النفط والتعاون العربي

المجلد الثامن والثلاثون العدد 143 خريف 2012

الأبحاث

الطلب المستقبلي على الفحم والانعكاسات على الطلب على البترول في الدول الأعضاء

مظفر حكمت البرازي

الميزان النفطي في الصين والانعكاسات على الدول العربية المصدرة للنفط

عبد الفتاح دندي

المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي وإمكانيات الاستفادة منها من الناحيتين التقنية والاقتصادية

صباح الجوهر

التقارير:

ندوة أكسفورد الرابعة والثلاثون للطاقة «ديناميكيات سوق الطاقة العالمي»

البيبليوغرافيا : العربية - الإنكليزية

ملخصات إنكليزية

مجلة فصلية محكمة تصدر عن الأمانة العامة
لمنظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

النفط والتعاون العربي

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

الاشتراك السنوي : 4 أعداد (ويشمل أجور البريد)

البلدان العربية

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

* نموذج الاشتراك في هذا العدد

الاشتراكات باسم : منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول

جميع حقوق الطبع محفوظة ولا يجوز إعادة النشر أو الاقتباس من دون إذن مسبق من الأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول.

النفط والتعاون العربي

المجلد السابع والثلاثون | العدد 143 | خريف 2012

رئيس التحرير

عباس علي النقي

مدير التحرير

عيسى صيودة

هيئة التحرير

حسن محمد قبازرد
سعد عكاشة
أسامة الجمالي
أحمد الكواز
مأمون عبسي حلبي
سمير القرعيش
عاطف الجميلي
عبد الفتاح دندي

جميع المراسلات توجه باسم رئيس التحرير - صندوق بريد 20501 الصفاة- دولة الكويت 13066

إرشادات حول شروط النشر في المجلة

تعريف بالمجلة وأهدافها

إن الهدف الرئيسي لمجلة النفط والتعاون العربي هو المساهمة في نشر الوعي، وتنمية الفكر العربي المشترك، حول العلاقة بين قطاع النفط والتنمية الاقتصادية والاجتماعية في الوطن العربي. ونظراً لوجود عدد من المجلات والنشرات العربية المتخصصة في شؤون وأخبار النفط، فقد رأينا أن يختلف طابع هذه المجلة عن تلك المجلات والنشرات من حيث الهدف والمضمون، وذلك تفادياً للازدواجية والتكرار. وذلك حرصاً على المساهمة في تنمية أسلوب الدراسة والتحليل، لقضية العلاقة بين النفط كأحد الموارد الأساسية الطبيعية، والتنمية في بلادنا، كأقطار منفردة وكأمة عربية واحدة تتطلع إلى خلق وبناء اقتصاد عربي متكامل في قطاعات السلع والخدمات، يتمتع بحرية التنقل في عناصر الإنتاج بين أقطاره المختلفة، وفقاً لمصالح المجتمع والفرد في آن واحد.

وتأكيدا لفلسفة المجلة ضمن هذا الإطار، ووعياً منها بضرورة تعميق وتنمية أسلوب الدراسة والتحليل، فإنها تقوم بنشر الأبحاث الجيدة والمبتكرة، التي تهدف إلى إحداث إضافات جديدة في حقل الفكر الاقتصادي العربي.

مواضيع البحث

ترحب مجلة النفط والتعاون العربي بكل البحوث المبنية على أسس سليمة وخلاقة ومبدعة، والتي تساعد على تطوير الاقتصاد العربي في إطار أهداف وفلسفة المجلة. ونتوجه بالدعوة لكل الأشخاص الذين يقومون بالبحث في المسائل البترولية والإنمائية والذين يشاركوننا اهتمامنا للمشاركة بالمقالات البحثية لمجلتنا ومراعاة النقاط التالية عند الكتابة.

1 – ألا يكون البحث قد نشر من قبل باللغة العربية.

2 – يجب أن يشتمل البحث على حوالي 20 إلى 40 صفحة (وأكثر إذا تطلب الأمر) مع طبعها على الكمبيوتر. ويتوقع من الكتاب العرب الكتابة باللغة العربية.

4 – ينبغي تقديم ملخص وصفي باللغة الانكليزية، يوجز الغرض ومجال وأساليب البحث، واهم الأفكار الواردة فيه والاستنتاجات، على أن يكون في حدود 2 إلى 3 صفحات، وينطوي على المعلومات المحددة لصفحة العنوان، ويجب أن يكتب الملخص بصيغة الغائب، وأن يكون واضحا ومفهوما من دون الرجوع إلى البحث الرئيسي، كما يطلب إعداد تعريف للبحث باللغة العربية لا يتجاوز أربعين كلمة.

5 – صفحة العنوان: ينبغي أن يكون العنوان دقيقاً ومفيداً ومختصراً بقدر المستطاع، كما يجب تزويد المجلة باسم المؤلف مع سيرة ذاتية مختصرة، وعناوين أربعة من أبحاثه المنشورة.

إذا سبق وتم تقديم البحث في مؤتمر، أو نشر بلغة أخرى، ينبغي كتابة مذكرة توضح ذلك، وتبين اسم المؤتمر ومكان وتاريخ انعقاده، واسم المجلة التي نشر فيها وتاريخ النشر، ورقم العدد والمجلد: وعنوان البحث باللغة الإنكليزية أو غيرها من اللغات الأجنبية.

6 – يتعين على المؤلف أن يقدم قائمة بالمراجع التي استخدمها في إنجاز بحثه.

التقارير

ينبغي أن تكون التقارير مطبوعة على الكمبيوتر وتتناول وقائع مؤتمرات أو ندوات حضرها الكاتب، شريطة أن تكون مواضيعها ذات صلة بالبترول أو الاقتصاد والتنمية، كما يشترط استئذان الجهة التي أوفدته للمؤتمر أو المؤسسات المشرفة عليه.

مراجعات الكتب

ترحب مجلة النفط والتعاون العربي بمراجعات الكتب الجديدة (لا يتعدى تاريخ صدورها سنة واحدة) ويشترط فيها أن تكون ذات نفس أكاديمي علمي، وتتناول بالدراسة والتحليل مختلف قضايا النفط والتنمية، وتساهم في تطوير الفكر الاقتصادي. وينبغي أن تكون المراجعة في حدود 15 إلى 25 صفحة تطبع على الكمبيوتر. ويفترض أن تشتمل المراجعات على عرض لمحتوى الكتاب، إضافة إلى نقد وتحليل يعالج موضوعه. كما ينبغي أن يذكر المراجع وعنوان الكتاب باللغة الأصلية التي كتب بها، واسم المؤلف والناشر، ومكان وتاريخ النشر.

النشر

تنطبق هذه الشروط على البحوث والمراجعات التي يتم نشرها في مجلة **النفط والتعاون العربي**.

1 – هيئة التحرير هي الجهة الوحيدة التي تقرر صلاحية البحث أو المراجعة للنشر قبل عرضه للتحكيم.

2 – يصبح البحث أو المراجعة ملكاً للمجلة بعد النشر.

3 – تمنح مكافأة رمزية لكل بحث أو مراجعة يتم نشرها.

ويعطي مؤلف البحث 5 أعداد من العدد الذي يظهر فيه.

ترسل المقالات والمراجعات باسم رئيس التحرير، مجلة **النفط والتعاون العربي**، أوابك،
ص. ب: 20501 الصفاة– الرمز البريدي: 13066 دولة الكويت
البريد الالكتروني E-mail: oapec@oapecorg.org
موقع الأوابك على الانترنت www.oapecorg.org

النفط والتعاون العربي

المجلد السابع والثلاثون | العدد 143 | خريف 2012

الأبحاث

الطلب المستقبلي على الفحم والانعكاسات على الطلب على البترول في الدول الأعضاء

مظفر حكمت البرازي ـــــــــــــــــــــــــــــــ 9

الميزان النفطي في الصين والانعكاسات على الدول العربية المصدرة للنفط

عبد الفتاح دندي ـــــــــــــــــــــــــــــــ 63

المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي وإمكانيات الاستفادة منها من الناحيتين التقنية والاقتصادية

صباح الجوهر ـــــــــــــــــــــــــــــــ 85

مجلة عربية تهتم بدراسة دور النفط والغاز الطبيعي في التنمية والتعاون العربي

التقاريـــر

ندوة أكسفورد الرابعة والثلاثون للطاقة
«ديناميكيات سوق الطاقة العالمي» ——— 193

البيبليوغرافيا

عربية ——— 239

انكليزية ——— 11

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

السنة 39 العدد 2

أوابك

نشرة شهرية صادرة عن منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول

فبرايـــر 2013

القمة الاقتصادية العربية والتنموية والاجتماعية الثالثة

اعلان الرياض رؤى تنموية عربية لمواجهة التحديات المشتركة

من إصدارات المنظمة

الطلب المستقبلي على الفحم
والانعكاسات على الطلب على البترول في الدول الأعضاء

مظفر حكمت البرازي*

يعتبر الفحم المصدر الرئيسي الثاني الذي يلبي متطلبات الطاقة في العالم بعد النفط. وتقدر احتياطيات الفحم المؤكدة في العالم في نهاية عام 2009 بحوالي 826 مليار طن. ويقدر عمر هذه الاحتياطيات حسب معدلات الإنتاج السائدة حاليا بحوالي 119 سنة. ويتركز ما يقارب من 90 % من احتياطيات الفحم في العالم في ثمان دول، وهي : الولايات المتحدة الأمريكية، روسيا، الصين، استراليا، الهند، أوكرانيا، كازاخستان، وجنوب افريقيا .

* باحث اقتصادي أول - الإدارة الاقتصادية، أوابك - الكويت

ومن الناحية الواقعية توجد دولة واحدة أساسية في إنتاج الفحم في العالم، وهذه الدولة هي الصين التي وصلت حصتها إلى ما يعادل 45.6 % من إجمالي إنتاج العالم في عام 2009. وتصاعد إنتاج الصين بمعدل 6 % سنويا خلال الفترة 1995-2009 حيث قفز حجم إنتاجها من 13.8 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم (ب م ن ي) في عام 1995 إلى 31.2 مليون ب م ن ي في عام 2009. وفي الوقت نفسه تزايد إجمالي إنتاج العالم بمعدل 3 % سنويا ليرتفع من 45 مليون ب م ن ي في عام 1995 إلى 68.5 مليون ب م ن ي في عام 2009. ويلاحظ أن حجم الزيادة في إنتاج الصين خلال الفترة 1995-2009 قد بلغ حوالي 73.7 % من حجم الزيادة الإجمالية في إنتاج العالم من الفحم.

وتوجد ست دول رئيسية أخرى ذات إنتاج ملموس من الفحم، وهذه الدول هي: الولايات المتحدة الأمريكية، الهند، أستراليا، روسيا، اندونيسيا، وجنوب افريقيا. وتصل حصة هذه الدول مجتمعة إلى 41.5 % من إجمالي إنتاج العالم من الفحم في عام 2009. ويستنتج من ذلك أن حصة الدول السبع الكبرى في إنتاج الفحم تصل إلى 87.1 % من إنتاج العالم في عام 2009.

وتوجد ثلاث سمات بارزة في تطورات استهلاك الطاقة في العالم في السنوات القليلة الماضية، والسمة الأولى هي بروز الصين كأكبر مستهلك للطاقة في العالم حيث تجاوز حجم استهلاكها حجم استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية لأول مرة في عام 2009.

والسمة الثانية هي أن استهلاك الفحم في العالم قد ارتفع بمعدلات تفوق معدلات ارتفاع استهلاكه من الطاقة حيث ازداد استهلاك العالم من الفحم خلال الفترة 1995-2009 بمعدل سنوي بلغ 2.7 %، بينما بلغ المعدل السنوي لارتفاع استهلاك الطاقة 1.9 % خلال الفترة ذاتها. ولذلك ارتفعت حصة استهلاك الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة على الصعيد العالمي من 26.5 % في عام 1995 إلى 29.4 % في عام 2009. ووصل استهلاك الفحم إلى 65.8 مليون ب م ن ي في عام 2009. وعند النظر إلى التوزيع النسبي لاستهلاك الطاقة حسب المصادر الأولية في عامي 2008 و2009 يتضح أنه حصل ارتفاع طفيف في حصة كل من الفحم والطاقة الكهرومائية إذ ارتفعت حصة الفحم من 29 % إلى 29.4 %، كما ارتفعت حصة الطاقة الكهرومائية من 6.5 % إلى 6.6 %. وفي الوقت نفسه حصل تراجع طفيف في حصة كل من النفط والغاز الطبيعي إذ تراجعت حصة النفط من 35 % إلى 34.8 %، كما تراجعت حصة الغاز الطبيعي من 24 % إلى 23.7 %. وبقيت حصة الطاقة النووية ثابتة عند 5.5 %.

أما السمة الثالثة فهي أن الفحم يعتبر المصدر الأساسي الذي تعتمد عليها الصين اعتمادا كبيرا لسد متطلباتها من الطاقة.

وتتكرر أنماط التوزيع الجغرافي لاستهلاك الفحم بصورة مقاربة لأنماط التوزيع الجغرافي لإنتاج الفحم إذ تستحوذ الصين على 47.1 % من إجمالي استهلاك العالم من الفحم في عام 2009. والأمر الذي يستحق الانتباه له هو أن حجم الزيادة في استهلاك الصين من الفحم البالغ 17 مليون ب م ن ي يشكل 83.4 % من إجمالي حجم الزيادة في استهلاك العالم البالغ 20.3 مليون ب م ن ي ما بين عام 1995 وعام 2009. وتعتمد الصين اعتمادا أساسيا على الفحم لتلبية متطلباتها من الطاقة حيث تصاعد استهلاكها من الفحم بمعدل 5.8 % سنويا ليتضاعف من 14.1 مليون ب م ن ي في عام 1995 إلى 31 مليون ب م ن ي في عام 2009. وعلى الرغم من تضاعف استهلاك الصين من الفحم إلا أن حصة الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة في الصين قد تراجعت من 75.1 % في عام 1995 إلى 70.2 % في عام 2009 نظرا للتسارع الكبير في معدل إجمالي استهلاك الطاقة الذي بلغ 6.3 % سنويا خلال الفترة ذاتها.

وفيما يخص التكنولوجيا المتعلقة بصناعة الفحم، تستخدم صناعة الفحم ما يسمى تكنولوجيا الفحم النظيف للدلالة على تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون(CCS) بالدرجة الأولى، بالإضافة إلى تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة لتغويز الفحم (IGCC) بالدرجة الثانية. وستمثل تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون التكنولوجيا الحاسمة التي ستمكن الفحم من أن يلعب دورا هاما في تلبية متطلبات العالم من الطاقة.

وفيما يتعلق بالانبعاثات الناجمة عن استهلاك الفحم في العالم فقد وصلت إلى 12.9 مليار طن في عام 2008 بالمقارنة مع 8.3 مليار طن في عام 1995. وشكلت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن حرق الفحم 40.9 % من إجمالي الانبعاثات في العالم في عام 2008 بالمقارنة مع 35.2 % في عام 1995. وتسببت ثلاث دول (الصين، الولايات المتحدة، والهند) بصورة أساسية في الإسهام بما يقارب ثلثي (66.2 %) انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن حرق الفحم في العالم في عام 2008. وساهمت الصين في الجزء الأكبر من الانبعاثات حيث بلغت حصتها 41.7 %، بينما بلغت حصة الولايات المتحدة 16.5 %، وتليها الهند بحصة 8 %.

ومن المتوقع أن يرتفع استهلاك الطاقة في العالم بمعدل سنوي قدره 1.5 % ليصل إلى 373.8 مليون ب م ن ي في عام 2035. ويلاحظ أن هناك ثلاثة مصادر (الفحم، الطاقة النووية، ومصادر الطاقة المتجددة) ستزداد حصصها في إجمالي استهلاك العالم من الطاقة خلال الفترة 2005-2035، ، بينما ستتراجع حصة النفط بالدرجة الأولى ثم الغاز الطبيعي بالدرجة الثانية.

ومن ناحية الفحم فسيرتفع استهلاك العالم منه بمعدل سنوي قدره 1.76 % ليصل إلى 104.4 مليون ب م ن ي في عام 2035. وبذلك سترتفع حصة الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة من 25.9 % في عام 2005 إلى 27.9 % في عام 2035. كما سترتفع حصة الطاقة النووية من 5.8 % إلى 6.4 %، وستحقق مصادر الطاقة الأخرى قفزة ملموسة حيث سترتفع حصتها من 9.8 % إلى 13.5 %. وفي المقابل ستنخفض حصة النفط من 36 % إلى 30.3 %، كما ستنخفض حصة الغاز الطبيعي من 22.5 % إلى 21.9 %.

وستتبوأ الصين مكان الصدارة في استهلاك العالم من الطاقة في عام 2035 إذ سيقارب حجم استهلاكها ربع (24.6 %) إجمالي استهلاك العالم من الطاقة بالمقارنة مع 14.5 % في عام 2005.

إن متابعة تطورات استهلاك الصين من الفحم يمكن أن تغطي مساحة كبيرة من مشهد الطاقة في عام 2035 حيث سيرتفع استهلاكها من الفحم بمعدل 2.9 % سنويا ليتضاعف من 24.4 مليون ب م ن ي في عام 2005 إلى 56.9 مليون ب م ن ي في عام 2035. وسترتفع حصة الصين في إجمالي استهلاك العالم من الفحم من 39.5 % في عام 2005 إلى 54.5 % في عام 2035. والأمر الذي يسترعي الانتباه هو أن حجم الزيادة في استهلاك الصين من الفحم فقط يقارب حوالي ربع (24.1 %) الزيادة الكلية في إجمالي استهلاك العالم من الطاقة خلال الفترة نفسها.

ويتوقع أن تزداد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استخدام الطاقة خلال الفترة 2005-2035 بمعدل سنوي يبلغ 1.4 %. وسيصل حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إلى 42.4 مليار طن في عام 2035. وستكون ثلاث دول (الولايات المتحدة الأمريكية، والهند) مسؤولة بشكل رئيسي لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم في عام 2035، حيث ستكون مصدرا لانبعاث أكثر من نصف (51.7 %) غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم.

وسترتفع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن استهلاك الفحم بمعدل 1.75 % سنويا إذ سيزداد حجم الانبعاثات الصادرة عن حرقه من 11.6 مليار طن في عام 2005 إلى 19.4 مليار طن في

عام 2035. وعليه سترتفع حصة الانبعاثات الناتجة عن استهلاك الفحم في إجمالي الانبعاثات الناجمة عن استهلاك الطاقة من 40.8 % في عام 2005 إلى 45.8 % في عام 2035.

وستكون الصين المصدر الأكبر لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن حرق الفحم حيث ستقفز حصتها في إجمالي الانبعاثات من 39.6 % في عام 2005 إلى 54.7 % من انبعاثات العالم في عام 2035. وستتصاعد الانبعاثات من الصين بمعدل 2.8 % سنويا لتتضاعف من 4.6 مليار طن في عام 2005 إلى 10.6 مليار طن في عام 2035. وستصل نسبة الانبعاثات الناتجة عن حرق الفحم من إجمالي الانبعاثات الصادرة عن استهلاك الطاقة في الصين في عام 2035 إلى 79.7 %.

ومن ناحية الانعكاسات المحتملة للطلب العالمي المستقبلي على الفحم على الطلب على بترول الدول الأعضاء فيمكن التمييز بين نوعين من التأثيرات، وهي التأثيرات المباشرة والتأثيرات غير المباشرة.

ومن ناحية التأثيرات المباشرة لارتفاع أو انخفاض الطلب العالمي على الفحم فلن تكون هناك انعكاسات ذات أثر على الدول الأعضاء نظرا لعدم توفر مصادر كبيرة للفحم في الدول الأعضاء. أما من ناحية التأثيرات غير المباشرة فلا يتوقع أن يكون هناك انعكاسات إيجابية على الطلب على بترول الدول العربية في حالة تراجع الطلب على الفحم سواء لأسباب بيئية أو لأسباب اقتصادية نظرا للتوقعات التي تشير إلى أن الطاقة النووية هي المرشح الأول للاستفادة من هذا التراجع للحلول محل الفحم وسد النقص في الطلب العالمي. أما البترول فسيكون دوره متمما لدور الطاقة النووية، وخاصة بترول الدول الأعضاء التي ستحرص الدول الغربية على تقليص الاعتماد عليه لأسباب عديدة كلما كان ذلك ممكنا. وفي حالة حصول اختراق تكنولوجي فيما يتعلق بتقليص الانبعاثات الضارة بالبيئة الناجمة عن استخدام الفحم فستحصل زيادة في الطلب على الفحم، وقد تكون هذه الزيادة على حساب البترول الأمر الذي سيكون له انعكاس سلبي على الطلب على البترول من الدول الأعضاء.

ومن الواضح أنه على الرغم من أن الفحم سيظل مصدر رئيسي وهام من مصادر الطاقة التي تعتمد عليها الصين في المستقبل إلا أنه في ذات الوقت سيظل النفط محتفظاً بالمرتبة الثانية من بين المصادر المستهلكة في الصين.

وفي ظل تزايد الطلب الصيني على النفط وانخفاض إنتاجه في ذات الوقت سترتفع درجة اعتماد الصين على الواردات النفطية لتغطية الطلب المحلي على النفط سترتفع من نسبة 53.7 % عام 2009 إلى 78.6 % عام 2030 بحسب سيناريو أوبك. وهنا سيكون للدول الأعضاء دور مهم في اقتطاع حصة لا بأس بها في تلبية الطلب الصيني على النفط حتى عام 2030.

الطلب المستقبلي على الفحم
والانعكاسات على الطلب على البترول في الدول الأعضاء

مقدمة

تهدف الدراسة إلى إلقاء الضوء على الفحم باعتباره أحد المصادر الرئيسية المتاحة لتلبية الطلب على الطاقة في العالم. وتقدم الدراسة نبذة عن ما يلي:

1 - أنواع الفحم وأساليب استخراجه ومعالجته.

2 - المجالات الرئيسية التي يستخدم فيها والغازات المنبعثة من احتراقه.

3 - التكنولوجيا المتوفرة والمتوقعة لاستخدامه.

4 - احتياطيات الفحم وإنتاجه واستهلاكه وتجارته خلال الفترة 1995-2009.

5 - تقديرات الطلب المستقبلي على الفحم حتى عام 2035.

وتغطي الدراسة موضوع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الفحم في الماضي والمستقبل. وأخيرا تحاول الدراسة تقديم تصور عن الانعكاسات المحتملة للطلب العالمي على الفحم على الطلب على بترول الدول الأعضاء.

نبذة تاريخية

لقد تشكل الفحم من المواد النباتية التي دفنت في باطن الأرض بسبب الحركات التكتونية ثم تصلبت داخل طبقات الأرض بفعل الدرجات العالية من الحرارة والضغط خلال ملايين السنين حيث طرأت تغيرات فيزيائية وكيميائية على هذه المواد النباتية الأمر الذي حولها في البداية إلى الخث (Peat) ثم في مرحلة لاحقة إلى الفحم.

بدأت الترسبات الكبيرة من الفحم بالتشكل في العصر الديفوني (Devonian)، أي قبل نحو 400 مليون سنة، وحصلت تراكمات هامة من الفحم في النصف الشمالي من الكرة الأرضية أثناء العصر الكربوني (Carboniferous) الذي يعود إلى ما قبل 350 - 280 مليون سنة، وفي النصف الجنوبي في العصر الكربوني- البرمي (Carboniferous-Permian) الذي يمتد ما بين 350-225 مليون سنة. وحصلت ترسبات في مناطق متنوعة مثل الولايات المتحدة الأمريكية وأمريكا الجنوبية وإندونيسيا وأستراليا ونيوزيلندا في العصر الكريتاسي (Cretaceous)، أي خلال 100 - 15 مليون سنة الماضية.

ووردت أقدم إشارة إلى استعمال الفحم في الرسالة الجيولوجية التي ألفها الفيلسوف والعالم اليوناني ثيوفراستس Theophrastus (المولود في عام 371 ق.م والمتوفى في 287 ق.م) بعنوان "حول الصخور" (On Stones). وجاء في هذه الرسالة ما يلي:

من بين المواد التي يتم استخراجها لأنها نافعة تلك المعروفة بالفحم التي هي مصنوعة من الأرض والتي تتقد مثل الفحم النباتي عند إشعالها. وهي موجودة في منطقة ليغوريا ..... عندما يقترب المرء من أوليمبيا من الطريق الجبلي. ويستخدم الفحم من قبل أولئك الذين يعملون في المعادن.

ويتكون الفحم بصورة رئيسية من الكربون (50-98 %)، الهيدروجين (3-13 %) وكميات صغيرة من النيتروجين والكبريت وبعض العناصر الأخرى، كما يحتوي الفحم على كميات قليلة

من الماء والحبيبات غير العضوية التي تتبقى كرماد بعد حرق الفحم. وتأتي الطاقة المستخلصة من الفحم حاليا من الطاقة التي سبق للنباتات أن استمدتها من الشمس من خلال عملية التمثيل الضوئي. ومن المعروف أن النباتات تطلق الطاقة عند تحللها، إلا أن الظروف المؤاتية لتشكل الفحم قد منعت عملية تحلل هذه النباتات وإطلاقها للطاقة الشمسية المختزنة فيها، ونتج عن ذلك أن حصل احتباس للطاقة داخل الفحم.

وقامت الثورة الصناعية التي بدأت في بريطانيا في القرن الثامن عشر ومن ثم انتشرت فيما بعد إلى بقية أرجاء المعمورة على استخدام الفحم في المحركات البخارية. وجرى تطوير استخراج الفحم على نطاق واسع خلال الثورة الصناعية حيث كان المصدر الأساسي للطاقة الأولية في كل من القطاع الصناعي وقطاع المواصلات في العالم الغربي منذ القرن الثامن عشر وحتى الخمسينات من القرن العشرين. وجرى استبدال الفحم في أواخر القرن العشرين وحل محله النفط والغاز الطبيعي والكهرباء في تلبية متطلبات القطاعات الاقتصادية المختلفة (القطاع المنزلي، القطاع الصناعي، وقطاع المواصلات).

وتزايدت التجارة الدولية في الفحم بصورة ضخمة عندما تم تصنيع المحركات الغازية التي تعمل على الفحم في بريطانيا لاستخدامها في القطارات والسفن البخارية خلال الفترة 1810-1840 إذ كان الفحم أكثر رخصا وأعلى كفاءة من الوقود الخشبي في معظم المحركات الغازية.

المحور الأول: أنواع الفحم وأساليب استخراجه ومعالجته

أولا- أنواع الفحم:

تتحدد نوعية الفحم بأربعة عوامل رئيسية، وهي:

- نوع المواد النباتية التي تشكل منها الفحم.
- عمق المسافة التي دفنت تحتها الترسبات النباتية.
- درجة الحرارة والضغط التي خضعت لها الترسبات النباتية.
- طول الفترة الزمنية التي تعرضت فيها الترسبات النباتية لعوامل الحرارة والضغط.

ويشار إلى تأثير هذه العوامل مجتمعة بما يعرف بالتفحم أي تحول المواد النباتية إلى كربون أو بما يسمى "النضج العضوي"، أي مستوى تحول المواد النباتية إلى كربون. ويصنف الفحم بناءا على درجة تحول المواد النباتية إلى كربون إذ يتم ترتيب نوعية الفحم من الأنواع ذات المحتوى المنخفض من الكربون إلى الأنواع ذات المحتوى العالي من الكربون، وكلما كان عمر الفحم أكثر قدما كانت محتوياته من الكربون أعلى. وعليه يمكن النظر إلى صنف الفحم كمؤشر تقريبي على عمر الفحم ونضجه.

وتوجد أربعة أنواع رئيسية من الفحم، وهي: فحم الأنثراسايت، الفحم البيتوميني، الفحم تحت البيتوميني، وفحم الليغنايت. ويعتمد هذا التصنيف على عاملين، ويتمثل العامل الأول في كمية ونوع الكربون الذي يحتويه الفحم، ويتمثل العامل الثاني في كمية الطاقة الحرارية الناتجة عن حرقه. كما أن أفضل أنواع الفحم هو ذلك الصنف الذي يحتوي على أعلى كمية من الكربون، وكلما كانت محتويات الفحم من الكربون عالية كانت محتوياته من الطاقة أعلى. وكلما انحدر مستوى الكربون في الفحم تناقصت كمية الحرارة الناتجة عن حرقه وتزايدت كمية محتوياته من الرطوبة.

1 - فحم الأنثراسايت:

يشكل الكربون 86 % - 98 % من مكونات هذا النوع من الفحم، وتصل محتوياته الحرارية إلى حوالي 15 ألف وحدة حرارية بريطانية في الرطل الواحد. ويستخدم هذا الفحم بصورة رئيسية في تدفئة المنازل.

2 - الفحم البيتوميني:

يمثل الكربون 45 - 86 % من الفحم البيتوميني، وتتراوح محتوياته الحرارية ما بين 10.5 - 15.5 ألف وحدة حرارية بريطانية في الرطل الواحد. ويستخدم هذا الفحم بصورة أساسية في محطات توليد الطاقة الكهربائية كما أنه يمثل مصدرا هاما لتوليد الطاقة في صناعة الحديد والصلب.

3 - الفحم تحت البيتوميني:

يحتوي هذا النوع من الفحم على مقادير من الكربون أقل من الفحم البيتوميني، ويشكل الكربون 35-45 % من هذا الفحم، وتتراوح محتوياته الحرارية ما بين 8.3-13 ألف وحدة حرارية بريطانية في الرطل الواحد. وعلى الرغم من انخفاض المحتويات الحرارية لهذا النوع من الفحم إلا أنه يمتاز بانخفاض محتوياته من الكبريت الأمر الذي يجعله أكثر قبولا بسبب احتراقه الأقل تلويثا.

4 - فحم الليغنايت:

يطلق على هذا النوع من الفحم في بعض الأحيان اسم الفحم البني أيضا، ويعتبر هذا الفحم من الأنواع الأكثر حداثة من ناحية التشكيل الجيولوجي حيث لم يتعرض إلى درجات عالية جدا من الحرارة والضغط، كما تعتبر محتوياته من الكربون هي الأكثر انخفاضا من بين أنواع الفحم حيث تشكل هذه المحتويات 25-35 %، وتتراوح محتوياته الحرارية ما بين 4 - 8.3 ألف وحدة حرارية بريطانية في الرطل الواحد. ويستخدم هذا الفحم بصورة رئيسية في محطات توليد الكهرباء.

ثانيا- أساليب استخراج الفحم

توجد طريقتان لاستخراج الفحم، وتتمثل الطريقة الأولى في استخلاصه من على سطح الأرض، وتتمثل الطريقة الثانية في استخراجه من باطن الأرض.

1 - الاستخلاص من على سطح الأرض:

تستخدم هذه الطريقة عندما يكون عرق الفحم قريبا نسبيا من سطح الأرض ضمن مسافة 200 قدم حيث تجري في البداية إزاحة وتخزين الطبقة العليا (Overburden) من التراب والصخور التي تغطي الفحم. ويعتبر استخلاص الفحم من على سطح الأرض أقل تكلفة بكثير من استخراجه من باطن الأرض. وتضاعفت إنتاجية هذه الطريقة بأكثر من ثلاث مرات منذ عام 1973.

ويفرض القانون في الولايات المتحدة الأمريكية أن يتم استصلاح الأرض التي جرت فيها عملية الاستخلاص حيث إعادة تغطية هذه الأرض بالتربة وتسميدها وزراعتها لاستعادة توازنها البيولوجي ولمنع تآكلها.

2 - استخراج الفحم من باطن الأرض:

أصبحت تقنيات استخراج الفحم غير ملائمة لتلبية الطلب المتزايد عليه الأمر الذي أدى إلى الانتقال في عملية استخراجه من أسلوب استخلاصه من على سطح الأرض إلى التنقيب عنه في أعماق الأرض.

وتستخدم هذه الطريقة عندما يكون عرق الفحم مدفونا على عمق يزيد عن عدة مئات من الأقدام تحت سطح الأرض. وفي إطار هذه الطريقة يقوم عمال المنجم مع مكائنهم بالنزول عبر فتحات عمودية أو أنفاق مائلة لإزاحة الفحم. ويمكن أن يصل عمق الفتحات إلى 1000 قدم.

بعد استخراج الفحم وتوصيله إلى سطح الأرض فإنه يجري نقله فوق أحزمة سيارة إلى مصنع التحضير الموجود في موقع المنجم. ويعمل المصنع على إزالة الشوائب من الفحم ومعالجته لزيادة قيمته الحرارية. ويصبح الفحم بعد ذلك جاهزا للتسويق. والجدير بالذكر أن نقل الفحم يمكن أن يكلف في بعض الأحيان أكثر من استخراجه، لذلك فإنه من الأفضل بناء محطات توليد الكهرباء التي تعمل على الفحم بالقرب من مناجمه للتقليل من تكاليف نقله.

إن تكنولوجيا رفع مستوى الفحم تؤدي إلى إزالة الرطوبة وبعض الملوثات من أنواع الفحم ذات المستوى المتدني مثل الفحم تحت البيتوميني وفحم الليغنايت، وهذه التكنولوجيا هي إحدى أشكال العمليات العديدة لتبديل خصائص الفحم قبل حرقه. إن أهداف تكنولوجيا الفحم ما قبل حرقه هي رفع الكفاءة وتخفيض الانبعاثات عند حرقه. ويمكن استخدام هذه التكنولوجيا كبديل أو كرديف لتكنولوجيا ما بعد حرق الفحم لضبط حجم الانبعاثات الصادرة من السخانات التي تستخدم الفحم كوقود.

وكان التنقيب عن الفحم عملية محفوفة بالمخاطر دائما بسبب الانفجارات والانهيارات وصعوبة عمليات الإنقاذ. ويسجل التاريخ العديد من الكوارث المرتبطة باستخراج الفحم، ومنها على سبيل المثال لا الحصر الانفجار الذي حصل في مناجم جنوب ويلز في بريطانيا في عام 1913 حيث قتل 436 رجلا وصبيا، والانفجار الآخر الذي حصل في مناجم كورييز في فرنسا في عام 1906 حيث قتل 1099 عامل منجم منهم الكثير من الصبية. أما الكارثة التي حلت في منجم بنكسيهو في الصين في عام 1942 فقد ذهب ضحيتها 1549 عامل منجم.

وفي الآونة الأخيرة وقع حادث كبير في منجم زينغزينغ في الصين في تشرين الثاني/ نوفمبر 2009 ذهب ضحيته 104 شخصا، كما حصل في الصين ما يقارب من أحد عشر انفجارا في مناجم الفحم خلال الشهور التسعة الأولى من عام 2009 ذهب ضحيتها 303 أشخاص.

ثالثا- معالجة الفحم

1 - تحويل الفحم إلى غاز

إن تغويز الفحم، أي تحويله إلى غاز، يؤدي إلى إنتاج الغاز الاصطناعي (Syngas) الذي يعتبر خليطا من أول أكسيد الكربون (CO) والهيدروجين (H2). ويتم تحويل الغاز الاصطناعي إلى وقود للمواصلات مثل الغازولين والديزل عبر عملية فيشر – تروبش (Fischer-Tropsch). ويتم استخدام هذه العملية حاليا من قبل شركة ساسول (Sasol) للمواد الكيميائية في جنوب إفريقيا، وذلك للحصول على الغازولين من الفحم والغاز الطبيعي. ويمكن استخدام الهيدروجين الناتج عن عملية التغويز لأغراض عديدة منها صناعة الأمونيا ورفع مستوى أنواع الوقود.

وفي إطار عملية التغويز يتم خلط الفحم بالأكسجين وبخار الماء وتسخين الخليط وضغطه. ويقوم أثناء التفاعل كل من جزيئ الأكسجين والماء بأكسدة الفحم وتحويله إلى أول أكسيد الكربون وإطلاق غاز الهيدروجين. ويمكن إجراء هذه العملية سواء في المناجم تحت الأرض أو في معامل تكرير الفحم.

$$COAL + O_2 + H_2O \rightarrow H_2 + CO$$

وفي حالة الرغبة في إنتاج الغازولين فإنه يتم جمع الغاز الاصطناعي وتوجيهه في إطار عملية فيشر – تروبش. أما إذا كان الهيدروجين هو المطلوب فإنه يتم إجراء تفاعل ما بين أول أكسيد الكربون والماء.

$$CO+H_2O \rightarrow CO_2+ H_2.$$

2 - تسييل الفحم

يمكن أيضا تحويل الفحم إلى وقود سائل مثل الغازولين أو الديزل. وتوجد طريقتان مختلفتان لتسييل الفحم، وهما: التسييل المباشر، والتسييل غير المباشر.

التسييل المباشر: تتم هذه العملية بإذابة الفحم بمذيبات تحت الحرارة والضغط الشديدين. وتعتبر هذه العملية ذات كفاءة عالية لكن المنتجات السائلة الناجمة عنها تحتاج إلى المزيد من التصفية للحصول على وقود ذي مواصفات عالية.

التسييل غير المباشر: تجري هذه العملية بتغويز الفحم وتحويله إلى غاز اصطناعي (خليط من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون)، ثم تكثيف هذا الغاز بفعل المحفزات – أي ما يعرف بعملية فيشر – تروبش (Fischer–Tropsch). وتؤدي هذه العملية إلى إنتاج أنواع من الوقود ذات الجودة العالية والنظافة الفائقة مثل الإيثانول والديميثيل إيثر.

ويمكن من خلال هاتين العمليتين تصنيع مجموعة من المنتجات الأخرى مثل الشموع الاصطناعية وزيوت التزييت واللقائم الكيماوية.

ويجري إنتاج الوقود من الفحم في جنوب إفريقيا منذ عام 1955. وتعتبر جنوب إفريقيا الدولة الوحيدة في العالم التي يوجد لديها صناعة لتحويل الفحم إلى وقود سائل. ويستخدم هذا الوقود في السيارات ووسائل النقل الأخرى، كما حصلت شركة ساسول على موافقة لاستخدامه كوقود للطائرات التجارية. وتتجاوز الطاقة الإنتاجية لعمليات تحويل الفحم إلى غاز في جنوب إفريقيا 160 ألف برميل في اليوم. ويغطي الغازولين والديزل من الفحم المسيل حوالي 30 % من متطلبات جنوب إفريقيا منهما.

إن عمليات تحويل الفحم إلى سائل تؤدي إلى انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. وإذا جرت عملية تسييل الفحم بدون استخدام تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون أو تكنولوجيا خلط الفحم مع الكتلة العضوية فإن النتيجة هي انبعاث لغاز الدفيئة بكميات أكبر من تلك الانبعاثات الناجمة من استخلاص وتنقية المنتجات البترولية من النفط الخام. أما إذا تم استخدام تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون فإنه يمكن تخفيض حجم الانبعاثات بمعدل 5 – 12 % في مصانع تسييل الفحم، كما يمكن رفع مستوى التخفيض إلى 75 % في حالة تسييل الفحم والكتلة العضوية معا في مصانع تسييل الفحم والكتلة العضوية. إن فصل (Sequestration) غاز ثاني أكسيد الكربون هو أمر مهم لمعظم المشاريع المستقبلية للوقود الاصطناعي وذلك لتفادي إطلاق هذا الغاز في الجو.

المحور الثاني: المجالات الرئيسية لاستخدام الفحم والغازات المنبعثة من احتراقه

أولا - المجالات الرئيسية لاستخدام الفحم

يستخدم الفحم في ثلاثة مجالات رئيسية، وهي: توليد الطاقة الكهربائية، صناعة الصلب، وصناعة الإسمنت.

1 - توليد الطاقة الكهربائية:

يتم توليد 40 % من الطاقة الكهربائية في العالم باستخدام الفحم. وكانت الأساليب القديمة لتوليد الكهرباء تعتمد على حرق كتل الفحم في مواقد الغلايات لتوليد البخار، أما الأساليب الحديثة لهذا النظام فتعتمد على طحن الفحم أولا ليصبح مسحوقا ناعما فيما يسمى بالساحن (pulverizer) حيث تؤدي عملية السحن إلى زيادة مساحة سطح الفحم وبالتالي زيادة معدل الاحتراق. ويجري دفع الفحم المسحوق إلى غرفة الاحتراق في الغلايات حيث يتم حرقه بدرجة تصل إلى حوالي 1400 درجة مئوية. وتؤدي الغازات الحارة والطاقة الحرارية الصادرة إلى تحويل المياه في الأنابيب داخل الغلايات إلى بخار. ويمرر البخار ذو الضغط العالي إلى توربينات تحتوي على آلاف العنفات الأمر الذي يؤدي إلى دوران التوربينات بسرعة عالية. وتعمل هذه التوربينات بدورها تحريك مولدات الكهرباء في مجال مغناطيسي قوي. ويبدأ البخار بعد مروره في غرفة التوربينات بالتكاثف ومن ثم تتم إعادته إلى الغلايات لإعادة تسخينه من جديد.

2 - صناعة الصلب:

يقوم 70 % من إجمالي إنتاج الصلب على أساس صهر فلزات الحديد في الأفران العالية ثم تنقية الحديد في مرحلة لاحقة وتحويله إلى صلب في الأفران العالية. وتقوم الأفران العالية التي تعمل على الأكسجين (Basic Oxygen Furnaces) بخلط فلزات الحديد مع الكوك المصنوع من فحم الكوك مع كميات بسيطة من الحجر الكلسي. أما في الأفران العالية التي تستخدم أسلوب حقن الفحم المسحوق (Pulverized Coal Injection) فتجري إضافة الفحم المسحوق. ويتطلب النوع الأخير من الأفران 350-400 كيلوغرام من الكوك المصنع من 525-600 كيلوغرام من فحم الكوك بالإضافة إلى 100-200 كيلوغرام من الفحم المسحوق الرخيص، أي حوالي 700 كيلوغرام من الفحم للحصول على طن واحد من الصلب.

