Fattouh، 2020)[60]. كما أن تطور تقنيات التنقيب والإنتاج، والتكامل السريع للثورة الرقمية ضمن الصناعة البترولية ربما يؤديان إلى اكتشاف المزيد من الاحتياطيات على مدى السنين القادمة، إذ يمكن لتقنية الحقول الذكية أن ترفع من قيمة الحقول الناضجة حتى لو شارفت حياتها الإنتاجية على الانتهاء، والفوائد التي يمكن الحصول عليها (خاصة رفع معامل الاستخلاص) تبرر الاستثمار في تقنيات الحقول الرقمية. أما في الحقول الجديدة، فإن تطبيق تقنيات الحقول الرقمية يساعد على وضع الحقول على الإنتاج بشكل مبكر، ويساهم في رفع معدل الإنتاج منها. وتشير الدراسات إلى أنه يمكن تحقيق وفورات للشركات تصل إلى 25% في تكاليف التشغيل، كما يمكن الوصول إلى معدلات إنتاج أعلى بنسبة 8%، وتقليل التكاليف الإجمالية للمشاريع بنسبة 2- 4%، وتحسين معدل استغلال الموارد بنسبة 6%.

يلاحظ أن العديد من الهيئات والمعاهد العالمية تسعى دوماً لوضع تصورات مستقبلية عن ذروة الإنتاج، وذروة الطلب، وذلك ضمن مساحات زمنية قصيرة أو طويلة المدى. لكن هذه التصورات المستقبلية ليست ثابتة بأي حال من الأحوال بسبب عدم ثبات البيانات التي ترتكز عليها، وبسبب عدم اليقين المتعلق بكل نقطة تقريباً من نقاط المنظور المستقبلي. لذلك غالباً ما تعمل هذه المعاهد على تعديل توقعاتها إيجاباً وسلباً بشكل سنوي، بل وبشكل شهري أحياناً، ومنها إدارة معلومات الطاقة الأمريكية التي كثيراً ما تتلقى انتقادات لاذعة بسبب تعديلاتها الكبيرة على توقعاتها من حين لآخر.

من ناحية أخرى، تصور بعض الجهات الوضع وكأن الوصول إلى ذروة الطلب (أو الإنتاج) تعني أن العالم سوف يستيقظ في اليوم التالي ليجد أن النفط اختفى من فوق سطح الأرض. لكن الوصول إلى ذروة الطلب يعني عملياً توقف النمو وليس توقف الطلب، كما أن الوصول

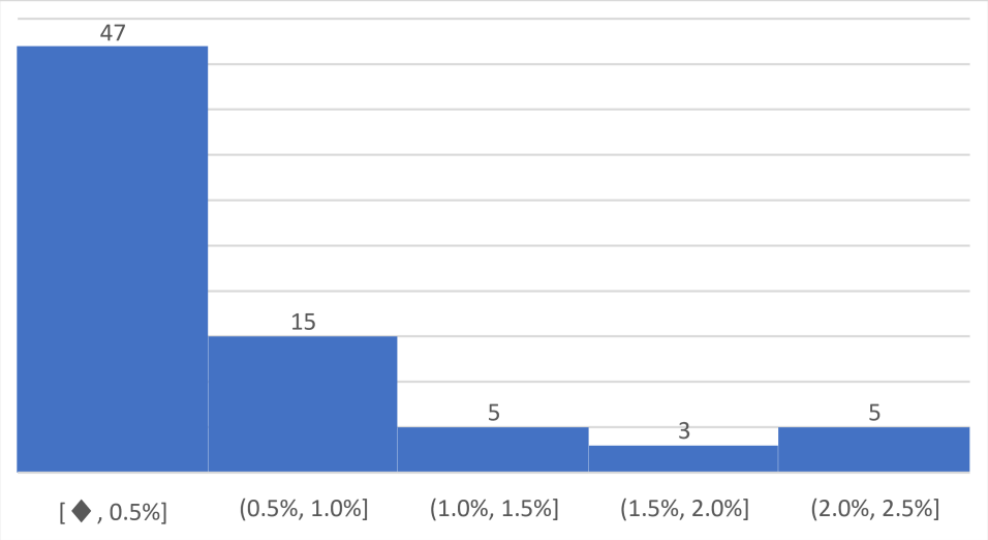
إلى ذروة الإنتاج يعني أن الإنتاج سوف يتراجع بالتدريج وخلال فترة طويلة، وقد تقدم مثال في هذه الدراسة عن الدنمارك التي وصلت إلى ذروة الإنتاج في عام 2004، ومن المتوقع حسب بياناتها وخططها أن يتوقف الإنتاج فيها في عام 2050، أي بعد 46 سنة من الوصول إلى ذروة الإنتاج، مع ملاحظة أن الدانمارك قررت التوقف عن إصدار امتيازات جديدة للتنقيب عن الهيدروكربونات، وربما لو تابعت في هذا المضمار لأمكنها العثور على المزيد من الاحتياطيات، أو ربما كان لعمليات الاستثمار المحسن للنفط أن ترفع من معامل الاستخلاص في حقولها لتضيف بذلك المزيد من السنوات إلى عمر الإنتاج.

علاوة على ذلك، فإن التوقف عن الإنتاج في عام 2050 في الدنمارك لا يعني بحال من الأحوال أن ستتوقف عن استخدام النفط أو الغاز أو مشتقاتهما بالأحرى، وإلا فسوف يتعين عليها إيقاف كل أسطولها الجوي والبحري، وإيقاف الصناعة البتروكيميائية فيها.

لقد أدت التأثيرات غير المسبوقة لانتشار وباء كوفيد-19 إلى تنامي عدم اليقين[*] في قيم المعايير التي تؤخذ بعين الاعتبار عند إعداد منظور مستقبلي Outlook للطلب على الطاقة. وهذا ما يجعل التوقعات تختلف من جهة لأخرى، خاصة وأن استهلاك الطاقة في العالم ليس موزعاً بشكل متجانس، فهناك 5 دول تستهلك لوحدها أكثر من نصف طاقة العالم (نحو 55%)، هي: الصين (24.3%)، والولايات المتحدة (16.2%)، والهند (5.8%)، وروسيا (5.1%)، واليابان (3.2%). ويبين الشكل 25 نسب استهلاك الطاقة في باقي دول العالم، ويلاحظ منه على سبيل المثال أن 47 دولة في العالم استهلكت كل منها أقل من 0.5% (خمسة بالألف) من إجمالي الطاقة التي استهلكها العالم عام 2019، وهناك 15 دولة تراوح استهلاكها بين 0.5%- 0.1%.

[*] Uncertainty

الشكل 25: توزع بعض دول العالم حسب نسب استهلاك الطاقة



المصدر: إعداد الباحث بناء على بيانات من BP، 2020. (◆يمثل أقل من 0.1%)

ترى وكالة الطاقة الدولية في منظورها المستقبلي وفي ظل ما أسمته سيناريو السياسات المعلنة (STEPS)، أن الاقتصاد العالمي سيعود إلى مستوى ما قبل كوفيد-19 خلال عام 2021، لكنه سيبقى أقل بنحو 7% على المدى الطويل مما كان متوقعاً سابقاً. وتوقعت أن يعود إجمالي الطلب على الطاقة إلى مستوى ما قبل الوباء بحلول بدايات عام 2023، على الرغم من اختلاف التوجهات وتوقيتات تلك العودة بين البلدان. وترى أن استخدام الطاقة في الاقتصادات المتقدمة بدأ يزداد بشكل طفيف بعد الأزمة، لكنه لم يعد إلى مستويات ما قبل الجائحة، في حين انتعشت أجزاء من آسيا وخاصة تلك التي حققت نجاحاً مبكراً في السيطرة على الوباء. ومن المتوقع بحسب الوكالة أن تستمر الآثار السلبية على النمو واستهلاك الطاقة لفترة أطول في عدد من البلدان ذات الدخل المنخفض، حيث تكون الحكومات أقل قدرة على التخفيف من النتائج الناجمة عن الوباء (IEA، 2020)[61].

يبين **الجدول 10** توقعات الطلب النفط حتى عام 2040 حسب منظور وكالة الطاقة الدولية للسيناريوهات الحالية. ويوضح الجدول أن وكالة الطاقة الدولية تتوقع أن ينمو الطلب إلى نحو 100 مليون ب/ي في عام 2025، حسب السيناريوهات الحالية، أي في حال عدم تغير أي شيء من المؤثرات على العرض والطلب باستثناء أن يكون وباء كوفيد- 19 قد بات تحت السيطرة خلال عام 2021.

الجدول 10: منظور وكالة الطاقة الدولية للطلب العالمي على النفط

مليون ب/ي	2019	2025	2030	2040
السيناريوهات الحالية	97.8	99.9	103.2	104.1

المصدر: IEA، 2020

بينما يلاحظ من **الجدول 11** أن منظمة أوبك (OPEC، 2020)[62] أكثر تفاؤلاً إذ ترى أن الطلب سينمو إلى نحو 103.7 مليون ب/ي عام 2025، وهو رقم يقل بنحو 0.6 مليون ب/ي فقط عن توقعات سابقة لها صدرت عام 2017. أما BP (BP, 2020)[63] فترى أن الطلب لن يتجاوز 98 مليون ب/ي عام 2025.

الجدول 11: منظور أوبك للطلب العالمي على النفط

مليون ب/ي	2019	2025	2030	2040
السيناريوهات الحالية	99.7	103.7	107.2	109.3

المصدر: OPEC، 2020

عملياً، تدخل في مجال التنبؤ بالمنظور المستقبلي عدة سيناريوهات يستند كل منها إلى مجموعة من الافتراضات أهمها تغيرات ناتج الدخل القومي، وتغير عدد السكان، أو افتراض وجود خطة سريعة للحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وربما من بينها خطة الاتحاد الأوروبي الذي يهدف إلى أن يكون محايداً مناخياً بحلول عام 2050 عبر اقتصاد خالٍ من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (Net-zero greenhouse gas). وهو هدف يقع في صميم الاتفاقية الأوروبية الخضراء (European Green Deal) ويتماشى مع التزام الاتحاد الأوروبي بالعمل المناخي العالمي بموجب اتفاقية باريس.

لكن البيانات المتاحة تشير إلى أن أوروبا ولّدت 3993 تيراواط ساعة من الكهرباء في عام 2019، منها 1518 تيراواط ساعة (38%) تم توليدها باستخدام الوقود الأحفوري (نفط- غاز- فحم حجري)، بينما تم توليد 928 تيراواط ساعة باستخدام الطاقة النووية (23%)، ونحو 616 تيراواط ساعة باستخدام الطاقة الشمسية وطاقة الرياح (15% من الإجمالي).

يبين **الجدول 12** مساهمة كل نوع من أنواع الوقود في توليد الكهرباء في أوروبا عام 2019.

الجدول 12: نسب توليد الكهرباء حسب نوع الوقود في أوروبا عام 2019

المصدر	النفط	الغاز	الفحم الحجري	الطاقة النووية	الطاقة المائية	الطاقة الشمسية	طاقة الرياح	مصادر أخرى	الإجمالي
كمية الكهرباء/ تيراواط ساعة	51.8	768.1	698.6	928.5	632.5	154.7	461.6	297.5	3993.3
% من الإجمالي	1.3%	19.2%	17.5%	23.3%	15.8%	3.9%	11.6%	7.4%	

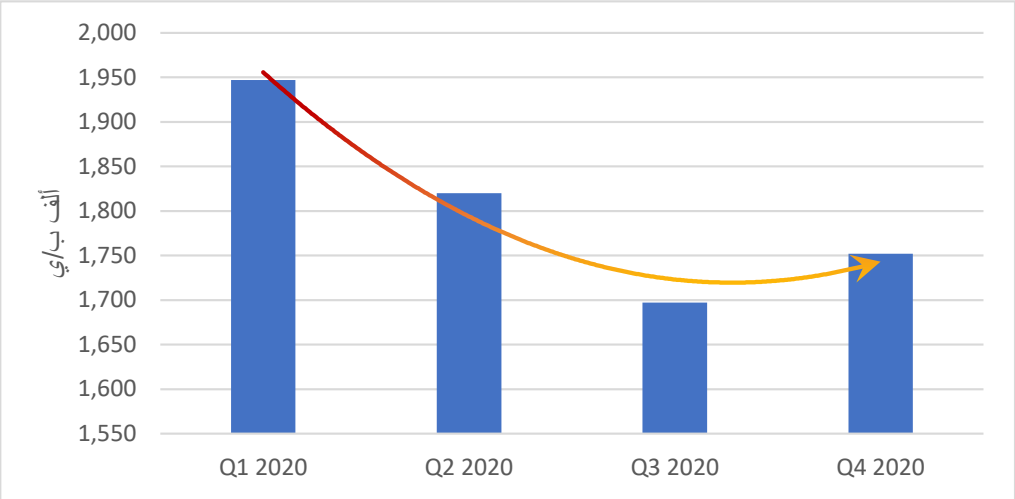
المصدر: إعداد الباحث، وحسبت النسب بناء على بيانات BP Statistical Review of World Energy، 2020.

يمكن من خلال بيانات هذا الجدول القول إنه حتى تتمكن أوروبا من استبدال الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء بالطاقة الشمسية فقط، فهي تحتاج لمضاعفة سعات الطاقة الشمسية المثبتة فيها بنحو 10 أضعاف، بينما تحتاج لمضاعفة سعات طاقة الرياح بأكثر من ثلاثة أضعاف فيما لو أرادت استبدال الوقود الأحفوري بطاقة الرياح فقط، أو تحتاج إجمالاً لمضاعفة السعات المثبتة من مجموع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بحوالي 7 مرات. وهذه الأرقام بالطبع تتناول كميات الكهرباء التي تم توليدها عام 2019، أما لو أخذ نمو الطلب على الكهرباء حتى عام 2050 بعين الاعتبار، فإن الأرقام سوف تكون أعلى بلا شك.

من ناحية أخرى، وبعيداً عن تراجع إجمالي إنتاج العالم من النفط بسبب اتفاق أوبك، يلاحظ أن إنتاج الشركات الكبرى عاد للارتفاع في الربع الأخير من عام 2020، ومنها على سبيل المثال شركة Shell، حيث تظهر التقارير الربعية للشركة(Shell, 2021) [64] أن إنتاج الربع الأول من عام 2020 بلغ 1.947 مليون ب/ي، وانخفض في الربع الثالث إلى 1.697 مليون ب/ي، بتراجع يعادل نحو ربع مليون برميل يومياً، لكن الإنتاج عاد إلى الارتفاع في الربع الأخير من 2020 ليصل إلى 1.752 مليون ب/ي (الشكل 26)، وكان الفرق بين إجمالي إنتاج عام 2019 و2020 نحو 73 ألف ب/ي فقط، أي أن مجمل إنتاج الشركة من النفط تراجع بأقل من 4% رغم كل العاصفة التي أثارها انتشار وباء كوفيد-19[*].

[*] هذا لا يعني التقليل من شأن الخسائر التي منيت بها الشركة نتيجة تراجع الإنتاج ونتيجة تراجع أسعار النفط، لكنه إشارة إلى أن تراجع الإنتاج في مجمل السنة كان أقل مما كان متوقعاً نتيجة انتشار وباء كوفيد-19.

الشكل 26: معدل الإنتاج الربعي من النفط لشركة Shell عام 2020



إعداد الباحث بناء على بيانات التقارير الربعية لشركة Shell عن عام 2020

ومن الأمثلة الأخرى يمكن الإشارة إلى شركة Eni، حيث تراجع مجمل إنتاج الشركة من النفط عام 2020 بنحو 6% مقارنة بمجمل إنتاج عام 2019، وذلك من 893 ألف ب/ي إلى 843 ألف ب/ي (Eni, 2020) [65]. ويلاحظ في هذا المجال أن إنتاج زيت السجيل الأمريكي سجل تراجعاً بنحو 9% بين عامي 2019 و2020، وهو رقم أعلى كنسبة مئوية مما سجلته Shell وEni، وربما كان سبب ذلك هو حساسية زيت السجيل لتغيرات الأسعار بشكل أكبر من النفط التقليدي.

في المجمل، يمكن التأكيد على أن ادعاءات وصول الطلب إلى ذروته خلال عام 2021 هي مزاعم لا يوجد ما يدعمها على أرض الواقع حتى اليوم، بل إن المؤشرات المتوفرة تدل على أن الطلب سيعود إلى سيرته الأولى التي كان يتبعها قبل انتشار كوفيد-19، وذلك خلال 2022 أو بدايات 2023 على الأغلب، وهو أمر مرتبط بالسيطرة على انتشار الوباء، أو إيجاد سبل للتعامل معه بعيداً عن عمليات إغلاق الحدود أو الحظر.

الاستنتاجات والتوصيات

- ✓ تتأثر الصناعة البترولية عموماً بالعديد من المتغيرات التي تحصل في العالم، لكن أسواق الطاقة عادة ما تستعيد توازنها بشكل أسرع مما يتوقع، وهو ما تشهد به على الأقل الأحداث التاريخية التي مرت على الصناعة البترولية، والأزمات العديدة التي عصفت بأسواق الطاقة. وتبدو الأسواق مطمئنة حالياً إلى سلامة الإمداد وكفايته لتلبية الطلب، حتى أن الأحداث الجيوسياسية التي شهدها العالم منذ عام 2011، وحتى مطلع عام 2021 باتت محدودة الأثر على أغلب الشركات، فالانقلاب العسكري الذي حدث في "ميانمار" مثلاً في الأول من شهر شباط/فبراير 2021، لم يؤثر على الخطط الاستكشافية التي أقرتها شركة Woodside في المغمورة في تلك البلد الآسيوية، كما بقيت خطط تطوير حقل A-6 للغاز على حالها بالتعاون بين Woodside و Total، واعتبرت شركة Woodside في بيان رسمي على لسان مديرها التنفيذي أن الوضع الذي شهدته "ميانمار" هو وضع انتقالي، سيقوم الشعب بإيجاد حل له، ولن يؤثر على أعمال الاستكشاف والتطوير (Energy World, 2021) [66].
- ✓ يمكن لتراجع أسعار النفط أن يحد من خطط عمليات الاستكشاف الجديدة، حيث تميل الشركات إلى خفض ميزانياتها في هذا المجال والتركيز على المناطق ذات الأمل المرتفع في محاولة للحد من الخسائر المحتملة. كما يؤدي تراجع أسعار النفط إلى الحد من عمليات الإنتاج وخاصة في المناطق التي يكون سعر نقطة التعادل فيها مرتفعاً (Break Even Point). ويظهر التأثير بصورة سريعة على شكل تراجع في معدلات الإنتاج، لكن هذا لا ينسحب على جميع المنتجين، فالشركات الوطنية المملوكة للحكومات قادرة على الإنتاج حتى عند هوامش ربح منخفضة، وهو ما شهدته الصناعة البترولية عدة مرات. إلا أن الشركات الخاصة عادة ما يصعب عليها المتابعة في ظل أسعار منخفضة للنفط، وقد يخرج بعضها من السوق نهائياً، وهذا ما دفع بعدد كبير من الشركات الأمريكية على سبيل المثال إلى إعلان إفلاسها في عام 2020. لكن تأثير تراجع الأسعار لا يظهر بشكل سريع في مجال الاستكشاف، إذ أن الخطط الموضوعة في هذا المجال تأخذ بعين الاعتبار عدة سيناريوهات لأسعار النفط، علاوة على احتمالات حفر آبار

جافة بدون الوصول إلى أي اكتشافات. وبالتالي فمن الممكن لعمليات الاستكشاف القائمة أن تستمر خلال فترة تراجع الأسعار، لكن الخطط المستقبلية لهذا النوع من العمليات قد تتوقف أو قد يتم تقليصها، وهذا ما يمكن أن ينعكس سلباً على عدد وحجم الاكتشافات المستقبلية، وهو بدروه قد يسبب تراجعاً في تعويض الاحتياطيات التي يتم إنتاجها.

- ✓ لا شك أن انتشار وباء كوفيد-19 كان له أثر ملموس على تراجع الطلب على الطاقة، لكن معظم هذا التراجع نتج عن تعثر حركة النقل بسبب عمليات الإغلاق والحظر وتوقف السفر، علاوة على توقف الأعمال والمصانع في بعض دول العالم، وهذا ما تسبب في تراجع الأسعار، مما تبعه تراجع في معدلات إنتاج النفط، لكن المؤشرات المتاحة حتى اليوم تدل على أن هذا التأثير قد تم تضخيمه وكأن الصناعة البترولية قد توقفت أو كادت.
- ✓ لقد تراجعت معدلات إنتاج النفط[*] في عام 2020 بنسبة إجمالية قاربت 6.7% أي بنحو 6.6 مليون ب/ي، لكن معظم هذا التراجع نتج عملياً عن تخفيض الإنتاج الذي التزمت به دول (أوبك +)، إذ تراجع إنتاج أوبك لوحدها بأكثر من 4.6 مليون ب/ي بين عامي 2019 و2020، علاوة على أن انخفاض الأسعار تسبب في تراجع إنتاج زيت السجيل الأمريكي بنحو 370 ألف ب/ي، وخفضت روسيا إنتاجها بحوالي 930 ألف ب/ي. أي أن تراجع الإنتاج في دول أوبك والولايات المتحدة وروسيا مثل حوالي 90% من تراجع إنتاج النفط عام 2020. من جهة أخرى ارتفعت معدلات الإنتاج في العديد من دول العالم بقيمة إجمالية زادت عن 923 ألف ب/ي، فإنتاج البرازيل والنرويج مجتمعتين ارتفع بنحو 0.5 مليون ب/ي.
- ✓ لا يقتصر استخدام النفط والغاز على سوق النقل البري (السيارات) فقط، فالنقل الجوي لم يجد بعد أي بديل عن المشتقات النفطية ولا يتوقع أن يجد ذلك البديل في المستقبل القريب، فكثافة الطاقة في المشتقات البترولية (كيروسين الطائرات) لا تعادلها كثافة الطاقة في أي مصادر أخرى، ويبدو أنه من المستحيل استخدام بديل آخر عن المشتقات النفطية في النقل الجوي حتى اليوم وفي المستقبل المنظور على الأقل، خاصة وأن وقود

[*] الرقم يشير إلى النفط الخام فقط

الطائرات لا يعتمد على كثافة الطاقة فحسب، بل هناك نقاط أخرى مثل توفره، وسعره، وأمنه للاستخدام الجوي. والأمر نفسه ينسحب على النقل البحري الذي يستخدم نحو 250 مليون طن من وقود السفن سنوياً، فمن الصعب على الناقلات البحرية استخدام بدائل الطاقة مثل الألواح الشمسية في عرض البحر، إذ يكفي وجود طقس غائم لبضعة أيام إلى انقطاع الطاقة عن الناقلة[*].

- ✓ من المتوقع أن ينمو الطلب على الطاقة حتى عام 2040 بمعدل يتراوح بين 25- 28% من قيم الطلب عام 2019. بحيث يشكل النفط والغاز نحو 53% من مزيج الطاقة المستقبلي. وانخفاض الإنتاج في عام 2020 لا يعني بحال من الأحوال أن إنتاج النفط في العالم قد وصل إلى ذروته، فمعظم كميات النفط التي خرجت من السوق هي كميات موجودة على شكل طاقات إنتاج يمكن ضخها مجدداً عند تحسن الأسواق، وهو أمر تلوح بشائره في الأفق القريب، وهذا يدحض ما يشاع عن أن العالم قد وصل لذروة إنتاج النفط (أو ذروة الطلب) في عام 2020. أما التغيرات التي عصفت بأسواق النفط في عام 2020، فربما يكون لها دور في إيجاد بيئة تنافسية تحفز الدول ذات الاقتصادات البترولية على تنويع مصادر دخلها لمواجهة تذبذب الطلب/الأسعار.
- ✓ إن استبدال الوقود الهيدروكربوني بمصادر من الطاقة المتجددة ليس بالأمر اليسير، وبينت الدراسة أن دول أوروبا تحتاج في هذا المجال لمضاعفة سعات التوليد من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح مجتمعتين سبعة أضعاف على الأقل من الطاقة الحالية وبناء على الطلب الحالي، ناهيك عن نمو الطلب وعن وجود مجالات لا يمكن للطاقة المتجددة أن تحل فيها محل الوقود الهيدروكربوني كمجال الطيران مثلاً.
- ✓ يتبين من هذه الدراسة وجود عدد كبير من المتغيرات التي تساهم في تشكيل الصورة الكاملة لتأثير جائحة كوفيد-19 على الأسعار وعلى السوق النفطية عموماً، لذلك توصي هذه الدراسة بضرورة متابعة متغيرات العرض والطلب في ضوء انتشار موجات أخرى

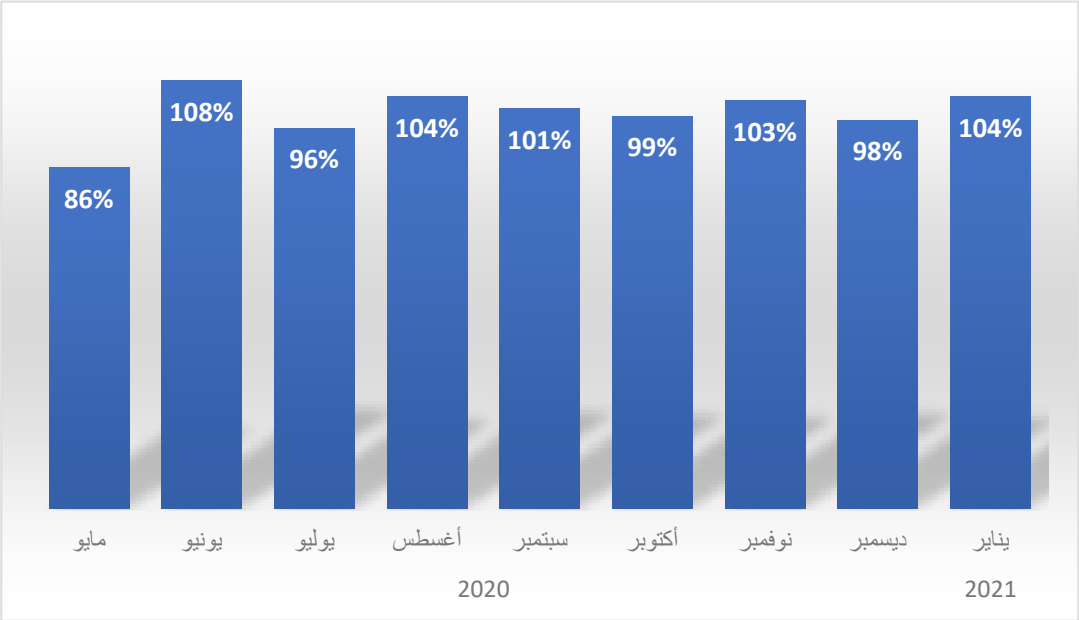
---

[*] هناك أسباب كثيرة تحد من استخدام مصادر الطاقة المتجددة في عمليات النقل، مثل الوزن والفعالية والكفاءة، وغيرها من النفاط. أما في النقل البري أو بالأصح في سيارات الركاب، فالأمر أبسط قليلاً إذ لا يتم توليد الطاقة من معدات على السيارة، بل يتم استخدام بطارية تدخر الطاقة التي تم توليدها من مصدر ما.

من الوباء، ومدى تأثير ذلك على أسعار النفط وعلى آلية مواجهة السوق لهذه المتغيرات، ليس في مجال الاستكشاف والإنتاج فقط، بل في كافة مناحي الصناعة البترولية، كون هذه المناحي تؤثر وتتأثر بغيرها، وتشكل حلقة متكاملة ترسم حدود الصناعة البترولية عموماً.

ملحق

مخطط يبين مدى الالتزام الشهري لمجموعة أوابك+ بخطة تخفيض الإنتاج لغاية شهر كانون الثاني/يناير 2021

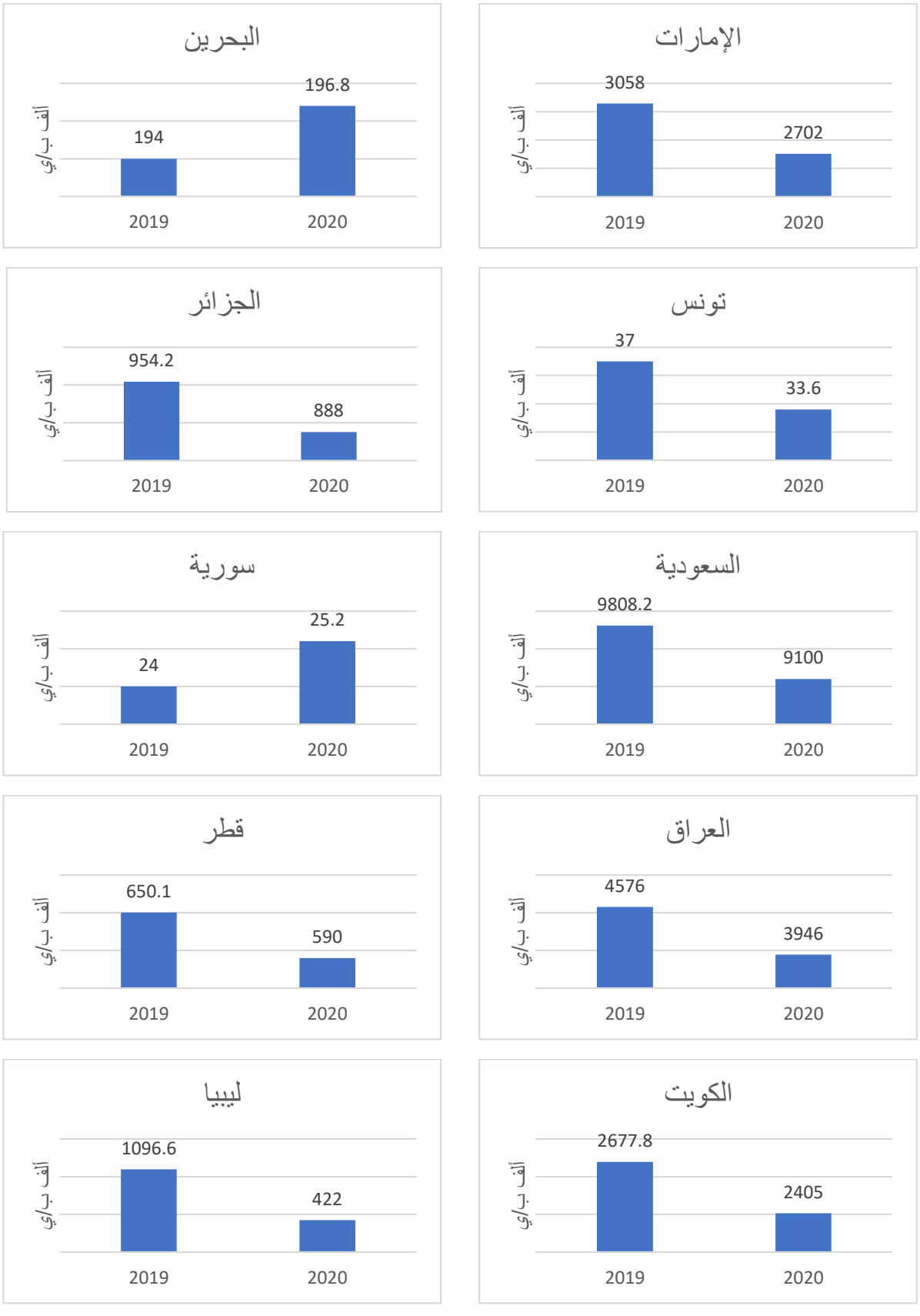


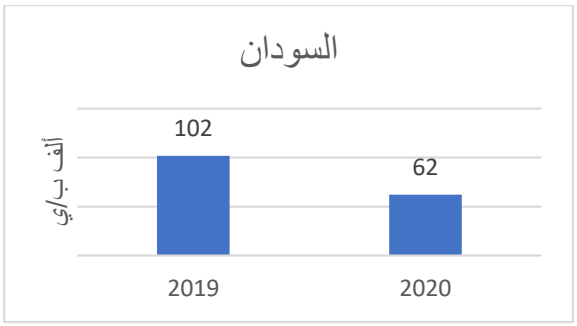
إعداد الباحث اعتماداً على بيانات شهرية من: Petroleum Intelligence Weekly

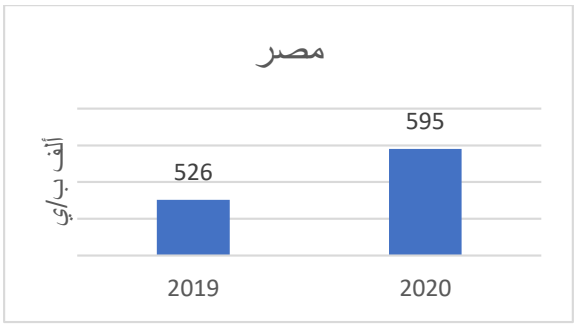
جدول التزام دول أوبك وحلفائها بقرار خفض الإنتاج (بيانات شهر كانون الثاني 2021)

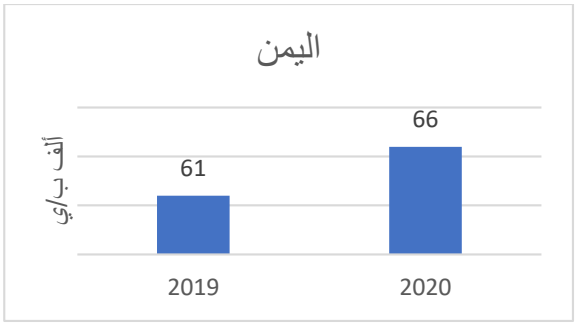
أوبك	الإنتاج الأساسي	التخفيض المطلوب	الإنتاج المستهدف	إنتاج شهر يناير	التخفيض الفعلي	%
السعودية	11,000	1,881	9,119	9,100	1,900	101
العراق	4,653	796	3857	3,874	779	98
الإمارات	3,168	542	2626	2,609	559	103
الكويت	2,809	480	2329	2,325	484	101
نيجريا	1,829	313	1516	1,136	693	221
أنغولا	1,528	261	1267	1,222	306	117
الجزائر	1,057	181	876	872	185	102
الكونغو	325	56	269	253	72	129
الغابون	187	32	155	197	-10	
غينيا الاستوائية	127	22	105	92	35	159
أوبك (10)	26,683	4,564	22,119	21,680	5,003	110%
إيران	**3,296**	**0**	**3296**	**2,120**	**0**	
فنزويلا	**1,171**	**0**	**1171**	**595**	**0**	
ليبيا	**1,114**	**0**	**1114**	**1,140**	**0**	
أوبك (13)	32,264	4564	27700	25,535	5,003	
الحلفاء في قرار التخفيض						
روسيا	**11000**	**1881**	**9119**	**9209**	**1791**	**95**
المكسيك	**1753**	**0**	**1753**	**1646**	**0**	
كازاخستان	**1709**	**292**	**1417**	**1429**	**280**	**96**
عمان	**883**	**151**	**732**	**742**	**141**	**93**
أذربيجان	**718**	**123**	**595**	**593**	**125**	**102**
ماليزيا	**595**	**102**	**493**	**490**	**105**	**103**
البحرين	**205**	**35**	**170**	**173**	**32**	**91**
السودان جنوب	**130**	**22**	**108**	**128**	**2**	**9**
بروناي	**102**	**17**	**85**	**90**	**12**	**71**
السودان	**75**	**13**	**62**	**88**	**-13**	
الحلفاء في قرار التخفيض (20)	**17170**	**2636**	**14534**	**14588**	**2475**	**94%**
أوبك وحلفاؤها (أوبك +)	**43,853**	**7,200**	**36,653**	**36,268**	**7,478**	**104%**
إعداد الباحث معدل عن بيانات Oil Market Intelligence، شباط/فبراير 2021						

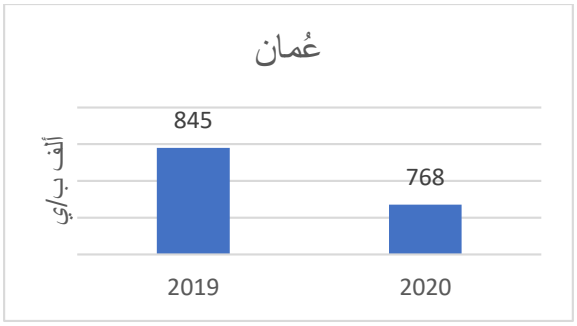
مقارنة إنتاج النفط بين عامي 2019 و2020 في الدول العربية

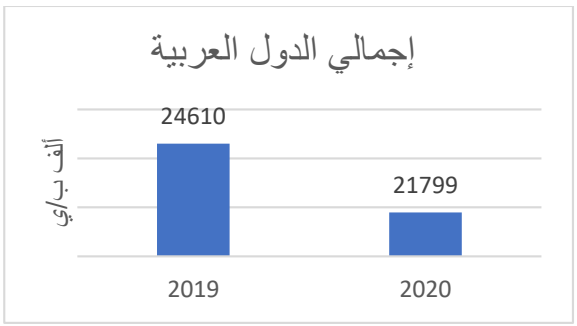


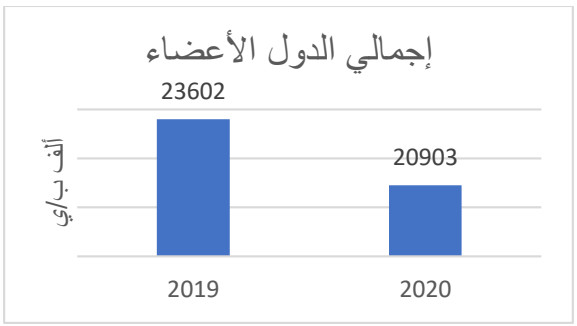

السودان
ألف ب/ي
102
62
2019
2020


مصر
ألف ب/ي
526
595
2019
2020


اليمن
ألف ب/ي
61
66
2019
2020


عُمان
ألف ب/ي
845
768
2019
2020


إجمالي الدول العربية
ألف ب/ي
24610
21799
2019
2020


إجمالي الدول الأعضاء
ألف ب/ي
23602
20903
2019
2020

المراجع

حسب ترتيب ورودها في الدراسة

(1) Abdulhamid M. Saeed Alahmadi. *A recap of 2020 and the way ahead*. CBUAE Governor Message. Insurance Authority. UAE. 9/2/2021. https://web.ia.gov.ae/en/news/pages/a-recap-of-2020-and-the-way-ahead.aspx

(2) وزارة المالية والاقتصاد الوطني، *التقرير الاقتصادي الفصلي لمملكة البحرين*، الربع الثاني 2020. https://www.mofne.gov.bh/Files/cdoc/CI1470-BEQ_Q2_2020_Ar.pdf

(3) بنك الكويت المركزي. *النشرة الإحصائية الفصلية*، يناير - مارس 2020.

(4) وزارة المالية في دولة الكويت، *الميزانية العامة للدولة للسنة المالية 2021/ 2022*. https://www.mof.gov.kw/MofBudget/PDF/Budget22-21eng.pdf

(5) الهيئة العامة للإحصاء في المملكة العربية السعودية، *الناتج المحلي الإجمالي ومؤشرات الحسابات القومية للربع الأول 2020*. https://www.stats.gov.sa/sites/default/files/gdp_national_accounts_indicators_2020q1_kpar_1.pdf

(6) أوابك، تقرير الأمين العام السنوي 34، الكويت، 2009.

(7) أوابك، تقرير الأمن العام السنوي 43، الكويت، 2016.

(8) Marc Stocker, John Baffes and Dana Vorisek. *What triggered the oil price plunge of 2014-2016 and why it failed to deliver an economic impetus in eight charts*. World Bank Blog. 18/1/2018. https://blogs.worldbank.org/developmenttalk/what-triggered-oil-price-plunge-2014-2016-and-why-it-failed-deliver-economic-impetus-eight-charts

(9) المرجع 7.

(10) Barclays' E&P Spending Outlook, 2016.

(11) Oil and Gas Journal, *Barclays: Global E&P spending drop revised to 27% for 2016*. 18/3/2016 http://www.ogj.com/articles/2016/03/barclays-global-e-p-spending-drop-revised-to-27-for-2016.html

(12) HIS. *Conventional Discoveries Outside North America Continue Their Decline; 2015 Marked Lowest Year for Discovered Oil and Gas Volumes Since 1952*. http://press.ihs.com/press-release/energy-power-media/conventional-discoveries-outside-north-america-continue-their-decli

(13) أوابك، تقرير الأمين العام السنوي 44، 2017.

(14) أوابك، تقرير الأمين العام السنوي 45، 2018.

(15)Offshore mag. *Global E&P capex may hit 13-year low*. 2020. https://www.offshore-mag.com/business-briefs/oil-prices/article/14173048/global-ep-capex-may-hit-13year-low

(16) World Oil. *Global E&P mid-year spending outlook: Collapse underway*. July, 2020. https://www.worldoil.com/magazine/2020/july-2020/features/global-ep-mid-year-spending-outlook-collapse-underway

(17) World Bank. *Special Focus, Global Economic Prospect*. January, 2018.

(18) مجموعة تقارير أوبك الشهرية لعام 2018.
https://www.opec.org/opec_web/en/publications/4814.htm

(19) EIA, *Tight oil production estimates by play*. Available at: https://www.eia.gov/petroleum/data.php#crude

(20) Offshore mag. *Status of US Gulf of Mexico deepwater discoveries*. December 2019 /January 2020. https://cdn.offshore-mag.com/files/base/ebm/os/document/2020/01/2020_GoM_Deepwater_Discoveries.5e278279e74e3.pdf

(21) Inflation data. *Historical Crude Oil Prices, Oil Prices 1946-Present*. https://inflationdata.com/articles/inflation-adjusted-prices/historical-crude-oil-prices-table/

(22) EIA. Short term energy outlook. 21/1/2021. https://www.eia.gov/outlooks/steo/report/global_oil.php

(23) IEA. *Change in monthly oil demand in selected countries*, 2020 relative to 2019. https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/change-in-monthly-oil-demand-in-selected-countries-2020-relative-to-2019

(24) IEA, Oil Market Report - July 2020.

(25) IEA (2020). Rate of change of global primary energy demand, 1900-2020. https://rb.gy/tkszwa

(26) OPEC. Press release: The 9th (Extraordinary) OPEC and non-OPEC Ministerial Meeting concludes. 9/4/2020. https://www.opec.org/opec_web/en/press_room/5882.htm

(27) Petroleum Intelligence Weekly. Vol. 59, No. 19. 2020.

(28) OPEC. Press release: OPEC 179th Meeting of the Conference concludes. 6/6/2020. https://www.opec.org/opec_web/en/press_room/5963.htm

(29) OPEC. Press release: The 12th OPEC and non-OPEC Ministerial Meeting concludes. 3/12/2020.

(30) OPEC. Press release: 13th OPEC and non-OPEC Ministerial Meeting concludes. 5/1/2021. https://www.opec.org/opec_web/en/press_room/6310.htm

(31) Rystad Energy, Oil and gas drilling set for at least a 20-year low in 2020. 14/7/2020

(32) World Oil Magazine. Vol 241 No. 2. February 2020. https://www.worldoil.com/magazine/2020/february-2020/special-focus/special-focus-2020-forecast-international-drilling-and-production

(33) Alberta Regional Dashboard. Wells drilled. https://economicdashboard.alberta.ca/WellsDrilled#alberta

(34) Baker Hughes International Rig Count, July, 2020.

(35) IEA. World Energy Investment 2020. Flagship report- May 2020. https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020/fuel-supply

(36) Conglin Xu. Companies slash 2020 capital budgets. Oil and Gas Journal, 6/4/ 2020. https://www.ogj.com/general-interest/article/14173840/companies-slash-2020-capital-budgets

(37) IEA. Investment estimates for 2020 continue to point to a record slump in spending. 23 October 2020. https://www.iea.org/articles/investment-estimates-for-2020-continue-to-point-to-a-record-slump-in-spending

(38) Rystad Energy, Lowest of the century! Half-year discoveries total 4.9 billion boe. 1/7/2020.

(39) أوابك، تقرير الأمين العام السنوي 47، الكويت، 2021.

(40) Offshore Magazine. *Americas, Africa to dominate high-impact exploration.* 5/2/2021. https://www.offshore-mag.com/drilling-completion/article/14196939/americas-africa-to-dominate-highimpact-exploration-drilling

(41) Charles Waine. *Mounting bankruptcy threat for US shale*. Petroleum Economist. Vol. 87, No.8. October, 2020.

(42) Concho Resources. Official Website. News Release, *ConocoPhillips to Acquire Concho Resources in All-Stock Transaction*. https://s2.q4cdn.com/413021264/files/doc_news/2020/10/conocophillips-to-acquire-concho-resources-10-19-2.pdf

(43) Rystad Energy. Press Release: *Even at $40 WTI, about 150 more North American E&Ps will need Chapter 11 protection by end-2022*. 21/8/2020. https://www.rystadenergy.com/newsevents/news/press-releases/even-at-$40wti-about-150-more-north-american-eps-will-need-chapter-11-protection-by-end-2022/

(44) EIA. *U.S. Liquid Fuels.* Short Term Energy Outlook. 12/1/2021. https://www.eia.gov/outlooks/steo/report/us_oil.php

(45) IEA. (2020) *Renewable Energy Market Update, Outlook for 2020 and 2021*.

(46) Biofuel International. *Brazil increases volume of biodiesel in fuel to 12%.* 3/3/2002. https://rb.gy/jghjrv

(47) Minghao Li *et al*. *China's New Nationwide E10 Ethanol Mandate and Its Global Implications*. Agriculture Policy Review. Lowa State University, USA. Fall 2017. https://www.card.iastate.edu/ag_policy_review/pdf/fall-2017.pdf

(48) World Energy Forum (2020). *COVID-19 is a game-changer for renewable energy*. https://rb.gy/fdj7fz

(49) IRENA (2020), *Renewable Power Generation Costs in 2019*. https://rb.gy/mtxqt6

(50) IEA. *Evolution of road passenger transport activity in selected countries in early 2020*. 30 April.

(51) Flight Radar 24، موقع عالمي يقدم خدمة تتبع رحلات الطيران حول العالم على مدار الساعة. https://www.flightradar24.com/blog/charting-the-decline-in-air-traffic-caused-by-covid-19/

(52) EIA. (2020) *Short Term Energy Outlook*. 9 September.

(53) Energy World. (2020) *India's renewables installation could fall by a fifth due to lockdown*: Wood Mackenzie. https://rb.gy/gcfzhm

(54) Wood Mackenzie. (2020) *Global solar PV installations to hit 115 GWdc in 2020.* https://www.woodmac.com/press-releases/global-solar-pv-installations-to-hit-115-gwdc-in-2020/

(55) Offshore-mag. Middle East to lead offshore trunkline demand. 28/9/2020. https://www.offshore-mag.com/pipelines/article/14184300/middle-east-to-lead-offshore-trunkline-demand-market-recovery-rystad-energy-claims

(56) Rystad Energy. Global offshore oil and gas pipeline demand set for 26% drop in 2020, but recovery will be swift.28/9/2020.

https://www.rystadenergy.com/newsevents/news/press-releases/global-offshore-oil-and-gas-pipeline-demand-set-for-26pct-drop-in-2020-but-recovery-will-be-swift/

(57) Richard G. Lugar and R. James Woolsey. *The New Petroleum*. Foreign Affairs. Vol. 78, No. (Jan. - Feb., 1999), pp. 88-102

(58)Elena Sánchez Nicolás, Euobserver, 2020. https://euobserver.com/nordic/150287

(59) Offshore Mag. *Denmark planning to wind down offshore E&P*. 7/12/2020. https://www.offshore-mag.com/regional-reports/north-sea-europe/article/14188552/denmark-planning-to-wind-down-offshore-exploration-and-production

(60) Spencer Dale and Bassam Fattouh. *Peak oil demand and long-run oil prices*. BP. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/bp-peak-oil-demand-and-long-run-oil-prices.pdf

(61) IEA. World Energy Outlook 2020.

(62) OPEC. World Oil Outlook 2045. 2020.

(63) BP Energy Outlook 2020.

(64) Shell. Fourth Quarter Results. 4/2/2021. https://www.shell.com/investors/results-and-reporting/quarterly-results/2020/q4-2020.html

(65) Eni: Full year 2020 and fourth quarter results. file:///C:/Users/th/AppData/Local/Temp/eni-fourth-quarter-2020-ceo-claudio-descalzi-comments-results.pdf

(66) Energy World. *Australia's Woodside CEO says Myanmar coup won't affect exploration plans*. 20/2/2021. https://www.nasdaq.com/articles/australias-woodside-ceo-says-myanmar-coup-wont-affect-exploration-plans-2021-02-19

البحـــث الثاني

دور البحث العلمي في تطوير صناعة البتروكيماويات

د. ياسر محمد بغدادي *

* خبير صناعات نفطية - إدارة الشؤون الفنية ، أوابك - الكويت

ملخص تنفيذي

تأتي هذه الدراسة لتسليط الضوء على الدور البارز لأنشطة البحث العلمي في تطور صناعة البتروكيماويات، والتغير الديناميكي لمشهد الصناعة خلال مراحل تطورها المختلفة، ومواجهة كافة التحديات، وإيجاد الحلول التكنولوجية لها. إن رصد حركة تطور صناعة الكيماويات منذ نشأتها مروراً بتجارب الشركات الرائدة في صناعة البتروكيماويات في مجالات أنشطة البحث والتطوير سواءً في معامل التطوير لديها، أو بمشاركة التحالفات الأكاديمية في الجامعات والمعاهد المختصة، وصولاً إلى وضعها اليوم يعد توصيفاً لدور البحث العلمي والتطوير في انتشار صناعة البتروكيماويات ووصولها إلى العالمية، ودورها في مواجهة مختلف تحديات وقضايا الصناعة، وتحسين كفاءة العمليات، وجودة مواصفات المنتجات لتلبية متطلبات الأسواق ورغبات المستهلكين المستهدفين.

استهلت الدراسة في **الفصل الأول** بتعريف مفاهيم، ومصطلحات كل من الاختراع، والابتكار، والتكنولوجيا، بهدف توضيح تلك المفاهيم. تُستخدم في كثير من الأحيان مصطلحات التكنولوجيا، والاختراع، والابتكار بنفس المعنى، وهو استخدام غير دقيق حيث يختلف معنى كل مصطلح عن الآخر، فاستخدام مصطلح "التكنولوجيا" يمكن أن يقتصر على تعريف فكرة تقنية بسيطة، أو قد يتسع ليشمل كافة الأدوات، والاجراءات المتبعة، والطرق والمعدات المستخدمة لإنتاج سلعة معينة، أو تقديم خدمات بشكل خاص في مجال إدارة العمليات "Operation Management"، وهي بشكل مختصر تعني الطرق أو العمليات الصناعية المتداخلة أو المترابطة لإنتاج منتج معين. وبشكل عام يمكن تعريف التكنولوجيا على أنها "الاستخدام الأمثل للمعرفة العلمية، وتطبيقاتها، وإخضاعها لمواجهة متطلبات واحتياجات الإنسان ورفاهيته".

بينما يتضمن تعريف الاختراع، إيجاد شيء جديد لم يكن معروف من قبل، ويشمل ذلك فكرة جديدة، أو جهاز، أو مجموعة من العمليات، قد يتحول الاختراع إلى ابتكار، وقد يبقى

مجرد فكرة. لذا فإن مفهومي الاختراع، والابتكار يشتركان في فكرة إيجاد شيء جديد لم يكن معروف من قبل، وليس بالضرورة أن يؤدي الابتكار إلى تغيير في التكنولوجيا، مما يعني أن الابتكار ليس مرتبط ارتباطا مباشراً بالتكنولوجيا، كما أنه ليس من الضروري أن يحتاج الابتكار الجديد إلى اختراع جديد، فغالباً ما تعتمد الابتكارات الجديدة على اختراعات أو تكنولوجيات قديمة موجودة بالفعل.

هناك عدة نماذج لشرح مفهوم الابتكار، أولها وأبسطها هو النموذج الخطي " Linear Model"، وقد أجريت عدة تحديثات على هذا النموذج، ومنها نموذج " الدفعة التكنولوجية"- Technology Push- نتيجة بعض التغيرات التكنولوجية، وإضافة متطلبات التسويق والمبيعات بعد الإنتاج. كما تم الأخذ في الاعتبار احتياجات الأسواق، وهو ما عُرف بنموذج سحب السوق "Market Pull"، وتم فيه افتراض أن البحث والتطوير يأتي نتيجة الاحتياجات الفعلية لمتطلبات واحتياجات السوق، مع ضرورة الأخذ في الاعتبار كل من عوامل العرض والطلب "Supply & Demand". ساهمت زيادة نمو الطلب على السلع والخدمات أيضاً بدرجة كبيرة في تحفيز وتيرة الاختراعات والابتكارات.

أضيف بعد ذلك مفهوم أو نهج جديد عُرف باسم الابتكار المفتوح " Open Innovation"، والذي شجع على الانفتاح على الأفكار الخارجية التي يُمكن للمؤسسات جذبها من الخارج بجانب أفكارها الداخلية. وتعد الفكرة الأساسية لمفهوم "الابتكار المفتوح" أنه في عالم المعرفة المترامي الأطراف والمنتشر في جميع المجالات التجارية والصناعية والمجتمعية، ولا تقتصر فقط داخل حدود الشركات، فإنه لابد لهذه الشركات نقل المعرفة الخارجية ودمجها مع المعرفة الداخلية الخاصة بها " الابتكار المفتوح الداخلي - Inbound -Open Innovation- "، وأنه لا يمكن للشركات أن تتحمل الاعتماد كلياً على أبحاثها الخاصة، ولكن يجب عليها شراء أو ترخيص عمليات أو اختراعات (براءات اختراع) من شركات أخرى، وهو ما يسمى بالابتكار" المفتوح الخارجي"Outbound Innovation. يعتبر الابتكار هو حجر الزاوية لنمو وربحية صناعة البتروكيماويات، ويعرف الابتكار في صناعة

البتروكيماويات بأنه إدارة المشـــروع من بداية نشـــأة الفكرة حتى الانتهاء من مراحل تنفيذها على مستوى الإنتاج التجاري "Commercial Implementation". قد يستغرق تطوير تقنيات العمليات الصـــناعية الجديدة في قطاع البتروكيماويات فترات طويلة تمتد لأكثر من 10 سنوات.

تناولت الدراسة في **الفصل الثاني** دور البحث العلمي في نشأة وتطور صناعة الكيماويات، حيث كان يستخدم قطران الفحم ولمدة طويلة كمصدر رئيسي لإنتاج الكيماويات العضوية. ازدهر إنتاج بعض الكيماويات في الولايات المتحدة الأمريكية في أربعينيات القرن الماضي لفترة طويلة قبل ظهور صناعة البتروكيماويات، حيث أنتجت بعض المواد الكيميائية مثل الميثانول، وأحماض وأسترات وأملاح الأسيتيك، والأسيتون اعتماداً على تكنولوجيا كيمياء الأخشاب "Wood Chemistry"، وهي طرق كربنة الخشب "Wood Carbonization". كما انتشرت خلال تلك الفترة أيضاً كيمياء الفحم "Coal Chemistry"، لإنتاج غاز فرن الكوك أو ما يعرف أيضاً باسم غاز الفحم، "Coke Oven Gas or Coal Gas" الناتج من التقطير الجاف للفحم، والذي أستخدم في إنارة المدن، كما تأسست عليه صناعة الأمونيا، نظراً لاحتوائه على الهيدروجين وأول أكسيد الكربون، وهيدروكربونات أخرى تعد من المواد الأولية لإنتاج الإيثيلين، والإيثيلين غلايكول. وعُرفت أيضاً في نفس الحقبة كيمياء الدهون "Oleochemistry" لإنتاج بعض المواد الكيميائية من الدهون النباتية والحيوانية، مثل الأحماض الدهنية المستخدمة في صناعة الأدوية، والصناعات الغذائية، والمنظفات، والشموع، والصابون، والأصباغ. واستخدمت على نطاق أوسع كيمياء التخمير " Fermentation Chemistry" لإنتاج الكحول الإيثيلي "الحيوي"، والذي استخدم للخلط مع الغازولين لرفع رقم الأوكتان وتحسين أداء المحركات.

ازدهرت في نفس الوقت صـناعة وإنتاج المواد الكيميائية العضـوية وغير العضـوية في ألمانيا، بالإضـافة إلى تطوير تكنولوجيا إنتاج الزيوت الاصـطناعية على المسـتوى التجاري، وتطوير تكنولوجيا إنتاج البوليمرات، والمطاط الاصطناعي.

قبل ظهور صـــناعة البتروكيماويات فاق الاحتياج المتزايد للكيماويات المســتخدمة في إنتاج المطاط الصـــناعي، والراتنجات والألياف الصـــناعية، وغيرها من المنتجات الكيماوية بدرجة كبيرة إمكانية توفيره من الفحم والمصـــادر الأخرى. لذا فقد تجاوبت أنشـــطة بحوث البتروكيماويات مع هذه المتغيرات والتحديات لتوفير مصـــادر أخرى جديدة منخفضـــة التكلفة لتلبية نمو الطلب المتزايد من الكيماويات، وتمكنت من توفير مواد خام أولية من النفط الخام ومشتقاته، ومنذ ذلك الحين نشأت صناعة البتروكيماويات.

تناولت الدراسة في **الفصل الثالث** دور البحث العلمي في انتشار، وتطور صناعة البتروكيماويات العالمية، في حقبة العشرينيات من القرن الماضي في الولايات المتحدة، وبداية انتشارها في أوروبا في الخمسينيات، وأنه مع دمج التكنولوجيا الأوروبية مع التكنولوجيا الأمريكية، تغير بشكل كبير شكل وجودة منتجات الكيماويات. وساهم اكتشاف النفط الخام في دول الشرق الأوسط في ثلاثينيات القرن الماضي، وبداية صادراته لدول العالم في الخمسينيات، في تغيير مشهد صناعة البتروكيماويات بشكل كبير، وأصبح النفط الخام ومشتقاته مصدر أرخص للمواد الخام الأولية الازمة لصناعة البتروكيماويات من الفحم والمصادر الأخرى.

اســتفادت دول منطقة الشــرق الأوســط من ارتفاع أســعار النفط خلال الســبعينيات، ووضــعت الحكومات المعنية خططاً لتعزيز الصــناعات غير النفطية. تم تعظيم الاســتفادة من الغاز البترولي المصــاحب في تنمية الصــناعة، والذي كان مهملاً لفترات طويلة. وضــع نمو الصــناعة في منطقة الشرق الأوسط حدا لهيمنة المناطق الثلاث الرئيسية في كل من أمريكا، وأوروبا، واليابان من حقبة الخمسينيات إلى السبعينيات من القرن الماضي، وتحولت صناعة البتروكيماويات فيها بعد ذلك إلى إنتاج البوليمرات المتخصصة الهندسية، والإنشائية، وعملت على تطوير واستحداث تكنولوجيات موفرة للطاقة، ومحسنة للتلوث البيئي.

بدأت صــناعة البتروكيماويات في الانتشــار بســرعة حول العالم، وأصــبحت دول منطقة الشرق الأوسط، وخاصة دول الخليج العربي في ثمانينيات القرن الماضي قادرة على تطوير

هذه الصناعة، وزاد الإنتاج بها بشكل متصاعد، وأضافت طاقات إنتاجية جديدة، مستفيدةً بميزة وفرة مواد خام أولية منخفضة التكلفة من الغاز الطبيعي، والمشتقات البترولية السائلة، وبأسعار تنافسية، علاوة على تميز موقعها الجغرافي بين دول الشرق والغرب.

مع التوسعات الهائلة في الطاقات الإنتاجية من البتروكيماويات واجهت الدول العربية تحديات عدم كفاية الإمدادات من المواد الخام الأولية من غاز الإيثان الناتج عن غاز البترول المصاحب لمزيد من التوسعات، مما اضطرها إلى البحث عن حلول تكنولوجية، وتمثلت في تحولها إلى تنويع استخدام خليط من غاز البترول المسال والمتكثفات كمواد خام أولية للصناعة.

أشارت الدراسة أيضاً إلى أن مشروعات البتروكيماويات الحديثة تميزت بأنها مجمعات "Complex" متكاملة ذات طاقات إنتاجية كبيرة، تعتمد على استخدام أحدث التكنولوجيات التجارية، مدفوعة بميزة رخص أسعار المواد الأولية المتاحة. وتوجه عدد كبير من شركات النفط والغاز الرئيسية العالمية للعمل في صناعة البتروكيماويات وأصبحت في طليعة الشركات المطورة للصناعة، بل ومن كبار منتجي البتروكيماويات. كذلك تزايد نشاط شركات النفط الوطنية بشكل كبير في إنتاج البتروكيماويات، كما قامت الشركات الكيميائية المتخصصة بإنتاج مجموعة واسعة من البتروكيماويات المتخصصة.

تناول **الفصل الرابع** دور البحث العلمي في التصدي للقضايا البيئية الناشئة عن صناعة البتروكيماويات، وإيجاد حلول تكنولوجية لتوفير استهلاك الطاقة، وخفض نسب تلوث الهواء والماء الناتج عن الصناعات البتروكيماوية. كما تم تسليط الضوء على كيفية مواجهة أنشطة البحث العلمي والتطوير لقضايا انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون، والانبعاثات غير المباشرة والمرتبطة بمنتجات ذات صلة بالبتروكيماويات مثل الأسمدة الآزوتية، والمنظفات الصناعية، كما تناول شرح موجز عن حلول البحث العلمي في تلبية متطلبات المياه المتنامية، واللازمة للعمليات الصناعية لإنتاج البخار اللازم في العمليات الصناعية لإنتاج البتروكيماويات.

سلط **الفصل الخامس** الضوء على أهمية البحث العلمي والتطوير والاتجاهات الحديثة في تكنولوجيا إنتاج البتروكيماويات لتوفير لقيم مناسب لصناعة البتروكيماويات بأسعار تنافسية، وزيادة التنافسية وهوامش الربحية في صناعة البتروكيماويات، وما أحدثته هذه الابتكارات الجديدة من تغييرات كبيرة في سلسلة القيمة في الصناعة، بدءاً من توفير اللقيم / المواد الخام الأولية بتكلفة منخفضة، مروراً بإنتاج المواد الوسيطة، وصولاً إلى إنتاج المنتجات النهائية. ساهمت تكنولوجيا التشقيق الهيدروليكي مؤخراً في خفض تكلفة إنتاج غاز السجيل "الغاز الصخري"، وأصبح الغاز المستخرج بهذه الطريقة متاحاً بكميات كبيرة من مصادر غير تقليدية، مما ساهم في التوسع في إنشاء وحدات التكسير البخاري لغاز الإيثان وإنتاج الإيثيلين في أمريكا الشمالية، وتصديره إلى مناطق دول أوروبا، وآسيا لتنمية مشروعات جديدة، وإضافة طاقات وتوسعات جديدة لإنتاج البتروكيماويات، ولاتزال العديد من التكنولوجيات تحت البحث والتطوير المستمر والتي من المتوقع أن تكون حلول واعدة لتحديات توفير اللقيم المناسب لصناعة البتروكيماويات بأسعار تنافسية في ظل نمو الطلب العالمي المتزايد على منتجاتها.

واجهت تكنولوجيات البتروكيماويات التقليدية تحديات كثيرة من حيث القدرة التنافسية بين المنتجين الدوليين، خاصة وأن المنتجين في الولايات المتحدة، والشرق الأوسط يتمتعون بميزة انخفاض تكاليف الإنتاج لكل من الإيثيلين، والبروبيلين. بينما في دول منطقة آسيا، ولا سيما في الصين، تظل تقنيات تحويل الفحم إلى ميثانول، وتحويل الميثانول إلى أوليفينات مرتفعة التكلفة نسبياً. ومع ذلك، إذا نجحت الصين في خفض تكاليف الإنتاج في المستقبل، فإنها ستصبح لاعبًا تنافسيًا، مما يمثل تحديًا للمنتجين الآخرين في آسيا المعتمدين على النافثا كمادة خام أولية للصناعة، مثل الشركات في كوريا الجنوبية، واليابان، وتايوان.

تم تسليط الضوء، بشكل عام على عدد من المشروعات الضخمة لتحويل النفط الخام إلى كيماويات (COC) أو البدء فيها في الصين، والمملكة العربية السعودية، والتي تتضمن إعادة تشكيل مصفاة التكرير لإنتاج أكبر قدر من المنتجات الكيميائية، بدلاً من إنتاج وقود النقل كما هو الحال في المصفاة التقليدية. تهدف التكنولوجيا الجديدة إلى تحويل حوالي 40 % من برميل

النفط الخام إلى كيماويات. تسعى شركة "أرامكو" السعودية لتطوير التكنولوجيا مع شركة "شيفرون لامس جلوبال" Chevron Lummus Global (CLG)، وشركة "سي بي أند أي" CB&I، من أجل تعظيم نسبة تحويل النفط الخام إلى كيماويات في مشروعها الجديد لتصل إلى حوالي 70-80٪ من برميل النفط، وهو ما يعني إمكانية زيادة الطاقة الإنتاجية للمشروع إلى حوالي 14 مليون طن سنوياً من الكيماويات. لذا فإن تكنولوجيا تحويل النفط الخام إلى مواد كيميائية يعد أهم تطور وشيك يمكن أن يكون له آثار استراتيجية عميقة وتأثيرات مباشرة على مستقبل صناعة البتروكيماويات العالمية.

أنشئت مصافي تكرير النفط التقليدية بهدف إنتاج الوقود التقليدي، بينما تهدف مشروعات البتروكيماويات إلى إنتاج البتروكيماويات فقط، وفي هذه الحالة يكون مفتاح ربحية المصفاة هو مرونة استخدام الخام، بينما مفتاح ربحية مشروعات البتروكيماويات هو مرونة استخدام مواد التغذية الأولية. أما في المشروعات المدمجة لكل من المصافي والبتروكيماويات فإنه يتم تنسيق استخدام المواد الخام الأولية الناتجة من مصافي التكرير لتعظيم إنتاج البتروكيماويات، ويتم دمج وتكامل استخدامات الطاقة، والمرافق المختلفة لزيادة تحسين كفاءة استخدام الطاقة. ومع ذلك، حتى مع عمليات الدمج، فإن المصفاة في هذه الحالة تهدف إلى إنتاج الوقود، بينما مجمع البتروكيماويات يركز على إنتاج المواد البتروكيماوية. أما المشروعات الجديدة لتحويل النفط الخام إلى كيماويات تدمج كل من المصفاة، ومصانع البتروكيماويات في مجمع واحد، وبالتالي تكون إلى ما هو أبعد من تكامل البتروكيماويات الحديثة في مصفاة التكرير.

بينما تناول **الفصل السادس** نماذج عالمية في مجال الاستثمار في أنشطة البحث والتطوير، حيث تعد صناعة الكيمياويات واحدة من أكبر الصناعات العالمية التي تعتمد بشكل كبير ومباشر على نتائج ومخرجات بحوث قطاع البحث والتطوير في الشركات المطورة، خاصة في الاقتصادات المتقدمة، ويمكن أن يكون لأنماطها المبتكرة، وعملياتها الإنتاجية تأثيرات مباشرة على نمو الناتج الاقتصادي ككل، وأدركت الدول المتقدمة أهمية البحث والتطوير، وحل مشكلات الصناعة، وغيرها من القطاعات الهامة للتنمية المستدامة ورفاهية شعوبها. فنجد أن

الولايات المتحدة الأمريكية، واليابان، والصين، وماليزيا، ودول الاتحاد الأوروبي أنفقت على أنشطة البحث والتطوير حوالي 417 مليار دولار، خلال عام 2019، وهو يتجاوز حوالي 75 % من إجمالي الإنفاق العالمي على البحث العلمي.

زادت شركات البتروكيماويات الكبرى استثماراتها بشكل مكثف في أنشطة البحث والتطوير، فقد أنفقت بعض الشركات الأوروبية مثل "باسف" BASF، وشركة "باير" Bayer، وشركة سينجينتا Syngenta، استثمارات ضخمة في هذا المجال، واستحوذت هذه الشركات على الحصة الأعلى من طلبات براءات الاختراع من بين الشركات الرائدة في أوروبا، وتتميز مخرجات البحث والتطوير بها بأنها ذات جودة مرتفعة جدًا مقارنةً بأي مكان آخر حول العالم. كما انتهجت جميع شركات الكيماويات الكبرى استراتيجية الاندماج والاستحواذ Merger & Acquisition (M&A) للوصول إلى الابتكارات المؤثرة، وكان التعاون بين الصناعة، والأوساط الأكاديمية أحد الطرق المثمرة للابتكار، كما لعبت العناقيد الكيميائية والجغرافية دوراً مهماً في استحداث الابتكارات الهامة في أوروبا.

شكلت نسبة الإنفاق على أبحاث وتطوير تحسينات العمليات، والمنتجات حوالي 80-90٪ من إجمالي إنفاق البحث والتطوير في الشركات الرائدة . على الرغم من وجود مخاطر مرتبطة بالبحث والتطوير ، إلا أن معدلات العائد على الابتكارات الناجحة يمكن أن تصل إلى 25-35٪، حيث بينت دراسة لمجلس البحوث الكيميائية ومقره الولايات المتحدة الأمريكية أن كل دولار يُستثمر في البحث والتطوير يربح حوالي 2 دولار.

تعد براءات الاختراع إحدى الأدوات التي تستخدمها الشركات الكبرى لجني الأرباح من الابتكار، وتعد بياناتها هي المؤشر الرئيسي للابتكار. بشكل عام كلما زادت أنشطة البحث والتطوير في الشركات، زادت معه احتمالية منح عدد أكبر من براءات الاختراع، والتي يتحكم فيها أيضاً جودة البحث. يستغرق منح براءة الاختراع بضع سنوات، لذلك في بعض الحالات يكون عدد براءات الاختراع الممنوحة في عام ما أعلى من تلك التي تم تقديمها في ذلك العام.

الفصل الأول

البحث الثاني

مفاهيم التكنولوجيا، والاختراع، والابتكار

الفصل الأول

مفاهيم التكنولوجيا، والاختراع، والابتكار

1.تمهيد

يعتمد التقدم العلمي في الدول على مدى قدرتها على الاستفادة من مخرجات نتائج الأبحاث العلمية بشكل مباشر لتحقيق أهداف خطط التنمية المستدامة بها. ويقاس التقدم العلمي لأي دولة بمدى قدرتها على مسايرة التطورات المتتابعة والمتلاحقة للتكنولوجيا في عالم متغير باستمرار.

من الضروري الاهتمام بقطاع البحث والتطوير، وخاصة في ظل التنافس الشديد بين الدول، وبين الشركات بهدف استمرارية مراجعة ومتابعة التصاميم والتكنولوجيا الحديثة المتوفرة والمستخدمة، وزيادة كفاءة عمليات الإنتاج وتحسين المنتجات، بالإضافة إلى ضرورة ابتكار منتجات جديدة من أجل مواجهة المنافسين ومتابعة التغيرات المستمرة لتلبية رغبات المستهلكين.

1.1 مفهوم التكنولوجيا والاختراع والابتكار Technology, Invention &Innovation

ساعد التعاون المتكامل بين الأوساط الأكاديمية والصناعة خلال فترة الخمس سنوات التي تلت الحرب العالمية الثانية على تسريع وتيرة الابتكارات المتميزة، واستمر التعاون المتزايد ليصبح عامل محوري يشجع على التفكير بشكل مختلف، وتشجيع الإبداع، والتقدم التكنولوجي [1]. تستخدم أحياناً مصطلحات التكنولوجيا، والاختراع، والابتكار بنفس المعنى، وهو تعبير غير دقيق حيث يختلف معنى كل مصطلح عن الآخر. يمكن أن يقتصر مصطلح "تكنولوجيا" على وصف فكرة تقنية بسيطة، وقد يتسع ليشمل كافة الأدوات والاجراءات، والطرق والمعدات المستخدمة في إنتاج سلعة ما، أو تقديم خدمات خاصة في مجال إدارة العمليات "Operation Management"، وهي تعني بشكل مختصر الطرق أو العمليات الصناعية المتداخلة أو المترابطة لإنتاج منتج معين. يمكن أن تعرف التكنولوجيا بأنها

"الاستخدام الأمثل للمعرفة العلمية، وتطبيقاتها، وتطويعها من أجل تحسين معيشة الإنسان وخدمته ".

بينما نجد أن من بين تعريفات الاختراع، إيجاد شيء جديد لم يكن موجود من قبل، ويشمل فكرة جديدة، أو جهاز، أو مجموعة مختارة من العمليات الصناعية. يمكن أن يتحول الاختراع إلى ابتكار وقد يبقى مجرد فكرة. لذا فإن مفهوم كل من الاختراع، والابتكار يشترك في فكرة إيجاد شيء جديد لم يكن موجود من قبل، ولكن ليس من الضروري أن يتحول الاختراع إلى شيء مفيد، أو أن يكون له فائدة عملية، لذا فليس بالضرورة أن يؤدي الابتكار إلى تغيير في التكنولوجيا، وهو ما يعني أن الابتكار ليس مرتبط ارتباطا وثيقاً بالتكنولوجيا، يعتمد الابتكار غالباً على تطوير اختراعات أو تكنولوجيات قديمة موجودة من قبل، وليس من الضروري أيضاً أن يحتاج الابتكار الجديد إلى اختراع جديد [12].

قد يخلط البعض بين مفاهيم الابتكار، والاختراع، لذا يجب أن تُحدد وتُميز الفروق بينهما بوضوح. فبينما أوضحت منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD" في عام 1997، أن الابتكار هو اعتماد طرق إنتاج محسنة أو معدلة تكنولوجيا أو جديدة، نجد أن كل من " ماركيز" في عام 1969، و"هيندرسون، و"كلارك" في عام 1990، صنفا الابتكار إلى تصنيفات عديدة، منها الابتكار الجذري أو الثوري "Radical"، والابتكار التدريجي، وابتكار النظام، وابتكار الهندسة المعمارية. ومع ذلك صنف آخرون الابتكار على أنه ابتكار أساسي، وابتكار متقطع، وابتكار الجيل التالي، وابتكار تقليدي، وابتكار جديد على الشركة، وابتكار جديد على العالم (Mueser, 1985 Shenhar, 1995; Betz, 2003; Dismukes, 2005).

هناك عدة نماذج لمفهوم الابتكار أولها وأبسطها النموذج الخطي "Linear Model"، والذي بدأت فكرتة في عشرينات القرن الماضي، وتحديداً في عام 1929 بفضل المفكر "ستامب"، حيث كان يُنظر في البداية إلى الابتكار على أنه عملية بسيطة نسبيًا ذات اتجاه

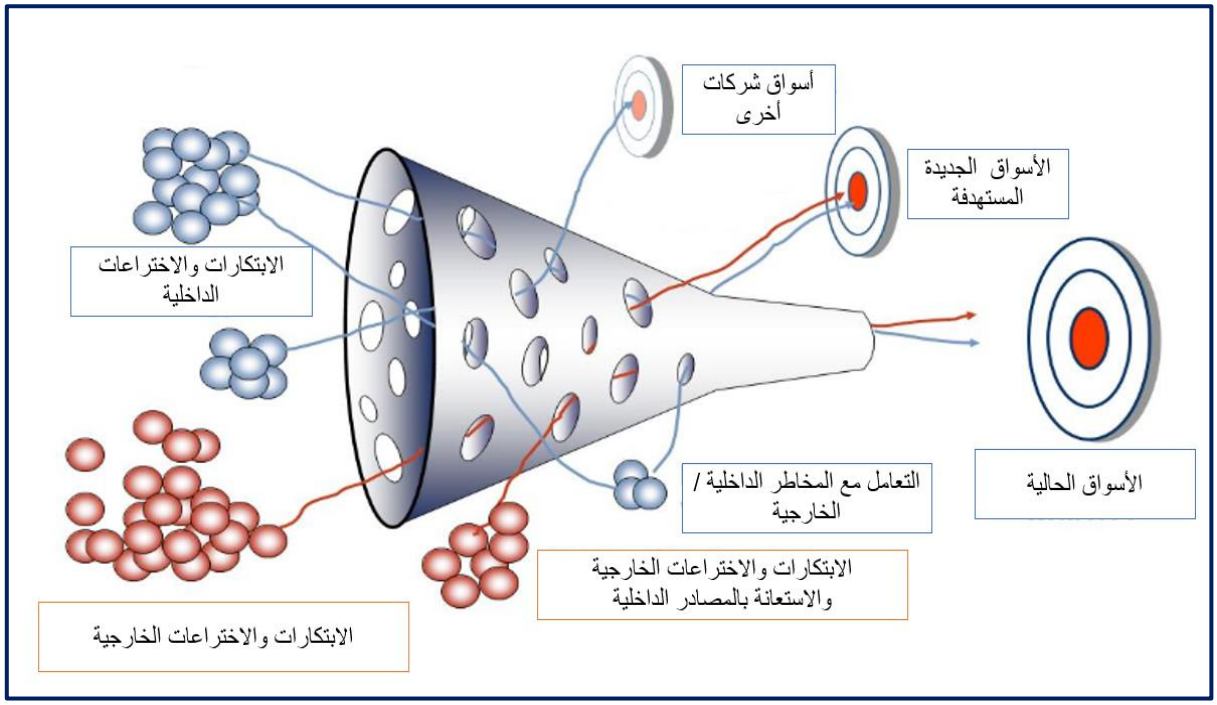
واحد تبدأ بمرحلة البحث الأساسي ثم تنتقل من مرحلة البحث التطبيقي إلى مرحلة التطوير، ثم تنتهي بمرحلة الانتشار أو النشر. كما يبين الشكل (1).

الشكل (1): نموذج الابتكار الخطي

وكان الفهم الأساسي له هو أفضل طريقة لتحويل تدفقات الأفكار أو الأبحاث إلى الابتكار عن طريق زيادة تخصيص الموارد المختلفة للبحث والتطوير (Schumpeter, 1934).

أجريت عدة تحديثات على النموذج الخطي نتيجة بعض التغيرات التكنولوجية وأضيف مفهوم أو نهج جديد عُرف باسم الابتكار المفتوح "Open Innovation"، والذي قام بصياغته المفكر هنري تشيزبرو Henry Chesbrough في عام 2003، والذي يحث على الانفتاح على الأفكار الخارجية التي يمكن للمؤسسات استقطابها، فضلاً عن الأفكار الداخلية للشركة (Chesbrough and Spohrer, 2006). تم في هذا النموذج الأخذ في الاعتبار كل من متطلبات العرض والطلب. من جانب آخر تم الأخذ في الاعتبار استطلاعات الرأي (التقييمات) "Feedback" الواردة من متطلبات ودراسات العرض والطلب ولكن ليس من خلال علاقات خطية بسيطة كما في النموذج الخطي، ولكن بطرق أكثر شمولية (Nemet, 2007)، كما يبين الشكل (2).

الشكل (2): مخطط مبسط لمفهوم الابتكار المفتوح



المصدر: Open innovation, renewing growth from industrial R&D, 10 th innovation convergence, 2004.

وتعد الفكرة الأساسية لمفهوم "الابتكار المفتوح" أنه في عالم المعرفة المترامي الأطراف والمنتشر في جميع المجالات التجارية والصناعية والمجتمعية، ولا تقتصر فقط داخل حدود الشركات، فإنه لابد لهذه الشركات نقل المعرفة الخارجية ودمجها مع المعرفة الداخلية الخاصة بها " الابتكار المفتوح الداخلي - Inbound Open Innovation- "، وأنه لا يمكن للشركات أن تتحمل الاعتماد كلياً على أبحاثها الخاصة، ولكن يجب عليها شراء أو ترخيص عمليات أو اختراعات (براءات اختراع) من شركات أخرى، وهو ما يسمى بالابتكار" المفتوح الخارجي"Outbound Innovation.

يوفر "الابتكار المفتوح" فوائد عديدة تتمثل في انخفاض تكلفة إجراء البحوث والتطوير، وإمكانية تحسين وتطوير الإنتاجية، ومشاركة العملاء في عملية التطوير، وزيادة الدقة في أبحاث السوق واستهداف العملاء، وإمكانية التضافر بين الابتكارات الداخلية والخارجية، وتحسين عمليات التحول الرقمي، وإمكانية استخدام نماذج أعمال جديدة تماما، والاستفادة من الأنظمة البيئية المبتكرة. من المناسب من منطلق هذا المفهوم ملاحظة أهمية

دور التكنولوجيا، خاصة وأنه تم الاعتراف بها كمحرك رئيسي للابتكار منذ منتصف القرن العشرين (Schumpeter, 1939 Mensch, 1982; Dismukes, 2005).

بينما لا يوجد تصنيف عالمي موحد للابتكار، فقد اعتمد "ديسموكيز" في عام 2005 على تصنيف الابتكار إلى ابتكار جذري (غير مستمر)، وابتكار تدريجي (مستمر). وعلى نفس النهج أعتمد كل من "شومبيتر، و"بيرس" تلك المفاهيم في عام 2009. ويلاحظ أن جذور كل من الابتكار الجذري، والابتكار التدريجي تعود إلى زمن بعيد، حيث أن الابتكار الجذري هو في الأساس ما أشار إليه "إينوس" عام 1958 باسم مرحلة ألفا "Alpha Phase" بينما الابتكار التدريجي هو ما أشار إليه باسم مرحلة بيتا "Beta Phase"، واعتقد" إينوس" أيضاً أن الابتكارات تتضمن عدة عناصر وأن كل عنصر من هذه العناصر يتطلب اختراعًا.

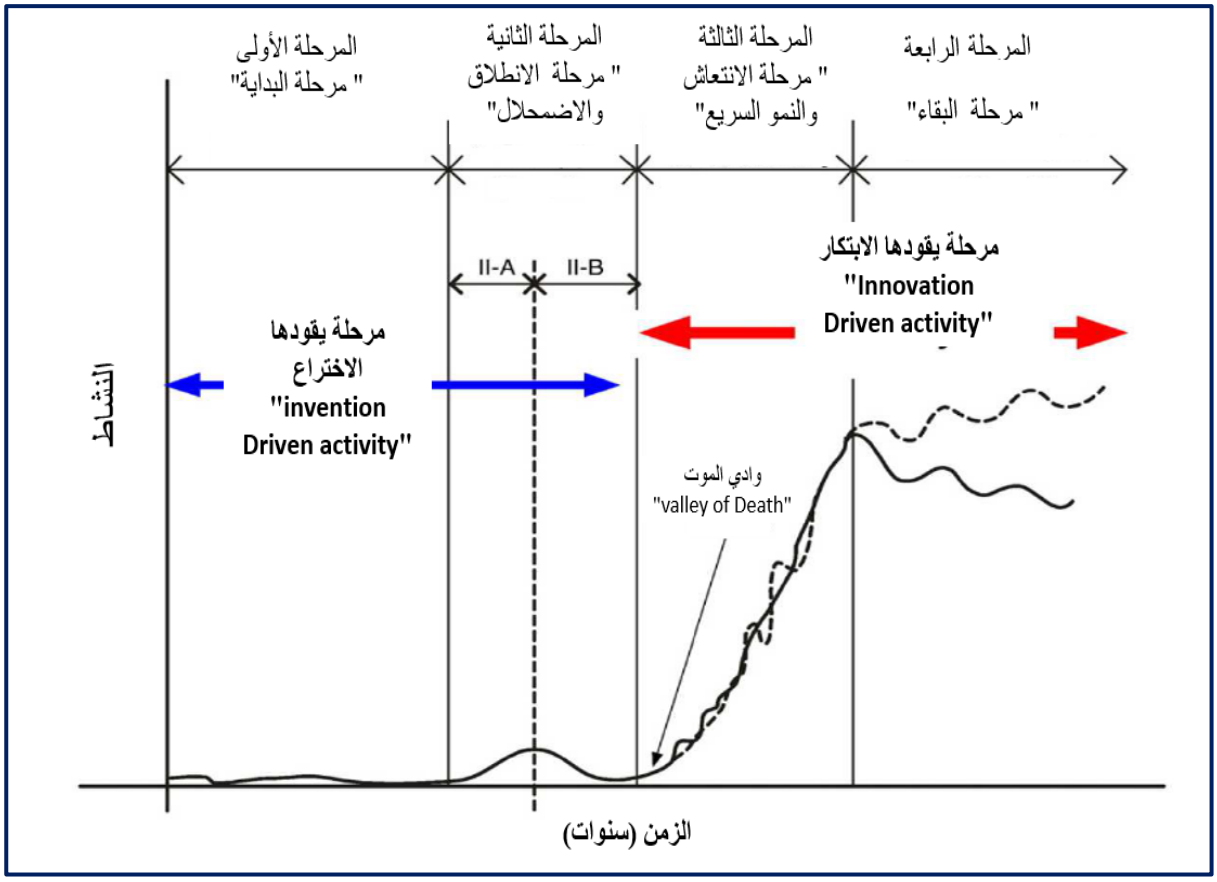
2.1. الحدود بين الاختراع والابتكار

لتوضيح الحدود بين مفهومي الاختراع والابتكار للمنتج فقد وثق "سيخار، وديسماكس، وآخرين " في عام 2009، دورة حياة المنتجات من خلال نموذج يوضح فترة حياة شاملة للمنتج، وتشمل أربعة مراحل، وهي: المرحلة الأولى (I) "Initial Stage"، وتعد مرحلة أولية من التنمية والتطوير والتي قد تكون طويلة جداً، ويُشار إلى هذه المرحلة على أنها خطية على الرغم من ظهورها مع بعض النتوءات. تبدأ مع الاكتشاف والاختراع الرئيسي للعملية "التكنولوجيا"، وتنتهي عندما يكون تطوير التكنولوجيا كافيا لبدء الإنتاج على نطاق ضيق.

ثم تأتي المرحلة الثانية "II" وهي مرحلة الانطلاق والتدهور " The Lift-Off and Decay"، وتبدأ بارتفاع نشاط الإنتاج وتنتهي عند النقطة المنخفضة للنشاط، وهي مرحلة ارتفاع وهبوط على شكل منحني أحدب "Hump" (المراحل II-A وII-B)، يليه ما يسمى "بوادي الموت" Valley of Death، ثم يتبعه اتجاه تصاعدي مع بداية المرحلة الثالثة " III" وهي مرحلة النهضة والنمو السريع "The Revival and Rapid Growth Stage"، وتبدأ بعد

أن تعبر النقطة المنخفضة للنشاط من مرحلة الانطلاق " المرحلة الثانية"، ويستمر فيها إنتاج المنتج بمعدلات نمو سريعة. أخيرا، يتم ملاحظة الاستقرار أو الاضمحلال في المرحلة الرابعة "IV"، والتي تسمى أيضًا بمرحلة السلع الأساسية، أو كما يطلق عليها مرحلة البقاء "Survival Stage"، ويكون فيها المنتج قد وصل إلى مرحلة النضج واستقر النشاط، أو بدأ في الانتهاء، يبين الشكل (3) مخطط دورة الحياة الكاملة لتحديد الحدود بين الابتكار والاختراع [14].

الشكل (3): مخطط دورة الحياة الكاملة لتحديد الحدود بين الابتكار والاختراع



المصدر: Generic innovation dynamics across the industrial technology life cycle Platform equation modeling of invention and innovation activity, Jainagesh A. Sekhar a, John P. Dismukes, Technological Forecasting & Social Change 76 (2009) 192–203.

* منحنى **وادي الموت** هو عبارة عامة أو وصف يستخدم في عالم رأس المال الاستثماري للإشارة إلى الفترة الزمنية التي تمتد من تلقي شركة ناشئة مساهمة رأس المال الأولي إلى الوقت الذي تبدأ في تحقيق الإيرادات. خلال منحنى وادي الموت، عادة ما يكون التمويل الإضافي نادرًا لأن المستثمرين لا يريدون المخاطرة بالاستثمار في شركة لم تستطيع تحقيق إيرادات لتبدأ بالاعتماد على نفسها في إدارة عملياتها. فإذا لم تحقق إيرادات ولم تتلقى أي تمويل آخر سوف تكون عرضة لمشاكل في التدفق النقدي.

أضاف "كونيلي وآخرين مرحلة خامسة "V" جديدة في عام 2011، وهي مرحلة الموت النهائية، للإشارة إلى نهاية الابتكار.

3.1. الابتكار في صناعة البتروكيماويات

يعرف الابتكار في صناعة الكيماويات والبتروكيماويات بأنه إدارة المشروع من بداية ظهور الفكرة إلى مراحل تنفيذ الإنتاج على المستوى التجاري " Commercial Implementation"، ويستغرق تطوير تقنيات العمليات الصناعية الجديدة في قطاع البتروكيماويات أكثر من 10 سنوات. يعتبر الابتكار حجر الزاوية للنمو وربحية صناعة البتروكيماويات. وبالتالي، هناك ضغط هائل على الشركات لتطوير وتسويق منتجات جديدة بشكل أسرع. ويهيمن ابتكار العمليات على ابتكار المنتجات، وتطورت الابتكارات التكنولوجية حتى الربع الأخير من القرن العشرين في الدول الصناعية المتقدمة.

تاريخياً كانت شركات البتروكيماويات تعتمد في تنوع منتجاتها على أنشطة البحث والتطوير داخل الشركة. استطاعت كثير من الشركات بهذه الطريقة من إدخال منتجات جديدة إلى الأسواق، مثل شركة " دوبونت" التي ابتكرت وادخلت إلى السوق عديد من المنتجات الجديدة كالمطاط الاصطناعي، والنايلون والليكرا. لكن مع مطلع القرن الحادي والعشرين، بدأ نموذج الابتكار التقليدي من الداخل الذي قاد هذه الاكتشافات في الاندثار، وكان أحد العوامل الرئيسية هو الارتفاع الكبير في تنقل خبراء المعرفة والمهارات. كان هناك عامل آخر وهو ظهور رأس المال الاستثماري، مما ساعد على تمويل الشركات الجديدة، وتسويق الأفكار الجديدة، وهكذا أصبحت دورة الابتكار المغلقة غير فعالة.

تتطور حالياً وبوتيرة متسارعة عمليات وممارسات الابتكار، وأصبح الابتكار مدفوعًا بفرق تمتلك مهارات متعددة التخصصات، ولا يعتمد فقط بشكل مباشر على مهارات وابداعات باحث متميز. وبهذه الطريقة، فإن ما يسمى ب "وادي الموت"، وهو الفترة ما بين

مرحلة البحث ومرحلة إقرار المنتج تضيق، مما يؤدي إلى عوائد أعلى بكثير على الاستثمار البحثي [77].

في وقت سابق، زعم كولومبو (1980) أن صناعة البتروكيماويات كانت صناعة مبتكرة بطبيعتها وسلط الضوء من خلال دراسة قام بها على الابتكارات الرئيسية في الصناعة الكيميائية في الفترة 1930-1970، ركز فيها على القيود، أو الحواجز التي تحول دون الابتكار في الصناعة الكيميائية. بينما درس " ولش" في عام 1984 محددات معدل واتجاه، وحجم الاختراع، والنشاط الابتكاري في صناعة البتروكيماويات خلال الفترة من 1930 إلى 1980. فيما بين "كوين" عام 1983 أن عمليات الابتكار يمكن أن تكون فوضوية، ولكنها تحتاج إلى إدارتها بشكل جيد إذا أردنا تحقيق النتائج النهائية.

من جانب آخر تم إجراء العديد من الدراسات حول صناعة البتروكيماويات الأوروبية والابتكار في فترات الازمات الاقتصادية. وقام "كولومبو" في عام 1986 بتقييم وجهات نظر صناعة البتروكيماويات الأوروبية في وقت الأزمة الاقتصادية عندما استمرت معدلات النمو الاقتصادي في الانخفاض، حيث قام بفحص القضايا الرئيسية لصناعة الكيماويات مثل: جغرافيتها المتغيرة، وإعادة الانتشار الصناعي، والتحول من إنتاج الكيماويات التقليدية، إلى المنتجات الهندسية "الوظيفية"، ومشاكل الابتكار العلمي والتكنولوجي، وعواقبه على الصناعة والمجتمع. وخلصت النتائج التي توصلت إليها نتائج الدراسات، إلى أن متطلبات العميل، والاكتشافات الناتجة عن البحث والتطوير لهما نفس القدر من الأهمية في تطوير الاختراع والابتكار في صناعة البتروكيماويات، وأن ما يفصل بين نجاح، وخسارة صناعة البتروكيماويات تعود إلى جودة الأنشطة البحثية والتطوير في عملية الابتكار.

وبالمثل ركز "هتشسون، وآخرون" في عام 1996 على مصادر الابتكار التقني في مجموعة من الشركات التي تزود مصانع ومعدات العمليات الصناعية الكيميائية. أسفرت النتائج أن التحالفات بين المقاولين، ومصنعي المعدات لا تساعد فقط في تقليل متطلبات تصميم المصنع، وعمليات الشراء للمعدات، والأجهزة والمرافق، وتكاليف التركيب والإنشاء، ولكن أيضًا مواجهة التهديد التنافسي من الشركات الأكثر تخصصًا (لا سيما الشركات المصنعة للمعدات الكبيرة التي لديها شركاتها الخاصة). علاوة على ذلك، أظهرت الدراسات أن " الابتكار المشترك "يمكن أن يولد ميزة تنافسية تكنولوجية، من خلال المشاركة في التكلفة والمخاطر.

قدم كل من "ارفانيتيس، وفيلافيسينسيو" في عام 2000، لمحة عامة " استطلاع" عن نظام الابتكار في قطاع البتروكيماويات في بعض الدول الصناعية كالمكسيك. بينت نتائج الاستطلاع أن حوالي 12 % فقط من الشركات قدمت منتجات جديدة لم تكن موجودة من قبل، وهو ما يعني أن الغالبية العظمى من شركات البتروكيماويات، هي شركات غير مبتكرة، بل هي شركات مقلدة، أو تعمل على تحسين مواصفات منتجات موجودة بالفعل في الأسواق. وأن حوالي 18 % من الشركات التي شملها الاستطلاع لا تنفق على الابتكار، وحوالي 39 % من الشركات تنفق أقل من 2 % من إجمالي مبيعاتها، وأكثر من 40 % من الشركات تنفق أكثر من 2 % من مبيعاتها على أنشطة البحث والتطوير [75].

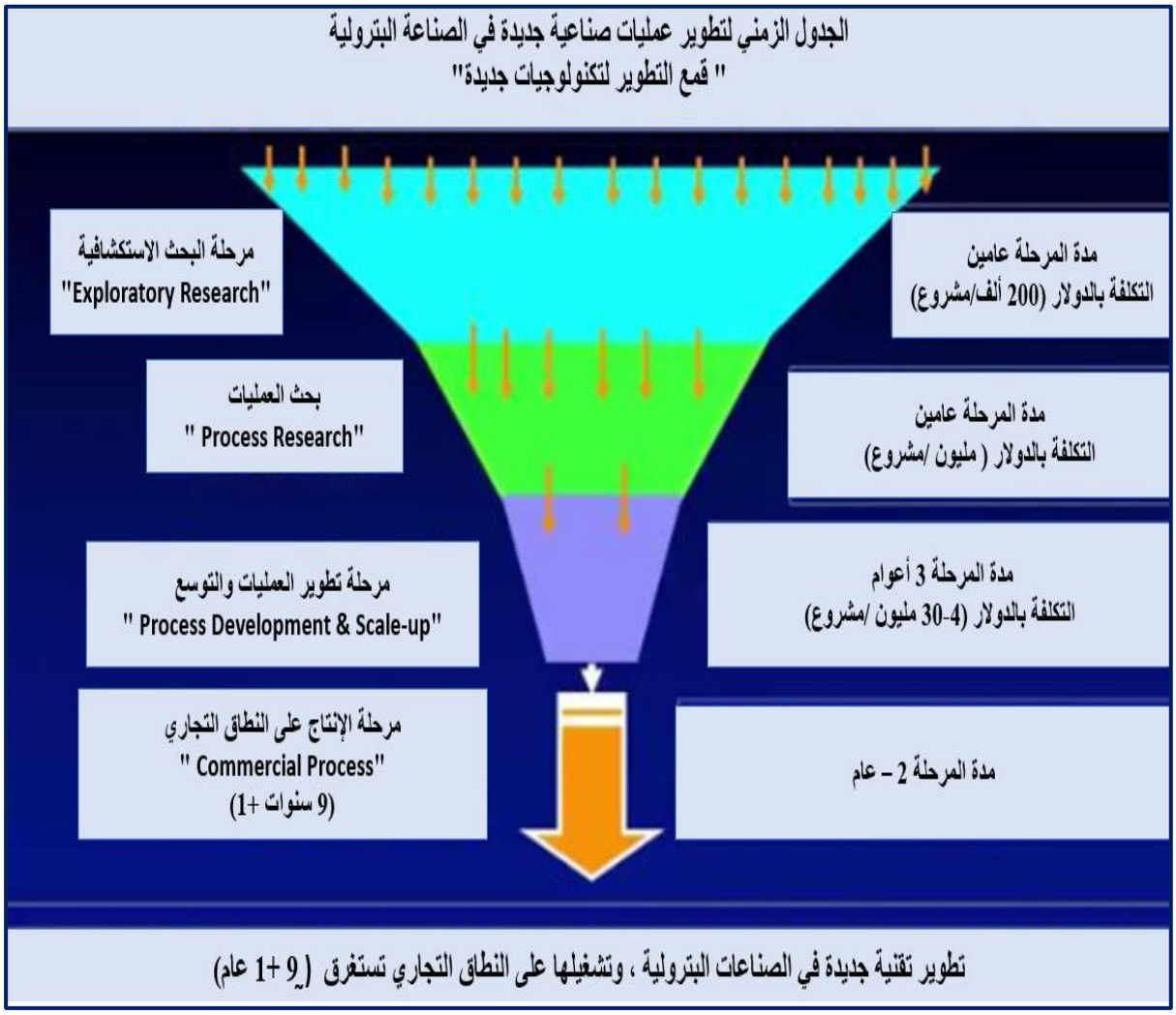
من جانب آخر نجد أن كبرى شركات البتروكيماويات الأوروبية مثل "باسف" BASF تنفق استثمارات ضخمة في مجال الابتكارات، وشركة "باير" Bayer، وشركة سينجينتا Syngenta، واستحوذت تلك الشركات على الحصة الأعلى من طلبات براءات الاختراع، كما تميزت جودة مخرجات البحث والتطوير بها بأنها عالية جدًا مقارنةً بأي مكان آخر حول العالم. كما تستخدم جميع شركات الكيماويات الكبرى استراتيجية الاندماج والاستحواذ Merger & Acquisition (M&A) للوصول إلى الابتكار المؤثرة، كما يعد التعاون بين

الصناعة والأوساط الأكاديمية أحد الطرق المثمرة للابتكار في صناعة البتروكيماويات. كما تلعب العناقيد الصناعية والجغرافية دوراً مهماً في استحداث الابتكارات الهامة في أوروبا.

قدمت دراسة أعدت في عام 2009 بواسطة "المفوضية الأوروبية للصناعة وتنمية الأعمال" بعض المقترحات لاجتذاب الابتكار إلى صناعة البتروكيماويات الأوروبية وجعلها مركز الثقل لهذه الصناعة، كان من أهمها: استخدام الموارد المستدامة بشكل أكثر، وتعظيم الاستفادة من شبكات الابتكار، وزيادة الحلول الكيميائية الشاملة عبر زيادة سلاسل القيمة، ودعم نوعية وكمية البحث والتطوير وفعالية الابتكار، والملكية الفكرية، ومكافحة التقليد، وإعداد اللوائح والمعايير في صناعة الكيماويات، والتعليم وجذب المواهب الجديدة إلى صناعة البتروكيماويات، مع التركيز بشكل خاص على الابتكار من أجل البقاء في المنافسة.

يمكن تقسيم الابتكار في الصناعة الكيميائية إلى أربعة أقسام رئيسية وهي: أولاً، ابتكار المنتجات وتشمل تحسين الخواص الكيميائية للمنتج واختيار المنتج طبقاً لمتطلبات الدعم الفني. ثانياً ابتكار عمليات التصنيع، وتشمل طرق إنتاج جديدة للمواد الكيميائية لتوفير الطاقة المستخدمة. بينما يشمل القسم الثالث ابتكار عمليات الأعمال تشمل تحسين الموارد البشرية لاختيار أفضل المواهب، وأخيراً القسم الرابع وهو ابتكار نموذج الأعمال والتشغيل، ويشمل فصل نماذج الأعمال التقليدية عن الأعمال التخصصية [76]. تمر عمليات التطوير بعدة مراحل يبين الشكل (4) الجدول الزمني لتطوير عمليات صناعية جديدة في الصناعات البترولية اللاحقة.

الشكل (4): الجدول الزمني لتطوير عمليات صناعية جديدة في الصناعات البترولية اللاحقة



المصدر: Petrochemical Technology Trends: Looking Beyond the Short Term Fix, AIChE Spring Meeting and Global Congress on Process Safety, 2015.

تعد مرحلة البحث الاستكشافي "Exploratory Research"، أهم مراحل الابتكار في صناعة البتروكيماويات، وهي بمثابة الخطوة الأولى التي لابد من تجاوزها للانطلاق في طريق البحث العلمي بصورة عامة، والانتقال إلى نوع آخر من البحوث العلمية لدراسة معمقة لظاهرة أو مشكلة ما، حيث أنه يسهم في جعل موضوع البحث أكثر وضوحا، بالإضافة إلى أن البحث الاستكشافي يساعد في تحديد أفضل تصميم للبحث وطرق جمع البيانات ذات العلاقة. قد تستغرق هذه المرحلة نحو عامين، بتكلفة تصل إلى حوالي 200 ألف دولار لكل مشروع بحثي على حده [14].

الفصل الثاني

البحث الثاني

تطور إنتاج الكيماويات من المصادر غير النفطية

الفصل الثاني
تطور إنتاج الكيماويات من المصادر غير النفطية

2. تمهيد

تزايد الاحتياج إلى الكيماويات المستخدمة في صناعة المطاط الصناعي والراتنجات والألياف الصناعية بدرجة كبيرة فاقت إمكانية توفيره من المصادر غير النفطية، وقد ظل قطران الفحم لفترة طويلة هو المصدر الرئيسي لإنتاج الكيماويات العضوية، وازدهرت كيمياء الفحم لفترة طويلة قبل نشأة صناعة البتروكيماويات واستمرت حتى وقتنا هذا.

1.2. خلفية تاريخية عن نشأة صناعة الكيماويات

ازدهر إنتاج بعض الكيماويات في الولايات المتحدة الأمريكية في أربعينيات القرن الماضي، ولفترة طويلة قبل ظهور صناعة البتروكيماويات حيث أنتجت بعض المواد الكيميائية مثل الميثانول، وأحماض واسترات وأملاح الأسيتيك، والأسيتون اعتماداً على تكنولوجيا كيمياء الأخشاب "Wood Chemistry"، والتي تعتمد على طرق كربنة الخشب "Wood Carbonization". كما انتشرت خلال تلك الفترة أيضاً كيمياء الفحم " Coal Chemistry"، لإنتاج غاز الفحم، "Coke Oven Gas or Coal Gas" من التقطير الجاف للفحم والذي استخدم في إنارة المدن، كما تأسست عليه صناعة الأمونيا نظراً لاحتوائه على كل من غاز الهيدروجين، وغاز أول أكسيد الكربون. يحتوي غاز الفحم أيضاً على هيدروكربونات أخرى تعد من المواد الأولية لإنتاج الإيثيلين، والإيثيلين غلايكول.

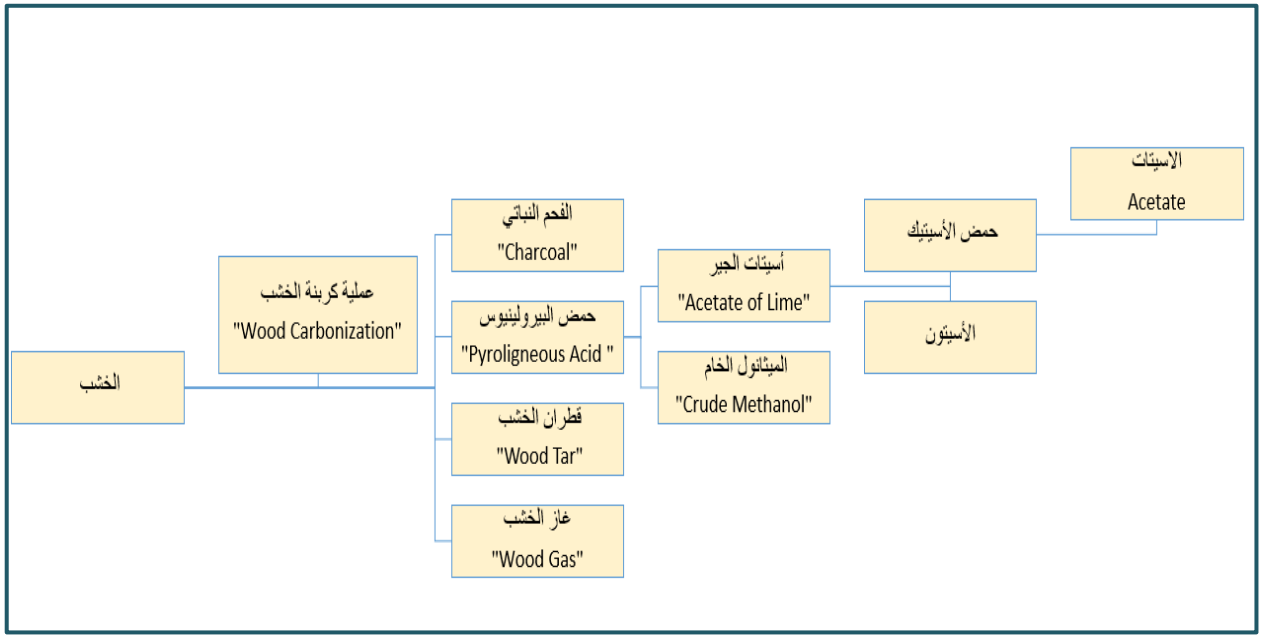
عُرفت كيمياء الدهون "Oleochemistry " لإنتاج بعض المواد الكيميائية من الدهون النباتية والحيوانية، مثل الأحماض الدهنية المستخدمة في صناعة الأدوية، والصناعات الغذائية، والمنظفات، والشموع، والصابون، والأصباغ.

كما استخدمت في تلك الحقبة الزمنية وعلى نطاق أوسع كيمياء التخمير "Fermentation Chemistry" لإنتاج الكحول الإيثيلي "الحيوي"، والذي استخدم للخلط مع الغازولين لتحسين ورفع رقم الأوكتان. كما بزغت صناعة وإنتاج المواد الكيميائية العضوية وغير العضوية في ألمانيا، بالإضافة إلى تطوير تكنولوجيا إنتاج الزيوت الاصطناعية بها على المستوى التجاري، كما طورت تكنولوجيا إنتاج البوليمرات، والمطاط الاصطناعي.

1.1.2. إنتاج الكيماويات العضوية والبوليمرات بتكنولوجيا كربنة الخشب "Wood Carbonization"

كربنة الخشب هي عملية تفحيم الخشب لإنتاج الفحم النباتي، وقطران الخشب " Wood Tar"، بالإضافة إلى حمض البيروليغنيوس "Pyroligneous Acid"، وغاز الخشب كمنتجات ثانوية. يُنتَج حمض البيروليغنيوس كل من أسيتات الكالسيوم أو ما أطلق عليها قديماً اسم أسيتات الجير "Acetate of Lime"، والميثانول الخام "Crude Methanol". بينما ينتج التقطير الجاف لأسيتات الجير كل من حمض الخليك وأملاحه واستراتة، والأسيتون. يبين الشكل (5) أهم المنتجات الرئيسية الناتجة عن عمليات كربنة الخشب.

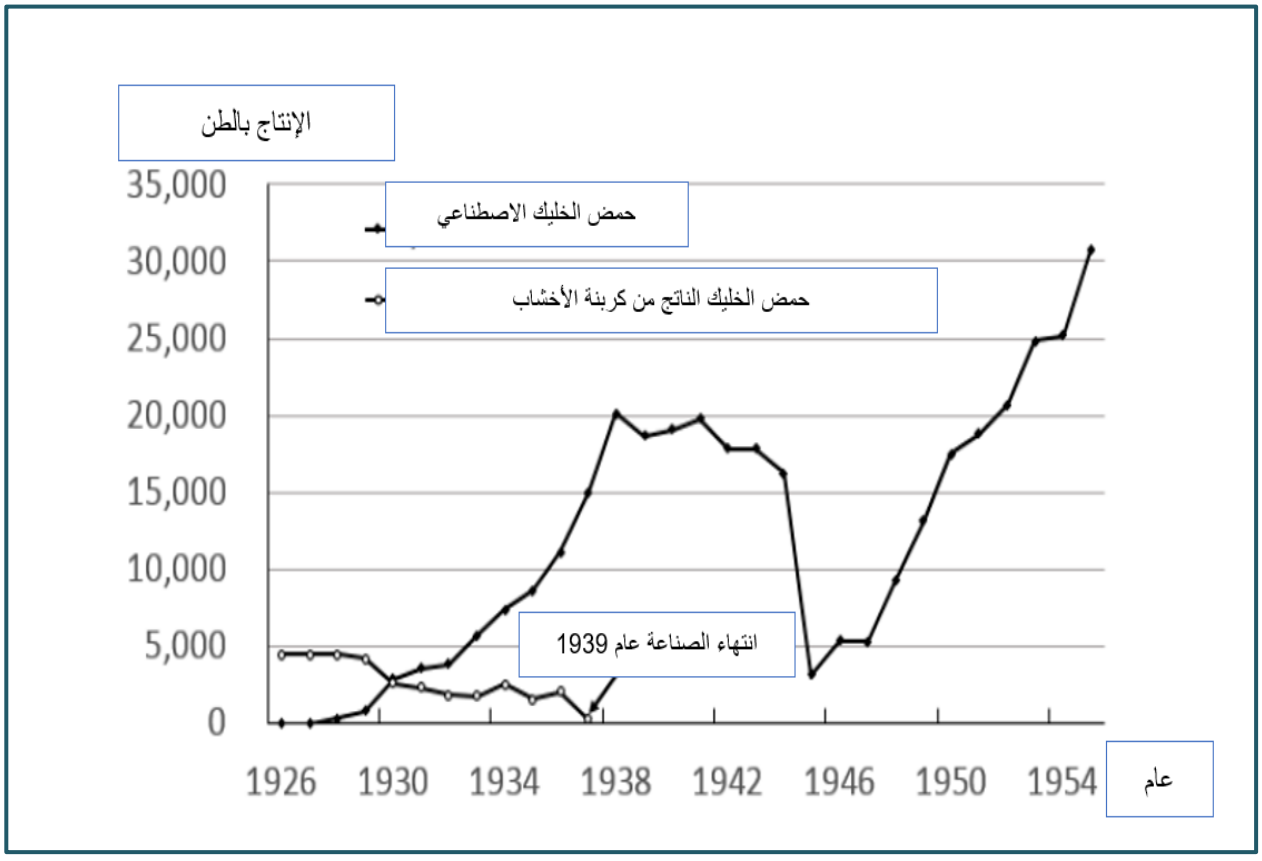
الشكل (5): أهم المنتجات الرئيسية الناتجة عن عمليات كربنة الخشب



المصدر: The history of the chemical industry,

استخدمت تقنية كربنة الخشب منذ القرن الثامن عشر في الدول والمناطق الغنية بالغابات مثل النمسا، والمجر، وشمال أوروبا، والولايات المتحدة. وطورت كل من ألمانيا، والمملكة المتحدة صناعات تكرير حمض الأسيتيك، وقامت باستيراد أسيتات الكالسيوم لإنتاج حمض الخليك، ومع بداية الحرب العالمية الأولى نجحت ألمانيا في صناعة حمض الخليك من الكربيد، والأسيتيلين. بدأت صناعة كربنة الخشب في اليابان في عام 1893 بتأسيس مصنع كربنة الخشب لإنتاج حمض الخليك المستخدم في الصباغة. أدى إنتاج حمض الخليك الاصطناعي إلى تراجع إنتاجه من كربنة الأخشاب، بل وتوقف إنتاجه تماماً في عام 1939، كما يبين الشكل (6).

الشكل (6): نمو إنتاج حمض الخليك الصناعي مقابل حمض الخليك الناتج من كربنة الأخشاب



المصدر: The history of the chemical industry,

2.1.2. إنتاج الكيماويات العضوية والبوليمرات من الفحم

ازدهرت كيمياء الفحم لفترة طويلة قبل نشأة صناعة البتروكيماويات واستمرت بعدها، وحتى وقتنا هذا. تنقسم كيمياء الفحم إلى ثلاث أقسام متشعبة، وهي كيمياء الكربيد / الأسيتيلين، وكيمياء قطران الفحم / العطريات، وكيمياء فحم الكوك / الغاز الاصطناعي "المشيد"، هذا وقد تطور كل منها بشكل كبير. حيث أنه أنتج غاز الفحم من التقطير الجاف للفحم، واستخدم على نطاق واسع في إمدادات الغاز للمدن. يعد الهيدروجين وأول أكسيد الكربون من المكونات الرئيسية للغاز والتي تأسست عليها صناعة الأمونيا. كما بدأ استخلاص وتنقية غاز الإيثان من خليط غاز الفحم لاستخدامه في إنتاج المواد الكيميائية العضوية الصناعية في ألمانيا خلال الحرب العالمية الأولى، وكان من أهم مصادر إنتاج الإيثيلين، بعد كل من الإيثانول الحيوي، ومن الهدرجة الجزئية للأسيتيلين.

1.2.1.2. إنتاج الكيماويات العضوية والبوليمرات من الكربيد / الأسيتيلين

بدأ إنتاج الكربيدات عام 1894 بواسطة شركة "يونيون كاربيد الأمريكية"، وبدأ إنتاجه في أوروبا في نفس الوقت تقريباً، أنتج الكربيد من تفاعل فحم الكوك مع الجير الحي عند درجة حرارة 2000° م أو أعلى. بينما أنتج الأسيتيلين بتفاعل الكربيدات مع الماء عند درجات الحرارة العادية، وتم في البداية استخدامه كغاز للإضاءة. اكتشف هذا التفاعل أحد مؤسسي الكيمياء العضوية في عام 1862، وهو الكيميائي الألماني "فريدريش فولر"، ولم تؤسس الصناعة الكيميائية القائمة على الأسيتيلين إلا بواسطة شركة "واكر" Wacker الألمانية في عام 1916، أي بعد مرور أكثر من 50 عام من اكتشاف "فولر".