ويجري إنتاج 30 % من إجمالي الصلب عن طريق أفران القوس الكهربائي (Electric Arc Furnaces) التي تقوم على تذويب نفايات الحديد مع الصلب. ويعتمد الكثير من هذه الأفران على الكهرباء المولدة من محطات تعمل على الفحم.

ويجري حاليا تطوير عمليات جديدة تسمى الاختزال المباشر للحديد (Direct Reduction of Iron) حيث يتم إلغاء استخدام الأفران العالية وأفران الكوك ومن ثم الحاجة إلى الكوك، لكنها ستستمر في استخدام الفحم كوقود أو كعامل اختزال.

3 - صناعة الاسمنت:

توجد علاقات قوية وطويلة المدى بين عدد من منتجي الفحم ومصنعي الاسمنت الذين يحتاجون إلى الفحم لتأمين متطلباتهم من الطاقة. وتلعب بعض منتجات الفحم، مثل مادة الرماد المتطاير (Fly Ash) دورا هاما في صناعة الاسمنت والإنشاءات عموما إذ تضاف هذه المادة إلى الاسمنت المسلح حيث تقوم بدور عملي هام.

ثانيا- الغازات المنبعثة من احتراق الفحم

يؤدي احتراق الفحم إلى انبعاث عدة أنواع من الغازات التي تؤثر سلبا على البيئة. وتتألف هذه الانبعاثات المرتبطة باستهلاك الفحم في قطاع الطاقة من خمسة غازات رئيسية، وهي:

- غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) الذي يرتبط بالأمطار الحمضية وزيادة حوادث أمراض الجهاز التنفسي.

- أكاسيد النيتروجين (NOx) التي لها علاقة بتكوين الأمطار الحمضية والدخان الفوتوكيميائي.
- الهباب (Particulates) المرتبط بتكوين الأمطار الحمضية وزيادة حوادث أمراض الجهاز التنفسي.
- ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي يعتبر الغاز الرئيسي من بين الغازات الدفيئة التي تساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري.
- الزئبق الذي يتلف الجهاز العصبي في الإنسان والحيوان.

المحور الثالث: تكنولوجيا استخدام الفحم

تستخدم صناعة الفحم ما يسمى تكنولوجيا الفحم النظيف للدلالة على تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون(CCS) بالدرجة الأولى، بالإضافة إلى تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة لتغويز الفحم (IGCC) بالدرجة الثانية. وبادئ ذي بدء يستوجب الأمر الإشارة إلى أن مصطلح "الفحم النظيف" هو عبارة مضللة تحتوي على لفظتين متناقضتين إذ لا يوجد ولن يوجد هناك شيء أسمه الفحم النظيف. وتستهدف هذه التكنولوجيا تخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الناجمة عن حرق الفحم في محطات توليد الكهرباء.

أولاً: تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون (CCS)

ستمثل تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون التكنولوجيا الحاسمة التي ستمكن من تخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وبالتالي السماح للفحم بأن يلعب دورا هاما في تلبية متطلبات العالم من الطاقة. وتهدف هذه التكنولوجيا إلى تجميع غاز ثاني أكسيد الكربون من أي مصدر كان ثم ضغطه وتسييله ثم حقنه وتخزينه بصورة دائمة في باطن الأرض، وهي التكنولوجيا الوحيدة المتاحة حاليا التي تسمح بالحصول على تخفيضات ملموسة في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

وتعتبر تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون حديثة بالنسبة إلى صناعة الكهرباء، إلا أنه جرى استخدامها خلال الستين عاما الماضية في الصناعة البترولية والصناعات الكيماوية، وهي جزء أساسي في صناعة معالجة الغاز الطبيعي وفي العديد من عمليات تغويز الفحم. وتوجد ثلاث عمليات رئيسية لاصطياد ثاني أكسيد الكربون في صناعة الكهرباء، وهي: عملية اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون بعد حرق الفحم، عملية اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون قبل حرق الفحم، وعملية حرق الفحم بالأكسجين.

أ- عملية اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون بعد حرق الفحم:

تتضمن هذه العملية فصل غاز ثاني أكسيد الكربون عن بقية الغازات بعد حرق الفحم. وتتشابه أنظمة هذه العملية مع الأنظمة الموجودة في محطات الكهرباء لإزالة الملوثات مثل الهباب وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين. إن أكثر عمليات الاصطياد هذه استعمالا هي عن طريق حقن التيار الغازي الغني بغاز ثاني أكسيد الكربون في محاليل المركب الكيميائي الأميني حيث يترابط غاز ثاني أكسيد الكربون مع المركب الأميني أثناء عبوره المحلول. وبعدها يجري فصل غاز ثاني أكسيد الكربون من محلول المركب الأميني وعزله "اصطياده"، ويصبح بذلك جاهزا للتخزين.

وتعتبر هذه العملية متاحة حاليا من الناحية التقنية لمحطات الكهرباء التي تعمل على الفحم، إلا أنها لم يتم استخدامها تجاريا لإزالة غاز ثاني أكسيد الكربون على نطاق واسع.

ب- عملية اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون قبل حرق الفحم:

تتضمن العملية فصل غاز ثاني أكسيد الكربون قبل حرق الوقود حيث يجري تحويل أنواع الوقود السائل أو الصلب مثل المنتجات البترولية أو الفحم أو الكتلة الحيوية إلى غاز أولا من خلال إجراء تفاعل كيميائي تحت درجات حرارة عالية جدا بوجود كميات محددة من الأكسجين. وينجم عن عملية التغويز هذه غازان رئيسيان، وهما الهيدروجين وأول أكسيد الكربون. ويتم تحويل غاز أول أكسيد الكربون إلى غاز ثاني أكسيد الكربون ثم فصله، وبعدها يجري ضغط ثاني أكسيد الكربون ليتحول إلى سائل ثم يتم تخزينه في مخازن جيولوجية. ويتبقى الهيدروجين النقي الذي يستخدم إما في إنتاج الكهرباء في توربينات الغاز المتقدمة وفي دارات البخار أو يستخدم في خلايا الوقود، أو في كلاهما معا.

ج- عملية حرق الفحم بالأكسجين (Oxyfuel):

تتضمن هذه العملية حرق الفحم بوجود الأكسجين النقي في المولدات البخارية التقليدية. إن هذه العملية تتجنب وجود النيتروجين في غرفة الاحتراق مما يؤدي إلى أن تصبح كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودة في محطة الكهرباء مركزة بدرجة كبيرة الأمر الذي يجعل اصطياده وضغطه أكثر سهولة. وما تزال عملية حرق الفحم بالأكسجين حاليا في مرحلة التجارب.

إن لكل من هذه الخيارات الثلاثة منافعها الخاصة حيث توجد إمكانيات لكل من عملية اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون بعد حرق الفحم وعملية حرق الفحم بالأكسجين في أن تتم موائمتها في محطات الكهرباء العاملة على الفحم سواء منها القائمة حاليا أو التي سيجري بناؤها خلال 10-20 سنة القادمة. أما عملية اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون قبل حرق الفحم في محطات الكهرباء التي تستخدم تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة لتغويز الفحم (IGCC) فإن إمكانياتها أكثر مرونة وتفتح مجالا واسعا من الاحتمالات لاستخدام الفحم، ومنها أن يقوم الفحم بلعب دور رئيسي في ما يسمى اقتصاد الهيدروجين في المستقبل.

وتتطلب كل الخيارات لاصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون في محطات الكهرباء تكاليف رأسمالية وتشغيلية أعلى بالإضافة إلى أنها أقل كفاءة من محطات الكهرباء التقليدية التي لا تستخدم تكنولوجيا اصطياد الكربون. ويعتبر اصطياد الكربون عادة هو الجزء الأكثر تكلفة في سلسلة اصطياد وعزل الكربون. كما أن تكلفة المحطات التي تستخدم تكنولوجيا اصطياد الكربون هي أعلى لأنها ببساطة تستلزم بناء وتشغيل معدات إضافية، كما أنها تتطلب طاقة أعلى بمعدل يتراوح ما بين 10-40 % من المحطات التي لا تستخدم هذه التكنولوجيا. ويذهب معظم الطاقة المطلوبة في إطار هذه العملية لفصل غاز ثاني أكسيد الكربون عن بقية الغازات ثم ضغطه، ويستخدم جزء آخر في نقل غاز ثاني أكسيد الكربون إلى مواقع الحقن وفي حقنه في باطن الأرض.

ومن المتوقع أن يؤدي تقدم كفاءة كل من تكنولوجيا محطات الكهرباء وتكنولوجيا اصطياد وعزل الكربون وتكاملهما معا بصورة أفضل إلى تراجع حجم الكميات الإضافية من الطاقة اللازمة لاستخدام تكنولوجيا اصطياد الكربون بصورة ملموسة بالمقارنة مع المستويات الحالية.

وسيؤدي الإخفاق في استخدام هذه التكنولوجيا على نطاق واسع إلى إعاقة الجهود الدولية لمعالجة ظاهرة التغير المناخي بشكل خطير. وحددت الاتفاقية الإطارية لتغير المناخ (IPCC) أن تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون هي أمر لا بد منه لتحقيق الاستقرار في تركيزات غازات الدفيئة بطريقة اقتصادية فعالة. وترى (IPCC) أن هذه التكنولوجيا يمكن أن تساهم بما نسبته 55 % من الجهود الإجمالية لتخفيف آثار غازات الدفيئة حتى عام 2100 بالإضافة إلى تخفيض التكاليف المطلوبة لتحقيق

الاستقرار في تركيزاتها بمعدل 30 %.

ويوجد حاليا أكثر من 80 مشروعا لاصطياد وتخزين الكربون في الولايات المتحدة. وجرى استخدام كل مكونات تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون في العقود الماضية في المجالات ذات الصلة بالاستخلاص النفطي المعزز والتطبيقات الأخرى. ويجري حاليا اختبار هذه التكنولوجيا على نطاق تجاري في الولايات المتحدة وبعض الدول الأخرى.

ويجب أن تخضع مواقع مشاريع اصطياد وتخزين الكربون إلى اختبارات على نطاق واسع حتى تثبت أنها آمنة وناجحة، كما يجب وضعها تحت مراقبة مكثفة لتجنب المخاطر المحتملة التي يمكن أن تتضمن تسرب غاز ثاني أكسيد الكربون المخزون إلى الغلاف الجوي أو عدم الاستقرار الجيولوجي أو تلويث خزانات المياه الجوفية التي تستخدم كمصدر لمياه الشرب. ويوجد هناك أيضا قلق من ناحية خطط حقن غاز ثاني أكسيد الكربون الذي تم الحصول عليه من جراء عملية الاصطياد في بعض حقول النفط والغاز الطبيعي في إطار عملية الاستخلاص النفطي المعزز بهدف الحصول على المزيد من الوقود، إذ ستؤدي عملية الحقن إلى زيادة تركيزات غاز ثاني أكسيد الكربون في الإمدادات المحتملة من الوقود. ويتطلب ذلك إما إزالة غاز ثاني أكسيد الكربون أو إطلاقه أثناء عملية التكرير.

ثانيا: تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة لتغويز الفحم (IGCC):

تستخدم محطات الدارة المركبة المتكاملة عملية تغويز الفحم حيث يجري من خلالها تسخين الفحم لينتج الغاز الاصطناعي، وهو مركب من غاز أول أكسيد الكربون والهيدروجين. ويتم تحويل غاز أول أكسيد الكربون إلى غاز ثاني أكسيد الكربون باستخدام البخار ذي الضغط العالي ثم يفصل غاز ثاني أكسيد الكربون عن الهيدروجين باستخدام المحاليل. ويحرق الهيدروجين في التوربينات، كما يمكن شحنه في خلايا الوقود لتوليد الكهرباء.

ويشير تقرير صادر عن معهد ماساشوستس للتكنولوجيا (MIT) إلى أن تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة لتغويز الفحم (IGCC) لا توفر أفضل الحلول لتخفيض انبعاثات الكربون، كما يشير إلى أنه لم تصمم حتى الآن محطة كهربائية تعمل على الفحم على نطاق تجاري باستخدام تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة لتغويز الفحم، وخاصة أنه لا يوجد سبب اقتصادي يبرر ذلك نظرا لعدم وجود سعر على غازات الدفيئة.

وتوجد هناك قضية أساسية أخرى، وهي أن الفحم ليس كله نوعا واحدا، بل هو أنواع عديدة متنوعة كما أشرنا إلى ذلك في المحور الأول، وأن كل نوع يتطلب أساليب تكنولوجية مختلفة لاصطياد الكربون، وينعكس ذلك على كفاءة واقتصاديات محطات الفحم. ويمكن أن ينعكس تنوع الفحم على المحطات التي تستخدم تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة لتغويز الفحم بصورة أكبر من المحطات التقليدية. وعلى سبيل المثال، إن تكاليف تصميم محطة تستخدم تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة باستعمال صنف فحم الليغنايت الموجود في ولاية تكساس الأمريكية تتجاوز تكاليف تصميمها باستعمال صنف الفحم ذي النوعية العالية المسمى "بيتسبرغ # 8" بمعدل 37 % وبكفاءة أقل بمعدل 24 %. وفي الوقت نفسه فإن تصميم محطة تقليدية باستعمال نوعية منخفضة من الفحم يؤدي إلى زيادة التكاليف بمعدل 24 % وإلى تخفيض كفاءة المحطة بمعدل 10 % بالمقارنة مع محطة تقليدية تعمل الفحم ذي النوعية العالية. إن التكاليف الإضافية لاصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون هي أعلى في المحطات التقليدية، ويمكن التخفيف من هذه التكاليف فيما إذ جرى تصميم محطات تعمل على الفحم ذي النوعية المنخفضة. ونتيجة لهذا الوضع فإنه ليس من الواضح أي من التكنولوجيا التي ستكون أكثر أهمية من الناحية الاقتصادية، لكن من المحتمل أن تكون تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة هي الفائز في المناطق التي يتوفر بها الفحم ذو النوعية العالية،

بينما يمكن أن تكون المحطات التقليدية هي الخيار الأفضل في المناطق التي يتوفر فيها الفحم ذو النوعية المنخفضة حيث تصبح هذه المحطات ذات كفاءة أعلى بمعدل 13 % من المحطات التي تستخدم تكنولوجيا الدارة المركبة المتكاملة، وتترجم هذه الكفاءة العالية باستخدام كميات أقل لتوليد الطاقة الكهربائية، وبالتالي انبعاثات أقل من غاز ثاني أكسيد الكربون.

ونظرا لوجود العديد من عوامل عدم التأكد فإن تقرير معهد ماساشوستس للتكنولوجيا لا يوصي باعتماد تكنولوجيا واحدة، بل يطلب من الحكومات تمويل المحطات التجريبية ذات النطاق الواسع التي تعمل على اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون باستخدام تكنولوجيات مختلفة.

ودخلت أول محطة كهربائية في العالم تعمل بما يسمى "تكنولوجيا الفحم النظيف" في العمل في أيلول/ سبتمبر 2008 في شبريمبرغ في ألمانيا. وتمتلك الحكومة هذه المحطة نظرا لعدم إقبال القطاع الخاص على الاستثمار في مثل هذه المشاريع بسبب التكاليف العالية للتكنولوجيا المستخدمة فيها. وتعمل هذه المحطة على اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون والكبريتيدات المسببة للأمطار الحمضية وعزلها، ثم ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون وتحويله إلى سائل. ويتضمن برنامج عمل المحطة حقن غاز ثاني أكسيد الكربون المسيل إما في الحقول الناضبة للغاز الطبيعي أو في التكوينات الجيولوجية الأخرى.

لا يمكن اعتبار "تكنولوجيا الفحم النظيف" بمثابة الحل النهائي لتخفيض غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، لكنها توفر حلا قابلا للتنفيذ في المدى الزمني القريب في الوقت الذي يجري فيه البحث عن حلول بديلة مقبولة أخرى لتوليد الطاقة الكهربائية في ظل شروط اقتصادية عملية. ويتهم البعض هذه التكنولوجيا بأنها مجرد "حيلة سياسية" لكسب "الأصوات الخضر" في الانتخابات الأمريكية.

إن التطبيق الناجح لاصطياد وعزل الكربون سوف يؤدي إلى تكاليف إضافية على حرق الفحم وتحويله. ومن ناحية تكاليف إنشاء مصنع جديد فإن رسوم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (30 دولار لطن غاز الكربون الواحد) سوف يجعل تكاليف اصطياد وعزل الكربون منافسة مع أنظمة حرق الفحم وتحويله بدون استخدام تكنولوجيا اصطياد وعزل الكربون. سوف يكون هذا متكافئا مع تكاليف اصطياد الكربون وضغطه (25 دولار / طن) ونقل وتخزين غاز ثاني أكسيد الكربون (3 دولار/ طن).

المحور الرابع: احتياطيات وإنتاج واستهلاك وتجارة الفحم

أولا- احتياطيات الفحم

تصنف احتياطيات الفحم ضمن ثلاثة أنواع، وهي: الاحتياطيات المؤكدة من الفحم، الاحتياطيات الإجمالية من الفحم، ومصادر الفحم. وتعرف هذه الاحتياطيات على النحو التالي:

1 - الاحتياطيات المؤكدة من الفحم:

هي كمية الفحم القابلة للاستخراج بصورة اقتصادية بناء على التكنولوجيا الحالية. واستنادا إلى هذا التعريف فإن الاحتياطيات المؤكدة سوف تتغير حسب التغيرات في أسعار الفحم، وعليه فإن الاحتياطيات المؤكدة من الفحم تتراجع كلما انخفضت أسعار الفحم.

2 - الاحتياطيات الإجمالية الفحم:

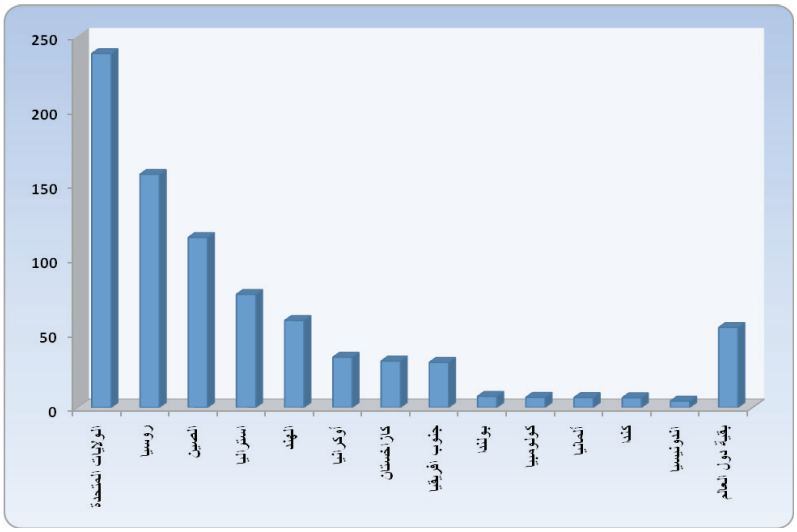
هي كمية الاحتياطيات المؤكدة من الفحم بالإضافة إلى الاحتياطيات المحتملة منه حيث يجري تقدير الاحتياطيات المحتملة بدرجة أقل من الثقة من الاحتياطيات المؤكدة.

3 - مصادر الفحم:

هي كمية الفحم الموجودة في المنجم بغض النظر عن مدى جدوى استخراجها بصورة اقتصادية باستخدام التكنولوجيا الحالية.وتشتمل نشاطات استكشاف الفحم على إعداد خريطة جيولوجية للمنطقة المرغوب استكشافها ثم إجراء مسوحات جيوكيميائية وجيوفيزيائية، ويعقبها عمليات الحفر الاستكشافية الأمر الذي يسمح بتطوير صورة دقيقة عن المنطقة. وتصبح المنطقة منجما إذا كانت كبيرة بما فيه الكفاية وتحتوي على نوعية ملائمة من الفحم الممكن استخراجه بصورة اقتصادية. وعندما تصبح هذه العناصر مؤكدة تبدأ عمليات التنجيم.

وتقدر احتياطيات الفحم المؤكدة في العالم في نهاية عام 2009 حسب تقديرات شركة البترول البريطانية بحوالي 826 مليار طن، منها 411 مليار طن من فحم الأنثراسايت والفحم البيتوميني و 415 مليار طن من الفحم تحت البيتوميني والليغنايت. ويقدر عمر احتياطيات الفحم في العالم حسب معدلات الإنتاج السائدة حاليا بحوالي 119 سنة. الجدول - 1 والشكل - 1.

الشكل - 1 : احتياطيات الفحم في العالم في نهاية عام 2009 (مليار طن متري)



المصدر: BP. BP Statistical Review of World Energy. June 2010.

وعلى عكس ما يشاع من قبل بعض الجهات ذات الارتباط بمصالح صناعة الفحم من أن احتياطيات الفحم هي أكثر انتشار في أرجاء المعمورة من بقية مصادر الطاقة الهايدروكربونية، فإن ما يقارب 90 % من احتياطيات الفحم في العالم تتركز في ثمان دول، وهي : الولايات المتحدة الأمريكية، روسيا، الصين، استراليا، الهند، أوكرانيا، كازاخستان، وجنوب افريقيا.

وتعتبر الولايات المتحدة أكبر دولة في احتياطيات الفحم حيث تمتلك 28.9 % من إجمالي احتياطيات الفحم في العالم. وتأتي روسيا في المرتبة الثانية إذ تبلغ حصتها 19 %. ويلاحظ من ذلك أن دولتين فقط تمتلكان ما يقارب نصف الاحتياطيات المؤكدة في العالم في نهاية عام 2009. وتحتل الصين المرتبة الثالثة بحصة تصل إلى 13.9 %، وتليها استراليا بحصة تبلغ 9.2 %، ثم الهند بحصة 7.1 %.

وتوجد احتياطيات ضئيلة من الفحم في دولتين عربيتين، وهما الجزائر ومصر حيث بلغت احتياطيات الجزائر 59 مليون طن، أما احتياطيات مصر فقد بلغت 21 مليون طن في نهاية عام 2005 حسب بيانات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية.

ثانيا: إنتاج الفحم

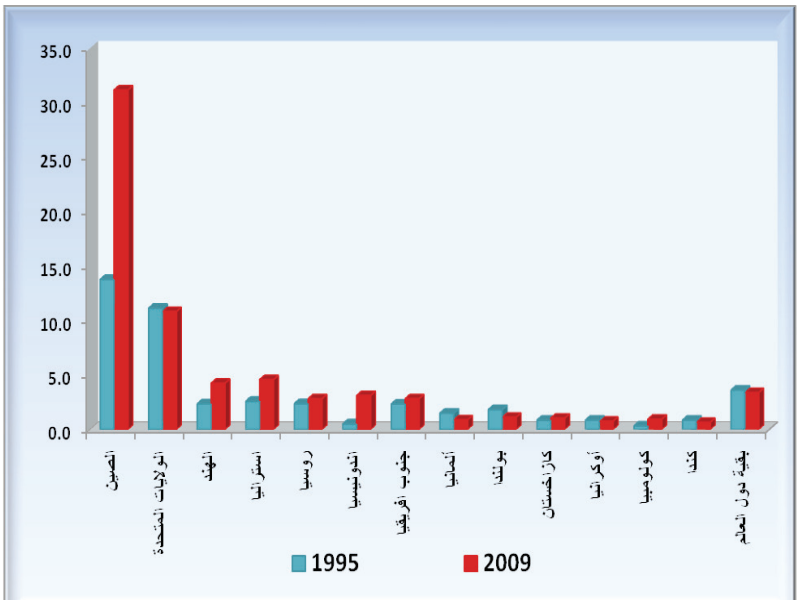
هناك نقطة إحصائية هامة تجدر الإشارة لها منذ البداية، وهي أن بيانات إنتاج واستهلاك الفحم

تتباين بصورة لافتة عند النظر إليها من حيث الكميات المطلقة أو عند النظر إليها من حيث الكميات التي تم احتسابها على أساس المكافئ النفطي. ويعود هذا التباين إلى اختلاف أنواع الفحم وجودته ومحتوياته الحرارية من منطقة لأخرى. كما أن ترتيب الدول حسب حجم إنتاجها من الفحم قد لا ينسجم مع ترتيبها من ناحية حجم احتياطياتها من الفحم، وعلى سبيل المثال تأتي الصين في المرتبة الأولى في العالم من ناحية حجم إنتاجها بينما تأتي في المرتبة الثالثة من ناحية حجم احتياطياتها. وفي الوقت نفسه تأتي روسيا في المرتبة الثانية من ناحية حجم احتياطياتها بينما تأتي في المرتبة الخامسة من ناحية حجم إنتاجها.

ومن الناحية الواقعية توجد دولة واحدة أساسية في إنتاج الفحم في العالم، وهذه الدولة هي الصين التي وصلت حصتها إلى ما يعادل 44 % من إجمالي إنتاج العالم من الفحم في عام 2009.

وفي حالة النظر إلى المحتوى الحراري للفحم المتواجد في الصين، فإن هذه الحصة تصل إلى 45.6 %. وتصاعد إنتاج الصين بمعدل 6 % سنويا خلال الفترة 1995-2009 حيث قفز حجم إنتاجها من 13.8 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم (1361 مليون طن فحم) في عام 1995 إلى 31.2 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم (3050 مليون طن فحم) في عام 2009. وفي الوقت نفسه تزايد إجمالي إنتاج العالم بمعدل 3 % سنويا ليرتفع من45 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم (4593 مليون طن فحم) في عام 1995 إلى 68.5 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم (6941 مليون طن فحم) في عام 2009. ويلاحظ أن حجم الزيادة في إنتاج الصين خلال الفترة 1995-2009 قد بلغ 17.4 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم (1689 مليون طن فحم)، أي حوالي 73.7 % من حجم الزيادة الإجمالية في إنتاج العالم من الفحم البالغة 23.5 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم (2348 مليون طن فحم). الجدول - 2 والجدول - 3 والشكل - 2.

الشكل - 2 : البلدان الرئيسية المنتجة للفحم في العالم (م. ب م. ن /ي)



المصدر: BP. BP Statistical Review of World Energy. June 2010.

وتوجد ست دول رئيسية أخرى ذات إنتاج ملموس من الفحم، وهذه الدول هي: الولايات المتحدة الأمريكية، الهند، أستراليا، روسيا، اندونيسيا، وجنوب افريقيا. وتصل حصة هذه الدول مجتمعة إلى 41.5 % من إجمالي إنتاج العالم من الفحم في عام 2009. ويستنتج من ذلك أن حصة الدول السبع الكبرى في إنتاج الفحم تصل إلى 87.1 % من إنتاج العالم في عام 2009.

وتأتي الولايات المتحدة الأمريكية في المرتبة الثانية من ناحية حجم إنتاجها من الفحم علما أنها أكبر دولة في العالم في احتياطيات من الفحم. وازداد إنتاج الولايات المتحدة من الفحم خلال الفترة 1995-2009 بالكميات المطلقة بمعدل 0.3 % سنويا ليرتفع من 937.1 مليون طن في

عام 1995 إلى 973.2 طن في عام 2009، لكن الصورة تبدو مغايرة عند النظر إلى إنتاج الولايات المتحدة حسب المكافئ النفطي حيث يتضح تراجع حجم إنتاجها بمعدل 0.2 % سنويا ليتقلص من 11.1 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 1995 إلى 10.8 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2009. ويعود هذا التباين في اتجاهات تزايد الإنتاج إلى اختلاف أنواع الفحم المستهلك وجودته ومحتوياته الحرارية من سنة لأخرى. وتصل حصة الولايات المتحدة إلى 15.8 % من إنتاج الفحم في العالم.

ويبرز التباين أيضا عند النظر إلى إنتاج الفحم في كل من الهند واستراليا إذ تحتل الهند المركز الثالث عند النظر إلى حجم الإنتاج حسب الكميات المطلقة من الفحم، وتأتي بعدها أستراليا. أما عند النظر إلى إنتاج الفحم حسب المكافئ النفطي فتأتي استراليا في المركز الثالث وتليها الهند. وينطبق الأمر ذاته على كل من روسيا واندونيسيا وجنوب افريقيا حيث تحتل روسيا المركز الخامس وتليها اندونيسيا ثم جنوب افريقيا عند النظر إلى إنتاج الفحم حسب الكميات المطلقة، بينما تأتي اندونيسيا في المركز الخامس وتليها جنوب افريقيا ثم روسيا عند النظر إلى إنتاج الفحم حسب المكافئ النفطي.

وحسب معيار المكافئ النفطي، تعتبر استراليا المنتج الرئيسي الثالث في العالم حيث تزايد إنتاجها بمعدل 4.1 % سنويا خلال الفترة 1995-2009 ليرتفع من 2.6 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم (ب م ن ي) في عام 1995 إلى 4.6 مليون ب م ن ي في عام 2009 (409.2 مليون طن فحم)، وبذلك وصلت حصتها إلى 6.7 % من الإنتاج العالمي من الفحم في عام 2009.

وفي الهند ارتفع إنتاج الفحم بمعدل 4.3 % سنويا خلال الفترة 1995-2009 ليصل إلى 4.2 مليون ب م ن ي في عام 2009 (557.6 مليون طن فحم)، أي 6.2 % من الإنتاج العالمي من الفحم في عام 2009.

وسجلت اندونيسيا أعلى معدلات الزيادة في إنتاج الفحم في العالم حيث تزايد إنتاجها بمعدل 13.7 % سنويا ليتصاعد من 0.5 مليون ب م ن ي (41.8 مليون طن فحم) في عام 1995 إلى 3.1 مليون ب م ن ي (252.5 مليون طن فحم) في عام 2009. ويشكل إنتاج اندونيسيا 4.6 % من الإنتاج العالمي في عام 2009.

ونما إنتاج الفحم في روسيا بمعدل 1.2 % سنويا حيث ارتفع من 2.4 مليون ب م ن ي (262.8 مليون طن فحم) في عام 1995 إلى 2.8 مليون ب م ن ي (298.1 مليون طن فحم) في عام 2009، أي 4.1 % من الإنتاج العالمي، علما أن احتياطيات روسيا تشكل 19 % من إجمالي احتياطيات العالم في نهاية عام 2009.

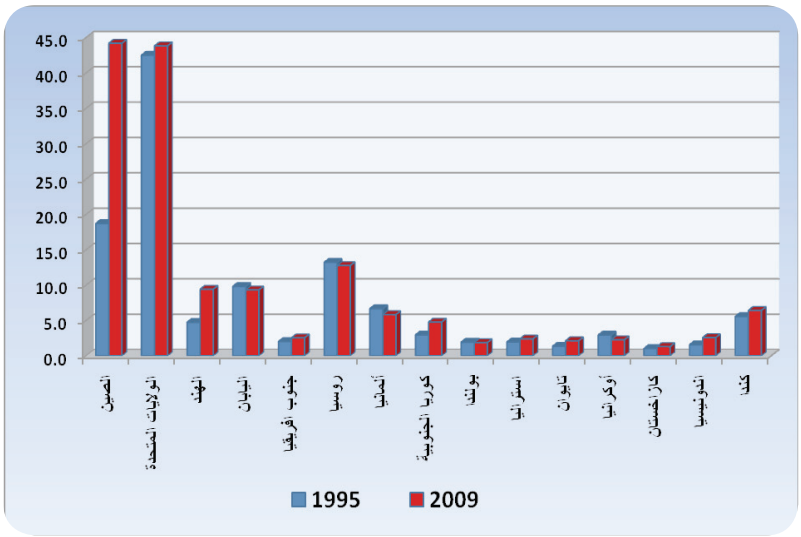
وتعتبر جنوب افريقيا آخر الدول السبع الكبرى في إنتاج الفحم في العالم إذ وصل حجم إنتاجها إلى 2.8 مليون ب م ن ي (250 مليون طن فحم) في عام 2009، أي ما يمثل 4.1 % من الإنتاج العالمي.كما توجد ست دول أخرى ذات إنتاج ضئيل نسبيا من الفحم، وهذه الدول هي: بولندا (1.1 مليون ب م ن ي)، كازاخستان (1 مليون ب م ن ي)، كولومبيا (0.9 مليون ب م ن ي)، ألمانيا (0.9 مليون ب م ن ي)، أوكرانيا (0.8 مليون ب م ن ي)، وكندا (0.7 مليون ب م ن ي).

وتبلغ حصة هذه الدول الست مجتمعة 7.9 % من إنتاج الفحم في العالم في عام 2009. ويستنتج من البيانات السابقة أن حصة بقية دول العالم خارج الثلاث عشرة دولة المذكورة آنفا لا تتجاوز 5 % من إنتاج الفحم في العالم في عام 2009.

ثالثا- استهلاك الفحم

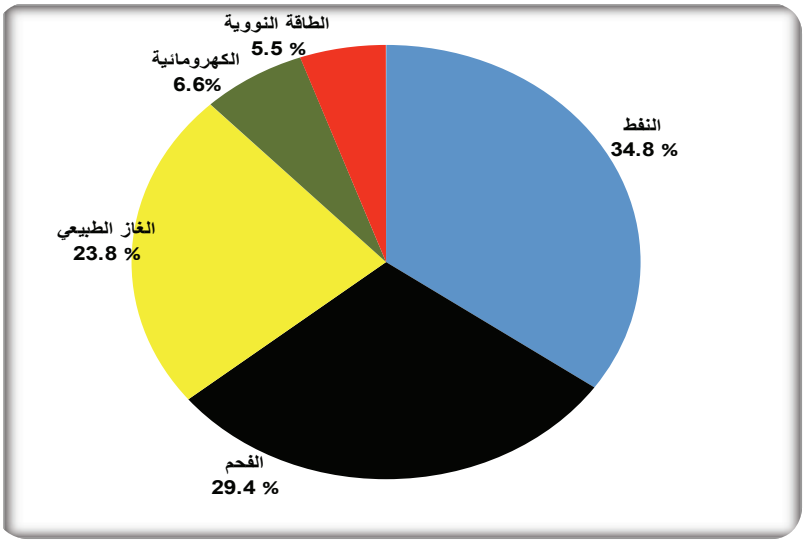
توجد ثلاث سمات بارزة في تطورات استهلاك الطاقة في العالم في السنوات القليلة الماضية، والسمة الأولى هي بروز الصين كأكبر مستهلك للطاقة في العالم حيث تجاوز حجم استهلاكها حجم استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية لأول مرة في عام 2009 إذ ازداد استهلاك الطاقة في الصين من 40.8 مليون ب م ن ي في عام 2008 إلى 44.2 مليون ب م ن ي في عام 2009، بينما تقلص استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة من 46.2 مليون ب م ن ي في عام 2008 إلى 43.8 مليون ب م ن ي في عام 2009. الجدول - 4 والشكل- 3.

الشكل - 3: إجمالي استهلاك الطاقة في الدول الرئيسية المستهلكة للفحم في العالم (م. ب م. ن /ي)



المصدر: BP. BP Statistical Review of World Energy. June 2010.

الشكل - 4: التوزيع النسبي لاستهلاك الطاقة حسب المصادر الأولية في عام 2009 (%)



المصدر: BP. BP Statistical Review of World Energy. June 2010.

والسمة الثانية هي أن استهلاك الفحم في العالم قد ارتفع بمعدلات تفوق معدلات ارتفاع استهلاكه من الطاقة حيث ازداد استهلاك العالم من الفحم خلال الفترة 1995-2009 بمعدل سنوي بلغ2.7 %، بينما بلغ المعدل السنوي لارتفاع استهلاك الطاقة1.9 %خلال الفترة ذاتها. ولذلك ارتفعت حصة استهلاك الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة على الصعيد العالمي من26.5 % في عام1995 إلى29.4 % فيعام2009. ووصل استهلاك الفحم إلى 65.8 مليون ب م ن ي في عام2009 بالمقارنة مع45.5 مليون ب م ن ي في عام 1995. الجدول - 5.

وعند النظر إلى التوزيع النسبي لاستهلاك الطاقة حسب المصادر الأولية في عامي 2008و2009 يتضح أنه حصل ارتفاع في حصة كل من الفحم والطاقة الكهرومائية إذ ارتفعت حصة الفحم من 29 %

إلى29.4 %، كما ارتفعت حصة الطاقة الكهرومائية من6.5 % إلى6.6 %.وفي الوقت نفسه حصل تراجع في حصة كل من النفط والغاز الطبيعي إذ تراجعت حصة النفط بشكل طفيف من35 % إلى34.8 %، كما تراجعت حصة الغاز الطبيعي من24 % إلى23.7 %.وبقيت حصة الطاقة النووية ثابتة عند 5.5 %.الجدول(6) والشكل(4).

أما السمة الثالثة فهي أن الفحم يعتبر مصدرا أساسيا من المصادر التي تعتمد عليها الصين اعتمادا كبيرا لسد متطلباتها من الطاقة.ولا تختلف الصورة الإجمالية للدول الرئيسية المستهلكة للفحم بصورة جذرية عن الصورة الإجمالية للدول الرئيسية المنتجة للفحم. وتصبح الصورة الإجمالية للدول الرئيسية المستهلكة للفحم أكثر وضوحا واكتمالا إذا أضيفت ثلاث دول فقط إلى قائمة الدول الرئيسية المنتجة للفحم، وهذه الدول هي: اليابان، كوريا الجنوبية، وتايوان.

وتتكرر أنماط التوزيع الجغرافي لاستهلاك الفحم بصورة مقاربة لأنماط التوزيع الجغرافي لإنتاج الفحم إذ تستحوذ الصين على 47.1 % من إجمالي استهلاك العالم من الفحم في عام 2009. وتأتي الولايات المتحدة في المرتبة الثانية بحصة تبلغ 15.2 %، والهند في المرتبة الثالثة بحصة تصل إلى 7.5 %. أما اليابان، وهي دولة غير منتجة للفحم، فتأتي في المرتبة الرابعة إذ بلغت حصتها 3.3 % من استهلاك العالم. وتحتل جنوب افريقيا المرتبة الخامسة بحصة تصل إلى 3 %. ويستنتج من ذلك أن خمس دول في العالم تستهلك أكثر من ثلاثة أرباع (76.2 %) إجمالي استهلاك العالم من الفحم في عام 2009. وتوجد عشر دول أخرى تستهلك ما نسبته 15 % من إجمالي استهلاك العالم من الفحم في عام 2009. وهذه الدول هي: روسيا، ألمانيا، كوريا الجنوبية، بولندا، استراليا، تايوان، أوكرانيا، كازاخستان، اندونيسيا، وكندا. كما يستنتج أيضا أن بقية دول العالم لا تتجاوز حصتها 8.9 % من إجمالي استهلاك الفحم.

الصين

تعتبر الصين الدولة الأساسية المستهلكة للفحم على الصعيد العالمي إذ يقارب حجم استهلاكها من الفحم حوالي نصف الاستهلاك العالمي (47.1 %) في عام 2009. والأمر الذي يستحق الانتباه له هو أن حجم الزيادة في استهلاك الصين من الفحم البالغ 17 مليون ب م ن ي يشكل 83.4 % من إجمالي حجم الزيادة في استهلاك العالم البالغ 20.3 مليون ب م ن ي ما بين عام 1995 وعام 2009.

وتعتمد الصين اعتمادا أساسيا على الفحم لتلبية متطلباتها من الطاقة حيث تصاعد استهلاكها من الفحم بمعدل 5.8 % سنويا ليتضاعف من 14.1 مليون ب م ن ي في عام 1995 إلى 31 مليون ب م ن ي في عام 2009. وعلى الرغم من تضاعف استهلاك الصين من الفحم إلا أن حصة الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة في الصين قد تراجعت من 75.1 % في عام 1995 إلى 70.2 % في عام 2009 نظرا للتسارع الكبير في معدل إجمالي استهلاك الطاقة الذي بلغ 6.3 % سنويا خلال الفترة ذاتها.

الولايات المتحدة

تقلص استهلاك الولايات المتحدة من الفحم من 10.2 مليون ب م ن ي في عام 1995 إلى 10 ملايين ب م ن ي في عام 2009، كما تراجعت حصة الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة من 23.9 % في عام 1995 إلى 22.8 % في عام 2009.

الهند

يربو استهلاك الفحم عن نصف إجمالي استهلاك الطاقة في الهند. وتزايد استهلاك الفحم في الهند بمعدل 5 % سنويا خلال الفترة 1995-2009 حيث تضاعف من 2.5 مليون ب م ن ي في عام 1995 إلى 4.9 مليون ب م ن ي في عام 2009. وبلغ معدل استهلاك الطاقة 5.1 % خلال الفترة نفسها مما أدى

إلى تراجع حصة الفحم في استهلاك الطاقة من 52.9 % في عام 1995 إلى 52.4 % في عام 2009. وتأتي الهند في المرتبة الثانية بعد الصين من ناحية حجم الزيادة في استهلاك الفحم ما بين عام 1995 وعام 2009 إذ بلغ حجم هذه الزيادة 2.4 مليون ب م ن ي، ويمثل ذلك 12 % من إجمالي حجم الزيادة في استهلاك العالم من الفحم.

اليابان

من الملاحظ أنه على الرغم من تراجع حجم استهلاك الطاقة في اليابان بمعدل 0.4 % سنويا خلال الفترة 1995-2009 حيث تقلص مستوى هذا الاستهلاك من 9.8 مليون ب م ن ي في عام 1995 إلى 9.3 مليون ب م ن ي في عام 2009، إلا أن استهلاك اليابان من الفحم قد نما بمعدل 1.7 % سنويا ليرتفع من 1.7 مليون ب م ن ي في عام 1995 إلى 2.2 مليون ب م ن ي في عام 2009 الأمر الذي أدى إلى ارتفاع حصة الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة في اليابان من 17.6 % في عام 1995 إلى 23.4 % في عام 2009. ويمثل حجم الزيادة في استهلاك اليابان من الفحم 2.2 % من حجم الزيادة في استهلاك العالم من الفحم ما بين عام 1995 وعام 2009.

جنوب إفريقيا

نما استهلاك الفحم في جنوب افريقيا بمعدل 1.8 % سنويا ليصل إلى 2 مليون ب م ن ي في عام 2009 بالمقارنة مع 1.6 مليون ب م ن ي في عام 1995. ويشكل حجم الزيادة في استهلاك جنوب افريقيا من الفحم 2.2 % من حجم الزيادة في استهلاك العالم من الفحم ما بين عام 1995 وعام 2009.

أما من ناحية الدول الأخرى ذات الأهمية من ناحية استهلاك الفحم، فإنه تجدر الإشارة إلى أن هناك دولا قد تقلص فيها الاستهلاك ما بين عام 1995 وعام 2009، وهذه الدول هي: روسيا، ألمانيا، بولندا، وأوكرانيا. وبلغ حجم هذا التقلص كما يلي:

- روسيا: 0.7 مليون ب م ن ي.
- ألمانيا: 0.4 مليون ب م ن ي.
- بولندا: 0.3 مليون ب م ن ي.
- أوكرانيا: 0.1 مليون ب م ن ي.

كما أن هناك دولا قد تزايد فيها الاستهلاك ما بين عام 1995 وعام 2009، وهذه الدول هي: كوريا الجنوبية، اندونيسيا، تايوان، استراليا، وكازاخستان. وبلغ حجم هذه الزيادة كما يلي:

- كوريا الجنوبية: 0.8 مليون ب م ن ي.
- اندونيسيا: 0.5 مليون ب م ن ي.
- تايوان: 0.5 مليون ب م ن ي.
- استراليا: 0.2 مليون ب م ن ي.
- كازاخستان: 0.1 مليون ب م ن ي.

كما حصل تقلص في إجمالي استهلاك بقية دول العالم ذات الاستهلاك المحدود نسبيا من الفحم، وبلغ حجم التراجع 0.3 مليون ب م ن ي ما بين عام 1995 وعام 2009.

رابعا- التجارة العالمية في الفحم

تضاعف حجم الصادرات العالمية من الفحم الصلب تقريبا خلال الفترة 1995 – 2008 حيث ازداد حجم هذه الصادرات بمعدل 5.1 % سنويا ليتصاعد من 493.2 مليون طن في عام 1995 إلى 937.8 مليون طن في عام 2008. الجدول – 7.

ويوجد عدد محدود نسبيا من الدول المصدرة للفحم. وتتمثل الدول الرئيسية المصدرة للفحم في عدد قليل لا يزيد عن تسع دول، وهي: استراليا، اندونيسيا، روسيا، كولومبيا، الولايات المتحدة، جنوب افريقيا، الصين، كندا، وبولندا. ويمثل حجم صادرات هذه الدول التسع 90.9 % من إجمالي الصادرات العالمية من الفحم الصلب في عام 2008. الجدول – 8.

وتعتبر استراليا واندونيسيا وروسيا هي الدول الأساسية في مجال صادرات الفحم الصلب في العالم إذ بلغت حصة هذه الدول الثلاث 59.3 % من إجمالي الصادرات العالمية في عام 2008. وبلغ حجم الصادرات في استراليا 252.2 مليون طن، أي أكثر من ربع (26.9 %) الصادرات العالمية، بينما بلغت الصادرات من اندونيسيا 202.6 مليون طن، أي أكثر من خمس (21.6 %) الصادرات العالمية. أما الصادرات من روسيا فقد بلغت 101.4 مليون طن، أي أكثر من عشر (10.8 %) الصادرات العالمية. ويذهب الجزء الأكبر من صادرات استراليا من الفحم إلى اليابان ثم إلى الدول الآسيوية الأخرى والدول الأوروبية، وبلغ حجم صادرات الفحم الصلب من استراليا إلى اليابان 120.1 مليون طن، و 85.4 مليون طن إلى الدول الآسيوية، و 28.6 مليون طن إلى الدول الأوروبية.

وتذهب معظم صادرات الفحم الصلب من اندونيسيا إلى الدول الآسيوية ثم إلى اليابان والدول الأوروبية. وبلغ حجم صادرات اندونيسيا 148.6 مليون طن إلى الدول الآسيوية، و 28.5 مليون طن إلى اليابان، و 15.9 مليون طن إلى الدول الأوروبية. أما صادرات الفحم الصلب من روسيا فقد ذهب معظمها إلى الدول الأوروبية ثم إلى اليابان والدول الآسيوية. وبلغ حجم الصادرات من روسيا 76.6 مليون طن إلى الدول الأوروبية، و 10.8 مليون طن إلى اليابان، و 10.2 مليون طن إلى الدول الآسيوية. وتعتبر الدول الآسيوية (باستثناء اليابان) هي الوجهة الرئيسية لصادرات الفحم الصلب حيث بلغ إجمالي حجم مستوردات هذه الدول 298.8 مليون طن في عام 2008، أي حوالي 31.9 % من إجمالي الصادرات العالمية. ويليها الدول الأوروبية في المركز الثاني حيث استوردت هذه الدول 297.4 مليون طن، أي حوالي 31.7 % من إجمالي الصادرات العالمية. أما اليابان فقد استوردت 185.6 مليون طن في عام 2008، أي حوالي خمس (19.8 %) الصادرات العالمية.

1 - التجارة العالمية في الفحم الصلب:

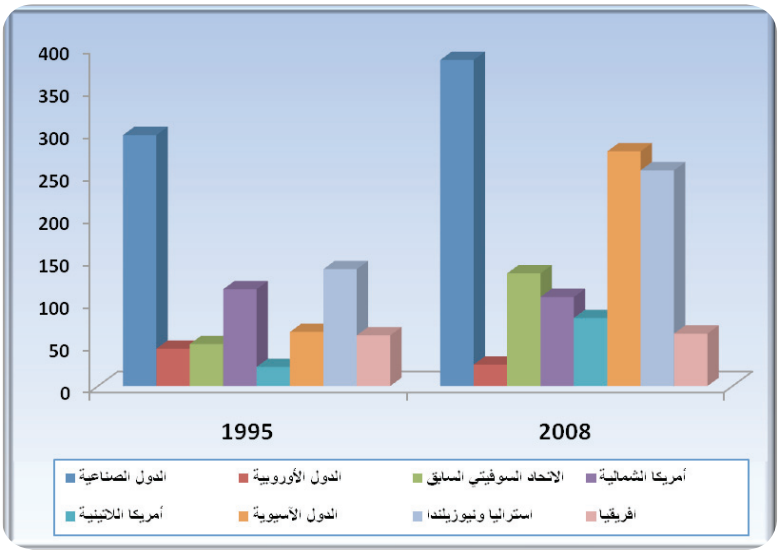
تتمثل التجارة العالمية في الفحم بصورة أساسية في صادرات ومستوردات الفحم الصلب. وشهدت تجـارة الفحـم الصلـب تطورا كبيرا خلال الفترة 1995-2008 حيث نمت الصادرات العالمية بمعدل 5.1 % سنويا لتصل إلى حوالي 938 مليون طن في عام 2008 بالمقارنة مع 492 مليون طن في عام 1995. الجدول – 9 والشكل – 5 أ.

وعند النظر إلى الصادرات حسب المجموعات الجغرافية فإنه من الملاحظ أنه توجد منطقتان جغرافيتان ذات صادرات كبيرة من الفحم الصلب. وهاتان المنطقتان هما الدول الآسيوية ثم أستراليا ونيوزيلندا. ويلاحظ أن هاتين المنطقتين متقاربتان جغرافيا. وبلغت صادرات الفحم الصلب من الدول الآسيوية 277 مليون طن، أي حوالي 29.6 % من إجمالي صادرات العالم في عام 2008. كما بلغت صادرات أستراليا

ونيوزيلندا معا حوالي 255 مليون طن، أي 27.2 % من هذه الصادرات. وتأتي صادرات الفحم الصلب من دول الاتحاد السوفيتي السابق في المرتبة الثالثة بحصة بلغت 14.2 %، وتليها الصادرات من أمريكا الشمالية بحصة وصلت إلى 11.2 %.

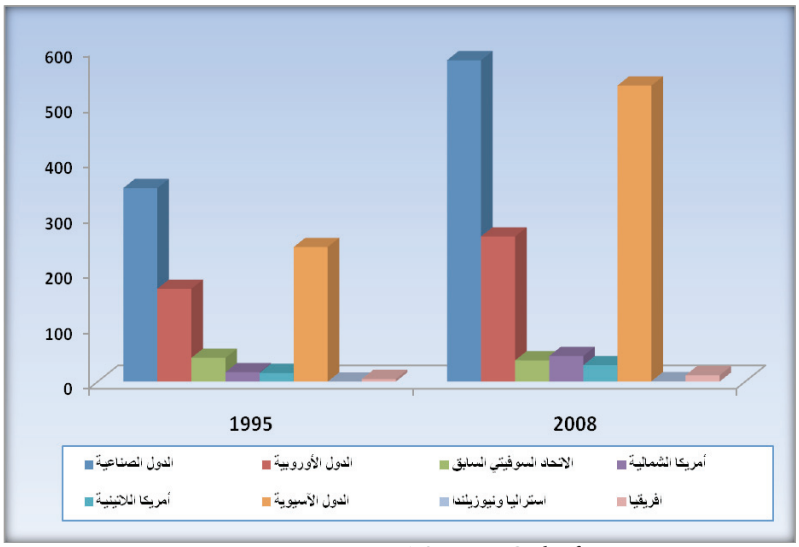
أما من ناحية المستوردات العالمية من الفحم الصلب حسب المجموعات الجغرافية فتتصدر الدول الآسيوية قائمة المناطق المستوردة للفحم في العالم إذ تجاوز حجم مستوردات هذه المنطقة 534 مليون طن في عام 2008، أي حوالي 57.9 % من إجمالي المستوردات العالمية. وتأتي الدول الأوروبية في المرتبة الثانية بين مناطق العالم المستوردة للفحم الصلب حيث وصلت مستورداتها منه 262 مليون طن في عام 2008، أي 28.4 % من إجمالي المستوردات العالمية. الجدول - 10 والشكل - 5 ب).

الشكل - 5 أ: الصادرات العالمية من الفحم الصلب حسب التوزيعات الاقتصادية والجغرافية (مليون طن)



المصدر: IEA Statistics, Coal Information, 2009.

الشكل - 5 ب: الواردات العالمية من الفحم الصلب حسب التوزيعات الاقتصادية والجغرافية (مليون طن)



المصدر: IEA Statistics, Coal Information, 2009.

2 - التجارة العالمية في الفحم البني:

تحتل التجارة العالمية في الفحم البني مكانة ثانوية في التجارة الإجمالية في الفحم إذ بلغ حجم الصادرات من الفحم البني 21.7 مليون طن في عام 2008 مقابل 11.3 مليون طن في عام 1995. وبلغ حجم صادرات الفحم البني من الدول الآسيوية حوالي 15 مليون طن في عام 2008، وتليها الدول الأوروبية بصادرات لم تتجاوز 5 ملايين طن. الجدول - 11.

أما من ناحية واردات الفحم البني فتأتي منطقة أمريكا الشمالية في المرتبة الأولى حيث بلغ حجم

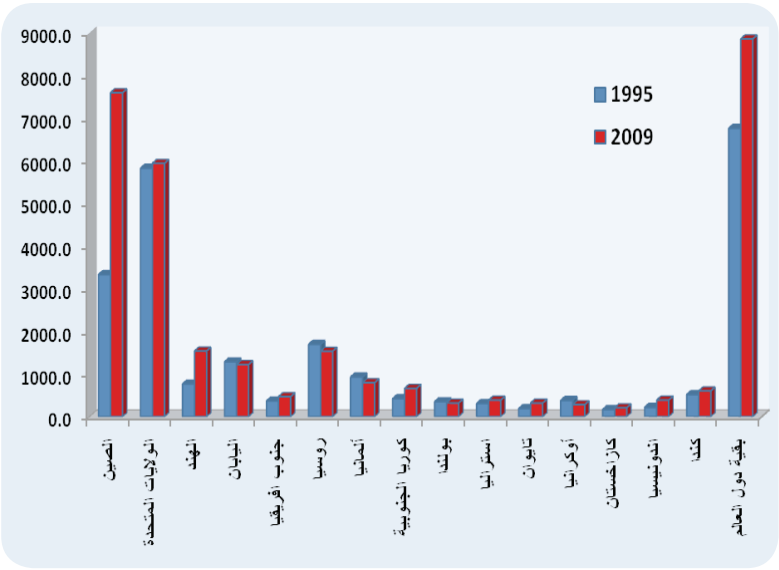
مستورداتها حوالي 9.7 مليون طن في عام 2008، وتليها الدول الآسيوية التي استوردت 7.7 مليون طن، ثم الدول الأوروبية التي استوردت 4.2 مليون طن. الجدول - 12 .

المحور الخامس: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة 1995-2009

أولاً: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الطاقة:

من الطبيعي أن يتماشى معدل الزيادة في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون مع معدل الزيادة في إجمالي استهلاك الطاقة، وفي الوقت الذي ارتفع فيه استهلاك الطاقة في العالم بمعدل 1.9 % سنويا خلال الفترة 1995-2009 فإن انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون قد ارتفعت بمعدل 2 % سنويا حيث وصل حجم هذه الانبعاثات إلى 31.1 مليار طن في عام 2009 بالمقارنة مع 23.5 مليار طن في عام 1995. الجدول - 13 والشكل - 6.

الشكل - 6: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الدول الرئيسية المستهلكة للفحم في العالم (مليون طن)



المصدر: BP, BP Statistical Review of World Energy, June 2010.

وحلت الصين محل الولايات المتحدة الأمريكية كأكبر مَصْدَر لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم في عام 2009 حيث تصاعدت حصة الصين في إجمالي الانبعاثات من 14.2 % في عام 2005 إلى 24.4 % في عام 2009، بينما تراجعت حصة الولايات المتحدة من 24.8 % في عام 1995 إلى 19.1 % في عام 2009. وتضاعفت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الصين بمعدل 6.1 % سنويا لترتفع من 3.3 مليار طن في عام 1995 لتصل إلى 7.6 مليار طن في عام ، بينما تصاعد استهلاكها من الطاقة بمعدل 6.3 % سنويا كما ورد في الفقرة السابقة.

وفي الولايات المتحدة ارتفعت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدل 0.14 % سنويا لتصل إلى 5.9 مليار طن في عام 2009 بالمقارنة مع 5.8 مليار طن في عام 1995، بينما ارتفع استهلاكها من الطاقة بمعدل 0.22 % خلال الفترة ذاتها.

وبالإضافة إلى الصين والولايات المتحدة توجد ثلاث دول رئيسية أخرى ذات حجم كبير في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في عام 2009، وهذه الدول هي: الهند، روسيا، واليابان. وتساهم هذه الدول بنسب متقاربة في إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم حيث بلغت حصصها كما يلي: الهند وروسيا (4.9 %) لكل منهما، واليابان (3.9 %). وفي الهند تصاعدت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدل 5.1 % سنويا، وهو معدل يربو قليلا عن معدل تزايد استهلاك الطاقة، ووصل حجم هذه الانبعاثات إلى 1.5 مليار طن في عام 2009 بالمقارنة مع 766 مليون طن في عام 1995. أما في روسيا

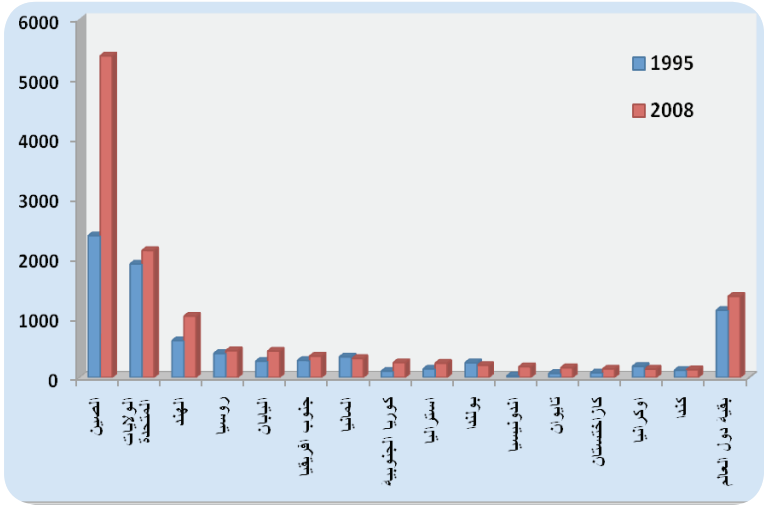
فقد تراجعت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدل 0.7 % سنويا مقابل تراجع استهلاك الطاقة فيها بمعدل 0.25 % سنويا، وتقلص حجم الانبعاثات من 1.7 مليار طن في عام 1995 إلى 1.5 مليار طن في عام 2009. وفي اليابان انخفضت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدل 0.36 % سنويا، وهو معدل مطابق تقريبا لمعدل (0.37 %) تراجع استهلاك الطاقة فيها، وبلغ حجم الانبعاثات فيها 1.2 مليار طن في عام 2009 مقابل 1.3 مليار طن في عام 1995.

كما توجد عشر دول أخرى ذات انبعاثات ملموسة من غاز ثاني أكسيد الكربون، وهذه الدول هي: ألمانيا، كوريا الجنوبية، كندا، جنوب افريقيا، اندونيسيا، استراليا، بولندا، تايوان، أوكرانيا، وكازاخستان. وتساهم هذه الدول مجتمعة بما نسبته 14.3 % من إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم في عام 2009. أما في الدول النامية الأخرى (باستثناء الصين، الهند، جنوب افريقيا، واندونيسيا) فقد ارتفع إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدل أقل من معدل ارتفاع استهلاك الطاقة فيها خلال الفترة 1995-2009 إذ بلغ معدل ارتفاع الانبعاثات 1.95 %، بينما ارتفع معدل استهلاك الطاقة فيها 2.05 %. وبذلك تراجعت حصة هذه الدول في إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم من 14.3 % في عام 1995 إلى 14.2 % في عام 2009.

ثانياً: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الفحم:

لقد تطابق معدل الزيادة في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن حرق الفحم في العالم مع الزيادة في استهلاكه حيث بلغ هذا المعدل 3.46 % سنويا خلال الفترة 1995-2008. ووصل حجم الانبعاثات في العالم إلى 12.9 مليار طن في عام 2008 بالمقارنة مع 8.3 مليار طن في عام 1995. الجدول - 14 والشكل - 7.

الشكل - 7: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الفحم، (مليون طن)



المصدر: U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, 2010.

وشكلت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن حرق الفحم 40.9 % من إجمالي الانبعاثات في العالم في عام 2008 بالمقارنة مع 35.2 % في عام 1995. وتسببت ثلاث دول بصورة أساسية في الإسهام بما يقارب ثلثي (66.2 %) انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن حرق الفحم في العالم في عام 2008. وهذه الدول هي: الصين، الولايات المتحدة، والهند. وساهمت الصين في الجزء الأكبر من الانبعاثات حيث بلغت حصتها 41.7 %، بينما بلغت حصة الولايات المتحدة 16.5 %، وتليها الهند بحصة 8 %. وتصاعد حجم الانبعاثات من الصين بمعدل 6.5 % سنويا ليتضاعف من 2.4 مليار طن في عام 1995 إلى 5.4 مليار طن في عام 2008. وشكلت الزيادة في حجم الانبعاثات في الصين بحوالي ثلثي (65.3 %) حجم الزيادة في إجمالي الانبعاثات في العالم ما بين عام 1995 و 2008. وفي الوقت نفسه ازدادت الانبعاثات في الولايات المتحدة بمعدل

0.9 % لتصل إلى 2.1 مليون طن في عام 2008، بينما تزايدت الانبعاثات في الهند بمعدل 4 % لتبلغ 1.03 مليار طن في عام 2008.

وتوجد اثنتا عشرة دولة أخرى ساهمت بدرجات متباينة في هذه الانبعاثات. وهذه الدول هي: روسيا، اليابان، جنوب افريقيا، ألمانيا، كوريا الجنوبية، استراليا، بولندا، اندونيسيا، تايوان، كازاخستان، أوكرانيا، وكندا. وبلغت حصة هذه الدول مجتمعة 23.3 % من إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن حرق الفحم في العالم في عام 2008. وبذلك تكون خمس عشرة دولة مسؤولة عن 89.5 % من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن حرق الفحم في العالم في عام 2008.

المحور السادس: التوقعات المستقبلية المتعلقة بالناتج المحلي الإجمالي واستهلاك الفحم وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون حتى عام 2035

أولا- التطورات المتوقعة في الناتج المحلي الإجمالي في العالم حتى عام 2035:

تتباين تقديرات الناتج المحلي الإجمالي العالمي حسب معيار أسعار الصرف تباينا كبيرا عن تقديراته حسب معيار القوة الشرائية. وينعكس هذا التباين في أحجام الناتج المحلي الإجمالي ومعدلات نموه في الدول والمجموعات المختلفة، كما ينعكس في التوزيع النسبي لهذا الناتج حسب الدول والمجموعات وبالتالي في تسلسل الأهمية النسبية للدول والمجموعات في الناتج العالمي ككل.

1 - تقديرات الناتج المحلي الإجمالي في العالم حسب معيار أسعار الصرف:

يتوقع أن ينمو الناتج المحلي الإجمالي في العالم بمعدل 2.7 % سنويا خلال الفترة 2005-2035 ليتضاعف من حوالي 45.4 تريليون دولار أمريكي إلى حوالي 102.1 تريليون دولار أمريكي. الجدول (15) والشكل (8). وستحقق الصين قفزة كبيرة في الناتج المحلي الإجمالي الذي سيتصاعد فيها بمعدل 6.2 % سنويا ليتضاعف بأكثر من ست مرات ليبلغ حوالي 13.6 تريليون دولار أمريكي في عام 2035 مقابل حوالي 2.2 تريليون دولار في عام 2005. وستبلغ حصة الزيادة في الناتج المحلي الإجمالي في الصين حوالي خُمس إجمالي الزيادة في الناتج العالمي. وستحقق الهند أيضا إنجازا كبيرا حيث سينمو الناتج المحلي الإجمالي فيها بمعدل 5.3 % ليتضاعف بحوالي 4.7 مرة ليصل إلى 3.8 تريليون دولار في عام 2035 بالمقارنة مع 813 مليار دولار في عام 2005. وستبلغ حصة الهند حوالي 5.3 % من إجمالي الزيادة في الناتج العالمي. كما سينمو الناتج المحلي الإجمالي في البرازيل بمعدل 4.1 % ليرتفع من 882 مليار دولار إلى ما يربو عن 2.9 تريليون دولار.

أما في الدول الصناعية فعلى الرغم من أن الناتج المحلي الإجمالي فيها سينمو بمعدل بسيط نسبيا لا يتجاوز 2 % سنويا إلا أنها ستساهم بما يقارب نصف (49.7 %) إجمالي الزيادة في الناتج العالمي إذ سيرتفع الناتج في هذه المجموعة من حوالي 35.3 تريليون دولار في عام 2005 إلى حوالي 63.5 تريليون دولار في عام 2035. وبذلك ستتراجع حصة الدول الصناعية في إجمالي الناتج العالمي من 77.7 % في عام 2005 إلى 62.2 % في عام 2035.وسينمو الناتج المحلي الإجمالي في الولايات المتحدة الأمريكية بمعدل 2.4 % سنويا، وسيتضاعف من حوالي 12.4 تريليون دولار في عام 2005 إلى حوالي 25.3 تريليون دولار في عام 2035. وستحافظ الولايات المتحدة على مكانة الصدارة من ناحية حصتها في الناتج العالمي على الرغم من تراجعها من 27.4 % إلى 24.8 %، كما ستشكل الزيادة في الناتج المحلي الإجمالي في الولايات المتحدة 22.7 % من إجمالي الزيادة في الناتج العالمي.وفي الدول النامية (باستثناء الصين، الهند، والبرازيل) سينمو الناتج المحلي الإجمالي بمعدل 3.75 % سنويا ليرتفع من حوالي 5.4 تريليون دولار إلى حوالي 16.3 تريليون دولار ، وبذلك سترتفع حصة هذه الدول في إجمالي الناتج العالمي

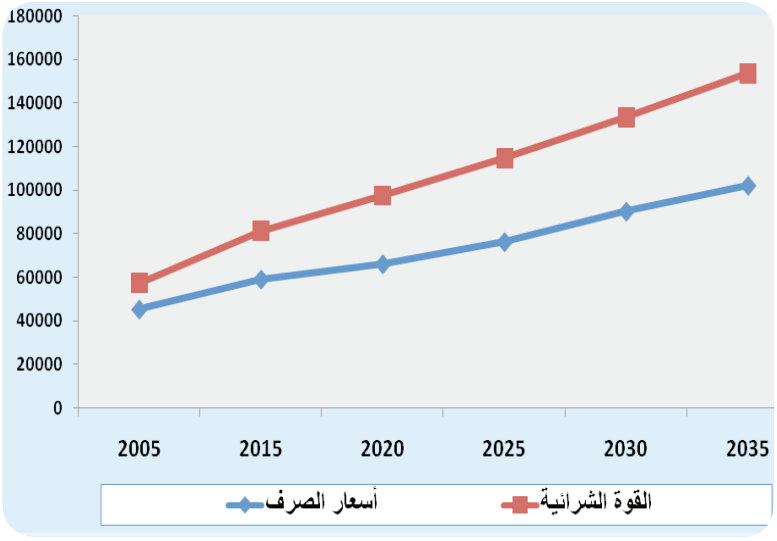
من 11.9 % في عام 2005 إلى 16 % في عام 2035. وحسب هذا المعيار ستحتفظ الولايات المتحدة بالمركز الأول كأكبر دولة في الناتج المحلي الإجمالي، وتليها الصين ثم اليابان والهند.

2 - تقديرات الناتج المحلي الإجمالي في العالم حسب معيار القوة الشرائية:

إن اعتماد معيار القوة الشرائية في احتساب الناتج المحلي الإجمالي يعطي دفعة قوية للأعلى لتقديرات الناتج العالمي من ناحية، كما يؤدي إلى تبديل الصورة الكلية للتوزيع النسبي للناتج المحلي الإجمالي في العالم من ناحية ثانية.

وباستثناء الولايات المتحدة الأمريكية التي لا تتغير فيها تقديرات الناتج المحلي الإجمالي حسب كل من المعيارين لأن عملتها وقوتها الشرائية هي الأساس المعتمد في كل من المعيارين، فإن تقديرات الناتج المحلي الإجمالي في الدول الأخرى تتغير صعودا أو هبوطا بدرجات مختلفة. ويعطي معيار القوة الشرائية تقييما أعلى للناتج المحلي الإجمالي في كل من الصين والهند والبرازيل وروسيا وكوريا الجنوبية وبقية الدول النامية، بينما يعطي تقييما أدنى للناتج المحلي الإجمالي في الدول الصناعية عموما، ومنها الدول الأوروبية واليابان.

الشكل - 8: توقعات الناتج المحلي الإجمالي العالمي (مليار دولار أمريكي - دولار عام 2005)



المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010.

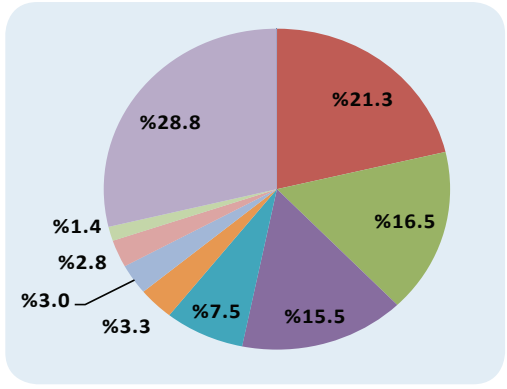
وبناءً على هذا المعيار سيرتفع الناتج العالمي بمعدل 3.35 % سنويا، وهو معدل يتجاوز المعدل المحتسب حسب معيار أسعار الصرف وهو 2.7 %. وسيصل الناتج العالمي إلى حوالي 153.7 تريليون دولار أمريكي في عام 2035 مقارنة مع 102 تريليون دولار أمريكي بحسب معيار أسعار الصرف، الشكل - 8.

وستحل الصين محل الولايات المتحدة كأكبر دولة في الناتج المحلي الإجمالي الذي سيصل إلى حوالي 32.8 تريليون دولار أمريكي. كما سيتجاوز كل من الهند والبرازيل واليابان في الناتج المحلي الإجمالي الذي سيصل إلى حوالي 11.5 تريليون دولار في الهند، وإلى حوالي 5.1 تريليون دولار في البرازيل، وإلى حوالي 4.7 تريليون دولار في اليابان. الجدول - 16.

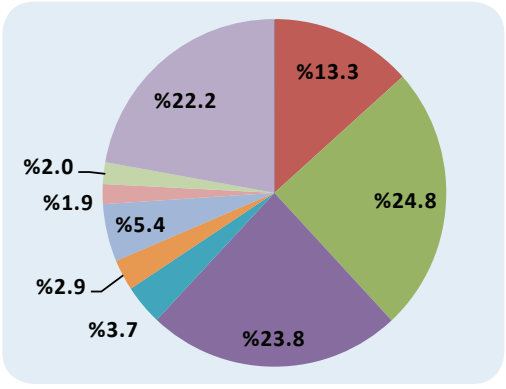
أما من ناحية الأهمية النسبية للدول والمجموعات الاقتصادية في الناتج العالمي فستطرأ تغيرات ملموسة حسب هذا المعيار إذ ستصل حصة الصين إلى حوالي 21.3 % بالمقارنة مع 13.3 % حسب معيار أسعار الصرف، بينما ستصل حصة الدول الصناعية ككل إلى 41.3 % بالمقارنة مع 62.2 % حسب معيار أسعار الصرف. ومن الملاحظ أيضا أن حصة الدول النامية (باستثناء الصين، الهند، والبرازيل) ستصل إلى 23.8 % بالمقارنة مع 16 % حسب معيار أسعار الصرف، الشكل - 9.

الشكل - 9: التوزيع النسبي للناتج المحلي الإجمالي في عام 2035، (%)

القوة الشرائية



أسعار الصرف



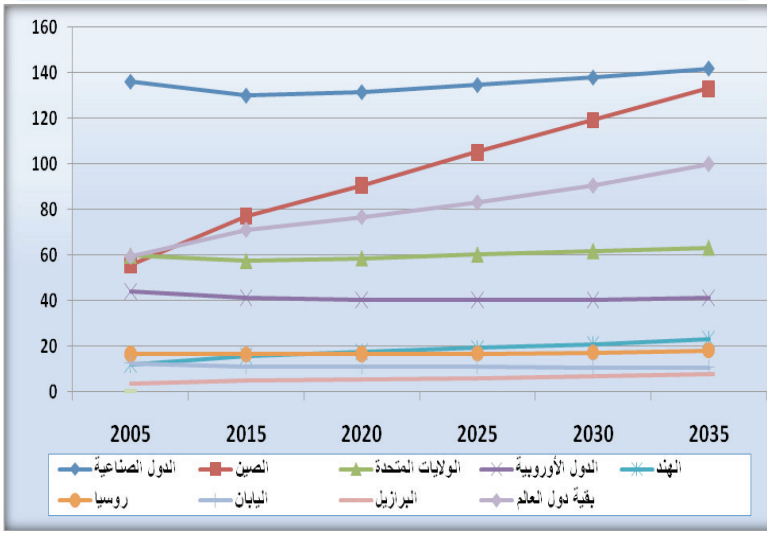
بقية دول العالم | كوريا الجنوبية | روسيا | اليابان | البرازيل | الهند | الدول الأوروبية | الولايات المتحدة | الصين

المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010.

ثانيا- توقعات استهلاك الفحم حتى عام 2035

من المتوقع أن يرتفع استهلاك الطاقة في العالم حسب تقديرات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية بمعدل سنوي قدره 1.5 % ليصل إلى 373.8 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. الجدول - 17 والشكل - 10.

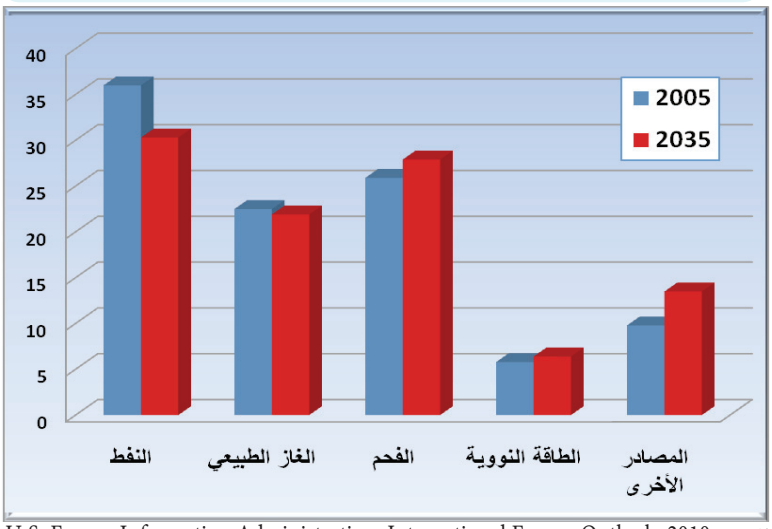
الشكل - 10: توقعات استهلاك الطاقة في العالم (م ب م ن /ي)



المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010.

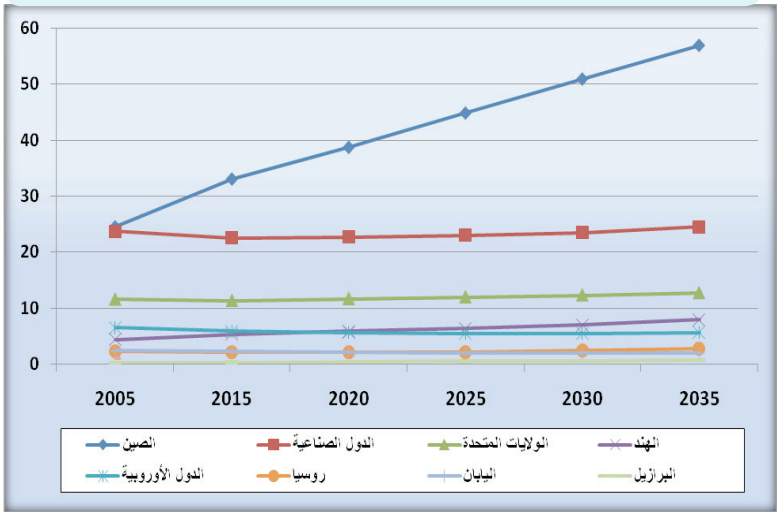
ويلاحظ أن هناك ثلاثة مصادر ستزداد حصصها في إجمالي استهلاك العالم من الطاقة خلال الفترة 2005-2035، وهذه المصادر هي، الفحم، الطاقة النووية، ومصادر الطاقة المتجددة، بينما ستتراجع حصة النفط بالدرجة الأولى ثم الغاز الطبيعي بالدرجة الثانية. ومن ناحية الفحم فسيرتفع استهلاك العالم منه بمعدل سنوي قدره 1.8 % ليصل إلى 104.4 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. وبذلك سترتفع حصة الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة من 25.9 % في عام 2005 إلى 27.9 % في عام 2035. كما سترتفع حصة الطاقة النووية من 5.8 % إلى 6.4 %، وستحقق مصادر الطاقة الأخرى قفزة ملموسة حيث سترتفع حصتها من 9.8 % إلى 13.5 %. وفي مقابل تزايد حصص الفحم والطاقة النووية ومصادر الطاقة المتجددة ستنخفض حصة النفط من 36 % إلى 30.3 %، كما ستنخفض حصة الغاز الطبيعي من 22.5 % إلى 21.9 %. الجدول - 18 والشكل - 11.

الشكل - 10: التوزيع النسبي لاستهلاك الطاقة في العالم حسب المصادر الأولية (%)



المصدر: U.S. Energy Information Administration، International Energy Outlook، 2010.

الشكل - 12: توقعات استهلاك الفحم في العالم (م ب م ن / ي)



المصدر: U.S. Energy Information Administration، International Energy Outlook، 2010.

وسيقارب استهلاك الفحم في خمس دول أربعة أخماس (78.6 %) إجمالي استهلاك العالم من الفحم في عام 2035، وهذه الدول هي: الصين، الولايات المتحدة الأمريكية، الهند، روسيا، واليابان. وستتبوأ الصين مكان الصدارة في استهلاك العالم من الطاقة في عام 2035 إذ سيقارب حجم استهلاكها ربع (24.6 %) إجمالي استهلاك العالم من الطاقة بالمقارنة مع 14.5 % في عام 2005. وسيكون البون بينها وبين الولايات المتحدة الأمريكية شاسعا من ناحية حجم استهلاك الطاقة حيث ستتراجع حصة الولايات المتحدة من 21.3 % في عام 2005 إلى 15.5 % من إجمالي استهلاك العالم من الطاقة في عام 2035. ويلاحظ أنه سيحصل تراجع في حصص جميع المجموعات الدولية في إجمالي استهلاك الطاقة في عام 2035 باستثناء مجموعة الدول النامية حيث ستتراجع حصة الدول الصناعية عموما في إجمالي استهلاك العالم من الطاقة من 51.6 % في عام 2005 إلى 38 % في عام 2035، كما ستتراجع حصة الدول الأوروبية ككل من 17.4 % إلى 11.9 %، وستتراجع حصة روسيا من 6.3 % إلى 4.8 %. وفي الوقت نفسه سترتفع حصة الهند من 3.7 % إلى 5.1 %، كما سترتفع حصة البرازيل من 2.4 % إلى 3.3 %. وسترتفع حصة الدول النامية (لا تتضمن الصين والهند والبرازيل) في إجمالي استهلاك العالم من الطاقة من 21.6 % في عام 2005 إلى 24.2 % في عام 2035، وعليه ستقفز حصة الدول النامية ككل بما فيها الصين والهند والبرازيل من 42.1 % في عام 2005 إلى 57.2 % في عام 2035. إن متابعة تطورات استهلاك الصين من الفحم يمكن أن تغطي مساحة كبيرة من مشهد الطاقة في عام 2035 حيث سيتضاعف استهلاكها من الفحم بمعدل 2.9 % سنويا ليرتفع من 24.4 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005 إلى 56.9 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. الجدول - 19 والشكل - 12.

وسترتفع حصة الصين في إجمالي استهلاك العالم من الفحم من 39.5 % في عام 2005 إلى 54.5 % في عام 2035. ويمثل حجم الزيادة في استهلاك الصين من الفحم أكثر من ثلاثة أرباع (76.3 %) إجمالي حجم الزيادة في استهلاك العالم من الفحم خلال الفترة ما بين عام 2005 وعام 2035. والأمر الذي يسترعي الانتباه هو أن حجم الزيادة في استهلاك الصين من الفحم فقط يقارب حوالي ربع (24.1 %) الزيادة الكلية في إجمالي استهلاك العالم من الطاقة خلال الفترة نفسها.

وسينمو استهلاك الفحم في الولايات المتحدة الأمريكية بمعدل 0.3 % سنويا ليرتفع من 11.5 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005 إلى 12.7 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035، بينما سيرتفع إجمالي استهلاك الطاقة فيها بمعدل 0.4 % سنويا ليصل إلى 57.9 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035 بالمقارنة مع 50.9 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005. وعليه ستنخفض حصة الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة في الولايات المتحدة من 22.7 % في عام 2005 إلى 21.9 % في عام 2035، كما ستنخفض حصة الولايات المتحدة في إجمالي استهلاك العالم من الفحم من 18.6 % في عام 2005 إلى 12.2 % في عام 2035.

وسينمو استهلاك الفحم في الهند بمعدل 2 % سنويا خلال الفترة 2005-2035 ليرتفع من 4.4 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005 إلى 7.8 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. وستتراجع الأهمية النسبية للفحم في تلبية متطلبات الاستهلاك المحلي من الطاقة في الهند من 49.1 % في عام 2005 إلى 41.2 % في عام 2035 حيث سيرتفع استهلاك الطاقة بمعدل 2.6 % سنويا ليرتفع من 8.9 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005 إلى 19 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. ويلاحظ أن حجم الزيادة في استهلاك الهند من الفحم سيبلغ 8.2 % من إجمالي حجم الزيادة في استهلاك العالم من الفحم ما بين عام 2005 وعام 2035، كما سيتجاوز استهلاك الهند من الفحم إجمالي استهلاك الدول الأوروبية مجتمعة في عام 2035، كما يلاحظ أن مستوى استهلاك الهند من الطاقة سيتجاوز مستوى استهلاك كل من روسيا واليابان حيث ستقفز الهند لتصبح المستهلك الرئيسي الثالث للطاقة في العالم في عام 2035.

أما في روسيا فسيبلغ معدل النمو السنوي في استهلاك الفحم 0.7 % خلال الفترة 2005-2035 في حين سينمو إجمالي استهلاك الطاقة بمعدل 0.6 %، وسيصل استهلاك الفحم فيها إلى 2.7 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035، أي حوالي 2.6 % من إجمالي استهلاك العالم من الفحم. أما إجمالي استهلاك الطاقة فسيصل إلى 18 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. وبذلك سترتفع حصة الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة من 14.5 % في عام 2005 إلى 14.9 % في عام 2035.

على الرغم من أن استهلاك اليابان من الفحم سيتقلص إلا أنها ستظل ضمن الدول الهامة في استهلاك الفحم حيث ستأتي في المرتبة الخامسة في استهلاك العالم من الفحم في عام 2035. وسيتراجع استهلاك الفحم في اليابان بمعدل 0.6 % سنويا خلال الفترة 2005-2035 ليصل إلى 1.9 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035 بالمقارنة مع 2.3 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005. وستصل حصة اليابان إلى حوالي 1.8 % من إجمالي استهلاك العالم من الفحم. كما سيتقلص استهلاك اليابان من الطاقة أيضا بمعدل 0.13 % سنويا ليصل إلى 11.2 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. وستتراجع حصة اليابان في إجمالي استهلاك الطاقة من 4.9 % في عام 2005 إلى 3 % في عام 2035.