استخدمت أفران الكربيد لإنتاج النيتروجين الجيري "Lime Nitrogen"، في ألمانيا عام 1897، مما أتاح لشركة "هابر بوش " Haber-Bosch إنتاج الأسمدة الازوتية بكميات ضخمة

إلى أن اكتشفت شركة "باسف" الألمانية تكنولوجيا جديدة تتيح إنتاج الأمونيا مباشرة من النيتروجين الموجود في الهواء في عام 1911، ومن ثم إنتاج الأسمدة الازوتية.

نافست التقنية الجديدة طريقة تصنيع الأسمدة النيتروجينية من الكربيدات، وانتشر بعدها التصنيع المباشر للأمونيا في جميع أنحاء العالم. بلغ إنتاج الكربيد ذروته في عام 1965 وانخفض بعد ذلك بسرعة، نظراً لانخفاض استخدام الكربيد في إنتاج الأسمدة. يبين الشكل (7) محطة تجارب الأسمدة الازوتية من إنتاج شركة باسف الألمانية.

الشكل (7): محطة تجارب الأسمدة الازوتية من إنتاج شركة باسف الألمانية

المصدر: BASF History, 1865 – 2015

1.1.2.1.2. إنتاج المطاط الصناعي من الأسيتيلين

أنتج مطاط الميثيل الصناعي لأول مرة خلال الحرب العالمية الأولى بواسطة شركة "باير" الألمانية، وتم إنتاج حوالي 2000 طن منه، إلا أن صناعته تراجعت بعد الحرب، لأن جودته حينها لم تكن تضاهي أداء المطاط الطبيعي. ومع ذلك، تم إجراء العديد من الأبحاث المشتركة في كل من ألمانيا والولايات المتحدة بعد الحرب حول تطوير تكنولوجيا تصنيع البيوتادايين، وعمليات البلمرة. تم من خلالها اكتشاف كوبوليمر " بونا إس" Buna S، وهو ما يعرف الآن باسم مطاط البيوتادايين – ستيرين SBR.

في عام 1929 مُنحت شركة "أي جي فاربن" IG Farben براءات الاختراع الألمانية والأمريكية، وأنشأت مصنع على المستوى التجريبي في عام 1934. وفي نفس الوقت طورت شركة "دوبونت سي أر"، مونيمر "الكلوروبيرن"، والمستخدم في إنتاج بوليمر "البولي كلوروبرين"، وكانت أول من أنتجته في عام 1932، ويعرف الكلوروبيرن بالاسم التجاري "النيوبرين". طورت شركة "ستاندرد أويل" Standard Oil، كوبوليمر مشترك من الأيزوبيوتيلين – الأيزوبرين، لإنتاج الأنابيب المطاطية الداخلية للإطارات نظراً لانخفاض نفاذيته للغاز، وبدأ الإنتاج الصناعي له في عام 1943.

بدأ معهد " أوساكا للبحوث الصناعية" الياباني عام 1935 في إجراء الأبحاث العلمية لإنتاج المطاط الصناعي، وأكتشف طريقة لإنتاج البيوتادايين بطريقة تجفيف الإيثانول الحيوي، وإزالة الهيدروجين باستخدام محفز أكسيد المغنيسيوم. وفي عام 1938 قام المعهد ببناء مصنع تجريبي بطاقة إنتاجية 10 كجم / يوم. انتقل عدد من المهندسين من معهد أوساكا للبحوث الصناعية إلى شركة " نيهون كاساي " Nihon Kasei، في عام 1939، لتشييد مصنع تجريبي بطاقة إنتاجية 1 طن / يوم.

بدأ إنتاج مطاط الأكريلونيتريل بيوتادايين NBR في عام 1942، وأكملت شركة "كانيغافوتشي الصناعية" مصنع الإنتاج في عام 1945، لكن الحرب منعت الوصول إلى مستويات إنتاج كافية. كانت قد بدأت شركة " ميتسوي للتعدين"Mitsui Mining في عام 1937 أبحاثها الخاصة وأتقنت طريقة إنتاج البيوتادايين عبر الأسيتالدول (عن طريق تفاعل ألدول، أو التفاعل الألدولي)، كما طورت تقنية إنتاج مطاط الأكريلونيتريل بيوتادايين، وبدأت الشركة في بناء مصنع البيوتادايين في عام 1941، وأنتج المطاط في عام 1944.

2.1.2.1.2. إنتاج الفينيل كلوريد والبولي فينيل كلوريد

بدأ تصنيع الفينيل كلوريد في أواخر العشرينيات بتفاعل الأسيتيلين مع كلوريد الهيدروجين في ألمانيا، وبدأ تصنيعه في الولايات المتحدة الأمريكية في أوائل الثلاثينيات من القرن الماضي. بينما انتهجت اليابان استراتيجيات ومبادرات لإنتاج البولي فينيل كلوريد محلياً في عام 1948، فبدأت في استيراد عينات من البولي فينيل كلوريد من الولايات المتحدة الأمريكية، وتوزيعها على العديد من الشركات المحلية لإجراء الأبحاث اللازمة لإنتاجه. نجحت شركة " نيبون شيسو هيريو" في إنتاجه في مصنعها في "ميناماتا". بدأت الشركات اليابانية في عام 1950 استيراد ماكينات معدات قولبة وتشكيل منتجات البولي فينيل كلوريد من أوروبا، مما أتاح لها فرص إنتاج عدد من المنتجات بما في ذلك تغليف الأسلاك الكهربائية، وإنتاج أفلام التغليف، والأحزمة، والأنابيب، والخراطيم.

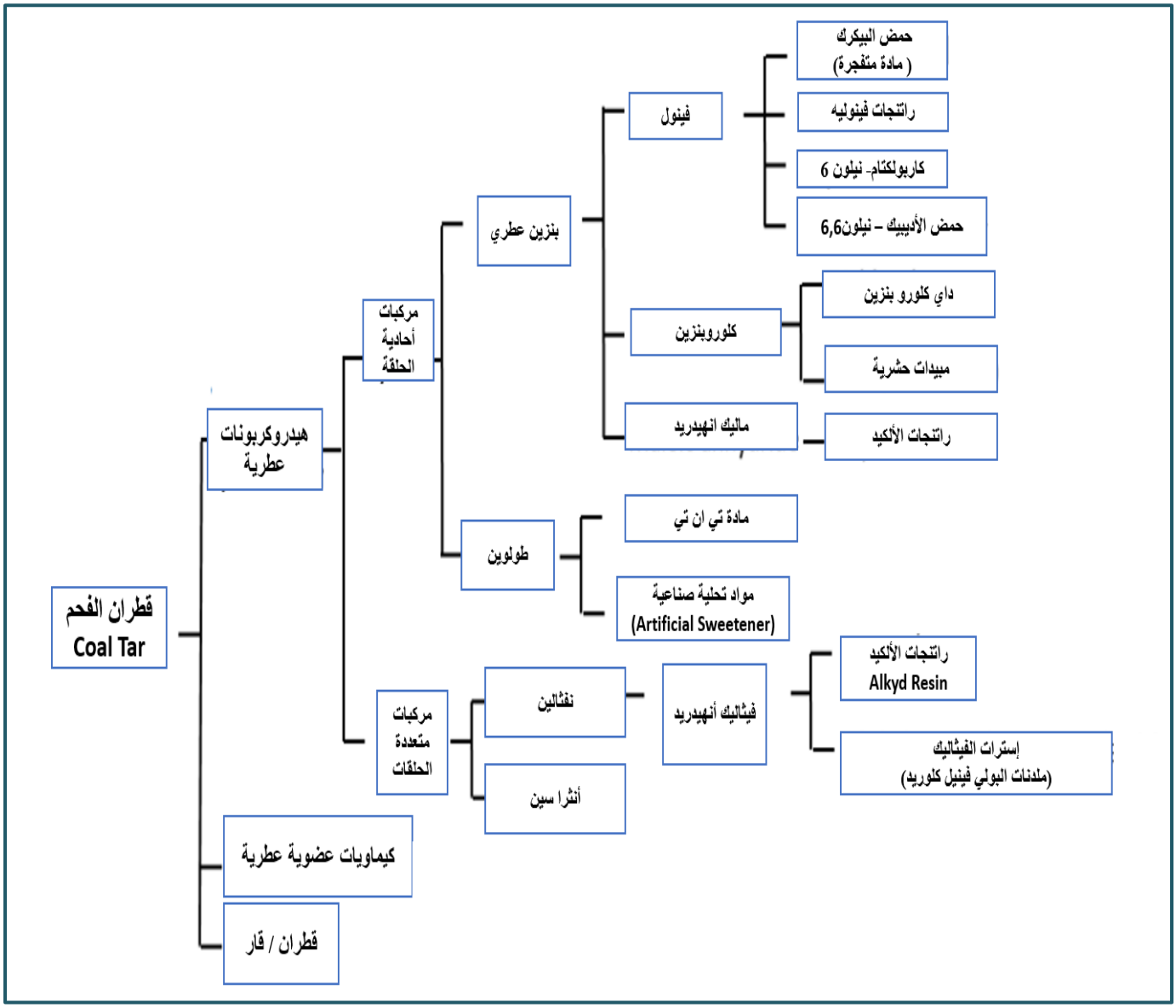
2.2.1.2. إنتاج الكيماويات العضوية الصناعية والبوليمرات من قطران الفحم "Coal Tar"

أُنتج "قطران الفحم" من عمليات كربنة الفحم كمنتج ثانوي غير مرغوب فيه. تم تقطير قطران الفحم للاستفادة منه في إنتاج بعض المنتجات الأروماتية "العطرية" أحادية وثنائية الحلقات، مثل: البنزين العطري، والنفثالين، والإنثراسين، والفينولات، والكريزولات، والبيريدينات، وغيرها من المركبات العضوية الأروماتية.

من جانب آخر بدأت صناعة الأصباغ الاصطناعية في عام 1856 على يد "ويليام هنري بيركين"، وتطورت لاحقاً في كل من ألمانيا، وسويسرا. وبدأت أيضاً صناعة المستحضرات الصيدلانية في نهاية القرن التاسع عشر، وبدأت معها صناعة العطور، وإنتاج النكهات الغذائية "Flavoring"، وعدد من الصناعات الكيماوية الدقيقة الأخرى.

بعد الحرب العالمية الثانية، أصبحت منتجات قطران الفحم مصدر رئيسي للمواد الخام الأولية لإنتاج المبيدات. تم خلال هذه الفترة تطوير مجموعة متنوعة من تقنيات إنتاج العطريات، وعدد من الصناعات الكيميائية، كما يبين الشكل (8).

الشكل (8): نواتج تقطير قطران الفحم من المواد الأروماتية المختلفة



المصدر: Modelling coke formation in an industrial ethane-cracking furnace for ethylene production

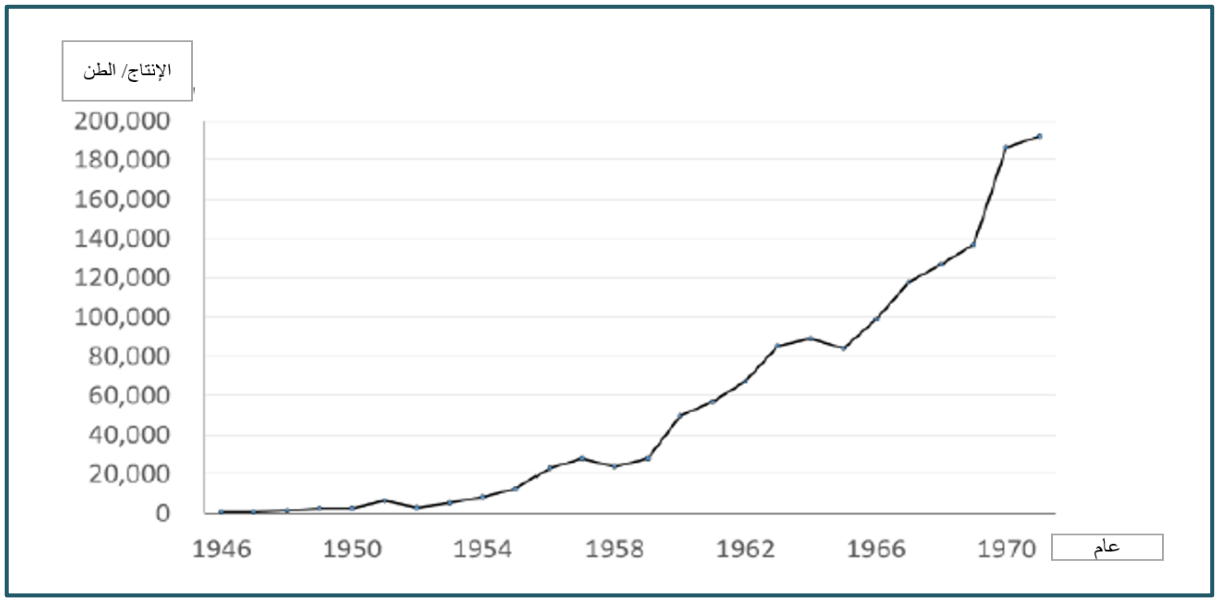
1.2.2.1.2. إنتاج الفينول

بدأ الإنتاج الصناعي للفينول في ألمانيا من قطران الفحم بطرق كبرته "سلفنة" البنزين العطري في أواخر القرن التاسع عشر، وكانت هذه الطريقة معقدة للغاية وكثيفة العمالة. قامت شركة " يورا سيكو" في اليابان، وهي الآن "هونشو لصناعة الكيماويات"، بإنتاج الفينول في عام 1915 باستخدام تقنيتها الخاصة المطورة. كما تم إنتاج كل من ثنائي

أيزوسيانات التولوين (TDI)، وميثيلين داي فينيل ثنائي أيزوسيانات (MDI) بكميات ضخمة، والتي استخدمت في إنتاج مجموعة متنوعة من منتجات البولي يوريثان كالطلاءات، والمواد اللاصقة، ومانعات التسرب، والدهانات، والمواد المقاومة للعوامل الجوية.

زاد الطلب في الولايات المتحدة الأمريكية خلال العقد الأول من القرن العشرين على منتج الفينول بشكل كبير مع بدء تصنيع راتنجات الفينول. وقامت شركة "دي بونت" الأمريكية في عام 1939 بتصنيع منتج " 6،6 نايلون"، ثم قامت الشركة الألمانية "أي جي فاربن" في أوائل الأربعينيات بتصنيع منتج " 6 نايلون". زاد إنتاج النايلون بسرعة في اليابان بعد الحرب العالمية الثانية، مما كان له أثر على زيادة الطلب على الفينول بشكل مفاجئ، وكانت مستويات الإنتاج أعلى بكثير عما كان قبل الحرب، كما هو موضح في الشكل (9).

الشكل (9): معدلات إنتاج الفينول الصناعي في اليابان قبل وبعد الحرب العالمية الثانية



المصدر: Modelling coke formation in an industrial ethane-cracking furnace for ethylene production

أدت زيادة الطلب العالمي على الفينول، إلى زيادة الطلب على البنزين العطري، وحيث أن قطران الفحم كان يتم إنتاجه كمنتج ثانوي من فحم الكوك، ولم تتمكن كمياته المنتجة من دعم الطلب المتزايد على البنزين العطري.

تصدت فيما بعد بحوث البتروكيماويات لهذا التحدي، حيث تم تطوير العمليات الصناعية لتحويل الهيدروكربونات النفطية إلى بنزين عطري لتغطية الاحتياجات المطلوبة والمتزايدة. فتم تطوير تقنية جديدة في عام 1953 في كل من الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة لإنتاج الفينول من الكيومين "Cumene"، وتم إنتاجه لأول مره في كندا. تعتمد هذه التقنية على إنتاج الكيومين بتفاعل البنزين العطري مع البروبيلين، والذي يتأكسد بعد ذلك لإنتاج الفينول، والأسيتون بشكل مشترك.

كانت عملية إنتاج الكيومين من البنزين العطري والبروبيلين تقنية مناسبة للبتروكيماويات. وعندما ازدهرت صناعة البتروكيماويات في الغرب، انتشرت هذه الطريقة في جميع أنحاء العالم، قبل ابتكار أساليب إنتاج الفينول بطريقة **راشيج** "Raschig Process "، وهي طريقة لتحضير مركب "الكلورو بنزين" من البنزين العطري، وحامض الهيدروكلوريك، ثم بتحلل الكلورو بنزين إلى الفينول بواسطة البخار. تم إنتاج الفينول باستخدام هذه التقنية في اليابان في عام 1959 من قبل شركة "ميتسوي للصناعات البتروكيماوية".

2.2.2.1.2. إنتاج الفيثاليك انهيدريد

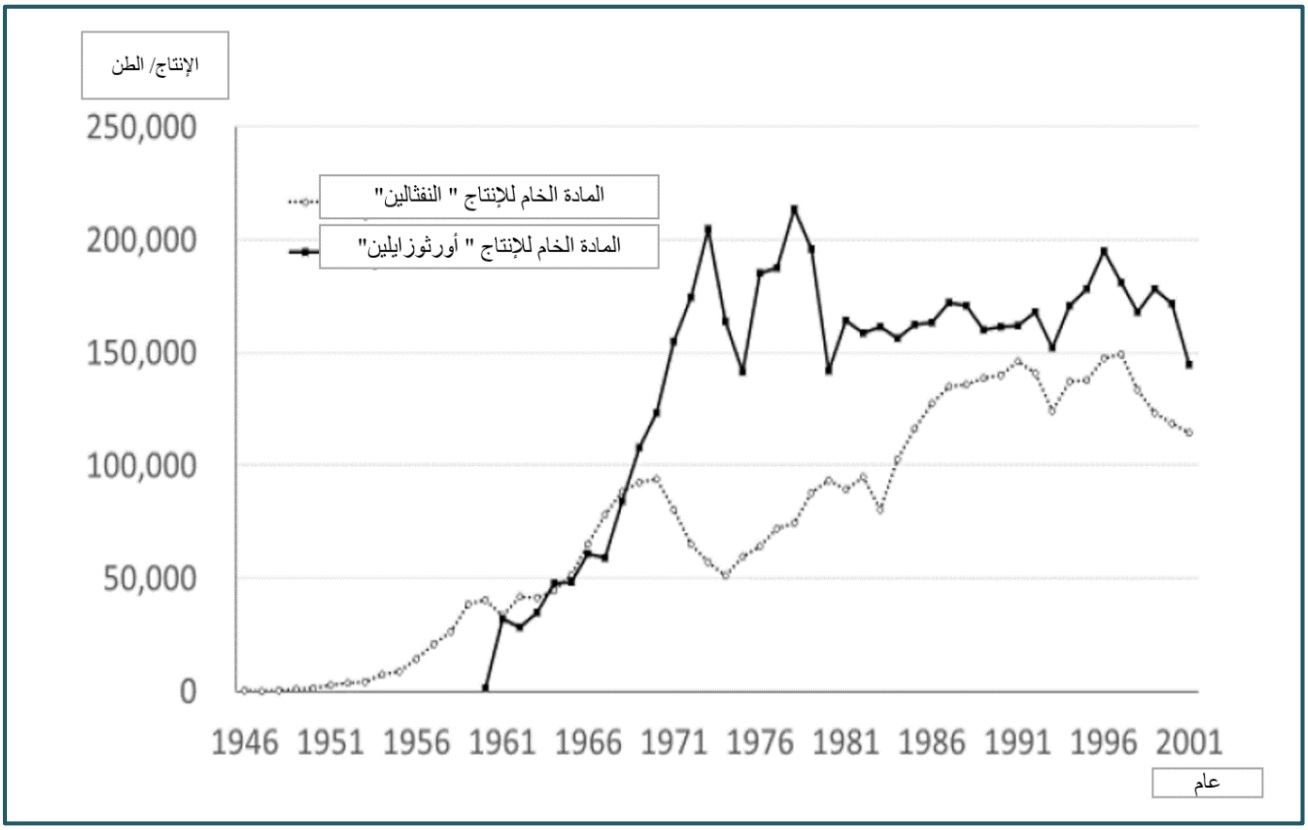
تم انتاج الفيثاليك انهيدريد بواسطة شركة "باسف" في عام 1896، عن طريق أكسدة نفثالين قطران الفحم، بواسطة حمض الكبريتيك المدخن " الأوليم". وفي عام 1916 تم تطوير عمليات الأكسدة الجوية "Atmospheric Oxidation"، باستخدام محفز أكسيد الفاناديوم.

شهد تطور إنتاج راتنجات الألكيد المعدلة بالزيت في أواخر عشرينيات القرن الماضي زيادة في الطلب على الفيثاليك أنهيدريد. كما ساهمت زيادة نمو الطلب السريع في إنتاج البولي فينيل كلوريد بعد الحرب العالمية الثانية في تنامي الطلب على "إستر الفيثاليك" كملدن يستخدم لإنتاج البولي فينيل كلوريد المرن. وفي عام 1952، تم تطوير عملية "هنكل الأولى"،

لإنتاج الفيثاليك انهيدريد لإنتاج حمض التريفثاليك، وهو المادة الخام للبولي إستر. ومع ذلك، لم تصبح عملية "هنكل الأولى" طريقة سائدة لإنتاج حمض التيرفيثاليك، ولم يدم الطلب طويلاً على حمض التيرفيثاليك فتوقف الإنتاج بحلول أوائل السبعينيات.

بدأت شركة " نيبون شكوبي"Nippon Shokubai إنتاج الفيثاليك انهيدريد من "الأورثوزايلين" في عام 1960، بدأت بعدها عدد من الشركات في إنتاجه بهذه الطريقة، مما أدى إلى الانتشار السريع لهذه الطريقة في أواخر الستينيات. كان من المتوقع أن تتراجع طريقة إنتاج الفيثاليك أنهيدريد من نفثالين قطران الفحم، بعد نجاح إنتاجه من الأورثوزايلين، ومع ذلك وبعد أزمة النفط في سبعينيات القرن الماضي تم إحياء طريقة إنتاجه من النفثالين واستمرت في التنافس مع طريقة إنتاجه من الأورثوزايلين كما موضح في الشكل (10).

الشكل (10): تغير حجم إنتاج الفيثاليك انهيدريد حسب المادة الخام الأولية المستخدمة بعد الحرب العالمية الثانية



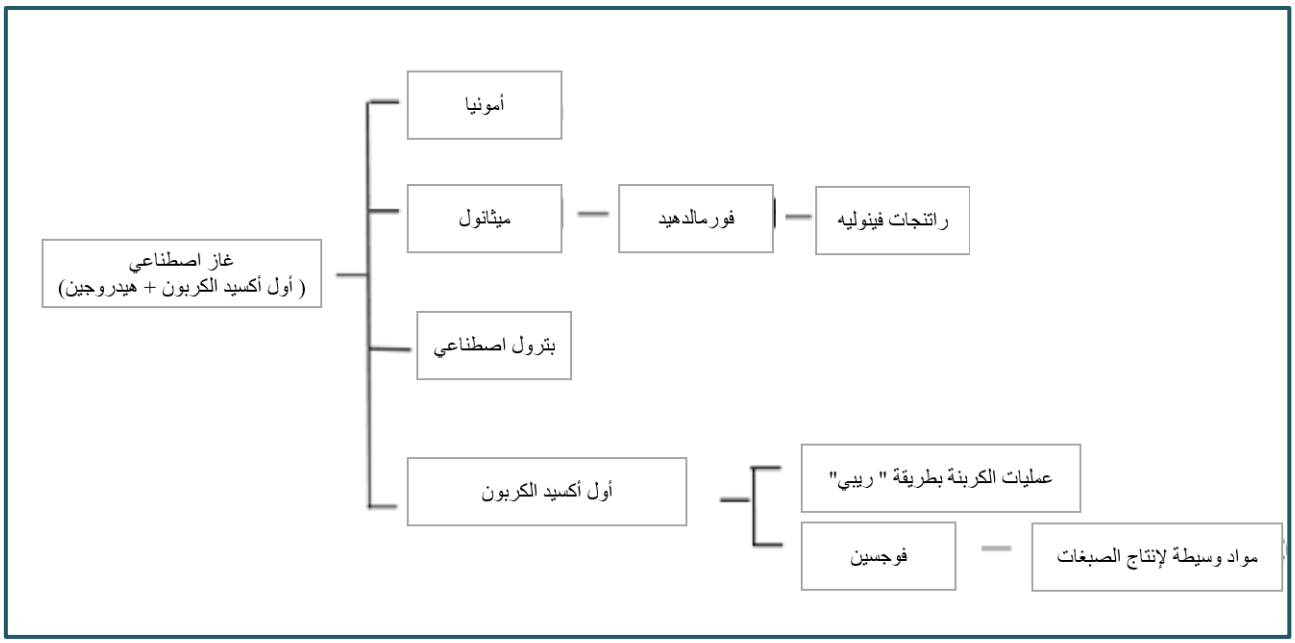
المصدر: Modelling coke formation in an industrial ethane-cracking furnace for ethylene production

3.2.1.2. إنتاج الأسمدة والكيماويات من غاز فحم الكوك الاصطناعي Coke Syngas

أنتج غاز فحم الكوك الاصطناعي "المشيد" من تفحيم الفحم، ويتكون بشكل أساسي من أول أكسيد الكربون، والهيدروجين. وبالتالي، أصبح إنتاج الكيماويات من غاز فحم الكوك الاصطناعي ثالث صناعة قائمة على الفحم.

بدأ إنتاج الأمونيا باستخدام الهيدروجين الناتج من غاز فحم الكوك في العقد الأول من القرن العشرين، تبع ذلك إنتاج واسع النطاق للميثانول. بدأ أيضاً إنتاج البترول الاصطناعي "Artificial Petroleum" من الغاز الاصطناعي في ألمانيا في ثلاثينيات القرن العشرين، بطريقة "فيشر تروبش"، مما ساهم في زيادة إنتاج الغاز الاصطناعي بشكل كبير. تم إنتاج "الفوسجين" من غاز أول أكسيد الكربون كمادة رابطة تستخدم في إنتاج مواد وسيطة للصبغات ومركبات أخرى بتفاعل أول أكسيد الكربون مع الكلور. تم استخدام تكنولوجيا إنتاج الفوسجين بعد الحرب العالمية الثانية للمساعدة في زيادة إنتاج الأيزوسيانات كمواد خام لإنتاج منتج البولي يوريثان. يبين الشكل (11) بعض أهم الصناعات القائمة على غاز فحم الكوك الاصطناعي.

الشكل (11): بعض أهم الصناعات القائمة على غاز فحم الكوك الاصطناعي



المصدر: Survey Reports on the Systemization of Technologies

1.3.2.1.2. إنتاج الميثانول والفورمالدهيد

تم اســـتخلاص الميثانول من حمض البيروليغنيوس " Pyroligneous Acid" الناتج من كربنة الخشـــب واســـتخدامه كمذيب، وكمادة خام أولية لإنتاج بعض المنتجات الكيميائية. بعد تصـــنيع الميثانول من الغاز الاصـــطناعي في ألمانيا في عام 1925، انتهى فجأة صـــناعة الميثانول من كربنة الخشـب. تعد تكنولوجيا تصـنيع الميثانول من الغاز هي امتداد لتكنولوجيا إنتاج الأمونيا تحت ظروف الضغط العالي.

أنتج الميثانول في اليابان في عام 1932 بواســطة شــركة " جوســاي كوجيو" Gosei Kogyo (الآن شــركة ميتســوي كيميكلز)، بناءً على نتائج أبحاث معهد "أبحاث النيتروجين" (الآن المعهد الوطني للعلوم والتكنولوجيا المتقدمة)، تبع ذلك إنتاجه بواســطة عدد من الشركات الأخرى التي دخلت الصناعة. كان الاستخدام الرئيسي للميثانول ولا يزال هو إنتاج الفورمالدهيد المستخدم في إنتاج راتنجات الفينول.

بدأت شركة " كيماويات غاز اليابان" Japan Gas Chemical (شركة ميتسوبيشي غاز للكيماويات، حالياً)، عام 1952 في إنتاج الغاز الاصـــطناعي، والميثانول من الغاز الطبيعي، وكان هذا هو أساس صـناعة البتروكيماويات اليابانية، وتطورت صـناعة البتروكيماويات في اليابان باســـتخدام هذا المورد المحلي النادر. وعلى الرغم من أن تقنية إنتاج الميثانول، من الغاز الاصطناعي تم تطويرها اعتمادا على غاز الفحم إلا أنها استمرت وتطورت في عصر البتروكيماويات.

3.1.2. إنتاج الكيماويات العضوية والبوليمرات من الدهون الحيوانية والزيوت

تهـدف الكيميـاء الزيتيـة "Oleochemicals" إلى إنتـاج المواد الكيميـائيـة من الـدهون الحيوانية، أو من الزيوت النباتية. التسمية مشتقة من اللغة اللاتينية، حيث تعني كلمة "Oleo" كلمة الزيت. تعد منتجات الصـــابون، والطلاء، والأصـــباغ من المنتجات الكيميائية الرئيســـية

المصـــنعة من الدهون، والزيوت والتي وجدت في حقبة ما قبل الصـــناعة الكيميائية الحديثة. يُنتج الصـــابون منذ القدم عن طريق غليان الدهون والزيوت في القلويات، إلى أن بدأ تطور إنتاج المنظفات الصـناعية بشكل سريع من البتروكيماويات في حقبة الخمسينيات والستينيات من القرن الماضـي. ومع ذلك، فإن النمو السـريع للمنظفات الصـناعية كان مصـحوباً ببعض المشـكلات البيئية، والمتمثلة في التلوث الرغوي للأنهار، في كل من اليابان ودول أوروبا في السـتينيات، حتى بدأ إنتاج المواد الخافضـــة للتوتر السـطحي للدهون والزيت القابلة للتحلل بيولوجياً، للتغلب على تلك المشكلات البيئية.

1.3.1.2. انتاج راتنجات الألكيد المعدلة بالزيت "Oil-Modified Alkyd Resin "

أُنتجت راتنجات الألكيد المعدلة بالزيت بديلا لطلاءات النيتروسـليلوز، نمت أسـواق هذا الطلاء فجأة في عشـرينيات القرن الماضـي، جنباً إلى جنب مع صـناعة السـيارات الأمريكية المزدهرة في ذلك الوقت، نظراً لأنه ســريع الجفاف، كما أنه يتميز بمقاومته للعوامل الجوية. أنتج خليط مكون من راتنجات الألكيد، والراتنجات الأمينية (راتنجات الميلامين فورمالدهيد، وراتنجات اليوريا فورمالدهيد) بعد الحرب في عام 1948، لإنتاج أنواع جديدة لطلاء الأسطح المعدنية، لتوفير الحماية من الكيماويات، والتآكل، وتقليل الاحتكاك. ومع الانتقال إلى صـناعة البتروكيماويات والتوســع فيها، بدأ اســتخدام عدد من البوليمرات البتروكيماوية في إنتاج الطلاءات، مما قلل بشــكل كبير من الدور الذي تلعبه الطلاءات القائمة على الأســاس الزيتي "Oil Base".

مع ارتفاع أسعار النفط الخام في أواخر السبعينيات، تحول بعض منتجي البتروكيماويات مره أخرى إلى المواد الكيميائية المنتجة من الزيوت، نظراً لانخفاض أسـعار زيت النخيل في ذلك الوقت. ومازال يســتخدم زيت النخيل في إنتاج بعض أنواع المنظفات، ومواد العناية الشخصية مثل معجون الأسنان، والصابون، وبعض أنواع الكريمات، والشامبو.

شـهدت السـنوات الأخيرة تغييرات كبيرة تجاه توسـع اسـتخدامات "الكيمياء الزيتية"، خاصـة بعد تبني دول الاتحاد الأوروبي سياسات انتاج الديزل الحيوي في عام 2003، بهدف خفض نسـب الانبعاثات الملوثة للهواء، وغازات الاحتباس الحراري، عن طريق التوسـع في اسـتخدام الديزل الحيوي المنتج من زيت النخيل، وزيت بذور اللفت، وزيت عباد الشـمس وغيرها من المصـادر النباتية المماثلة، مما سـاهم في زيادة إنتاج زيت النخيل من 300 ألف طن في عام 1995 إلى حوالي 41 مليون طن في عام 2009.

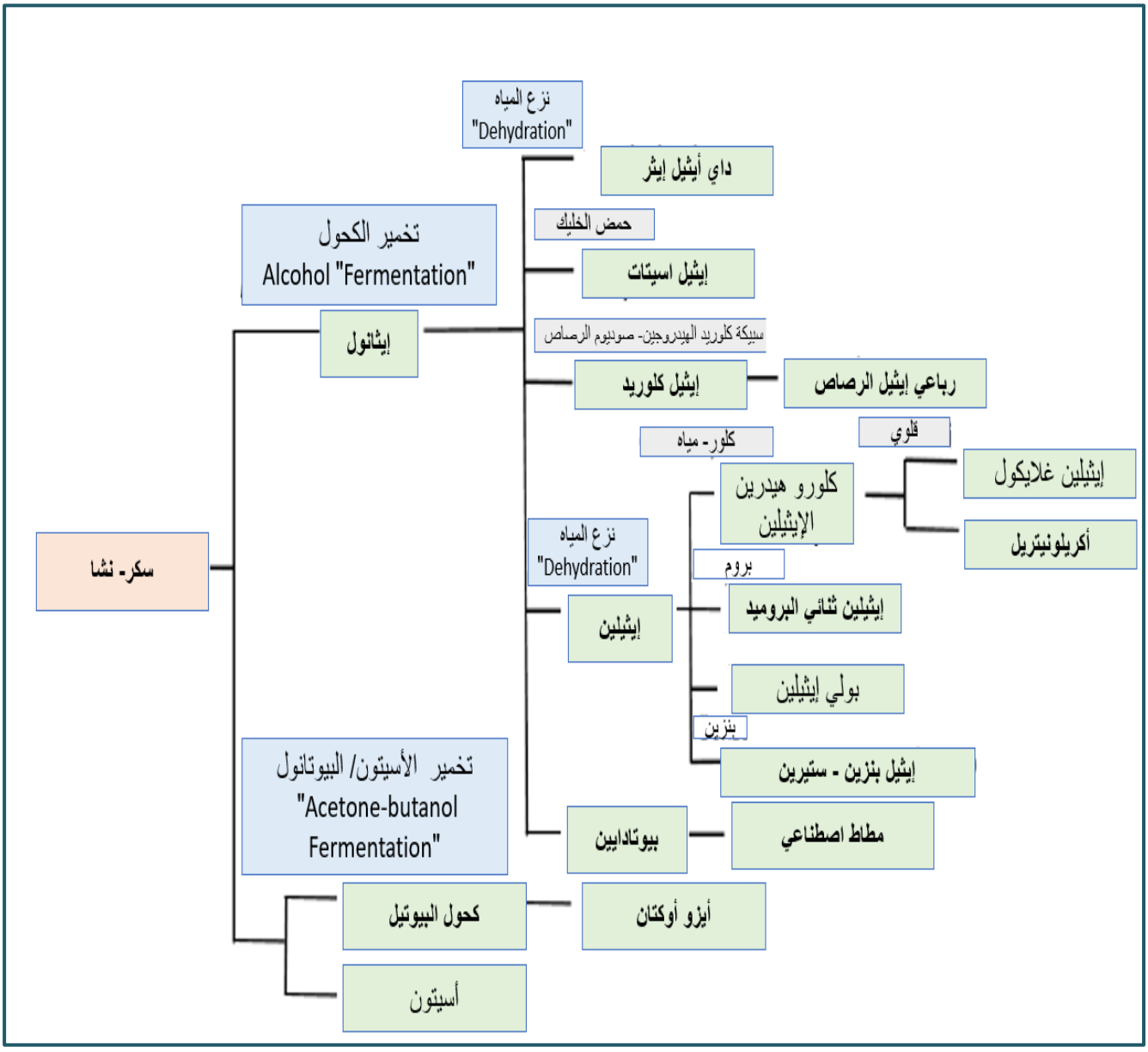
4.1.2. إنتاج الكيماويات العضوية والبوليمرات بتقنيات التخمر

يقصـد بالصـناعات التخمرية الميكروبية اسـتخدام الكائنات الحية الدقيقة تحت ظروف هوائية أو لاهوائية محكمة، لإنتاج مواد نافعة ذات قيمة اقتصـادية على النطاق التجاري، ومن وجهة النظر الصناعية فإن الكائنات الحية الدقيقة عبارة عن مصنع كيميائي قادر على إحداث تغيرات مرغوب فيها في الوسـط الذي تعيش فيه، بما تفرزه من أنزيمات تؤثر على المواد الخام رخيصـة الثمن والتي هي جزء من البيئة التي تنمو عليها وتحولها إلى نواتج ذات أهمية اقتصـادية يتم فصلها والاستفادة منها. يوجد اليوم عدد من المواد الكيماوية والحيوية التي تنتج عن طريق الصناعات التخمرية والكثير منها ذو أهمية طبية، واقتصادية، وتجارية كبيرة مثل إنتاج الكحولات، والأحماض العضـوية والأمينية، والمضـادات الحيوية، والأنزيمات، والبوليمرات [15].

تشمل المواد الكيميائية العضوية الصناعية الناتجة عن عملية تخمر السكريات أو النشا، كل من الإيثانول، والأسـيتون، والبيوتانول. زاد إنتاج الإيثانول والبيوتانول الحيوي خلال فترة العشـرينيات إلى الأربعينيات من القرن الماضـي واسـتخدامه كوقود بديل للغازولين، كما استخدم أيضاً لتحسين رقم الأوكتان للغازولين، في عدد من دول العالم وفقاً لسياساتها البيئية.

بدأ الاهتمام المتزايد في أوروبا بالكحول الحيوي " اللامائي" كوقود بديل خلال فترة الحرب العالمية الأولى. وسنت كل من ألمانيا، وفرنسا، وإيطاليا ودول أوروبية أخرى سياسات إجبارية لخلط الكحول الحيوي بالغازولين بنسب وصلت إلى أكثر من 20 %. ونظراً لوجود وفرة من منتج الإيثانول الحيوي في تلك الفترة، فقد ظهرت عدة صناعات كيميائية اعتمادا عليه كمادة خام أولية كما هو موضح في الشكل (12).

الشكل (12): أهم الصناعات الكيماوية القائمة على تخمر السكر- النشا



المصدر: Second-Generation Bioethanol Production

زاد الطلب على الإيثانول الحيوي في الصـــناعات الكيماوية خلال الفترة من 1935 إلى 1939، وتم إنتاج الإيثيلين عن طريق نزع المياه " تجفيف الإيثانول "Dehydration، كما تم إنتاج كل من الإيثيلين كلورو هيدرين، والإيثيلين غلايكول كمادة مضـــادة للتجمد، والإيثيلين بروميد، بالإضافة إلى إنتاج رباعي إيثيل الرصاص كمحسن لرقم الأوكتان.

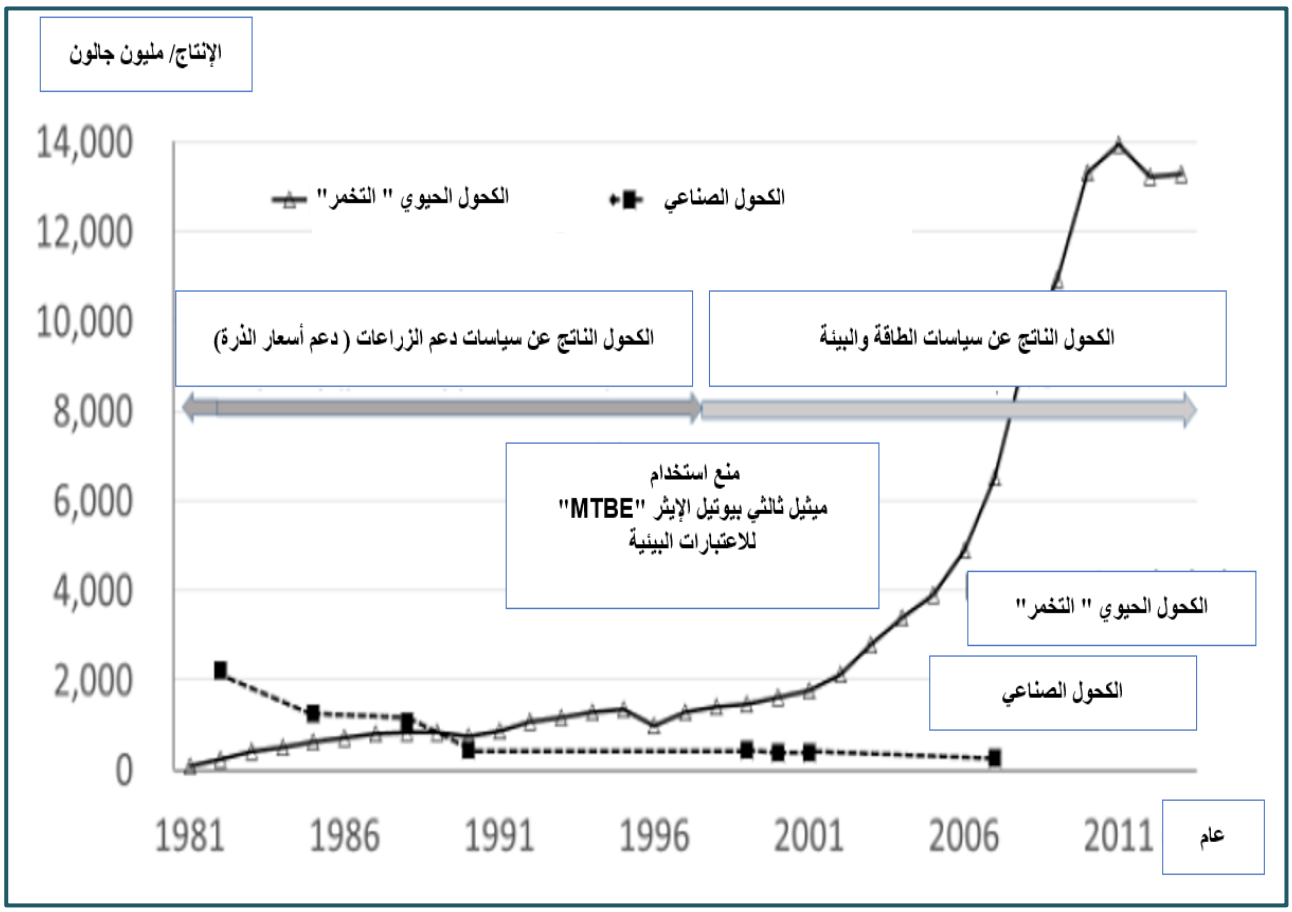
فيما تم إنتاج "الأكريلونيتريل" من تفاعل الإيثيلين كلوروهيدرين مع سيانيد الهيدروجين. كـان لاســـتخدام تكنولوجيـا التقطير الأيزوتروبي للإيثـانول الحيوي دوراً كبيراً في تطوير تكنولوجيا التقطير "المبرد" التي طورته فيما بعد شـــركة "ليندا" الألمانية، وأصـــبحت هذه التكنولوجيـا فيمـا بعـد من التكنولوجيـات الأســـاســـيـة التي لا غنى عنهـا في صـــنـاعـة البتروكيماويات.

لم تنتعش الصـــناعات الكيماوية القائمة على الإيثانول الحيوي مع انتهاء الحرب العالمية الثانية، خاصـة مع تلاشـي الطلب على الوقود البديل للغازولين، وظل إنتاج الإيثانول الحيوي في حالة ركود لفترة طويلة. شـــهدت فترة أواخر الســـتينيات من القرن الماضـــي بداية إنتاج الإيثانول الصـــناعي (الكحول الصـــناعي) من الإيثيلين، وخلال فترة زمنية وجيزة أصـــبح الإيثانول الصناعي هو السائد، وحل محل الإيثانول الحيوي.

انتعش مره أخرى إنتاج الإيثانول الحيوي في البرازيل في ســـبعينيات القرن الماضـــي نتيجة أزمة النفط في ذلك الوقت، فيما شـــهدت الولايات المتحدة في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين انتعاشاً وتطوراً كبيراً، بعد أن وضعت سياسات وتشريعات واسعة النطاق لإضـــافة وخلط الإيثـانول الحيوي مع الغـازولين كإجراء بيئي احترازي يهدف إلى خفض الانبعاثات الملوثة للبيئة الناتجة عن محركات السيارات، ووسيلة أكثر أماناً لرفع وتحسين قيم رقم الأوكتان للغازولين. أدت هذه الســياســـات إلى زيادة إنتاج الإيثانول الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية من المحاصـــيل الزراعية، خاصـــة من الذرة. وبلغ حجم إنتاج الإيثانول الحيوي في الولايات المتحدة في عام 2010 نحو 25 مليون طن سنوياً، وهو ما يعادل حوالي

3 أضعاف إنتاج البرازيل من الإيثانول الحيوي المنتج من قصب السكر. يبين الشكل (13) تطور حجم إنتاج الإيثانول الحيوي في الولايات المتحدة.

الشكل (13): تطور حجم إنتاج الإيثانول الحيوي في الولايات المتحدة



المصدر: https://www.ers.usda.gov/data-products/us-bioenergy-statistics/

1.4.1.2. إنتاج البولي إيثيلين من الإيثانول الحيوي

تم اختراع منتج البولي إيثيلين منخفض الكثافة "LDPE" وإنتاجه لأول مره من الإيثانول الحيوي في عام 1933 بواسطة شركة " أي سي أي" ICI البريطانية، وبدء تصنيعه في عام 1939. تم إنتاج حوالي 100 طن في عام 1940، واستخدم في إنتاج مواد عازلة فائقة الجودة للرادارات عالية التردد، إلى أن قامت الشركة بتزويد شركة "دوبونت" الأمريكية بتكنولوجيا

إنتاجه، وعلى ضـــوء ذلك تم بناء مصـــنع في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1943 بطاقة إنتاجية حوالي 900 طن سنويًا.

بينما عُرف البولي إيثيلين منخفض الكثافة لأول مره في اليابان في عام 1942، بعد الحصـول على كابل رادار من الجيش الأمريكي. وأصـبح بعدها إنتاج البولي إيثيلين منخفض الكثافة محلياً قضـــية ملحة في اليابان، بدأ معها مرحلة البحث العلمي في عام 1943، بتكوين ثلاث مجموعات علمية بقيادة البروفيســور "يوكيتشـــي جو" من جامعة أوســاكا وميتســوي للكيمـاويـات، والـدكتور "تـايزو كوم" من معهـد "نوغوتشـــي ونيبون شـــيســـو هيريو"، والبروفيسور "كوداما شينجيرو" من جامعة كيوتو وسوميتومو كيميكال. نجح الفريق العلمي الياباني في بدء إنتاج البولي إيثيلين منخفض الكثافة عملياً في أوائل عام 1945، بتكنولوجيا يابانية ارتكزت على نتائج أنشطة البحث العلمي.

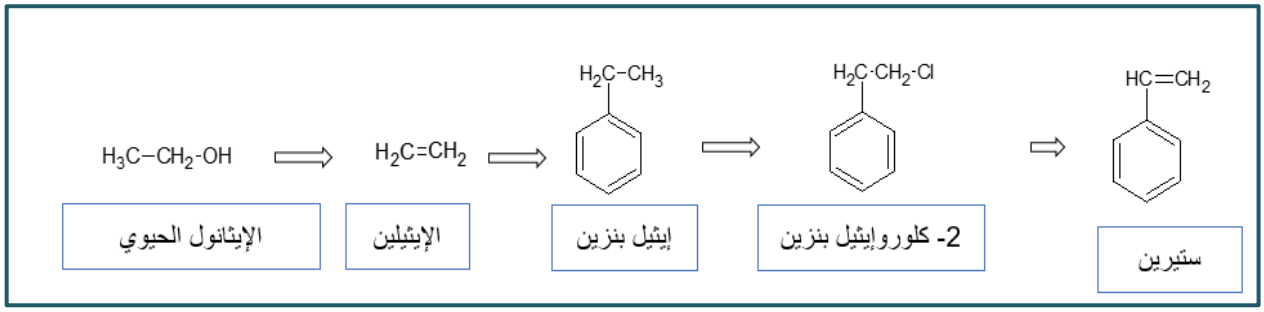
بعد الحرب العالمية الثانية بدأ البحث العلمي مرة أخرى في اليابان دراســـات وأبحاث لاســـتنباط تكنولوجيا جديدة لإنتاج البولي إيثيلين منخفض الكثافة من الإيثانول الحيوي، حيث تولت جامعة "كيوتو" تجارب تصـــنيع مســـتمرة خلال الفترة من 1951 إلى 1953، إلى أن نجحت في انتاج 10 كجم/ يوم. بناءً على نتائج هذه النتائج، قامت شركة "سوموتو كيميكال" اليابانية في عام 1953 ببناء وتشـغيل أول مصـنع على النطاق التجريبي بطاقة إنتاجية حوالي 3 طن شـهرياً في مصـنعها في منطقة "نييهاما"، مما جعل شـركة " أي سـي أي" البريطانية تختارها كشريك لترخيص التكنولوجيا في اليابان.

2.4.1.2. إنتاج البولي ستيرين

كان التحدي الرئيســـي لإنتاج البولي ســـتيرين هو كيفية التوصـــل إلى طريقة لإنتاج مونومير الستيرين، إلى أن بدأت شـركة "أي جي فابرين"IG Farben الألمانية في إنتاجه في أوائل الثلاثينيات من القرن العشـــرين باســـتخدام طريقة نزع الهيدروجين من الإيثيل بنزين

بمحفز الألومينا – الكروميا، كما في الشكل (14). في حين تم انتاج الإيثيل بنزين من كل من الإيثيلين الحيوي، والبنزين العطري باستخدام محفز كلوريد الألومنيوم.

الشكل (14): الإنتاج الصناعي للستيرين باستخدام طريقة نزع الهيدروجين من الإيثيل بنزين



5.1.2. إنتاج البيوتانول والأسيتون بالتخمر "Fermentation Acetone/Butanol "

اكتشف العالم الفرنسي "لويس باستور"، طرق انتاج البيوتانول والأسيتون باستخدام البكتيريا اللاهوائية خلال الحرب العالمية الأولى، تمكنت بعدها جامعة "مانشستر" في عام 1912 من عزل سلالة قوية من البكتيريا، والحصول على براءة اختراع لطريقة إنتاج الأسيتون، والبيوتانول في عام 1915 باستخدام هذه السلالة. كان إنتاج الأسيتون ضروريًا خلال هذه الفترة لتصنيع الذخيرة "البارود". بينما اخترعت شركة " دي بونت" DuPont في عام 1920، طلاء النيتروسليلوز باستخدام البيوتيل أسيتات كمذيب، مما أدى إلى إنتاج الأسيتون/ البيوتانول بطرق التخمير على نطاق واسع في الولايات المتحدة الأمريكية.

أسس في اليابان كل من العالم " تاكارا شوزو، ووداي نيبون شوروي سيزو" معاً معهد خاص بأبحاث إنتاج وقود الطيران من البيوتانول. ساعد ذلك في بناء مصنع "جودو شوسي" Godo Shusei على مستوى النطاق التجريبي لإنتاج الأسيتون والبيوتانول، في مدينة "أساهي كاوا"، وهو تابع لشركات خاصة وليس للحكومة. تم في عام 1943 تحويل مصنع " تويوبو"Toyobo في مدينة "هوفو" Hofu إلى إنتاج الأسيتون / البيوتانول والأيزوكتان. وزاد

الفصل الثالث

البحث الثاني

تطور صناعة البتروكيماويات

الفصل الثالث

تطور صناعة البتروكيماويات

3. تمهيد

لم تستطع المصادر غير النفطية من قطران الفحم، والزيوت والدهون، والكتلة الحيوية، والمصادر الأخرى من توفير المواد الخام الأولية اللازمة لتلبية الطلب المتنامي على الكيماويات والبوليمرات، لذا كان لابد من البحث عن مصادر أولية أخري اقتصادية لمواجهة هذا التحدي. نجحت أنشطة البحث والتطوير في صناعة الكيماويات في توفير مصادر جديدة من المصادر النفطية من الغاز الطبيعي والمشتقات البترولية الخفيفة لتلبية تلك الاحتياجات المتزايدة.

بعد نشأة صناعة البتروكيماويات في عشرينيات القرن الماضي في الولايات المتحدة الأمريكية، ومع بداية اختراقها وانتشارها في دول أوروبا في الخمسينيات، ومع دمج التكنولوجيا الأوروبية مع التكنولوجيا الأمريكية تغير بشكل كبير شكل ومواصفات، وجودة منتجات الكيماويات والبوليمرات. وشهدت فترة الستينيات نشاط الباحثين لتطوير سلسلة جديدة من التكنولوجيات التي أتاحت إنتاج الكيماويات، والبوليمرات بتكلفة منخفضة، وتفوقت كيمياء البتروكيماويات سريعاً على تكنولوجيات كيمياء الفحم، وكيمياء الزيوت والدهون، والكيمياء الحيوية في توفير مواد أولية منخفضة التكلفة من المصادر النفطية، مقارنة بالمصادر الأخرى غير النفطية. كما نجحت صناعة البتروكيماويات في زيادة وتنوع إنتاجها على مستوى العالم، مما أهلها لريادة مشهد الصناعة.

بعد اكتشاف النفط الخام في دول الشرق الأوسط في ثلاثينيات القرن الماضي، وبداية صادراته لدول العالم في الخمسينيات، أصبح النفط الخام ومشتقاته مصدر أرخص للطاقة من الفحم والمصادر الأخرى المستخدمة في تلك الفترة. وأصبحت دول منطقة الشرق الأوسط قادرة على تطوير هذه الصناعة، وزاد الإنتاج بها بشكل متصاعد، مع إضافة طاقات إنتاجية جديدة، مستفيدةً بميزة وفرة مواد خام أولية منخفضة التكلفة من الغاز الطبيعي، والمشتقات

البترولية السائلة، وبأسعار تنافسية، علاوة على تميز موقعها الجغرافي بين دول الشرق والغرب، مما ساهم بشكل رئيسي في تغيير مشهد صناعة البتروكيماويات.

عانت في تلك الفترة دول أوروبا ودول أخرى والتي لا تمتلك موارد طبيعية منخفضة التكلفة من أجل البقاء والحفاظ على ريادتها في أسواق البتروكيماويات العالمية. ولكنها تمكنت من السيطرة بفعالية على صناعة تكنولوجيا البتروكيماويات العالمية، وزيادة نمو صناعة البتروكيماويات، والنمو الاقتصادي العالمي من خلال زيادة أنشطة البحث العلمي لتطوير تكنولوجيات جديدة لإنتاج البتروكيماويات وتمركز تلك الصناعة بها.

ساهم البحث العلمي بشكل رئيسي في تقدم ونهضة صناعة تكرير البترول، والبتروكيماويات العالمية، وتظل الحاجة تتزايد بشكل كبير إلى مزيد من البحث العلمي، وخاصة إذا ما أرادت الشركات العالمية البقاء في هذه الصناعة التنافسية المتطورة باستمرار، في ظل تداعيات تقلبات أسعار النفط والغاز، وتغيرات الجغرافيا السياسية، وعدم اليقين الاقتصادي. وواجهت صناعة البتروكيماويات في السبعينيات من القرن الماضي بعض الأزمات والتحديات التي كان من الممكن أن تعرقل مسيرة تطورها مثل تناول بعض القضايا البيئية، إلا أن الصناعة استطاعت أن تواجه تلك التحديات وأن تحافظ على مكانتها من خلال البحث العلمي وتقديم حلول علمية تقنية للتغلب على هذه المشكلات. ساهمت تلك الأزمات جزئياً في إحياء بعض الصناعات التي تعتمد على تقنيات كيمياء الدهون والزيوت، وكيمياء التخمر مره أخرى، تزامن ذلك أيضاً مع محاولة بعض الدول، مثل الصين، من وضع تدابير سياسية لاستعادة كيمياء الفحم من أجل الحفاظ على أمنها الاقتصادي.

يمثل أيضاً تعظيم إنتاج غاز السجيل " الصخري" في الولايات المتحدة مثال جيد على دور التقدم التكنولوجي في الوصول إلى احتياطيات كانت غير مجدية اقتصادياً، وأثر ذلك في تعزيز تنافسية شركات البتروكيماويات الأمريكية، الأمر الذي ترتب عليه زيادة حدة المنافسة في الأسواق العالمية.

بينما توفر التكنولوجيا فرصـــا متنوعة للدول المتقدمة، والنامية على حد ســـواء لتحقيق مستويات متميزة من التنمية، أصبح نقل التكنولوجيا للعديد من الدول النامية هدفا استراتيجيا. ومع ذلك، يعتمد نجاح نقل التكنولوجيا، إلى حد كبير، على القطاعات المســـتوعبة لهذه التكنولوجيا، ومدى قابليتها للتطبيق التكنولوجي، بالإضـــافة إلى توفر البنية التحتية المناســـبة اللازمة [5].