وتعتبر كل من كوريا الجنوبية والبرازيل من الدول الهامة ذات الاستهلاك الضئيل نسبيا من الفحم. ومن ناحية كوريا الجنوبية سينمو استهلاك الفحم فيها بمعدل 1.8 % سنويا ليرتفع من 1.1 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005 إلى 1.8 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. أما في

البرازيل فسينمو استهلاك الفحم بمعدل 3.7 % سنويا ليرتفع من 200 ألف برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005 إلى 600 ألف برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035.

ومن النقاط التي تسترعي الانتباه هو التقلص الذي سيحل في استهلاك الدول الأوروبية مجتمعة من الفحم حيث سيتراجع هذا الاستهلاك بمعدل 0.5 % سنويا ليصل إلى 5.6 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035 بالمقارنة مع 6.4 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005. وفي الوقت نفسه سيتصاعد استهلاك الفحم في الدول النامية (باستثناء الصين، الهند، والبرازيل) بمعدل 1.76 % سنويا، ويتطابق هذا المعدل مع المعدل العالمي لارتفاع استهلاك الفحم. وسيصل إجمالي استهلاك الفحم في هذه الدول إلى 11.9 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035 بالمقارنة مع 7.1 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005. وبذلك ستحافظ هذه المجموعة على حصتها نفسها من إجمالي استهلاك العالم من الفحم، وهي 11.4 %.

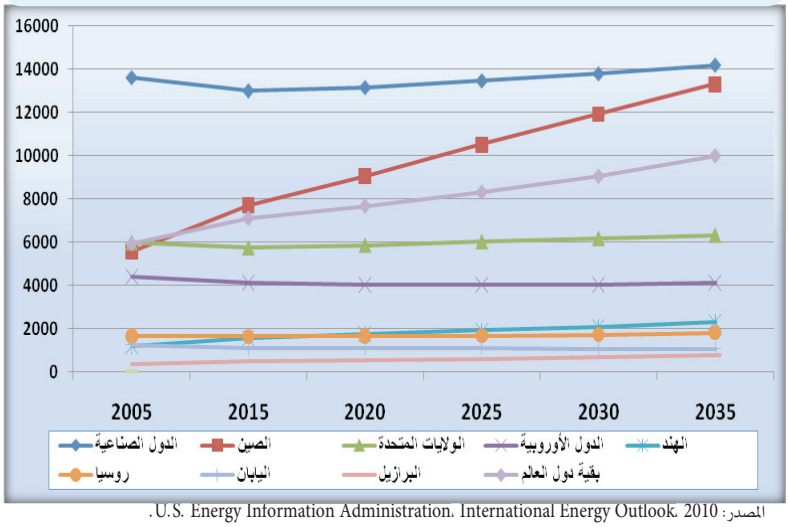
ويستنتج من الفقرات السابقة الخاصة بكل من التوزيع النسبي لاستهلاك الطاقة حسب المصادر والتوزيع النسبي لاستهلاك الطاقة حسب الدول والمجموعات الاقتصادية أن الفحم في الدول النامية، وخاصة في الصين، سيلعب الدور الحاسم في ميزان الطاقة العالمي في عام 2035. وسوف يكون لتراجع دور الفحم عن مشهد الطاقة في الصين مهما كانت الأسباب، سواء لأسباب بيئية أو تكنولوجية أو لأسباب أخرى، انعكاسات ضخمة على مجمل ميزان الطاقة العالمي في عام 2035.

ثالثا- توقعات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة 2005-2035

1 - توقعات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استخدام الطاقة:

يتوقع أن تزداد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استخدام الطاقة خلال الفترة 2005-2035 بمعدل سنوي يبلغ 1.4 %، وهو معدل يقل عن كل من معدل تزايد استهلاك الطاقة للفترة نفسها الذي سيصل إلى 1.5 %، وعن معدل ارتفاع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الذي كان سائدا خلال الفترة 1995-2009 والبالغ 2 %. وسيصل حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إلى 42.4 مليار طن في عام 2035 بالمقارنة مع 28.3 مليار طن في عام 2005. الجدول - 20 والشكل - 13.

الشكل - 13: توقعات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الطاقة (مليون طن)



المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010.

وتوجد ثلاث دول ستكون المسؤولة الرئيسية لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم في عام 2035، وهذه الدول هي: الصين، الولايات المتحدة الأمريكية، والهند. وستكون هذه الدول الثلاث مصدرا لانبعاث أكثر من نصف (51.7 %) غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم.

وستقفز حصة الصين في إجمالي الانبعاثات الناجمة عن استخدام الطاقة في العالم من 19.6 % في عام 2005 إلى 31.4 % في عام 2035، وبذلك ستحل محل الولايات المتحدة كأكبر دولة في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. وستتراجع حصة الولايات المتحدة من 21.1 % إلى 14.9 % خلال الفترة ذاتها.

وستتصاعد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الصين بمعدل 3 % سنويا لتصل إلى 13.3 مليار طن في عام 2035 بالمقارنة مع 5.6 مليار طن في عام 2005. بينما ستنمو هذه الانبعاثات في الولايات المتحدة بمعدل بسيط لن يتجاوز 0.2 % سنويا لتبلغ 6.3 مليار طن في عام 2035. أما في الهند فستتضاعف انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدل 2.2 % سنويا لتبلغ 2.3 مليار طن، ويشكل ذلك 5.4 % من إجمالي الانبعاثات في العالم.

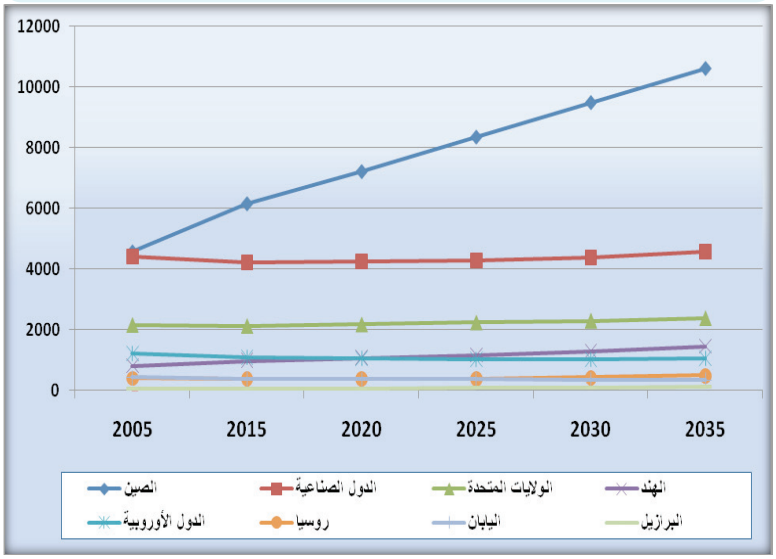
كما توجد أربع دول أخرى ذات تأثير ملموس من ناحية انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وهذه الدول هي: روسيا، اليابان، البرازيل، وكوريا الجنوبية. وستكون حصص هذه الدول على النحو التالي: روسيا (4.3 %)، اليابان (2.5 %)، البرازيل (1.8 %)، وكوريا الجنوبية (1.79 %).

وعند النظر إلى انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون حسب المجموعات الاقتصادية فستتراجع حصة الدول الصناعية ككل في إجمالي الانبعاثات من حوالي النصف تقريبا (48.1 %) في عام 2005 إلى الثلث تقريبا (33.5 %) في عام 2035. أما في الدول النامية (باستثناء الصين، الهند، والبرازيل) فسترتفع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدل 1.76 % سنويا لتبلغ 10 مليارات طن في عام 2035 مقابل 5.9 مليار طن في عام 2005، وعليه ستزداد حصة هذه الدول بشكل بسيط إذ ستصل إلى 23.6 % في عام 2035 بالمقارنة مع 21 % في عام 2005.

2 - توقعات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الفحم:

في الوقت الذي يتوقع فيه أن إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استخدام الطاقة سيزداد بمعدل 1.4 % سنويا فإن انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن استهلاك الفحم سترتفع بمعدل 1.75 % سنويا، وهو معدل يطابق معدل تزايد استهلاك الفحم في الفترة نفسها إذ سيزداد حجم الانبعاثات الصادرة عن حرقه من 11.6 مليار طن في عام 2005 إلى 19.4 مليار طن في عام 2035. الجدول - 21 والشكل - 14. وعليه سترتفع حصة الانبعاثات الناتجة عن استهلاك الفحم في إجمالي الانبعاثات الناجمة عن استهلاك الطاقة من 40.8 % في عام 2005 إلى 45.8 % في عام 2035.

الشكل - 14: توقعات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الفحم (مليون طن)



المصدر: U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook. 2010.

وستكون الصين المصدر الأكبر لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن حرق الفحم حيث ستقفز حصتها في إجمالي الانبعاثات من 39.6 % في عام 2005 إلى أكثر من نصف (54.7 %) انبعاثات العالم في عام 2035. وستتصاعد الانبعاثات من الصين بمعدل 2.8 % سنويا لتتضاعف من 4.6 مليار طن في عام 2005 إلى 10.6 مليار طن في عام 2035. وستقارب الانبعاثات الناتجة عن حرق الفحم أربعة أخماس (79.7 %) من إجمالي الانبعاثات الصادرة عن استهلاك الطاقة في الصين في عام 2035.

وتأتي الولايات المتحدة في المرتبة الثانية من ناحية حجم الانبعاثات فيها، وتليها الهند ثم روسيا. ويتوقع أن تنمو الانبعاثات من الولايات المتحدة بمعدل 0.3 % سنويا لترتفع من 2.2 مليار طن في عام 2005 إلى 2.4 مليار طن في عام 2035. وستتراجع حصة الولايات المتحدة من إجمالي الانبعاثات الناجمة عن حرق الفحم في العالم من 18.7 % في عام 2005 إلى 12.2 % في عام 2035. وستشكل انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن حرق الفحم 37.6 % من إجمالي انبعاثات غاز ثاني الكربون الناتجة عن استهلاك الطاقة في عام 2035.

أما في الهند فستزداد الانبعاثات الناجمة عن حرق الفحم بمعدل يقارب 2 % سنويا حيث سترتفع من 803 مليون طن في عام 2005 إلى 1.5 مليار طن في عام 2035. وعليه ستزداد حصة الهند في إجمالي الانبعاثات الناجمة عن حرق الفحم في العالم من ما يقارب 7 % في عام 2005 إلى 7.4 % في عام 2035. وتمثل الانبعاثات الناجمة عن حرق الفحم 62.9 % من إجمالي الانبعاثات الناتجة عن استخدام الطاقة في الهند في عام 2035.

وفي روسيا سترتفع الانبعاثات الناجمة عن حرق الفحم بمعدل 0.66 % سنويا حيث ستصل إلى 489 مليون طن في عام 2035 بالمقارنة مع 402 مليون طن في عام 2005. وستتراجع حصة روسيا في إجمالي الانبعاثات الناجمة عن حرق الفحم في العالم من 3.5 % في عام 2005 إلى 2.5 % في عام 2035. وتمثل الانبعاثات الناجمة عن حرق الفحم 27 % من إجمالي الانبعاثات الناتجة عن استخدام الطاقة في روسيا في عام 2035.

وفي الدول الصناعية ككل فستتراجع حصتها في إجمالي الانبعاثات الناتجة عن حرق الفحم في العالم من 38.2 % في عام 2005 إلى 23.5 % في عام 2035 حيث ستنمو هذه الانبعاثات فيها بمعدل 0.1 % سنويا لترتفع من 4.4 مليار طن في عام 2005 إلى 4.6 مليار طن في عام 2035. وستشكل الانبعاثات الناتجة عن حرق الفحم 32.1 % من إجمالي الانبعاثات الصادرة عن استهلاك الطاقة في الدول الصناعية في عام 2035.

أما في الدول النامية (باستثناء الصين، الهند، والبرازيل) فستتزايد الانبعاثات الناتجة عن حرق الفحم بصورة ملموسة إذ ستتصاعد بمعدل 3.9 % سنويا لتتضاعف من 748 مليون طن في عام 2005 إلى 2.4 مليار طن في عام 2035، وسيمثل ذلك 12.2 % من إجمالي الانبعاثات الصادرة عن استهلاك الفحم في العالم في عام 2035 بالمقارنة مع 6.5 % في عام 2005. وعليه ستتصاعد حصة الانبعاثات الناتجة عن حرق الفحم في إجمالي الانبعاثات الصادرة عن استهلاك الطاقة في هذه الدول من 12.6 % في عام 2005 إلى 23.7 % في عام 2035.

المحور السابع: انعكاسات الطلب العالمي على الفحم على الطلب على بترول الدول الأعضاء

تمتلك الدول الأعضاء كما ورد سابقا احتياطيات بسيطة من الفحم، وانعكس ذلك على كل من إنتاجها واستهلاكها من الفحم. ويقتصر استهلاك الفحم على دولتين من الدول الأعضاء، وهما الجزائر ومصر بالإضافة إلى المغرب. ولا يتجاوز استهلاك هذه الدول مجتمعة 100 ألف ب م ن ي في عام 2009. ولا يتجاوز ذلك 1 % من إجمالي استهلاك الطاقة في الدول العربية.

ومن ناحية الانعكاسات المحتملة للطلب العالمي المستقبلي على الفحم على الطلب على بترول الدول الأعضاء فيمكن التمييز بين نوعين من التأثيرات، وهي التأثيرات المباشرة والتأثيرات غير المباشرة.

ومن ناحية التأثيرات المباشرة لارتفاع أو انخفاض الطلب العالمي على الفحم فلن تكون هناك انعكاسات ذات أثر على الدول الأعضاء نظرا لعدم توفر مصادر الفحم في الدول الأعضاء. أما من ناحية التأثيرات غير المباشرة فلا يتوقع أن يكون هناك انعكاسات إيجابية على الطلب على بترول الدول الأعضاء في حالة تراجع الطلب على الفحم سواء لأسباب بيئية أو لأسباب اقتصادية نظرا لأن الطاقة النووية هي المرشح الأول للاستفادة من هذا التراجع للحلول محل الفحم وسد النقص في الطلب العالمي. أما البترول فسيكون دوره متمما لدور الطاقة النووية، وخاصة بترول الدول الأعضاء التي ستحرص الدول الغربية على تقليص الاعتماد عليه لأسباب عديدة وتحت ذرائع مختلفة كلما كان ذلك ممكنا. وفي حالة حصول اختراق تكنولوجي فيما يتعلق بتقليص الانبعاثات الضارة بالبيئة الناجمة عن استخدام الفحم فستحصل زيادة في الطلب على الفحم، وقد تكون هذه الزيادة على حساب البترول الأمر الذي سيكون له انعكاس سلبي على الطلب على البترول من الدول الأعضاء.

ومن ناحية المسائل ذات الصلة بالفحم فإن أوضاع الطاقة في الصين تستحق المزيد من العناية من قبل الدول الأعضاء نظرا للمكانة الهامة التي يحتلها الفحم في ميزان الطاقة في الصين من جهة، ولأهمية الصادرات النفطية العربية إلى الصين من جهة ثانية. فالملاحظ أن الصين التي تتبوأ مكان الصدارة فيما يتعلق باستهلاك الطاقة على المستوى العالمي بحصة 24.6 % ، سيظل نفط الدول الأعضاء يشكل حصة معتبرة من إجمالي استهلاك مصادر الطاقة المختلفة في الصين.

وبالنظر إلى مزيج الطلب على الطاقة الأولية في الصين حتى عام 2030 يلاحظ أن حصة النفط سترتفع من 18.2 % من الإجمالي في عام 2007 إلى نحو 20 % عام 2030 ليحتل المرتبة الثانية بعد الفحم الذي ستنخفض حصته بشكل طفيف من 65.6 % إلى 62.7 % من إجمالي مصادر الطاقة المتوقع استهلاكها في الصين خلال ذات الفترة، وسترتفع حصة الغاز الطبيعي من 3.1 % في عام 2007 الى 5.3 % في عام 2030، و سترتفع حصة الطاقة النووية أيضا من نسبة 0.8 % فقط في عام 2007 إلى 3.3 % في عام 2030 ، وترتفع حصة الطاقة الكهرومائية بشكل طفيف أي من 2.1 % إلى 2.4 %، بينما ستنخفض حصة بقية المصادر الأخرى (الكتلة الحيوية والمخلفات و طاقات متجددة أخرى) من حوالي 10.2 % في عام 2007 إلى 6.6 % في عام 2030 كما يوضح الجدول التالي:

حصة كل مصدر من إجمالي استهلاك الطاقة في الصين
2007 – 2030

	2007	2015	2020	2025	2030
النفط	18.2	17.6	17.9	18.5	19.8
الفحم	65.6	66.2	65.5	64.5	62.7
الغاز الطبيعي	3.1	4.3	4.7	5.0	5.3
الطاقة النووية	0.8	2.1	2.7	3.1	3.3
الكهرومائية	2.1	2.3	2.3	2.4	2.4
مصادر أخرى	10.2	7.5	6.9	6.5	6.6
الإجمالي	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

المصدر : وكالة الطاقة الدولية ، تقرير آفاق الطاقة العالمية 2009 .

ومن الواضح أنه على الرغم من أن الفحم سيظل مصدر رئيسي وهام من مصادر الطاقة التي تعتمد عليها الصين في المستقبل إلاّ أنه في ذات الوقت سيظل النفط محتفظاً بالمرتبة الثانية من بين المصادر المستهلكة في الصين.

وبحسب تقديرات منظمة أوبك، من المتوقع أن يرتفع الطلب على النفط في الصين من 8.2 مليون ب/ي في عام 2009 إلى 12.3 مليون ب/ي عام 2020 ثم إلى 15.9 مليون ب/ي في عام 2030، أي بمعدل نمو سنوي يصل إلى 3.2 %. ولا تختلف توقعات وكالة الطاقة الدولية بشأن الطلب الصيني على النفط، حيث من المتوقع أن يرتفع من 8.2 مليون ب/ي عام 2009 إلى 11.3 مليون ب/ي عام 2015 ثم إلى 16.6 مليون ب/ي في عام 2030، أي بمعدل نمو سنوي يبلغ 3.3 %.

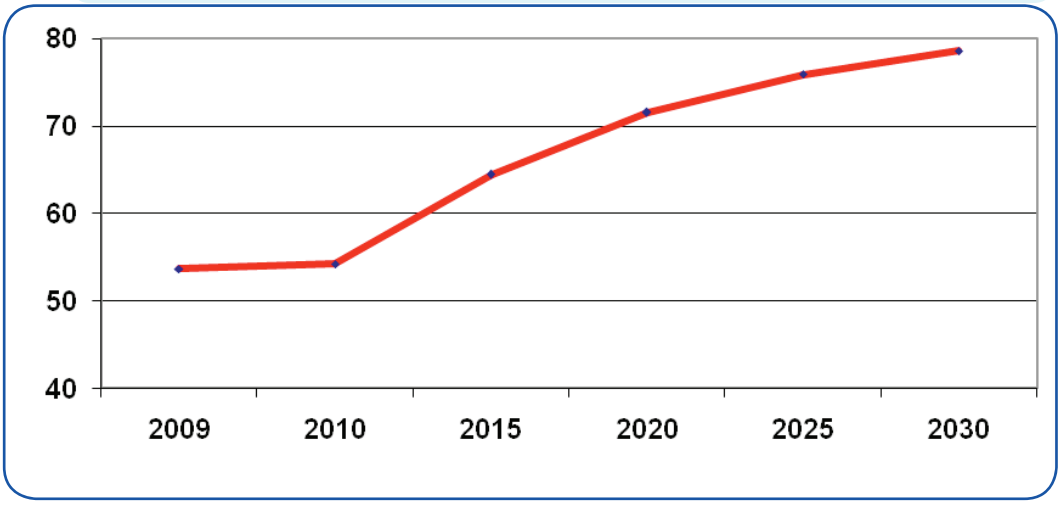
وعلى مستوى الإنتاج، تشير تقديرات منظمة أوبك إلى أن الإنتاج الصيني من النفط سينخفض من 3.8 مليون ب/ي عام 2009 إلى 3.5 مليون ب/ي عام 2020 ثم إلى 3.4 مليون ب ي عام 2030، أي بمعدل انخفاض يصل إلى 0.5 % سنويا. بينما تشير تقديرات وكالة الطاقة الدولية إلى ارتفاع الإنتاج الصيني من 3.8 مليون ب/ي عام 2009 الى4.1 مليون ب/ي عام 2030، أي بمعدل نمو سنوي 0.5 %.

وإذا ما تمت موازنة الإنتاج الصيني من النفط مع الطلب عليه خلال الفترة 2009-2030 ، يتضح جليا لنا العجز الذي ستواجهه الصين خلال تلك الفترة والذي سيصل ذروته إلى 12.5 مليون ب/ي عام 2030 بناء على سيناريو منظمة أوبك.مما يعني أن درجة اعتماد الصين على الواردات النفطية لتغطية الطلب المحلي على النفط سترتفع من نسبة 53.7 % عام 2009 الى 78.6 % عام 2030 بحسب سيناريو أوبك، كما يبين الجدول التالي و الشكل – 15:

درجة الاعتماد على الواردات لتغطية الطلب الصيني على النفط، 2009-2030، %						
	2009	2010	2015	2020	2025	2030
سيناريو أوبك	53.7	54.2	64.4	71.5	75.9	78.6

المصدر: Organization Of Petroleum Exporting Countries (OPEC)، World Oil Outlook 2009.

الشكل – 15: درجة الاعتماد على الواردات لتغطية الطلب الصيني على النفط، 2009-2030



ولا تختلف الصورة كثيرا إذا ما تم النظر في تقديرات وكالة الطاقة الدولية، حيث من المتوقع أن يصل العجز في الصين إلى 12.5 مليون ب/ي كما هو متوقع من قبل منظمة أوبك، وستنخفض حصة الإنتاج المحلي في تلبية الطلب الصيني على النفط من 46.3 % عام 2009 إلى 24.7 % عام 2030 مقارنة بـ 21.4 % بناء على توقعات منظمة أوبك، وسترتفع درجة الاعتماد على الواردات إلى أكثر من 75 % في عام 2030 كما هو متوقع من قبل منظمة أوبك أيضا.

الخلاصة والاستنتاجات

- يتسم الفحم كمصدر للطاقة بدرجة عالية من التركيز في عدد محدود من الدول سواء في احتياطياته أو إنتاجه أو استهلاكه، حيث يتركز ما يقارب 90 % من احتياطيات الفحم في العالم في ثمان دول، وهي : الولايات المتحدة الأمريكية، روسيا، الصين، استراليا، الهند، أوكرانيا، كازاخستان، وجنوب افريقيا. ويتركز 87.1 % من إنتاج الفحم في سبع دول، وهي: الصين، الولايات المتحدة، الهند، استراليا، روسيا، اندونيسيا، وجنوب إفريقيا. كما يتركز 76.2 % من استهلاك الفحم في خمس دول، وهي: الصين، الولايات المتحدة، الهند، اليابان، وجنوب إفريقيا.

- ارتفع استهلاك الفحم في العالم بمعدلات تفوق معدلات ارتفاع استهلاكه من الطاقة حيث ازداد استهلاك العالم من الفحم خلال الفترة 1995-2009 بمعدل سنوي بلغ 2.7 %، بينما بلغ المعدل السنوي لارتفاع استهلاك الطاقة 1.9 % خلال الفترة ذاتها.

- خلال عامي 2008 و2009 ارتفعت حصة الفحم من 29 % إلى 29.4 %، كما ارتفعت حصة الطاقة الكهرومائية من 6.5 % إلى 6.6 % وتراجعت حصة النفط من 35 % إلى 34.8 %، كما تراجعت حصة الغاز الطبيعي من 24 % إلى 23.7 %. وبقيت حصة الطاقة النووية ثابتة عند 5.5 %.

- تعد الصين الدولة الأساسية الوحيدة في إنتاج واستهلاك الفحم في العالم، حيث وصلت حصتها إلى ما يعادل 45.6 % من إجمالي إنتاج العالم في عام 2009، و 47.1 % من إجمالي استهلاك العالم من الفحم في عام 2009.

- إن حجم الزيادة في استهلاك الصين من الفحم يشكل 83.4 % من إجمالي حجم الزيادة في استهلاك العالم خلال الفترة 1995- 2009. فالصين تعتمد اعتمادا أساسيا على الفحم لتلبية متطلباتها من الطاقة حيث تصاعد استهلاكها من الفحم بمعدل 5.8 % سنويا ليتضاعف من 14.1 مليون ب م ن ي في عام 1995 إلى 31 مليون ب م ن ي في عام 2009.

- يتوقع أن يرتفع استهلاك الطاقة في العالم بمعدل سنوي قدره 1.5 % ليصل إلى 373.8 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. ويلاحظ أن مصادر الفحم، الطاقة النووية، ومصادر الطاقة المتجددة ستزداد حصصها في إجمالي استهلاك العالم من الطاقة خلال الفترة 2005-2035، ، بينما ستتراجع حصة النفط بالدرجة الأولى ثم الغاز الطبيعي بالدرجة الثانية.

- سيرتفع استهلاك العالم من الفحم بمعدل سنوي قدره 1.8 % ليصل إلى 104.4 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. وبذلك سترتفع حصة الفحم في إجمالي استهلاك الطاقة من 25.9 % في عام 2005 إلى 27.9 % في عام 2035. وسترتفع حصة الطاقة النووية من 5.8 % إلى 6.4 %، وحصة مصادر الطاقة الأخرى من 9.8 % إلى 13.5 %. وفي المقابل ستنخفض حصة النفط من 36 % إلى 30.3 %، وحصة الغاز الطبيعي من 22.5 % إلى 21.9 %.

- سيصل استهلاك الفحم في كل من الصين، الولايات المتحدة الأمريكية، الهند، روسيا، واليابان في خمس دول إلى 78.6 % من إجمالي استهلاك العالم من الفحم في عام 2035. وستتبوأ الصين مكان الصدارة في استهلاك العالم من الطاقة في عام 2035 مستأثرة بنحو 24.6 % من إجمالي استهلاك العالم من الطاقة بالمقارنة مع 14.5 % في عام 2005.

- سيتضاعف استهلاك الصين من الفحم بمعدل 2.9 % سنويا ليرتفع من 24.4 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2005 إلى 56.9 مليون برميل مكافئ نفط في اليوم في عام 2035. وسترتفع حصة الصين في إجمالي استهلاك العالم من الفحم من 39.5 % في عام 2005 إلى 54.5 % في عام 2035. ويمثل حجم الزيادة في استهلاك الصين نحو 76.3 % من إجمالي حجم الزيادة في استهلاك العالم من الفحم ما بين عام 2005 وعام 2035. والأمر الذي يسترعي الانتباه هو أن حجم الزيادة في استهلاك الصين من الفحم يشكل نحو 24.1 % من الزيادة الكلية في إجمالي استهلاك العالم من الطاقة خلال الفترة نفسها.
- يتوقع أن تزداد انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استخدام الطاقة خلال الفترة 2005 - 2035 بمعدل سنوي يبلغ 1.4 %. وسيصل حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إلى 42.4 مليار طن في عام 2035 بالمقارنة مع 28.3 مليار طن في عام 2005.
- ستكون الصين، والولايات المتحدة الأمريكية، و الهند، الدول الرئيسية المسؤولة عن انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم في عام 2035، حيث ستكون مصدرا لانبعاث نحو 51.7 % من غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم.
- وسترتفع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن استهلاك الفحم بمعدل 1.75 % سنويا إذ سيزداد حجم الانبعاثات الصادرة عن حرقه من 11.6 مليار طن في عام 2005 إلى 19.4 مليار طن في عام 2035. وعليه سترتفع حصة الانبعاثات الناتجة عن استهلاك الفحم في إجمالي الانبعاثات الناجمة عن استهلاك الطاقة من 40.8 % في عام 2005 إلى 45.8 % في عام 2035.
- ستكون الصين المصدر الأكبر لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن حرق الفحم حيث ستقفز حصتها في إجمالي الانبعاثات من 39.6 % في عام 2005 إلى أكثر من نصف (54.7 %) انبعاثات العالم في عام 2035. وستقارب الانبعاثات الناتجة عن حرق الفحم أربعة أخماس (79.7 %) من إجمالي الانبعاثات الصادرة عن استهلاك الطاقة في الصين في عام 2035.
- ستمثل تكنولوجيا اصطياد وتخزين الكربون التكنولوجيا الحاسمة التي ستمكن الفحم من أن يلعب دورا هاما في تلبية متطلبات العالم من الطاقة. وستكون الطاقة النووية هي المستفيد الأول من عدم تمكن الفحم من لعب دوره المتوقع له في سد متطلبات الطاقة في العالم في المستقبل سواء لأسباب بيئية أو اقتصادية.
- ومن ناحية التأثيرات المباشرة لارتفاع أو انخفاض الطلب العالمي على الفحم فلن تكون هناك انعكاسات ذات أثر على الدول الأعضاء نظرا لعدم توفر مصادر الفحم فيها. أما من ناحية التأثيرات غير المباشرة فلا يتوقع أن يكون هناك انعكاسات إيجابية على الطلب على بترول الدول الأعضاء في حالة عدم قيام الفحم بدوره المتوقع لأن الطاقة النووية قد تكون هي المرشح الأول للاستفادة من هذه الحالة.
- في حالة حصول اختراق تكنولوجي فيما يتعلق بتقليص الانبعاثات الضارة بالبيئة الناجمة عن استخدام الفحم فستحصل زيادة في الطلب على الفحم، وستكون هذه الزيادة على حساب البترول الأمر الذي سيكون له انعكاس سلبي على الطلب على البترول من الدول الأعضاء.
- ومن الواضح أنه على الرغم من أن الفحم سيظل مصدر رئيسي وهام من مصادر الطاقة التي تعتمد عليها الصين في المستقبل إلا أنه في ذات الوقت سيظل النفط محتفظاً بالمرتبة الثانية من بين المصادر المستهلكة في الصين.
- وفي ظل تزايد الطلب الصيني على النفط وانخفاض إنتاجه في ذات الوقت سترتفع درجة اعتماد الصين على الواردات النفطية لتغطية الطلب المحلي على النفط سترتفع من نسبة 53.7 % عام 2009 إلى 78.6 % عام 2030 بحسب سيناريو أوبك. وهنا سيكون للدول الأعضاء دور مهم في إقتطاع حصة لا بأس بها في تلبية الطلب الصيني على النفط حتى عام 2030.

ملحق الجداول

الجدول - 1: احتياطيات الفحم في العالم في نهاية عام 2009 (مليون طن متري)			
	الانثراسايت والبيتوميني	تحت البيتوميني والليغنايت	الإجمالي
الولايات المتحدة	108950	129358	238308
روسيا	49088	107922	157010
الصين	62200	52300	114500
استراليا	36800	39400	76200
الهند	54000	4600	58600
أوكرانيا	15351	18522	33873
كازاخستان	28170	3130	31300
جنوب افريقيا	30408	0	30408
بولندا	6012	1490	7502
كولومبيا	6434	380	6814
ألمانيا	152	6556	6708
كندا	3471	3107	6578
اندونيسيا	1721	2607	4328
بقية دول العالم	8564	45308	53872
العالم	**411321**	**414680**	**826001**

المصدر: BP BP Statistical Review of World Energy, June 2010.

الجدول – 2: البلدان الرئيسية المنتجة للفحم في العالم (مليون طن متري)							
	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
الصين	1360.7	1299.2	2205.7	2373.0	2526.0	2803.3	3050.0
الولايات المتحدة	937.1	974.0	1026.5	1054.8	1040.2	1063.0	973.2
الهند	289.0	334.8	428.4	449.2	478.4	515.9	557.6
استراليا	245.4	312.0	375.4	382.2	392.7	397.6	409.2
روسيا	262.8	258.3	298.3	309.9	313.5	328.6	298.1
اندونيسيا	41.8	77.0	152.7	193.8	216.9	229.0	252.5
جنوب افريقيا	206.2	224.1	244.4	244.8	247.7	252.6	250.0
ألمانيا	245.9	201.0	202.8	197.1	201.9	192.4	183.7
بولندا	200.7	162.8	159.5	156.1	145.9	144.0	135.1
كازاخستان	83.4	74.9	86.6	96.2	97.8	111.1	101.5
أوكرانيا	83.8	81.0	78.8	80.2	76.8	79.5	73.7
كولومبيا	25.7	38.2	59.1	65.6	69.9	73.5	72.1
كندا	75.0	69.2	65.3	66.0	69.4	67.7	62.9
بقية دول العالم	535.1	501.8	507.5	517.7	531.1	535.3	520.9
العالم	**4592.7**	**4608.3**	**5891.1**	**6186.6**	**6408.1**	**6793.6**	**6940.6**

المصدر: BP BP Statistical Review of World Energy, June 2010.

الجدول - 3: البلدان الرئيسية المنتجة للفحم في العالم (مليون برميل مكافئ نفط في اليوم)							
	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
الصين	13.8	13.2	22.5	24.2	25.8	28.6	31.2
الولايات المتحدة	11.1	11.4	11.7	12.0	11.8	12.0	10.8
الهند	2.4	2.7	3.3	3.4	3.6	3.9	4.2
استراليا	2.6	3.3	4.1	4.2	4.4	4.4	4.6
روسيا	2.4	2.3	2.8	2.9	3.0	3.1	2.8
اندونيسيا	0.5	1.0	1.9	2.4	2.7	2.8	3.1
جنوب افريقيا	2.3	2.5	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8
ألمانيا	1.5	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9
بولندا	1.8	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1
كازاخستان	0.9	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.0
أوكرانيا	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
كولومبيا	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9	1.0	0.9
كندا	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
بقية دول العالم	3.6	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.4
العالم	**45.0**	**45.1**	**57.9**	**61.0**	**63.1**	**67.0**	**68.5**

المصدر: BP BP Statistical Review of World Energy, June 2010.

الجدول - 4: إجمالي استهلاك الطاقة في الدول الرئيسية المستهلكة للفحم في العالم (مليون برميل مكافئ نفط في اليوم)							
	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
الصين	18.7	19.7	32.0	35.1	38.0	40.8	44.2
الولايات المتحدة	42.5	46.4	47.0	46.7	47.4	46.2	43.8
الهند	4.7	5.9	7.3	7.6	8.3	8.9	9.4
اليابان	9.8	10.2	10.4	10.5	10.4	10.2	9.3
جنوب افريقيا	2.0	2.2	2.4	2.4	2.6	2.6	2.5
روسيا	13.2	12.3	13.0	13.4	13.6	13.7	12.8
ألمانيا	6.7	6.6	6.5	6.6	6.2	6.2	5.8
كوريا الجنوبية	3.0	3.8	4.4	4.5	4.7	4.7	4.8
بولندا	1.9	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9
استراليا	1.9	2.1	2.3	2.5	2.5	2.4	2.4
تايوان	1.3	1.9	2.2	2.2	2.3	2.2	2.1
أوكرانيا	2.9	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.3
كازاخستان	1.0	0.8	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
اندونيسيا	1.6	1.9	2.4	2.3	2.4	2.5	2.6
كندا	5.6	6.0	6.5	6.4	6.6	6.7	6.4
بقية دول العالم	54.7	61.5	69.9	71.4	72.8	74.1	72.7
العالم	**171.6**	**186.0**	**212.2**	**217.5**	**223.4**	**227.2**	**224.2**

المصدر: BP BP Statistical Review of World Energy, June 2010.

الجدول - 5: المستهلكون الرئيسيون للفحم في العالم (مليون برميل مكافئ نفط في اليوم)							
	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
الصين	14.1	13.5	22.2	24.5	26.5	28.4	31.0
الولايات المتحدة	10.2	11.4	11.5	11.4	11.5	11.3	10.0
الهند	2.5	2.9	3.7	3.9	4.2	4.6	4.9
اليابان	1.7	2.0	2.4	2.4	2.5	2.6	2.2
جنوب افريقيا	1.6	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.0
روسيا	2.4	2.1	1.9	1.9	1.9	2.0	1.7
ألمانيا	1.8	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.4
كوريا الجنوبية	0.6	0.9	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4
بولندا	1.4	1.2	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1
استراليا	0.8	0.9	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
تايوان	0.3	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
أوكرانيا	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
كازاخستان	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7
اندونيسيا	0.1	0.3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
كندا	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
بقية دول العالم	6.1	6.0	6.5	6.7	6.7	6.4	5.8
العالم	**45.5**	**46.9**	**58.3**	**61.0**	**63.9**	**66.0**	**65.8**

المصدر: BP BP Statistical Review of World Energy, June 2010.

الجدول - 6: إجمالي استهلاك الطاقة حسب المصادر الأولية في الدول الرئيسية المستهلكة للفحم في العالم
(مليون طن مكافئ نفط)

	2008						2009					
	الفحم	النفط	الغاز الطبيعي	الطاقة النووية	الطاقة الكهرومائية	الإجمالي	الفحم	النفط	الغاز الطبيعي	الطاقة النووية	الطاقة الكهرومائية	الإجمالي
الصين	1413.1	394.8	75.5	15.5	132.4	2031.2	1545.0	418.6	82.1	15.9	139.3	2200.9
الولايات المتحدة	564.1	888.5	599.5	192.0	58.2	2302.4	498.0	842.9	588.7	190.2	62.2	2182.0
الهند	230.9	143.6	37.2	3.4	26.0	441.1	245.8	148.5	46.7	3.8	24.0	468.9
اليابان	128.7	221.9	84.4	57.0	16.8	508.7	108.8	197.6	78.7	62.1	16.7	463.9
جنوب افريقيا	102.8	25.1	0.0	3.0	0.2	131.2	99.4	24.3	0.0	2.7	0.2	126.8
روسيا	100.4	131.6	374.4	36.9	37.7	680.9	82.9	124.9	350.7	37.0	39.8	635.3
ألمانيا	80.1	118.9	73.1	33.7	4.5	310.3	71.0	113.9	70.2	30.5	4.2	289.8
كوريا الجنوبية	66.1	103.1	32.1	34.2	0.7	236.1	68.6	104.3	30.4	33.4	0.7	237.5
بولندا	56.0	25.3	12.5	0.0	0.6	94.3	53.9	25.5	12.3	0.0	0.7	92.3
استراليا	51.4	42.5	23.0	0.0	2.7	119.5	50.8	42.7	23.1	0.0	2.6	119.2
تايوان	40.2	48.3	10.5	9.2	0.9	109.2	38.7	46.6	10.2	9.4	0.8	105.7
أوكرانيا	40.3	15.3	54.0	20.3	2.6	132.5	35.0	14.1	42.3	18.6	2.7	112.5
كازاخستان	34.0	12.4	18.1	0.0	1.7	66.2	33.0	12.0	17.7	0.0	1.7	64.4
اندونيسيا	30.2	61.9	30.0	0.0	2.6	124.7	30.5	62.0	33.0	0.0	2.7	128.2
كندا	30.8	101.7	88.4	21.6	92.9	335.3	26.5	97.0	85.2	20.3	90.2	319.2
بقية دول العالم	317.7	1625.0	1204.7	193.4	350.9	3691.7	290.5	1607.2	1181.8	186.4	351.8	3617.7
العالم	**3286.4**	**3959.9**	**2717.3**	**620.2**	**731.4**	**11315.2**	**3278.3**	**3882.1**	**2653.1**	**610.5**	**740.3**	**11164.3**

المصدر: BP BP Statistical Review of World Energy, June 2010.

الجدول - 7: التجارة العالمية في الفحم الصلب	
السنة	الكمية (مليون طن)
1995	493.2
2000	608.1
2005	811.4
2006	869.3
2007	926.0
2008	937.8

المصدر: IEA STATISTICS.COAL INFORMATION ،2009.

الجدول - 8: الاتجاهات الرئيسية لصادرات الفحم الصلب (مليون طن)

	اليابان		الدول الأسيوية الآخرى		الدول الأوروبية		الشرق الأوسط وافريقيا		امريكا الشمالية		امريكا اللاتينية		بيان موازن		العالم	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
استراليا	114.6	120.1	79.9	85.4	33.0	28.6	3.6	2.8	4.7	0.8	5.3	5.4	2.6	9.1	243.6	252.2
اندونسيا	33.2	28.5	136.6	148.6	17.9	15.9	0.1	3.9	3.3	3.2	1.9	0.6	6.2	1.8	199.1	202.6
روسيا	11.2	10.8	8.2	8.2	80.5	76.6	0.0	1.3	0.6	0.2	0.1	0.6	-0.6	1.8	100.2	101.4
كولومبيا	0.0	0.0	0	0	32.3	31.2	5.7	5.5	26.0	26.1	4.8	8.2	-1.3	1.4	67.5	73.9
الولايات المتحدة	0.0	1.4	1.0	1.0	23.8	35.3	4.1	3.6	11.7	10.5	6.6	7.1	6.1	12.8	53.4	73.7
جنوب افريقيا	0.4	0.2	9.4	9.4	48.9	38.5	9.8	7.1	0	1.1	1.4	2.5	-3.3	2.2	66.7	61.8
الصين	13.6	14.3	36.0	36.0	2.6	1.9	0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.9	1.1	-1.8	53.7	47.4
كندا	11.2	8.1	6.2	7.8	8.5	7.0	0.2	0.5	2.0	2.0	2.2	2.0	-0.6	4.1	29.7	31.5
بولندا	0	0	0	0	12.8	9.8	0	0	0	0	0	0	-0.9	-2.1	11.9	7.8
بقية دول العالم	2.8	2.2	0.5	0.2	52.7	52.6	0.2	0.1	7.0	2.3	1.1	0.0	36.2	28.3	100.2	85.5
العالم	187.0	185.6	277.8	298.8	313.0	297.4	23.7	24.9	55.4	46.2	23.7	27.3	45.5	57.6	926.0	937.8

المصدر: IES STATISTICS. COAL INFORMATION. 2009

الجدول - 9: الصادرات العالمية من الفحم الصلب حسب التوزيعات الاقتصادية والجغرافية (ألف طن)						
	1995	2000	2005	2006	2007	2008
الدول الصناعية	296417	312596	340872	342151	364338	385058
الدول الأوروبية	44058	39018	34064	35282	35720	25254
الاتحاد السوفيتي السابق	49630	67995	115139	122313	131211	133057
أمريكا الشمالية	114322	85092	73163	72852	83083	105199
أمريكا اللاتينية	22553	43321	60833	69396	71995	80387
الدول الآسيوية	63935	117840	222919	261113	288864	277173
استراليا ونيوزيلندا	138036	188491	233642	234016	245602	254750
افريقيا	59884	70397	71988	69318	66383	61932
العالم	**492418**	**612154**	**811748**	**864290**	**922858**	**937752**

المصدر: IEA STATISTICS.COAL INFORMATION ،2009.

الجدول - 10: الواردات العالمية من الفحم الصلب حسب التوزيعات الاقتصادية والجغرافية (ألف طن)						
	1995	2000	2005	2006	2007	2008
الدول الصناعية	349268	441770	538874	573768	590954	579966
الدول الأوروبية	167490	202132	244137	266178	269380	261986
الاتحاد السوفيتي السابق	42896	34460	32265	37869	38806	38395
أمريكا الشمالية	17086	32493	48872	56181	55381	46240
أمريكا اللاتينية	15676	19684	21436	22011	25629	29582
الدول الآسيوية	242895	311042	430724	459585	507654	534280
استراليا ونيوزيلندا	0	0	1084	1236	729	606
افريقيا	4701	8201	10338	10651	10542	11516
العالم	**490744**	**608012**	**788856**	**853711**	**908121**	**922605**

المصدر: IEA STATISTICS. COAL INFORMATION 2009 .

الجدول - 11: الصادرات العالمية من الفحم البني حسب التوزيعات الاقتصادية والجغرافية (ألف طن)						
	1995	2000	2005	2006	2007	2008
الدول الصناعية	8709	5324	3985	4399	4290	6357
الدول الأوروبية	8816	5332	4131	4325	4223	4674
الاتحاد السوفيتي السابق	2462	1790	799	828	848	501
أمريكا الشمالية	0	55	351	430	678	1779
أمريكا اللاتينية	0	0	0	0	0	0
الدول الآسيوية	2	118	3811	5680	7847	14787
استراليا ونيوزيلندا	0	0	0	0	0	0
افريقيا	0	0	0	0	0	0
العالم	**11280**	**7295**	**9092**	**11263**	**13596**	**21741**

المصدر: IEA STATISTICS. COAL INFORMATION 2009 .

الجدول - 12:المستوردات العالمية من الفحم البني حسب التوزيعات الاقتصادية والجغرافية (ألف طن)						
	1995	2000	2005	2006	2007	2008
الدول الصناعية	9057	9098	9457	8312	9422	13185
الدول الأوروبية	9763	5438	5015	5944	7463	4223
الاتحاد السوفيتي السابق	2348	1451	655	533	415	122
امريكا الشمالية	2	4525	6772	5042	5617	9681
امريكا اللاتينية	0	0	0	0	0	17
الدول الآسيوية	271	4744	4797	5250	5898	7717
استراليا ونيوزيلندا	0	0	0	0	1	1
افريقيا	0	0	0	0	0	30
العالم	**12384**	**16158**	**17239**	**16769**	**19394**	**21791**

المصدر: IEA STATISTICS. COAL INFORMATION 2009 .

الجدول - 13: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الدول الرئيسية المستهلكة للفحم في العالم (مليون طن)							
	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
الصين	3331.6	3432.6	5538.1	6077.4	6551.6	6985.5	7596.9
الولايات المتحدة	5825.8	6418.5	6529.3	6452.3	6565.3	6369.1	5941.9
الهند	765.5	952.8	1172.9	1222.4	1325.5	1442.5	1539.1
اليابان	1285.0	1328.4	1395.6	1377.6	1390.9	1388.6	1222.1
جنوب افريقيا	367.9	391.9	438.6	448.0	466.6	484.4	468.6
روسيا	1696.1	1544.2	1593.3	1636.4	1650.0	1680.8	1535.3
ألمانيا	930.9	902.5	883.3	894.3	859.8	853.9	795.6
كوريا الجنوبية	421.9	527.0	604.6	608.5	641.8	653.5	663.3
بولندا	350.7	312.8	316.6	330.5	332.5	328.5	320.4
استراليا	309.4	344.1	380.7	398.0	397.2	387.9	386.6
تايوان	188.1	278.7	330.2	338.9	351.7	332.1	320.3
أوكرانيا	380.9	340.4	336.0	342.5	338.2	333.3	280.8
كازاخستان	167.8	134.7	181.4	189.1	198.7	215.2	209.2
اندونيسيا	220.5	282.6	362.1	348.3	363.8	379.9	388.5
كندا	519.0	592.2	640.8	633.5	648.1	641.7	602.7
بقية دول العالم	6761.9	7516.8	8566.9	8756.8	8941.0	9074.8	8858.6
العالم	**23523.1**	**25300.2**	**29270.5**	**30054.5**	**31022.6**	**31551.6**	**31129.9**

المصدر: BP, BP Statistical Review of World Energy, June 2010

الجدول - 14: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الفحم (مليون طن)						
	1995	2000	2005	2006	2007	2008
الصين	2374	2178	4578	4824	5140	5382
الولايات المتحدة	1900	2138	2161	2130	2155	2125
الهند	616	680	803	863	935	1026
روسيا	402	432	381	416	378	448
اليابان	271	364	425	429	450	441
جنوب افريقيا	285	320	355	361	371	356
ألمانيا	345	332	320	322	335	319
كوريا الجنوبية	104	146	193	197	216	248
استراليا	143	195	229	231	228	239
بولندا	246	218	203	212	206	204
اندونيسيا	27	49	98	123	153	179
تايوان	68	119	153	159	167	163
كازاختستان	78	86	108	120	120	141
أوكرانيا	185	134	135	146	148	140
كندا	120	151	135	133	140	128
بقية دول العالم	1124	1167	1288	1339	1358	1358
العالم	**8290**	**8709**	**11566**	**12005**	**12500**	**12898**

المصدر: U.S. Energy Information Administration, Independent Statistics and Analysis, 2010

الجدول - 15: توقعات الناتج المحلي الإجمالي حسب أسعار الصرف (مليار دولار أمريكي - دولار عام 2005)						
	2005	2015	2020	2025	2030	2035
الدول الصناعية	35301	41655	44019	49098	57532	63475
الولايات المتحدة	12422	15022	17427	19851	22475	25278
الدول الأوروبية	14672	16889	18665	20453	22319	24306
الصين	2244	5283	7200	9313	11450	13591
اليابان	4557	5011	5222	5320	5415	5490
الهند	813	1616	2114	2611	3176	3818
البرازيل	882	1351	1654	2015	2443	2947
كوريا الجنوبية	845	1197	1415	1634	1854	2073
روسيا	764	1053	1234	1436	1653	1894
بقية دول العالم	5413	8178	9919	11804	13927	16332
العالم	**45417**	**59136**	**66140**	**76277**	**90181**	**102057**

المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010

الجدول - 16: توقعات الناتج المحلي الإجمالي حسب القوة الشرائية (مليار دولار أمريكي - عام 2005)						
	2005	2015	2020	2025	2030	2035
الدول الصناعية	34345	40819	46146	51492	57260	63480
الصين	5408	12732	17353	22446	27596	32755
الولايات المتحدة	12422	15022	17427	19851	22475	25278
الدول الأوروبية	13928	16208	18035	19864	21771	23807
الهند	2440	4847	6342	7833	9529	11454
البرازيل	1534	2350	2877	3505	4250	5126
اليابان	3872	4258	4437	4520	4601	4665
روسيا	1703	2349	2751	3202	3685	4222
كوريا الجنوبية	892	1263	1494	1725	1958	2189
بقية دول العالم	11747	18023	21964	26262	31119	36621
العالم	**57177**	**81120**	**97433**	**114740**	**133439**	**153658**

المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010

الجدول - 17: توقعات استهلاك الطاقة في العالم (مليون برميل مكافئ نفط يومي)						
	2005	2015	2020	2025	2030	2035
الدول الصناعية	123.4	124.5	128.6	133.2	137.3	142.1
الصين	34.6	51.3	61.4	72.1	82.3	92.1
الولايات المتحدة	50.9	51.4	53.1	54.8	56.3	57.9
الدول الأوروبية	41.7	41.5	42.0	43.0	43.8	44.6
الهند	8.9	12.3	14.3	15.7	17.3	19.0
روسيا	15.0	15.5	16.0	16.6	17.2	18.0
البرازيل	5.7	7.5	8.6	9.8	11.1	12.3
اليابان	11.7	10.7	11.1	11.2	11.2	11.2
كوريا الجنوبية	4.7	5.4	5.9	6.4	7.0	7.5
بقية دول العالم	51.7	63.9	69.9	75.9	82.2	90.4
العالم	239.2	275.0	298.8	323.2	347.4	373.8

المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010

الجدول - 18: توقعات استهلاك الفحم في العالم (مليون برميل مكافئ نفط يوميا)

	2005	2015	2020	2025	2030	2035
الدول الصناعية	**123.4**	**124.5**	**128.6**	**133.2**	**137.3**	**142.1**
النفط	50.3	46.6	46.6	47.3	48.4	49.4
الغاز الطبيعي	27.2	28.6	30.1	31.7	32.7	33.8
الفحم	23.6	22.5	22.7	23.0	23.5	24.4
الطاقة النووية	11.7	12.5	13.4	13.9	14.4	14.9
المصادر الأخرى	10.6	14.3	15.9	17.4	18.4	19.4
أوراسيا	**25.5**	**26.5**	**27.4**	**28.4**	**29.3**	**30.5**
النفط	5.1	5.1	5.1	5.2	5.3	5.6
الغاز الطبيعي	13.1	13.8	14.2	14.5	14.5	14.7
الفحم	4.3	4.0	4.0	4.0	4.3	4.8
الطاقة النووية	1.5	1.9	2.3	2.8	2.9	3.2
المصادر الأخرى	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.3
آسيا	**57.0**	**80.6**	**95.0**	**109.8**	**124.9**	**140.3**
النفط	16.0	21.0	23.7	27.0	30.4	33.7
الغاز الطبيعي	4.4	8.7	10.6	12.1	13.3	14.3
الفحم	31.3	41.1	47.5	54.8	62.6	71.0
الطاقة النووية	0.6	1.6	2.8	3.6	4.3	5.0
المصادر الأخرى	4.7	8.2	10.3	12.2	14.4	16.4
الشرق الأوسط	**11.5**	**16.6**	**18.5**	**19.8**	**21.2**	**23.1**
النفط	6.1	7.6	8.1	9.0	10.0	11.5
الغاز الطبيعي	5.2	8.6	9.8	10.2	10.5	10.9
الفحم	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
الطاقة النووية	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
المصادر الأخرى	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
افريقيا	**8.7**	**10.5**	**11.4**	**12.4**	**13.4**	**14.7**
النفط	3.1	3.6	3.7	4.0	4.4	4.8
الغاز الطبيعي	1.6	2.6	3.1	3.5	3.6	3.7
الفحم	2.1	2.1	2.2	2.4	2.7	3.1
الطاقة النووية	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
المصادر الأخرى	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9
امريكا الجنوبية	**13.2**	**16.2**	**18.0**	**19.6**	**21.4**	**23.1**
النفط	5.7	6.8	6.9	7.3	7.8	8.2
الغاز الطبيعي	2.4	3.0	3.7	4.0	4.3	4.6
الفحم	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9
الطاقة النووية	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
المصادر الأخرى	4.6	5.8	6.6	7.4	8.4	9.1
العالم	**239.2**	**275.0**	**298.8**	**323.2**	**347.4**	**373.8**
النفط	86.2	90.7	94.1	99.8	106.3	113.2
الغاز الطبيعي	53.8	65.3	71.5	76.0	78.8	82.0
الفحم	61.9	70.4	77.1	84.9	93.9	104.4
الطاقة النووية	13.9	16.3	18.9	20.8	22.2	23.8
المصادر الأخرى	23.4	32.3	37.1	41.7	46.2	50.5

المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010

الجدول - 19: توقعات استهلاك الفحم في العالم (مليون برميل مكافئ نفط يوميا)						
	2005	2015	2020	2025	2030	2035
الصين	24.4	33.0	38.7	44.8	50.9	56.9
الدول الصناعية	23.6	22.5	22.7	23.0	23.5	24.4
الولايات المتحدة	11.5	11.3	11.6	11.9	12.3	12.7
الهند	4.4	5.3	5.8	6.3	6.9	7.8
الدول الأوروبية	6.4	5.8	5.7	5.5	5.5	5.6
روسيا	2.2	2.1	2.1	2.1	2.3	2.7
اليابان	2.3	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9
كوريا الجنوبية	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8
البرازيل	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6
بقية دول العالم	7.1	7.2	7.6	8.4	9.8	11.9
العالم	**61.9**	**70.4**	**77.1**	**84.9**	**93.9**	**104.4**

المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010

الجدول - 20: توقعات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الطاقة في العالم (مليون طن)						
	2005	2015	2020	2025	2030	2035
الدول الصناعية	13613	12993	13147	13462	13796	14200
الصين	5558	7716	9057	10514	11945	13326
الولايات المتحدة	5974	5731	5851	6016	6176	6320
الدول الأوروبية	4398	4110	4042	4037	4052	4107
الهند	1187	1566	1751	1905	2079	2296
روسيا	1650	1642	1648	1666	1715	1811
اليابان	1254	1102	1114	1106	1085	1064
البرازيل	366	478	534	601	682	761
كوريا الجنوبية	496	535	570	627	687	757
بقية دول العالم	5932	7114	7675	8312	9051	9998
العالم	**28306**	**31509**	**33812**	**36460**	**39268**	**42392**

المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010

الجدول - 21: توقعات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الفحم في العالم (مليون طن)						
	2005	2015	2020	2025	2030	2035
الصين	4578	6162	7222	8359	9494	10618
الدول الصناعية	4417	4213	4233	4289	4384	4563
الولايات المتحدة	2161	2125	2175	2236	2296	2376
الهند	803	979	1070	1160	1280	1445
الدول الأوروبية	1217	1098	1068	1037	1028	1048
روسيا	402	378	379	385	422	489
اليابان	425	386	376	366	355	349
كوريا الجنوبية	193	206	217	247	286	337
البرازيل	42	46	57	71	89	113
بقية دول العالم	748	1056	1238	1489	1875	2369
العالم	**11555**	**13113**	**14357**	**15806**	**17489**	**19424**

المصدر: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2010

المراجع

- Australian Coal Association، Coal & Its Uses – Origins of Coal.
- BP، BP Statistical Review of World Energy، June 2010.
- IEA، Energy Technology Perspectives، 2010.
- IEA Statistics، Coal Information، 2009.
- U.S. Energy Information Administration، Independent Statistics and Analysis، 2010.
- U.S. Energy Information Administration، International Energy Outlook، 2010.
- World Coal Institute، Carbon Capture & Storage Technologies.
- World Coal Institute، What is Coal.

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، واقع وآفاق الميزان النفطي في الصين والانعكاسات على الدول الأعضاء، آب/ أغسطس 2010.

الميزان النفطي في الصين والانعكاسات على الدول العربية المصدرة للنفط

عبد الفتاح دندي*

تشير الإحصاءات إلى أن حجم الاقتصاد الصيني في الوقت الحاضر لا يمثل سوى نصف الاقتصاد الأمريكي، بينما يتجاوز حجم الاقتصاد الياباني والروسي مجتمعين، ومن المتوقع بحلول عام 2020 أن يتساوى حجم الناتج المحلي الإجمالي في كل من الصين والولايات المتحدة الأمريكية عند مستوى 17.4 تريليون دولار بأسعار عام 2005، وبحلول عام 2035 سيتجاوز حجم الناتج في الصين نظيره الأمريكي بمقدار الثلث.

* مدير الإدارة الإقتصادية - أوابك- الكويت

ملخص تنفيذي

من الواضح أن الصين، تمر بمرحلة ازدهار اقتصادي تتطلب منها توفير كم كبير من مصادر الطاقة لتلبية حاجات الأفراد و القطاعات الاقتصادية المختلفة. ومن المتوقع أن تستمر حاجات الصين للطاقة في الازدياد. ولقد اتبعت الصين أكثر من وسيلة لتأمين إمدادات النفط لتغطية الحاجات الحالية والمستقبلية. فقامت بالتنقيب ومحاولة زيادة معدلات إنتاج النفط محلياً وزيادة احتياطاته، كما بذلت جهوداً للحصول على حقوق التنقيب المشترك وإنتاج النفط في مختلف أنحاء العالم. كما تبذل الصين جهوداً في مجال تخزين النفط لتضمن توفره لفترة معينة في أوقات الأزمات. وانطلاقا من الوضع الحالي و الآفاق المستقبلية للاقتصاد الصيني التي تشير إلى النمو السريع والمتزايد، والزيادة المرتفعة في طلبها على النفط بشكل رئيسي وذلك لمواكبة نموها الاقتصادي المضطرد، لم يكن هناك من شك في حاجة الصين إلى الدول العربية ومواردها النفطية.

لقد غدت الصين التي كانت واحدة من الدول الأساسية المصدرة للنفط مستورداً رئيسياً له، وقد أخذ حجم الواردات يزداد على نحو ثابت منذ عام 1993 حيث بلغت وارداتها 5.1 مليون ب/ي عام 2011. ومن المتوقع أن يؤدي ذلك إلى زيادة اعتماد الصين على الواردات النفطية لتلبية احتياجاتها المتزايدة من النفط. ومما أدى إلى مثل هذا الوضع هو الزيادة الملموسة في الطلب على المنتجات النفطية نظراً لزيادة أهمية قطاع النقل في الصين في الاقتصاد القومي وعدد السيارات في هذا السياق، وإلى عدم القدرة على زيادة الإنتاج المحلي بقدر كبير.

وبالتالي فإن بروز الصين كدولة رئيسية مستهلكة ومستوردة في سوق النفط العالمي ظاهرة جديرة بالمتابعة لاسيما من قبل الدول العربية التي تمتلك احتياطيات نفطية كبيرة.

تهدف الورقة إلى النظر في ميزان النفط الصيني حاضرا ومستقبلا، و بيان المكانة المتميزة التي تتمتع بها الدول العربية في السوق النفطية العالمية في الوقت الحاضر وعلى المدى الطويل، و ما يمكن للدول العربية المنتجة الرئيسية للنفط القيام به اتجاه تلبية احتياجات الصين المتزايدة على النفط واضعين في الاعتبار التحديات التي قد تجد الدول العربية نفسها في مواجهتها في المستقبل.

ومن أجل ذلك قسمت الورقة إلى ثلاثة محاور رئيسية تم في أولها استعراض المكانة الحالية والمستقبلية لقطاع النفط في الصين، وذلك لمعرفة الدور المهم والمتواصل الذي ستلعبه الصين فيما يتعلق بالزيادات المتوقعة في الطلب العالمي على النفط . إذ يلاحظ أن احتياجاتها المحلية من النفط بشكل خاص في تزايد مستمر وفي المقابل إنتاجها من النفط الخام وسوائل الغاز آخذ في التناقص مما يعني مزيدا من الاعتماد على الواردات النفطية لتغطية تلك الاحتياجات المحلية.

وفي المحور الثاني تم التطرق إلى الأهمية النسبية و الدور الفاعل للدول العربية في السوق النفطية العالمية، وما أكد تلك المكانة المرموقة هي المؤشرات المتعلقة بكل من الاحتياطيات المؤكدة من النفط وحصتها من الكميات المنتجة عالميا، والجدير بالملاحظة أن مساهمة الدول العربية في الإنتاج العالمي تعتبر ضئيلة نسبيا إذا ما قورنت بحجم الاحتياطي المتوفر لديها مع العلم أن العكس هو الصحيح بالنسبة للمجموعات الدولية الأخرى. و قد بين الميزان النفطي

الفائض الذي تمتع به الدول العربية حاضرا ومستقبلا مقابل العجز الذي تعاني منه معظم المجموعات الدولية الأخرى.

وخصص المحور الثالث و الأخير لتناول انعكاس التطور في ميزان النفط في الصين على الدول العربية المصدرة للنفط من جهة، و حجم استثماراتها في القطاع النفطي من جهة أخرى. وقد بدا واضحا أن الصين ثاني أكبر مستهلك للطاقة في العالم ستجد نفسها في ضوء انخفاض الإنتاج المحلي تعاني من عجز كبير في تلبية إحتياجاتها من النفط وبالنظر إلى الآفاق المستقبلية، فمن المتوقع أن يصل العجز إلى 14.3 مليون ب/ي عام 2035 مما يعني ان الصين ستكون عاجزة عن تلبية أكثر من 81 % من احتياجاتها المستقبلية من النفط. ولا ريب ان هذا الوضع للميزان النفطي بشكل خاص سيكون له انعكاسات على نفط الدول العربية المنتجة الرئيسية للنفط. فإمدادات الدول العربية سوف تزداد أهمية في سوق النفط العالمية على المدى البعيد نظرا لاتساع الفجوة بين الزيادة المتوقعة في الطلب العالمي على النفط من جهة ، والإنتاج من خارج الدول العربية من جهة أخرى، مما سيجلب أهمية أكبر للدول العربية المنتجة للنفط.

فضلا عن انعكاس ذلك على حجم الاستثمارات التي يحتاج إليها قطاع النفط في الدول العربية لرفع الطاقة الإنتاجية الإضافية التي ستكون الدول المستهلكة للنفط بحاجة ماسة إليها في المستقبل. والدول العربية، التي تعتمد على العائدات النفطية كمصدر رئيسي للدخل القومي لتمويل عملية التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وهي تخطط للخوض في تلك المشاريع الضخمة تضع نصب أعينها قضية مهمة تشغل بالها ألا و هي قضية أمن الطلب. كما هو الحال بالنسبة للدول المستهلكة الرئيسية للنفط التي تهتم بشكل لافت لقضية أمن الإمدادات.

مقدمة

تشير الإحصاءات إلى أن حجم الاقتصاد الصيني في الوقت الحاضر لا يمثل سوى نصف الاقتصاد الأمريكي، بينما يتجاوز حجم الاقتصاد الياباني والروسي مجتمعين، ومن المتوقع بحلول عام 2020 أن يتساوى حجم الناتج المحلي الإجمالي في كل من الصين والولايات المتحدة الأمريكية عند مستوى 17.4 تريليون دولار بأسعار عام 2005، وبحلول عام 2035 سيتجاوز حجم الناتج في الصين نظيره الأمريكي بمقدار الثلث.

وتتطلع الصين نحو المستقبل لتأمين احتياجاتها من مصادر الطاقة المختلفة، فنجدها تنشط في أفريقيا و الشرق الأوسط للحصول على حاجاتها من النفط الخام ومنتجاته، وتقوم باستثمارات ضخمة في روسيا فيما يتعلق بمد خطوط لنقل النفط الروسي إلى الصين وذلك من اجل ضمان مصدر إضافي للنفط وتنويع مصادر استيراده.

وفيما يتعلق بأداء الاقتصاد الصيني، لقد حققت الصين أعلى معدلات النمو الاقتصادي في آسيا، حيث بلغ معدل نموها حوالي 10.4 % في الفترة 1991 – 2000. ليرتفع إلى أعلى معدل له في عام 2007 عندما وصل إلى 13 % ليتراوح بعد ذلك ما بين 9.2 إلى 10.5 % خلال الفترة 2008–2012. وقد انعكس ذلك النمو على معدل النمو السنوي في طلب الصين على النفط الذي ارتفع بنحو 7.2 % خلال الفترة 2001–2011. كما شكل طلب الصين على النفط نحو 11 % من الإجمالي العالمي لعام 2011.

وقد غدت الصين التي كانت واحدة من كبرى الدول الأساسية المصدرة للنفط منذ عام 1993 مستورداً رئيسياً له، وقد أخذ حجم الواردات يزداد على نحو ثابت منذ ذلك الوقت. ومن المتوقع أن يؤدي ذلك إلى زيادة اعتماد الصين على الواردات النفطية لتلبية احتياجاتها المتزايدة من النفط. ومما أدى إلى مثل هذا الوضع هو الزيادة الملموسة في الطلب على المنتجات النفطية نظراً لزيادة أهمية قطاع النقل في الاقتصاد القومي وعدد السيارات في هذا السياق، وإلى عدم القدرة على زيادة الإنتاج المحلي بقدر كبير.

فمن المتوقع أن يزداد الطلب على النفط في قطاع النقل في الصين من 3.4 مليون ب/ ي عام 2009 إلى 9.5 مليون ي/ي عام 2035 أي بمعدل نمو سنوي يصل إلى 4 %. والجدير بالذكر أن حصة قطاع المواصلات من إجمالي استهلاك النفط في الصين سترتفع من 37.8 % في الوقت الحاضر إلى 54 % عام 2035.

وفي ضوء الزيادة في الواردات النفطية والتي من المتوقع أن تصل إلى 14.3 مليون ب/ي عام 2035، فقد لجأت الصين إلى تبني سياسات طاقة تتمثل في تنويع مصادر الطاقة وترشيدها وزيادة التعاون وتوسيع رقعة الاستثمارات مع الدول النفطية وخصوصاً مع بعض الدول العربية، مما يمثل أحد مظاهر اعتماد الصين المتزايد على الدول العربية وبالعكس.

وبالتالي فإن بروز الصين كدولة رئيسية مستهلكة ومستوردة في سوق النفط العالمي ظاهرة جديرة بالمتابعة لاسيما من قبل الدول العربية التي تمتلك احتياطيات نفطية وغازية كبيرة. تتناول الورقة المحاور الرئيسية التالية:

المحور الأول : المكانة الحالية و المستقبلية لقطاع النفط في الصين.

المحور الثاني: موقع الدول العربية في السوق النفطية العالمية و الأفاق المستقبلية

المحور الثالث: الانعكاسات المحتملة للتطورات في ميزان النفط الصيني على الدول العربية المصدرة للنفط.

المحور الأول: المكانة الحالية و المستقبلية لقطاع النفط في الصين

من الأهمية بمكان استعراض المكانة الحالية و المستقبلية لقطاع النفط في الصين، وذلك لمعرفة الدور المهم و المتواصل الذي ستلعبه الصين فيما يتعلق بالزيادات المتوقعة في الطلب العالمي على النفط . إذ يلاحظ أن احتياجاتها المحلية من الطاقة بشكل عام ومن النفط بشكل خاص في تزايد مستمر وفي المقابل إنتاجها من النفط آخذ في التناقص مما يعني مزيدا من الاعتماد على الواردات النفطية لتغطية تلك الاحتياجات المحلية وخاصة من الدول العربية.

أولا : المكانة الحالية لقطاع النفط في الصين

1. مزيج الطلب على الطاقة الأولية

لقد ارتفع استهلاك الصين من الطاقة الأولية بشكل عام بصورة كبيرة خلال الفترة 2001-2011، إذ بلغ معدل نموه نحو 9.6 %، حيث ازداد من حوالي 20.9 مليون ب م ن ي (1041.4 مليون طن م ن) في عام 2001 إلى 52.5 مليون ب م ن ي (2613.2 مليون طن م ن) في عام 2011 وهو ما يمثل 21.3 % من الإجمالي العالمي، كما يبين الجدول - 1 والشكل - 1 .

الجدول - 1 : حصة كل مصدر من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية في الصين، 2001 - 2011 (مليون ب م ن / ي)

	2001	2011	معدل التغير السنوي (%)
الفحم	14.5	38.9	10.4
النفط	4.8	9.7	7.7
الغاز الطبيعي	0.5	2.4	17.0
إجمالي استهلاك الطاقة الأولية	20.9	52.5	9.6

المصدر: BP. Statistical Review of World Energy. June 2012.

وعند تحليل مزيج استهلاك الطاقة في الصين لعام 2011، نلاحظ أن استهلاك الفحم يتصدر قائمة الاستهلاك إذ بلغت حصته 70.4 %، يليه النفط بمعدل 17.7 %، ثم الطاقة الكهرومائية بحصة 6 %، و الغاز الطبيعي بحصة 4.5 % وأخيرا الطاقات المتجددة الأخرى بحصة 0.7 % .

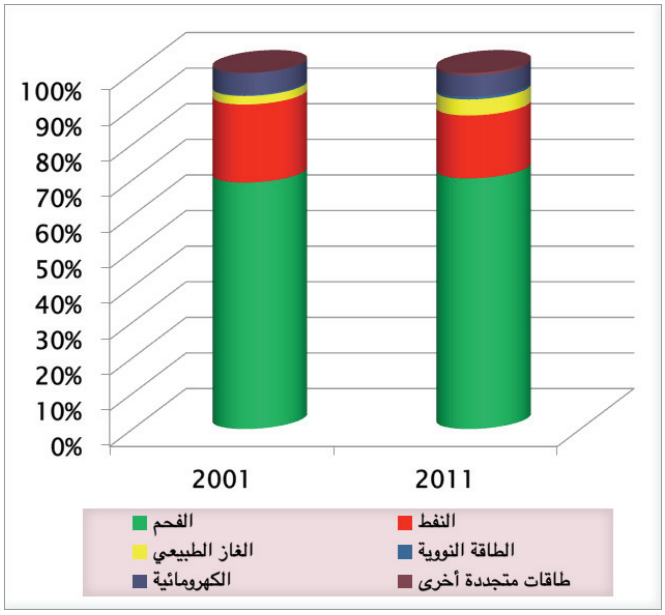
2. ميزان النفط في الصين

لقد أصبحت الصين ثاني أكبر مستهلك للنفط في العالم بعد الولايات المتحدة الأمريكية، متخطية اليابان في عام 2002، إذ بلغ استهلاك الصين من النفط عام 2011 حوالي 9.7 مليون ب/ ي، علما

أن استهلاك النفط في الصين قد شكل في عام 2011 حوالي 11 % من إجمالي الاستهلاك العالمي البالغ 88 مليون ب/ي، و 25.4 % من إجمالي استهلاك الدول النامية.

والجدير بالذكر أن إنتاج الصين من النفط لم يغطي سوى 42 % من استهلاك الصين من النفط عام 2011 بعد ان كان يلبي نحو 68 % من احتياجات الصين في عام 2001، أي أن درجة اعتماد الصين على الواردات ارتفعت من 32 % عام 2001 إلى 58 % عام 2011.

الشكل - 1 : تطور مزيج استهلاك مصادر الطاقة الأولية في الصين، عامي 2001 و 2011 (%)



وتقدر الاحتياطيات المؤكدة للصين من النفط في عام 2011 بحوالي 20.3 مليار برميل، أي ما يشكل 1.6 % من الاحتياطي العالمي البالغ حوالي 1244.7 مليار برميل في نهاية عام 2011. هذا ولم تنجح الصين في محاولاتها للاكتفاء الذاتي من النفط خلال الطفرة الاقتصادية العملاقة التي شهدتها، إذ تحولت إلى مستورد للنفط في عام 1993 كما أسلفنا.

وفي ضوء تنامي الاستهلاك في الوقت الذي لم يزد به الإنتاج، فقد أدى ذلك إلى ازدياد الفجوة بين الاستهلاك والإنتاج مما ترتب عليه ازدياد الواردات والتي بلغت 5.7 مليون ب/ي عام 2011. مقارنة مع فائض بمقدار 521 ألف ب/ي عام 1990، وعجزا بمقدار 1.5 مليون ب/ي فقط عام 2001.

ويبين الجدول - 2 معضلة الإمدادات النفطية في الصين التي تتمثل في ارتفاع إنتاجها بمعدل 2.1 %، مقابل ارتفاع معدل الاستهلاك بـ 7.2 %، لذلك استوردت الصين أكثر من نصف احتياجاتها النفطية في عام 2011.

الجدول - 2 : موازنة الإنتاج والاستهلاك من النفط في الصين،عامي 2001 و 2011

	2001	2011	معدل التغير السنوي (%)
الإنتاج (مليون ب / ي)	3.310	4.0960	2.1
الاستهلاك (مليون ب / ي)	4.859	9.758	7.2
موازنة الانتاج مع الاستهلاك (مليون ب / ي)	1.5-	5.7-	-

المصدر: Derived from BP. Statistical Review of World Energy. June 2012.

3. الطاقة التكريرية في الصين

ارتفعت طاقة التكرير التصميمية في الصين بصورة ملحوظة، إذ ارتفعت من 5.6 مليون ب/ي في عام 2001 إلى 10.8 مليون ب/ي في عام 2011 ما يمثل 11.6 % من طاقة التكرير التصميمية العالمية. كما ارتفعت الطاقة الإنتاجية للمصافي من 4.2 مليون ب/ي في عام 2001 إلى 8.9 مليون ب/ي في عام 2011 مشكلة 11.9 % من الطاقة العالمية. ويلاحظ الفائض الكبير نسبيا في طاقة التكرير التصميمية المتوفرة لدى الصين، كما يوضح الجدول - 3 .

الجدول - 3 : طاقة التكرير التصميمية والطاقة الإنتاجية للمصافي الصينية ، ألف ب / ي

	الصين		العالم		نسبة الصين الى العالم
	2001	2011	2001	2011	2011
الطاقة التصميمية	5643	10834	83355	93004	% 11.6
الطاقة الإنتاجية	4215	8992	69026	75563	% 11.9

المصدر: BP. Statistical Review of World Energy. June 2012.

ويواجه قطاع الصناعات النفطية اللاحقة تحد كبير يتمثل في عدم وجود طاقة تكريرية تلائم نفوط الشرق الأوسط الثقيلة، والتي ستصبح ضرورة حتمية لمواجهة الطلب المستقبلي على النفط، وتعمل الصين في الوقت الحاضر على تحديث المصافي بما يمكنها من معالجة تلك النفوط. ولا ريب أن عمليات إعادة الهيكلة التي تشهدها المنشآت البترولية الصينية، بالإضافة إلى توجه الحكومة الصينية للانفتاح على الاستثمارات الأجنبية المباشرة ستفضي إلى زيادة مساهمة الشركات الأجنبية في صناعة التكرير.

ثانياً : المكانة المستقبلية لقطاع النفط في الصين

بعد استعراض مزيج استهلاك مصادر الطاقة الأولية في الصين حتى عام 2011، سيتناول هذا المحور من الورقة عرض للتقديرات المستقبلية المتعلقة باستهلاك و إمدادات و واردات النفط في الصين حتى عام 2035، وذلك وفقا لأخر تقرير صادر عن وكالة الطاقة الدولية ومنظمة أوبك لغرض مقارنة نتائج تلك التوقعات مع التركيز بشكل أساسي على التوقعات الواردة في تقرير آفاق النفط العالمي الصادر عن منظمة أوبك في عام 2012.

1. مزيج الطلب على الطاقة الأولية في الصين

بالنظر إلى مزيج الطلب على الطاقة الأولية في الصين حتى عام 2035 يلاحظ أن حصة النفط سترتفع بشكل طفيف من 17 % من الإجمالي في عام 2010 إلى 18 % عام 2035 ليحتل بذلك المرتبة الثانية بعد الفحم الذي ستنخفض حصته من 66 % إلى 51 % من إجمالي مصادر الطاقة المتوقع استهلاكها في الصين خلال ذات الفترة، وسترتفع حصة الغاز الطبيعي من 4 % في عام 2010 الى 12 % في عام 2035، كما سترتفع حصة الطاقة النووية أيضا من نسبة 1 % فقط في عام 2010 إلى 7 % في عام 2035، وستحافظ الطاقة الكهرومائية على

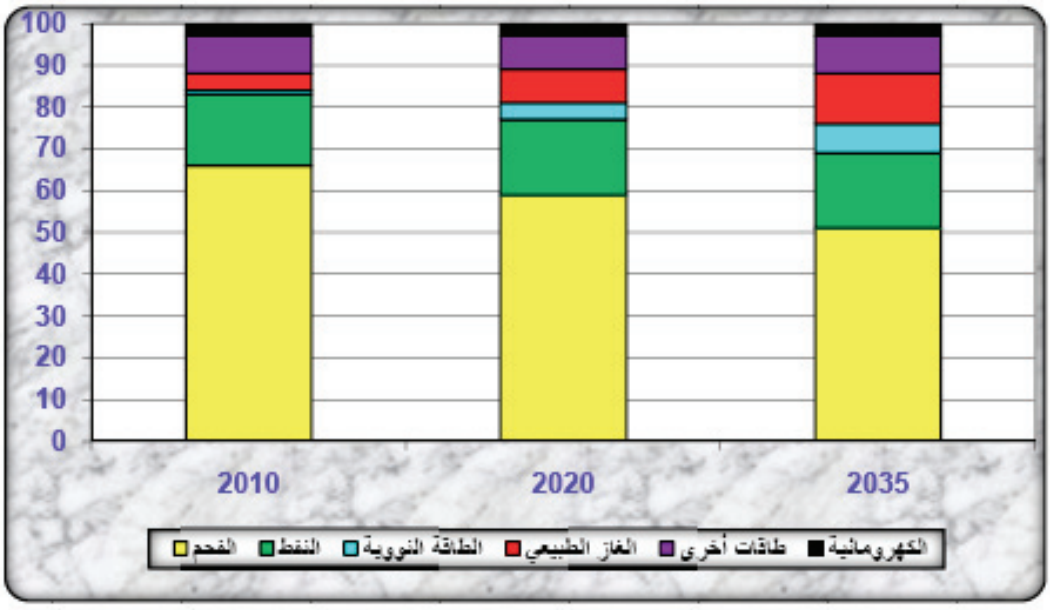
حصتها البالغة 3 % حتى عام 2035، كما ستحافظ بقية المصادر الأخرى على حصة 10 % حتى عام 2035 كما يوضح الجدول – 4 و الشكل – 2:

الجدول – 4 : حصة كل مصدر من إجمالي استهلاك الطاقة في الصين، 2010 – 2035 – (%)

	2010	2020	2035
النفط	17	18	18
الفحم	66	59	51
الغاز الطبيعي	4	8	12
الطاقة النووية	1	4	7
الكهرومائية	3	3	3
مصادر أخرى	10	8	10
الإجمالي	100.0	100.0	100.0

المصدر : تقرير آفاق الطاقة العالمية 2012 ، وكالة الطاقة الدولية.

الشكل – 2: تطور حصة كل مصدر في مزيج الطاقة المستهلكة في الصين، 2010 – 2035 – (%)

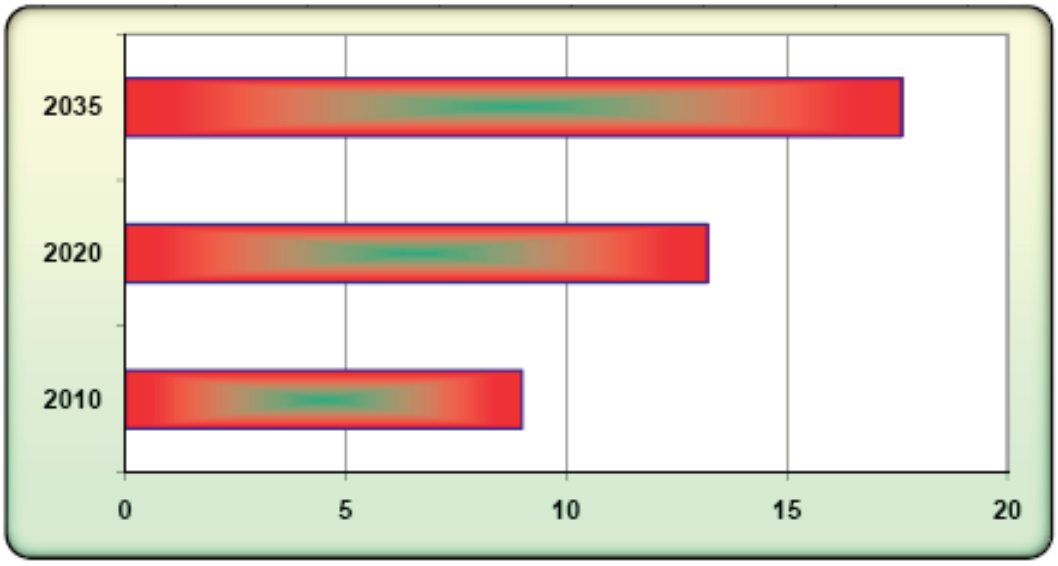


2. ميزان النفط في الصين

تشير تقديرات كل من منظمة أوبك ووكالة الطاقة الدولية إلى أن الاقتصاد الصيني سيشهد نموا في حدود 6 % (6.2 % لمنظمة أوبك، و 5.7 % لوكالة الطاقة الدولية) خلال الفترة 2010–2035. وسيصاحب ذلك نموا في الطلب الصيني على النفط بمعدل يزيد عن 3 % سنويا (3.2 % لمنظمة أوبك، و 3.3 % لوكالة الطاقة الدولية).