1.3. دور التكنولوجيا في صناعات البتروكيماويات

تعد صـــناعة البتروكيماويات صـــناعة متخصـــصـــة ذات طبيعة خاصـــة، والكثير من الابتكارات التكنولوجية في الصـــناعة كان نتيجة تحول مخرجات أبحاث الكيمياء البحتة إلى التكنولوجيات والأنشطة الأساسية المستخدمة حالياً في صناعة البتروكيماويات. وقد مهدت بالفعل التكنولوجيا في البداية الطريق إلى تطور صـــناعة البتروكيماويات، وســـاهمت في الانتقال من الصـــناعات القائمة على المنتجات الخام الأولية من نواتج تقطير الفحم، والتخمر الكيميائي إلى الصناعات القائمة على مشتقات النفط والغاز الطبيعي، مما ساهم بشكل مباشر في التغيرات الديناميكية لمشـــهد صـــناعة البتروكيماويات العالمي. وتتميز مشـــروعات البتروكيماويات الحديثة بأنها ذات تكلفة رأسمالية كبيرة.

كما تميزت مشروعات البتروكيماويات الجديدة بانها على هيئة مجمعات "Complexes" ذات طاقات إنتاجية مرتفعة، تعتمد على استخدم أحدث التكنولوجيات التجارية، مدفوعة بميزة رخص أســـعار المواد الأولية المتاحة [6]. وتحتاج مواقع إنشـــاء هذه المجمعات إلى تأمين اللوجستيات لضمان استدامة توفير المواد الخام الأولية، وتوريد المنتجات النهائية بسهولة، وبالتالي تحقيق عوائد استثمار محفزة على فترات زمنية طويلة [7].

يعمل عدد كبير من شركات النفط والغاز الرئيسية العالمية في صناعة البتروكيماويات، وكانت في طليعة الشركات المطورة، وهي حالياً من كبار منتجي البتروكيماويات، بالإضافة

إلى ذلك، أصبحت بعض شركات النفط الوطنية نشطة بشكل متزايد في إنتاج البتروكيماويات، كما تقوم شركات الكيماويات المتخصصة بإنتاج مجموعة واسعة من السلع والبتروكيماويات المتخصصة [6].

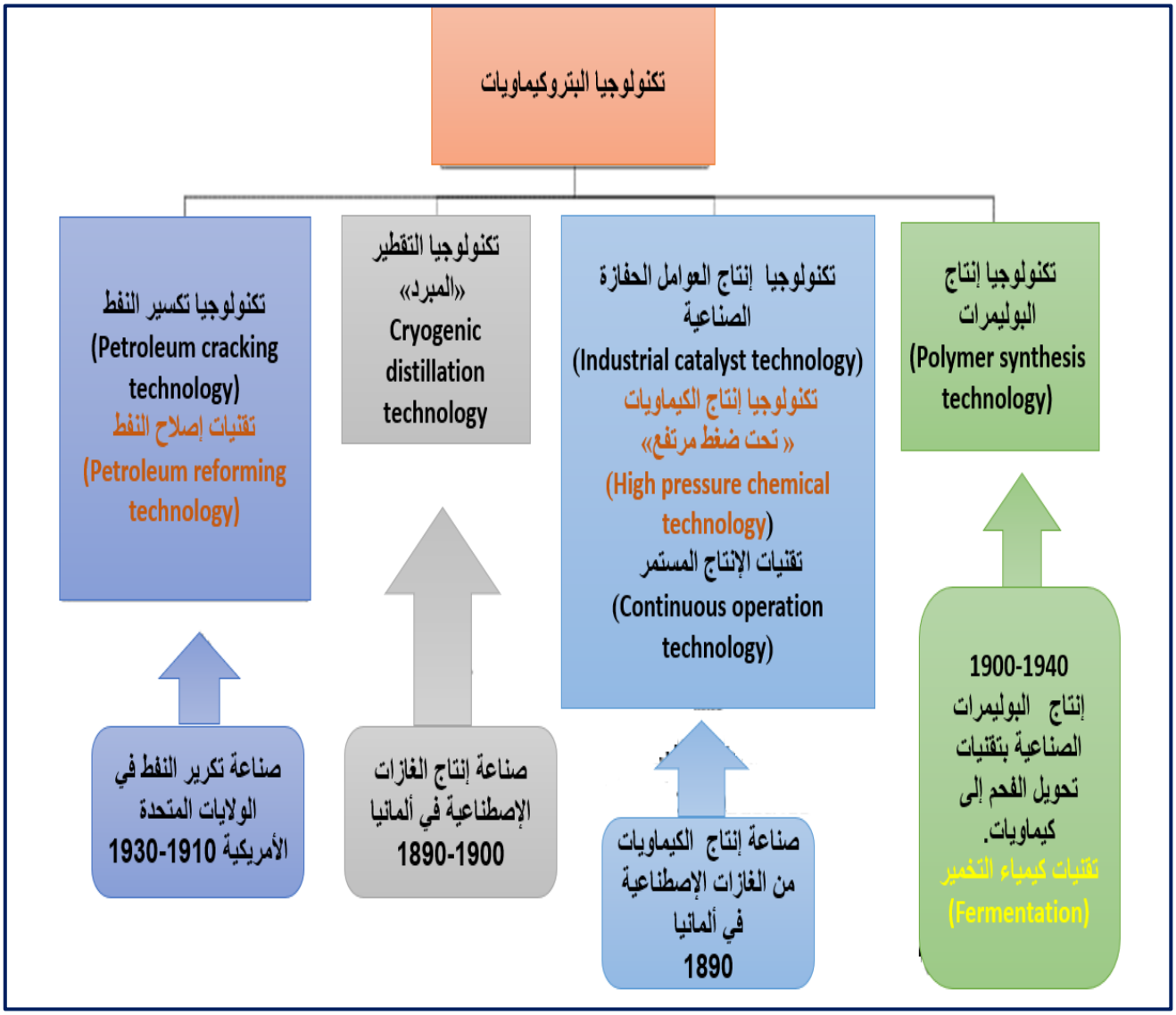
نما الطلب العالمي على البتروكيماويات، وهيمنت بسرعة هذه الصناعة على الأسواق العالمية على مدى السنوات الأخيرة. وظلت صناعة البترول والبتروكيماويات (ويشار إليها أيضاً باسم بي & بي-Petroleum & Petrochemical - عاملا رئيسيا وراء ازدهار ونمو اقتصادات عدد كبير من الدول الصناعية الكبرى. ومع ذلك، واجهت الصناعة مؤخراً العديد من التحديات، فعلى سبيل المثال، زادت تكلفة إنتاج برميل النفط بنسبة 60٪ عما كانت عليه قبل 10 سنوات. وانخفضت أسعار النفط بنسبة 70٪ تقريبًا منذ بلوغها ذروة الانخفاضات في عام 2014، وغيرها من الأحداث الدولية، مثل الحرب التجارية بين الصين، والولايات المتحدة، والصراعات الجيوسياسية المختلفة في أنحاء العالم، ومع تفشي جائحة كورونا في نهاية عام 2019، وبداية عام 2020، التي أدت إلى مزيد من تقلبات أسعار النفط، وزيادة عدم اليقين داخل هذه الصناعة. إن انخفاض اسعار النفط يمثل كل من التحدي والفرص لهذه الصناعة، ومن المتوقع أن يؤدي استمرار انخفاض أسعار النفط إلى الحاجة إلى مزيد من الابتكارات لصناعة البترول والبتروكيماويات.

تمثل صناعة البتروكيماويات من حيث حجم الإنتاج حوالي 10٪ من إجمالي صناعة تكرير البترول، ولكن تمثل قيمة منتجات البتروكيماويات حصة أكبر من إجمالي الصناعة، مما يعكس القيمة المضافة الأعلى لمنتجات البتروكيماويات مقارنة بقيمة منتجات الوقود البترولية التقليدية.

2.3 أسس تكنولوجيات إنتاج البتروكيماويات

أرست عدد من التكنولوجيات أسس انطلاق وتأسيس صناعة البتروكيماويات العالمية. وشملت أربع مجالات رئيسية، وهي تكنولوجيا تكسير النفط، وتكنولوجيا إصلاح النفط، وتكنولوجيا التقطير المبرد، وتكنولوجيات إنتاج العوامل الحفازة، الضغط العالي، والتشغيل المستمر، وتكنولوجيا إنتاج البوليمرات كما في الشكل (16) [11].

الشكل (16): المجالات الأربعة التي شكلت أساس إنشاء وتطوير البتروكيماويات على نطاق واسع



المصدر: Systematic Survey on Petrochemical Technology

1.2.3. تكنولوجيا تكسير النفط وتكنولوجيا إصلاح النفط
"Petroleum Cracking Technology & Petroleum Reforming Technology"

بدأ تطوير هذه التكنولوجيات في الولايات المتحدة الأمريكية في أوائل القرن التاسع عشر لإنتاج أكبر قدر ممكن من الغازولين عالي الجودة. ترتبط هذه التكنولوجيات بتقنيات التكسير البخاري، وتكنولوجيا إنتاج العطريات، والتي أصبحت تشكل فيما بعد التكنولوجيات الرئيسية لإنتاج البتروكيماويات الأساسية [11]. كما أسفرت هذه ا العمليات عن إنتاج منتجات ثانوية غازية تم استخدامها في البداية كوقود، ولكن استخدمت فيما بعد كمواد أولية لإنتاج البوليمرات في العشرينيات والثلاثينيات من القرن الماضي.

2.2.3. تكنولوجيا التقطير المبرد " Cryogenic Distillation Technology"

اكتملت العمليات الصناعية لتسييل الهواء في ألمانيا عام 1895بواسطة شركة **"ليندا"**، وأعقب ذلك مبادرات لتطوير تكنولوجيا التقطير المبرد في عام 1902، وفيها تستخدم عملية تسييل الهواء لفصل الغازات عن الهواء وإنتاج غازات الأكسجين، والنيتروجين، والهيدروجين، والأرجون في الحالة الغازية أو السائلة، وتعد شكل من أشكال التقطير الفراغي. تم انتاج واستخدام الأكسجين النقي في أعمال اللحامات والتقطيع، وبدأ استخدام الأكسجين في منتصف القرن العشرين بكميات كبيرة في أفران التحويل " Converter Furnaces"، كما استخدم الهيدروجين في هدرجة الدهون والزيوت، واستخدم النيتروجين النقي في إنتاج الأمونيا، والأسمدة.

كانت تكنولوجيا التقطير المبرد ضرورية، وداعمة لصناعة البتروكيماويات، خاصة في عمليات الفصل الدقيق للغازات المختلفة الناتجة من عمليات التكسير البخاري للنافثا، وعمليات فصل غاز الإيثان بالتجزئة من الغاز الطبيعي، وكذلك عمليات الفصل الدقيق بين

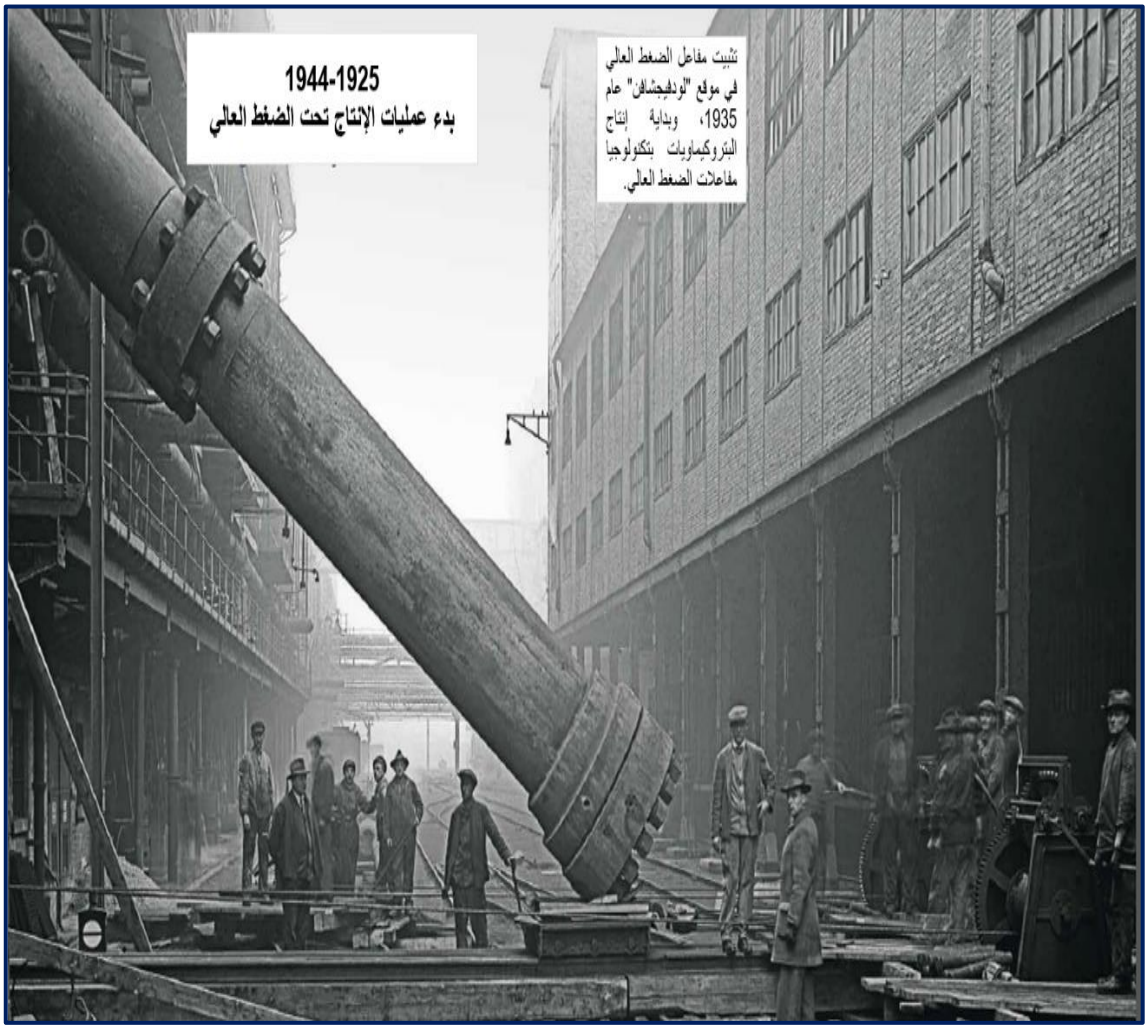
غاز الإيثان، والإيثيلين، وغاز البروبان، والبروبيلين. وتعد هذه التكنولوجيا من أبرز الأمثلة على دور وكيفية دعم تكنولوجيات الصناعات السابقة في تأسيس صناعة البتروكيماويات[11].

3.2.3. تكنولوجيات إنتاج العوامل الحفازة، الضغط العالي، والتشغيل المستمر

بدأ استخدام تكنولوجيا العوامل الحفازة، وتكنولوجيا الإنتاج تحت الضغط العالي في عام 1910 مع بدء إنتاج الأمونيا، ثم أصبحت هذه التكنولوجيات فيما بعد تلعب دوراً متزايداً وهاماً في صناعة البتروكيماويات. بدأت تقريباً جميع المنتجات والعمليات الجديدة بسبب تطوير العوامل الحفازة عبر تاريخ تطور إنتاج البتروكيماويات. كما وضعت تكنولوجيا الضغط العالي علامة فارقة في مجال صناعة البتروكيماويات في ثلاثينيات القرن الماضي مع بداية استخدام تكنولوجيا إنتاج البولي إيثيلين منخفض الكثافة.

تعمل أغلب المعدات المستخدمة في إنتاج البتروكيماويات تحت ضغوط عالية، وتتميز بإنتاجيتها المرتفعة، لذا تعد طرق الإنتاج تحت الضغط العالي واحدة من أبرز التكنولوجيات الأساسية في صناعة البتروكيماويات. يبين الشكل (17) تثبيت أول مفاعل ضغط عالي لشركة باسف في موقع " لودفيجشافن" عام 1935.

الشكل (17): تثبيت أول مفاعل ضغط عالي لشركة باسف في موقع " لودفيجشافن" عام 1935



المصدر: BASF History, 1865 – 2015

بينما يعود استخدام تكنولوجيا "التشغيل المستمر للتفاعل المتتابع " Continuous Operation Technology"، وتكنولوجيا فصل وتنقية الغازات من السوائل، إلى عام 1867، مع بدء استخدام "عملية سولفاي" لإنتاج الأمونيا، ومع ذلك فقد تم تطوير هذه التكنولوجيا لإنتاج الأمونيا، والميثانول، والزيوت الاصطناعية. وتعد هذه التكنولوجيا هي التكنولوجيا التي أرست أسس العمليات المستمرة المستخدمة حالياً في إنتاج البتروكيماويات على نطاق واسع (11).

4.2.3. تكنولوجيا إنتاج البوليمرات "Polymer Synthesis Technology"

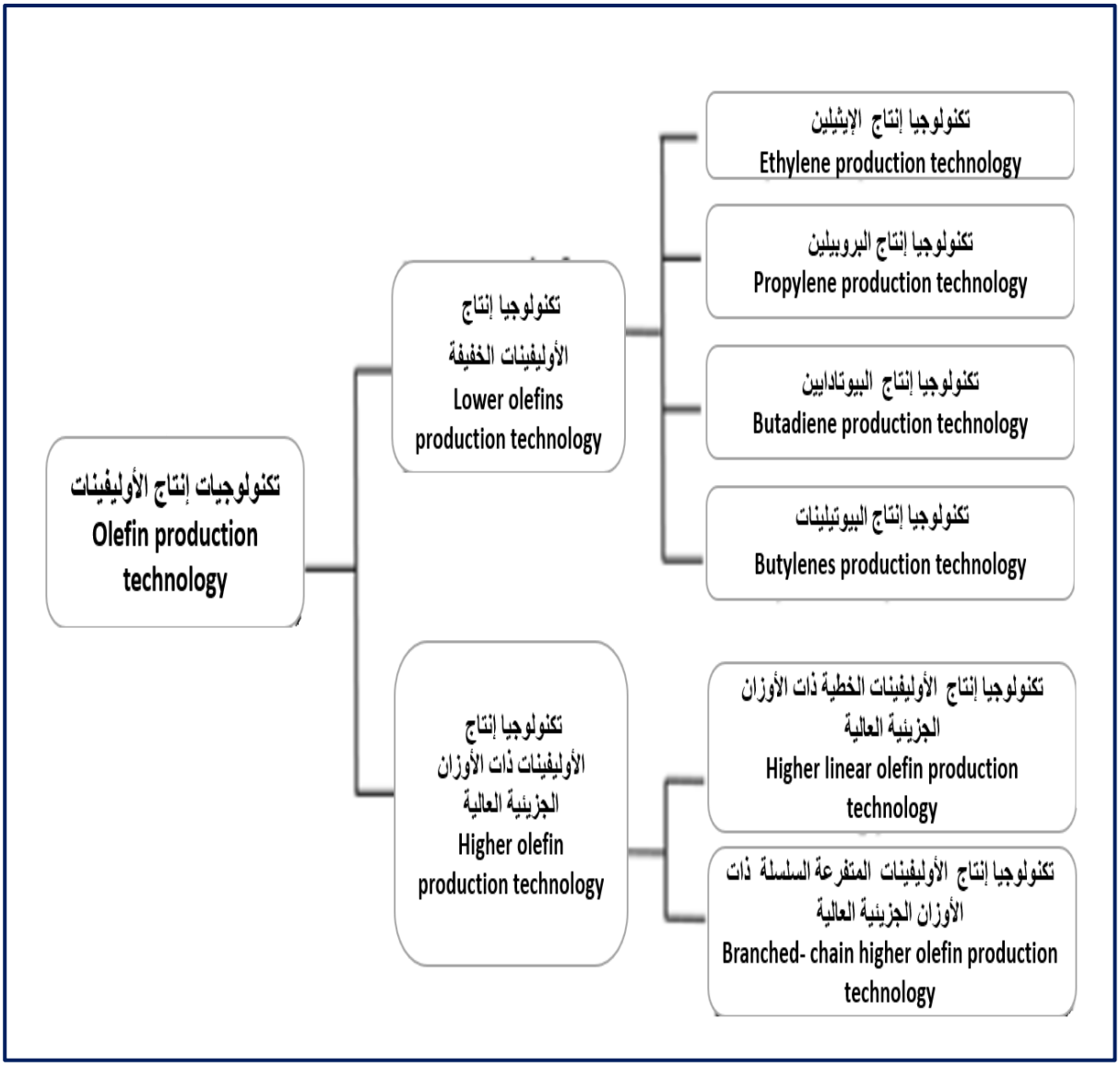
أصبحت معظم تكنولوجيا إنتاج البوليمرات التي استخدمت بالفعل أو تحققت في حقبة الأربعينيات من القرن العشرين، ومنها تكنولوجيا إنتاج المونيومرات من الكيماويات المنتجة من تقطير الفحم، أو بالتخمر، من التكنولوجيات الأساسية الرئيسية لصناعة البتروكيماويات. بينما انتجت بشكل رئيسي صناعة البتروكيماويات خلال أول عقدين من نشأتها في الولايات المتحدة الأمريكية كل من المذيبات، والإضافات البترولية، ومضادات التجمد. شكل إنتاج المطاط الصناعي في الولايات المتحدة في فترة الأربعينيات دفعه جيدة لصناعة البوليمرات. ومع بدء إنتاج البوليمرات التي تستهلك كميات ضخمة من البتروكيماويات الأساسية، وكميات كبيرة من الكيماويات العضوية الصناعية، تحولت صناعة البتروكيماويات الأولية إلى مصدر رئيسي لتوريد المواد الخام الأولية لإنتاج البتروكيماويات الوسيطة والنهائية. وبدأ تطور صناعة البتروكيماويات في الولايات المتحدة بشكل كبير منذ ذلك الحين وحتى الآن، وأصبحت صناعة واسعة النطاق حول العالم.

دخلت أوروبا عصر إنتاج البتروكيماويات بعد اكتشاف تكنولوجيا إنتاج الأوليفينات بالعوامل الحفازة " زيغلر- ناتا" Ziegler-Natta، في الخمسينيات من القرن الماضي، وأصبحت أول تكنولوجيا لإنتاج البوليمرات في صناعة البتروكيماويات، وأحدثت لاحقاً طفرات كبيرة في الصناعة [11].

1.4.2.3. تطور تكنولوجيا إنتاج الأوليفينات

تنقسم تكنولوجيا إنتاج الأوليفينات إلى تكنولوجيا إنتاج الأوليفينات الخفيفة "الإيثيلين، والبروبيلين، والبيوتادايين، والبيوتيلينات"، وتكنولوجيا إنتاج الأوليفينات عالية الأوزان الجزيئية "الأوليفينات الخطية، والأوليفينات الخطية عالية الأوزان متشعبة السلاسل الهيدروكربونية"، كما يبين الشكل (18).

الشكل (18): تكنولوجيا إنتاج الأوليفينات



المصدر: Survey Reports on the Systemization of Technologies ,2016

1.1.4.2.3. تطور تكنولوجيا إنتاج الإيثيلين

أنتج الإيثيلين قبل نشأة صناعة البتروكيماويات، كمنتج ثانوي من غاز الفحم في درجات حرارة منخفضة، وكانت هذه الطريقة شائعة في ألمانيا. كما تم إنتاجه ايضاً كمنتج ثانوي أثناء تصنيع الأسيتيلين من الغاز الطبيعي بكميات منخفضة باستخدام عملية القوس الكهربي

"Electric ARC". كما أُنتج بتكنولوجيا تخمر الإيثانول، وكانت هذه التكنولوجيات ضرورية لإنتاج البولي إيثيلين في مرحلة ما قبل ظهور صناعة البتروكيماويات. بينما تم إنتاج الإيثيلين عن طريق الهدرجة الجزئية للأسيتيلين في ألمانيا أثناء الحرب العالمية الثانية، وكان اكتشاف وتطوير المحفزات سبب نجاح إنتاج الإيثيلين بهذه الطريقة.

كانت تكنولوجيا إنتاج الإيثيلين هي أولى التكنولوجيات من بين مختلف تكنولوجيات إنتاج الأوليفينات الخفيفة التي تم تطويرها مع بداية عصر البتروكيماويات وبدء استخدام مشتقات البترول كمواد خام أولية، وذلك عندما بدأ إنتاجها بتكنولوجيا التكسير الحراري للزيت الثقيل. وتعتمد تكنولوجيا التكسير الحراري للزيت الثقيل، على تكسيره حرارياً لإنتاج غاز يحتوي على الإيثيلين، والأوليفينات الأخرى الخفيفة، ثم يتم تجميع غاز الإيثيلين، والبروبيلين. تعد تكنولوجيا تكسير الزيت الثقيل حرارياً عند درجات حرارة عالية وضغط مرتفع في عدم وجود محفز تكنولوجيا خاصة بصناعة تكرير البترول وتستخدم لإنتاج وقود الغازولين.

كانت عملية "بورتون" أول تقنية تكسير حراري للبترول، تم تطويرها وتطبيقها على النطاق الصناعي بواسطة شركة "ستاندرد أويل" (إنديانا) في عام 1913. يذكر أن أول طريقة للتكسير الحراري، هي عملية تكسير "شوخوف"، التي اخترعها "فلاديمير شوخوف" في عام 1891، وأدعى الروس أن عملية " بورتون" كانت في الأساس تعديلًا طفيفًا لعملية "شوخوف". في النهاية، ساهمت هذه العملية في تطوير البتروكيماويات. يبين الشكل (19) أول مصنع لعملية التكسير الحراري "شوخوف".

الشكل (19): أول مصنع لعملية التكسير الحراري "شوخوف"

ثم تم تطوير عملية "دوبس" في عام 1914، وتضمنت التكسير الحراري للزيت الثقيل في درجات حرارة 750-860°ف، واستخدمت على نطاق واسع في العديد من المصافي حتى أوائل الأربعينيات من القرن الماضي عندما بدأ استخدام التكسير الحفزي. تلي ذلك تطوير العديد من تقنيات التكسير الحراري للبترول خلال الفترة من 1910-1920. كانت هذه التكنولوجيات خاصة بعمليات التكرير وإنتاج الغازولين، وليست لإنتاج البتروكيماويات بشكل مباشر، لذا فقد تم تطوير تكنولوجيا "التكسير البخاري" كامتداد لتكنولوجيا التكسير الحراري للبترول، والتي أطلق عليها تكنولوجيا التكسير الحراري بالبخار، حيث تم إدخال البخار بهدف توجيه اتجاه توازن تفاعل التكسير الحراري نحو عملية التكسير، عن طريق تقليل تراكم الكربون على الجدار الداخلي لأنبوب التفاعل، وللتحكم في درجة الحرارة الناتجة عن التكسير الحراري من خلال حرارة البخار.

بدأ إنتاج الإيثلين بتكنولوجيا التكسير البخاري بواسطة شركة " يو أس كربيد، وشركة كربون كيميكال" في عام 1920. بينما قامت شركة " يو إس استاندرد" بإنتاج الإيثيلين بتقنية

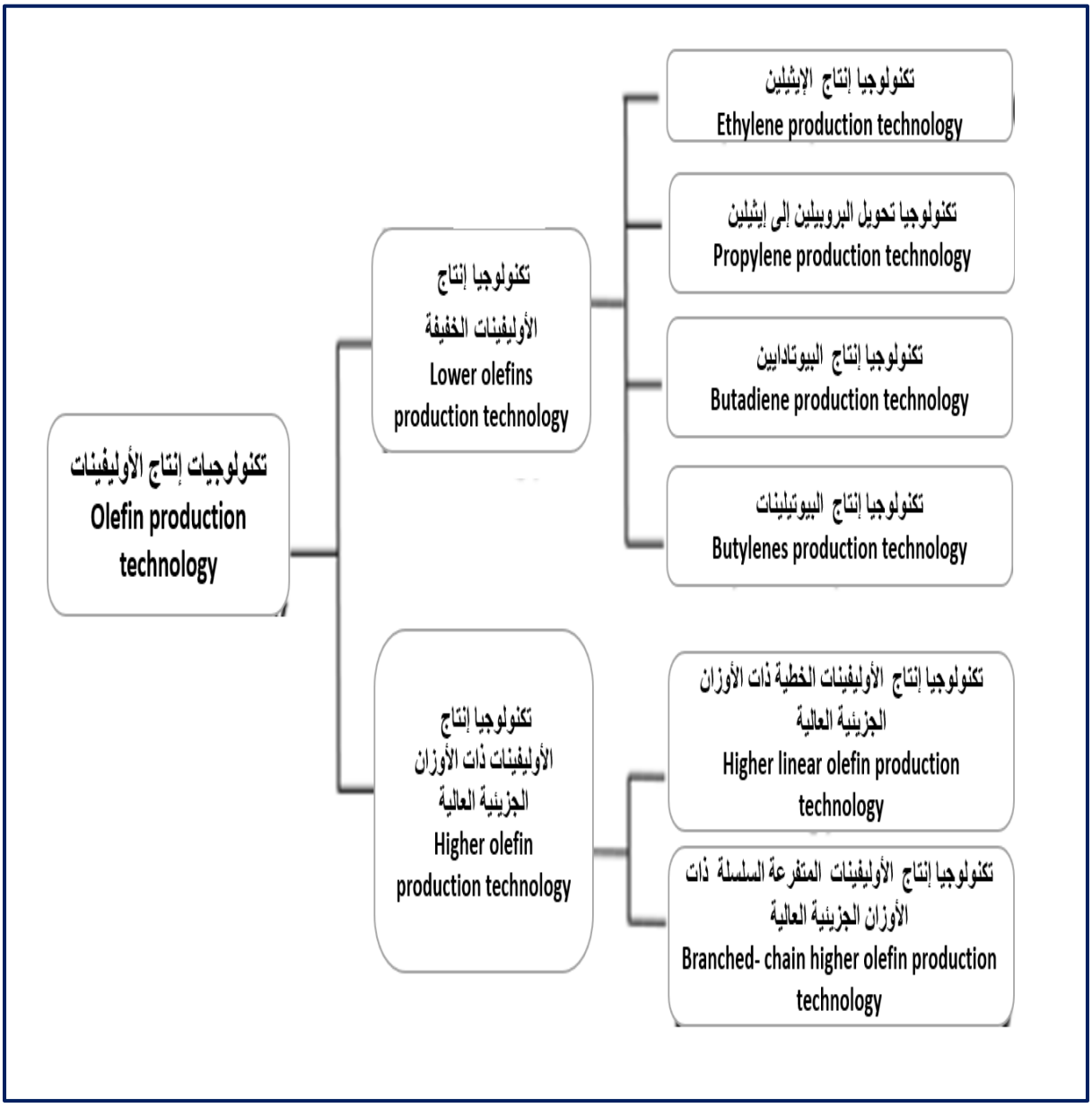
التكسير البخاري لغاز البروبان في منتصف العشرينات من القرن الماضي، بينما تم إنتاجه من النافثا في عام 1941.

تطورت التكنولوجيات المختلفة لإنتاج الإيثيلين بشكل متسارع خلال فترة الأربعينيات والستينيات من القرن الماضي. وتضمنت هذه التطورات، تطوير شركة "شل" لعملية "كاتارول" Catarole باستخدام محفز النحاس والحديد في عام 1947، وتطوير عملية تكسير السرير المتحرك "Moving Bed Cracking Process". وتطوير شركة " ليرجي" Lurgi لعملية التكسير بالرمال "Sand-Cracking Process" في عام 1955 والتي استخدمت فيها الرمال كوسيط. بينما تطورت كل من عملية "باسف" BASF، وعملية "هوكست" Hoechst في عام 1960 للإنتاج المشترك للأسيتيلين، بتقنية التكسير البخاري عالي الحرارة.

كما أنتج الإيثيلين بتكنولوجيا التكسير البخاري للنافثا، وكان البروبيلين ينتج بكميات كبيرة. لذلك، ابتكرت شركة " فيليبس بيتروليم" عملية ثلاثي أوليفين " Triolefin Process"، باستخدام محفزات النحاس لتحويل البروبيلين إلى إيثيلين، وبيوتين. وتم تشغيل أول مصنع يعمل بهذه التقنية في كندا خلال الفترة 1966-1972، ثم توقف العمل بهذه التقنية في أقل من 10 سنوات.

مرت عمليات التكسير بالبخار في فترة السبعينيات من القرن الماضي بعدد من التحسينات والتطويرات التكنولوجية لنوع الأنبوب الطارد للحرارة المستخدم مثل تقصير زمن الاستبقاء، أو ما يطلق عليه زمن الاحتفاظ، أو زمن المكوث "Retention Time" في الأنبوب من 0.7 - 1.5 ثانية إلى 0.2 - 0.4 ثانية، وكان هذا بسبب اكتشاف الآلية الكامنة وراء التصاق فحم الكوك بجدار الأنبوب، ونتج عن ذلك زيادة في إنتاج الإيثيلين. كما تم تغيير وضع تركيب الأنبوب من الوضع الأفقي إلى الوضع الرأسي، بالإضافة إلى رفع كفاءة التبريد بإدخال المبادلات الحرارية "TLE "، والمساهمة في خفض استخدام الطاقة بإدخال ضواغط طرد مركزية يبين الشكل (20) تكنولوجيات إنتاج الإيثيلين.

الشكل (20): تكنولوجيات إنتاج الإيثيلين

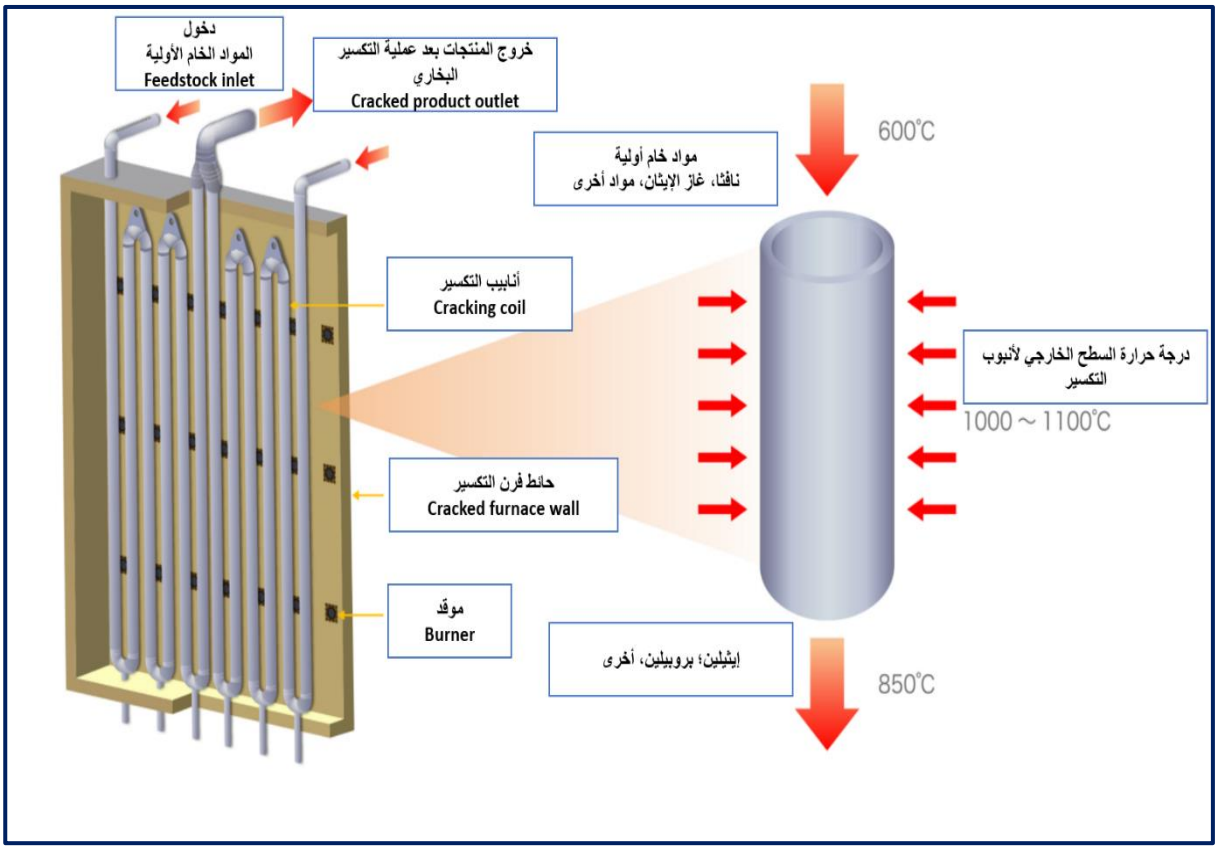


المصدر: National Museum of Nature and Science: Survey Reports on the Systemization of Technologies ,2016

اعتمد تطوير التكنولوجيات الجديدة لعمليات التكسير بالبخار على استخدام سخان الانحلال الحراري "Pyrolysis Heater "، الذي يتميز بمرونة استخدام أنواع مختلفة من المواد الأولية الخام الأكثر اقتصادية بدءاً من الغاز حتى زيت الغاز "Gas oil" بكفاءة تحت ظروف من الضغوط المنخفضة، وخفض لزمن الاستبقاء، بهدف زيادة الطاقات الإنتاجية للأوليفينات، وزيادة هوامش الربح. كما سمحت التصميمات الحديثة لسخانات الانحلال الحراري بتركيبها

وإضافتها لتوسعات المشاريع الجديدة ذات المساحات المحدودة من الأراضي. تصل الطاقة الإنتاجية للوحدة الواحدة إلى حوالي 300 ألف طن سنوياً. يبين الشكل (21) مخطط التصميمات الحديثة لأنابيب التكسير بالبخار.

الشكل (21): مخطط التصميمات الحديثة لأنابيب التكسير بالبخار



المصدر: https://www.kubota.com/products/materials/products/cracking_coil/index.html

من جانب آخر يعد نظام استرداد الأوليفينات "Olefins Recovery System" الجديد تعديلاً جوهرياً لتكنولوجيا إنتاج الأوليفينات التقليدية، وهي تكنولوجيا موفرة للطاقة. تسهم كذلك في خفض التكلفة الاستثمارية لمشروعات إنتاج الأوليفينات حيث تتميز بخفض عدد الضواغط المستخدمة بنسبة 40%، والتخلص من حوالي 25 % من المعدات المستخدمة. كما يتميز عمليات التبريد بأنها تتم في ضغط منخفض تصل قيمته إلى نصف قيمة الضغط المستخدم في التكنولوجيا التقليدية.

كما وفر نظام التبريد الجديد درجات حرارة تتراوح ما بين 40 °م إلى 140 °م تحت الصفر في نظام تبريد واحد بدلاً من ثلاثة أنظمة. يقلل كذلك خفض عدد المعدات والأجهزة من تكاليف الصيانة الدورية، ويحسن الموثوقية. [49]. يبين الشكل (22) مقطع داخلي لفرن التكسير الحراري بالبخار. ويبين الشكل (23) منطقة أفران التكسير البخاري للإيثان في أحد المصانع الحديثة.

الشكل (22): مقطع داخلي لفرن التكسير الحراري بالبخار

المصدر: https://www.mcdermott.com/

الشكل (23): منطقة أفران التكسير البخاري للإيثان في أحد المصانع الحديثة

المصدر: http://www.ugr.es/~.pdf

تعد كل من شركة " كى بي أر"، وشركة " تكنيب" Technip، وشركة " ليندي" Linde، وشركة "شاو" Shaw، وشركة " ستون، وبستر" Stone & Webster، وشركة "لامس" Lummus، من أهم مرخصي تكنولوجيا إنتاج الإيثلين على مستوى العالم [50]. هذا وتستخدم في الوقت الحالي تكنولوجيا " ستون وبستر" Stone & Webster، وتكنولوجيا "لامس" Lummus على نطاق واسع، وتبلغ بنسبة استخدامها لإنتاج الإيثيلين حوالي 40 % من إجمالي طاقة إنتاج الإيثيلين في أكثر من 200 مصنع على مستوى العالم.

2.1.4.2.3 تطور تكنولوجيا إنتاج البروبيلين

أنتج البروبيلين من الغازات الناتجة من التكسير الحراري للزيت الثقيل بنفس طريقة إنتاج الإيثيلين. طور العالم الفرنسي " هودري" Houdry عملية التكسير الحراري بالسرير الثابت Fixed-Bed Cracking في عام 1927 باستخدام محفز السيليكا والألومينا وصنَّعته شركة "صن أويل" Sun Oil الأمريكية في عام 1938. كما طورت شركة "كيلوج" Kellogge عملية التكسير الحفزي باستخدام محفز السرير المميع Fluidized Bed Catalyst في عام 1938. ثم قامت شركة "استاندرد أويل" من خلال دراسات مشتركة مع شركة "كيلوج" في عام 1940 بتطور التكسير الحفزي المميع (FCC-Fluidized Catalytic Cracking) في عام 1942. ثم طورت شركة " سكندري فكيوم "عملية "هودري" وأصبحت عملية التكسير الحراري الحفزي بالسرير المتحرك بدلاً من السرير الثابت في عام 1943.

أُنتج غاز العادم "Waste Gas" بكميات أكبر عن طريق التكسير الحفزي للزيت الثقيل، مقارنة بالتكسير الحراري، ويحتوي هذا الغاز على كميات منخفضة من الإيثيلين وكميات أكبر من البروبيلين، والبيوتيلين، لذا فقد أصبح مصدر إمداد واسع النطاق لإنتاج البروبيلين. بينما تبلغ كميات البروبيلين المنتجة بتكنولوجيا التكسير البخاري للنافثا إلى نصف كميات الإيثيلين المنتجة، واستخدمت هذه الطريقة كمصدر رئيسي لإنتاج البروبيلين، خاصة في آسيا، وأوروبا، واليابان.

زاد الطلب على البروبيلين بشكل مطرد منذ ثمانينيات القرن الماضي، بسبب نمو الطلب في الأسواق العالمية، وكانت نسب استهلاك البروبيلين لإنتاج البولي بروبيلين نحو 15 % فقط في عام 1970، لترتفع إلى أكثر من 60 % في عام 2020 [33].

أصبح هناك نقص كبير في إمدادات كميات البروبيلين في الأسواق العالمية منذ فترة التسعينيات، وخاصة مع توسع دول منطقة الشرق الأوسط في إنتاج الإيثيلين ومشتقاته من غاز الإيثان، واعتماد دول أوروبا على النافثا كمادة خام أولية لإنتاج البتروكيماويات، مما أدى إلى انخفاض إنتاج البروبيلين الناتج من عمليات التكسير بالبخار للنافثا، أومن عملية التكسير التحفيزي المائع". وارتفع سعر البروبيلين تدريجياً ليكافئ سعر الإيثيلين بحلول عام 2010، بعد أن كان سعره حوالي نصف سعر الإيثيلين. نتيجة لذلك أصبح هناك اتجاهات أخرى مساعدة لتكنولوجيا البتروكيماويات، لسد النقص في كميات البروبيلين المطلوبة.

فبينما ينتج التكسير بالبخار للغاز الطبيعي حوالي 82 % من الإيثيلين، ونحو 13 % من البروبيلين، ينتج التكسير بالبخار لمنتج النافثا حوالي 30 % من الإيثيلين، و15 % من البروبيلين. ومع عدم القدرة على تلبية الطلب المتنامي على البروبيلين، تم الاعتماد على بعض التكنولوجيات المساعدة وهي تكنولوجيا تحويل الفحم إلى أوليفينات (CTO)، وتحويل الميثانول إلى أوليفينات (MTO)، بالإضافة إلى استخدام تكنولوجيا محددة الأغراض لإنتاج البروبيلين، وهي تكنولوجيا نزع الهيدروجين من البروبان (PDH)، وهي والتي تعتمد على سحب ذرات الهيدروجين من البروبان، أجل استخلاص البروبيلين بشكل أكثر فاعلية.

3.1.4.2.3 تطور تكنولوجيا إنتاج البيوتادايين

ينتج البيوتادايين حالياً بشكل أساسي كمنتج ثانوي من إنتاج الإيثيلين بطريقة التكسير بالبخار للنافثا، ولا يتم إنتاجه من عمليات التكسير بالبخار لغاز الإيثان أو البروبان.

كان إنتاج المطاط الصناعي أمر مهم للغاية للدول الغربية خلال الحرب العالمية الثانية، لذا فقد نال إنتاج البيوتاداين أهمية كبرى في ذلك الوقت. ونظرًا لأنه لم يتم استخدام التكسير البخاري للنافثا على نطاق واسع في أوروبا واليابان إلا بعد الحرب العالمية الثانية، فقد تم إنتاج البيوتاداين خلال الحرب في هذه الدول بواسطة تقنيات كيمياء الفحم وكيمياء التخمير. حيث كانت تعتمد الطريقة الأولى على تكثيف الأسيتالديهيد الناتج من الأسيتيلين، أو الإيثانول الحيوي، ثم هدرجته لإنتاج منتج 3,1- بيوتان داي أول، ثم يجفف بعد ذلك لإنتاج البيوتاداين.

أما الطريقة الأخرى فكانت تفاعل الأسيتيلين لإنتاج ثنائي الوحدات أو الديمر "Dimer" تحت الضغط الجوي، لتكوين أحادي فينيل الأسيتيلين، ثم يتم هدرجته لإنتاج البيوتاداين. أما الطريقة الثالثة فهي تفاعل الأسيتيلين مع الفورمالدهيد لإنتاج البيوتاداين. بينما اعتمدت الطريقة الرابعة على أكسدة الإيثانول الحيوي ليتحول إلى أسيتالدهيد. تم تطوير هذه الطريقة في عام 1928، في الأتحاد السوفيتي خلال الحرب العالمية الثانية، وتم أيضاً تطبيقها في الولايات المتحدة.

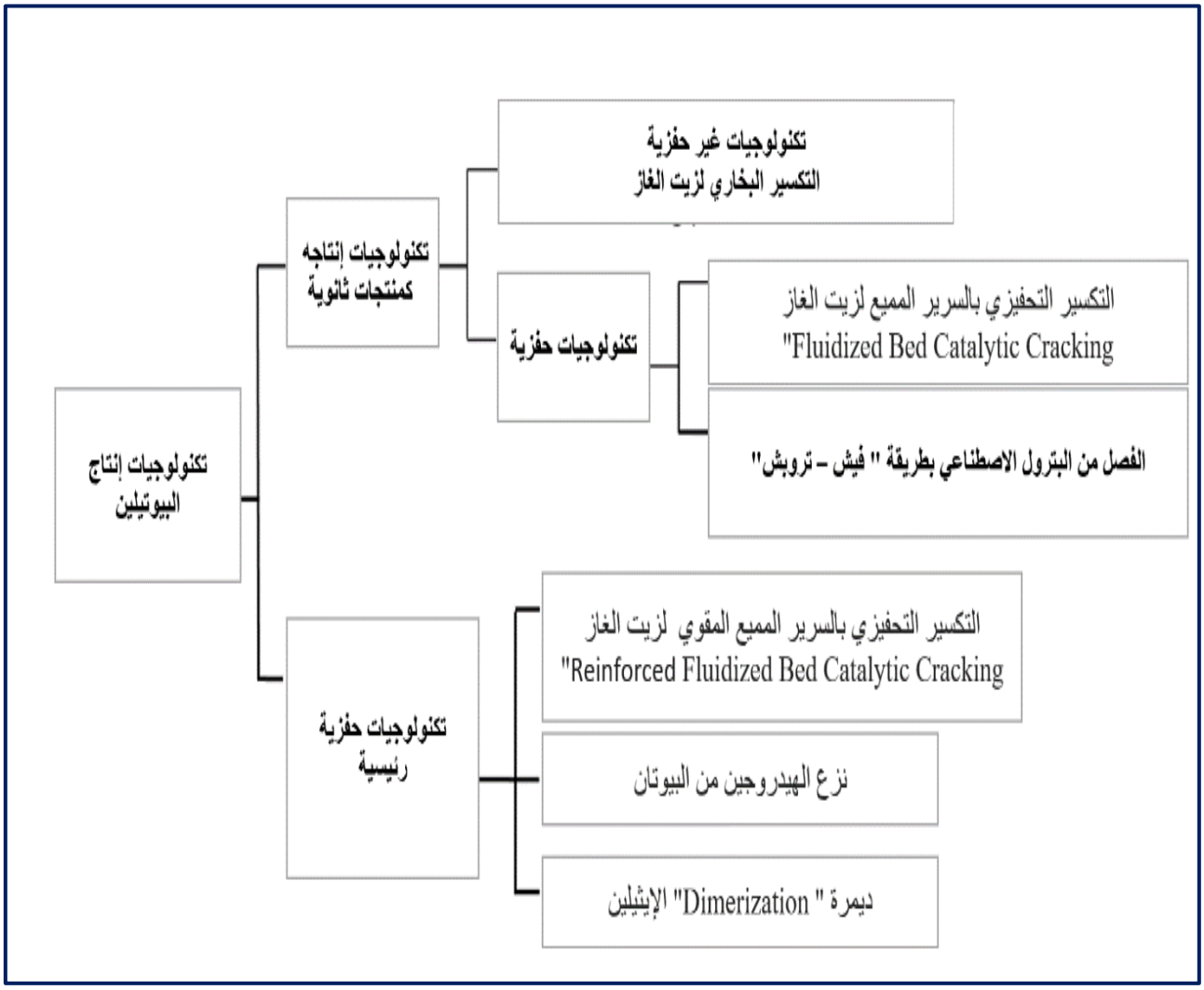
4.1.4.2.3 تطور تكنولوجيا إنتاج البيوتيلين "Butylenes"

لم تنتج البيوتيلينات إلا بعد نشأة صناعة البتروكيماويات، حيث أنتجت كمنتج ثانوي من التكسير بالبخار للنافثا، أو الغاز العادم الناتج عن التكسير الحفزي للبترول. وأنتجت أيضاً كمنتج ثانوي من إنتاج البروبيلين بطريقة "التكسير التحفيزي بالسرير المميع المقوى" Reinforced Fluidized Bed Catalytic Cracking.

زاد الطلب على منتج "الميثيل ثلاثي البيوتيل إيثر" بسرعة في الولايات المتحدة الامريكية في فترة التسعينيات من القرن الماضي بسبب استخدامه كمادة مضافة لتحسين الغازولين. لذا فقد زاد الطلب على "الأيزوبيوتيلين" المستخدم في إنتاجه. ولم تكن كميات الأيزوبيوتيلين الناتجة كمنتجات ثانوية من تقنيات التكسير بالبخار للنافثا، أو تقنيات التكسير الحفزي للبترول

كافية لتلبية الطلب المتزايد، لذا فقد تم إنتاجه بكميات كبيرة عن طريق نزع الهيدروجين من الأيزوبيوتان. ومع حظر إضافة الميثيل ثلاثي البيوتيل إيثر إلى الغازولين منذ العقد الأول من القرن الحادي والعشرين انخفضت كميات بهذه الطريقة. من جانب آخر تنتج حالياً شركة "ساسول" في جنوب أفريقيا أنواع معينة من البيوتيلينات عن طريق فصله من البترول الاصطناعي "Synthetic Petroleum"، حيث تنتج 1- بيوتيلين بطريقة " فيشر - تروبش"، وتستخدمه ككوبليمر "Copolymer" في إنتاج البولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة. بينما تنتج المملكة العربية السعودية البيوتيلين بطريقة ديمرة "Dimerization" الإيثيلين، وتستخدمه كذلك في إنتاج البولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة. يبين الشكل (24) تكنولوجيا إنتاج البيوتيلين.

الشكل (24): تكنولوجيا إنتاج البيوتيلين



المصدر: Systematic Survey on Petrochemical Technology

5.1.4.2.3 تكنولوجيا إنتاج الأوليفينات الخطية العليا Higher Linear Olefin

بدأ إنتاج الأوليفينات الخطية، قبل نشأة صناعة البتروكيماويات، عن طريق نزع المياه من الكحولات الدهنية، والتي كانت تنتج بطرق أسترة الدهون والزيوت باستخدام الميثانول "Methyl Esterification". ثم أصبح من الممكن إنتاج الأوليفينات بكميات كبيرة بعد النجاح في إنتاج حمض السلفونيك من "الدوديسين" بواسطة رباعي البروبيلين. إلا أن "الدوديسين" المنتج في تلك الفترة " مركب متفرع" Branched، مما أدى إلى حدوث مشاكل بيئية، تمثلت في تلوث الأنهار بالرغوة، وذلك نظراً لبطء التحلل البيولوجي للمركبات المتفرعة. طالبت الاعتبارات البيئية في ذلك الوقت باستبدال الكحولات الدهنية المتفرعة والمستخدمة على نطاق واسع في إنتاج المنظفات بالكحولات الدهنية الخطية.

تم تطوير عدد من تكنولوجيا البتروكيماويات لإنتاج الأوليفينات الخطية بطريقة الامتزاز باستخدام الزيوليت كعامل حفاز لفصل البارافينات العادية من الكيروسين، تليها عملية التكسير البخاري للبارافينات لإنتاج خليط من الأوليفينات الخطية. كما يمكن إنتاج الأوليفينات الخطية من الزيوت الاصطناعية بطريقة فيشر – تروبش.

أكتشف كيميائيو شركة "شل" طريقة كيميائية جديدة في عام 1968 أطلق عليها عملية شوب "SHOP" لإنتاج مركبات الألفا-أوليفينات الخطية، يتم فيها تفاعل الإيثيلين بواسطة العامل الحفاز ليعطي سلاسل أطول، حتى يتوقف التفاعل بعد إضافة عدد يتراوح ما بين "1-10" وحدة من وحدات الإيثيلين. يتم بعد ذلك تحويل الأوليفينات الخطية المنتجة إلى الديهيدات دهنية ثم تحول إلى كحولات دهنية تستخدم في إنتاج المنظفات الاصطناعية التي تتميز بسهولة التحلل الحيوي. كما تم إنتاج الأوليفينات الخطية عن طريق التكسير البخاري للشموع في عام. تم تسويق التكنولوجيا على النطاق التجاري في عام 1977 بواسطة شركة "شل الملكية الهولندية".

تستخدم الأوليفينات الخطية أيضاً في إنتاج سوائل الحفر، وإنتاج الملدنات "Plasticizers"، بالإضافة إلى المنظفات القابلة للتحلل [52]. هناك 5 تكنولوجيات رئيسية على المستوى التجاري لإنتاج الأوليفينات الخطية، وهي تكنولوجيا شركة "إينيوس"Ineos، وشركة " شيفرون فيليبس كيميكال كومباني" Chevron Phillips Chemical Company، وشركة "شل"، وشركة " ادميتسو" Idemitsu، وتكنولوجيا ألفا سابلين - α SABLIN، التابعة لشركة "سابك- ليندي" والتي تعد الأحدث في الأسواق العالمية.

تعتمد تكنولوجيا "ألفا سابلين" الحديثة على استخدام الإيثيلين كمادة خام أولية لإنتاج مجموعة متنوعة من منتجات الألفا أوليفينات الخطية في مرحلة واحدة. تم تسويق التكنولوجيا الجديدة في عام 2009 بواسطة شركة سابك السعودية، واستخدامها في مصنعها الكائن بمنطقة الجبيل بطاقة 150 ألف طن سنوياً [53].

3.3. التكنولوجيات ذات الصلة الداعمة لصناعة البتروكيماويات

ساهمت أربع تكنولوجيات أخرى ذات صلة، وداعمة في حدوث تطورات ملموسة في صناعة البتروكيماويات، وكانت ضرورية بشكل كبير، حيث ساهمت في وصولها إلى العالمية، وشملت كل من: تكنولوجيا الهندسة الكيميائية " Chemical Engineering Technology"، وتكنولوجيا الأجهزة والتحكم " Instrumentation and Control Technology"، وتكنولوجيا التحاليل بالأجهزة "Instrumental Analysis Technology"، وتكنولوجيا نمذجة البوليمرات " Polymer Modeling Technology"، كما يبين الشكل (25).

الشكل (25): التكنولوجيات ذات الصلة الداعمة لصناعة البتروكيماويات

المصدر: Systematic Survey on Petrochemical Technology

1.3.3. تكنولوجيا الهندسة الكيميائية "Chemical Engineering Technology"

تم تطوير تكنولوجيا الهندسة الكيميائية من قبل صناعة تكرير النفط الأمريكية في عام 1910، وتم العمل بها في البداية كنظام أكاديمي يركز على العمليات الفيزيائية المستخدمة في صناعة تكرير النفط والصناعات الكيميائية، مثل عمليات التدفق (نقل السوائل، والترشيح)، والتوصيل الحراري ونقل الكتلة (امتصاص الغاز، والتقطير، والاستخراج، والتجفيف، والامتزاز).

حدثت فيما بعد تطورات أخرى في هندسة العمليات، التي تدرس عمليات تكرير النفط والعمليات الكيميائية بشكل عام، وهندسة التفاعل، التي تركز على جزء التفاعل الأساسي من العملية الصناعية. ثم أصبحت لاحقاً الهندسة الكيميائية ركن أساسي ليس فقط من حيث التصميم، والمشتريات، وإدارة بناء وتشغيل وحدات ومنشآت البتروكيماويات بمفردها، ولكن

أيضًا لتخطيط وتصميم المصانع الكاملة، والمجمعات الصناعية الشاملة. يبين الشكل (26) أول مختبر لاختبار المواد في صناعة الكيماويات عام 1912 التابع لشركة "باسف"، وأصبح هذا المختبر بداية هندسة المواد في الوقت الراهن.