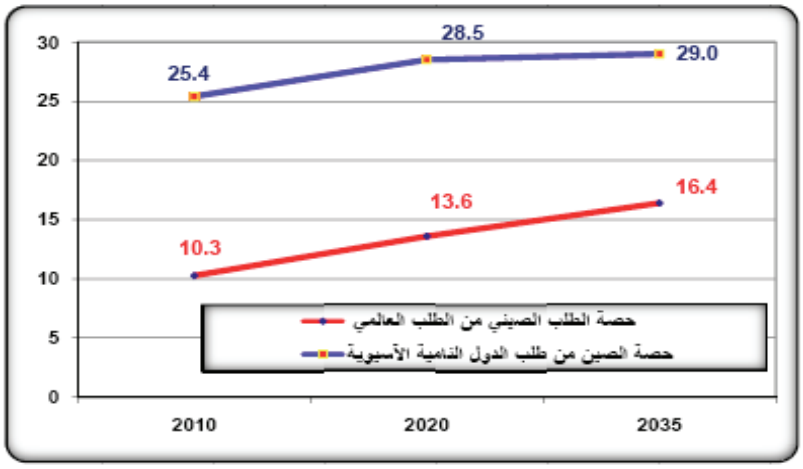
وبحسب تقديرات منظمة أوبك، من المتوقع أن يرتفع الطلب على النفط في الصين من 9 مليون ب/ي في عام 2010 إلى 17.6 مليون ب/ي عام 2035، أي بمعدل نمو سنوي يصل إلى 2.7 %. ولا تختلف توقعات وكالة الطاقة الدولية بشأن الطلب الصيني على النفط ، حيث من المتوقع أن يرتفع من 9 مليون ب/ي في الوقت الحاضر إلى 15.1 مليون ب/ي في عام 2035، أي بمعدل نمو سنوي يبلغ 2.1 %، كما يوضح الشكل - 3 :

الشكل - 3: تطور الطلب الصيني على النفط خلال الفترة 2010-2035 ، وفق سيناريو أوبك (مليون ب/ي)



المصدر: OPEC. World Oil Outlook 2012

الشكل - 4 :حصة الطلب الصيني من إجمالي الطلب العالمي وطلب الدول النامية على النفط،2010-2035 (%)

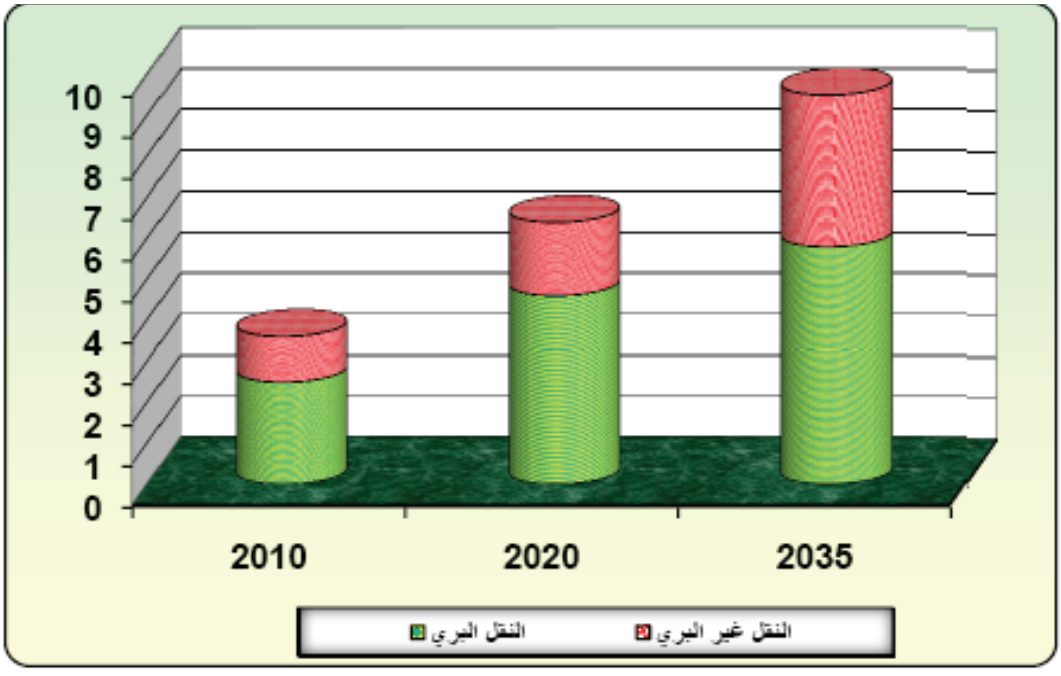


ومن المتوقع أن يشكل الطلب في الصين ما نسبته 16.4 % من إجمالي الطلب العالمي على النفط المتوقع خلال عام 2035 مقارنة بنسبة 10.3 % عام 2010. كما سيمثل الطلب في الصين حوالي 29 % من إجمالي طلب الدول النامية عام 2035 مقارنة مع 25.4 % عام 2010، كما يبين الشكل - 4 :

إن الصين التي سيرتفع طلبها على النفط بنحو 8.6 مليون ب/ي خلال الفترة 2010-2035 بحسب تقديرات أوبك، ستستحوذ على نسبة 42.4 % من إجمالي الزيادة المتوقعة في الطلب العالمي على النفط (20.3 مليون ب/ي) ، ونسبة 34.1 % من الزيادة المتوقعة في طلب الدول النامية (25.2 مليون ب/ي) خلال ذات الفترة .

ويعزى الارتفاع المتوقع في الطلب الصيني على النفط إلى ارتفاع معدلات النمو الاقتصادي، كما أسلفنا، والى التوسع الملحوظ الذي سيشهده قطاع النقل، فمعدل استخدام المركبات في الصين سيرتفع من المستوى الحالي البالغ 34 مركبة لكل ألف فرد(مقارنة بـ 127 مركبة لكل ألف فرد على المستوى العالمي) الى 213 مركبة لكل ألف فرد عام 2035، أي بمعدل نمو سنوي يصل إلى 7.4 % خلال الفترة 2009-2035. ومن المتوقع أن يرتفع استهلاك النفط في قطاع النقل بوسائله المختلفة في الصين من 3.4 مليون برميل م ن ي عام 2010 إلى 9.5 مليون ب م ن ي عام 2035، أي بمعدل نمو سنوي 4 %، كما يبين الشكل - 5 :

الشكل - 5 : الطلب على النفط في قطاع النقل في الصين وفق وسيلة النقل، 2010 - 2035 (مليون ب م ن ي)



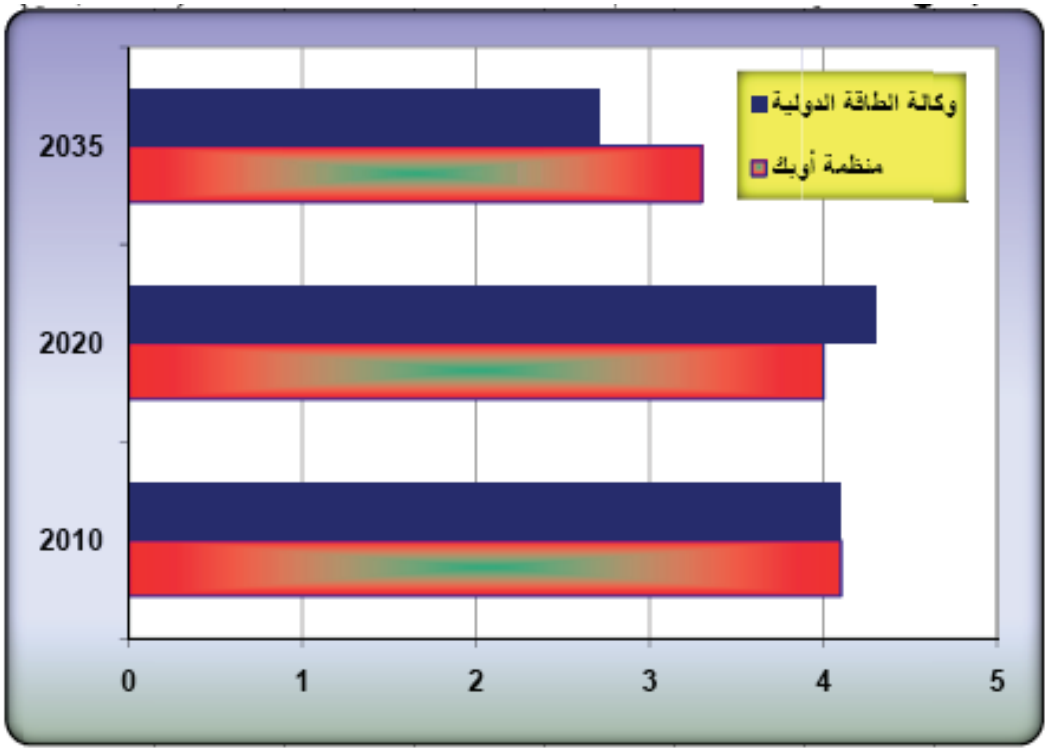
المصدر: OPEC، World Oil Outlook 2012

والجدير بالذكر أن حصة قطاع النقل من إجمالي استهلاك النفط في الصين سترتفع من 37.8 % في الوقت الحاضر إلى 48.5 % في عام 2020 ثم إلى 54 % عام 2035.

وعلى مستوى الإنتاج، تشير تقديرات منظمة أوبك إلى أن الإنتاج الصيني من النفط الخام وسوائل الغاز الطبيعي سينخفض من 4.1 مليون ب/ي عام 2010 إلى 4 مليون ب/ي عام 2020 ثم إلى 3.3 مليون ب ي عام 2035، أي بمعدل انخفاض يصل إلى 0.9- % سنويا . بينما تشير تقديرات

وكالة الطاقة الدولية إلى انخفاض الإنتاج الصيني من النفط من 4.1 مليون ب/ي عام 2011 الى 2.7 مليون ب/ي عام 2035، أي بمعدل انخفاض سنوي 1.7- %، كما يشير الشكل - 6 :

الشكل - 6: لإنتاج الصيني من النفط الخام وسوائل الغاز، 2010-2035، (مليون ب/ي)



المصدر:- OPEC، World Oil Outlook 2012.
- IEA، World Energy outlook،2012 .

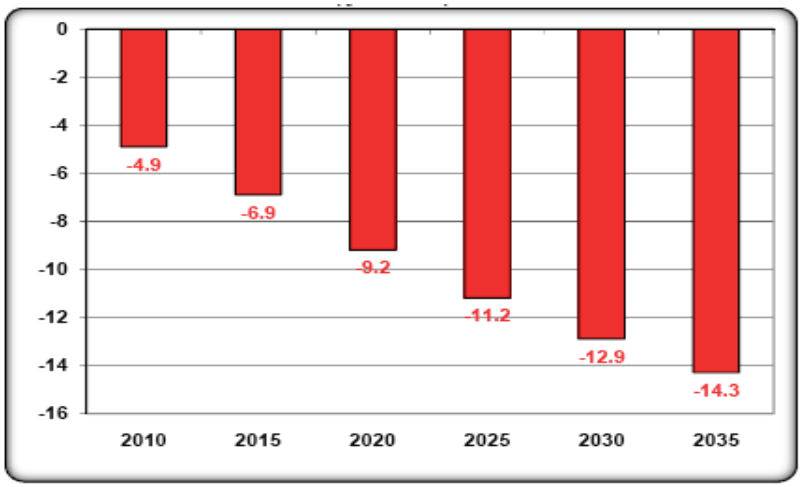
وإذا ما تمت موازنة الإنتاج الصيني من النفط مع الطلب عليه خلال الفترة 2010-2035 ، يتضح جليا لنا العجز الذي ستواجهه الصين خلال تلك الفترة والذي سيصل ذروته إلى 14.3 مليون ب/ي عام 2035 بناء على سيناريو منظمة أوبك، كما يبين الجدول - 5 والشكل - 7 :

الجدول - 5: موازنة طلب الصين على النفط مع إنتاجها النفطي بحسب سيناريو الأساس لتوقعات منظمة أوبك، 2010-2035 (مليون ب/ي)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
الطلب الصيني على النفط	9.0	11.1	13.2	15.0	16.4	17.6
الإنتاج الصيني من النفط	4.1	4.2	4.0	3.8	3.5	3.3
الموازنة	4.9-	6.9-	9.2-	11.2-	12.9-	14.3-

وبناء على هذه التطورات سوف تنخفض حصة الإنتاج المحلي في تلبية الطلب الصيني على النفط من 45.6 % عام 2010 إلى 18.7 % فقط عام 2035 بناء على تقديرات منظمة أوبك، كما يبين الجدول – 6 والشكل – 8:

الشكل – 7 : موازنة الطلب الصيني على النفط مع العرض النفطي ، 2010-2035 (مليون ب/ي)

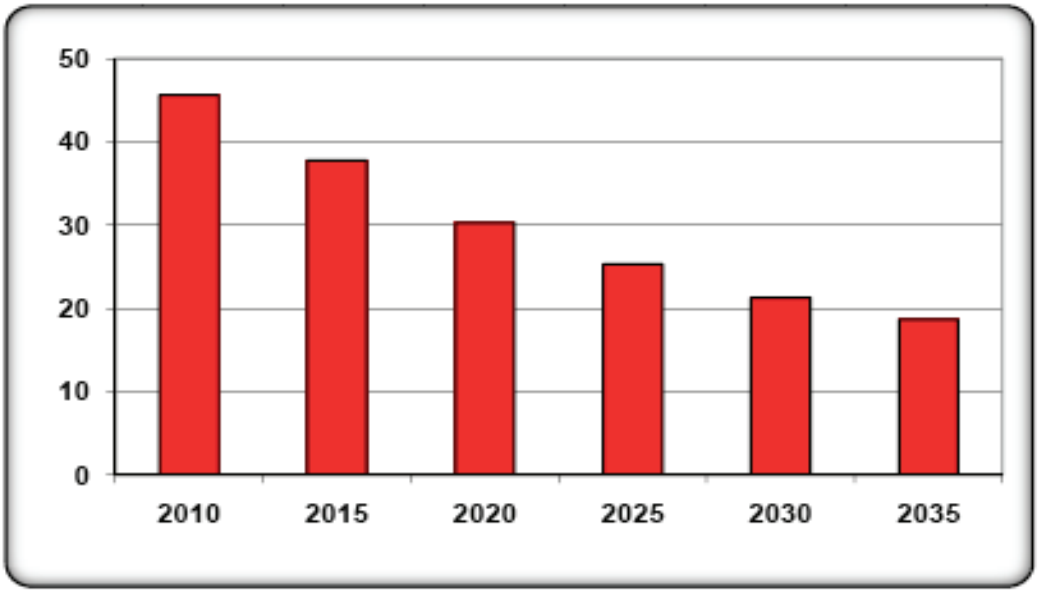


الجدول – 6 : الإنتاج المحلي الى الطلب الصيني على النفط بحسب سيناريو أوبك ، 2010-2035 – (%)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
الانتاج الى الطلب الصيني	45.6	37.8	30.3	25.3	21.3	18.7

المصدر: OPEC، World Oil Outlook 2012.

الشكل – 8 : حصة الإنتاج المحلي في تغطية الطلب الصيني على النفط، 2010-2035



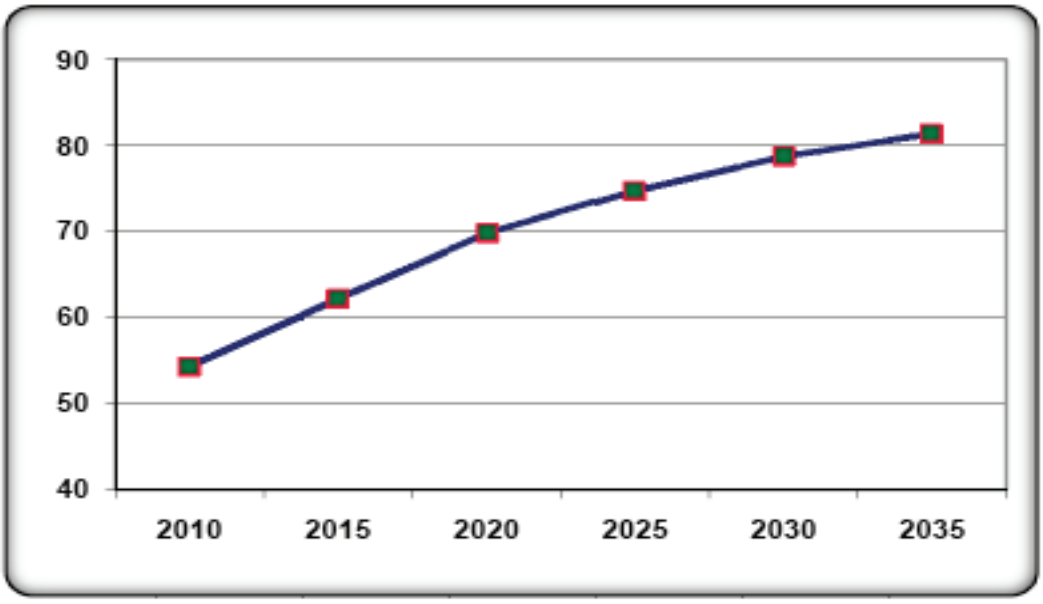
مما يعني أن درجة اعتماد الصين على الواردات النفطية لتغطية الطلب المحلي على النفط سترتفع من نسبة 54.4 % عام 2010 الى 81.3 % عام 2035 بحسب سيناريو أوبك ، كما يبين الجدول - 7 و الشكل - 9 :

الجدول - 7: درجة الاعتماد على الواردات لتغطية الطلب الصيني على النفط، 2010-2035، %

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
درجة الاعتماد على الواردات %	54.4	62.2	69.7	74.7	78.7	81.3

المصدر:- OPEC، World Oil Outlook 2012.

الشكل - 9: درجة الاعتماد على الواردات لتغطية الطلب الصيني على النفط، 2010-2035 (%)



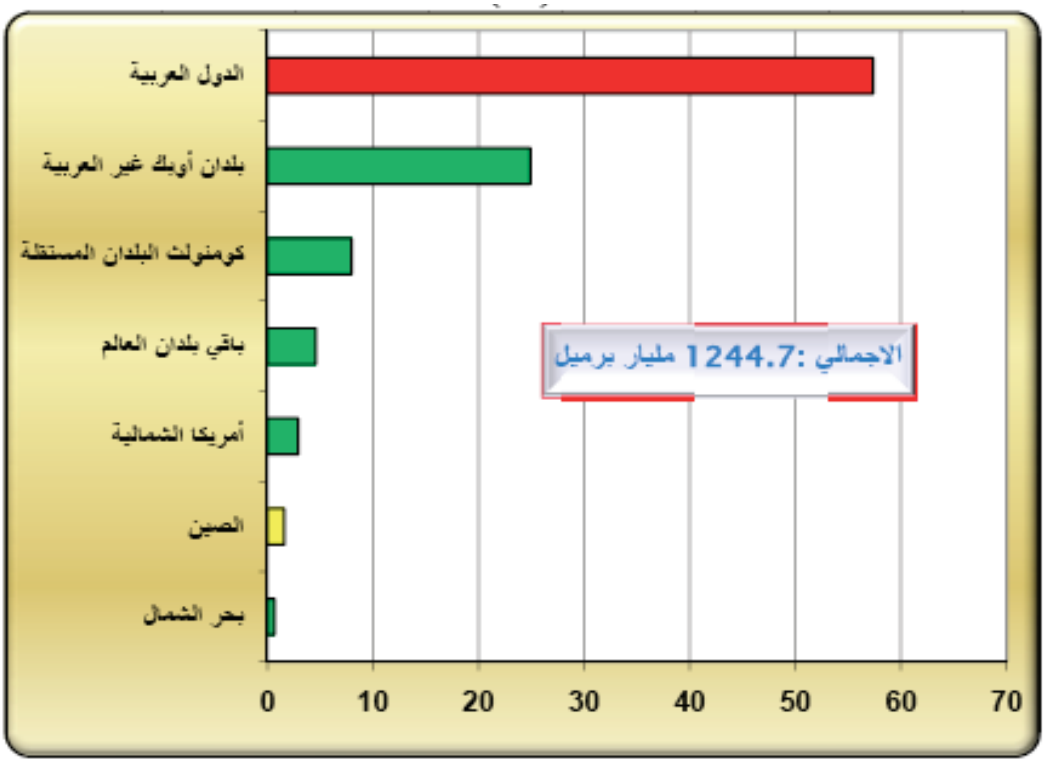
المحور الثاني: موقع الدول العربية في السوق النفطية العالمية والأفاق المستقبلية

تتمتع الدول العربية بمكانة متميزة و مرموقة على خارطة النفط العالمية، وما يعزز هذه المكانة استحواذها على الجزء الأكبر من الاحتياطيات العالمية المؤكدة من النفط والغاز، وما تقوم بإنتاجه وتصديره من هذا المصدر إلى الأسواق العالمية.

ففيما يتعلق باحتياطيات الدول العربية المؤكدة من النفط الخام فقد ارتفع من 647 مليار برميل عام 2000، أي ما يشكل حوالي 61 % من الإجمالي العالمي الذي كان قد بلغ 1055 مليار برميل آنذاك، إلى حوالي 714 مليار برميل في عام 2011 على الرغم من انخفاض الحصة إلى 57.3 % نظرا للارتفاع الملحوظ في الإجمالي العالمي الذي بلغ 1244.7 مليار برميل في ذات العام.

و عند مقارنة حصة الدول العربية من إجمالي الاحتياطيات العالمية في نهاية عام 2011 مع المجموعات الدولية الأخرى، يلاحظ استحواذها على 57.3 % من ذلك الإجمالي، مقابل 25 % لبلدان منظمة الدول المصدرة للنفط (أوبك) غير العربية، و8 % لمجموعة كومنولث البلدان المستقلة، و نسبة 3 % لبلدان أمريكا الشمالية، و أقل من 1 % لمنطقة بحر الشمال، كما يوضح الشكل – 10 :

الشكل – 10 : توزع الاحتياطيات المؤكدة من النفط الخام وفق المجموعات الدولية، عام 2011 (%)

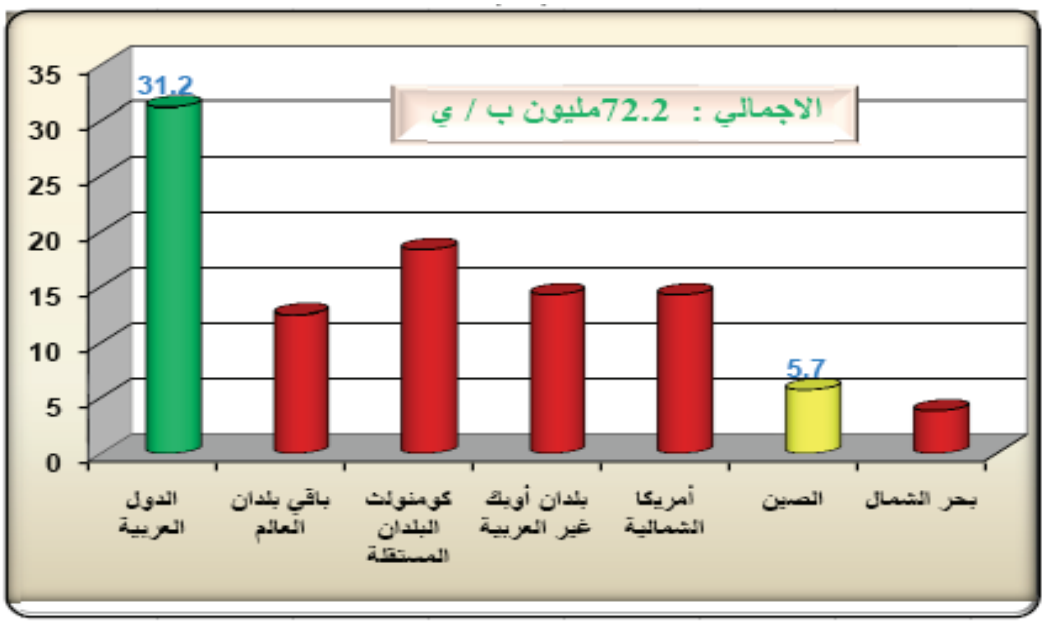


أما فيما يخص إنتاج النفط الخام ، فقد مر إنتاج الدول العربية من النفط الخام بعدد من المراحل خلال العقد الماضي، وقد ألقت الظروف التي شهدتها كل مرحلة بظلالها على مستويات إنتاج النفط في الدول العربية التي سبع منها يرتبط إنتاجها بما تتخذه منظمة أوبك من قرارات تتعلق بالحصص الإنتاجية. (العراق خارج هذا الارتباط في الوقت الحاضر).

ففي عام 2000 وصل إنتاج الدول العربية من النفط الخام إلى 21.5 مليون ب/ي، أي ما يشكل حوالي 31.3 % من الإجمالي العالمي، وفي عام 2011 ارتفع إنتاج الدول العربية من النفط الخام إلى 22.5 مليون ب/ي، مشكلا 31 % من الإجمالي العالمي.

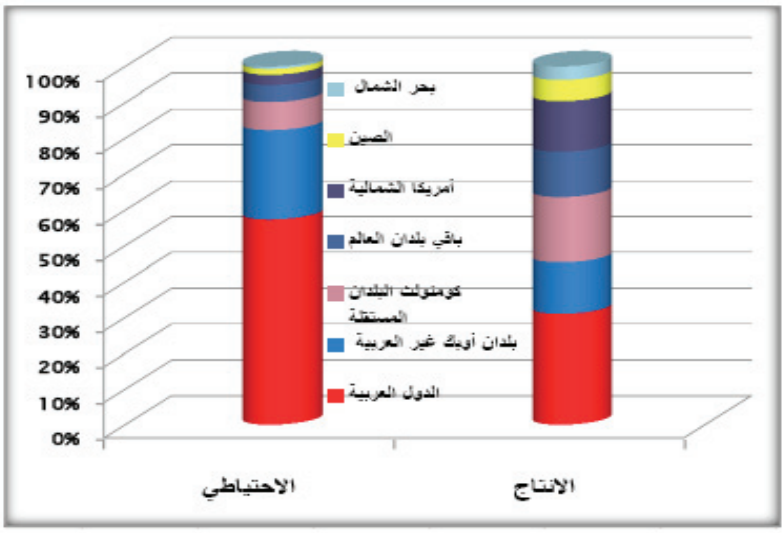
وبالنظر إلى توزع الإنتاج النفطي العالمي وفق المجموعات الدولية خلال عام 2011، يلاحظ استحواذ الدول العربية على ما نسبته 31 % من الإجمالي العالمي، مقابل حصة 18.4 % لمجموعة كومنولث البلدان المستقلة، وبلدان أوبك غير العربية بنسبة 14 %، ومنطقة أمريكا الشمالية بحصة 14.3 %، ومنطقة بحر الشمال بحصة لم تتجاوز 4 %، كما يوضح الشكل – 11 :

الشكل - 11 : توزع إنتاج النفط الخام وفق المجموعات الدولية، عام 2011 (%)



والجدير بالملاحظة هنا أن مساهمة الدول العربية في الإنتاج العالمي تعتبر ضئيلة نسبيا (31 %) إذا ما قورنت بحجم الاحتياطي المتوفر لديها الذي يشكل نسبة 57.3 % من الاحتياطي العالمي أي أن كمية ونسبة الإنتاج لا تتماشى مع حجم الاحتياطيات و العكس بالنسبة للمجموعات الدولية الأخرى مثل مجموعة كومنولث البلدان المستقلة التي استحوذت على 18 % من الإنتاج العالمي في حين حصتها من الاحتياطي بلغت 8 % فقط، وبلدان أمريكا الشمالية التي استأثرت بحصة 14 % من الإنتاج ولا تمتلك سوى 3 % من الاحتياطي، ومنطقة بحر الشمال التي شكل إنتاجها نسبة 4 % من الإجمالي العالمي في الوقت الذي لم تتجاوز حصتها من الاحتياطي نسبة 1 %، وشكلت حصة باقي بلدان العالم من الإنتاج العالمي نحو 18 % بينما حصتها من الاحتياطيات العالمية كانت في حدود 6 %، كما يبين الشكل - 12 :

الشكل - 12: توزع الاحتياطي والإنتاج من النفط وفق المجموعات الدولية، عام 2011(%)

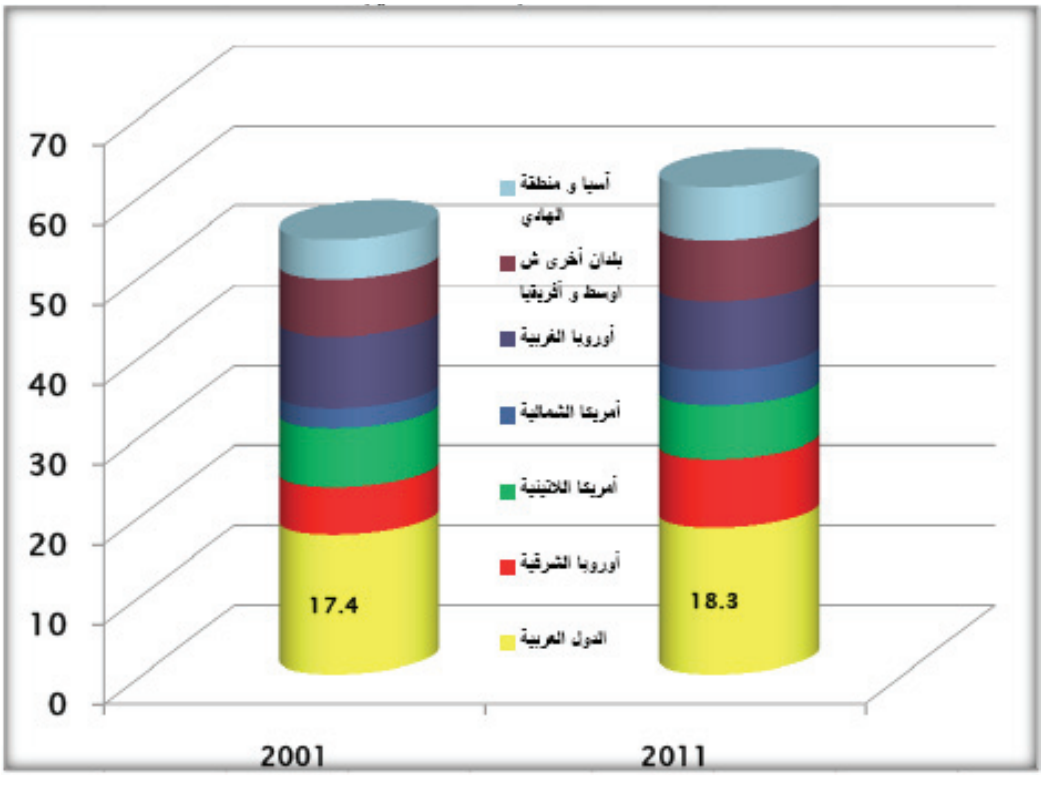


وفيما يخص الاستهلاك المحلي من النفط في الدول العربية، فقد ارتفع معدله من 3.4 مليون برميل مكافئ نفط يوميا (ب م ن ي) عام 2000 إلى نحو 6.3 مليون ب م ن ي عام 2011. و يعود ذلك الارتفاع بالدرجة الأولى إلى الارتباط الوثيق بين الاستهلاك وزيادة السكان والتوسع العمراني لتلبية متطلبات النمو السكاني المتزايد في الدول العربية، وارتفاع وتيرة النشاط الاقتصادي المتزايد.

والملاحظ عند مقارنة نسبة الاستهلاك المحلي من النفط الخام إلى إنتاجه في الدول العربية لعام 2011 أن نسبة استهلاك النفط إلى إنتاجه في الدول العربية تقدر بنحو 27 %، الأمر الذي يعني أن جزءاً كبيراً من الكميات المنتجة من المصدرين تتجه إلى الأسواق العالمية كصادرات.

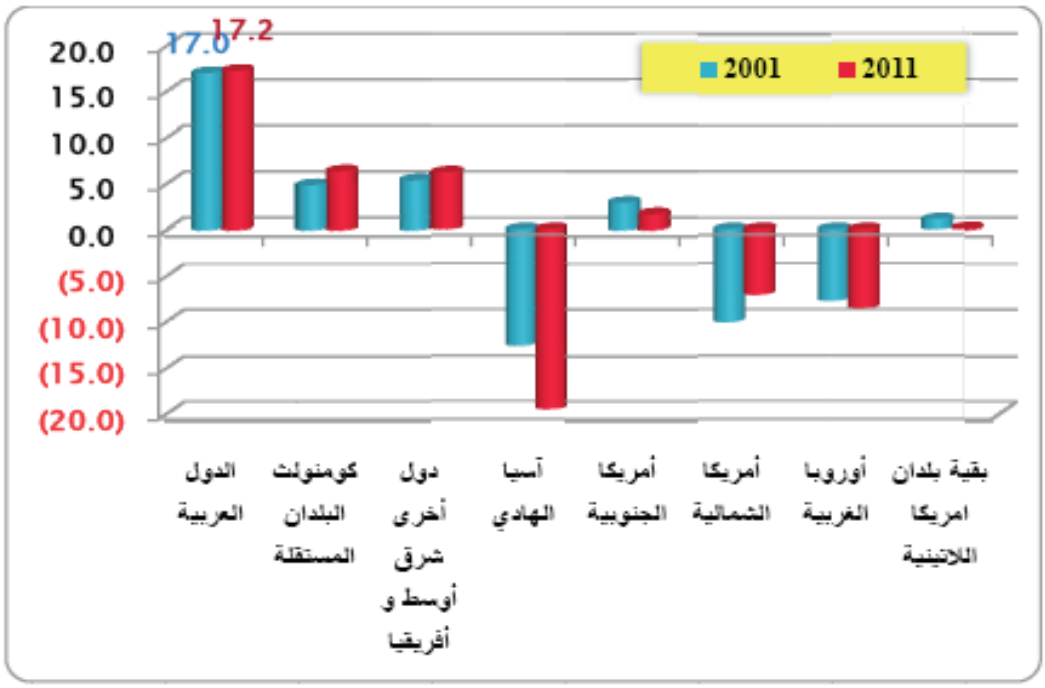
وبالنسبة للصادرات النفطية فقد مرت صادرات الدول العربية من النفط الخام و المنتجات النفطية خلال فترة العقد الماضي بمراحل مختلفة اتسمت بالارتفاع تارة والانخفاض تارة أخرى، فقد وصلت الصادرات النفطية في عام 2000 إلى 17.4 مليون ب/ي أي ما يشكل نحو 32 % من إجمالي الصادرات النفطية العالمية، ثم ارتفعت حوالي 18.3 مليون ب/ي عام 2011 مشكلة حوالي 30 % من إجمالي الصادرات النفطية العالمية التي بلغت نحو 65 مليون ب/ي، مقارنة بحصة 14 % لكل من بلدان أوروبا الشرقية و أوروبا الغربية، ثم بقية بلدان الشرق الأوسط وإفريقيا بحصة 12.6 %، وأمريكا الشمالية بحصة 11.5 %، كما يوضح الشكل – 13:

الشكل- 13: توزع الصادرات النفطية وفق المجموعات الدولية، عامي 2001 و 2011 (مليون ب/ي)



والجدير بالاهتمام أيضاً هو ارتفاع صافي الكميات المصدرة من النفط والمنتجات الذي تتمتع به الدول العربية و الذي بلغ 16.6 مليون ب/ي مقابل بلوغه في دول الكومنولث المستقلة وبلدان أوروبا الشرقية 6.8 مليون ب/ي، وفي بلدان أمريكا اللاتينية 2 مليون ب/ي فقط. ويلاحظ أيضاً تزايد الاعتماد على الواردات في بعض المجموعات الدولية الأخرى كمجموعة البلدان الآسيوية ومنطقة المحيط الهادي التي وصلت احتياجاتها إلى 17.6 مليون ب/ي، وكذلك في بلدان أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية إلى 8.8 و 8.1 مليون ب/ي على التوالي، كما هو موضح في الشكل – 14 :

الشكل – 14: ميزان النفط وفق المجموعات الدولية، عامي 2001 و 2011 (مليون ب/ي)



المحور الثالث: الانعكاسات المحتملة للتطورات في ميزان النفط الصيني على الدول العربية المصدرة للنفط

بالنظر إلى الآفاق المستقبلية ، وعند موازنة إنتاج الصين من النفط مع الطلب عليه فمن المتوقع أن يصل العجز في الصين إلى 14.3 مليون ب/ي عام 2035 مما يعني ان الصين ستكون غير قادرة على تلبية أكثر من 81 % من احتياجاتها المستقبلية من النفط. ولا ريب ان هذا الوضع لميزان النفط الصيني سيكون له انعكاسات على نفط الدول العربية.

وكما يلاحظ أن حصة البلدان النامية ستتجاوز حصة البلدان الصناعية إبتداءً من عام 2020 وبالتالي يتوقع أن تزداد أهمية البلدان النامية كمستهلك رئيسي للنفط في العالم مما سيكون له انعكاسات على نفط الدول العربية بشكل خاص. وبالنظر إلى المؤشرات الرئيسية والعوامل المرتبطة بالطلب المتوقع على النفط من جهة وإمكانيات الدول العربية من حيث الاحتياطات المؤكدة

وانخفاض تكلفة الإنتاج وتوفر البنى التحتية، فإنه ليس من قبيل الصدفة أن غالبية التقديرات تشير إلى أن الدول العربية سيزيد إنتاجها النفطي مما سيؤدي إلى زيادة حصتها من الإنتاج العالمي و في تأثيرها على الاقتصاد العالمي حتى عام 2035.

وفي هذا الصدد تشير معظم توقعات المنظمات والهيئات المتخصصة بالطاقة في استشراف الطلب المستقبلي على الطاقة إلى أن معظم الزيادة في احتياجات العالم من الطاقة لعقود عدة قادمة سيتم تلبيتها من أنواع الوقود الأحفوري (النفط والغاز والفحم) الذي من المتوقع أن يحافظ على حصة 75 % في مزيج الطاقة العالمي في المستقبل المنظور وأبعد من ذلك قليلاً.

ومن المتوقع أن النفط والغاز وحدهما سوف يشكلان نسبة 50 % من إجمالي مصادر الطاقة المستهلكة بحلول عام 2035 بحسب توقعات وكالة الطاقة الدولية. وبناء على توقعات الوكالة ذاتها، وبموجب السيناريو الذي يأخذ بعين الاعتبار كافة سياسات الطاقة والبيئة التي تم تبنيها في الدول المستهلكة الرئيسية، فإنه من المتوقع أن ينمو الطلب العالمي على النفط بمعدل 0.8 % سنوياً ما بين عامي 2010 و 2035، كما أنه من المتوقع أن ينمو الطلب على النفط بمعدل 1.8 % في الدول النامية وبمقدار حوالي 22 مليون ب/ي خلال الفترة ذاتها، وفي المقابل من المتوقع أن ينخفض هذا الطلب في الدول الصناعية بحوالي 4 مليون ب/ي بحلول عام 2035.

وفي جانب الإمدادات فتتوقع وكالة الطاقة الدولية أن تساهم دول منظمة أوبك، التي من ضمنها سبع دول عربية، بنحو 90 % من النمو في الإنتاج العالمي من كل من النفط التقليدي وغير التقليدي وسوائل الغاز الطبيعي خلال الفترة 2010 – 2035. وتبعاً لتوقعات الإنتاج تلك فإن الدول العربية السبع الأعضاء في أوبك ستساهم بحوالي 49 % من الزيادة المتوقعة في إنتاج بلدان أوبك، أو 41 % من الزيادة في الإنتاج العالمي.

يترتب على التقديرات السابقة للعرض والطلب العالميين على النفط نتائج عدة حول حركة التجارة العالمية بين المناطق المختلفة، ووفق سيناريو السياسات الجديدة من المتوقع أن يرتفع حجم تجارة النفط من 37 مليون ب/ي عام 2010 إلى أكثر من 48 مليون ب/ي عام 2035، ومن المتوقع أن ترتفع درجة اعتماد الدول النامية الآسيوية على واردات النفط من 56 % في عام 2010 إلى 84 % في عام 2035.

كما أن من المتوقع أن تحافظ منطقة الشرق الأوسط، وتحديدا الدول العربية، على حصتها من الصادرات العالمية من النفط، حيث ستزيد صادراتها من النفط عن 21 مليون ب/ي في عام 2035 مقارنة بنحو 16 مليون ب/ي في عام 2010، وسيتجه جزء كبير منها إلى منطقة آسيا والمحيط الهادي.

وتجدر الإشارة هنا إلى حجم الاستثمارات الضخمة التي يحتاجها قطاع البترول في الدول العربية، فتماشياً مع التوقعات المستقبلية بشأن الطلب العالمي على النفط حتى عام 2035، تسعى الدول العربية المنتجة للنفط إلى زيادة طاقتها الإنتاجية للحفاظ على حصصها في السوق واستقرار أسعار السوق وبقائه المصدر الرئيسي للطاقة.

وقد قدرت وكالة الطاقة الدولية، بناء على سيناريو السياسات الجديدة، متطلبات الاستثمار العالمي في سلسلة النفط والغاز الطبيعي للفترة 2011 – 2035 بحدود 19.5 تريليون دولار (بأسعار عام 2010)، بحيث يوجه 51 % لقطاع النفط، ونسبة 49 % منها لقطاع الغاز. تستأثر

منطقة الشرق الأوسط بنسبة 8.3 % من الإجمالي العالمي، أي بنحو 1.6 تريليون دولار، 70 % منها لقطاع النفط و30 % لقطاع الغاز.

وعلى المدى القصير، قدرت الشركة العربية للاستثمارات البترولية= (أبيكورب) المتطلبات الاستثمارية لقطاع الطاقة في الدول العربية للفترة 2013-2017 بحدود 740 مليار دولار، أي بمعدل 150 مليار دولار سنوياً، موزعة على النحو التالي:

42 % توجه لقطاع النفط.

34 % لقطاع الغاز الطبيعي

24 % لقطاع توليد الطاقة الكهربائية.

الخلاصة

إن مكانة الدول العربية المنتجة للبترول تجعلها تحمل على عاتقها مهمة مواصلة الاضطلاع بدورها الايجابي نحو استقرار السوق البترولية مع بذل كافة الجهود الممكنة للمحافظة على البترول كمصدر أساسي للطاقة نظراً لمساهمته الكبيرة في النمو الاقتصادي لتلك الدول وأن يستمر الحوار مع الدول المستهلكة للحفاظ على هذا الاستقرار. و من الأهمية بمكان تعزيز التعاون العربي المشترك فيما بينها وتنسيق السياسات البترولية إقليمياً ودولياً لمواجهة التطورات والتحديات التي تواجهها الصناعة البترولية بشكل عام.

ومن أهم ما خلصت إليه الورقة ما يلي: -

- تعتبر الصين ثاني أكبر مستهلك للنفط على المستوى العالمي، ويشكل استهلاكها في الوقت الحاضر 10.3 % من الإجمالي العالمي و 25.4 % من استهلاك الدول النامية ومن المتوقع أن ترتفع الحصة لتشكل 16.4 % من الإجمالي العالمي و 29 % من طلب الدول النامية.
- يتوقع أن يصل طلب الصين على النفط عام 2035 إلى حوالي 17.6 مليون ب /ي مقارنة مع 9 مليون ب/ ي عام 2010. ومن المتوقع أن يرتفع استهلاك النفط في قطاع النقل بوسائله المختلفة في الصين من 3.4 مليون ب م ن ي عام 2009 إلى 9.5 مليون ب م ن ي عام 2035، أي بمعدل نمو سنوي 4 %.
- أن إنتاج الصين من النفط لا يلبي في الوقت الحاضر سوى 45.6 % من طلبها مما يعني تجاوز درجة اعتماد الصين على الواردات نسبة 50 %، ومن المتوقع أن يصل العجز الذي ستواجهه الصين إلى ذروته 14.3 مليون ب/ي عام 2035.
- من المتوقع ازدياد درجة اعتماد الصين على الواردات النفطية من 54.4 % عام 2010 إلى 81.3 % عام 2035. كما يتوقع أن الجزء الأكبر من واردات الصين النفطية عام 2035 من الدول العربية نظراً لتوفر المصادر النفطية كالاحتياطيات والطاقات الإنتاجية من جهة ولموقعها الجغرافي المميز من جهة ثانية.

- أن الدول العربية بحاجة إلى النظر في أمر الصين من منظور أمن الطاقة بشقيه أمن الإمدادات للصين و أمن الطلب للدول العربية، مما قد يشجع على الاستثمار المباشر في الصين باعتباره أفضل الاستراتيجيات المستقبلية لغرض إيجاد منافذ تسويقية مستدامة للنفط والمنتجات النفطية.
- أهمية أن تسعى الدول العربية للعمل على تعزيز استثماراتها في قطاع الصناعات اللاحقة في الصين كالمصافي والبتروكيماويات لما لذلك من أهمية في تعزيز التعاون وفي فتح أسواق واسعة لمنتجاتها النفطية. كما أن فرص كبيرة لتعزيز تجارة الدول العربية مع الصين في المنتجات النفطية التي مازالت محدودة، خاصة في ظل زيادة الطلب على الغازولين الذي يتوقع أن تشهده الصين في ضوء تزايد أعداد السيارات.

وختاماً نود التأكيد على أن إيجاد سوق نفطية متوازنة ومستقرة تلبى تطلعات المنتجين والمستهلكين على حد سواء يعتبر أمرا ضروريا لحفز الدول المنتجة والمصدرة لزيادة استثماراتها النفطية، إذ يجب أن تكون هناك حالة من اليقين على ضمان الطلب العالمي على النفط في المدى المتوسط والبعيد لتبرير هذه الاستثمارات في القطاع البترولي، نظرا لكلفتها المالية الباهظة. فضلاً عن ذلك تتحمل الدول العربية المنتجة للبترول مسؤوليات جسيمة تجاه شعوبها على المستوى المحلي والمتمثلة في ضرورة تنمية قطاع الطاقة المحلي من خلال التركيز على العنصر البشري والجوانب العلمية والتقنية مع الاستغلال الأمثل لموارد الطاقة من أجل تنويع مصادر الدخل وتقليل الاعتماد على مصدر واحد مثل البترول الذي تتسم أسعاره بالتقلبات المستمرة وبشكل ملحوظ.

المراجع

المصادر العربية

- عبدالفتاح دندي، ورقة مقدمة في الدورة الثالثة لمنتدى التعاون العربي الصيني في مجال الطاقة بعنوان «التعاون العربي الصيني في مجال النفط والغاز الطبيعي: الحاضر والمستقبل»، الصين، 16-18 سبتمبر 2012.
- منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، تقرير الأمين العام السنوي ، أعداد مختلفة.
- منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، التقرير الإحصائي السنوي ، أعداد مختلفة.
- منظمة أوبك النشرة الإحصائية السنوية، أعداد مختلفة.

المصادر الأجنبية

- BP Amoco. Statistical Review of World Energy. June 2012.
- International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2012.
- Organization Of Petroleum Exporting Countries (OPEC). Annual Statistical Bulletin 2012.
- Organization Of Petroleum Exporting Countries (OPEC). World Oil Outlook 2012.

المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي
وإمكانيات الاستفادة منها من الناحيتين التقنية والاقتصادية

صباح الجوهر

يستخدم مصطلح مكمن غاز غير تقليدي للإشارة إلى المكمن منخفض النفاذية الذي ينتج عادة غاز طبيعي جاف. ومعظم المكامن منخفضة النفاذية التي أنتج منها الغاز في الماضي كانت معظمها من الحجر الرملي، علاوة على إنتاج كميات كبيرة أيضاً من صخور أخرى منخفضة النفاذية مثل الكربونات، وطبقات السجيل، والفحم. حيث تم فيها حفر وإكمال آبار رأسية، وأجريت عمليات تحفيز للمكامن لتنتج الغاز بمعدلات تدفق، وكميات تجارية. وعادة ما تستخدم طرق إنتاج غير تقليدية لتطوير وإنتاج هذه المصادر، من بينها الحفر الأفقي، واستخدام تقنيات خاصة في إكمال الآبار وتشقيق المكامن، وغيرها من طرق الإنتاج المعزز، كما تحتاج إلى توفر كوادر متخصصة من الجيولوجيين والمهندسين علاوة على الاستثمارات المالية والمعدات الحديثة.

تعرف مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية على أنها تلك التي تحتاج إلى مستويات عالية من التقنيات أو الاستثمارات لكي تكون قابلة للإنتاج، وأكثر أنواع هذه المصادر شيوعاً هي:

1. الرمال الكتيمة Tight Gas Sand
2. غاز السجيل Shale Gas
3. غاز طبقات الفحم Coal-bed Methane
4. الهيدرات Hydrates

على الرغم من أن هذه المصادر لم تحظ بالاهتمام الكافي في السابق عند البحث عن احتياطيات تكون أكثر جدوى اقتصادية، فإنه من المتوقع أن يساهم تقدم علوم هندسة المكامن والإنتاج في تذليل الكثير من الصعوبات التي تواجه عمليات التطوير والإنتاج من تلك المصادر.

تتميز مصادر الغاز التقليدية بأنها ذاتية الدفع، وتتواجد في تجمعات أو تراكيب جيولوجية أو في مصائد تركيبية، وهو ما يختلف عن المصادر غير التقليدية التي تتواجد في طبقات جيولوجية رسوبية كبيرة منفصلة، ولا تعتمد على المصائد التركيبية فحسب، بل تشمل الصخور المولدة للهيدروكربونات مثل طبقات السجيل، التي يتولد فيها الغاز ويتواجد محبوسا بين طبقاتها. ويصبح استخراج الغاز من تلك المصادر مجدياً اقتصادياً وفي المتناول، مع ارتفاع سعر النفط والغاز.

تجدر الإشارة إلى أن ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي عام 2008 ،وتراجع إنتاج حقول الغاز في بعض دول العالم قد شجع تلك الدول إلى السعي نحو تنفيذ برامج استكشاف، وتطوير مصادر جديدة غير تقليدية كانت غير مجدية من قبل. ويمكن أن يوفر إنتاج هذه المصادر كميات معقولة من الغاز الطبيعي تساعد في استدامة الإنتاج، وخاصة مع تزايد الطلب على مصادر الطاقة النظيفة.

يجري العمل حاليا وبوتائر متسارعة للبحث عن وتطوير مصادر غير تقليدية من الغاز الطبيعي في العديد من دول العالم، منها الولايات المتحدة ، وكندا، واستراليا، والمكسيك، وفنزويلا، والأرجنتين، وأندونيسيا، والصين، والهند، وروسيا، ومصر، والمملكة العربية السعودية، وغيرها. وقد أشارت1 معظم الدراسات إلى احتواء بعض تلك المصادر على احتياطيات واعدة من الغاز الطبيعي.

تهدف هذه الدراسة إلى استعراض المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي وآخر التطورات العالمية الحاصلة في تنمية هذه المصادر، وتقنيات إنتاجها، والتوقعات المستقبلية. كما تتطرق إلى الأسس الفنية والاقتصادية والتقنيات المؤثرة على عمليات الإنتاج والتطوير.

1 NPC, Working Document of the NPC Global Oil and Gas Study, Unconventional Gas, Topic paper No.29, USA, July 18, 2007

الفصل الأول
مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية وتطوراتها العالمية
Global Development of Unconventional Gas Resources

1- مكامن الغاز الطبيعي غير التقليدية Unconventional Gas Reservoir

تتواجد مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية في طبقات مكمنية مختلفة الأنواع مثل الصخور الكتيمة التي تصل نفاذيتها إلى أقل من 0.1 ملي دارسي، وفي طبقات السجيل التي تعتبر صخورا مولدة للهيدروكربونات، وفي الوقت ذاته مصائد تحفظ الغاز المتولد، وغاز طبقات الفحم الذي يتواجد ممتزاً في تراكيبه السطحية وفي الثنايا والشقوق، بالإضافة إلى هيدرات الغاز، حيث تخزن جزيئات الغاز داخل بلورات الماء المتجمد. تتباين طرق تقييم هذه المكامن وبيان خصائصها، ومنها نسب الاستخلاص والطاقات الإنتاجية، ونمط الإنتاج، وعدد الآبار وغيرها.

أقرت الحكومة الأمريكية في فترة السبعينات من القرن الماضي تعريف مكامن الغاز الطبيعي في الصخور الكتيمة بأنها: هي المكامن التي تبلغ نفاذية الصخور فيها بالنسبة للغاز أقل من 0.1 ملي دارسي (0.1md).

يعتمد تقييم مكامن الغاز غير التقليدية على عوامل فيزيائية واقتصادية عديدة. ومن العوامل الفيزيائية التي يعتمد عليها قانون دارسي لحساب مقدار تدفق الغاز خلال الطبقات المكمنية والتشققات الدقيقة: هي الضغط المكمني، والنفاذية للغاز، وغيرها وحسب المعادلة التالية:

$$q = \frac{kh\left(\overline{p} - p_{wf}\right)}{141.2\ \overline{a}\ \overline{t}\left[\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) - 0.75 + s\right]}$$

والتي تمثل العلاقة بين معدل تدفق الغاز مع الفرق بين الضغط المكمني الأصلي وضغط الجريان عند قعر البئر إضافة إلى الخواص الفيزيائية المكمنية الأخرى.

حيث:

q = تدفق أو معدل جريان الغاز.

k= النفاذية.

h= السمك الصافي للمكمن، أو السماكة الفعالة، وهي جزء من سمك التكوين الذي يحتوي على الهيدروكربونات.

P= الضغط المكمني.

Pfw= ضغط الجريان للمكمن.

β = معامل التكوين الحجمي للمكمن.

μ = لزوجة الغاز.

re = نصف قطر مساحة الإزاحة.

rw = نصف قطر الفتحة الباطنية للبئر.

s = معامل (skin) الضرر الحاصل في التكوين عند فتحة قعر البئر.

يعتبر تحديد مقدار نفاذية مكامن الغاز غير التقليدية ومنها (الصخور الكتيمة) من الأمور المهمة والمعقدة، حيث تتغير مع العمق، وتصل النفاذية إلى (0.001 md) في بعض المكامن العميقة والسميكة وذات الضغط المرتفع، والتي يتم إكمال آبارها وإنتاجها اقتصاديا. في حين تصل النفاذية إلى مضاعفات هذا الرقم للمكامن الأقل سمكا وأقل عمقا، وعند ضغط منخفض. وتتطلب في هذه الحالة إجراء عمليات التشقيق واستخدام طرق الإنتاج المعزز للتوصل إلى الإنتاج التجاري.

كما تمتز جزيئات الغاز على المساحة السطحية لدقائق الطبقات المكمنية مثل الصخور الكتيمة، والسجيل، وطبقات الفحم الحجري. ويتم حساب مقدار تدفقها حسب قانون (Fick) لحركة الغاز بالانتشار.

يعتمد قانون (Fick) لحركة الغاز بالانتشار[1] على العلاقة بين مقدار تدفق الغاز بالانتشار مع الفرق في تركيز الغاز عبر مسافات محددة، حيث تتحرك جزيئات الغاز باتجاه التركيز المنخفض، ويعرف ثابت التغير بمعامل الانتشار (Diffusion Coefficient). والذي يتأثر بتغير درجات الحرارة، وحسب المعادلة التالية التي تمثل أبسط صورة لهذا القانون:

$$J = -D\frac{\partial \phi}{\partial x}$$

حيث:

J = حركة جزيئات الغاز بالانتشار خلال (مقطع) محدد وفترة زمنية قصيرة، وتقاس بالمول/ متر مربع × ثانية ويرمز لها $\left(\frac{\text{mol}}{m^2 \cdot s}\right)$.

D= معامل الانتشار (مول مربع/ الثانية) ويرمز له $\left(\frac{m^2}{s}\right)$ كما تمثل الإشارة السالبة إلى اتجاه حركة جزيئات الغاز من التركيز العالي إلى التركيز الأقل.

ϕ= ويمثل كمية جزيئات الغاز المتحركة وتقاس (بالمول/متر مكعب) ويرمز لها $\left(\frac{\text{mol}}{m^3}\right)$

x = مسافة الحركة وتقاس بالمتر m .

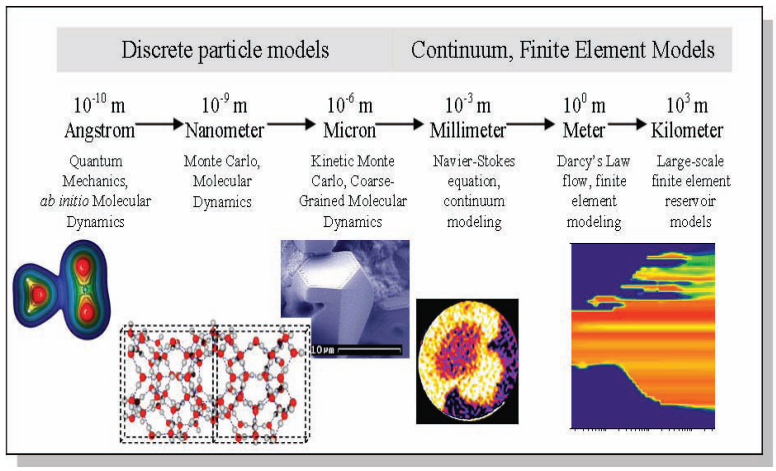
وتنخفض عادة مقادير معدل تدفق الغاز بالانتشار خلال النسيج الصخري الكتيم أو خلال طبقات الفحم الحجري وحسب قانون (Fick)، حيث يتطلب حفر عدد كبير من الآبار الإنتاجية في هذه المكامن للحصول على الطاقة الإنتاجية التجارية. في حين تزداد كميات تدفق الغاز خلال النسيج الصخري النفوذ وحسب قانون دراسي.

يعكف العلماء على دراسة تطوير المزيد من المصادر الصعبة غير التقليدية للغاز الطبيعي، وقد تم تطوير برامج محاكاة مكمنية متقدمة وبتقنيات عالية ساعدت على التوصل إلى نتائج عالية الدقة حول

1 . W.F.Smith, Fundations of Materials since and Engineering, McGraw-Hill, 2004..

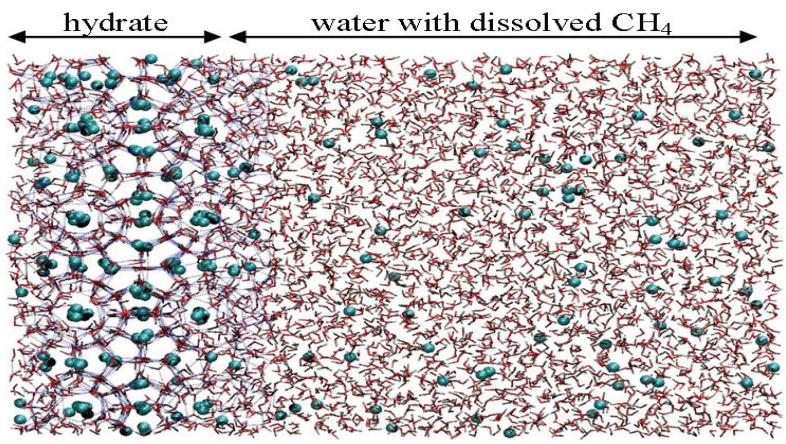
متطلبات تطوير هذه المكامن وإنتاجها، وعلى الأخص دراسة تطوير مصادر هيدرات الغاز. حيث تعتمد خصائص طبقات هيدرات الغاز على العلاقة التي تربط جزيئات الغاز مع بلورات الماء المتجمد إضافة إلى الوسط أو التكوين الجيولوجي الذي تتواجد فيه[1]. وقد توصلت أعمال البحث المتقدمة إلى مجموعة جديدة ومختلفة من برامج المحاكاة المكمنية تعتمد على تقنيات (Molecular Level Modeling) (MLM). وحققت هذه البرامج عند استخدامها نتائج جيدة ومتطابقة مع التجارب المعملية والنتائج الحقلية التجريبية، ولا تزال أعمال البحث العلمي والتطوير مستمرة لتحسين هذه البرامج. يبين الشكل 1-1 تطور أسس تقنيات محاكاة مصادر هيدرات الغاز، ومراحل البحث العلمي الذي يتبعه العلماء في جامعة (Pittsburgh) الأمريكية لتطوير تقنيات (MLM) المشار إليها أعلاه. والتي تستخدم تقنيات النانو المطورة حديثا مع التقنيات المعروفة سابقا، وربطها مع الدراسات المكمنية لهيدرات الغاز.

الشكل 1-1 : تطور أسس تقنيات محاكاة مصادر هيدرات الغاز



وفرت تقنيات النانو أو التقنيات الجزيئية مجالا جديدا من المعرفة الحديثة والتقنيات المتقدمة، أتاح استخدامها فرصة التوصل إلى العوامل المؤثرة على سلوك مكامن هيدرات الغاز، مثل التأثير الحراري ومعامل التوصيل الحراري، ومقدار تحلل الهيدرات وحركة الجزيئات والطاقة الإنتاجية لغاز الميثان والتنبؤات المستقبلية وغيرها.

الشكل 1-2: شكل توضيحي لانطلاق غاز الميثان من هيدرات الغاز



يبين الشكل 1-2 مثالاً لحركة جزيئات غاز الميثان وانطلاقها من بلورات الماء المتجمد في التركيب الجيولوجي.

1 . DOE, Fire in the ice, Methane Hydrate Newsletter, Spring, 2009.

1--2 لمحة عن تطور احتياطيات المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي عالمياً

تتوزع المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي بصورة واسعة حول العالم، ويرجع أول تقدير لاحتياطيات الغاز الطبيعي من تلك المصادر إلى بداية ثمانينات القرن الماضي من قبل (Kuuskraa & Meyers) ولم تكن تتوفر حينئذ معلومات تفصيلية عنها. ويبين الجدول 1-1 تقديرات احتياطيات الغاز الطبيعي لتلك المصادر عام 1983 والتي قدرت بحوالي 570 تريليون قدم مكعب في الولايات المتحدة وكندا، وبحوالي 850 تريليون قدم مكعب في باقي مناطق العالم. وقد تم وضع هذه التقديرات ضمن المعايير والخبرات الأمريكية المعتمدة في مجال تصنيف وتقدير الاحتياطيات[1].

الجدول 1 - 1 : احتياطيات الغاز الطبيعي القابل للإنتاج من المصادر غير التقليدية عام 1983

نوع المصدر/ المنطقة	تريليون قدم مكعب		
	الولايات المتحدة وكندا	باقي العالم	الإجمالي
غاز السجيل	50	250	300
غاز الصخور الكتيمة	460	400	860
غاز طبقات الفحم	60	200	260
إجمالي	570	850	1420

يعتبر تطوير المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي في الولايات المتحدة نموذجا يحتذى به لباقي بلدان العالم. وقد تجمعت معلومات وبيانات كثيرة حول التجربة الأمريكية، وتقنيات تطويرها وإنتاجها عبر السنوات العشرين الماضية. تعتبر معظم هذه المصادر المكتشفة والمطورة، هي من الصخور الرملية الكتيمة، وتساهم بنسبة عالية من إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة. كما تم تحقيق تقدم كبير في اكتشاف مصادر جديدة لغاز السجيل خلال الفترة الأخيرة. وقد توفرت معلومات وبيانات إضافية ومفصلة عن مصادر غاز طبقات الفحم وغاز السجيل، وتم تنفيذ مشاريع عديدة لتطوير وإنتاج الغاز الطبيعي منها.

الجدول 1-2 : تطور احتياطيات المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي وتوقعاتها

المنطقة	تقديرات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية لعام 1993 (تريليون قدم مكعب)	التقديرات المتوقعة لعام 2015 (تريليون قدم مكعب)
أمريكا الشمالية	1394	2259
أمريكا الجنوبية	715	987
أوروبا	617	783
أفريقيا	813	1000
الشرق الأوسط	2697	2799
آسيا واستراليا	963	1733
روسيا وكومنولث الدول المستقلة	4361	4928
إجمالي	11560	14489

وعلى ضوء تلك البيانات والتطور الذي حصل في تكنولوجيا الاستخراج والإنتاج في حينها، تم مراجعة وإعادة وضع تقديرات محدثة لاحتياطيات تلك المصادر حول العالم عام 1993. يبين الجدول 1-2، تفاصيل تلك التقديرات والتي وضعتها هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية لعام 1993، مع توقعات تطورها بحلول عام 2015، في ظل توقعات التوصل إلى تقنيات جديدة لاستخراج وإنتاج الغاز الطبيعي من المصادر غير التقليدية.

1 . V.A. Kuuskraa, Natural Gas Resources, Unconventional, Encyclopedia of Energy, Vol. 4, 2004.

وقد أظهرت دراسات أخرى نتائج تقديرات الباحثين[1] في عام 1997 حول الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية، حيث لم يتم التوصل إلى قيم موحدة لنسب استخلاص الغاز، ولا يزال هناك نقص في المعلومات، وأن المتوفر منها محدود وغير كاف للتوصل إلى نتائج دقيقة، كما أن التقنيات المستخدمة في إنتاج الغاز الطبيعي من المصادر غير التقليدية ليست في مستوى الطموح في ذلك الوقت. يبين الجدول 1-3 النتائج التي تم التوصل إليها، حيث قدر إجمالي الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي لهذه المصادر عالميا بحوالي 35.27 ألف تريليون قدم مكعب، (ولا يشمل ذلك مصادر هيدرات الغاز). منها 17.44 ألف تريليون قدم مكعب من مصادر غاز السجيل، أي بنسبة 49.5 %.

قدر الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي في طبقات الفحم الحجري بحوالي 9.81 ألف تريليون قدم مكعب، أي بنسبة 27.8 %. في حين قدر الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي في مكامن الصخور الكتيمة بحوالي 8.02 ألف تريليون قدم مكعب، أي بنسبة 22.7 %.

الجدول 1-3 : تقديرات الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية عالميا(عام 1997)

المنطقة / تريليون قدم مكعب	غاز طبقات الفحم	غاز طبقات السجيل المتشقق	غاز الصخور الكتيمة	هيدرات الميثان
أمريكا الشمالية	3270	4160	1480	260000
أمريكا اللاتينية	40	2290	1400	190000
أوروبا الغربية	170	550	380	30000
وسط وشرق أوروبا	130	50	90	
روسيا وكومونولث الدول المستقلة	4290	680	980	180000
الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	غير متوفر	2750	890	10000
أفريقيا جنوب الصحراء×	40	300	850	20000
أواسط آسيا والصين	1320	3820	380	20000
دول منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي/الباسيفيك	510	2500	760	60000
دول آسيا الباسيفيك أخرى	غير متوفر	340	600	10000
جنوب آسيا	40		210	20000
إجمالي العالم	9810	17440	8020	800000

• Sub-Saharan Africa ، وتشمل باقي دول أفريقيا.

كما قدر إجمالي الاحتياطي الجيولوجي لغاز هيدرات الميثان في العالم بحوالي 800 ألف تريليون قدم مكعب، وتمثل هذه التقديرات خطوة هامة في سياق تقييم هذه المصادر.

شهد العالم اهتماماً متزايداً وتفهماً لأهمية المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي والتعرف على مكامنها ومواقع تواجدها، وقد أدى ذلك إلى ارتفاع تقديرات احتياطياتها المؤكدة خلال العقد المنصرم. وفي الوقت ذاته لا تزال هناك الكثير من الأمور غير المعروفة والتي تحتاج إلى المزيد من البحث والتمحيص والتجارب الحقلية وعلى الأخص في مصادر هيدرات الغاز.

أشارت وكالة الطاقة الدولية في دراستها حول النظرة الاستشرافية للطاقة العالمية لعام 2009[2]، إلى أحدث البيانات عن تقديرات الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية، حيث بلغ إجمالي الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي حوالي 32.56 ألف تريليون قدم مكعب، للأنواع الثلاثة: غاز الصخور الكتيمة، وغاز طبقات الفحم، وغاز السجيل. الجدول 1-4 والتي جاءت متقاربة مع ما جاء في الجدول 1-3 والبالغة 35.27 ألف تريليون قدم مكعب، وقد يكون سبب ذلك هو الاتفاق على نفس الأسس التي وضعت سابقا في تقديرات تلك الاحتياطيات.

1 . V.A. Kuuskraa, Natural Gas Resources, Unconventional, Encyclopedia of Energy, Vol. 4, 2004
2 . IEA, World Energy Outlook 2009.

والجدير بالذكر أنه، تم حفر أكثر من 100 ألف بئر لتطوير 120 تريليون قدم مكعب من مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية في الولايات المتحدة خلال السنوات الماضية. وقد تولدت معلومات كثيرة وتم بناء القاعدة الأساسية لوضع تقديرات موثوق بها عن مصادر غاز السجيل، وغاز الصخور الكتيمة، وغاز طبقات الفحم. في حين لا تزال هناك مجموعة من الأسئلة تحتاج إلى الإجابة عليها من خلال أعمال البحث والتطوير ومنها:

الجدول 1-4: تقديرات الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية حسب وكالة الطاقة الدولية لعام 2009

المنطقة / تريليون قدم مكعب	غاز الصخور الكتيمة	غاز طبقات الفحم	غاز السجيل	الاجمالي
أمريكا الشمالية	1377	3002	3849	8228
أمريكا اللاتينية	1307	35	2119	3461
أوروبا الغربية	353	177	494	1024
وسط وشرق أوروبا	71	106	71	247
روسيا وكومونولث الدول المستقلة	883	3955	636	5474
الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	**812**	0	2543	3355
الصحراء الأفريقية	777	35	283	1095
اسيا الوسطى والصين	353	1201	3531	5085
دول منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي/الباسيفيك	706	494	2295	3496
دول آسيا الباسيفيك أخرى	**530**	0	318	848
جنوب آسيا	212	35	0	247
إجمالي العالم	7381	9041	16139	32560

• المصدر: وكالة الطاقة الدولية 2009

- حدود إنتاجية الغاز المكتشف؟
- المسافة الفاصلة المفضلة بين الآبار المنتجة؟
- تأثير تقنيات الحفر والإكمال المتطورة على إنتاجية البئر؟

ويقصد بهذه الأسئلة، التوصل إلى مقدار الجزء القابل للإنتاج من المساحات الكبيرة لمصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية المكتشفة. حيث يعمل على إعادة النظر في تقديرات احتياطيات الغاز لأكثر من مرة خلال السنوات القادمة على ضوء التقدم العلمي والتقني. وعلى سبيل المثال: ازدادت تقديرات احتياطيات مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية القابلة للإنتاج للولايات الرئيسية في أمريكا، من 366 تريليون قدم مكعب عام 1996 لتصل إلى 580 تريليون قدم مكعب عام 2006، في ضوء تطور تقنيات الحفر والإنتاج، الجدول 1-5. ويبين الجدول 1-6 توزع تلك الاحتياطيات على مناطق الإنتاج في الولايات الرئيسية نفسها لعام 2006. حيث شهدت مناطق شرق ووسط ولاية تكساس زيادة كبيرة في احتياطيات هذه المصادر[1].

الجدول 1-5: تطور تقديرات احتياطيات مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية في الولايات المتحدة الأمريكية

نوع المصدر (تريليون قدم مكعب)	السنة		
	1996	2002	2006
غاز الصخور الرملية الكتيمة	259	348	379
غاز طبقات الفحم	55	83	73
غاز السجيل	52	78	128
الإجمالي	366	509	580

1 . V.A Kuuskraa, Unconventional Gas-2: Resource Potential estimates likely to change, O&G Journal, Vol. 105, issue 35, Sept.17, 2007.

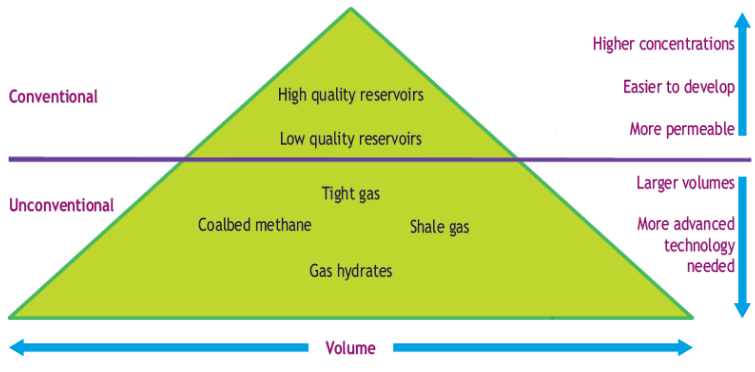
الجدول 1-6 : توزع احتياطيات الغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية على مناطق الإنتاج في الولايات المتحدة الأمريكية عام 2006

المنطقة	نوع المصدر (تريليون قدم مكعب)			
	غاز الصخور الرملية الكتيمة	غاز طبقات الفحم	غاز السجيل	الإجمالي
أحواض جبال روكي	223	57	3	283
شرق ووسط تكساس	32		49	81
حقل Appalachia	67	5	15	87
أخرى	57	11	61	129
الإجمالي	379	73	128	580

1-2-1 تصنيف احتياطيات مصادر الغاز الطبيعي

يمثل مثلث مصادر الغاز الطبيعي نموذجا عمليا لتصنيف مصادر الغاز الطبيعي في الأحواض الرسوبية ذات الاحتمالات الهيدروكربونية المختلفة. ويعتبر أحد الطرق المفيدة التي دأب الباحثون على استخدامها في دراساتهم، ومنها تقييم مصادر الغاز الطبيعي المختلفة، حيث يبين توزع كمياتها ونوعيتها وإمكانية إنتاجها. وقد تم استخدام مثلث المصادر أول مرة من قبل (Masters and Grey) في فترة السبعينات من القرن الماضي، بهدف إيجاد تصنيف بياني لمصادر الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة بصورة عامة. في الشكل 1-3، تمثل المساحة الصغيرة والمحددة عند رأس المثلث مصادر الغاز الجيدة والتي تمثل مصادر الغاز الطبيعي التقليدية، حيث يمكن تطويرها وإنتاجها اقتصاديا. كما تمثل باقي مساحة المثلث الكبيرة، مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية وحجمها والتي تعتبر من المصادر الصعبة وتتطلب تقنيات خاصة ومكلفة لتطويرها واستخلاص الغاز الطبيعي منها.

الشكل 1-3: مثلث مصادر الغاز الطبيعي

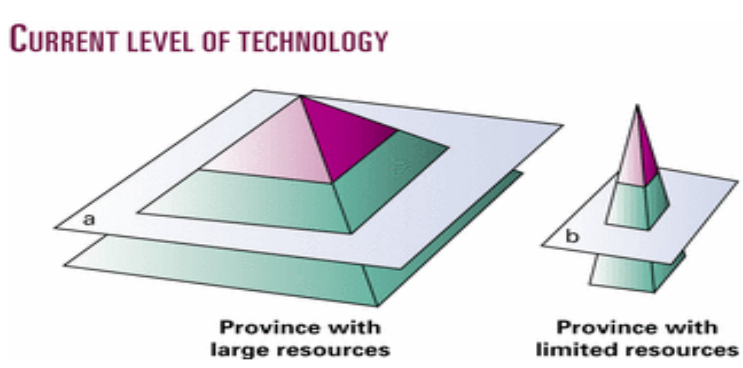


Sources: Masters (1979); Holditch (2006).

أشارت بعض الدراسات إلى استخدام التمثيل الهرمي للمصادر لتوضيح تفاصيل توزيع وتصنيف احتياطيات الغاز الطبيعي في الأحواض الرسوبية المختلفة، من قبل بعض الباحثين على سبيل المثال (Kuuskraa & Schmoker)، وقد شمل ذلك المصادر غير التقليدية. حيث يمثل رأس الهرم عدد المصادر أو المكامن المكتشفة ذات المواصفات الجيدة والتي ينخفض عددها عادة. كما يتطلب جهوداً كبيرة في البحث والتنقيب لاكتشافها لندرتها، إلا أن عمليات تطويرها وإنتاجها تمثل حلاً مغريا من الناحيتين الفنية والاقتصادية. هذا وكلما اتجهنا إلى قاعدة الهرم يزداد عدد الحقول (المصادر) في حين تتردى مواصفاتها، حيث تنخفض النفاذية ونسب التشبع

وغيرها. وفي المقابل يتطلب تطويرها استخدام تقنيات متقدمة وطرق الإنتاج المعزز. ويعتمد ذلك على الجدوى الاقتصادية لهذه المشاريع. وتعتبر هذه الطريقة من الطرق العامة والمعتمدة والتي يمكن تطبيقها على جميع الأحواض الرسوبية التي تحتوي على الهيدروكربونات في العالم.

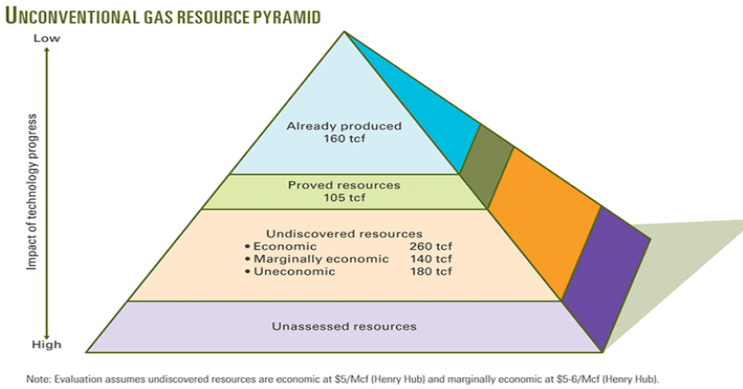
الشكل 1-4: مقارنة حجم هرم مصادر الغاز الطبيعي



كما تشير هذه الطريقة بيانياً إلى مقدار حجم المصادر، حيث يرتبط الشكل البياني لهرم مصادر الغاز الطبيعي، مع حجم تلك المصادر، يمثل الشكل 1-4 (a)، مصادر كبيرة للغاز الطبيعي مقارنة مع الشكل 1-4 (b)، والذي يمثل مصادر محددة. حيث تزداد نسبة حجم جزء الهرم إلى ارتفاعه. كما في الشكل الأول (a) عند المستوى (a) مقارنة مع الشكل الثاني عند المستوى (b)، وتزداد هذه النسبة بتسارع كلما ابتعدنا عن رأس الهرم نحو قاعدته[1].

وعلى سبيل المثال: توزع إجمالي احتياطيات المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي في الولايات المتحدة إلى ما يلي: يمثل رأس الهرم مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية الجيدة والتي تم تطويرها، حيث أنتجت حوالي 160 تريليون قدم مكعب مع احتفاظها باحتياطيات مؤكدة تقدر بحوالي 105 تريليون قدم مكعب. في حين يمثل وسط الهرم احتياطيات تقدر بحوالي 260 تريليون قدم مكعب قابلة للتطوير اقتصاديا إضافة إلى 140تريليون قدم مكعب يمكن تطويرها وباقتصاديات غير مؤكدة. كما تمثل قاعدة وسط الهرم احتياطيات غير اقتصادية في الوقت الراهن والتي تقدر بحوالي 180 تريليون قدم مكعب، ويمثل داخل وقاعدة الهرم الاحتياطيات المحتملة والمتوقعة مستقبليا، ومنها مصادر هيدرات الغاز وغيرها الشكل 1-5.

الشكل 1-5 : هرم مصادر الغاز الطبيعي



1 M Ray Thomasson & Fred Meissner, Oil & Gas Journal, Vol. 99, Issue 49, Dec. 03, 2001.
ملاحظة: المستوى (a) والمستوى (b) يمثلان نفس نوع المصادر ولكن في حوضين رسوبين مختلفين.

هذا وقد يؤدي التقدم العلمي والتكنولوجي إلى تحويل الاحتياطيات المحتملة وغير المجدية اقتصاديا حالياً وتحريكها إلى أعلى الهرم لتقع ضمن النوعية العالية (الجيدة). وتشمل أعمال التطوير هذه على سبيل المثال: التقدم في تقنيات الحفر الأفقي والتشقيق المتعدد والذي حول العديد من مصادر غاز السجيل إلى مصادر جيدة يعتمد عليها. وفي الوقت ذاته تلعب أسعار الغاز دورا أساسيا في هذا المجال، حيث تعتبر العديد من مصادر الغاز الطبيعي المحتملة ضمن المنظور الاقتصادي المقبول عند سعر للغاز يتراوح من 5 إلى 6 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية، حسب مؤشرهنري هاب لأسعار الغاز الطبيعي.

وقد أشار التقرير الصادر عام2008 من قبل لجنة تقييم الغاز المحتمل (Potential Gas Committee) (PGC) وبإدارة وكالة الغاز المحتمل (Potential Gas Agency) والتابعة إلى جامعة كولورادو للتعدين (Colorado School of mines)، إلى أن تقديرات احتياطيات الغاز الطبيعي تصنف إلى: احتياطيات محتملة (probable) تقدر بحوالي 441.4 تريليون قدم مكعب للحقول الحالية في الولايات المتحدة، واحتياطيات ممكنة (possible) تقدر بحوالي 736.9 تريليون قدم مكعب من الحقول الجديدة، واحتياطيات تخمينية (مؤملة) (speculative) حوالي 500.7 تريليون قدم مكعب لباقي المناطق. هذا وتبقى مناطق خليج المكسيك والجرف القاري والمياه العميقة من أغنى مناطق الولايات المتحدة بمصادر الغاز الطبيعي المحتملة حيث تحتوي هذه المناطق على ما يقارب 87 % من إجمالي المصادر، وتليها مناطق جبال روكي، ثم المناطق الوسطى من القارة والأطلنطي.

1-2-2 لمحة عن أسس تقييم احتياطيات الغاز الطبيعي

تختلف طرق تقييم احتياطيات المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي عن الطرق الاعتيادية المعروفة، لاختلاف خصائصها، وطرق استكشافها وتطويرها وطاقاتها الإنتاجية وغيرها. حيث تتطلب بيانات كثيرة تشمل الخصائص الجيولوجية، والهندسية، وأدائية الآبار المنتجة وغيرها، إضافة إلى الكادر المتخصص في أعمال تقييم الاحتياطيات. وقد نشر المكتب الاستشاري الأمريكي للدراسات المكمنية والمعرف بـ (ARI) (Advanced Resources International، Inc.) العديد من الدراسات التي اعتمدت على المراجعة المستمرة للبيانات المتراكمة من آلاف الآبار التي تم حفرها في هذه المصادر، لاستخلاص نمط تطوير إنتاجية الآبار.

ويتم الحصول على نتائج محدثة للاحتياطيات نتيجة استمرار عمليات التقييم والمراجعة مع التطور التقني في مجالات الحفر والإكمال وغيرها. وعلى سبيل المثال: كانت تقديرات احتياطيات غاز مكامن السجيل لحقل (Bernett) الأمريكي 3 تريليون قدم مكعب حسب دراسة إدارة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) عام 1996، وقد ازدادت تلك التقديرات لتصل إلى مستوى يتراوح ما بين 26 و49 تريليون قدم مكعب كما جاء بدراسة الاستشاري (ARI) الأخيرة عام 2006، نتيجة اختلاف قيم المؤشرات وطرق التقييم المتبعة.

هذا وتشهد احتياطيات مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية تغيرا مستمرا على ضوء المتغيرات الكثيرة التي تحيط بها، لذا يتطلب إعادة النظر بها كل 2 – 3 سنوات أو على الأقل مرة واحدة كل عشر سنوات.

ويتم تقييم هذه المصادر في أغلب الأحيان والتوصل إلى تقدير الاحتياطيات من خلال الخطوات الخمس التالية[1]:

1 V. A Kuuskraa, Unconventional Gas-2: Resource Potential estimates likely to change, O&G Journal, Vol. 105, issue 35, Sept. 17, 2007.

1- المخزون الجيولوجي للغاز وتحديد مساحة المصدر. تستخدم لهذا الغرض بيانات مختلفة ومنها، الخرائط الجيولوجية التركيبية وسمك التركيب، وبيانات مواصفات الصخور المكمنية.

2- مساحة تصريف البئر والمسافة الفاصلة بين الآبار. ويتم الاستعانة بمعلومات وبيانات الإنتاج، ومواصفات المكامن، ونموذج منحنى إنتاجية البئر.

3- نمط إنتاجية البئر وطاقته المثلى. تعتمد على بيانات قاعدة معلومات إنتاجية الآبار، والاحتياطي لكل بئر، والطاقة الإنتاجية المثلى في فترات زمنية مختلفة، مع تأثير استخدام التقنيات الحديثة.