الشكل (26): أول مختبر لاختبار المواد في صناعة الكيماويات عام 1912 التابع لشركة باسف

المصدر: BASF History, 1865 – 2015

2.3.3. تكنولوجيا الأجهزة والتحكم "Instrumentation and Control Technology"

تعد تكنولوجيا الأجهزة والتحكم الآلي من التكنولوجيات الداعمة لصناعة البتروكيماويات، وهي طرق لتشغيل المصانع ألياً وتشمل طرق القياسات باستخدام أجهزة القياس المختلفة، والتحكم الآلي، واستخدام الصمامات الألية. تحتوي هذه المصانع على غرف تحكم مركزية للمراقبة والتحكم، وأطلق على هذه الطريقة في التشغيل، اسم "أتمتة

العمليات" Automated Production Processes، وكانت صناعة البتروكيماويات وصناعة تكرير النفط أول من طبق عمليات الإنتاج المؤتمتة.

3.3.3. تكنولوجيا التحليل بالأجهزة "Instrumental analysis"

تشمل في الغالب تكنولوجيا التحليل بالأجهزة في صناعة البتروكيماويات استخدام أجهزة كروماتوغرافيا الغاز، والأشعة الطيفية تحت الحمراء. تم إدخال أول كروماتوجرافيا غاز في العالم عام 1955، ويتم التحليل بطريقة كروماتوغرافيا الغاز عن طريق فصل المكونات الغازية والمكونات السائلة التي تتبخر بسهولة. أما في طريقة التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء، يتم تحليل المركبات العضوية حسب المجموعة الوظيفية، وكانت أجهزة التحليل المستخدمة في عام 1957 باهظة الثمن، وسرعان ما انخفضت بشكل واضح، وأصبحت تستخدم على نطاق واسع في صناعة البتروكيماويات، ليس فقط من أجل البحث والتطوير ومراقبة الجودة، ولكن أيضًا لإدارة العمليات.

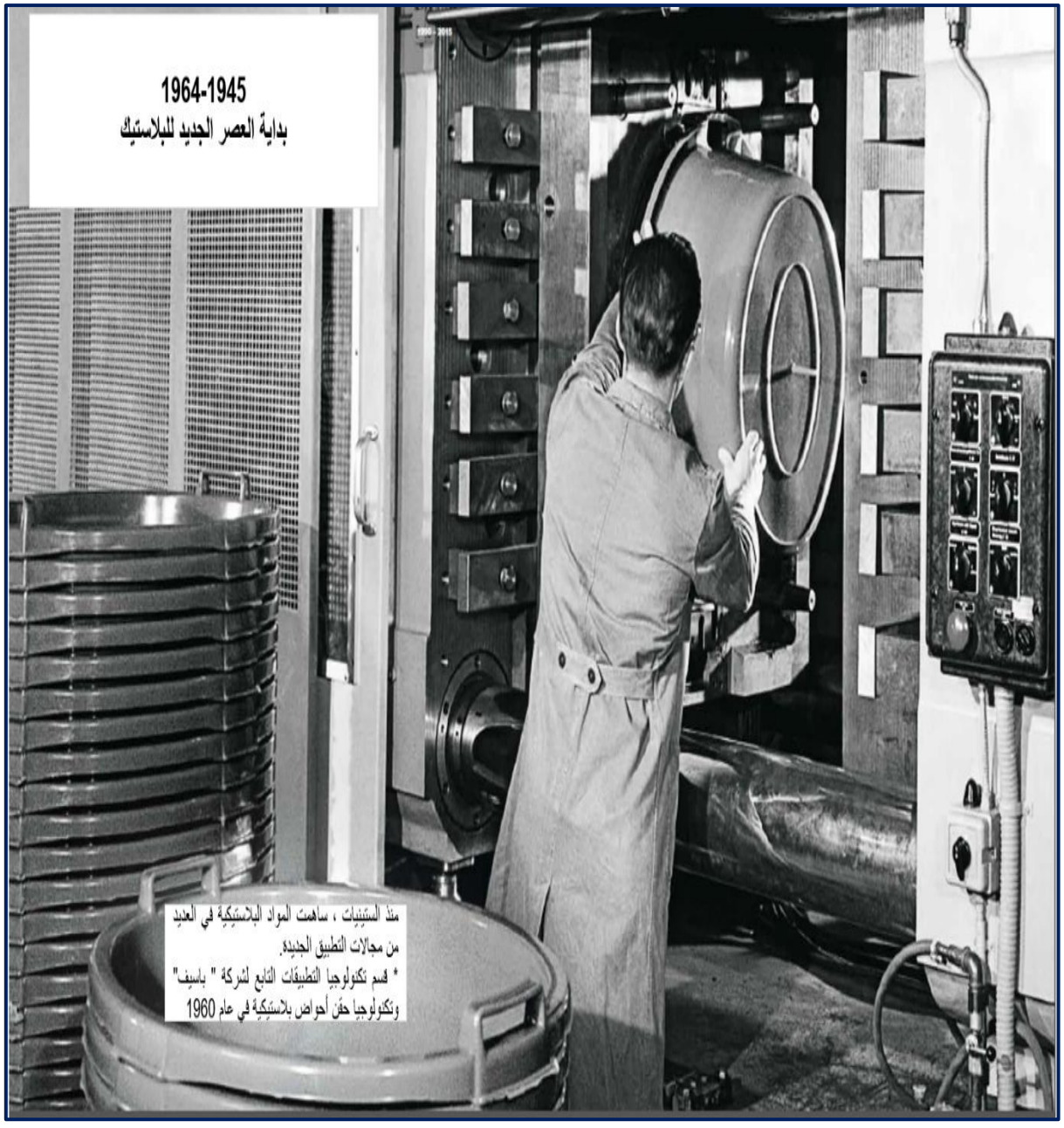
4.3.3. تكنولوجيا قولبة أو نمذجة البوليمرات "Polymer Molding Technology"

تم تطوير تقنية صب المطاط الطبيعي كتقنية لنمذجة أو قولبة البوليمرات منذ منتصف القرن التاسع عشر، وتم اكتشاف تقنيات تقسية المطاط بالكبريت في عام 1839. قام "توماس هانكوك" في عام 1849 بتطوير آلات معالجة المطاط، وتقنيات تقسية المطاط بالكبريت في المملكة المتحدة، وأصبحت تكنولوجيا صب المطاط صناعة واسعة النطاق قبل الحرب العالمية الثانية.

بدأ إنتاج بوليميرات البولي فينيل كلوريد، والبولي ستيرين، والبولي إيثيلين، والبوليمرات الأخرى على النطاق التجاري في أوروبا في فترة الثلاثينيات من القرن الماضي. وبحلول عام 1939 تم تصنيع الأنابيب البلاستيكية الصلبة من مادة البولي فينيل كلوريد. شملت التقنيات

ذات الإنتاجية العالية لتشكيل البوليمرات الحرارية كل من: القولبة بالبثق، والتشكيل بالنفخ أو التشكيل بالحقن. هذا وقد تم تطوير تقنيات التشكيل بالحقن في أوروبا قبل الحرب العالمية الثانية، واستخدمت لعدد محدود جداً من المنتجات وبطرق تشكيل ذات سرعات بطيئة جداً. يبين الشكل (27) بداية عصر إنتاج البلاستيك بطرق الحقن في فترة الستينيات من القرن الماضي.

الشكل (27): بداية عصر إنتاج البلاستيك بطرق الحقن في فترة الستينيات من القرن الماضي

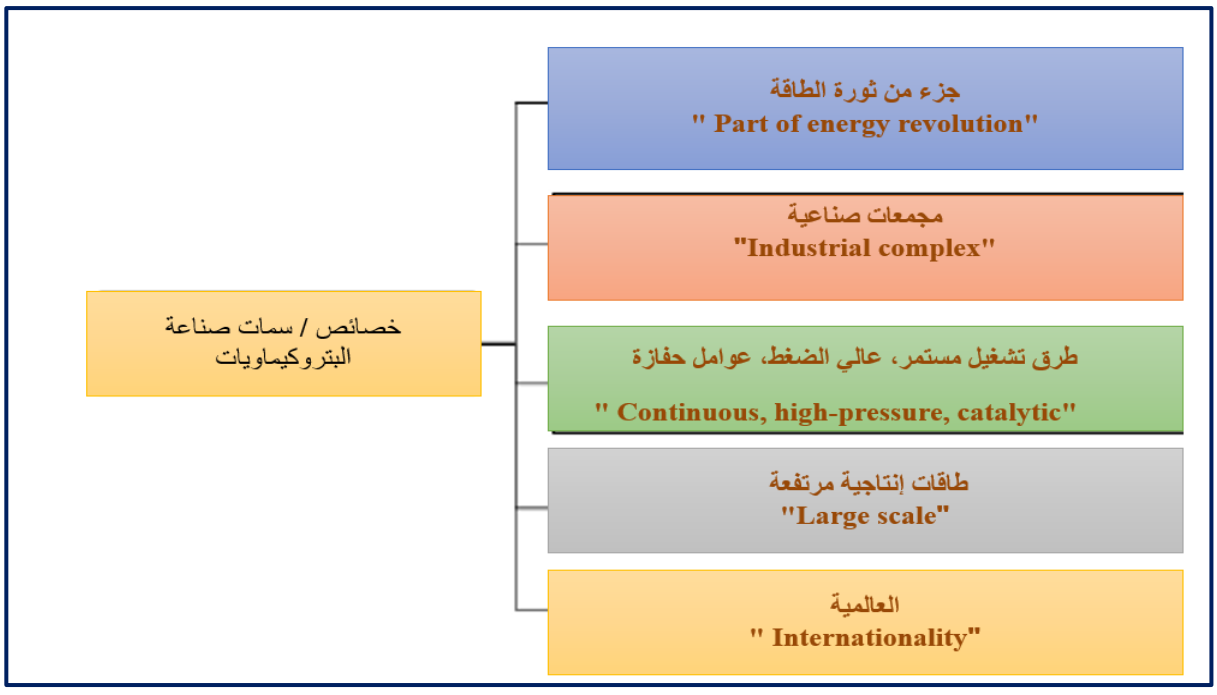


المصدر: BASF History, 1865 – 201

4.3. خصائص صناعة البتروكيماويات

تكشف المقارنة بين إنتاج الكيماويات في فترات ما قبل صناعة البتروكيماويات، وانتاجها في الوقت الحالي عن أهم خمس خصائص رئيسية تميزت بها تكنولوجيا البتروكيماويات الحديثة، وشملت: اعتبار البتروكيماويات جزء من ثورة الطاقة، وتميز مشروعاتها الحديثة بكونها مجمعات صناعية متكاملة، واعتماد العمليات الصناعية فيها على طرق التشغيل المستمر، تحت ضغط عالي، وباستخدام العوامل الحفازة، بالإضافة إلى تميز مشروعات البتروكيماويات بأنها ذات طاقات إنتاجية مرتفعة، وتميزها بالعالمية كما يبين الشكل (28).

الشكل (28): خصائص تكنولوجيا صناعة البتروكيماويات



المصدر: Systematic Survey on Petrochemical Technology

1.4.3. جزء من ثورة الطاقة "Part of Energy Revolution"

بدأ توريد النفط في حقبة الخمسينيات من القرن الماضي من دول الشرق الأوسط إلى دول أوروبا، واليابان بكميات كبيرة، وتحول البترول إلى المصدر الرئيسي للطاقة بدلاً من

الفحم، وعرفت هذه الحقبة باســـم ثورة الطاقة. بدأت الصـــناعات الكيميائية في التحول إلى اســـتخدام بعض مشـــتقات النفط كمواد تغذية أولية بدلاً من الفحم، والمنتجات الزراعية، وكان هذا بمثابة مشاركة صناعة البتروكيماويات كجزء من ثورة الطاقة [11].

2.4.3. مجمعات صناعية "Industrial Complex"

من الســـمات الهامة في صـــناعة البتروكيماويات ليس فقط اســـتخدام بعض المشـــتقات البترولية كمواد تغذية أولية، ولكن أيضـــا اســـتخدامها في الغالب في شـــكل ســـوائل خلال من مراحل الإنتاج المختلفة. كما توجد بعض البتروكيماويات الأساسية وعدد من المواد الكيميائية العضوية الصناعية على شكل غاز، أو سائل في درجات الحرارة العادية. لذا غالباً ما يتم نقل كل هذه المواد عن طريق المضـــخات والأنابيب داخل المصـــانع، وغالبًا ما يتم تخزينها في صهاريج.

من جانب آخر تكون بعض منتجات البتروكيماويات على شكل منتجات صلبة، كحبيبات "Pellets"، أو مســـاحيق "Powders"، وبعضـــها يكون على هيئة ســـوائل مثل المذيبات، والمســـتحلبات. لذا يتم دمج مصـــانع البتروكيماويات والتكرير في مجمعات صـــناعية لتســـهيل عمليات نقل وتداول المواد المختلفة على نطاق واســـع، ولمســـافات طويلة بين المصـــانع، وبالتالي تتحقق الأستفادة المثلى من تكامل الطاقة، والمرافق المستخدمة بين المصانع المختلفة المكونة للمجمعات الصناعية.

ينتج عدد من المنتجات البتروكيماوية الأساسية بين صناعتي التكرير والبتروكيماويات بشـــكل مشـــترك "Coproducts"، لتســـتخدم هذه المنتجات كمواد خام أولية لإنتاج المواد الكيميائية العضـــوية، والبوليمرات المختلفة. لذا فإن مصـــانع الإنتاج تكون متقاربة ومترابطة بشبكة داخلية من الأنابيب لنقل المواد الخام الأولية، أو المنتجات وبالتالي يتم تشكيل مجمعات

صـــناعية. يبين الشـــكل (29) نموذج تكامل صـــناعات التكرير والبتروكيماويات في اليابان وتايلاند.

الشكل (29): نموذج تكامل صناعات التكرير والبتروكيماويات في اليابان وتايلاند

المصدر: Innovations in Petroleum Refining Industry and Role of Japanese Refining Technology,2015

3.4.3. عمليات تشغيل مستمر، وضغط عالي، وعوامل حفازة
" Continuous, High-Pressure, Catalytic Processes"

تتم مجموعة من العمليات الصناعية تحت ضغط عالي لإنتاج البتروكيماويات، ويعتمد تخطيط المصنع وطرق التشغيل اعتماداً كبيراً على ما إذا كانت كيفية عمليات الإنتاج مستمرة "Continuous"، أو على دفعات "Batches". من السمات المميزة أيضاً لتكنولوجيا البتروكيماويات الاستخدام الكثيف للعوامل الحفازة. من المفارقات أن عمليات التكسير بالبخار سواءً لغاز الإيثان، أو النافثا تتم داخل مفاعلات ضخمة تعمل بدون استخدام العوامل الحفازة "Non- Catalytic Reaction"، ويعتمد الإنتاج فيها بشكل مباشر على الحرارة، والضغط، وزمن التلامس. يتم خلط مادة التغذية من الغازات، أو المشتقات البترولية السائلة ببخار الماء ثم يمرر الخليط خلال مفاعلات ترتفع درجات الحرارة فيها إلى نحو 870 ^{0} م.

4.4.3. طاقات إنتاجية مرتفعة "Large Scale"

أصبحت ميزة الطاقات الإنتاجية المرتفعة أحد الخصائص المميزة الرئيسية لصناعة البتروكيماويات الحديثة. حيث توسعت الطاقات الإنتاجية لوحدات التكسير البخاري للنافثا لإنتاج الإيثيلين التي تم أنشائها في أواخر الخمسينات من القرن الماضي من 20 ألف طن سنوياً إلى نحو 50 ألف طن سنوياً في أوائل الستينيات، ثم سرعان ما ارتفعت إلى حوالي 100 ألف طن في منتصف الستينيات، وبلغت 300 ألف طن بنهاية الستينيات. إلى أن تم بناء مصانع حديثة لإنتاج الإيثيلين من النافثا بطاقات إنتاجية تراوحت ما بين 0.6 إلى 1.2 مليون طن سنوياً، في حين بلغت أكثر من 1.5 مليون طن سنوياً من مفاعلات التكسير البخاري لغاز الإيثان.

5.4.3. التوجه نحو العالمية "Internationality"

جاءت صـــناعة البتروكيماويات بعد الحرب العالمية الثانية وســـط توجه عالمي لمنع ومكافحة سياسات الاحتكار، وكان من الصعب على أي دولة أن تحتكر إنتاج البتروكيماويات على مســـتوى العالم من خلال إخفاء أو عدم الصـــفح عن التقنيات الجديدة المســـتخدمة. واصـــبحت تكنولوجيا البتروكيماويات أكثر تدويلاً على المســـتوى العالمي، بهدف ســـرعة استرداد تكاليف ونفقات تطوير التكنولوجيات في أقرب وقت ممكن. ومنذ بدء توسع صناعة البتروكيماويات وانتشـــارها خارج الولايات المتحدة الأمريكية في كل من أوروبا واليابان في فترة الخمسـينيات من القرن الماضـي، أصـبحت صـناعة البتروكيماويات صـناعة عالمية، خاصة في مجال التكنولوجيا المستخدمة، وتداول المواد الخام الأولية اللازمة للإنتاج، وتجارة المنتجات النهائية. ولم تستطع صناعة الصبغات الاصطناعية التي تطورت في أواخر القرن التاسع عشر، أو صناعة الكيماويات من الفحم، التي تطورت في القرن العشرين من أن تصل إلى مستوى العالمية الذي وصلت إليه صناعة البتروكيماويات.

5.3. ثورة البتروكيماويات في أوروبا

انطلقت ثورة البتروكيماويات في أوروبا في فترة الخمسينيات من القرن الماضي، مع بداية زيادة نمو الطلب على المنتجات البلاستيكية، وزيادة الاستهلاك الجماعي، نظراً لتطور مواصفات منتجات البلاستيك الاستهلاكية المستخدمة في الأغراض العامة، والمطاط الصناعي متعدد الأغراض. وشملت بعض تلك المنتجات تطوير منتجات البولي إيثيلين منخفض الكثافة بواسطة شركة " أي سي أي" في المملكة المتحدة، وتطوير منتجات البولي فينيل كلوريد بواسطة شركة "أي جي فاربين" IG Farben، وتطوير منتجات البولي ستيرين، والمطاط الصناعي، والبولي إيثيلين عالي الكثافة بواسطة شركة " هوكست" الألمانية، وتطوير البولي بروبيلين بواسطة شركة " مونتيكاتيني" الإيطالية.

مع بداية بناء مصانع التكسير البخاري للنافثا توسع إنتاج البوليمرات، والعطريات بسرعة في أوروبا، وبدأت الشركات الأوروبية في إنتاج الألياف الاصطناعية بعد فترة وجيزة من نظيراتها في الولايات المتحدة، واستطاعت أيضاً تطوير منتجاتها الخاصة. حيث أنتجت ألمانيا منتج "النيلون "6 من الفينول. كما بدأت شركة " أي سي أي" في عام 1955 في إجراء الأبحاث مع التركيز على التسويق، كما تم في نفس الوقت بدأ الإنتاج الكامل لمصنع "ويلتون" التابع للشركة. حصلت شركة دوبونت" DuPont، على حق استخدام براءة الاختراع لمنتج " نيلون 6" شركة "، وأنتجته على نطاق واسع في الولايات المتحدة الأمريكية في عام 1953. وكانت شركة " دوبونت" قد بدأت بالفعل في إنتاج ألياف الأكريليك في عام 1949، بينما بدأت شركة " أيه جي باير" Bayer AG الألمانية الغربية إنتاجه في عام 1951.

1.5.3. تطور تكنولوجيا البتروكيماويات في أوروبا

كان اكتشاف محفزات "زيغلر – ناتا" أكبر مساهمة من أوروبا في تاريخ صناعة البتروكيماويات، والتي مكنت من إنتاج مجموعة هامة من البوليمرات مثل البولي إيثيلين عالي الكثافة، والبولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة، والبولي بروبيلين، ومطاط الإيثيلين بروبيلين.

بدأت أوروبا في إنتاج الأوليفينات، والعطريات، بعمليات التكسير البخاري للنافثا، واعتمدت في البداية على تكنولوجيا إنتاج الإيثيلين التي تم تطويرها في الولايات المتحدة. ثم تطورت تكنولوجيا إنتاج البتروكيماويات بوتيرة متسارعة في دول أوروبا، وأصبحت موطناً لعدد كبير من الشركات الكبرى المطورة لتكنولوجيا البتروكيماويات. ونجحت الشركات الأوروبية في استخدام هذه التكنولوجيات على النطاق التجاري.

نجحت بعض الشركات في الاستفادة من تلك التكنولوجيات، والمرافق المتوفرة للإنتاج المشترك لكل من الإيثيلين، والأسيتيلين. ولم يعد هناك حاجة إلى الاعتماد على الأسيتيلين بشكل

رئيسي في إنتاج الأوليفينات بعد استقرار أسعار المنتجات البترولية وتطوير التكنولوجيات التي مكنت من إنتاج جميع البتروكيماويات تقريبًا من الأوليفينات.

تم تطوير عدد من التكنولوجيا الهامة لإنتاج الكيماويات العضوية الصناعية في أوروبا. وبدأت المصانع في استخدام عملية " هوكست- واكر" Hoechst-Wacker في عام 1959، لإنتاج الأسيتالديهيد بأكسدة الإيثيلين بالهواء، مما ساهم في انتشارها سريعاً على مستوى العالم، وفي عام 1962، حولت شركة "يونيون كربيد" Union Carbide، وشركات أمريكية أخرى مصانعها للإنتاج بهذه العملية.

تم تطوير طريقة تصنيع أسيتات الفينيل من الإيثيلين وحمض الأسيتيك في الحالة السائلة باستخدام نفس المحفز المستخدم في عملية "هوكست- واكر" في عام 1960 في الأتحاد السوفيتي، وبعد فترة وجيزة، طورت شركة "باير" Bayer وآخرون عملية الإنتاج في الحالة الغازية.

أُخترع منتج البولي إيثيلين منخفض الكثافة في عام 1933 بواسطة شركة " أي سي أي" البريطانية، وتم إنتاجه باستخدام البلمرة الجذرية تحت ضغط جوي عالي مع الأكسجين. في نفس الوقت، طور الكيميائي الألماني "كارل زيغلر" تكنولوجيا جديدة لإنتاج البولي إيثيلين تحت الضغط الجوي باستخدام محفز زيغلر- ناتا. وتم استخدام هذه الطريقة من قبل شركة "مونتيكاتيني" Montecatini الإيطالية في عام 1954، وشركة "هوكست" Hoechst الألمانية الغربية في عام 1955، وشركة "رون بولينك" الفرنسية Rhone Poulenc في عام 1956.

كان البولي إيثيلين منخفض الكثافة المنتج بهذه الطريقة، ذو خصائص وتطبيقات مختلفة تماماً عن البولي إيثيلين عالي الكثافة المنتج تحت الضغط العالي.

في غضون ذلك استخدمت شركة " فيليبس كميكال"Phillips Chemical، في الولايات المتحدة، محفزً جديد لأكسيد الكروم، بينما استخدمت شركة "استندرد أويل" Standard Oil محفز أكسيد الموليبدينوم في التقنيات الخاصة بها والتي تم تطويرها في عام 1957 لبلمرة البولي إيثيلين عالي الكثافة عند ضغوط تتراوح ما بين 30 إلى 40 جو. لهذا السبب، يُشار إلى طرق التصنيع التي تستخدم محفز زيغلر- ناتا على أنها عمليات الضغط المنخفض، بينما تسمى تلك المستخدمة بواسطة شركة "فيليبس" وغيرها من الطرق المماثلة بعمليات الضغط المتوسط.

في حين تم إنتاج البولي إيثيلين منخفض الكثافة من خلال عمليات الضغط العالي (البلمرة الجذرية)، واستخدام طرق البلمرة الحفزية لإنتاج البولي إيثيلين عالي الكثافة، لم يكن من الممكن إنتاج "بوليمرات البروبيلين عالية الأداء" عن طريق بلمرة البروبيلين. ولكن نجح الكيميائي الإيطالي "جوليو ناتا" في إنتاج البولي بروبيلين عالي الأداء من خلال تطوير طريقة البلمرة الفراغية النوعية للبروبيلين في وجود محفز ناتا. كانت شركة " مونتيكاتيني" أول شركة تضع البولي بروبيلين على نطاق الإنتاج التجاري. أنتجت الشركة راتنجات البولي بروبيلين في عام 1957في مصنعها في فيرارا (إيطاليا)، وبدأت في عام 1960 في إنتاج الألياف الاصطناعية في مصنع تيرني (إيطاليا).

ساهمت محفزات "زيغلر- ناتا" في إنتاج عدد من المنتجات الأخرى كالبيوتادايين، ومطاط البولي بيوتادايين عالي الأداء BR. في عام 1960 وضعت شركة " فيليبس بتروليوم" Phillips Petroleum هذه العملية قيد الاستخدام العملي في الولايات المتحدة، واستخدمت على النطاق التجاري في الولايات المتحدة في عام 1959.

2.5.3. دمج تكنولوجيا البتروكيماويات الأمريكية والأوروبية

أدى دمج تكنولوجيا البتروكيماويات الأمريكية مع تكنولوجيا الإنتاج في دول أوروبا إلى إنتاج منتجات البتروكيماويات بكميات كبيرة. واعتمدت كل من دول أوروبا واليابان في إنتاج الأوليفينات، والعطريات على تكنولوجيا التكسير البخاري للنافثا، والمنتجات البترولية الخفيفة. بينما طورت الولايات المتحدة، طريقة لاستخراج واستعادة الهيدروكربونات العطرية من النافثا المحسّنة تحفيزياً، لإنتاج الغازولين عالي الأوكتان، وسرعان ما تم اعتماد هذه الطريقة على نطاق واسع. واستخدمت هذه التكنولوجيا أيضاً لاستعادة الهيدروكربونات العطرية. وتحول البترول كمصدر لإنتاج العطريات في كل من الولايات المتحدة وأوروبا بشكل كبير بدلاً من قطران الفحم. وبدأ التحول نفسه في اليابان في أواخر الخمسينيات من القرن الماضي، أي بعد أوروبا بنحو خمس سنوات.

في مجال تكنولوجيا إنتاج المواد الكيميائية العضوية الصناعية، تم تطوير عملية الإماهة الحفزية المباشرة "Direct Catalytic Hydration Process " بدلاً من طريقة حمض الكبريتيك المستخدمة في إنتاج الإيثانول، وتم تطبيقها على النطاق التجاري في عام1948. وهكذا، تم تطوير التكنولوجيات التي تستخدم المحفزات، ولا سيما المحفزات الصلبة لتحقيق الإنتاج المباشر، أو إنتاج المركبات العضوية الوسيطة من الأوليفينات والهيدروكربونات العطرية، وأصبحت فيما بعد هي السائدة في صناعة البتروكيماويات.

قفزت تكنولوجيا إنتاج البوليمرات مع اكتشاف محفزات "زيغلر- ناتا"، ولم يصبح اكتشاف هذه المحفزات المركبة العضوية المعدنية، القوة الدافعة الرئيسية وراء التقدم في تكنولوجيا إنتاج البوليمرات فحسب، بل أدى أيضا إلى قفزات هائلة في صناعة البتروكيماويات من حيث حجم الإنتاج.

تمت اكتشـــافات العوامل الحفازة في كل من ألمانيا وإيطاليا، وليس في الولايات المتحدة التي كانت مهد صـــناعة البتروكيماويات، وهكذا لم تعد للولايات المتحدة هي الدولة الوحيدة المهيمنة على تكنولوجيا إنتاج البتروكيماويات.

3.5.3. نشأة صناعة البتروكيماويات في اليابان

طورت اليابان صناعة الكيماويات على نطاق واسع اعتماد على الفحم، والإيثانول الحيوي قبل وأثناء الحرب العالمية الثانية. وبعد هزيمتها في الحرب، بدأت في إعادة بناء الصناعة اعتماداً على مواردها الطبيعية من الفحم، والحجر الجيري. وبحلول أواخر الأربعينيات من القرن الماضي، تمكنت اليابان من الوصول إلى الكثير من المعلومات حول تقدم صناعة البتروكيماويات واستخدامات منتجات البوليمرات في الولايات المتحدة الأمريكية. استأنفت اليابان إنتاج "الأسيتالديهيد العضوي الوسيط" من الأسيتيلين. وفي أوائل الخمسينيات، تمكنت من إنتاج مجموعة من المنتجات القائمة على "الأسيتيلين"، بما في ذلك الفينيل كلوريد، والبولي فينيل كلوريد، والفينيل أسيتات، وراتنجات الميثاإكريلات، والنايلون.

بدأت اليابان أيضاً في إنتاج الفيثاليك أنهيدريد، والفينول، والكابرولاكتام، والنايلون من الفحم. كما زاد إنتاج راتنجات اليوريا باستخدام منتجات اليوريا والميثانول والفورمالدهيد. بالإضافة إلى إنتاج كل من السليوليد، وراتنجات الفينول، والحرير الصناعي. واستوردت اليابان أيضاً البولي إيثيلين منخفض الكثافة، والبولي ستيرين من الولايات المتحدة، ووجدت اليابان نفسها مندفعة بالكامل إلى عصر البوليمرات حتى قبل أن تنطلق بها صناعة البتروكيماويات بشكل كامل.

بداية ظهور صناعة البتروكيماويات في اليابان كان في عام 1952، حيث تمكنت اليابان من إنتاج الغاز الطبيعي (الميثان)، ثم بدأت شركة "كيماويات الغاز اليابانية" Japan Gas Chemical، بإنتاج الميثانول في مصنعها في مدينة "نيغاتا"، وتبع ذلك إنتاج الأمونيا واليوريا

في عام 1957. بدأت شركة "تويو كواتسو" Toyo Koatsu في عام 1958، في إنتاج الميثانول من الغاز الطبيعي.

تحول المنتجون في اليابان إلى استخدام الغاز الطبيعي، والنافثا، وغاز البترول المسال بدلاً من غاز فحم الكوك لإنتاج الميثانول. وبدأت صناعة البتروكيماويات في اليابان بالتكسير البخاري للنافثا، كما حدث في أوروبا. حيث تم تشغيل مصنع " إيواكوني" Iwakuni التابع لشركة ميتسوي للصناعات البتروكيماوية، وهو أول مصنع لتكسير النافثا بالبخار لإنتاج الإيثيلين في اليابان، ثم أضافت الشركة مصنع لإنتاج البولي إيثيلين، وأنشئت مصانع لإنتاج العطريات، وأكسيد الإيثيلين، والغلايكول، ثم بدأت في إنتاج الفينول، والأسيتون. من جانب آخر بدأت شركة "سوموتو كيميكال" Sumitomo Chemical، في إنتاج البولي إيثيلين في مصنع " أوي" Oe التابع لها. كما بدأت شركة "ميتسوبيشي بتروكيمكال" Mitsubishi Petrochemical، في إنتاج الستيرين، والبوتادايين.

بحلول الستينيات ونظرًا للتطور السريع في صناعة البتروكيماويات، بدأت اليابان في مواكبة الولايات المتحدة وأوروبا، وأصبحت هذه المناطق الثلاث هي الرائدة في صناعة البتروكيماويات العالمية. ونمت صناعة البتروكيماويات اليابانية بسرعة كبيرة في الستينيات حتى تجاوزت العديد من الدول الأوروبية في الطاقة الإنتاجية للإيثيلين.

احتلت صناعة البتروكيماويات اليابانية في نهاية الستينيات المرتبة الثانية على مستوى العالم بعد الولايات المتحدة. بلغ إنتاج اليابان من بوليمرات البلاستيك حوالي 100 ألف طن في منتصف الخمسينيات، ثم تضاعف الإنتاج بعد خمس سنوات فقط في عام 1960 بأكثر من خمسة أضعاف لتصل الطاقة الإنتاجية إلى حوالي 600 ألف طن. ثم قفز الإنتاج إلى 5 ملايين طن بعد عشر سنوات، ومنذ السبعينيات حتى الأن تمثل راتنجات البولي إيثيلين، والبولي بروبيلين، والبولي ستيرين، والبولي فينيل كلوريد، الراتنجات الأربعة الرئيسية في اليابان.

كانت اليابان مُنتج رئيسي "للحرير الصناعي" قبل الحرب العالمية الثانية، وكانت صناعة حرير "الرايون" من أوائل الصناعات التي تعافت بعد الحرب. بحلول عام 1965، شكلت ألياف الرايون، والأسيتات، والألياف الكيميائية الأخرى حوالي 48٪ من إجمالي المنسوجات، وأصبحت هذه الألياف تنافس الألياف الطبيعية، مثل القطن والصوف والحرير. شهد النصف الأخير من الستينيات طفرة في صناعة الألياف الاصطناعية، وبحلول عام 1970 احتلت الألياف الاصطناعية المركز الأول في الأسواق. واستمر ارتفاع نسبة الألياف الاصطناعية، لتمثل حالياً نحو 80٪ من إنتاج الألياف في اليابان.

6.3. نهاية ثورات البتروكيماويات في الولايات المتحدة واليابان وأوروبا

انتهى النمو الاقتصادي، ونمو صناعة البتروكيماويات الذي شهدته الولايات المتحدة الأمريكية، وأوروبا، واليابان في فترة السبعينيات من القرن الماضي بسبب الارتفاع الحاد في أسعار النفط الخام في عام 1973، ومرة أخرى في عام 1979. وانتهى عصر النفط الخام الرخيص، مما أدى إلى خفض معدلات التشغيل، ونتج عن ذلك ارتفاع كبير في تكاليف إنتاج البتروكيماويات، وأسعارها، ونتيجة لذلك انخفضت هوامش ربحية صناعة البتروكيماويات. وأدى ارتفاع التكلفة إلى انخفاض معدلات نمو صناعة البتروكيماويات في الثلاث مناطق الرئيسية لصناعة البتروكيماويات.

تخلى عدد كبير من الشركات العالمية الأمريكية، والأوروبية، عن التوسع في مشروعات البتروكيماويات داخل دولها، وتحولت إلى التركيز بدلاً من ذلك على النمو في مجالات جديدة لمنتجات الكيماويات، مثل إنتاج الأدوية. لم تكن تلك التحولات ناجحة على الدوام، ولم تنجح عدد من الشركات الرائدة مثل شركة " هوكست" الألمانية، وشركة" أي سي أي" الإنجليزية في المجالات الجديدة. بينما قامت شركات أخرى مثل "دوبونت"، و"باير" في التوجه نحو نشاطات أخرى في قطاعات الزراعة، والأدوية، وعلى الرغم من ذلك لم يكن نجاح هذه الشركات في القطاعات الجديدة يماثل نجاحهم في قطاع البتروكيماويات.

اختارت بعض شركات البتروكيماويات الأوروبية مثل شركة "باسف" وشركة " داو كيميكالز" الابتعاد عن نشاط البتروكيماويات، وقام عدد كبير منها بتقليص أعمالها في مجال البتروكيماويات الاستهلاكية، ولكنها أبقت عليها كأساس لعملياتها مع التحول إلى المنتجات الهندسية أو الوظيفية. اتبعت العديد من شركات البتروكيماويات اليابانية هذا المسار، ونجحت شركة "سانيو كيميكال" في أول إنتاج لراتنجات حمض البولي أكريليك الفائق الامتصاص على النطاق التجاري العالمي لأول مره في 1978. كما نجحت أيضاً شركة " زون" في عام 1990 في إنتاج، وتسويق البوليمرات الأليفاتية الحلقية "Cyclo Olefin Polymer" المستخدمة في تصنيع البصريات.

لم يقتصر الأمر على تطوير وإنتاج البوليمرات الوظيفية فقط، بل امتد الأمر إلى تطوير تقنيات التشغيل والقولبة، مما ساهم في إنتاج منتجات جديدة وظهورها في الأسواق، وتحولت الشركات إلى إنتاج منتجات تخصصية بهدف زيادة القيمة المضافة لمنتجات البتروكيماويات.

7.3. تطور صناعة البتروكيماويات في الصين

أنتجت الصين أول منتج بتروكيماويات من الألياف الاصطناعية، ومع زيادة نمو الطلب وحجم الإنتاج، اعتمدت الصين على استيراد عدد من المواد الخام مثل الإيثيلين غلايكول، والأكريلونيتريل، وحمض التيرفيثاليك النقي لإنتاج الألياف الاصطناعية. هيمنت صناعة المنسوجات الصينية على العالم في التسعينيات، وسعت الصين إلى التوسع في إنتاج الألياف الاصطناعية. أدى دخول الصين إلى هذا السوق إلى انكماش الأسواق في كل من اليابان والولايات المتحدة وأوروبا.

مع بداية العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، رفعت الصين طاقاتها الإنتاجية من الألياف الاصطناعية، لتشكل حوالي 70 % من الأسواق العالمية، مما أدى إلى تقليص حجم إنتاج دول مثل تايوان، وكوريا الجنوبية، اللتين برزتا كمصنّعين للألياف الاصطناعية في فترة

السبعينيات. كما بدأت الصين في نفس الوقت في التوسع في استيراد المواد الخام الأولية اللازمة لإنتاج السلع البلاستيكية الاستهلاكية.

تضخمت واردات الصين من البتروكيماويات، مما دفعها إلى بناء مشروعات بتروكيماويات اعتمادا على النافثا، بمشاركة شركات النفط والبتروكيماويات الأوروبية والأمريكية التي وفرت معظم التكنولوجيا. استمر التوسع في الطاقات الإنتاجية وتطور إنتاج وأسواق دول منطقة آسيا لتصبح أكبر الأسواق للمنتجات البتروكيماوية، من حيث نمو الطلب، وحجم الإنتاج. وانتقلت ثورة البتروكيماويات من الصين، إلى بعض الدول الاسيوية الأخرى مثل كوريا الجنوبية، وتايوان، ودول منطقة الآسيان.

8.3. ثورة صناعة البتروكيماويات في دول منطقة الشرق الأوسط

كان الحدث الأهم والأبرز، والذي كان له الأثر الأكبر على صناعة البتروكيماويات في الثمانينيات من القرن الماضي هو ظهور صناعة البتروكيماويات على نطاق واسع في دول الشرق الأوسط، وخاصة في دول الخليج العربي، كان هذا التطور انعكاسا لحالة نضوج تكنولوجيا البتروكيماويات التي تطورت بشكل كبير في أوروبا. وضع نمو الصناعة في دول منطقة الشرق الأوسط حدا لهيمنة المناطق الثلاث الرئيسية التي رسمت مشهد الصناعة من خمسينيات إلى سبعينيات القرن الماضي، والتي تحولت صناعة البتروكيماويات فيها إلى إنتاج البوليمرات المتخصصة الهندسية، والإنشائية، والعمل على تطوير تكنولوجيات جديدة موفرة للطاقة وتقد يم حلول تكنولوجية للقضايا البيئية الناتجة عن صناعة البتروكيماويات.

استفادت دول منطقة الشرق الأوسط من الارتفاع الحاد في أسعار النفط خلال فترة السبعينيات، ووضعت الحكومات المعنية خططًا لتعزيز الصناعات غير النفطية. وتم تعظيم الاستفادة من الغاز البترولي المصاحب منخفض القيمة الاقتصادية الذي كان مهملاً لفترات طويلة لتنمية صناعة البتروكيماويات. كان يتم حرق الغاز البترولي المصاحب والتخلص منه،

إلى أن تم توفيره كمادة خام أولية لمنتجي البتروكيماويات بتكاليف منخفضة للغاية (قريبة من الصفر) وحتى وقت قريب جداً، وكان سعره أرخص من سعر الغاز الطبيعي. مما جعل صناعة البتروكيماويات في الشرق الأوسط صناعة تنافسية للغاية في السوق العالمية. يبين الشكل (30) عمليات حرق الغاز البترولي المصاحب.

الشكل (30): عمليات حرق الغاز البترولي المصاحب

المصدر: https://www.theworldreporter.com/2016/12/associated-petroleum-gas-flaring-the-problem-and-

كانت صناعة البتروكيماويات في دول منطقة الشرق الأوسط كبيرة جدًا من حيث الحجم، ولكنها بسيطة من حيث الهيكل، وبدأ إنتاج البتروكيماويات فيها بعدد صغير من منتجات المواد الكيميائية العضوية الصناعية، والصناعات التي تعتمد مباشرةً على منتج الإيثيلين، مثل البولي إيثيلين، والبولي إيثيلين غلايكول، والستيرين، والإيثانول الاصطناعي.

الفصل الرابع

البحث الثاني

الحلول التكنولوجية للقضايا البيئية في صناعة البتروكيماويات

الفصل الرابع
الحلول التكنولوجية
للقضايا البيئية في صناعة البتروكيماويات

4. تمهيد

تواجه صناعة البتروكيماويات مجموعة من التحديات الصعبة، بما في ذلك القضايا البيئية، وأصبحت حماية البيئة أولوية قصوى لشركات البتروكيماويات في جميع أنحاء العالم، وقد استوعبت صناعة البتروكيماويات بالفعل استثمارات رأسمالية كبيرة لإيجاد حلول تكنولوجية ناجعة لمعالجة القضايا البيئية المختلفة والحد من أثارها على البيئة والمجتمعات البشرية.

شملت حلول ومعالجة بعض القضايا البيئية، زيادة أنشطة البحث العلمي والتطوير في مجالات انتقاء وتطوير العوامل الحفازة لزيادة إنتاج وتحسين مواصفات المنتجات المطلوبة، وتطوير منتجات جديدة تستخدم مواد خام أولية منخفضة التكلفة، وتطوير عمليات صناعية تتكون من مراحل إنتاجية أقل بهدف خفض عدد المنتجات الثانوية، التي قد يكون لها تأثيرات ضاره على البيئة، بالإضافة إلى تطوير عمليات جمع وتحييد المواد المتطايرة، وإزالة أكاسيد الكبريت، والنيتروجين، والمركبات العضوية من غازات المداخن وغازات العوادم.

شملت كذلك الحلول البيئية إزالة المواد العضوية، وأثار إضافات الغازولين "رباعي إيثيل الرصاص، MTBE "، ومشكلات التخلص من النفايات البلاستيكية، التي يصعب إزالتها من مياه الصرف الصناعي، والمسطحات المائية. وتعد الحلول التكنولوجية للقضايا البيئية إجراءات وقائية لا مفر منها على الرغم من تكلفتها الاستثمارية باهظة الثمن.

1.4. تكنولوجيات موفرة للطاقة وخافضة لنسب التلوث

في أعقاب الارتفاع الحاد في أسعار النفط وظهور الاهتمام بموضوعات البيئة والسلامة والصحة المهنية في السبعينيات من القرن الماضي، شهدت بالفعل صناعة البتروكيماويات في هذه الفترة نشاط في تطوير العوامل الحفازة عالية النشاط لإنتاج الأوليفينات، وتطورت تكنولوجيا الإنتاج على المستوى التجاري دون الحاجة إلى إزالة المحفز بعد عمليات البلمرة. وتم إنتاج البولي إيثيلين عالي الكثافة بهذه التكنولوجيا المطورة، كما توسعت عمليات تطوير منتجات جديدة من البولي إيثيلين عالي الكثافة، والمستخدمة في إنتاج الأفلام الرقيقة لأغراض التعبئة والتغليف، والتي استخدمت على نطاق واسع في انتاج الأكياس البلاستيكية ذات الاستخدام الواحد.

من جانب آخر تم تطوير ودمج عدد من التكنولوجيات الموفرة للطاقة وتطبيقها على مستوى الإنتاج التجاري في الثمانينيات من القرن الماضي، ويعد إنتاج منتجات البولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة "LLDPE"، في نفس منشآت إنتاج البولي إيثيلين عالي الكثافة هو أحد نواتج تطورات تكنولوجيا البتروكيماويات الموفرة للطاقة.

أدت التطورات الإضافية في الثمانينيات إلى تطوير طرق بلمرة جديدة لا تتطلب إزالة الكلس، وتطوير طرق بلمرة الطور الغازي "Gas-Phase Polymerization Method"، مما أتاح إنتاج البولي بروبيلين بهذه التقنية على مستوى النطاق التجاري. كما ساهم بشكل مباشر تطوير العوامل الحفازة عالية النشاط في إنتاج البولي بروبيلين ذو التنظيم الفراغي المنتظم في خفض كميات الطاقة اللازمة لإنتاجه [60-65].

يتطلب إنتاج الكلور بطرق التحليل الكهربائي، والازم لإنتاج بعض منتجات البتروكيماويات استثمارات كبيرة في الطاقة، ثم يتم التخلص الكلور في النهاية على شكل كلوريدات، وهو ما يمثل هدراً للطاقة. لذا فقد تم إجراء عدد من البحوث لاستنباط طرق إنتاج جديدة خالية من الكلور، نتج عنها إمكانية إنتاج منتجات بتروكيماويات جديدة مثل أكسيد البروبيلين خالية من الكلور على الرغم من استخدامه أثناء عمليات الإنتاج. كما تم تطوير تكنولوجيا لإنتاج البولي كربونات بتفاعلات كربونات ثنائي الفينيل، بدلاً من طرق إنتاجه بتفاعلات الفوسجين التقليدية، ووجدت هذه التكنولوجيات طريقها إلى الإنتاج التجاري.

أُنتج الميثيل ميثا إكريلات "MMA" ولأكثر من 50 عام، بتفاعل الأسيتون مع سيانيد الهيدروجين، وهي ما عرفت بطريقة الأسيتون سيانوهيدرين " Acetone Cyanohydrin Process". كانت أحد أهم المخاطر الرئيسية لهذه الطريقة هي الاعتماد على "سيانيد الهيدروجين"، وهو مركب شديد السمية، بالإضافة إلى إنتاج كبريتات الأمونيوم الهيدروجينية Ammonium Hydrogen Sulfate، وهو منتج شديد الخطورة عند حرقة" كمنتج ثانوي، بكميات تتجاوز حوالي 50 % من كميات المنتج الرئيسي. قامت مراكز البحوث والتطوير في عدد من شركات إنتاج الكيماويات الكبرى بتطوير تكنولوجيا إنتاج الميثيل ميثا إكريلات في الثمانينيات من القرن الماضي، وشملت عمليات التطوير تعديل بعض خطوات عمليات الإنتاج، ودمجها في تكنولوجيا جديدة على النطاق التجاري، بهدف خفض نسب التلوث بالمواد شديدة السمية والخطرة، وعدم إنتاجها مثل سيانيد الهيدروجين، وكبريتات الأمونيوم الهيدروجينية.

عملت شركة "ميتسوبيشي غاز كيميكالز" اليابانية على تطوير تكنولوجيا جديدة يتم فيها إنتاج الميثيل ميثا إكريلات باستخدام طريقة الأسيتون سيانوهيدرين، ولكن لا ينتج عنها كبريتات الأمونيوم هيدروجين. كما طورت كل من شركة " ميتسوبيشي رايون" Mitsubishi Rayon، وشركة " نيبون شكوبي" Nippon Shokubai طرق جديدة تعتمد على تفاعلات أكسدة الأكسجين، مع استخدام كحول الأيزوبيوتيلين، أو ثلاثي البيوتيل كمواد أولية.

زاد حجم سوق قطاع البتروكيماويات مع زيادة إنتاج أنواع مختلفة من البلاستيك، وأصبح البلاستيك يخترق تدريجياً قطاعات مختلفة تهيمن عليها مواد أخرى تقليدية مثل الخشب والمعادن كقطاع التشييد والبناء وقطاع صناعة السيارات والنقل. ويرجع ذلك جزئيًا إلى زيادة الاهتمام بتوفير الطاقة، وتقليل الانبعاثات الناتجة عن المنتجات التقليدية المستخدمة في هذه القطاعات.

هيمنت لفترات طويلة السبائك الصلبة التقليدية على قطاع صناعة السيارات، والنقل، ونظراً للضغط المتزايد باستمرار لتحسين كفاءة الوقود، وزيادة معدلات النمو وانتشار السيارات الكهربائية حول العالم، أصبح هناك ضرورة مُلحة لاستخدام مواد جديدة تساهم في تحسين كفاءة استخدام الوقود. وتغطي سياسات تحسين كفاءة المحركات وخفض معدلات استهلاك الوقود في العديد من دول العالم في الوقت الحالي حوالي 80٪ من مبيعات سيارات الركوب الخفيفة، ونحو 50٪ من مبيعات الشاحنات (60-65).

ويبدو أن اشتراطات كفاءة وخفض معدل استهلاك الوقود ستزداد خلال الفترات القادمة، ووضعت عدد من دول العام أهدافاً محددة لخفض أوزان السيارات. لذا فإن استخدام مكونات للسيارات مصنعة من المنتجات البلاستيكية، ومواد أخرى عالية القوة كالفولاذ والألمنيوم خفيفة الوزن تهدف إلى تحسين كفاءة الوقود وخفض معدلات الاستهلاك. وهو الاتجاه الذي اتخذته بالفعل الولايات المتحدة خلال الفترة 1995-2014، فحددت أهدافاً لخفض وزن السيارة بنسبة 30٪ في عام 2025، لتصل إلى حوالي 50٪ بحلول عام 2050. مما ساهم في رفع نسب المكونات والأجزاء البلاستيكية، والمطاط المستخدمة في مركبات الخدمة الخفيفة. وتعتبر الراتنجات "المقواة بألياف الكربون" من أكثر المواد البلاستيكية شيوعاً، والمستخدمة في تصميم المركبات خفيفة الوزن، ولكن على النطاق الصناعي، فإن خيارات إعادة التدوير لهذه المواد تظل ضئيلة، ويرجع ذلك أساساً إلى إتلاف الألياف الصناعية أثناء عمليات إعادة التدوير. علاوة على ذلك، فإنه لا يتم التحكم بشكل جيد في بعض خواص ألياف الكربون المعاد تدويرها، مما يقلل من جودة أداء ألياف الكربون المعاد تدويرها (60-65).

من جانب آخر تعتمد معظم مواد العزل الحراري المستخدمة في قطاع البناء على منتجات البلاستيك والتي تشكل نسبة حوالي 90-95 ٪ من إجمالي نسب مواد العزل الحراري الأخرى المستخدمة. وعلى الرغم من أن استخدام المواد العازلة قد يكون له تأثيرات بيئية ضارة، كانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والناتجة أثناء تصنيع بعض المواد العازلة من منتجات البولي يوريثان، والبولي ستيرين، وكذلك صعوبة إعادة تدوير نفايات تلك المنتجات بعد نهاية عمرها الافتراضي. إلا أن استخدام بعض منتجات البتروكيماويات المتطورة ذات خواص هندسية محسنة لتحسين الأداء الحراري للمباني ساهم في توفير الطاقة المستخدمة لتبريد المباني، وتعتبر المقاومة الحرارية لمواد العزل الحراري المنتجة من "البولي يوريثان" هي الأعلى من بين جميع أنواع المنتجات العازلة المستخدمة. كما ساهم استخدام "المواد الرغوية القابلة للتوسيع منخفضة الضغط " بشكل كبير في خفض تسريب الهواء والحرارة. وساعد كذلك طلاء الاسقف العاكسة المصنوعة من المواد البلاستيكية في تبريد المباني في الأجواء الدافئة.

أما في مجال إنتاج الألياف الاصطناعية، فقد تم اعتماد العديد من التكنولوجيات على المستوى التجاري تتميز بانخفاض معدلات استهلاك الطاقة عن طريق خفض الزمن الازم لعمليات البلمرة. كما لعبت أيضاً منتجات البتروكيماويات دورًا رئيسياً في خفض تكاليف توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة، ففي قطاع طاقة الرياح مثلاً، يمكن أن تساعد المواد البلاستيكية خفيفة الوزن في مواجهة تحديات إنتاج "ريش التوربينات الطويلة"، وبالتالي زيادة كفاءة توليد الطاقة النظيفة، ويمكن أن تساعد المواد المبتكرة أيضًا في زيادة متانة توربينات الرياح، وبالتالي تقليل تكلفة الصيانة الدورية. وغيرها من المساهمات الفاعلة إنتاج مكونات إنتاج الخلايا الضوئية اللازمة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية (60-65).

2.4. تحديات تلوث الهواء والمياه

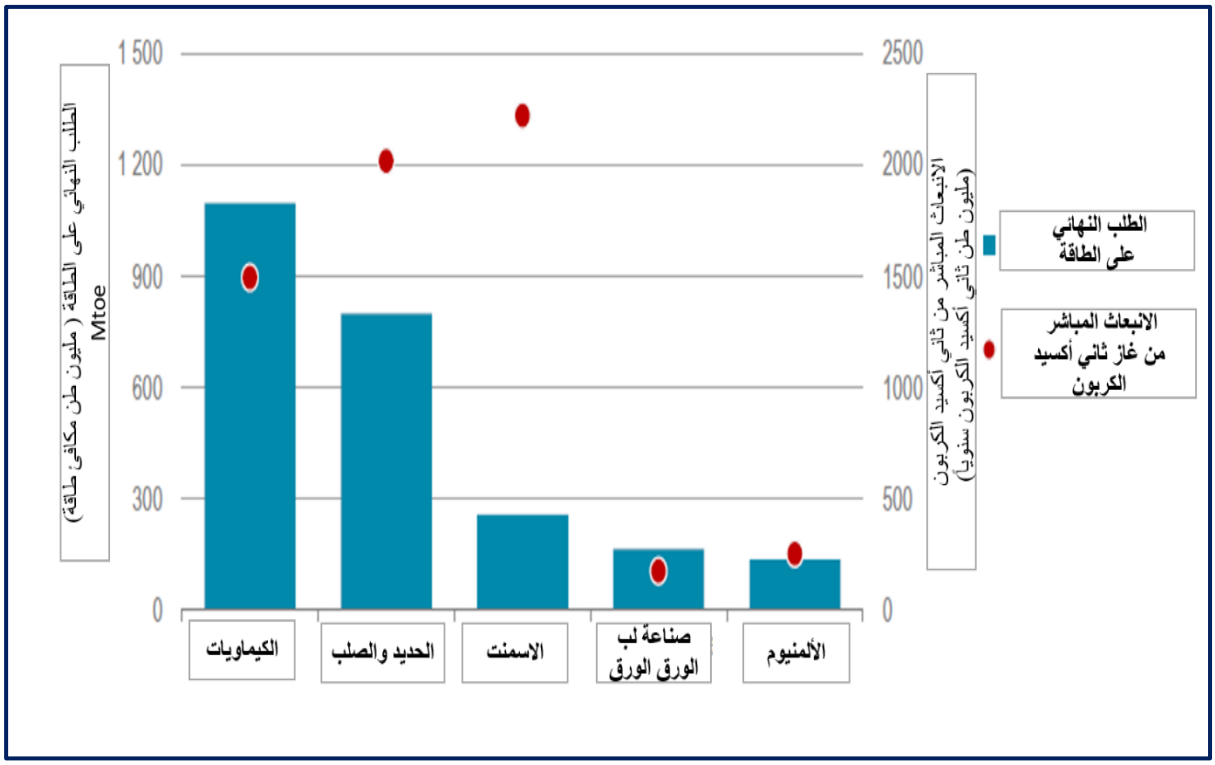
تسـببت مجمعات منشـآت البتروكيماويات ومصـافي النفط في ارتفاع نسـب انبعاثات ملوثات الهواء، مثل ثاني أكسيد الكبريت، وأكسيد النيتروجين، والمركبات العضوية، والغبار، وكذلك زيادة نسـب الملوثات في المياه، مثل ارتفاع نسـب "الاحتياج الحيوي للأكسـجين" BOD، ونسـب "طلب الأكسـجين الكيميائي الحيوي" أو ما يعرف أيضـا بالأكسـجين الحيوي الممتص COD. لذا فقد قامت شـركات التكرير والبتروكيماويات في أوائل السـبعينيات من القرن الماضي بتنفيذ عدد من التدابير البيئية لخفض نسب ملوثات الهواء والمياه بشكل مكثف عن طريق التوسع في تركيب معدات إزالة الكبريت من غاز المداخن، وتركيب معدات تجميع الغبار الناتج، وتعديل ظروف تشـغيل الغلايات، وتركيب معدات إزالة النيتروجين، وإدخال عمليات المعالجة الأولية لمياه الصـرف الصـناعي، مثل الترسـيب المتخثر، وفواصـل الزيت، وتطبيق عمليات معالجة المياه الثانوية، مثل أنظمة الحمأة المنشـطة. ومع ذلك، فإن تطوير أسـاليب خفض نسـب التلوث عن طريق خفض كميات المنتجات الثانوية جاء ليشـكل جوهر التطور التكنولوجي في صـناعة البتروكيماويات منذ ذلك الوقت وحتى الآن. واستفادت بشكل مباشـر المناطق الحضـرية والتي ارتفعت فيها نسـب الانبعاثات، والملوثات من مخططات التنمية المجتمعية والتي تُلزم الشـركات بالتحكم وخفض أحمال التلوث البيئي الكلي للمناطق الصناعية.

1.2.4. انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع الكيماويات

تعد صناعة البتروكيماويات من أكبر الصناعات المستهلكة للطاقة، حيث أن أكثر من 50 % من مدخلات الصناعة اللازمة للإنتاج والتي تستخدم كمواد أولية، أو وسيطة يتم توفيرها من إمدادات الغاز الطبيعي أو من المشتقات البترولية الخفيفة. وتأتي صناعة لبتروكيماويات في الترتيب الثالث من حيث الصناعات الأعلى إنتاجاً لملوثات الهواء الجوي من غاز ثاني أكسيد الكربون بعد قطاع الحديد والصلب، وقطاع الأسمنت. يبين الشكل (31) الطلب العالمي

النهائي على الطاقة والانبعاثات المباشرة من غاز ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع في عام 2017.

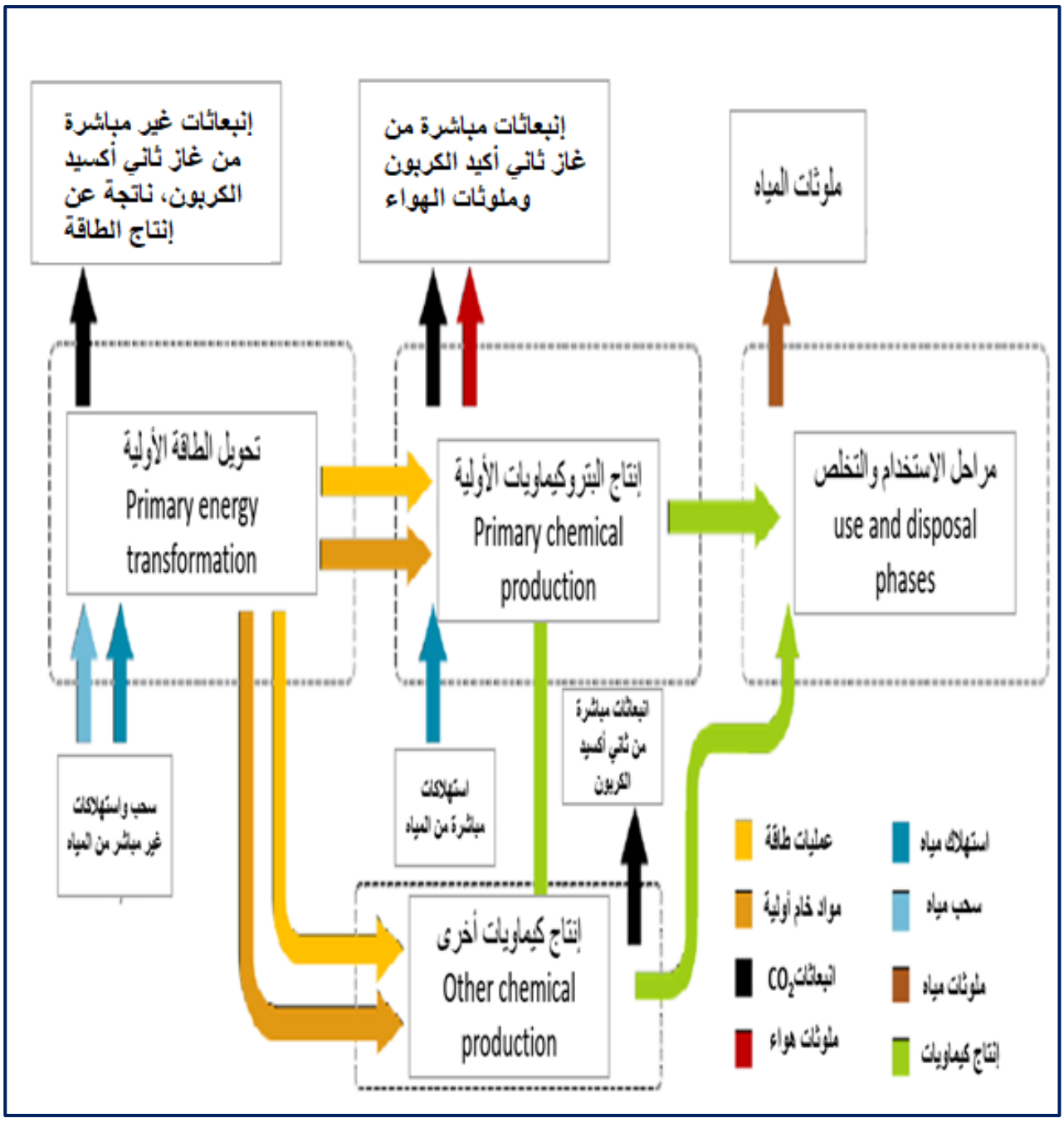
الشكل (31): الطلب العالمي النهائي على الطاقة والانبعاثات المباشرة من ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع في عام 2017



المصدر: The future of petrochemicals

كما تنتج ايضاً المزيد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وملوثات الهواء الأَخرى نتيجة الاستخدام النهائي لبعض منتجات البتروكيماويات مثل الأسمدة، والمنظفات الصناعية. وبدون إدارة فعالة لمعالجة لملوثات الهواء والمياه، والنفايات والتخلص منها، خاصة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وملوثات الهواء الأَخرى، بالإضافة إلى زيادة الطلب المتنامي على المياه اللازمة للعمليات الصناعية والعمليات المساعدة الأَخرى، فمن الممكن أن يتسبب ذلك في المزيد من الأعباء البيئية [54]. يبين الشكل (32) الانبعاثات والملوثات البيئية الرئيسية في صناعة البتروكيماويات.

الشكل (32): الانبعاثات والملوثات البيئية الرئيسية في صناعة البتروكيماويات



المصدر: The future of petrochemicals

هذا وتبلغ كميات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة سنوياً من صناعة البتروكيماويات على مستوى العالم حوالي 1.5 جيجا طن ($GtCO_2$)، وهو ما يمثل حوالي 18٪ من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من مختلف القطاعات الصناعية الأخرى.

تنتج انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع البتروكيماويات بشكل رئيسي من مصدرين رئيسيين، هما إطلاق نحو 1.3 جيجا طن ثاني أكسيد الكربون، وهو ما يعادل نحو 85٪ نتيجة حرق الوقود لتوليد الحرارة، سواء بشكل مباشر أو لإنتاج البخار في الموقع. والمصدر الأخر بسبب العمليات الصناعية نتيجة الاختلاف الناتج في محتوى الكربون بين المادة الأولية المستخدمة في الإنتاج والمنتج النهائي، والذي يتسبب في إطلاق نحو 0.2 جيجا طن ثاني أكسيد الكربون، وهو ما يعادل نحو 15 %. من جانب آخر تبلغ نسب انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة من إنتاج المواد الكيميائية الأولية حوالي 60٪ من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في البتروكيماويات.

تعد الأمونيا هي أكبر مصدر منفرد من بين المنتجات الكيميائية الأولية (الأمونيا، والبتروكيماويات عالية القيمية، والميثانول" لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون، حيث تساهم بنسبة 49٪ من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، حيث أن إنتاج طن واحد من الأمونيا والذي يمثل فيه محتوى الكربون "0%"، يلزم له استخدام حوالي 0.4 طن من غاز الميثان "75٪ كربون" كمادة خام أولية، وهو ما يعني أن كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن العملية لكل طن من الأمونيا ستكون حوالي 1.1 طن من ثاني أكسيد الكربون (tCO_2). ثم تأتي البتروكيماويات عالية القيمة في المرتبة الثانية من حيث إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة حوالي 27%. ثم يليها إنتاج الميثانول بنسبة تبلغ حوالي 24٪.

تتناسب نسب انبعاثات الملوثات من غاز ثاني أكسيد الكربون المُنتجة من البتروكيماويات الأولية، في مناطق الإنتاج الرئيسية مع إجمالي طاقاتها الإنتاجية، ونوع المواد الأولية المستخدمة في الإنتاج. حيث تمثل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة من العمليات الصناعية في دول منطقة آسيا والمحيط الهادئ نسبة كبيرة، خاصة في الصين التي تستخدم الفحم كمادة خام أولية بشكل في الإنتاج. وعلى النقيض من ذلك نجد أن دول منطقة الشرق الأوسط، وخاصة دول الخليج العربي والتي تستخدم مواد أولية أخف مثل" الغاز الطبيعي، والمشتقات البترولية الخفيفة والسائلة" تظهر نسب أقل.

نسب انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن إنتاج الأمونيا، والميثانول من الفحم أعلى بنحو مرتين ونصف تقريباً، وخمس مرات تقريباً، على التوالي، مقارنة بإنتاجهما من الغاز الطبيعي. من جانب آخر تُقدَّر كميات انبعاثات الغازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون الناتجة من صناعة من البتروكيماويات ما يعادل حوالي 350-400 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون ($MtCO_2$-eq).

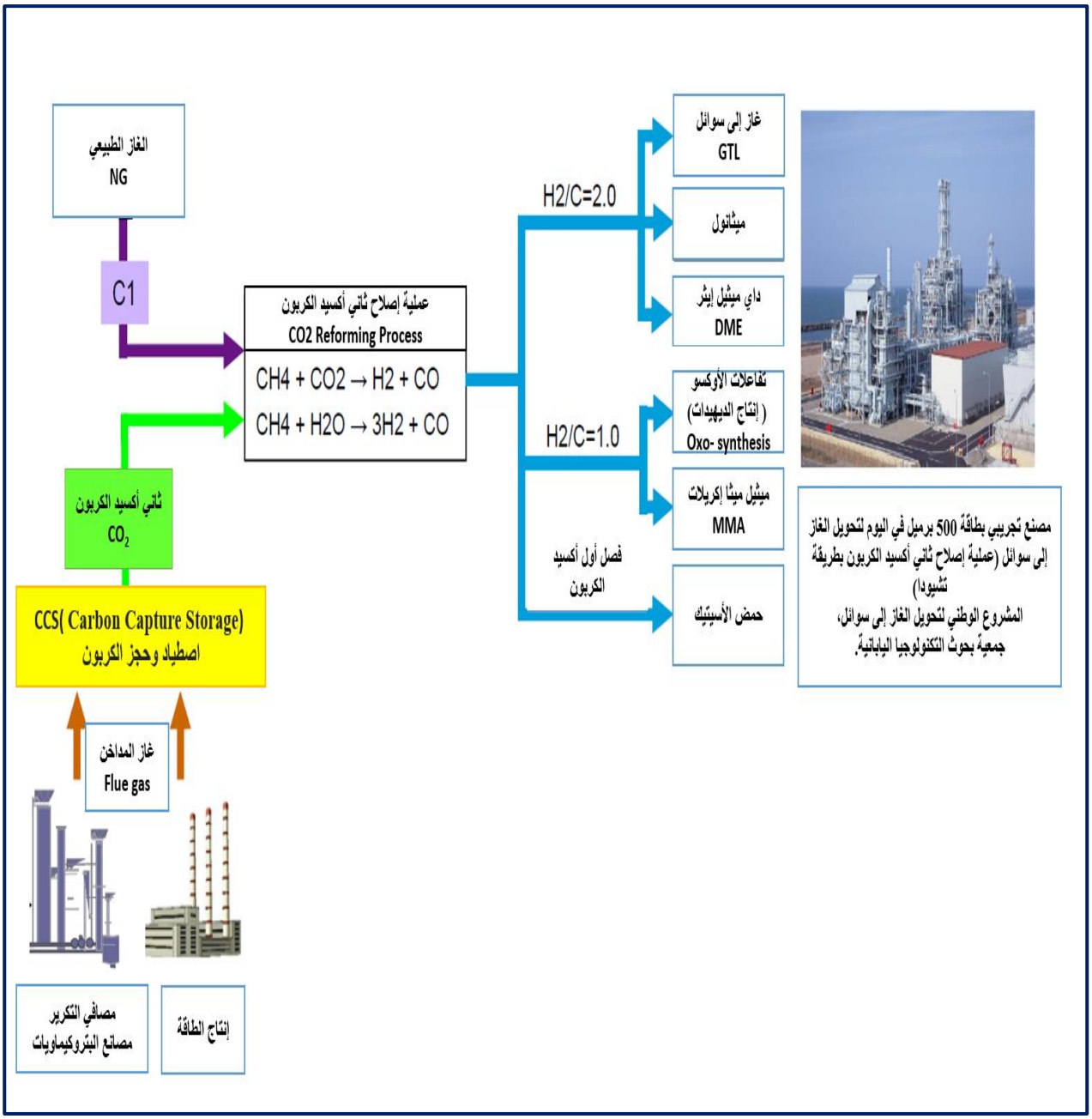
كما هو الحال في القطاعات الصناعية الأخرى، فإن ثاني أكسيد الكربون الناتج من قطاع البتروكيماويات له ثلاث مسارات فقط ممكنة، حيث يمكن إطلاقه في الغلاف الجوي، أو استخدامه، أو تخزينه. إن مفهوم التقاط "اصطياد" أو احتجاز الكربون، واستخدامه، وتخزينه (Carbon Capture Utilization and Storage) هو عبارة عن مجموعة من التكنولوجيات والاستراتيجيات التي تهدف للتخفيف من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للحفاظ على البيئة، وتعظيم الاستفادة منه.

يتم التقاط حوالي 1.7 مليون طن سنوياً من ثاني أكسيد الكربون في الولايات المتحدة الأمريكية من منشآت إنتاج الأسمدة، بخلاف تلك الناتجة عن اليوريا (Global CCS Institute، 2018)، والتي تقدر بحوالي 130 مليون طن في السنة، أي ما يعادل حوالي 9٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة من قطاع الكيماويات (Neelis et al.، 2005)، وتستخدم بشكل مباشر في استخراج النفط. تمثل كمية ثاني أكسيد الكربون الملتقطة في الولايات المتحدة الأمريكية من حيث الحجم حوالي 7٪ من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة من إنتاج الأمونيا. وتصل تكلفة التقاط ثاني أكسيد الكربون الناتج من عمليات إنتاج الأمونيا إلى نحو 25 دولار أمريكي / طن من ثاني أكسيد الكربون.

تعمل الولايات المتحدة الأمريكية على زيادة الحوافز التشجيعية على تخزين واستخدام ثاني أكسيد الكربون من خلال ما يسمى بتشريع "Q45"، الذي يحتوي على بند لرفع الإعفاء الضريبي للتخزين الجيولوجي الدائم لكل طن من ثاني أكسيد الكربون من 22 دولار إلى 50

دولار بحلول عام 2026. وتشير التقديرات إلى أن هذه المبادرة من الممكن أن تزيد من حجم احتجاز ثاني أكسيد الكربون في الولايات المتحدة بكميات تتروح ما بين 10-30 مليون طن على مدى الست سنوات القادمة. تستخدم معظم كميات ثاني أكسيد الكربون الملتقطة في الولايات المتحدة في تحسين اقتصادات استخراج النفط. يبين الشكل (33) تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون، واستخداماته في إنتاج البتروكيماويات.

الشكل (33): تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون، واستخداماته في إنتاج البتروكيماويات



المصدر: Innovations in Petroleum Refining Industry and Role of Japanese Refining Technology,2015

بينما تبدو التوقعات في بعض دول أوروبا أقل تشجيعًا، فقد حظرت ألمانيا تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون على نطاق واسع، من خلال التوقيع على "قانون تخزين ثاني أكسيد الكربون" في عام 2012، مما يقيد من إجمالي كميات التخزين إلى 24 مليون طن سنوياً. على النقيض من ذلك، تمتلك هولندا خططاً طموحة، بتمويل تخزين 18 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون من مختلف المصادر الصناعية سنوياً بحلول عام 2030، وهذا يعادل 30% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الصناعية المستهدفة في هولندا.

يعد استخدام ثاني أكسيد الكربون في بعض الأغراض الصناعية المتخصصة، مثل إنتاج اليوريا، والمشروبات الغازية من الاستخدامات واسعة الانتشار، ولكن هذه الطرق الخاصة تؤدي إلى خفض محدودة لدورة الحياة لغاز ثاني أكسيد الكربون الكاملة. فبمجرد فتح المشروبات الغازية، أو وضع سماد اليوريا في التربة، يبدأ إطلاق ثاني أكسيد الكربون مرة أَخرى في الغلاف الجوي [54].

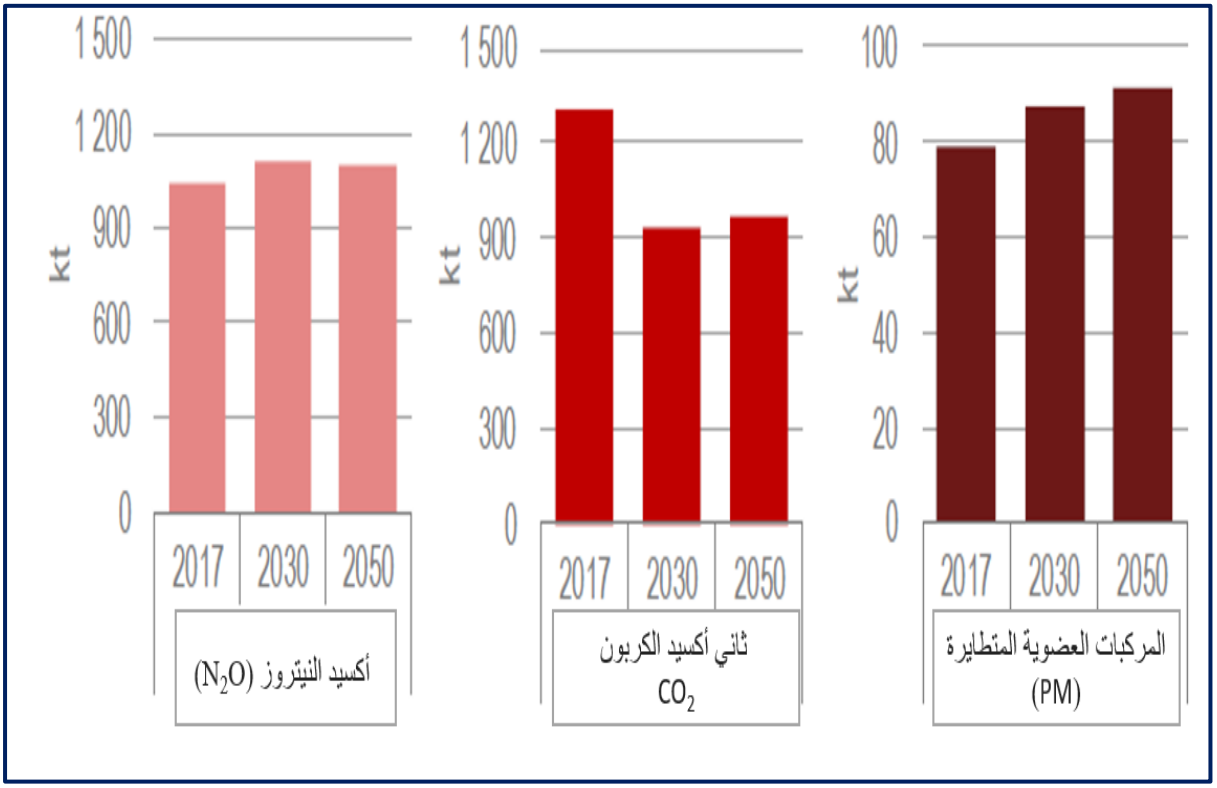
2.2.4. الانبعاثات غير المباشرة والمرتبطة بالمنتجات الكيميائية

على الرغم من فوائد منتجات البتروكيماويات المتزايدة، إلا أن هناك مزيد من الأعباء البيئية، حيث تعتبر منتجات البتروكيماويات أحد المصادر الرئيسية المحتملة لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة. وتشير الأبحاث الحديثة إلى أن المنتجات الكيميائية من المواد اللاصقة، والدهانات، والمبيدات الحشرية تعتبر المصدر الرئيسي لتلوث الهواء في المدن. كما يسبب استخدام الأسمدة النيتروجينية في التربة، تفاعلات ينبعث منها أكسيد النيتروز (N_2O) كمنتج ثانوي ينطلق إلى الغلاف الجوي [60-65].

تقدر كميات انبعاثات أكسيد النيتروز من الأسمدة النيتروجينية المركبة بحوالي 2.3 مليون طن سنوياً، وهو ما يعادل حوالي 610 مليون طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون، أو ما يمثل نحو 40٪ من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون المباشرة في قطاع البتروكيماويات.

يبين الشكل (34) معدلات تلوث الهواء الناتجة من إنتاج المواد الكيميائية الأولية خلال الفترة 2017-2050.

الشكل (34): معدلات تلوث الهواء الناتجة من إنتاج المواد الكيميائية الأولية خلال الفترة 2017-2050



المصدر: Plastics Europe (2017) , *Plastics – the Facts 2017*, www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf.

3.2.4. المشكلات الناتجة عن استخدام إضافات الغازولين

يعد منتج رباعي إيثيل الرصاص "TEL" أحد أول منتجات البتروكيماويات المنتجة على المستوى التجاري في عشرينيات القرن الماضي في الولايات المتحدة الأمريكية، وتم إضافته إلى الغازولين لتعزيز رقم الأوكتان.. كما استخدام أيضاً رباعي إيثيل الرصاص مع ثنائي بروميد الإيثيلين لمنع تراكم أكسيد الرصاص في المحرك نتيجة عمليات احتراق وقود الغازولين. منتج رباعي إيثيل الرصاص منتج شديد السمية، وأصبح تلوث الهواء الناجم عن مركبات الرصاص المنبعثة من عوادم السيارات، والتسمم المزمن بالرصاص بين سكان

الطريق من القضايا البيئية، ومن المشكلات الهامة التي واجهت صناعة البتروكيماويات في أواخر الستينيات من القرن الماضي لذلك تم التحول لاحقاً إلى إنتاج الغازولين الخالي من الرصاص.

كما بدأت الشركات المنتجة للغازولين في فترة الثمانينيات في الولايات المتحدة الأمريكية في استخدام مادة" ميثيل ثلاثي البيوتيل إيثر"، وبحلول نهاية التسعينيات لتحسين رقم الأوكتان، ووصل الإنتاج العالمي من هذه المادة إلى نحو 18 مليون طن. وفي العقد الأول من القرن الحادي والعشرين أصبحت المياه الجوفية الملوثة بمركبات الميثيل ثلاثي البيوتيل الإيثر مشكلة في الولايات المتحدة الأمريكية، بسبب التسرب من بين الشقوق الصغيرة في صهاريج التخزين تحت الأرض في محطات الخدمة، مما أدي إلى عدم إمكانية استخدام المياه بغرض الشرب بسبب الرائحة والطعم.

حظرت ولاية كاليفورنيا استخدام مادة الميثيل ثلاثي البيوتيل إيثر في عام 2002 وتوقفت شركات البترول عن إضافتها، وتوجه منتجو الغازولين في الولايات المتحدة إلى إضافة الإيثانول الحيوي المنتج من الذرة، بدلاً من الإيثانول الاصطناعي، مما أدى إلى ارتفاع إنتاج الإيثانول الحيوي من الذرة خلال الفترة 2005 -2010، حيث وصل إلى حوالي 25 مليون طن، وبهذا فقدت صناعة البتروكيماويات مستهلكًا رئيسيًا لمنتجاتها (69-72).

4.2.4. مشكلات التلوث الناتجة عن المنظفات الصناعية

سارعت بحوث التطوير في كل من شركات إنتاج المنظفات الاصطناعية، والبتروكيماويات لحل مشكلات تلوث الأنهار الناتجة عن استخدام المنظفات الصناعية. حيث تم التوصل إلى إنتاج مواد جديدة خافضة للتوتر السطحي، وهي " حمض ألكيل بنزين سلفونيك " التي تحتوي على سلسلة مستقيمة من مجموعات الألكيل. كما تم تطوير تقنيات مختلفة لإنتاج الألفا أوليفينات ذات السلسلة المستقيمة، واستخدامها في إنتاج المنظفات الصناعية، مما ساهم

في حل مشكلات تلوث الأنهار بالرغاوى. يبين الشكل (35) تلوث الأنهار في الهند برغاوي المنظفات الصناعية.

الشكل (35): تلوث الأنهار في الهند برغاوي المنظفات الصناعية

المصدر: https://www.indiawaterportal.org/articles/deadly-chemicals-detergents-end-rivers

5.2.4. النفايات البلاستيكية

أصبحت مشكلة النفايات البلاستيكية مشكلة خطيرة، بسبب التوسع في استخدام منتجات البلاستيك ذات الاستخدام الواحد، وأصبح من الصعب تحديد كميات ومصادر النفايات البلاستيكية المتسربة إلى المحيطات، إلا أن بعض التقديرات العالمية تشير إلى أنه تم إنتاج نحو 8.3 مليار طن من منتجات البلاستيك المختلفة منذ بداية الإنتاج في خمسينيات القرن الماضي حتى عام 2019، نتج عنها ما يقرب من حوالي 6.3 مليار طن من النفايات البلاستيكية. يبين الشكل (36) التلوث البيئي الناتج عن النفايات البلاستيكية.

الشكل (36): التلوث البيئي الناتج عن النفايات البلاستيكية

بدأ ظهور هذه المشكلة مع بدء البحث عن طرق آمنه للتخلص من تلك النفايات، وعملت الدول على مواجهة هذه المشكلات البيئية، حيث تأسست في اليابان في عام 1971 جمعية أبحاث إدارة البلاستيك " أعيد تنظيمها في العام التالي لتصبح معهد إدارة النفايات البلاستيكية" وبدأت المبادرات طويلة الأجل لمعالجة النفايات البلاستيكية من حيث إمكانية إعادة تدويرها. استمر حجم نفايات البلاستيك في الزيادة في اليابان حتى بلغ ذروته في عام 2000، واتبع ذلك هبوطاً تدريجياً منذ ذلك الحين حتى الآن، كنتيجة للجهود الحثيثة التي تمت على مدار 40 عام.

كانت معظم النفايات يتم دفنها في المكبات الأرضية، أو يتم حرقها في فترة السبعينيات. ومع بداية القرن الواحد والعشرين أصبحت إعادة التدوير الحراري في محارق النفايات البلدية هي طريقة المعالجة الأولية. كما تم تحقيق خطوات كبيرة في الاستفادة من النفايات البلاستيكية بالتعاون مع صناعات آخرى، بما في ذلك صناعات الأسمنت والصلب. كان معدل الاستفادة من النفايات البلاستيكية حوالي 48٪ في عام 2000، قفزت هذه النسبة إلى

88٪بحلول عام 2013. على الرغم من ذلك، تستمر المشكلة في النمو في جميع أنحاء العالم ولا تزال تمثل تحديًا كبيرًا.

هناك العديد من المشاكل البيئية المرتبطة بإدارة النفايات البلاستيكية، والتخلص غير السليم منها، وتعد الطرق التقليدية سواءً بطرق الترميد، والطمر أرخص بكثير من تكاليف إعادة تدوير النفايات البلاستيكية، ولكن التكلفة ليست المحدد الوحيد. حيث يمكن أن تتسبب حرق النفايات في تلوث الهواء، والمياه الجوفية إذا لم يتم تصميم المحارق وصيانتها بشكل صحيح. ويعد طمر النفايات من مصادر التلوث الرئيسية للهواء، حيث تشير التقديرات إلى أن حوالي 11٪ من انبعاثات غاز الميثان العالمية تنتج من مواقع طمر النفايات.

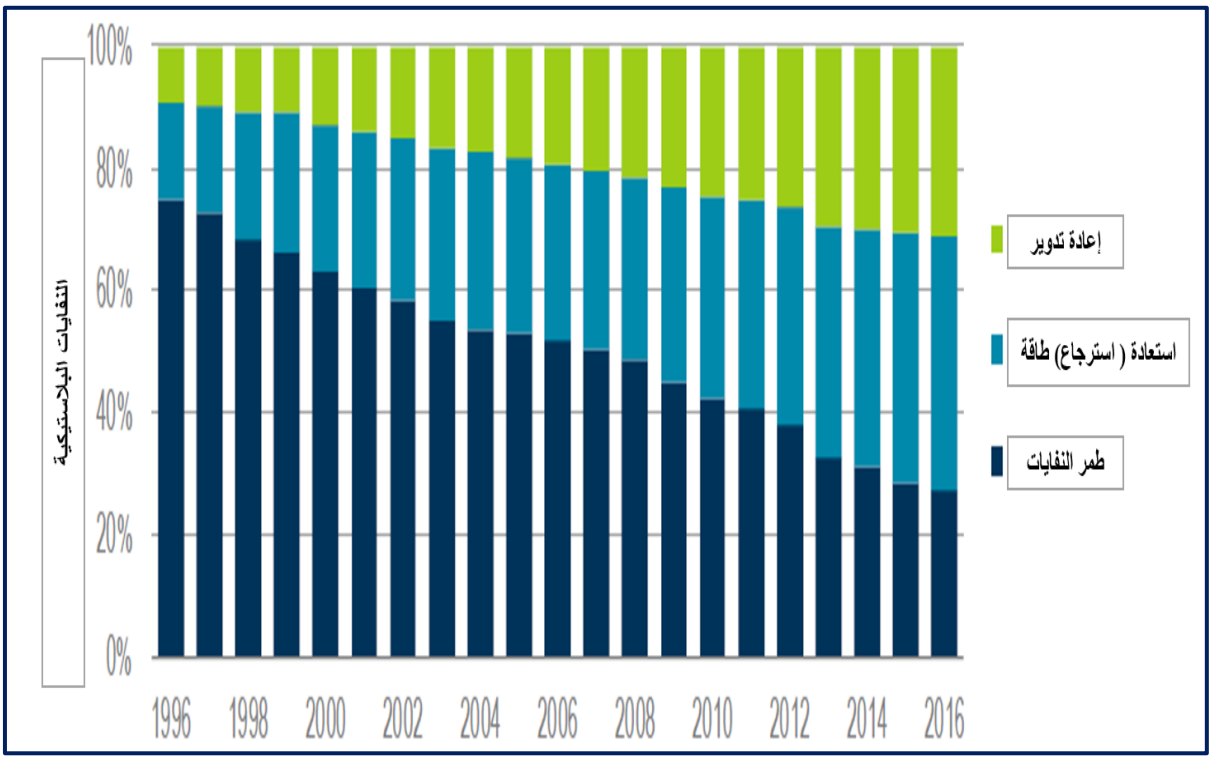
تحتوي العديد من الراتنجات على كمية طاقة تكافئ تلك الموجودة في النفط الخام لكل وحدة كتلة. وعلى الرغم من أن حرق النفايات يقلل حجمها بنسبة 90٪ تقريبًا، مما يقلل من مساحة الأرض المطلوبة كمواقع لطمر النفايات، إلا أنه ينتج انبعاثات ملوثة من غاز ثاني أكسيد الكربون، ويعد إهدار لمصدر محتمل للطاقة. وبشكل عام يجب تجنب حرق النفايات البلاستيكية دون استرداد الطاقة منها.

معدلات إعادة التدوير النفايات البلاستيكية منخفضة مقارنة بمعدلات تدوير النفايات الأخرى. حيث يتم جمع أقل من 20٪ من نفايات البلاستيك لإعادة التدوير، بينما تبلغ معدلات تدوير الصلب حوالي 80 %، ومعدلات تدوير الورق حوالي 60٪. يشير هذا إلى أن الإدارة السليمة للنفايات البلاستيكية والجهود المعززة لتحسين إعادة التدوير هي شرط مسبق وأساسي لاستخدامها كبدائل لها تأثير إيجابي على البيئة بشكل عام.

تم إحراز تقدم في هذا الاتجاه في دول معينة حول العالم، وزادت نسبة إعادة تدوير البلاستيك واستعادة الطاقة من النفايات البلاستيكية في أوروبا بشكل مطرد بحوالي 6٪ سنويًا خلال العقد الماضي، وفي عام 2016، تجاوزت معدلات إعادة التدوير، معدلات طمر النفايات

البلاستيكية في مكبات القمامة لأول مرة. يبين الشكل (37) إدارة النفايات البلاستيكية في دول أوروبا.

الشكل (37): إدارة النفايات البلاستيكية في دول أوروبا



المصدر: Plastics Europe (2017) , *Plastics – the Facts 2017*, www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf.

يمكن الاعتماد كذلك على الطرق المبتكرة لحل مشكلات التخلص الآمن من النفايات البلاستيكية وغيرها من المبادرات العلمية، في هذا الصدد اكتشف الباحثون إنزيمًا طبيعياً تطور في مكبات القمامة في اليابان في عام 2016، ويُطلق عليه الآن اسم "PETase "، له القدرة على تحلل نفايات بلاستيك البولي إيثيلين تيرفيثالات (65-68).

3.4. تحديات نمو الطلب على المياه في إنتاج البتروكيماويات الأولية

تستخدم المياه بشكل أساسي في جميع مراحل إنتاج الوقود الأحفوري، بدءاً من الاستخراج، والنقل، والمعالجة، والإنتاج. كما تستخدم المياه في أغراض متنوعة في مختلف العمليات الصناعية في وحدات الإنتاج والمعالجة، وإنتاج البخار، اللازم لإنتاج البتروكيماويات. ويمكن أن تؤدي الزيادة السكانية والنمو الاقتصادي وما يرتبط بها من ارتفاع في الطلب على المياه، بجانب عدم اليقين بشأن تأثير تغير المناخ على الموارد المائية، إلى تقييد استخدامات المياه في المستقبل.

تشكل كمية المياه الطبيعية العذبة الصالحة للاستخدام حوالي 2.5٪ فقط من إجمالي موارد المياه العالمية، وتصل نسبة المتاح منها للاستهلاك الأدمي أقل من 1٪. ومع ذلك، لا تؤثر الكمية فقط على توافر كميات المياه فحسب، بل إن جودة المياه مهمة أيضًا. في حين أن المياه الصالحة للشرب ليست ضرورية لجميع الأغراض، فإن عمليات معالجة المياه قد تكون مكلفة وتستهلك الكثير من الطاقة عند الضرورة. ومع ذلك، في بعض المناطق التي تعاني من ندرة المياه، فقد تتوفر المصادر البديلة غير العذبة، مثل مياه الصرف الصحي، أو المياه قليلة الملوحة، أو مياه البحر، لتلبية نمو الطلب المتزايد على المياه واستخداماتها. ويتم تقييم استخدام المياه بشكل عام بواسطة مقياسين هما السحب، والاستهلاك. يمثل السحب حجم المياه المسحوبة من المصدر، بينما يعتبر الاستهلاك هو حجم المياه التي سحبت ولم تتم إعادتها إلى المصدر مرة اَخرى (أي تبخرت أو نقلت إلى موقع اَخر) ولم تعد متاحاً، وتكون عمليات السحب دائمًا أكبر من أو تساوي الاستهلاك، وتمثل المعيار الأول عند تقييد، وتقييم مدى توافر المياه [54].

يمثل قطاعا الصناعة والطاقة معاً حوالي 20٪ من عمليات سحب المياه العالمية وحوالي 12٪ من الاستهلاك العالمي (وكالة الطاقة الدولية، 2016). تمثل كميات المياه المستخدمة في إنتاج البتروكيماويات الأولية حوالي 1٪ من كميات المياه المسحوبة، و4 ٪ من كميات المياه

المستهلكة في الصناعة. تشمل تقديرات الطلب المباشر على المياه لإنتاج البتروكيماويات الأولية استخدامات المياه لإنتاج البخار اللازم في عمليات التكسير بالبخار.

تعد الأمونيا من الأكثر المنتجات استهلاكاً للمياه من بين المنتجات الكيميائية الأولية، حيث تبلغ معدلات استهلاكاتها من المياه نحو 1.3 ($م^3$/ طن)، تليها المنتجات البتروكيماوية عالية القيمة والتي تستهلك حوالي 0.8 $م^3$/ طن، ثم الميثانول الذي يستهلك حوالي 0.6 $م^3$/ طن. في حين أن المخاطر على المناطق التي تعاني من ندرة المياه واضحة، إلا أن المناطق التي لديها موارد مائية وفيرة قد تواجه قيوداً تتعلق بالجفاف، والتغيرات الموسمية، وتغير المناخ، والفيضانات، وتلوث المياه، واللوائح والتشريعات المنظمة (55-60).

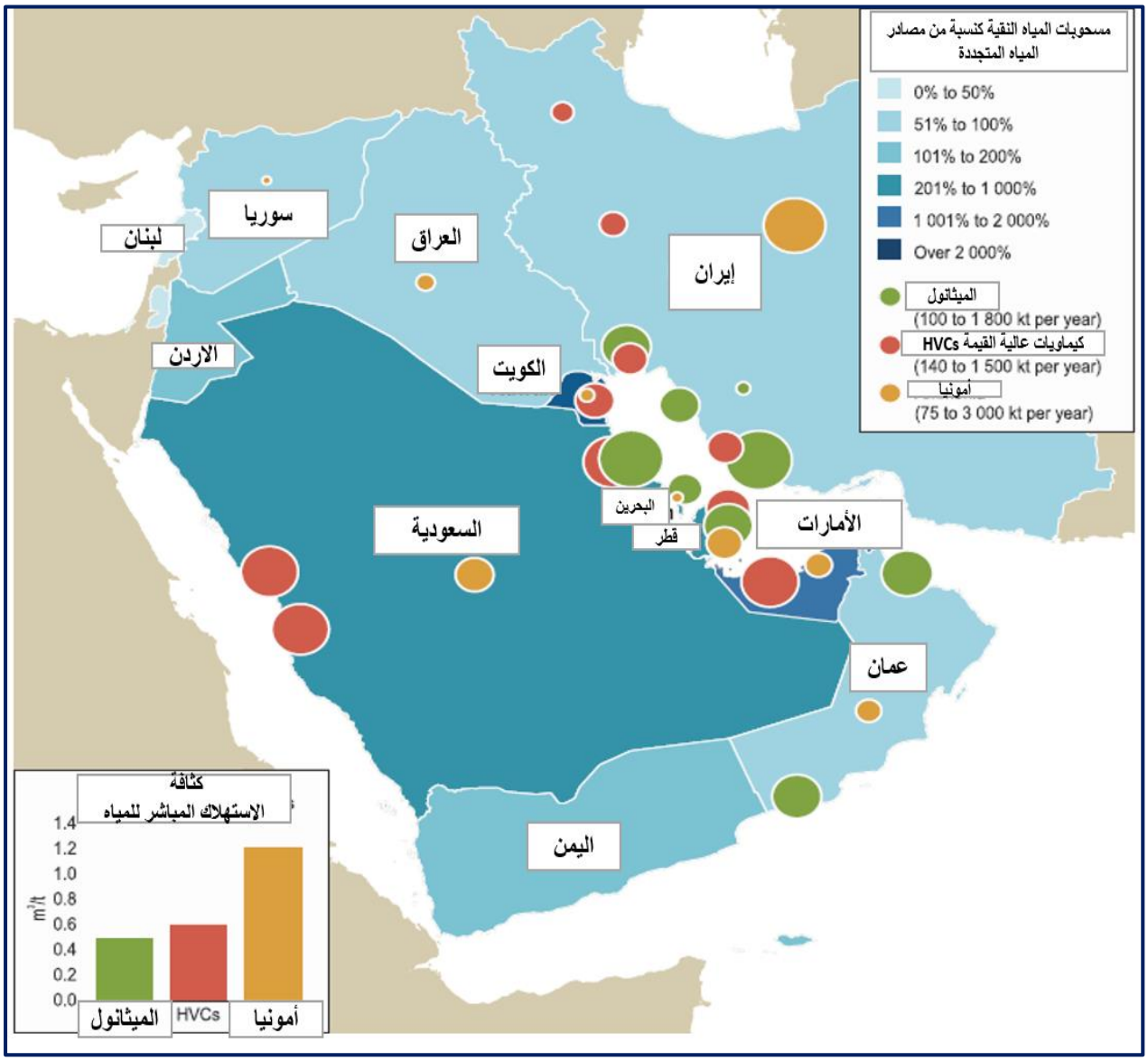
تمثل دول منطقة آسيا والمحيط الهادئ حوالي 50 % من إجمالي عمليات سحب المياه واستهلاكها في إنتاج المواد الكيميائية الأولية على مستوى العالم. وتمثل الصين وحدها حوالي 80٪ من عمليات سحب المياه في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، نظراً لاعتمادها على تقنيات استخدام الفحم في إنتاج الطاقة. تستخدم هذه التقنيات طرق تبريد تعتمد على تقنيات التبريد المفتوح والتي تستخدم المياه لمرة واحدة فقط. وعلى الرغم من أن هذه التقنيات أكثر كفاءة، وذات تكاليف رأسمالية منخفضة مقارنة بطرق التبريد بالأبراج الرطبة، أو بطرق التبريد الجاف، إلا أنها تتطلب معدلات مرتفعة لسحب المياه.

كما ساهم زيادة الطلب على كميات الفحم المستخدم كمادة خام أولية لإنتاج المواد الكيميائية الأولية وخاصةً الميثانول والأمونيا في الصين من ارتفاع عمليات سحب المياه، بينما يشكل استخدام المياه بشكل مباشر في إنتاج المواد الكيميائية الأولية في أمريكا الشمالية نسبة أقل من 30٪ مقارنة بأوروبا، نظراً لأن أوروبا تنتج الأمونيا بكميات أكبر نسبياً (55-60).

ومن جانب آخر تقع غالبية الطاقة الإنتاجية للمواد الكيميائية الأولية في الشرق الأوسط في منطقة الخليج العربي، وتعاني معظم دول الخليج العربي من الإجهاد المائي، حيث تشكل

ندرة المياه مصدر قلق كبير. وقد يتسبب ارتفاع الطلب على المياه، في زيادة تكلفة إنتاج المواد الكيميائية الأولية اعتماداً على المنطقة وعلى أشكال إمدادات المياه كثيفة الاستهلاك للطاقة مثل تحلية المياه. يبين الشكل (38) الطاقة الإنتاجية من المواد الكيميائية الأولية، والإجهاد المائي في دول الشرق الأوسط [55-60].

الشكل (38): الطاقات الإنتاجية من المواد الكيميائية الأولية، والإجهاد المائي في الشرق الأوسط



المصدر: The future of petrochemicals

* يمثل الاستهلاك المباشر للمياه متوسط الاستهلاك المباشر للمياه في دول منطقة الشرق الأوسط. وتشمل كميات المياه المستخدمة لإنتاج البخار الازم لعمليات التكسير بالبخار، بينما تم استبعاد كميات المياه المستخدمة في عمليات التسخين. تم عرض تمثيل مصانع إنتاج الأمونيا لـــكل بلد ككل نظراً لعدم توفر مواقع محددة للمصانع المختلفة.

الفصل الخامس

البحث الثاني

الاتجاهات الحديثة في تكنولوجيا إنتاج البتروكيماويات

الفصل الخامس
الاتجاهات الحديثة
في تكنولوجيات إنتاج البتروكيماويات

5. تمهيد

تلعب التكنولوجيات الحديثة دوراً هاماً في تطور الصناعة البترولية على طول سلسلة القيمة، بدءاً من توفير اللقيم/ المادة الخام الأولية مروراً بإنتاج المواد الوسيطة، وصولاً إلى المنتجات النهائية. ساهمت تكنولوجيا التشقيق الهيدروليكي مؤخراً في خفض تكلفة إنتاج الغاز الطبيعي بشكل كبير من مصادره غير التقليدية (غاز السجيل / الغاز الصخري) وخاصة في منطقة أمريكا الشمالية لتتوفر كميات كبيرة منه، مما أدى إلى التوجه نحو التوسع في صناعة البتروكيماويات اعتماداً على استخدام عمليات التكسير البخاري للغاز (الإيثان) لإنتاج الإيثيلين وإضافة طاقات إنتاجية جديدة في دول أمريكا الشمالية. كما أنه من المتوقع أن تحدث تكنولوجيا تحويل النفط الخام مباشرةً إلى كيماويات تغييرات جوهرية في أسواق البتروكيماويات العالمية خلال السنوات القليلة القادمة.

وهناك العديد من التكنولوجيات تحت البحث والتطوير المستمر والتي من المتوقع أن تكون حلول واعدة لتحديات توفير اللقيم المناسب لصناعة البتروكيماويات بأسعار تنافسية، في ظل نمو الطلب العالمي المتزايد على منتجاتها. ستظل منتجات البولي إيثيلين، والبولي بروبيلين هي المحرك الرئيسي لنمو الطلب على البتروكيماويات مرتفعة القيمة على المدى القصير، حيث تمثل نسبتهما حوالي 75% من إجمالي الطلب على البتروكيماويات. من جانب آخر يستمر نمو الطلب على منتجات العطريات من البنزين العطري، والتولوين، والزايلين المختلط لإنتاج مجموعة واسعة من المنتجات النهائية من البلاستيك، والمواد الأخرى.

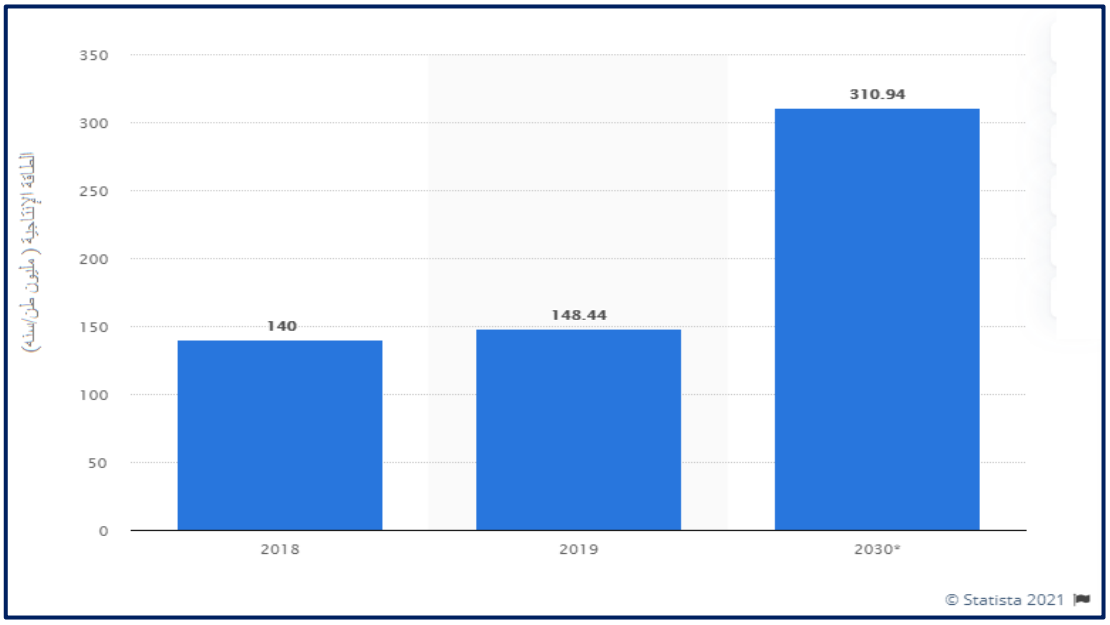
1.5. تكنولوجيا تحويل الميثانول إلى أوليفينات MTO

تم تطوير تكنولوجيا تحويل الميثانول إلى أوليفينات في فترة الثمانينيات والتسعينيات من القرن الماضي عندما توصلت شركة "UOP" بالاشتراك مع شركة "Norsk Hydro" النرويجية إلى تكنولوجيا جديدة لتحويل الميثانول إلى منتجات بتروكيماوية مرتفعة القيمة. ومن المتوقع أن تتساوى تكلفة إنتاج الأوليفينات بهذه التكنولوجيا المبتكرة الجديدة مع تكلفة إنتاج الأوليفينات بتكنولوجيا التكسير البخاري لغاز الإيثان.

في حالة ثبوت الجدوى الاقتصادية لهذه التكنولوجيا، ينتظر التوسع في إنشاء وحدات جديدة لإنتاج الميثانول في العديد من الدول التي تمتلك وفرة من الموارد الطبيعية من غاز الميثان، وتصديره بتكلفة أقل من تكلفة نقل الغاز الطبيعي أو الغازات البترولية المسالة لإنتاج البتروكيماويات. تتركز حاليا جميع الطاقات الإنتاجية لمشروعات تحويل الميثانول إلى أوليفينات في الصين، اعتمادا على الفحم كمادة خام أولية منخفضة القيمة الاقتصادية والتي تمتلك منه كميات ضخمة.

يذكر أن إنتاج الميثانول من مصادرة المختلفة " الغاز أو الفحم" يعد الأعلى إنتاجاً من بين منتجات البتروكيماويات الأولية " الأمونيا، والميثانول، والكيماويات عالية القيمة"، ومن المتوقع زيادة إنتاجه بحلول عام 2030 بأكثر من 50 % عن معدلات إنتاجه في عام 2019 والتي بلغت نحو 184 مليون طن سنوياً، ومن المحتمل أن تتضاعف كميات إنتاجه بحلول عام2030. يبين الشكل (39) إجمالي الطاقة الإنتاجية العالمية للميثانول خلال الفترة 2018 - 2030.

الشكل (39): إجمالي الطاقة الإنتاجية العالمية للميثانول خلال الفترة 2018 -2030



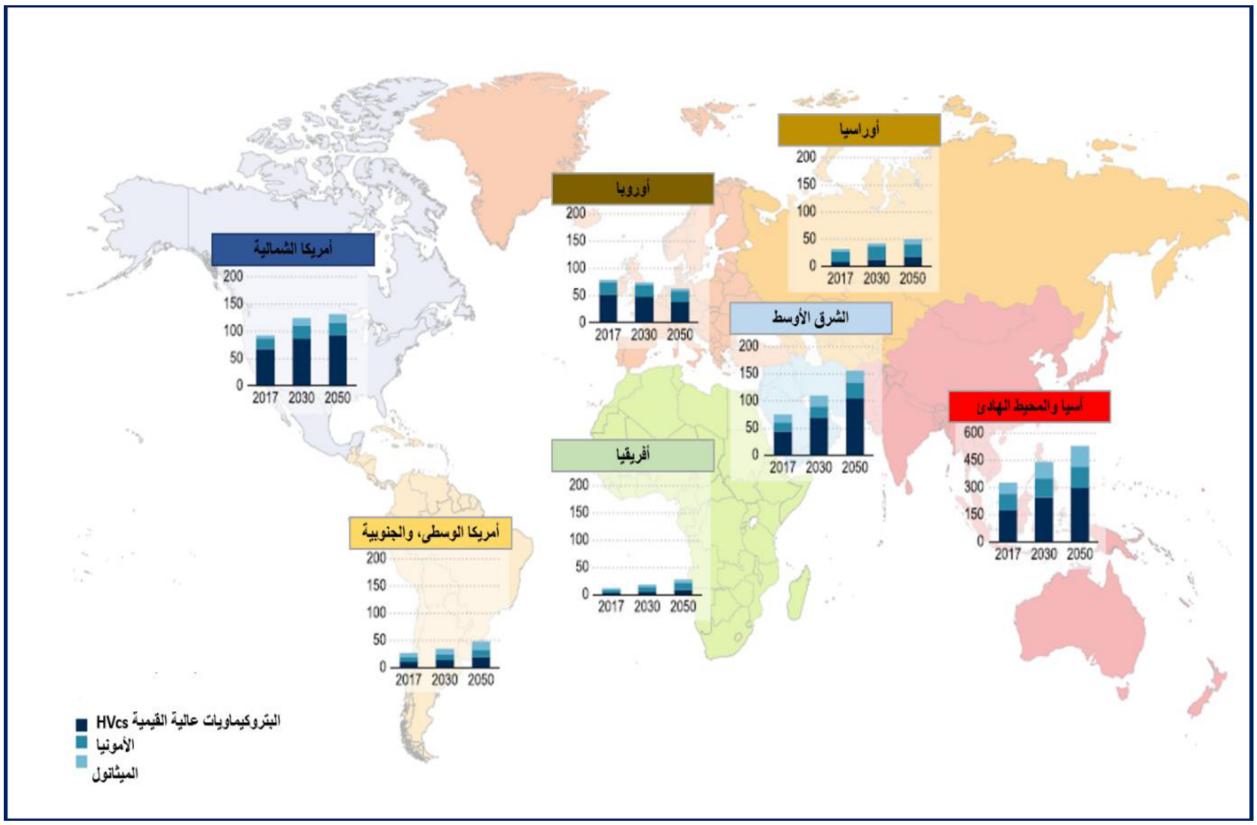
يعزى ارتفاع معدلات نمو الطلب على الميثانول إلى استخدامه في مجالات متعددة مثل خلطه مع الوقود من أجل تحسين أداء احتراقه وخفض نسب الانبعاثات الملوثة للهواء، حيث يستهلك قطاع النقل العالمي حوالي 35-40 % من إجمالي الطلب على الميثانول. كما يستخدم الميثانول أيضاً في إنتاج مادة "ثنائي ميثيل إيثر-DME" والتي يمكن مزجها كبديل للبروبان مع غاز البترول المسال (LPG). أما المجال الآخر لاستخدام الميثانول فهو استخدامه كمادة وسيطة لإنتاج عدد من المنتجات الكيماوية عالية القيمة (HVCs)، والتي من المتوقع أن ينمو الطلب عليها بنحو 60٪ بحلول عام 2050 مقارنة بعام 2017، وهو ثاني أسرع معدل نمو بين المواد الكيميائية الأولية. يستهلك إنتاج المنتجات الكيماوية عالية القيمة بهذه التكنولوجيا حوالي 21 % من إجمالي كميات الميثانول المنتجة على مستوى العالم. كما يستخدم الميثانول في مجال آخر مهم، وهو تحويله إلى عطريات (MTA)، إلا أنه مازال في مرحلة الإنتاج التجريبي Demonstration Phase.

لذا فمن المتوقع أن يلعب الميثانول دوراً بارزاً في إنتاج الكيماويات عالية القيمة، في عدد من دول العالم حال ثبوت الجدوى الاقتصادية للتكنولوجيا الجديدة. ومن المتوقع أن تكون دول منطقة آسيا والمحيط الهادئ هي الدول الرائدة على مستوى العالم في إنتاج البتروكيماويات عالية القيمة خلال الفترة 2017-2050، حيث تخطط هذه الدول إلى زيادة مستويات إنتاجها بأكثر من 75 % خلال هذه الفترة، لترفع حصتها العالمية من إنتاج البتروكيماويات عالية القيمة من 48٪ إلى 51٪ بحلول عام 2050. وتمثل معدلات نمو الطلب على الميثانول حالياً في دول منطقة آسيا والمحيط الهادئ حوالي 75% من إجمالي الطلب العالمي، فيما بلغ حجم الطلب على الميثانول في الصين فقط حوالي 50 % من إجمالي حجم الطلب العالمي في عام 2017، ومن المتوقع ثبات هذه النسبة حتى عام 2050.

من المتوقع أيضاً أن يصل إنتاج دول أمريكا الشمالية، والوسطى، والجنوبية من البتروكيماويات مرتفعة القيمة إلى ما يقرب من 115 مليون طن سنوياً بحلول عام 2050. وعلى الرغم من أن حصة دول منطقة أمريكا الشمالية حالياً من إنتاج الميثانول تمثل نسبة صغيرة نسبياً على مستوى العالم، إلا أنه من المتوقع أن تسجل أسرع معدلات للنمو بحلول عام 2050، ليرتفع إنتاج الميثانول بها بمقدار ثلاث مرات تقريباً.

من جانب آخر من المتوقع أن ترفع دول منطقة أفريقيا حجم إنتاجها من الميثانول بنحو ثلاث مرات عن معدلاتها الحالية، وأن تضاعف دول منطقة الشرق الأوسط، وخاصة الدول العربية في منطقة الخليج العربي إنتاجها بحلول عام 2050، لتشكل التكنولوجيا الجديدة مصدر آخر محتمل لإنتاج الكيماويات عالية القيمة في تلك الدول. يبين الشكل (40) إنتاج المناطق الرئيسية في العالم من الميثانول، والبتروكيماويات عالية القيمة، والأمونيا حتى عام 2050.

الشكل (40): إنتاج المناطق الرئيسية في العالم من الميثانول، والبتروكيماويات عالية القيمة، والأمونيا حتى عام 2050



المصدر https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/the_future_of_petrochemicals.pdf

2.5. التحول إلى إنتاج البوليمرات " اللدائن " الهندسية

أنتجت البوليمرات "اللدائن" الهندسية تجاريا خلال فترة الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي في صورة منتجات البولي كربونات، والبولي أميد (نايلون، ألياف زجاجية PET، ومنتجات أخرى)، لكنها لم تحظ باهتمام كبير، نظراً للنمو المتنامي السريع على البلاستيك المستخدم في إنتاج السلع الاستهلاكية العامة خلال تلك الفترة. وظهرت اللدائن الهندسية مره أخرى مع بداية الإنتاج التجاري لمنتجات البولي أسيتال، والبولي فينلين إيثر المعدل Modified Polyphenylene Ether، في الفترة من أواخر الستينيات حتى السبعينيات لتستخدم بشكل سريع في إنتاج السلع الاستهلاكية ذات الأغراض العامة، وسرعان ما أصبحت اللدائن الهندسية المستخدمة في الأغراض العامة بداية الانطلاق للتوسع اللاحق في استخدامها في مجالات تغذية قطاعات صناعة السيارات، والإلكترونيات. ظهرت بعد ذلك أنواع أخرى من البوليمرات الهندسية منخفضة التكلفة مثل البولي يوريثان، والبولي استر غير المشبع المقوى بالألياف الزجاجية، وراتنجات الإيبوكسي.

ساهم بشكل مباشر ارتفاع أسعار النفط في فترة السبعينيات من القرن الماضي في زيادة الطلب على السيارات ذات الكفاءة العالية في خفض معدلات استهلاك الوقود. وكانت إحدى طرق تحسين كفاءة استهلاك الوقود وخفض نسب استخداماته هي خفض أوزان السيارة. كما شهدت أسواق الأجهزة الكهربائية نموا متزايداً في الطلب على الأجهزة المنزلية. ساهم إنتاج اللدائن الهندسية والتي تتميز بخفة الوزن ومقاومة درجات الحرارة المرتفعة، في تلبية متطلبات كل من قطاع السيارات، وقطاع الأجهزة الكهربائية الجديدة.

اعتمد قطاع السيارات بدرجة كبيرة على اللدائن الهندسية منخفضة التكلفة من البولي بروبيلين المعالج، والذي يمتاز بخواص المقاومة الفائقة للصدمات، والخواص الميكانيكية الأخرى، فأصبح هو المصدر الرئيسي لتلبية احتياجات قطاع السيارات من الأجزاء الكبيرة المقولبة مثل المصدات. كما تم التوسع في إنتاج البوليمرات الهندسية الفائقة " Super

Engineering Plastics" في فترة الثمانينيات من القرن الماضي، مثل منتجات البولي أميد، ومنتجات البولي إيثر كيتون "PEEK"، ومنتجات البولي إيثر سالفون"PES"، والتي تميزت بقدرتها على تحمل درجات حرارة أعلى من 150°م، مما ساهم في مزيد من التوسع في استخداماتها في مجال صناعة الأجهزة والإلكترونيات.

3.5. تكنولوجيا إنتاج المونيومرات مباشرة من البارافينات

اعتمدت صناعة البتروكيماويات منذ نشأتها على كيمياء الهيدروكربونات غير المشبعة "مزدوجة الرابطة" كالأوليفينات، والعطريات. أما الهيدروكربونات المشبعة "أحادية الرابطة كالبارافينات"، فلها تفاعلات ضعيفة وتطبيقات محدودة للغاية في مجال إنتاج الأوليفينات، ويعد غاز الميثان أبسط أنواع البارافينات. على الرغم من أن غاز الميثان يعد مادة خام أولية يمكن استخدامها لإنتاج الوقود والمواد الكيميائية، إلا أنه يستخدم بشكل رئيسي كوقود لتوليد الطاقة وللاستخدام المنزلي والصناعي، ويعد وقوداً مثالياً لهذه الأغراض نظراً لتوفره، وسهولة تنقيته لإزالة مركبات الكبريت.

يعد غاز الميثان مورد غير مستغل إلى حد كبير في إنتاج الكيماويات والوقود السائل. ولاتزال تكنولوجيات إنتاج الأوليفينات الخفيفة مباشرة من الميثان "Methane-to-Olefins" تحت التطوير المستمر. ومن المتوقع أن تسهم التكنولوجيات الجديدة حال اعتمادها على مستوى الإنتاج التجاري من تغير مشهد صناعة البتروكيماوية التقليدية الذي يعتمد على الأوليفينات والعطريات كمواد خام أولية لازمة للصناعة.

4.5. تكنولوجيا إنتاج محفزات الميتالوسين

شهد مجال إنتاج البولي أوليفينات ظهور محفزات "الميتالوسين" في الثمانينيات من القرن الماضي، والتي جذبت الانتباه بفضل أدائها المتفوق للغاية مقارنة بمحفزات "زيغلر- ناتا"

التقليدية. تم استخدام محفزات الميتالوسين الجديدة لأول مرة في انتاج البولي إيثيلين الميتالوسين، ومع ذلك لم تتمكن المحفزات الجديدة من إحداث تأثير عميق في سوق البتروكيماويات بالطريقة التي أحدثتها محفزات زيغلر – ناتا في الخمسينيات، وما نتج عنه عند انتاج البولي إيثيلين الخطي منخفض الكثافة على النطاق التجاري في الثمانينيات. ولم تتمكن التحسينات الجديدة للمحفزات، والابتكارات من إضافة زيادات كبيرة في الإنتاجية [33،34]. ومع ذلك، تم إنفاق نحو 3.5 مليار دولار منذ أواَخر التسعينيات على عمليات البحث والتطوير التقني لإنتاج للجيل الثاني من محفزات جديدة عُرفت باسم محفزات ما بعد الميتالوسين، مثل "محفز ثلاثي ميثيل الأنيلين" والتي تجاوزت محفزات الميتالوسين الأصلية. تعتمد المحفزات الجديدة على مزيج من "الميتالوسين، والميثيل ألومينوكسان"، تستخدم في إنتاج بولي أوليفينات ذات خصائص فائقة. شملت كذلك أنشطة البحث والتطوير للمحفزات الجديدة العمليات التحفيزية الخالية من المذيبات، وتصميم اللدائن الهندسية خفيفة الوزن، وإعادة التدوير، والبصمة الكربونية المنخفضة للبولي أوليفينات. يبين الشكل (41) مراحل البحث العلمي والتطوير لمحفزات الميتالوسين الجديدة حتى مرحلة الإنتاج التجاري.

الشكل (41): مراحل البحث العلمي والتطوير لمحفزات الميتالوسين الجديدة حتى مرحلة الإنتاج التجاري

المصدر: https://www.lyondellbasell.com/globalassets/products-technology/technology/bulk-pp-processes.pdf?id=13745

5.5. تكنولوجيا تحويل النفط الخام إلى كيماويات Crude Oil to Chemicals (COC)

أنشئت مصافي تكرير النفط التقليدية بهدف إنتاج الوقود التقليدي، وتهدف مشروعات البتروكيماويات إلى إنتاج البتروكيماويات فقط، وفي هذه الحالة يكون مفتاح ربحية المصفاة هو مرونة استخدام الخام، بينما مفتاح ربحية مشروعات البتروكيماويات هو مرونة الاستخدام في مواد التغذية الأولية. أما في المشروعات المدمجة لكل من المصافي والبتروكيماويات فإنه يتم تنسيق استخدام المواد الخام الأولية الناتجة من مصافي التكرير لتعظيم إنتاج البتروكيماويات، ويتم دمج وتكامل استخدامات الطاقة، والمرافق المختلفة لزيادة تحسين كفاءة استخدام الطاقة. ومع ذلك، حتى مع عمليات الدمج، فإن المصفاة في هذه الحالة تهدف إلى إنتاج الوقود، بينما يهدف مجمع البتروكيماويات إلى إنتاج منتجات البتروكيماويات.

أما في المشروعات الجديدة لتحويل النفط الخام مباشرةً إلى كيماويات تدمج كل من المصفاة، ومصانع البتروكيماويات في مجمع واحد، وبالتالي تشكل ما هو أبعد من تكامل مجمعات البتروكيماويات الحديثة في مصافي التكرير. وتهدف التكنولوجيا الجديدة إلى تعظيم إنتاج الكيماويات وزيادة القيمة المضافة بتحويل حوالي 40 % من برميل النفط الخام مباشرةً إلى كيماويات، لذا فإنها تعد أهم تطور وشيك يمكن أن يكون له آثار استراتيجية مباشرة على مستقبل صناعة البتروكيماويات العالمية [86].

في هذا الصدد أعلنت عدد من الشركات عن مشروعات ضخمة لتحويل النفط الخام مباشرةً إلى كيماويات أو تم بالفعل البدء فيها، كمشروع شركة "هينجلي" بطاقة 40 ألف برميل يوميا من النفط الخام (20 مليون طن من النفط الخام سنويًا) لإنتاج 4.5 مليون طن من البارازايلين سنويًا، ومنتجات كيميائية أخرى. تصل نسبة تحويل النفط إلى كيماويات حوالي 42 ٪ لكل برميل من النفط. بدأ أيضاً الإنتاج في ثلاثة مشاريع أخرى في الصين لإنتاج البارازايلين، وتتبع هذه المشروعات ثلاثة منتجين رئيسين لمنتجات البولي إيثيلين تيرفيثالات،

وهم شركة "هينجلي" Hengli، وشركة "تشجيانغ" Zhejiang، وشركة "شينغوج" Shenghong [86].

من جانب آخر تسعى شركة "أرامكو" السعودية إلى تطوير التكنولوجيا الجديدة مع شركة "شيفرون لامس جلوبال" Chevron Lummus Global (CLG)، وشركة "سي بي أند أي" CB&I، من أجل تعظيم نسبة تحويل النفط الخام إلى كيماويات في مشروعها الجديد لتصل إلى حوالي 70-80٪ من برميل النفط، ويمثل هذا المشروع تحول استراتيجية شركة نفط كبرى لتتجه نحو الصناعات التحويلية، ولتصبح شركة بتروكيماويات ضخمة. لذا فمن المتوقع أن تحدث تكنولوجيا تحويل النفط الخام إلى كيماويات تغيرات جوهرية في أسواق البتروكيماويات العالمية.

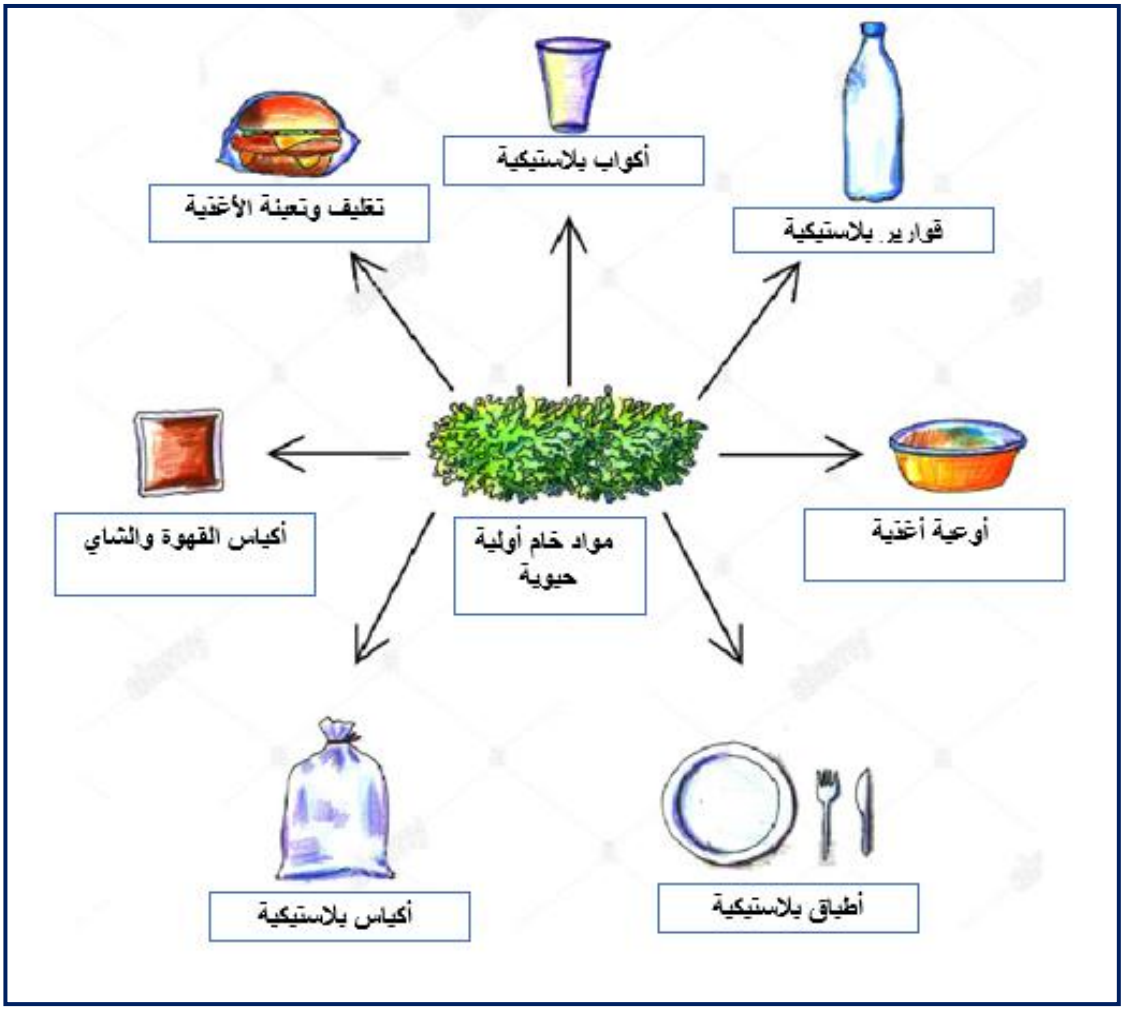
6.5. تكنولوجيا إنتاج البلاستيك الحيوي

من المتوقع أن تساهم تكنولوجيا إنتاج البلاستيك الحيوي في تطوير وإنتاج منتجات متخصصة جديدة لها القدرة على التحلل البيولوجي، والمساهمة في إيجاد حلول تطبيقية لمشكلات تلوث البيئة بالنفايات البلاستيكية التقليدية، خاصة في قطاعات التعبئة والتغليف. تستخدم منتجات عديد حمض اللبنيك أو ما يعرف باسم " متعدد حمض اللاكتيك" PLA، ومنتجات بولي هيدروكسيل الكانوتيس - Polyhydroxy alkanoates، كمواد خام أولية لإنتاج البلاستيك الحيوي.

تتميز أسواق البلاستيك الحيوي بمعدلات نمو عالية ومتوقع نموها بنسبة تصل إلى حوالي 30٪ خلال الفترة 2013 -2030، مقارنةً بمعدلات نمو لسوق البلاستيك التقليدي، والمتوقعة بنسبة 3٪ فقط سنويًا [33]. ومع ذلك، فإنه من الصعب أن يحل البلاستيك الحيوي محل البلاستيك التقليدي بالكامل. وتعد تكاليف الإنتاج من التحديات الرئيسية لنمو سوق البلاستيك الحيوي في الوقت الحاضر، حيث تعتمد تكلفة إنتاج البلاستيك الحيوي على نوع المادة الخام الأولية الحيوية

المستخدمة، والتي تبلغ حالياً نحو 1.5-3 أضعاف تكلفة إنتاج البلاستيك التقليدي. وعلى الرغم من التكلفة المرتفعة نسبياً لإنتاج البلاستيك الحيوي، إلا أنه من المتوقع أن تؤدي التطورات المتسارعة في تكنولوجيا التصنيع إلى خفض التكلفة في المستقبل القريب من خلال استخدام مواد خام أولية حيوية جديدة منخفضة التكلفة، مثل نفايات قش الأرز، وقشر الأرز، ولحاء الأشجار، لتحل محل المواد الخام الأولية الحيوية من شجر الكاسافا، وقصب السكر، والذرة، والمستخدمة حالياً [85]. يبين الشكل (42) نماذج لبعض منتجات البلاستيك الحيوي.

الشكل (42): نماذج لبعض منتجات البلاستيك الحيوي



المصدر: - https://www.alamy.com/bioplastic-products

الفصل السادس

البحث الثاني

نماذج عالمية في مجال الاستثمار في البحث والتطوير

الفصل السادس

نماذج عالمية في مجال الاستثمار في البحث والتطوير

6. تمهيد

تعد صناعة البتروكيماويات واحدة من أكبر الصناعات العالمية التي تعتمد بشكل كبير ومباشر على نتائج ومخرجات بحوث قطاع البحث والتطوير في الشركات المطورة، خاصة في الاقتصادات المتقدمة. ويمكن أن يكون لمنتجات صناعة البتروكيماويات المبتكرة وعملياتها الإنتاجية تأثيرات مباشرة على زيادة النمو الاقتصادي العالمي ككل.

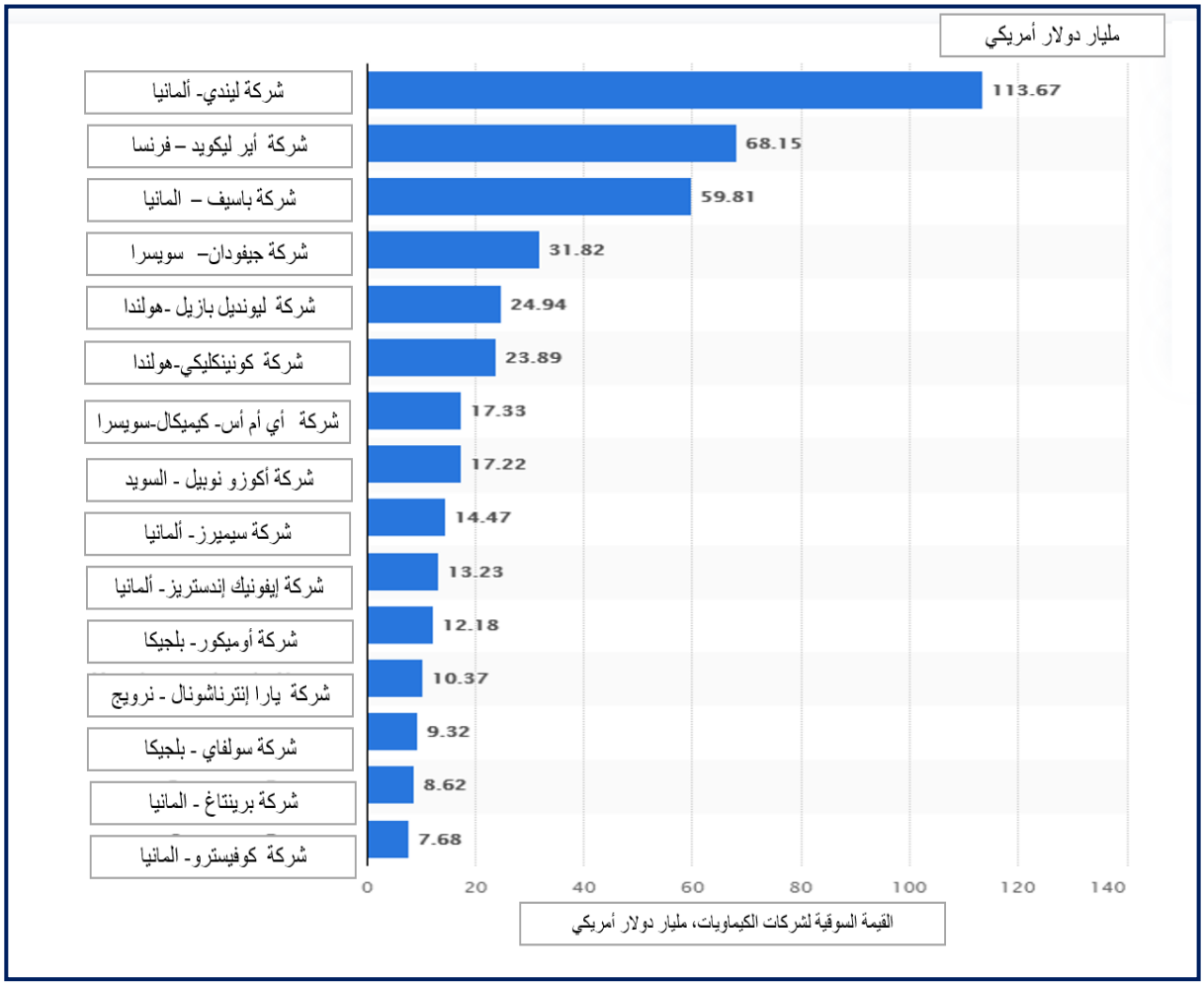
تستثمر شركات البتروكيماويات الرائدة في أوروبا بشكل مكثف في أنشطة البحث العلمي والتطوير لإحداث الابتكار لزيادة الربحية والتغلب على تحديات الصناعة المختلفة. حيث تمثل صناعة الكيماويات الأوروبية حوالي 17.8 ٪ من إجمالي الإنتاج العالمي، وتمد عمليا جميع القطاعات الصناعية والاستهلاكية بمختلف منتجات البتروكيماويات [75].

من أجل تغيير قدرات شركات البتروكيماويات في الدول العربية نحو الإعداد الأفضل للبحث والتطوير، فإن هذه الشركات تحتاج إلى اعتماد أطر عمل شاملة تبدأ بتحديد أولويات أنشطة البحث والتطوير بها، مع تحديد التكنولوجيات التي يتم استيرادها من الخارج، وما يمكن تطويرها داخليا في معامل البحث والتطوير بالشركات من خلال التعاون مع شركاء الابتكار الدوليين من أجل تطوير المنتجات. كما يجب ترسيخ ثقافة الابتكار لتحويل تلك الشركات والمؤسسات إلى مؤسسات ابتكارية عالمية المستوى.

1.6. القيمة السوقية لشركات البتروكيماويات في دول أوروبا

توجد معظم شركات الكيماويات الأوروبية في سبع دول من الاتحاد الأوروبي، وهي ألمانيا، وفرنسا، والسويد، وسويسرا، وهولندا، وبلجيكا، والنرويج. وقد سيطرت الشركات الألمانية على قطاع الكيماويات في دول أوروبا. بلغت القيمة السوقية لشركة "ليندي" نحو 113.7 مليار دولار أمريكي، وجاءت شركة الغازات الصناعية الفرنسية "أير ليكويد" في المرتبة الثانية بقيمة سوقية بلغت حوالي 68.15 مليار دولار أمريكي. يبين الشكل (43) القيمة السوقية لشركات الكيماويات الرائدة في أوروبا لعام 2020.

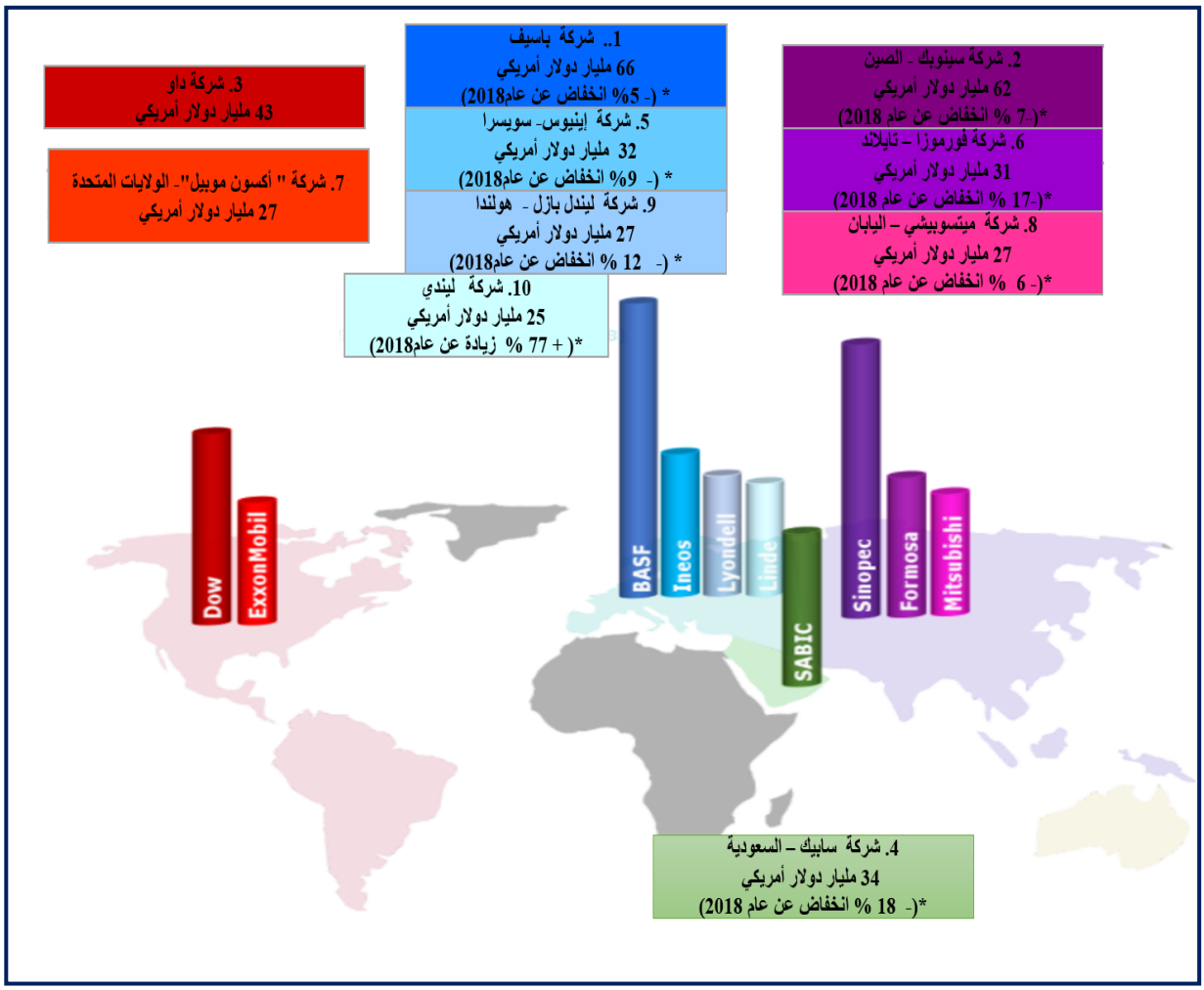
الشكل (43): القيمة السوقية لشركات الكيماويات الرائدة في أوروبا لعام 2020



المصدر: https://www.statista.com/statistics/443118/top-chemical-companies-in-europe-by-market-cap/

من جانب آخر تصدرت شركة " باسف" قائمة الشركات الأعلى مبيعات حول العالم في عام 2019، خاصةً بعد تقسيم شركة "داودوبونت" إلى شركتي " داو"، و "دوبونت"، تلتها شركة "سينوبك" الصينية في المرتبة الثانية، فشركة "داو" في المرتبة الثالثة، وجاءت في المرتبة الرابعة على مستوى العالم شركة "سابك" السعودية على الرغم من انخفاض مبيعاتها بنحو 18 % عن عام 2018، وحلت شركة "ليندي" في المرتبة العاشرة، بعد اندماجها مع شركة براكسير" لتشكلا معاً عملاق للغاز الصناعي. يبين الشكل (44) قائمة شركات الكيماويات الأعلى مبيعات على مستوى العالم لعام 2019.

الشكل (44): قائمة شركات الكيماويات الأعلى مبيعات على مستوى العالم لعام 2019



المصدر: Top ten chemicals companies in 2019

https://www.chemistryviews.org/details/ezine/11241149/Top_Ten_Chemical_Companies_in_2019.htm

تبحث شركة "باسف" باستمرار تقوية أعمالها في مجال البحث العلمي والتطوير على مستوى دول العالم، فنجد أن حوالي 80٪ من نفقاتها في مجال أنشطة البحث العلمي والتطوير، أنفقتها الشركة في أوروبا، ونحو 17٪ في الأمريكيتين، و3٪ في آسيا والمحيط الهادئ. تشارك الشركة أيضاً في تحالفات متخصصة في قطاع الكيماويات، وتتعاون مع أكثر من 1800 تحالف عالمي في 41 دولة مع جامعات ومعاهد بحثية، وشركات ناشئة، وشركاء من الصناعة والعملاء. تضم قائمة أكبر 19 شركة بتروكيماويات حائزة على براءات اختراع، 3 شركات نفطية [90].

أدى تباطؤ النشاط الاقتصادي في عام 2019 إلى انخفاض عائدات معظم شركات البتروكيماويات الكبرى مقارنة بعام 2018. كما تسبب جائحة "كوفيد- 19" في أعمق ركود شهده الاقتصاد العالمي منذ عقود. وهذا يعني أن التوقعات للفترة 2020-2021 غير مؤكدة، ومن المتوقع أن ينخفض الناتج المحلي الإجمالي العالمي، وأحجام مبيعات البتروكيماويات [76].

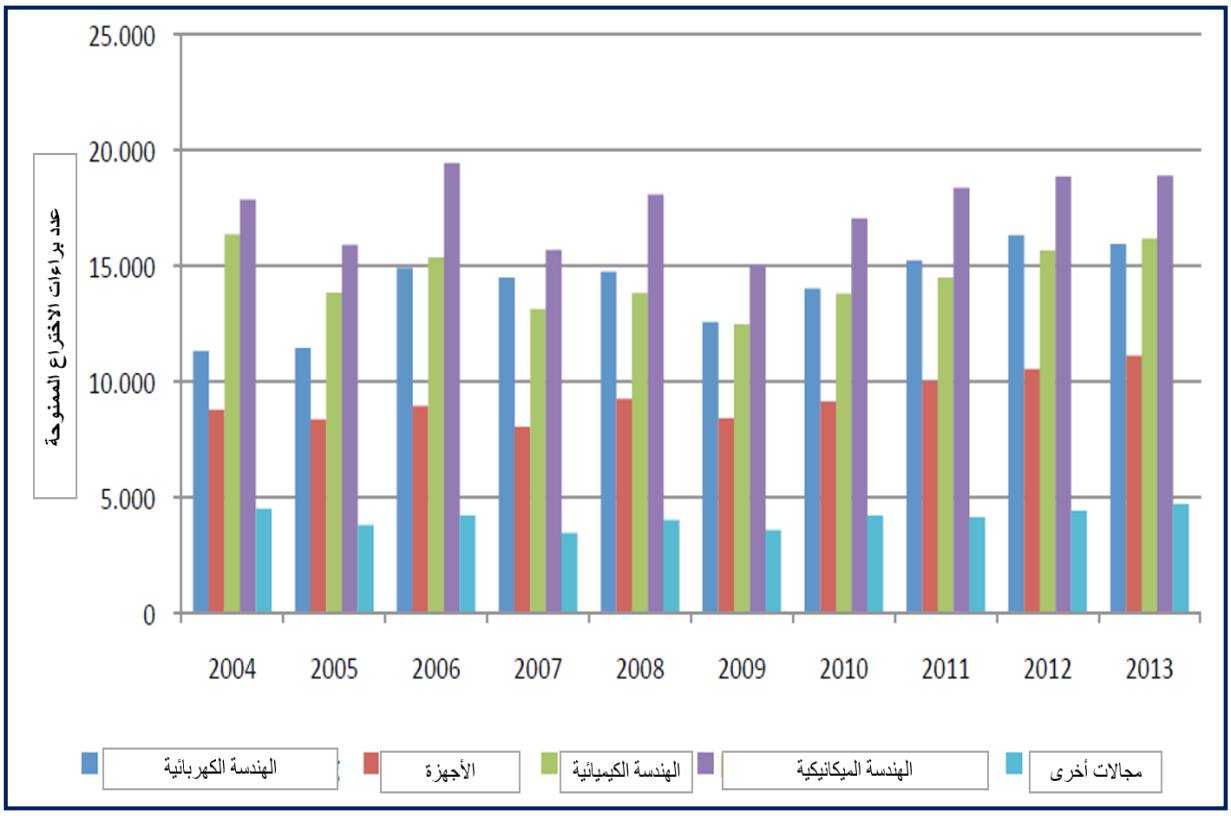
يظهر تحليل بيانات الشركات الرائدة أن محددات ومتغيرات الابتكار تشمل على سبيل المثال كل من براءات الاختراع، وزيادة الاستثمار في أنشطة البحث والتطوير، وإتباع سياسات الاندماج والاستحواذ، وإعادة هيكلة شركات الكيماويات الكبرى، والاعتماد على نتائج أبحاث الشركات الكيماوية الكبيرة المشتركة مع الجامعات والمعاهد، وتأثير الموقع الجغرافي، وتوفير العمالة الماهرة [75].

1.1.6. مؤشرات الابتكار في شركات الكيماويات الرائدة في أوروبا من حيث نشاط براءات الاختراع

تعتبر براءات الاختراع هي أحد الأدوات التي تستخدمها الشركات لجني الدخل من الابتكار. ربما تكون المؤشرات القائمة على براءات الاختراع هي الأكثر استخداماً من بين

المؤشرات القليلة المتوفرة حول مخرجات التكنولوجيا. يبين الشكل (45) مقارنة بين براءات الاختراع الممنوحة للصناعات الكيميائية والصناعات الرائدة الأخرى في أوروبا.

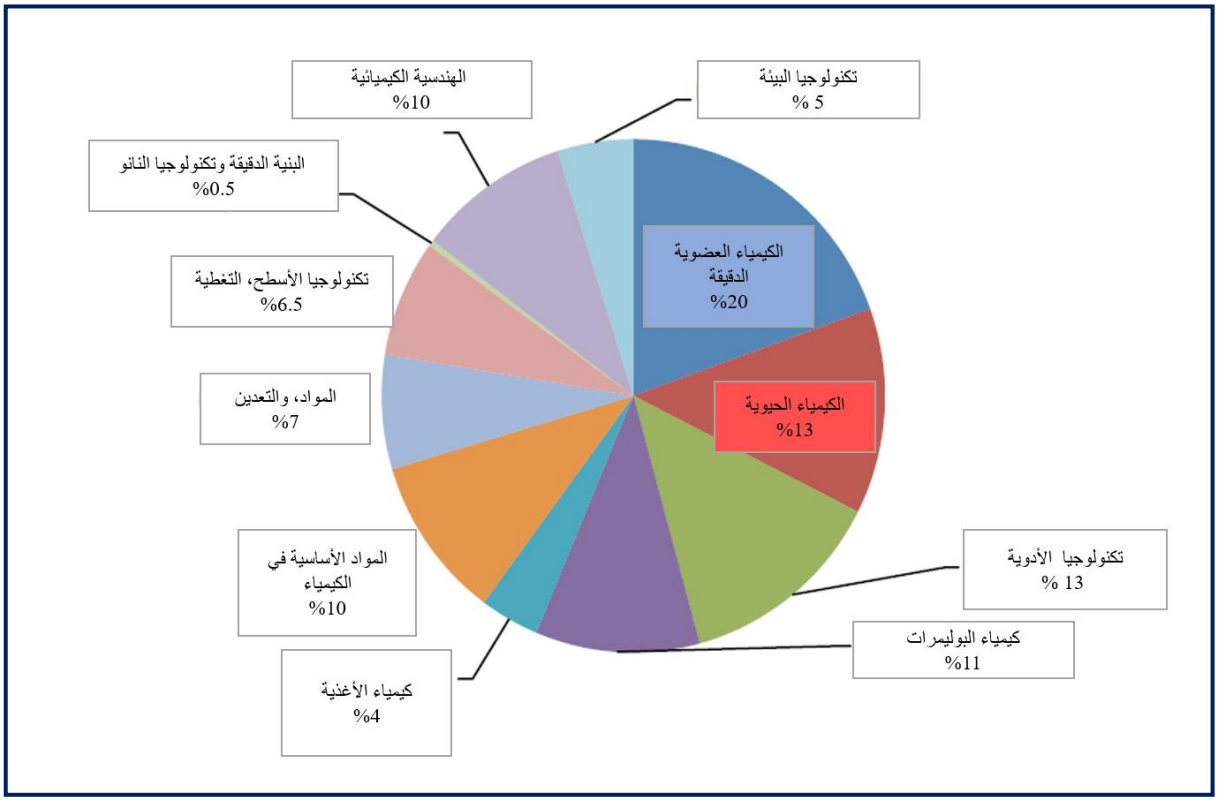
الشكل (45): مقارنة بين براءات الاختراع الممنوحة للصناعات الكيميائية والصناعات الرائدة الأخرى في أوروبا



المصدر: European Patent Office

يوضح الشكل (45) أن براءات الاختراع الممنوحة للهندسة الميكانيكية تمثل أكبر عدد من إجمالي عدد البراءات الممنوحة، بينما تأتي الهندسة الكيميائية، والهندسة الكهربائية في المرتبة الثانية والثالثة. عدد براءات الاختراع الممنوحة للهندسة الكيميائية كان في أدنى مستوى له خلال الأزمة الاقتصادية العالمية في عام 2009، مما أثر بشدة على الصناعة الكيميائية [75]. يتكون قطاع الهندسة الكيميائية من 11 قطاع فرعي. يبين الشكل (46) نسب توزيع إجمالي عدد براءات الاختراع الممنوحة بين مختلف القطاعات الفرعية.

الشكل (46): نسب توزيع إجمالي عدد براءات الاختراع الممنوحة بين مختلف القطاعات الفرعية

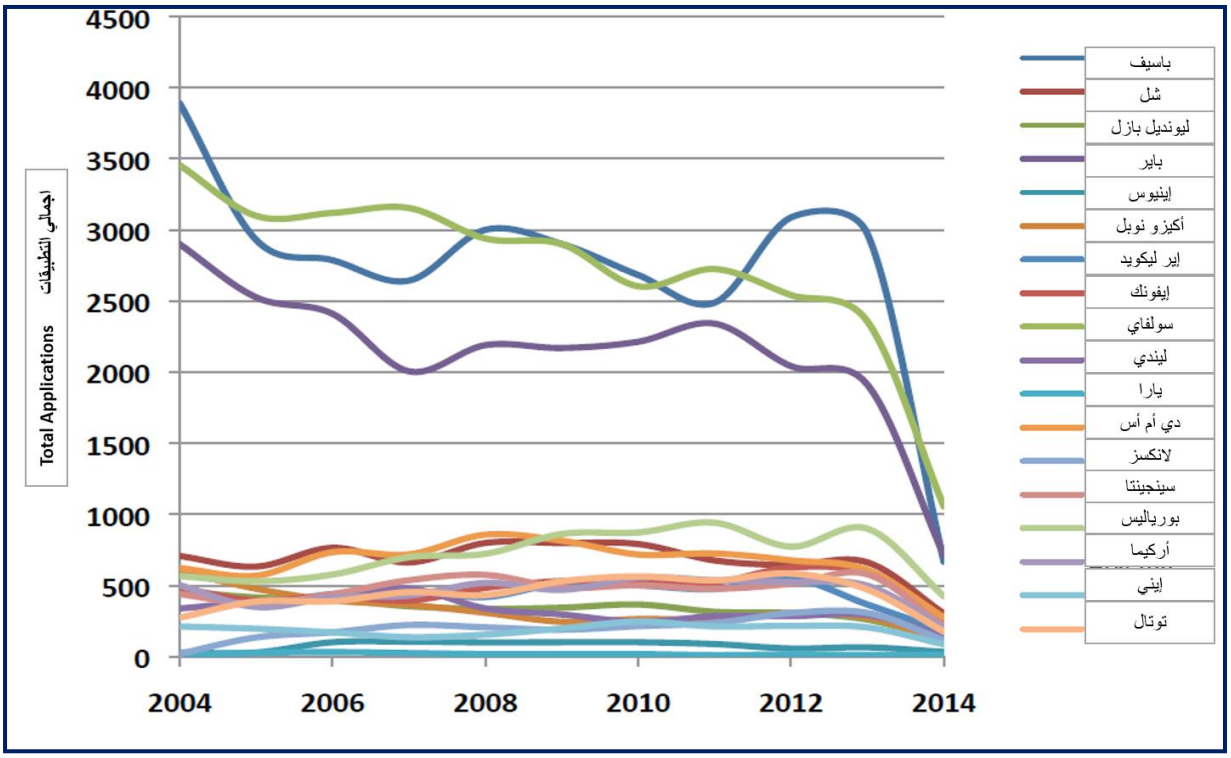


المصدر: European Patent Office

بلغت نسبة براءات الاختراع في قطاع الكيمياء العضوية الدقيقة نحو 20 % من إجمالي براءات اختراع الهندسة الكيميائية، تليها المستحضرات الصيدلانية والدواء بنسبة 13%، والكيمياء الحيوية بنسبة حوالي 13%، بينما بلغت نسبة كيمياء البوليمرات نحو 11 %. من ناحية اَخرى، كانت براءات الاختراع في كيمياء الأغذية، وتكنولوجيا البيئة، وتكنولوجيا النانو منخفضة.

تعد شركات "باسف"، و "باير"، و "ليونديل بازل" في طليعة الشركات الرائدة على مستوى العالم في الحصول على براءات اختراع في مجال الهندسة الكيميائية، وأظهرت شركة "سولفاي" اتجاهًا تصاعديًا، بينما قدمت باقي الشركات تطبيقات أقل بكثير كما يبين الشكل (47).

الشكل (47): اجمالي طلبات براءات الاختراع التي قدمتها شركات الكيماويات الرائدة العالمية إلى هيئات براءات الاختراع في خلال الفترة 2004-2014



المصدر: European Patent Office

بشكل عام كلما زادت أنشطة البحث والتطوير في الشركات، زادت معها احتمالية منح عدد أكبر من براءات الاختراع، والتي يتحكم فيها أيضاً جودة البحث. يستغرق منح براءة الاختراع بضع سنوات، لذلك في بعض الحالات يكون عدد براءات الاختراع الممنوحة في عام معين أعلى من تلك التي تم تقديمة في ذلك العام [75].

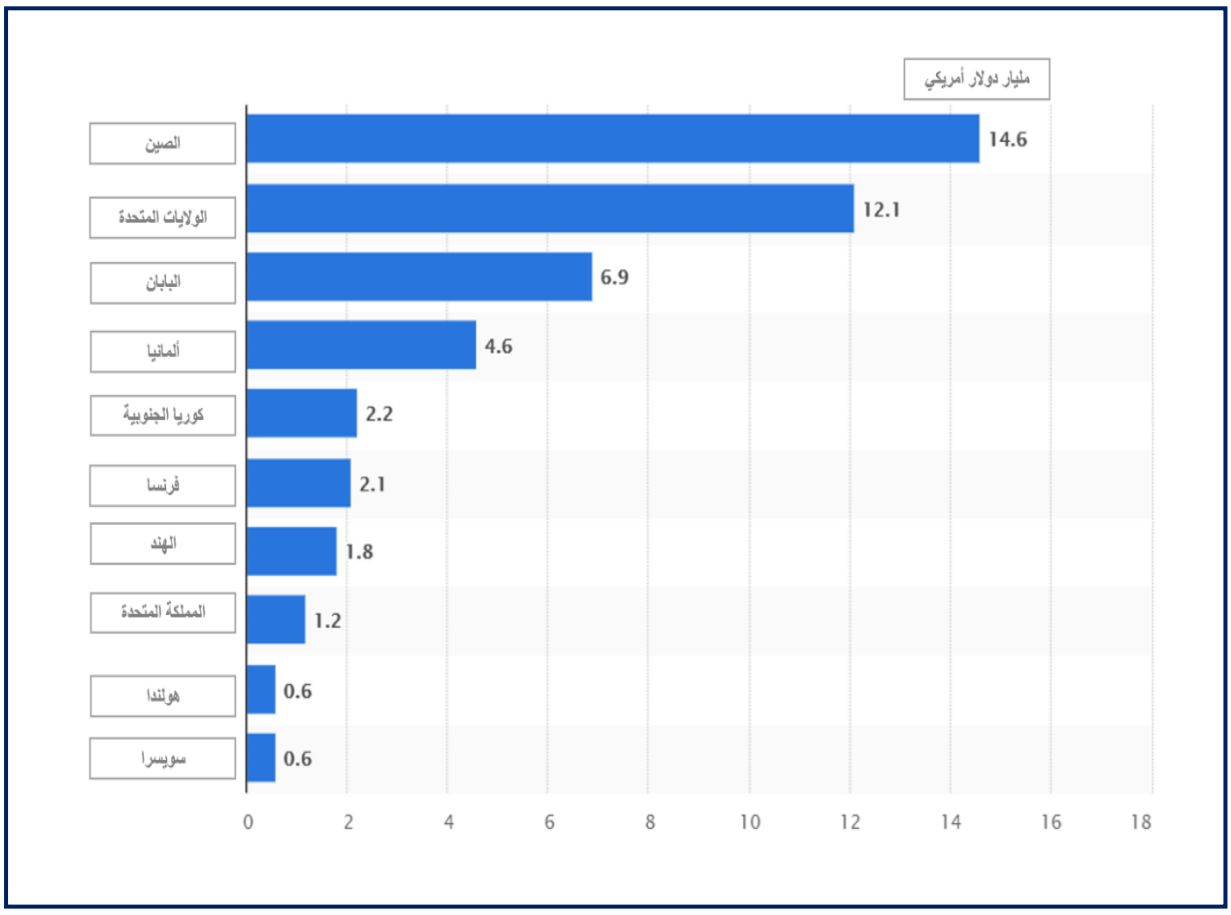
2.6. الاستثمار في أنشطة البحث والتطوير

أدركت الدول المتقدمة أهمية البحث والتطوير في حل مشكلات الصناعة وغيرها من القطاعات الهامة التي تسهم بشكل مباشر في تحقيق التنمية المستدامة. فنجد أن الولايات المتحدة الأمريكية، واليابان، والصين، وماليزيا، ودول الاتحاد الأوروبي أنفقت على البحث والتطوير

حوالي 417 مليار دولار، وهو يتجاوز 75 % من إجمالي الإنفاق العالمي على البحث العلمي [83].

بلغ إنفاق الصين على أنشطة البحث والتطوير في قطاع الكيماويات، والبتروكيماويات في عام 2017 نحو 14.6 مليار دولار. فيما بلغت قيمة الإنفاق في دول أخرى في منطقة آسيا مثل اليابان وكوريا الجنوبية نحو 9.1 مليار دولار، وباستثمارات مجمعة بلغت نحو 23 مليار دولار، وهو ما يمثل أكثر من 50 % من إجمالي الاستثمارات العالمية في مجال أنشطة البحث والتطوير في قطاع البتروكيماويات على مستوى العالم [89]. يبين الشكل (48) الدول الرائدة من حيث إجمالي الإنفاق على أنشطة البحث والتطوير في قطاع الكيماويات في لعام 2017 [88].

الشكل (48): الدول الرائدة من حيث إجمالي الإنفاق على أنشطة البحث والتطوير في قطاع الكيماويات لعام 2017



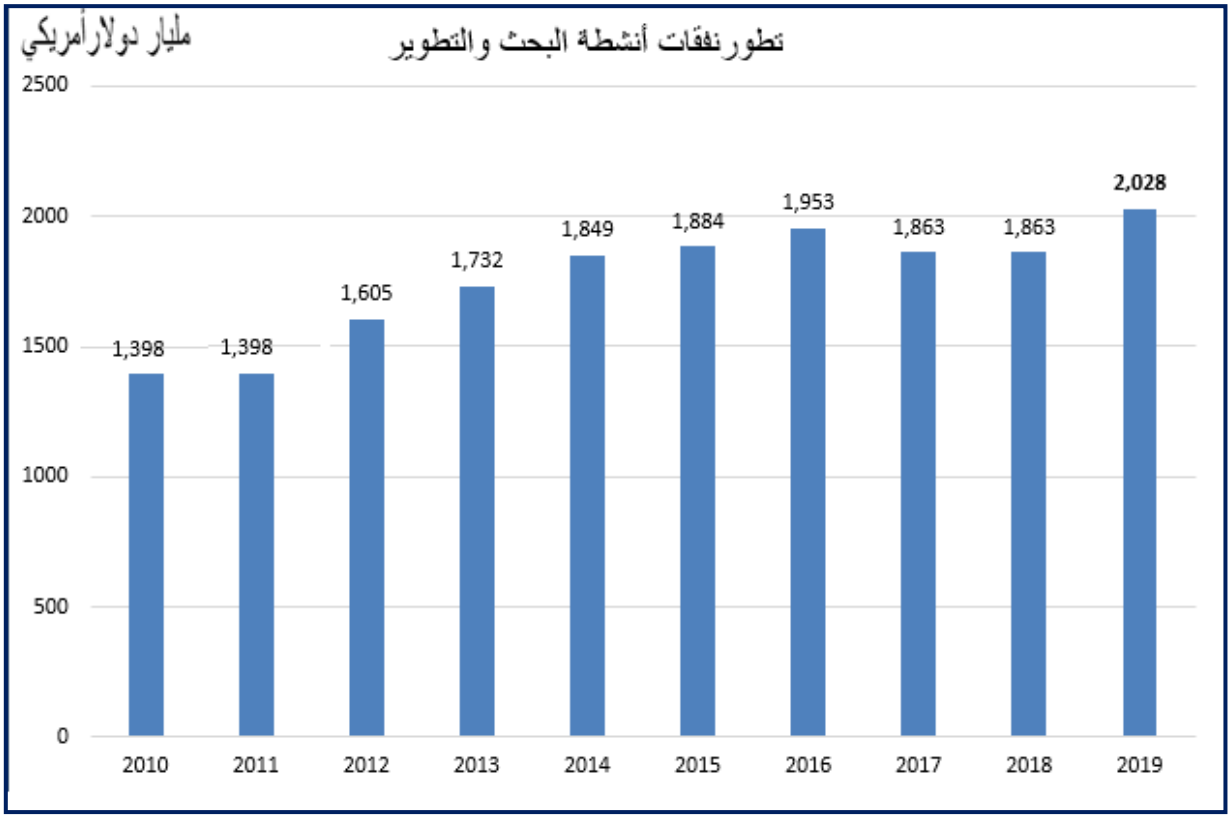
المصدر: Statista 2020 ©

بشكل عام، يجب زيادة حجم الأبحاث التي يتم إجراؤها، وكذلك يجب أن تعمل الشركات الكبرى على مراجعة خطط البحث والتطوير الخاصة بها، وتوسيع مدى أهداف برامج الأبحاث لديها لمواجهة التحديات التي تواجه الصناعة. وبينما تتجه شركات النفط والغاز الكبرى، وشركات الصناعات التحويلية إلى خفض النفقات في مجالات عديدة، وعلى الرغم من انخفاض أسعار النفط، إلا أن شركات البتروكيماويات خالفت هذا الاتجاه، وحافظت على تخصيص نسبة مرتفعة نسبيا لأنشطة البحث والتطوير كنسبة من مبيعاتهم [87] . تاريخيًا، شكلت نسبة الإنفاق على أبحاث وتطوير تحسينات العمليات والمنتجات حوالي 80-90٪ من إجمالي إنفاق البحث والتطوير في الشركات الرائدة. على الرغم من وجود مخاطر مرتبطة بالبحث والتطوير، إلا أن معدلات العائد على الابتكارات الناجحة يمكن أن تصل إلى 25-35٪. في دراسة لمجلس البحوث الكيميائية ومقره الولايات المتحدة، وجد أن كل دولار يُستثمر في البحث والتطوير ينتج نحو 2 دولار.

يمثل إنفاق شـــركات الكيماويات في الاتحاد الأوروبي حوالي 23٪ من إجمالي الإنفاق العالمي على أنشـــطة البحث والتطوير العالمي، وحافظت على ميزانيات البحث العلمي عند نســـبة حوالي 2% من إجمالي مبيعاتها. تنفق معظم الشـــركات ميزانيات البحث والتطوير الخاصة بها على مشاريع البحث والتطوير الداخلية، أو على تعاقد مع شركات اَخرى بغرض اجراء تلك الأنشطة.

بلغت نفقات شركة " باسف" على أنشطة البحث والتطوير حوالي 2.158 مليار دولار في عام 2019، مرتفعة عن نفقات عام 2018، والتي بلغت حوالي 1.994 مليار دولار . بلغت مخصصات البحث والتطويرللمنتجات الجديدة والمحسّنة حوالي 63% من إجمالي النفقات على بحوث التطوير، وبلغت حوالي 19٪ على العمليات الجديدة والمحسّنة ، ونحو 16٪ على تطوير الأساليب ، وحوالي 2٪ على تطوير التطبيقات الجديدة. وبناءً على هذه النفقات ، تتوقع الشركة تحقيق مبيعات سنوية بحلول 2030 تزيد عن 15 مليار دولار [90]. يبين الشكل (49) إجمالي إنفاق شركة باسف على أنشطة البحث العلمي خلال الفترة 2010-2019 [92].

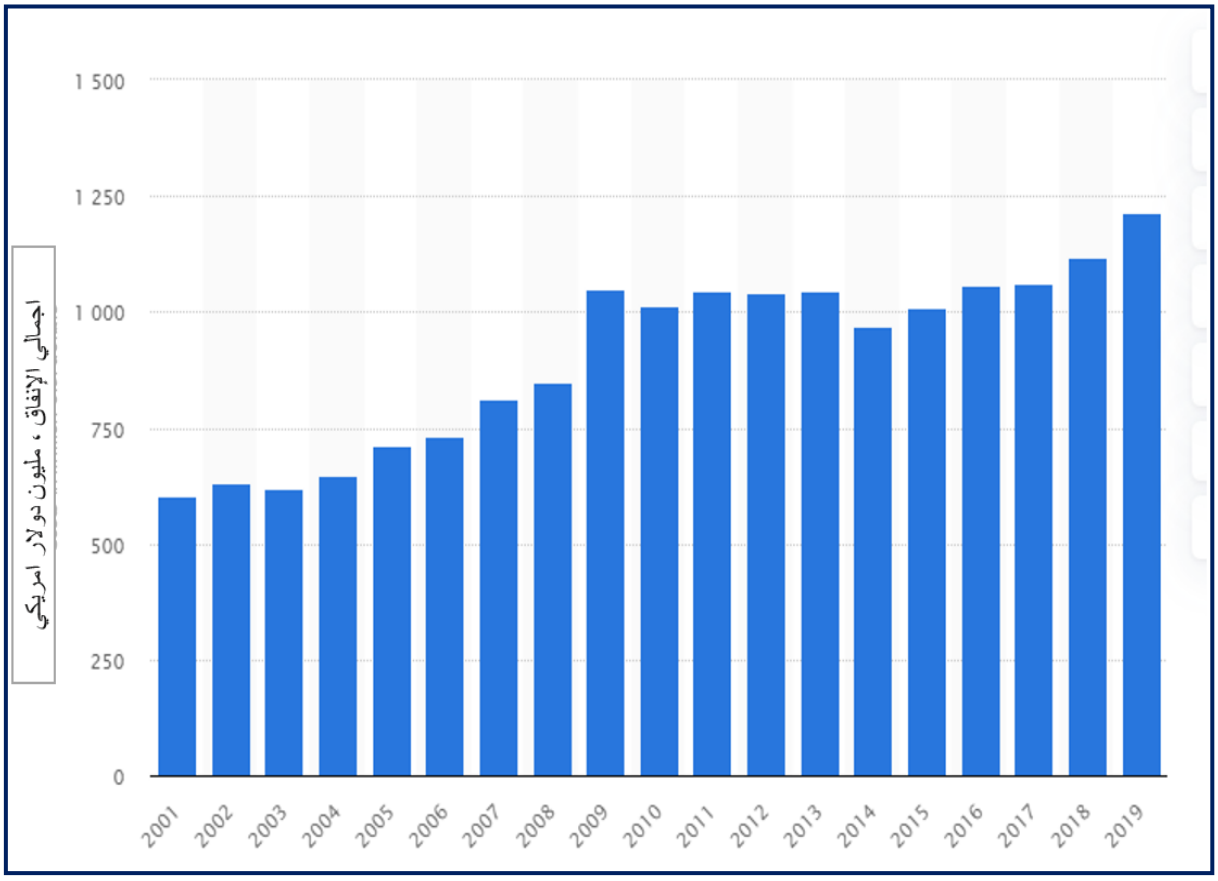
الشكل (49) : إجمالي إنفاق شركة باسف على أنشطة البحث العلمي والتطوير خلال الفترة 2010-2019



المصدر: https://report.basf.com/2018/en/overviews/ten-year-summary.html

هذا وقد حققت الشركة مبيعات في عام 2019 بلغت حوالي 10 مليارات دولار من خلال المنتجات التي تم طرحها في الأسواق في السنوات الخمس الماضية والتي نتجت عن مخرجاتها من أنشطة البحث والتطوير في معاملها. وتهدف الشركة إلى زيادة المبيعات والأرباح بشكل كبير من خلال المنتجات الجديدة والمحسّنة على المدى الطويل ، وخاصة المنتجات التي تساهم بشكل كبير في الاستدامة في سلسلة القيمة [91]. من جانب آخر بلغ إجمالي نفقات شركة "إكسون موبيل العالمية" في مجال أنشطة البحث والتطوير نحو 1.2 مليار دولار خلال عام 2019. يبين الشكل (50) إجمالي إنفاق شركة أكسون موبيل على أنشطة البحث العلمي خلال الفترة 2014-2019.

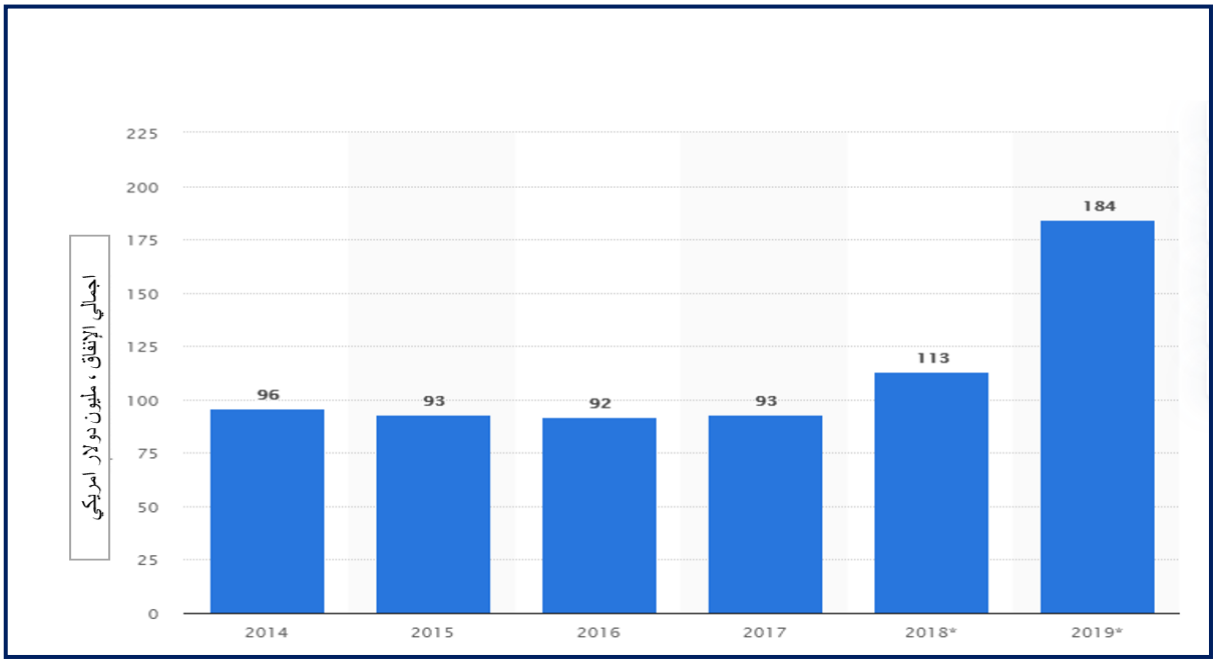
الشكل (50): إجمالي إنفاق شركة أكسون موبيل على أنشطة البحث العلمي خلال الفترة 2014-2019



المصدر: https://www.statista.com/statistics/281239/research-and-development-costs-of-exxon-mobil/

بلغ إنفاق شركة " ليندي" على أنشطة البحث والتطوير لديها حوالي 184 مليون دولار أمريكي في عام 2019. يبين الشكل (51) حجم إنفاق شركة ليندي على أنشطة البحث والتطوير في مجال الكيماويات خلال الفترة 2014-2019.

الشكل (51): إجمالي إنفاق شركة ليندي على أنشطة البحث والتطوير في مجال الكيماويات خلال 2019-2014



المصدر: https://www.statista.com/statistics/273170/linde-groups-expenditure-on-research-and-development/

3.6. استثمارات الدول العربية في مجال أنشطة البحث والتطوير

تتركز جهود البحث العلمي والتطوير في الدول النامية والدول العربية في المراكز الحكومية، والجامعات، ومراكز البحوث، مع غياب واضح لدور القطاع الخاص في أنشطة البحث والتطوير وفي تمويلها. يعتبر حجم إنفاق الدول العربية على البحث العلمي والتطوير متدني مقارنة بالدول المتقدمة، حيث يصل إلى أقل من1% من إجمالي الدخل القومي الإجمالي، مما يؤدي إلى عدم توفر البنية التحتية اللازمة للبحث، وانخفاض الإنتاجية العلمية. ومع ذلك، أصبح مفهوم الابتكار يزداد أهمية للمحافظة على القدرة التنافسية على مستوى العالم.

تعتمد الدول العربية بشكل أساسي على إنتاج البولي أوليفينات، والعطريات، وتركز الكثير من جهودها الابتكارية على كل من المنتجات، وعمليات التصنيع، والتي يتم فيها بشكل أساسي تطوير التكنولوجيا من خلال العمليات والمشاريع المشتركة مع الشركات العالمية، أو

بالحصـول عليها بشـكل مباشـر من المرخصـين. ويمثل الابتكار المفتوح بالنسـبة للشـركات العربيـة العـاملـة في قطـاع البتروكيمـاويـات حـافزا مهمـا لتســـريع برامج البحـث والتطوير والابتكار بها، بهدف تقليل الوقت اللازم لإكمال مشـــاريع البحث والتطوير، وهو نهج أكثر ملاءمة للشركات الكبيرة مقارنة بالشركات الصغيرة أو متوسطة الحجم. ويعد "الوصول إلى الأفكار والقدرات الخارجية" أكبر فائدة ممكنة للابتكار المفتوح، ويســاعد على جذب أفضــل الأفكار من الشـركاء الاسـتراتيجيين والموردين على حد سـواء، مما يمنحهم إمكانية الوصـول إلى ابتكارات أسرع وأفضل، وأكثر اقتصادية وهي ميزة تنافسية رئيسية.

لا تعتبر الإدارات التنفيذية في شركات البتروكيماويات العربية أنشطة البحث والتطوير تحدي على الإطلاق وانما تعتبره يمثل دورا مهما في رسم معالم مستقبل الاستدامة لمنتجي البتروكيماويات وعملائهم على حد سواء. وتركز الشركات على الابتكارات المتعلقة بالعمليات التي تستهدف تحسين الأداء البيئي الخاص بالمنتجين، كما تستثمر في تطوير حلول لمنتجات جديدة بهدف تحسين أدائها وجودة مواصفاتها [87].

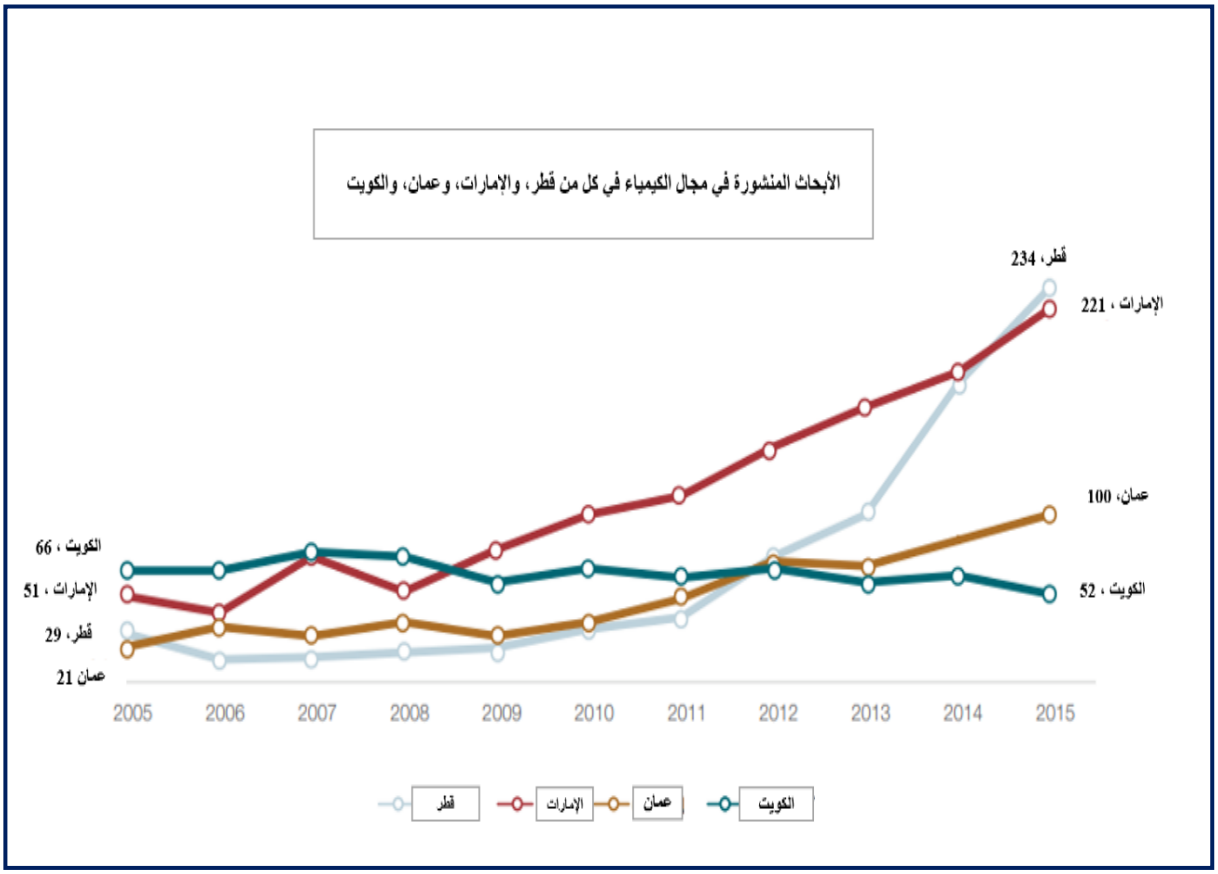
كانت لشـركات النفط والبتروكيماويات الوطنية في الدول العربية كثافة منخفضـة نسـبيًا في البحث والتطوير " نسـبة الإنفاق على البحث والتطوير إلى الإيرادات " مقارنةً بنظيراتها العالمية، ومع ذلك، فإنها تتخذ الآن خطوات لتغيير ذلك. وتم توجيه جهود تلك الشـركات الآن نحو إنشـاء مراكز بحثية خاصـة بها، ومتابعة فرص التعاون مع الجامعات ومقدمي الخدمات والشركاء الآخرين، بما في ذلك الشركاء الدوليين للابتكار.

ســـجلت دول مجلس التعـاون الخليجي 877 براءة اختراع كيميـائيـة في عـام 2015، ومثلت حوالي 0.2٪ من إجمالي براءات الاختراع العالمية والتي بلغت أكثر من 443 ألف براءة اختراع، وتظل هذه النســـبة منخفضـــة. يتم تقديم حوالي 78٪ من إيداعات براءات الاختراع من قبل المتقدمين في دول مجلس التعاون الخليجي خارج البلاد، وهو ما يعكس عولمة حماية الملكية الفكرية، والرغبة في تسويق التكنولوجيا في الأسواق الخارجية.

تمثل المملكة العربية السعودية حوالي 90٪ من اجمالي براءات اختراع دول الخليج العربي في مجال تطبيقات الكيمياء، وحوالي 30% من براءات الاختراع في مجال البوليمرات [89]. في حين شكلت دولة الإمارات العربية المتحدة حوالي 7٪. وبلغت نسبة براءات الاختراع لدولة قطر نحو 0.5% [89].

نشرت كل من دولة قطر والإمارات العربية المتحدة في عام 2015، أكثر من 200 بحث في مجال الكيمياء. واستحوذت قطر على 8 %من اجمالي الأبحاث المنشورة في مجال الكيمياء من بين دول مجلس التعاون الخليجي. يبين الشكل (52) إجمالي عدد الأبحاث المنشورة في مجال الكيمياء في كل من قطر، والإمارات، وعمان، والكويت في عام 2015.

الشكل (52): إجمالي عدد الأبحاث المنشورة في مجال الكيمياء في كل من قطر، والإمارات، وعمان، والكويت في عام 2015



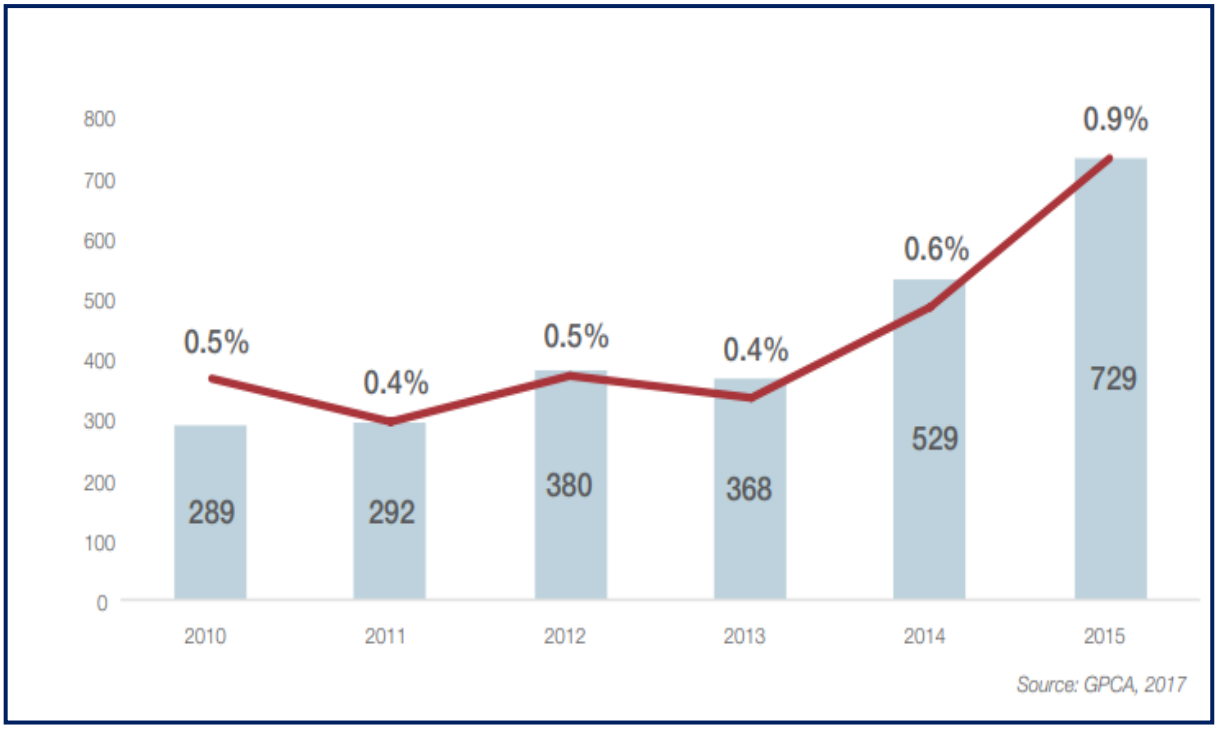
المصدر: GCC Chemicals Industry Innovation Indicators 2016

1.3.6. مجالات أنشـــطةالبحث والتطوير في قطاع الصـــناعات التحويلية في الدول العربية

نظراً للتطورات في قطاع الصـناعات التحويلية في الدول العربية، فإن الشـركات تعمل على النظر إلى إنتاج مجموعة أوســـع من المنتجات. وهذا ليس جديد بالنســـبة لصـــناعة البتروكيماويات، فحوالي 22٪ من شـــركات البتروكيماويات العربية، وخاصـــة في منطقة الخليج العربي تشـارك بالفعل في تطوير منتجاتها مع شـركاء خارجيين. وقدمت دول مجلس التعاون الخليجي حوافز للمســـتثمرين الأجانب ذوي التقنيات المتطورة، شـــملت الإعفاءات الضـريبية، ومعدلات الضـرائب المنخفضـة، وإعفاء اسـتيراد المعدات من الرسـوم الجمركية، وضـــمانات ضـــد نزع الملكية دون تعويض، والحق في إعادة الأرباح، والقوانين التي تحمي حقوق الملكية الفكرية ومعلومات الملكية للمستثمر [80].

هذا وقد بلغ حجم الاستثمارات لصناعة البتروكيماويات في عام 2015 في مجال أنشطة البحث والتطوير في دول الخليج العربي نحو 729 مليون دولار أمريكي [78]، وهو ما يمثل أقل من 1% من المبيعات مقارنة بحوالي 3% لشركات عالمية مثل " باسف"، وشركة "داو" [80]. يتطلب من شركات البتروكيماويات العربية التطوير والتحسين المستمر في مواصفات منتجاتها، وهو ما يعني المزيد من أنشطة البحث والتطوير [80]. يبين الشكل (53) إنفاق دول مجلس التعاون الخليجي على أنشـطة البحث والتطوير في صـناعة الكيماويات (مليون دولار أمريكي ونسبة من إجمالي المبيعات).

الشكل (53): إنفاق دول مجلس التعاون الخليجي على نشطة البحث والتطوير في صناعة الكيماويات (مليون دولار أمريكي ونسبة من إجمالي المبيعات)



حددت شركات البتروكيماويات الكبرى في دول منطقة الخليج العربي عدد من المنتجات الرئيسية ذات الأهمية الاستراتيجية، لتكون هذه المنتجات في مجال أنشطة البحث والتطوير التطبيقي من خلال استراتيجيات المشاركة مع الشركات العالمية، أو الاستحواذ في مجالات تكنولوجيا العوامل الحفازة، ومعالجة المياه بتكنولوجيا "الأغشية"، وتكنولوجيا الاحتراق النظيف.

يعد استحواذ شركة " أبو ظبي الدولية للاستثمار البترولي "IPIC" على حوالي 64% من شركة "بوريالیس"Borealis النمساوية، وشركة نوفا كيميكالز" NOVA Chemicals مثال جيد على هذه الاستراتيجية. تمتلك شركة "بروج للبتروكيماويات " منشأة للبحث والتطوير وهو "مركز بروج للابتكار"، ويعد أحد المشروعات التي سعت الشركة إلى تنويع استثماراتها من خلال مشروع استثماري مشترك مع شركة "بوريالیس". ويعد مركز الابتكار

مكونًا رئيسيًا في هدف شركة "بروج" لتصبح مزودًا رائدًا للحلول البلاستيكية المبتكرة من خلال الابتكار لتحقيق القيمة المضافة، ولتكون أساس الابتكار والبحث في مجال تطوير البوليمرات، وتكنولوجيا البوليمرات [90].

يعتمد مركز "بروج للابتكار" في عمله على تطوير تكنولوجيا البوليمرات، والمنتجات النهائية، ويضم عدة مختبرات متطورة مزودة بأجهزة فحص دقيقة لاختبار أنواع متعددة من البوليمرات والتأكد من أدائها العالي للوصول للمواصفات العالمية الخاصة بالعمليات التحويلية للبوليمرات البلاستيكية. ويتعاون مركز بروج للابتكار مع مراكز الابتكار الأوروبية التابعة لشركة "بوريالیس"، وكذلك مع مركز التطبيقات التابع لشركة بروج في "شنغهاي" بالصين. سجلت "بروج" منذ بداية عمليات البحث والتطوير خلال السنوات القليلة الماضية، أكثر من 200 براءة اختراع، وهو ما يمثل نحو 30 % من إجمالي براءات الاختراع المسجلة في قاعدة بيانات المنظمة العالمية للملكية الفكرية في دولة الإمارات العربية المتحدة. وتم تطوير حوالي 15% من إجمالي إنتاج الشركة الحالي من البولي أوليفينات في مركز بروج للابتكار [90]. كما قدمت الشركة منتجات تمكن العملاء من تخفيض استهلاك البلاستيك بنحو 10-20 % في قطاع تغليف الأغذية [92].

ساهمت أيضاً جهود التطوير والابتكار في خفض نسب استخدام المواد الخام الأولية، والطاقة المستخدمة في الإنتاج، وكذلك في تحسين مواصفات منتجات البولي بروبيلين المستخدمة في قطاعات البناء والتشييد، خاصة مواسير الضغط العالي والمنخفض، وتعد هذه المنتجات بديلاً عن الأنابيب الأسمنتية التقليدية، بالإضافة إلى إنتاج منتجات متخصصة في مجال تغذية قطاع صناعة السيارات، وإنتاج منتجات متعددة الأغراض والاستخدامات في مجال التعبئة [90]. يبين الشكل (54) نماذج لبعض منتجات شركة بروج المبتكرة من البولي بروبيلين.

الشكل (54): نماذج لبعض منتجات شركة بروج المبتكرة من البولي بروبيلين

Polyolefin R&D Defining the New Frontiers for Petrochemical Industry, Antti Tynys, "Latest Advancements in Refining and Petrochemical Industries "OAPEC Conference, Bahrain,2016 :المصدر

أطلقت المملكة العربية السعودية في عام 2020، برنامج "استدامة الطلب على البترول"، الذي يعمل تحت مظلة اللجنة العليا للمواد الهيدروكربونية، بمشاركة 17 جهة تشمل: وزارات وهيئات وشركات، ومراكز أبحاث متخصصة [82]. ويهدف البرنامج إلى رفع الكفاءة الاقتصادية والبيئية للزيت والغاز التقليدي وغير التقليدي، والتركيز على الابتكار، والاستخدامات صديقة البيئة، مما ساهم زيادة الطلب على البتروكيماويات الابتكارية، حيث تم إنتاج مواد غير معدنية مثل بلاط البوليمر، والخرسانة البوليميرية، والبلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية.

هذا وتمتلك المملكة العربية السعودية عدد من المراكز والمعاهد البحثية التي تسهم في تطوير صناعة التكرير والصناعات التكميلية مثل: مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية، ومراكز الأبحاث التابعة لجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، والمعهد التقني السعودي لخدمات البترول.

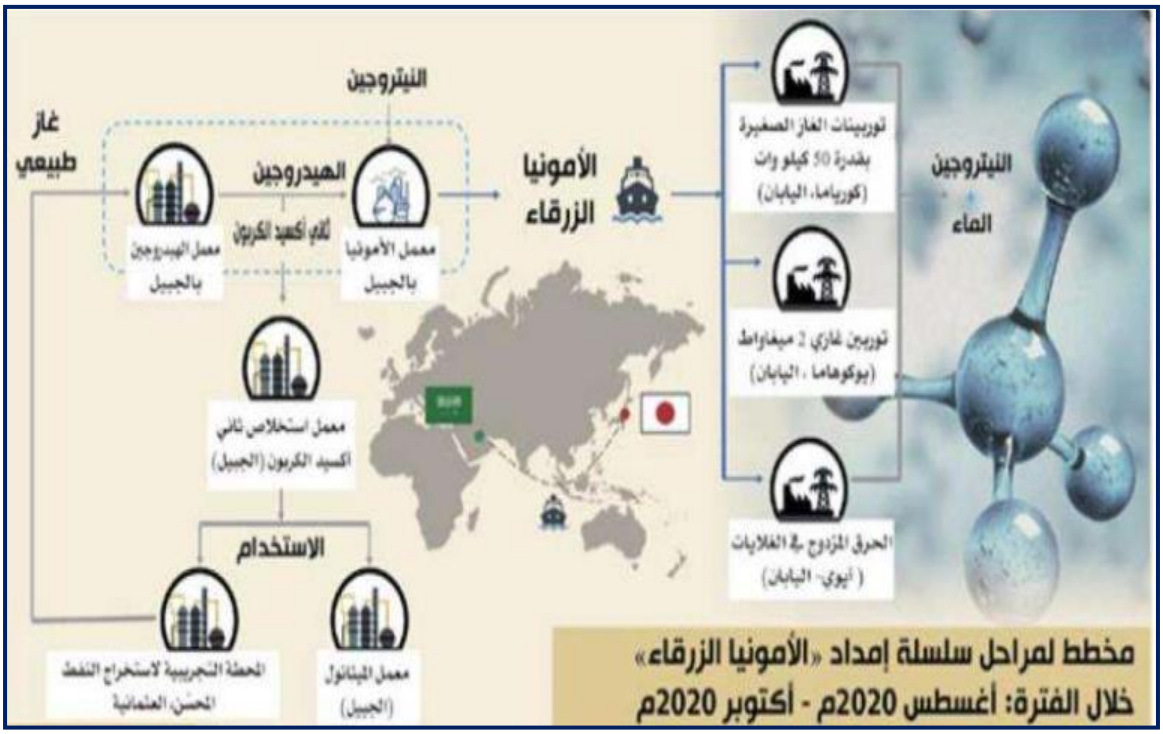
تنتهج شركة "أرامكو" السعودية أحد استراتيجيات الابتكار، بهدف تنويع أصول الملكية الفكرية الخاصة بها، من خلال إنشاء شبكة بحث عالمية، والمشاركة في تأسيس مؤسسات بحث في كل من الولايات المتحدة الأمريكية، وأوروبا، وآسيا؛ مما ساهم في مشاركة عدد كبير من الباحثين على مستوى العالم، وشملت مجالات البحث الحالية للشركة، التعاون مع جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، ومراكز الأبحاث في بوسطن، وهيوستن، وباريس، وأبردين، التركز على مجموعة محددة من التكنولوجيات لتطويرها. وتعد هذه المؤسسات منضمة لمؤسسات البحث والتطوير المركزية التابعة لشركة أرامكو، وأهدافها الرئيسية في العمل ومكملة لها.

أدت جهود الشركة إلى احتلالها المرتبة الأولى على مستوى الدول العربية في براءات الاختراع المسجلة دوليا حيث وصلت نسبة مشاركتها نحو 45% من إجمالي عدد التسجيلات. وشملت أنشطة البحث العديد من المجالات، ومنها على سبيل المثال: تطوير العوامل الحفازة، وعلوم المواد، والنانو تكنولوجي، وعلم الإنسان الآلي، والمواد المستخدمة في إنتاج الطاقة الشمسية [79].

من جانب آخر استطاعت جهود أنشطة البحث والتطوير في شركة "أرامكو" السعودية، وشركة "سابك" للصناعات الأساسية، بمشاركة معهد اقتصاديات الطاقة الياباني(IEEJ) ، في إنتاج وتصدير أول شحنة في العالم من الأمونيا الزرقاء، وتبلغ حوالي 40 طن إلى اليابان، لاستخدامها في توليد الطاقة الخالية من الكربون. يعتمد إنتاج الأمونيا الزرقاء على مفهوم

اقتصاد الكربون الدائري(CCE) ، وهو مفهوم يعتمد على تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وإزالتها وإعادة تدويرها، وإعادة استخدامها، بدلا من إطلاقها في الغلاف الجوي. وفي هذا الصدد تم احتجاز نحو 30 طن من ثاني أكسيد الكربون للاستخدام في إنتاج الميثانول في مصنع الميثانول "ابن سينا" التابع لشركة "سابك"، واستخدام 20 طنا أخرى من ثاني أكسيد الكربون المحتجز لتحسين عملية استخراج النفط (EOR) في حقل "العثمانية." يبين الشكل (55) مخطط مراحل سلسلة الإمداد للأمونيا الزرقاء.

الشكل (55): مخطط مراحل سلسلة الإمداد للأمونيا الزرقاء



تعمل حالياً شركة "أرامكو" السعودية مع شركاء عالميين في ظل السيناريوهات التي تتوقع انخفاض نمو الطلب على الوقود التقليدي من "الغازولين"، على تعظيم القيمة المضافة لبرميل النفط، وتنويع محفظة منتجاتها النهائية، والتوسع في أعمالها لتطوير صناعة البتروكيماويات، وتمكين الابتكار والريادة من خلال تطوير تكنولوجيا تحويل النفط الخام مباشرةً إلى كيماويات. يعتمد المشروع الجديد على تحويل نحو 400 ألف برميل يوميا من النفط لإنتاج حوالي 9 ملايين طن من الكيماويات. وستعمل أرامكو السعودية على تحويل ما

بين 70-80% من النفط الخام مباشرة إلى منتجات بتروكيماوية، بتكلفة إجمالية للمشروع تبلغ نحو 20 مليار دولار. من المتوقع أن يؤدي هذا التنوع في سياسات شركة "أرامكو" إلى زيادة إنتاج البتروكيماويات المتخصصة، وزيادة هامش الربح لطن البتروكيماويات التقليدية من 500 دولار حاليا إلى نحو 2000 دولار للطن من البتروكيماويات المتخصصة بحلول عام 2040.

وفي إطار استراتيجيات زيادة القيمة المضافة وإنتاج البوليمرات الهندسية، تمكنت شركة أرامكو من إنتاج حديد التسليح من البوليمر المركب المقوى بالألياف الزجاجية في خرسانة التسليح بدلاً من الفولاذ، وهو ما يعتبر أحد مجالات النمو في البوليمرات المتخصصة للشركة في المواد غير المعدنية التي يمكن أن تحل محل المنتجات عالية الانبعاثات الكربونية مثل الصلب في قطاعات مثل البناء والإسكان والسيارات ومصادر الطاقة المتجددة. ويتميز المنتج الجديد بأنه مقاوم للتأكل.

تمكنت ايضاً كل من شركة "سابك"، وشركة "ليندي العالمية" في إطار التعاون المشترك بينهما في مجال أنشطة البحث والتطوير عام 1998 من تطوير تكنولوجيا "ألفا سابلين" لإنتاج أوليفينات ألفا الخطية. وتعد تقنية (ألفا سابلين) من التقنيات التي أكدت نجاحها تجارياً، وتستخدم هذه التقنية منتج الإيثيلين كمادة خام أولية لإحداث تفاعل متجانس في مرحلة واحدة لإنتاج تشكيلة من منتجات الأوليفينات ألفا الخطية عالية النقاوة. تتشعب تطبيقات منتجات الأوليفينات ألفا الخطية عالية النقاوة، لإنتاج المنتجات الخفيفة لمواد (البيوتين-1)، و(الهكسين-1)، (الأوكتين-1) المستخدمة في تنمية سوق البولي إيثيلين، فيما تستخدم المنتجات المتوسطة مثل (الديسين-1)، (الدوديسين-1)، (التتراديسين-1) في إنتاج الزيوت الصناعية، والمنظفات والشامبو، أما المنتجات الثقيلة فتستخدم في إضافات زيوت التشحيم، والكيماويات المستخدمة في حقول النفط، وغيرها.

وطورت شركة "سابك" في المملكة العربية السعودية مواد بناء مبتكرة لتخفيض استهلاك الطاقة الناتجة عن تدفئة وتبريد المباني ما يسهم في خفض في الطاقة المستخدمة يقدر بنحو 15-25%. كما قامت بتحسين سماكة الأفلام البلاستيكية المستخدمة في أنشطة التغليف خلال الأعوام الماضية، مما مكن قطاعات التغليف من خفض معدلات استهلاك مواد التغليف المستخدمة. وتهدف برامج الأبحاث والتطوير في الشركات على التركيز على كامل سلسلة القيمة، كما تتعاون الشركة مع العملاء الرئيسيين لتحديد البرامج ومتطلبات تطوير منتجات محددة.

تمكنت شركة الجبيل المتحدة (المتحدة) التابعة لـشركة "سابك" من التعاقد مع شركة "ليندي" للقيام بكافة الأعمال التصميمية، والتوريدية، والإنشائية لمصنع إنتاج الألفا أوليفينات الخطية بطاقة سنوية 150 ألف طن في مجمعهما في مدينة الجبيل الصناعية، وتولت تنفيذه شركة (ليندي كيه سي إيه دريسدن)، وهي من الشركات التابعة لشركة ليندي، بالتعاون مع شركة ليندي للهندسة، وقطاع سابك للتقنية والابتكار.

نجحت شركة صناعة الكيماويات البترولية "ايكويت" في تطوير وتحسين خواص وتركيب المواد البلاستيكية لتغليف الأغذية من خلال تعاون مركز البحث والتطوير في الشركة، مع مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، والشركة الكويتية للأغذية (أمريكانا)، وشركة الصناعات البلاستيكية، وذلك في إطار تعاون مشترك لابتكار حلول متطورة في مجال التغليف البلاستيكي للمواد الغذائية. قامت مؤسسة الكويت للتقدم العلمي بدور حلقة الوصل عبر التنسيق المشترك مع الشركات المعنية، ومع مؤسسة المعاهد الألمانية بهدف إيجاد وسائل تقنية تمثل قيمة مضافة. وتم تطوير هذه الحلول بناءً على مجموعة من العمليات ذات العلاقة بإنتاج البلاستيك الخام، والرقائق البلاستيكية المستخدمة في إنتاج أغلفة الأطعمة (81).

الاستنتاجات والتوصيات:

يساهم البحث العلمي بشكل رئيسي في تقدم ونهضة صناعة البتروكيماويات العالمية منذ نشأتها وحتى الآن. وتواجه صناعة البتروكيماويات العالمية العديد من التحديات مثل عدم وفرة المواد الخام الأولية منخفضة التكلفة، وتقلب أسعار النفط مما يؤثر بشكل مباشر على سوق البتروكيماويات العالمي، وزيادة عدم اليقين وفقدان الثقة لدى المستثمرين الجدد. بالإضافة إلى خروج بعض منتجات البتروكيماويات من المنافسة في الأسواق بسبب ارتفاع تكلفة المواد الخام الأولية اللازمة للإنتاج، وانخفاض هامش الربح. أدى تطوير تكنولوجيا الإنتاج إلى توفير بدائل من المواد الخام الأولية بأسعار تنافسية، مما ساهم في تغيير مشهد صناعة البتروكيماويات العالمي. هناك مزيد من الضغوط على شركات البتروكيماويات العالمية لتطوير وتحسين مواصفات المنتجات لتلبية متطلبات ورغبات المستهلكين، خاصة في ظل انخفاض اسعار النفط، والذي يمثل كل من التحدي والفرص لهذه الصناعة.

توصلت الدراسة إلى الاستنتاجات التالية:

- يوفر الابتكار المفتوح فوائد عديدة مثل خفض تكلفة إجراء البحوث والتطوير، وإمكانية تحسين وتطوير الإنتاج، ومشاركة العملاء في عملية التطوير، وزيادة الدقة في أبحاث السوق واستهداف العملاء.
- الابتكار المفتوح أمر أساسي لنجاح مستقبل صناعة البتروكيماويات.
- يعد التعاون بين الصناعة والأوساط الأكاديمية أحد الطرق المثمرة للابتكار في صناعة البتروكيماويات.
- تزداد احتمالية منح عدد أكبر من براءات الاختراع للشركات، كلما زادت أنشطة البحث والتطوير، والتي يتحكم فيها أيضاً جودة البحث.

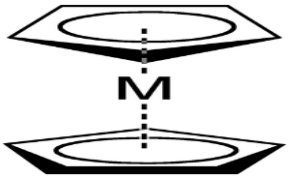
- نجحت أنشطة البحوث والتطوير في صناعة البتروكيماويات في توفير مصادر جديدة ومتعددة من المصادر النفطية لتلبية متطلبات الاحتياج المتزايد من الكيماويات، والذي فاق بدرجة كبيرة إمكانية توفيره من المصادر غير النفطية.
- حافظت صناعة البتروكيماويات على مكانتها في سبعينيات القرن الماضي من خلال تقديم حلول علمية وتقنية، ومبادرات لمواجهة التحديات التي اعترضتها حينئذ مثل التلوث البيئي والاحتباس الحراري، وارتفاع نسب استهلاك الطاقة.
- تستخدم شركات البتروكيماويات الرائدة براءات الاختراع كأحد الأدوات لجني الأرباح من الابتكار.
- يعد تعظيم إنتاج غاز السجيل "الغاز الصخري" في الولايات المتحدة الأمريكية من خلال تقنية التشقيق الهيدروليكي مثالاً جيداً لدور التقدم التكنولوجي في الوصول إلى احتياطيات كانت غير مجدية اقتصادياً، وأثر ذلك في تعزيز تنافسية شركات البتروكيماويات الأمريكية في الأسواق العالمية.
- يشكل تطوير أساليب الإنتاج منخفضة التلوث التي تهدف إلى تقليل كمية المنتجات الثانوية جوهر التطور التكنولوجي في صناعة البتروكيماويات.
- من المتوقع أن تلعب التطورات التكنولوجية الحديثة، والابتكارات العلمية دوراً مؤثراً في إعادة رسم مشهد صناعة البتروكيماويات العالمي خلال السنوات القليلة القادمة.
- يمكن اعتماد الطرق الكيميائية المبتكرة، وتطوير تكنولوجيا إنتاج البلاستيك الحيوي، وغيرها من المبادرات العلمية لحل مشكلات التخلص الآمن من النفايات البلاستيكية.
- تعد تكنولوجيا تحويل النفط الخام إلى كيماويات من أهم التطورات الحديثة التي يمكن أن يكون لها آثار استراتيجية عميقة على مستقبل صناعة البتروكيماويات العالمية.
- تتركز جهود البحث العلمي والتطوير في الدول النامية والدول العربية في مراكز البحوث الحكومية، والجامعات، مع غياب واضح لدور القطاع الخاص في أنشطة البحث والتطوير وفي تمويلها.

كما توصلت إلى التوصيات التالية:

1. ضرورة ترسيخ ثقافة الابتكار في شركات البتروكيماويات العربية لضمان تحولها بمشاركة التحالفات الدولية إلى مؤسسات ابتكارية عالمية.
2. ضرورة الاهتمام بقطاع البحث والتطوير، لتلبية الطلب المتزايد على منتجات البتروكيماويات.
3. تحسين المعرفة بالتطورات العالمية في مجال تكنولوجيا صناعة البتروكيماويات.
4. تحديد المجالات، والأولويات التي تحتاج إلى إقرار التشريعات، وتبسيط الإجراءات والسياسات لضمان تشجيع الاستثمارات في أنشطة البحث والتطوير.
5. ضرورة زيادة نسب مخصصات البحث والتطوير في شركات الغاز، وتكرير النفط والبتروكيماويات العربية، بما يماثل نسب مخصصات الشركات الرائدة في هذا المجال.
6. إعداد الاستراتيجيات الفعالة لتطوير تكنولوجيا البتروكيماويات مع الحلفاء الدوليين، بهدف تنويع اقتصادات الدول العربية، وخاصة النفطية، وعدم الاعتماد بشكل مباشر على إيرادات النفط كمصدر شبه وحيد لتمويل ميزانيتها.
7. وضع خطط وبرامج لتطوير تكنولوجيا البتروكيماويات، ودراسة أنسب الطرق لنقل التكنولوجيا الحديثة إلى الشركات العاملة في قطاع البتروكيماويات.
8. الاستفادة من تكامل الإمكانات العلمية المتاحة في الجامعات والمراكز البحثية والصناعية.
9. توسيع التعاون الدولي، وبناء التحالفات الدولية في هذا المجال بالتعاون مع الجامعات والمعاهد البحثية الحكومية والخاصة والشركات الصناعية.
10. زيادة الاهتمام بالكوادر البشرية والعلمية العاملة في مجالات وأنشطة البحث العلمي والتطوير

قائمة المصطلحات

إدارة العمليات Operation Management	الطرق أو العمليات الصناعية المتداخلة أو المترابطة لإنتاج منتج معين
الابتكار المفتوح Open Innovation	مفهوم يحث على الانفتاح على الأفكار الخارجية التي يمكن للمؤسسات استقطابها، فضلاً عن الأفكار الداخلية للشركة
الابتكار المفتوح الداخلي Inbound Open Innovation	نقل المعرفة الخارجية ودمجها مع المعرفة الداخلية الخاصة بالشركة
الابتكار المفتوح الخارجي" Outbound Innovation	شراء أو ترخيص عمليات أو اختراعات (براءات اختراع) من شركات أخرى
كربنة الخشب Wood Carbonization	هي عملية تفحيم الخشب لإنتاج الفحم النباتي، وقطران الخشب
راتنجات Resins	مواد مكونة من مواد عضوية غير متطايرة، أو شبه صلبة والتي تتكون من مخاليط غير متبلورة من أحماض كربوكسيلية ويتم الحصول عليها مباشرة عن طريق تحضيرها ببلمرة الجزيئات البسيطة. أو عبارة عن مادة سميكة ولزجة تنتج من خلال عمليات كيميائية للاستخدام في الصناعة.
البترول الاصطناعي Artificial Petroleum	وقود هيدروكربوني سائل يشبه البترول الطبيعي منتج من الغاز الاصطناعي بطريقة "فيشر تروبش" تم اختراعه في ألمانيا خلال الحرب العالمية الاولى بسبب نقص النفط، وتم التوسع في إنتاجه حتى نهاية الحرب العالمية الثانية. تم وقف إنتاجه بعد الحرب لأنه لم يكن اقتصادياً، ولكن تم استئناف إنتاجه مرة أخرى عن طريق تسييل الفحم مع أزمة النفط في السبعينيات.
الصناعات التخمرية الميكروبية Microbial fermentation industries	استخدام الكائنات الحية الدقيقة تحت ظروف هوائية أو لاهوائية محكمة، لإنتاج مواد نافعة ذات قيمة اقتصادية على النطاق التجاري

محفزات الميتالوسين Metallocene	عبارة عن مركبات كيميائية تتكون من حلقتين متوازيتين من مركبات البنتا دي نيل $C_5H_5^-$ ، ويرتبط بهما في المنتصف عنصر من الفلزات (M) ، تسمى مركبات الميتالوسين حسب نوع الفلز المرتبط به. 
التكسير بالبخار Steam Cracking	هي عملية تستخدم في صناعة البتروكيماويات يتم فيها تكسير الهيدروكربونات المشبعة إلى هيدروكربونات أصغر، غالبًا غير مشبعة. وتعد من الطرق الصناعية الرئيسية لإنتاج الأوليفينات الخفيفة مثل الإيثيلين والبروبيلين.
"اصطياد" أو احتجاز الكربون، واستخدامه، وتخزينه (Carbon Capture (Utilization and Storage	مجموعة من التكنولوجيات والاستراتيجيات التي تهدف للتخفيف من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للحفاظ على البيئة، وتعظيم الاستفادة منه

المراجع

1. The Role of Innovation And Technology In Sustaining The Petroleum And Petrochemical Industry, Hossein Hassani، Emmanuel Sirimal Silva، Ahmed Mohamedal Kaabi, Technological Forecasting And Social Change, Volume 119, June 2017, Pages 1-17.

2. https://peakoil.com/consumption/peak-oil-is-here-crude-oil-price-to-reach-150-by-2012-year-end.

3. رأس المال البشري والابتكار في المؤسسة الجزائرية، الاستاذ / عبادي محمد السعيد، جامعة باجي مختار – عنابة – مجلة المثني للعلوم الادارية والاقتصادية – المجلد 4 – العدد 10، 2014.

4. Petrochemical Technology Trends: Looking Beyond the Short-Term Fix, AIChE Spring Meeting and Global Congress on Process Safety, 2015.

5. Technology Transfer Models in Petroleum and Petrochemical Industries of Saudi Arabia, 15th World Petroleum Congress, 12-17 October, Beijing, China, 1997.

6. Petrochemical Industry, Https://Www.Sciencedirect.Com/Topics/Earth-And-Planetary-Sciences/Petrochemical-Industry.

7. Petrochemical Industry, Thailand Outlook 2019-21. Https://Www.Krungsri.Com/Bank/Getmedia/Ab0bcb7e-F3ba-42f5-929f-47ce1ce12bb4/IO_Petrochemicals_190626_EN_EX.Aspx.

8. Https://Www.Britannica.Com/Technology/Cracking-Chemical-Process#Ref1171908.

9. اقتصاديات الموارد والبيئة، مصطفي يوسف كافي

10. Https://Www.Aleqt.Com/2009/10/27/Article_293654.Html

11. Systematic Survey on Petrochemical Technology, National Museum of Nature and Science: Survey Reports on The Systemization of Technologies Vol.23 (March 2016).

12. الابتكار والإبداع " مفهوم الابتكار وعلاقته بالمفاهيم الأخرى" جامعة الإسراء، غزة. د. كمال المصري.

13. Industrial Process Scale-Up, A Practical Innovation Guide from Idea to Commercial Implementation, Second Edition, Jan Harmsen, 2019 Elsevier.

14. Generic Innovation Dynamics Across the Industrial Technology Life Cycle Platform Equation Modeling of Invention and Innovation Activity, Jainagesh A. Sekhar A, John P. Dismukes, Technological Forecasting & Social Change 76 (2009) 192–203.

15. دور الكائنات الحية الدقيقة في الصناعات الخميرية، جامعة تشرين، قسم علم الحياة النباتية.

16. T. Watanabe, Ed., "History of The Development of The Modern Japanese Industries 13: Chemical Industries (I)," Kojunsha, 1968.

17. T. Watanabe, Ed. "History of Postwar Japanese Chemical Industries," The Chemical Daily, 1973.

18. T. Iijima, "Japanese Chemical Technology," Kogyo Chosakai, 1981.

19. T. Takahashi, "History of The Chemical Industry," Sangyo Tosho, 1973.

20. "History of The Japanese Chemical Fiber Industry," Japan Chemical Fibers Association, Ed., Japan Chemical Fibers Association, 1974.

21. H. Uchida, "New Revised Edition: The Synthetic Fiber Industry," Toyo Keizai, 1970.

22. K. Fukushima, "Viscose Rayon (1), (2), (3)," Kagaku Kōgyō., Pp. 623-631, 711-719, 800-807, 1988.

23. I. Iwai, Polyfile., Vol. 52, 2013, Pp. 12-15.

24. H. Ōsuga, Journal of Packaging Science & Technology, Japan, Vol. 22, Pp. 254-261, 366-373, 2013.

25. "A 30-Year History of The Alcohol Monopoly," Ministry of International Trade and Industry, Chemical Industry Bureau, Alcohol Division, Ed., Fermentation Association of Japan, 1969.

26. "A 50-Year History of The Alcohol Monopoly Business," Ministry of International Trade and Industry, Basic Industries Bureau, Ed., Japan Alcohol Association, 1987.

27. K. Kurono, "Alcohol and Anhydrous Alcohol," Senbai Kyokai, 1937.

28. B. Katō, Ed., "The History of Alcohol in Japan: Its Industries and Technologies," Kyowa Hakko Kogyo, 1974.

29. "A 50-Year History of Sanraku," Sanraku History Compilation Office, Sanraku, 1986.

30. "History of Japanese Naval Fuel, I & II," Fuel Society, Ed., Hara Shobo, 1972.

31. T. Kume, "Early Polyethylene Production in Japan," Journal of The Society of High-Pressure Gas Industry, Vol. 21, Pp. 274-281, 1957.

32. "20th-Century Japanese Chemistry Technology," The Japanese Society for The History of Chemistry, Ed., The Japanese Society for The History of Chemistry, 2004.

33. Technologies That Will Disrupt the Petrochemical Industry, 2017 Https://Www.Scbeic.Com/En/Detail/Product/3862.

34. The Story of An Industry That Shaped Our Past, Improves Our Present and Builds Our Future, Petrochemicals & Epca A Passionate Journey,2016.

35. R. Guglielmo, "La Pétrochimie Dans Le Monde (Petrochemistry In the World)," M. Kadota, Trans. Que Sais-Je Collection, Hakusuisha, 1963.

36. Y. Kawase, "The Petrochemical Industry in The World," Saiwai Shobo, 1964.

37. T. Takahashi, "The History of The Chemical Industry," Sangyo Tosho, 1973.

38. F. Aftalion, "A History of The International Chemical Industry," H. Yanagita, Trans. Nikkei Science, 1993.

39. P. Spitz, "Petrochemicals: The Rise of An Industry," Wiley, 1988.

40. A. Takehara, "Captivated by Plastics Culture and Design," Kojinsha, 1994.

41. L. Frost, "Revisiting the First Cracker, In West Virginia, As Shale Rekindles Interest," IHS Chemical Week, September 9, 2014.

42. T. Watanabe, "The Petrochemical Industry (1st Ed.)," Iwanami Shoten, 1966.

43. "Ten-Year History of The Petrochemical Industry," Japan Petrochemical Industry Association, Ed., Japan Petrochemical Industry Association, 1971.

44. "Twenty-Year History of The Petrochemical Industry," Japan Petrochemical Industry Association, Ed., Japan Petrochemical Industry Association, 1981.

45. "Thirty-Year History of The Petrochemical Industry," Japan Petrochemical Industry Association, Ed., Japan Petrochemical Industry Association, 1989.

46. "Fifty Years of Petrochemistry—The Half-Century Timeline," Japan Petrochemical Industry Association, Ed., Japan Petrochemical Industry Association, 2008.

47. "Plastic Production, Waste, Recycling, And Disposal Statistics For 2013," Plastic Waste Management Institute.

48. "History of High-Pressure Polyethylene" Japan Petrochemical Industry Association, Ed., Japan Petrochemical Industry Association, 1998.

49. Https://Www.Lummustechnology.Com/Process-Technologies/Petrochemicals/Ethylene-Production/Pyrolysis-Steam-Cracking.

50. Emerson Process Management, Https://Www.Emerson.Com/Documents/Automation/Manuals-Guides-Chemical-Sourcebook-Chapter-1-2-Ethylene-Production-Polysilicone-Production-Fisher-En-138242.Pdf.

51. Modelling Coke Formation in An Industrial Ethane-Cracking Furnace for Ethylene Production, The Canadian Journal of Chemical Engineering, Volume: 98, Issue: 1, Pages: 158-171, First Published: 05 August 2019. Https://Onlinelibrary.Wiley.Com/Doi/10.1002/Cjce.23619.

52. SHOP, Shell Higher Olefins Process, Kamila Stefańska, 2009.

53. Https://Www.Refiningandpetrochemicalsme.Com/Article-10436-Sabic-And-Linde-Technology-Used-By-Russian-Plant.

54. The Future of Petrochemicals, Towards More Sustainable Plastic And Fertilizers, International Energy Agency, OECD/IEA, 2018.

55. Bennett, S. And T. Stanley (2018), Commentary: US Budget Bill May Help Carbon Capture Get Back on Track, Www.Iea.Org/Newsroom/News/2018/March/Commentary-Us-Budget-Bill-Mayhelp-Carbon-Capture-Get-Back-On-Track.Html (Accessed 6 June 2018).

56. Bozsaky, D. (2011), "The Historical Development of Thermal Insulation Materials", Periodicapolytechnica Architecture, Vol. 41/2, P. 49-56, Https://Doi.Org/10.3311/Pp.Ar.2010-2.02.

57. Dai, Q., J. Kelly And A. Elgowainy (2016), Vehicle Materials: Material Composition of U.S. Lightdutyvehicles, Https://Greet.Es.Anl.Gov/Files/Light-Duty-Vehicle-2016.

58. Dutch Government Parties Coalition (2017), Confidence in The Future,

59. Www.Government.Nl/Documents/Publications/2017/10/10/Coalition-Agreement-Confidencein-The-Future (Accessed 6 June 2018).

60. European Bioplastics (2018), Bioplastic Materials, Www.Europeanbioplastics.

Org/Bioplastics/Materials/ (Accessed 6 June 2018).

61. FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations) (2018), Data; Synthetic Fertilizers, Www.Fao. Org/Faostat/En/#Data/GY (Accessed 6 June 2018).

62. Fischbeck, M. Et Al. (2014), "Industry", In Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.

63. Contribution of Working Group III to The Fifth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change, Www.Ipcc.Ch/Pdf/Assessmentreport/ Ar5/Wg3/Ipcc_Wg3_Ar5_Chapter10.Pdf.

64. German Government (2012), Gesetz Zur Demonstration der Dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid (Kohlendioxid-Speicherungsgesetz - Kspg), Www.Gesetze-Iminternet.De/Kspg/Kspg.Pdf.

65. Global CCS (Carbon Capture and Storage) Institute (2018), Large-Scale CCS Facilities, Www.Globalccsinstitute. Com/Projects/Large-Scale-Ccs-Projects (Accessed 6 June 2018).

66. Global Methane Initiative (2011), Landfill Methane: Reducing Emissions, Advancing Recovery and Use Opportunities, Www.Globalmethane.Org/Documents/Landfill_Fs_Eng.Pdf.

67. IEA (International Energy Agency) (2016a), World Energy Outlook Special Report: Energy and Air Pollution, OECD/IEA, Paris.

68. IEA (2016b), World Energy Outlook Special Report: Water Energy Nexus, OECD/IEA, Paris.

69. Irlam, L. (2017), Global Costs of Carbon Capture and Storage, Global CCS Institute,Https://Hub.Globalccsinstitute.Com/Sites/Default/Files/Publications/201688/Global-Ccs-Costupdatev4. Pdf.

70. Jambeck, J.R. Et Al. (2015), "Plastic Waste Inputs from Land into The Ocean", Science, Vol. 347/6223, P. 768-771, Https://Doi.Org/10.1126/Science.1260352.

71. Lebreton, L. Et Al. (2018), "Evidence That the Great Pacific Garbage Patch Is Rapidly Accumulating Plastic", Scientific Reports, Vol. 8/1, Https://Doi.Org/10.1038/S41598-018-22939-W.

72. Mcdonald, B.C. Et Al. (2018), "Volatile Chemical Products Emerging as Largest Petrochemical Source of Urban Organic Emissions", Science, Vol. 359/6377, P. 760-764,Https://Doi.Org/10.1126/Science.Aaq0524.

73. R&D Challenges and Solutions for OGP Downstream Industries, Technology Development ABB Lummus Global Inc.

74. An Analysis of Innovation in Oil & Gas Projects, Mahmood Rahimi, Calgary, Alberta, Canada. Accepted for Publication in The Project Management Journal, December 2017.

75. Innovation Policy of European Chemical Companies with Special Focus on Large Companies, Supriyo Das, Ignasi Brunet Icart, 2015.

76. Innovation in The Chemical Industry, Co-Branded Report Issued by Stratly And the Gulf Petrochemicals & Chemicals Association (GPCA) March 2014.

77. Unlocking Open Innovation in The GCC Chemical Industry.

78. Https://Www.Gpic.Com/AR/Media/Pressreleases/2017/Gpcaresearchinnovsummit.Aspx.

79. Https://Www.Zawya.Com/Mena/Ar/Story/

80. The GCC in 2020: Downstream Expansion of The Middle East Chemical Industry, REACTION, Chemical Magazine / Fifth Edition.

81. Https://Www.Kfas.Com/Ar/Media/News/Newsdetail?Id=B48a1ac0-E920-4b9c-9646-E18a042c0f4b#Seccontent.

82. Https://Www.Aleqt.Com/2020/02/16/Article_1763906.Html.

83. واقع البحث العلمي في الدول النامية مقارنة بالدول المتقدمة في توطين التكنلوجيا، مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية / جامعة بابل كانون أول / 2016 م.

84. Http://Www.Avianik.Com/En/Articles/Services/Additive%20technology/3d_ABS/?Print=1.

85. 4 Technologies That Will Disrupt the Petroleum Industry, Nattanan Apinunwattanakul, August 2017.

86. Crude Oil to Chemicals Industry Development and Strategic Implications, Dr. RJ Chang, Process Economics Program, Oil, Mid-Downstream and Chemical, His, 22 March 2018.

87. From Technology Adopters to Innovators .How R&D Can Catalyze Innovation in Middle East National Oil Companies, Strategy& Is Part of The Pwc Network,2016

88. Https://Www.Statista.Com/Statistics/1079313/Research-Development-Spending-Chemical-Industry-Leading-Countries/.

89. GCC Chemicals Industry Innovation Indicators 2016.

90. Polyolefin R&D Defining the New Frontiers for Petrochemical Industry, Antti Tynys, “Latest Advancements in Refining and Petrochemical Industries" OAPEC Conference, Bahrain,2016.

91. https://www.globenewswire.com/news.

92. 92 https://docplayer.ae/176535559-

The Role of Scientific Research in Developing the Petrochemical Industry

Yasser Mohammed Zaki Boghdadi *

The Role of Scientific Research in Developing the Petrochemical Industry

Abstract:

Petrochemical industry is heavily innovation driven due to its cost-oriented nature. Innovation is the key for the petrochemical companies to gain high profitability. There are several applications and approaches of innovation, open Innovation is one of the state-of-the-art approaches.

Scientific research contributes to the progress and renaissance of the global petrochemical industry from it begins until now. The global petrochemical industry faces many challenges such as the lack of availability of low-cost raw materials, the volatility of oil prices, which affects directly the global petrochemical market, in addition to exit of some traditional petrochemical products from competition in the market due to the high cost of the primary raw materials, which leads to low profit margin.

The study focusses on the important role of the scientific research and development activities in developing the production technology, and how to provide alternatives to primary raw materials with competitive prices, which has contributed to changing the global petrochemical industry landscape. There are more pressures on international petrochemical companies to develop and improve product specifications to meet the requirements and desires of consumers.

*Oil Industries Expert, Technical Affairs Dept. OAPEC – Kuwait.

Abstract

Effect of Oil Prices collapse due to Covid-19 on Upstream Industry

Eng. Torki Hasan Hemsh *

The spread of the Covid-19 pandemic in the world since the beginning of 2020 has raised a storm of predictions claimed that the oil era is over or nearing an end, and that the demand and production have reached their peak.

The spread of Covid-19 had an unprecedented role in restricting movement within countries and abroad, and the closures followed in a unique historical move. These measures led to a reduction in the demand for energy, especially in the field of transportation, along with the suspension of many factories and plants. This caused a decline in demand for oil which led to a marked decrease in prices and contributed to the increase in oil stocks in some countries of the world that have storage capabilities, especially the United States of America. These factors formed the main reason behind the agreement of OPEC countries and its allies, or the so-called (OPEC +) group, on a gradual plan to reduce oil production as part of its efforts to maintain a stable market and fair prices.

The foresaid factors created many concerns about the future of the petroleum industry, particularly with the emergence of renewable energies as a potential long-term competitor according to some opinions. Some emerging warnings were deeply pessimistic, indicating that the petroleum industry is living its final days. But predictions that are based on numerous variables cannot withstand the facts and figures that tell the story from the point of view of the facts. Throughout history, the petroleum industry has proven that it is able to recover its equilibrium much faster than previously thought. The study included a preface about the general picture of the situation of the petroleum and energy industry in 2020 and how they were impacted by the spread of the Covid-19 pandemic, with brief examples of some of these effects on some Arab countries.

Then the study was divided into three chapters:

The first chapter examined companies' budgets and the various influencer on throughout history, the most important milestones that the petroleum industry has gone through since the 2008 economic crisis, the relationship between global demand and oil prices, and then the relationship between prices and the volume of discoveries. The second chapter focused on the impact of Covid-19 pandemic on the petroleum industry in terms of global oil production rates, and the role of previous health crises on production. It also looked at OPEC countries' reduction in production as a result of the pandemic and the extent of this impact on prices. The study then proceeded to investigate the impact of the pandemic on drilling operations in the Arab countries and the world, and looked at changes in shale oil production in the United States. Then the study touched on the impact of the pandemic on renewable energy sources from projects under construction and in terms of the effect on current assets. In an effort to clarify the impact of the pandemic on the petroleum industry, the study presented an example of the impact of Covid-19 on the pipeline market. While in the third chapter, the study examined the topic of peak demand and refuted some of the allegations that the demand for oil had reached its peak in 2020. Then it moved to the major risk indicators of the petroleum industry today.

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

Contents

Articles

Effect of Oil Prices collapse due to Covid-19 on Upstream Industry 7

Eng. Torki Hasan Hemsh Abstract 7

The Role of Scientific Research in Developing the Petrochemical Industry 97

Yasser Mohammed Zaki Boghdadi Abstract 8

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.

Volume 48 - 2022 - Issue 182

OIL AND ARAB COOPERATION

Editor - in - Chief

Ali Sabt Ben Sabt
Secretary General, Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (OAPEC)

Managing Editor

Abdulfattah Dandi
Director of Economics Dept. and Supervisor of Media and Library Dept.
OAPEC

Editorial Board

Eng. Imad Nassif Makki
Director of Technical Affairs Dept.
OAPEC

Dr. Dawwod Bahzad
Director Science and Technology Dept.
Kuwait Institute for Scientific Research

Dr. Belkacem L aabas
Chief Economist
Arab Planning Institute

Volume 48 - 2022 - Issue 182

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 48 - 2022 - Issue 182

Articles

- The Role of Renewable Biomaterials and Biofuels in the Bio-Plastic Production

  Eng. Torki Hasan Hemsh

- The Role of Scientific Research in Developing the Petrochemical Industry

  Yasser Mohammed Zaki Boghdadi