4- نمط التطور التقني. ويشمل ذلك تأثير تطور تقنيات عمليات إكمال الآبار، واختيار الطبقة المكمنية وتحسن أدائية البئر الإنتاجية.

5- مساهمة التقنيات المتقدمة المساعدة. وتشمل استخدام نماذج محاكاة خاصة، واستخراج المؤشرات الإحصائية والمعادلات التجريبية بناءا على قاعدة البيانات التي توفرت، إضافة إلى طرق أخرى للحصول على أفضل النتائج فما يخص اختيار المناطق ذات المواصفات المكمنية الجيدة. هذا مع مراعاة التشريعات والقوانين الحكومية والمحددات البيئية.

1-2-3 مقارنة قيم تقديرات الاحتياطي وتطوراتها العالمية

شهدت نتائج تقدير احتياطيات مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية في الولايات المتحدة تباينا ملحوظا، حسب الجهات الدارسة. حيث بلغت تلك التقديرات حوالي 580 تريليون قدم مكعب، حسب آخر دراسة أصدرها المكتب الاستشاري (ARI) عام 2006. وقد اعتبر هذا الرقم مبالغ فيه عند مقارنته مع التقدم التقني الحاصل وتطور المصادر في حينه. وفي المقابل نشر مجلس البترول الوطني الأمريكي دراسته التي اعتمدت على قاعدة البيانات التي شملت كافة المعلومات منذ عام 1998، والتي جاءت باحتياطيات قدرت بحوالي 206 تريليون قدم مكعب للولايات الرئيسية الأمريكية عام 2003. وقد استند المجلس في دراسته تلك، على بيانات كل من معهد أبحاث الغاز (GRI) (Gas Research Institute) و هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS). وفي المقابل جاءت هيئة المسح الجيولوجي بدراسة محدثة تشير إلى تقديرات الاحتياطي بحوالي 304 تريليون قدم مكعب عام 2006 ولنفس الولايات الرئيسية الأمريكية[1].

الجدول 1-7 : مقارنة تقديرات احتياطيات الغاز الطبيعي لمصادره غير التقليدية في الولايات الرئيسية الأمريكية عام 2006

US LOWER 48 GAS RESOURCE ESTIMATES

	Advanced Resources, 2006 — Proved reserves	Advanced Resources, 2006 — Undeveloped resources	National Petroleum Council, 2003	US Geological Survey, 2006
	tcf			
Tight gas sands	73	379	131	177
Coalbed methane	20	73	46	67
Gas shales	12	128	29	60
Total	**105**	**580**	**206**	**304**

Note: ARI's estimate is based on data through 2005. NPC's estimate is for accessible undeveloped resources, current technology, with data through 1998. USGS's estimate is for undeveloped continuous resources, with data from 1995-2006.

يبين الجدول 1-7 تقديرات مختلفة لاحتياطيات أنواع مصادر الغاز الطبيعي

1 V. A Kuuskraa, Unconventional Gas-2: Resource Potential estimates likely to change, O&G Journal, Vol. 105, issue 35, Sept. 17, 2007.

غير التقليدية للولايات الرئيسية الأمريكية عام 2006.

أدت الطرق والأساليب المختلفة والمستخدمة من قبل الجهات الدارسة إلى نتائج متباينة، وتبقى هذه التقديرات محورا للبحث والتطوير المستمر على ضوء تغير العوامل المؤثرة.

شهدت بعض مناطق العالم (خارج الولايات المتحدة) نشاطاً ملحوظاً في تطوير احتياطيات مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية. حيث ازداد اعتماد كندا على تطوير وإنتاج هذه المصادر، في حين تراجع احتياطي وإنتاج مصادرها التقليدية للغاز الطبيعي بنسبة حوالي 13 % للفترة من عام 1996 إلى عام 2006. وكما جاء ذلك في الدراسة التي أعدها الإتحاد الكندي لمنتجي البترول (CAPP) بالاشتراك مع التحالف الكندي لتكنولوجيا البترول (PTAC). حيث قدرت احتياطيات المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي بأكثر من 700 تريليون قدم مكعب لمكامن الصخور الرملية الكتيمة، وأكثر من 860 تريليون قدم مكعب لغاز السجيل، في حين بلغت تقديرات غاز طبقات الفحم أكثر من 700 تريليون قدم مكعب. وتجدر الإشارة إلى اهتمام الحكومة الكندية[1] بتطوير مصادر هيدرات الغاز في حقل (Mackenzie Delta) الواقع إلى الشمال الغربي من البلاد وعند الدائرة القطبية. وعلى الرغم من صعوبة تطويره إلا أن المسألة أصبحت ضرورية بسبب تغير المناخ وارتفاع درجات الحرارة التي قد تؤدي إلى تحلل الهيدرات وانفلات الغاز إلى الجو والذي يعرف باسم (Thermogenic).

كما يتوقع أن تصبح المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي أحد المصادر الرئيسية لتزويد الدول الأوروبية بالغاز، وقد أشارت التقديرات عن مصادر الغاز الطبيعي في هولندا في منتصف عام 2009، إلى أن المخزون الجيولوجي للغاز الطبيعي في مصادره غير التقليدية في كافة الأراضي الهولندية البرية والبحرية يصل إلى ما يقارب (17657) تريليون قدم مكعب (500 تريليون متر مكعب)، كما تقدر نسبة الاستخلاص بحوالي 10 %.

يقدر إجمالي الاحتياطي الجيولوجي العالمي من الغاز الطبيعي في مصادره غير التقليدية بأكثر من 35 ألف تريليون قدم مكعب (991 تريليون متر مكعب) (ولا يشمل ذلك هيدرات الغاز)، وتكمن الحاجة إلى تقنيات متطورة تستطيع التعامل مع هذه المصادر، مثل التشقيق الهيدروليكي، والمسح المايكرو سيزمي، والحفر الأفقي وغيرها. وعند تمكن التقنيات الحديثة والمتطورة من الولوج إلى هذه المصادر وإنتاجها تجاريا[2] سيتم توفير كميات هائلة من الغاز الطبيعي تفي بمتطلبات الأسواق ولفترات طويلة. هذا وتعمل العديد من مراكز البحث العلمي والجامعات في مختلف دول العالم على تطوير هذه المصادر ومنها على سبيل المثال: جامعة تكساس الأمريكية على إجراء دراسات وبحوث تطبيقية وبالتقنيات المتاحة للتوصل إلى الصيغة العملية التي تمكن الشركات من استثمار وتطوير هذه المصادر.

3-1 لمحة عن تطور إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي

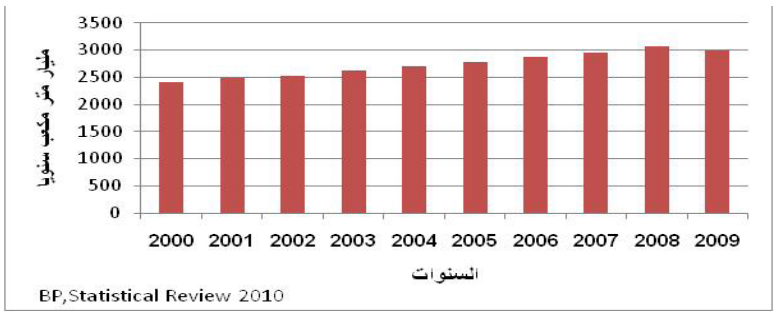
تراجعت إمدادات الغاز الطبيعي المسوق عالمياً في عام 2009 بنسبة 2.3 % عن عام 2008، حيث انخفضت من 3060.8 مليار متر مكعب إلى حوالي 2987.0 مليار متر مكعب خلال تلك الفترة. وقد شهدت معظم مناطق العالم تراجع الإنتاج بنسب متفاوتة خلال عام 2009 مقارنة مع عام 2008. في حين سجلت منطقة الشرق الأوسط أكبر زيادة في إنتاج الغاز الطبيعي المسوق بنسبة 6.5 %، وبلغت مساهمتها نسبة 13.6 % من إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي المسوق عالميا، تليها منطقة آسيا/ الباسيفيك بزيادة نسبتها

1 Uchenna Izundu, Gorningen Unconventional Gas Resource key to European supply, O&G Journal International editor, June 22, 2009.

2 Uchenna Izundu, Gorningen Unconventional Gas Resource key to European supply, O&G Journal International editor, June 22, 2009.

5.2 %، وبمساهمة نسبتها 14.6 %من إجمالي الإنتاج العالمي، ثم منطقة أمريكا الشمالية بنسبة 1.6 % وبمساهمة نسبتها 27.4 % من إجمالي الإنتاج العالمي. وفي الوقت ذاته ارتفع إنتاج الولايات المتحدة بنسبة 3.5 % وقد بلغت مساهمتها 20.1 % من إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي المسوق عالمياً. في حين انخفض إنتاج الغاز الطبيعي المسوق من روسيا وكومنولث الدول المستقلة بنسبة 12.3 % وتراجعت حصة مساهمتها من 26.7 % إلى 23.3 %، خلال عام 2009 مقارنة مع عام 2008. وتراجع إنتاج مجموعة الدول الأوروبية بنسبة 4.9 %، وبلغت حصة مساهمتها نحو 9.3 % من إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي المسوق عالميا. كما تراجع إنتاج الدول الأفريقية من الغاز الطبيعي المسوق بنسبة 4.6 %، وبلغت حصة مساهمتها 6.8 % من إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي المسوق عالميا. أما في مناطق وسط وجنوب أمريكا فقد تراجعت كميات إنتاج الغاز الطبيعي المسوق بنسبة 3.2 %، وبلغت حصة مساهمتها 5.1 % من إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي المسوق عالميا.

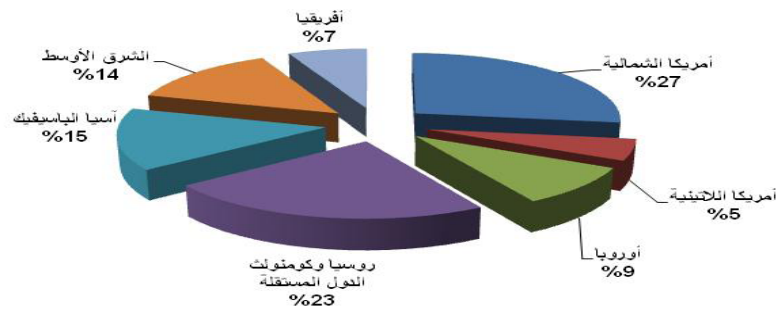
الشكل 1-6 : تطور إنتاج الغاز الطبيعي المسوق عالميا للفترة من 2000 إلى 2009



BP,Statistical Review 2010

يبين الشكل 1-6 تطور إنتاج الغاز الطبيعي المسوق عالميا (مليار متر مكعب سنويا) للفترة من عام 2000 لغاية عام 2009. كما يبين الشكل 1-7 توزع إنتاج الغاز الطبيعي المسوق وحسب المناطق لعام 2009.

الشكل (1-7)
توزع إنتاج الغاز الطبيعي المسوق عالميا لعام 2009



BP,Statistical Review 2010

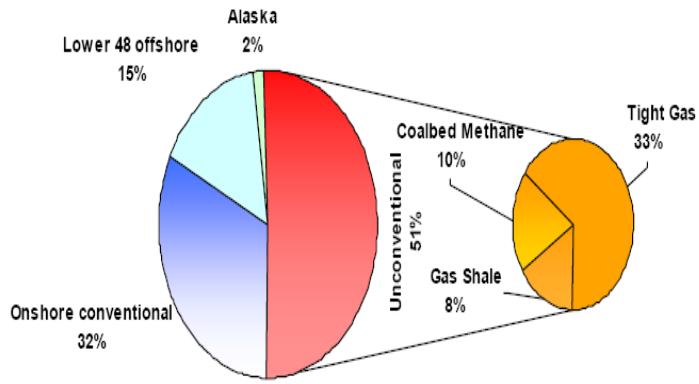
تمثل احتياطيات الغاز الطبيعي القابل للإنتاج من المصادر غير التقليدية ما يقارب 4 % من إجمالي احتياطيات الغاز الطبيعي المثبتة في العالم، وحسب التقنيات التي تم التوصل لها لغاية عام 2008. وقد بلغت حصة إنتاج المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي ما يقارب 12 % من إجمالي إنتاج العالم من الغاز الطبيعي المسوق لعام 2008. ساهمت الولايات المتحدة بحوالي ثلاثة أرباع من إجمالي إنتاج هذه المصادر، حيث ارتفع إجمالي إنتاجها من الغاز الطبيعي المسوق[1] من 574 مليار متر مكعب عام 2008 إلى 593 مليار متر ومكعب عام 2009 أي بزيادة نسبتها 3.5 %.

بلغت حصة مساهمة إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية في الولايات المتحدة الأمريكية أكبر من 51 % من إجمالي الإنتاج لعام 2009، مقارنة مع 47 % لعام 2007. هذا وقد سجل

1 . BP Statistical Review of World Energy, June 2010.

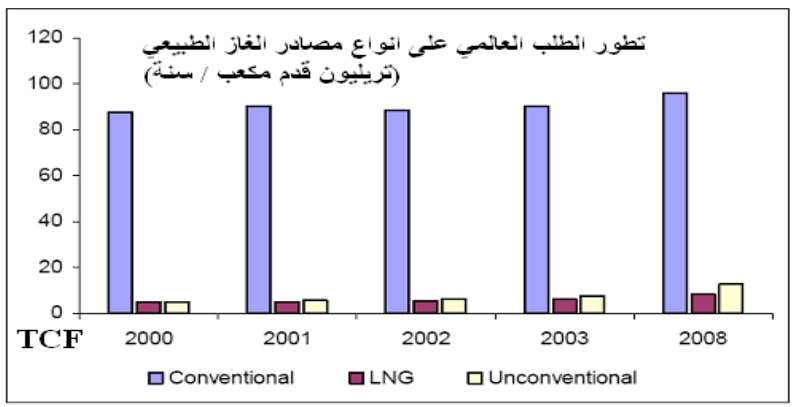
إنتاج مصادر غاز السجيل نمواً سنويا مقداره 40 % وهو الأكبر لعام 2009، مقارنة مع 10 % لغاز طبقات الفحم وغاز الصخور الكتيمة. يبين الشكل 1-8 توزع إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة ومدى مساهمة المصادر غير التقليدية المختلفة للغاز الطبيعي في الإنتاج لعام 2009.

الشكل 1-8 : توزع إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة ومساهمة المصادر غير التقليدية المختلفة في إجمالي الإنتاج لعام 2009



Source: Energy Information Administration (EIA)

الشكل 1-9 : تطور الطلب العالمي على الغاز الطبيعي (تريليون قدم مكعب/ سنة) ومن مصادره المختلفة خلال الفترة 2000- 2008



Source: Business Communications Company

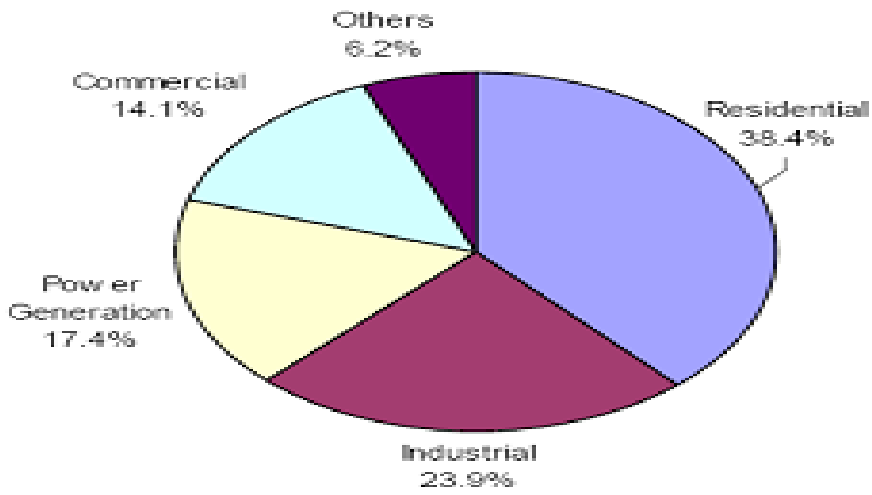
وقد أدى استمرار نشاط تطوير المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي في الولايات المتحدة، خلال عام 2009، إلى رفع مستوى إنتاج البلاد إلى المركز الأول عالمياً حتى فاق إنتاج روسيا التي تراجعت إلى المركز الثاني خلال نفس السنة.

يبين الشكل 1-9 تطور الطلب العالمي على الغاز الطبيعي (تريليون قدم مكعب/ سنة) من مصادره المختلفة والتي تشمل (مصادر الغاز الطبيعي التقليدية، وغير التقليدية، والغاز الطبيعي المسيل)، خلال الفترة 2000- 2008 .

يبين الشكل 1-10 توزع استهلاك الغاز الطبيعي عالميا وعلى مختلف القطاعات، وكما جاء في بيانات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية. حيث حصل القطاع السكني والتجاري على الحصة الكبرى وبنسبة 38.4 %، ثم يليه القطاع الصناعي بنسبة 23.9 %. في حين بلغت نسبة مساهمة قطاع توليد الطاقة الكهربائية 17.4%. هذا وقد ساهمت دول أوروبا وأوراسيا بالحصة الكبرى في توزع استهلاك الغاز الطبيعي عالميا عام 2008، أي بنسبة 38 %، تلتها أمريكا الشمالية بنسبة 27 %، ثم دول آسيا الباسيفيك بنسبة 16 %. الشكل 1-11[1].

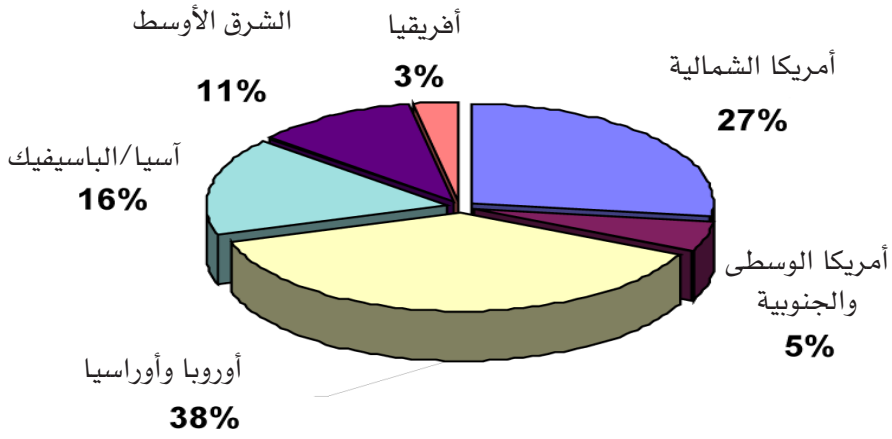
1 .BP Statistical Review of World Energy, June 2009.

الشكل 1-10 : توزع استهلاك الغاز الطبيعي عالميا وحسب القطاعات لعام 2008



Source: Energy Information Agency, Datamonitor

الشكل 1-11 : توزع استهلاك الغاز الطبيعي في العالم خلال عام 2008

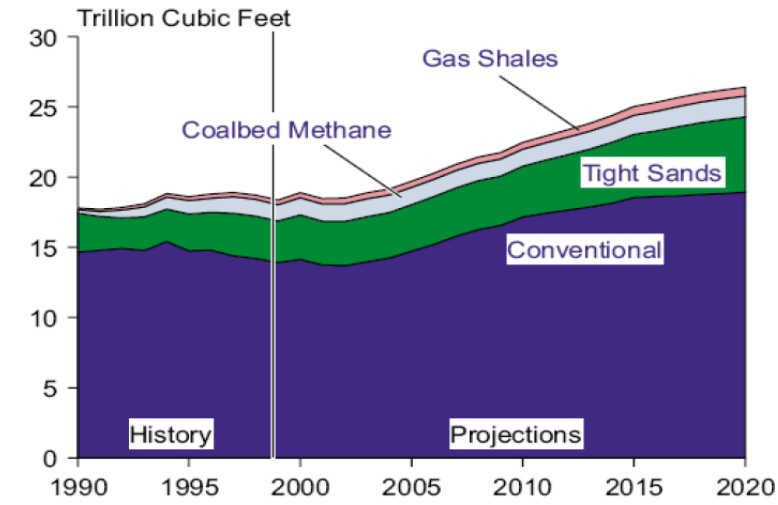


BP, Statistical Review 2009

1-4 تنبؤات إنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي

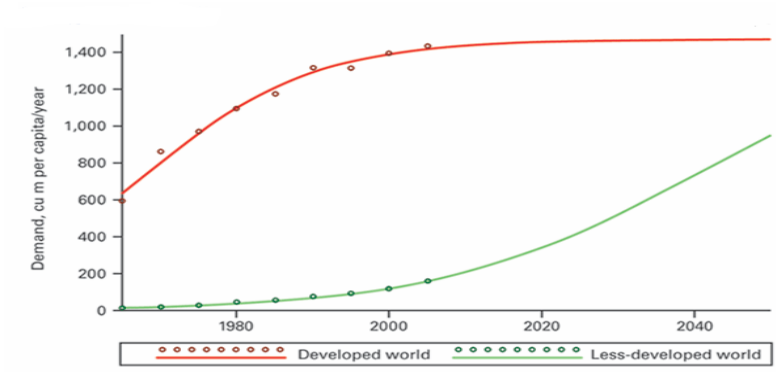
تضاعف إنتاج المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي خلال عام 2008، ويتوقع استمرار زيادة الإنتاج للسنوات القادمة. يبين الشكل 1-12 تطور إنتاج الغاز الطبيعي عالميا (تريليون قدم مكعب/ سنة) خلال الفترة من عام 1990 والتوقعات حتى عام 2020.

الشكل 1-12 : تطور إنتاج الغاز الطبيعي عالمياً وتوقعاته حتى عام 2020



Source: EIA

الشكل 1-13 : معدل استهلاك الفرد من الغاز الطبيعي والتوقعات المستقبلية



تشير الدراسات[1]، إلى أنه من المتوقع ارتفاع استهلاك الفرد من الغاز الطبيعي في الدول النامية وبوتائر متسارعة خلال العقود القادمة، في حين يستقر معدل استهلاك الفرد في الدول الصناعية المتقدمة عند مستوياته العالية، وتم استخراج معدل استهلاك الفرد السنوي وحساب التوقعات المستقبلية باستخدام النموذج الرياضي. يبين الشكل 1-13 نتائج التحليل والتوقعات المستقبلية لاستهلاك الغاز الطبيعي عالميا.

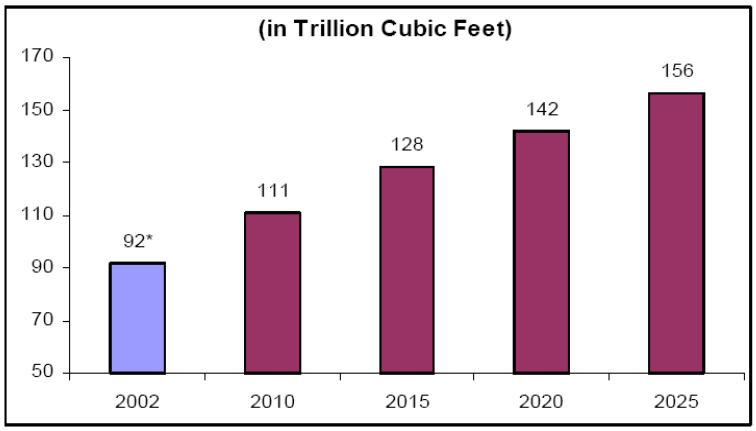
تشير الدراسة التي نشرتها وكالة الطاقة الدولية (IEA) حول النظرة الاستشرافية للطاقة العالمية عام 2008، إلى توقعات حصول أعلى نسبة نمو في استهلاك الغاز الطبيعي كأحد مصادر توليد الطاقة الرئيسية خلال السنوات القادمة. حيث تصل توقعات زيادة حصة استهلاك الغاز الطبيعي حوالي 70 % للفترة من عام 2002 إلى عام 2025. للحالة المرجعية والتي تفترض فيها استمرار نمط استهلاك الغاز الطبيعي والتقدم الاقتصادي.

وكما أشارت إدارة معلومات الطاقة الأمريكية (eia) إلى توقعات ارتفاع استهلاك الغاز الطبيعي عالميا من 92 تريليون قدم مكعب عام 2002 ليصل إلى 156 تريليون قدم مكعب بحلول عام 2025 أي بزيادة مقدارها 70 % للحالة المرجعية ومتوافقة لما ذكر أعلاه. هذا ويتوقع نمو استهلاك الغاز الطبيعي عالميا وبمعدل سنوي يقدر بحوالي 2.3 %. للفترة من عام 2002 لغاية عام 2025، مقارنة بمعدلات نمو سنوية

1. S.Mohr & G.Evans, Special Report: Model proposed for world conventional , unconventional gas, O&G Journal, Vol. 105 issued 47 , December 17, 2007.

لاستهلاك النفط الخام بنسبة 1.9 %، وبنسبة 2 % لاستهلاك الفحم الحجري. تبلغ حصة مساهمة الغاز الطبيعي في إجمالي استهلاك الطاقة العالمية نسبة 23 % عام 2002، ويتوقع ارتفاعها إلى 25 % بحلول عام 2025 (وعلى أساس استهلاك الوحدة الحرارية).

الشكل 1-14 : استهلاك الغاز الطبيعي عالميا وتوقعاته المستقبلية للفترة 2002– 2025



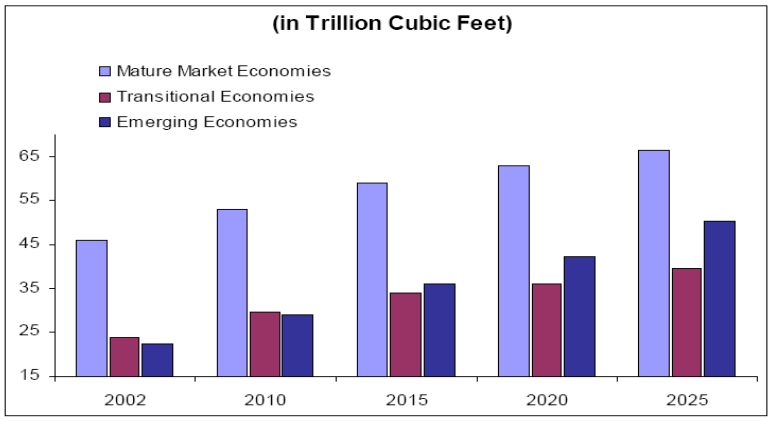
* - Actual
Source: EIA, International Energy Agency

يبين الشكل 1-14 استهلاك الغاز الطبيعي عالميا والتوقعات المستقبلية (تريليون قدم مكعب/ سنة) للفترة من عام 2002 لغاية عام 2025.

هذا وتشير الدراسات إلى توقع حدوث زيادة كبيرة في استهلاك الغاز الطبيعي في أسواق: مناطق أوروبا الشرقية، وروسيا وكومنولث الدول المستقلة، والأسواق الآسيوية للفترة من 2002 إلى 2025. حيث يقدر معدل نسبة النمو بحوالي 1.6 % خلال الفترة من 2002 إلى 20251.

تقسم دول العالم إلى ثلاثة مجاميع اقتصادية، استنادا إلى واقع أسواق الغاز الطبيعي العالمية واقتصادياته، هي: الناضجة، والمتحولة، والناشئة (Mature، Transitional، Emerging). حيث يتوقع نمو إنتاج الغاز الطبيعي على المستوى العالمي بقوة في المناطق الإقليمية ذات الاقتصاديات الناشئة، وبمعدل نمو سنوي يقدر بحوالي 4.1 % للفترة من 2002 لغاية 2025. في حين يقدر معدل النمو السنوي بحوالي 2.3 % للدول ذات الاقتصاد المتحول، وبنسبة 0.6 % لدول الاقتصاد الناضج. الشكل 1-15.

الشكل 1-15 : استهلاك الغاز الطبيعي وتوقعاته حسب المناطق الإقليمية الاقتصادية خلال الفترة 2002 – 2025

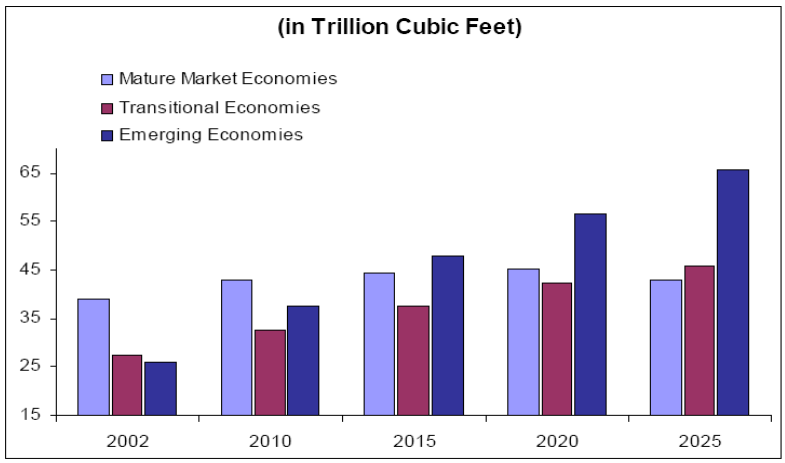


Source: EIA, International Energy Agency

1 . Energy Business Reports, Unconventional gas Outlook, USA, 2009.

يلاحظ حجم استهلاك الغاز الطبيعي الكبير وتوقعاته في دول الاقتصاد الناضج مقابل انخفاض مستوى الإنتاج مع زيادة طفيفة في توقعاته المستقبلية. ساهمت دول الاقتصاد الناضج بنسبة 42 % من إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي عالميا عام 2002، ووصلت حصتها من إجمالي استهلاك الغاز الطبيعي عالميا حوالي 50 % للعام ذاته. كما يتوقع أن تزداد تلك المساهمة عام 2025 إلى 29 % للإنتاج و43 % للاستهلاك، أي أن تلك الدول سوف تعتمد كلياً على استيراد الغاز الطبيعي من مصادره الخارجية من باقي مناطق العالم لتأمين ثلث حاجاتها للغاز الطبيعي بحلول عام 2025، مرتفعا عن نسبة 15 % عام 2002 [1].

الشكل 1-16 : إنتاج الغاز الطبيعي وتوقعاته حسب المناطق الاقتصادية المختلفة خلال الفترة 2002 - 2025



Source: EIA, International Energy Agency

يبين الشكل 1-16 إنتاج الغاز الطبيعي في المناطق الإقليمية ذات الاقتصاديات المختلفة (تريليون قدم مكعب/ سنة) خلال الفترة من عام 2002 إلى 2025.

1-5 لمحة عن تنبؤات ذروة إنتاج الغاز الطبيعي عالميا

يعتبر الغاز الطبيعي أحد أنواع مصادر الوقود الاحفوري الناضبة إن عاجلا أو آجلاً بسبب استمرار إنتاجه واستنزاف مصادره. وقد ازداد الطلب العالمي عليه، حيث يمتاز بمواصفات جعلته الوقود المفضل والصديق للبيئة. كثر الحديث عن تطورات إنتاج واستهلاك العالم للغاز الطبيعي من مصادره التقليدية وتوقعاته المستقبلية، وقد برز دور المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي في استمرار توفير إمدادات الغاز بسبب تراجع إنتاج المصادر التقليدية وعلى الأخص في الولايات المتحدة. والسؤال المطروح إلى أي مدى تستمر إمدادات الغاز الطبيعي من مصادره المختلفة وصولاً إلى ذروة الإنتاج.

توصل (Hubbert) إلى بناء النموذج الرياضي لمحاكاة عمليات إنتاج (استنزاف) مصادر الوقود الاحفوري ومنها أنواع مصادر الغاز الطبيعي، من خلال تحليل البيانات وحساب التوقعات المستقبلية والفترة الزمنية للوصول إلى ذروة الإنتاج وبعدها يتراجع الإنتاج تدريجيا. وقد تم استخدام هذه الطريقة وتطويرها لاحقا وأضيفت عليها تعديلات كثيرة من قبل العديد من الباحثين. حيث قام كل من (Steve Mohr) و(Geoffrey Evans) عام 2007 [2]، بتطوير الطريقة المذكورة أعلاه واستخدام نماذج محاكاة

1 . Energy Business Reports, Unconventional gas Outlook, USA, 2009.

2 . S.Mohr & G.Evans, Special Report: Model proposed for world conventional , unconventional gas, O&G Journal, Vol. 105 issued 47 , December 17, 2007.

معدلة، تم التوصل من خلالها إلى توقعات وصول ذروة إجمالي الإنتاج العالمي للغاز الطبيعي من مصادره التقليدية وغير التقليدية بحلول عام 2043، وللمصادر التقليدية فقط بحلول عام 2038. أما ذروة إنتاج مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية فيتوقع أن تصل إلى عام 2060.

والجدير بالذكر أن معظم طرق المحاكاة الرياضية تشترط لحساب نمط إنتاج مصادر الغاز وزمن الوصول إلى ذروته ضرورة توفر البيانات الأساسية التالية:

أولاً: موارد الغاز القصوى القابلة للاستخلاص من مصادره المختلفة ويرمز لها عادة (URR)، والتي تشير بياناتها إلى تباين كبير في قيمها، تعتمد على نوع المصادر والحقول والمناطق الجغرافية المتواجدة فيها.

ثانياً: سجل بيانات الإنتاج السابقة لتلك المصادر.

يبين الجدول 1-8 قيم استخلاص الغاز الطبيعي من مصادره التقليدية المختلفة، والتي توصل لها كل من (Laherrere) و(Rempel) عام 2007. حيث تراوحت تقديرات إجمالي احتياطيات الغاز القابل للاستخلاص من 283 إلى 467 تريليون متر مكعب (9994 إلى 16492) تريليون قدم مكعب، أي بمعدل مقداره 346.0 تريليون متر مكعب (12220 تريليون قدم مكعب). وتحتوي منطقة الشرق الأوسط أعلى كمية من الغاز الطبيعي القابل للاستخلاص وبمعدل بلغ 97.0 تريليون متر مكعب (3426 تريليون قدم مكعب) وتأتي روسيا وكومنولث الدول المستقلة في المرتبة الثانية بمقدار 93.0 تريليون متر مكعب (3284 تريليون قدم مكعب).

الجدول 1 - 8 : تقديرات كميات استخلاص الغاز الطبيعي القصوى (URR) من مصادره التقليدية

LITERATURE, ASSUMED CONVENTIONAL URR ESTIMATES

Region[1]	URR estimate, tcm — Laherrere[2]	Rempel[3]	Assumed value	Comments on assumed value
North America	42.0	63.0	42.5	
South America	23.0	23.0	23.0	Average of Laherrere and Rempel's estimate
Europe	23.0	25.0	24.0	Average of Laherrere and Rempel's estimate
Asia	33.0	43.0	38.0	Average of Laherrere and Rempel's estimate
Africa	23.0	28.0	28.0	Rempel's estimate used, based on the creaming curve data from Laherrere
Middle East	85.0	109.0	97.0	Average of Laherrere and Rempel's estimate
FSU	57.0	175.0	93.0	Calculated from government figures, scaled downward with literature estimations[5]
Total	**283.0**	**467.0**	**346.0**	

[1]North America includes only US and Canada; South America includes Mexico; Europe includes Greenland; FSU

وتجدر الإشارة، إلى تباين تقديرات مؤشر موارد الغاز القصوى القابلة للاستخلاص لمصادر الغاز في روسيا وكومنولث الدول المستقلة، لعدم وجود رؤى واضحة لحسابها في حينه لاختلاف الطرق المتبعة في حساب كمياتها خلال الفترات الزمنية المنصرمة في عهد الاتحاد السوفيتي السابق.

نشرت العديد من الدراسات، عن تقديرات موارد الغاز الطبيعي القصوى القابلة للاستخلاص (URR) عالميا من المصادر غير التقليدية المختلفة، الجدول 1-9. هذا ولا تزال تعتبر القيم الواردة تقديرية نظرا لقلة المعلومات المتوفرة عن هذه المصادر، وعلى الأخص من مصادر هيدرات الغاز، حيث لم يتم الحصول على النتيجة المقبولة في الوقت الراهن.

الجدول 1-9 : مؤشر موارد الغاز الطبيعي القصوى من مصادره غير التقليدية عالمياً

WORLD UNCONVENTIONAL URR: LITERATURE ESTIMATES, ASSUMED VALUES

	URR, tcm				
Type	Laherrere[1]	Sandrea[2]	Rempel[3]	Assumed value	Comments
Tight			91	91	Using Rempel's estimate as it's the only known estimate
Shale	[4]28	7		28	Previous estimate North America has 7 tcm; hence used Laherrere's estimate
CBM	8.5-11	15.6	144	62	• Resources estimated from literature[5] • Assumed 25% recovery factor • North American estimate from Mohr and Evans[6]
Total	57			181	

تتوزع مصادر غاز طبقات الفحم الحجري بصورة رئيسية في أمريكا الشمالية وروسيا وكومنولث الدول المستقلة معها وبعض مناطق آسيا. ويبين الجدول 1-10 تقديرات مؤشر موارد الغاز القصوى القابلة للاستخلاص من هذه المصادر. هذا وتشير المراجع العلمية المتخصصة إلى أن نسبة استخلاص غاز الفحم قدرت بحوالي 25 %، حيث يبلغ إجمالي تقديرات غاز الفحم القابل للاستخلاص حوالي 62 تريليون متر مكعب.

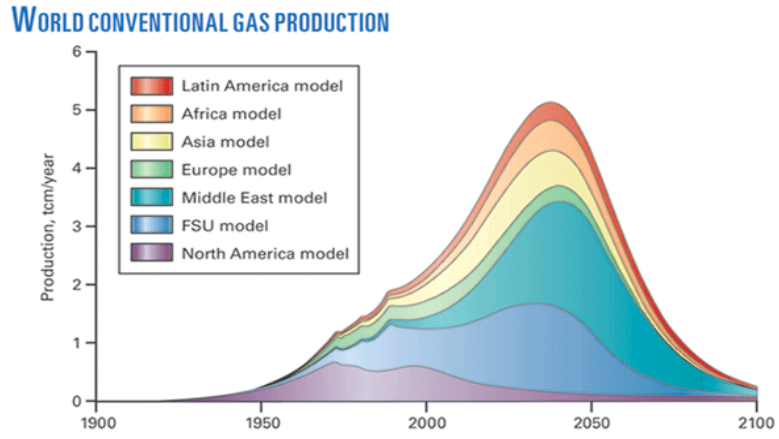
الجدول 1-10: مؤشر موارد الغاز القصوى من مصادر طبقات الفحم الحجري عالميا

WORLD CBM RESOURCE: LITERATURE, ASSUMPTION

	Resource estimates, tcm					
Region	Aluko[1]	Boyer[2]	Scott[3]	Assumed value	Assumed URR, tcm	Comments
North America	17-87	15-88	27-124	NA	10	Estimate from Mohr and Evans[4]
FSU	20-116	[5]17-113	113-456	113	28	Highly uncertain; 25% recovery factor
Asia	[6]36-71	[6]39-49	18-95	85	21	25% recovery factor
Rest	10	13	6-10	13	3	25% recovery factor
Total	85-283	84-263	170-680	NA	62	

تم استخدام نماذج خاصة للمحاكاة الرياضية ونظرية الاحتمالات (probabilities)، ومن خلال البيانات المذكورة أعلاه، تم حساب توقعات ذروة الإنتاج، والمبينة على منحنى (الجرس) عند تمثيلها بيانيا. وقد شمل ذلك المصادر التقليدية للغاز الطبيعي عالميا. الشكل 1-17.

الشكل 1-17: ذروة إنتاج المصادر التقليدية للغاز الطبيعي عالميا



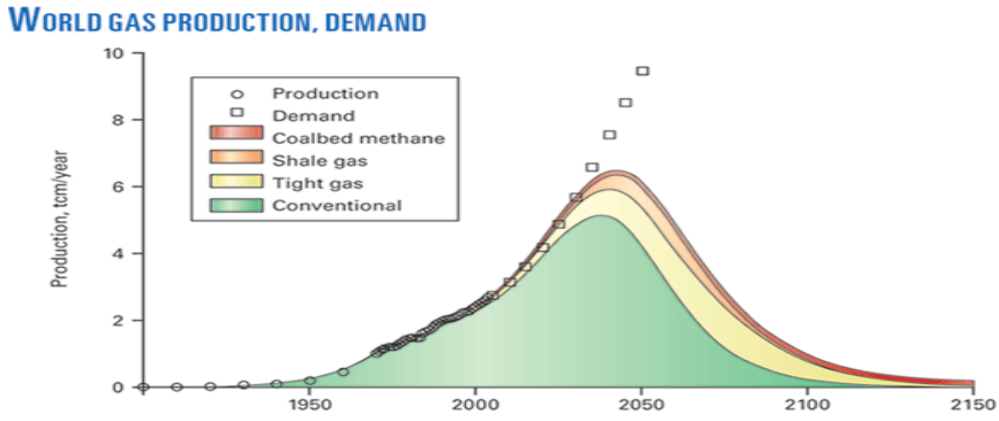
وفي نفس السياق، تم تحليل بيانات إنتاج المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي، وحساب توقعاتها المستقبلية وزمن الوصول إلى ذروة الإنتاج باستخدام نماذج محاكاة رياضية خاصة اعتمدت على نظرية الاحتمالات ولمختلف مناطق العالم.

يبين الجدول 1-11 النتائج العامة لتوقعات معدلات الإنتاج السنوي وذروة الإنتاج للغاز الطبيعي ومن مختلف مصادره عالمياً، وقد شملت المصادر التقليدية وغير التقليدية.

الجدول 1-11: نتائج توقعات معدل الإنتاج السنوي وسنة ذروة الإنتاج من مختلف أنواع مصادر الغاز الطبيعي عالميا

Region المنطقة	الإنتاج / تريليون متر مكعب / سنة	سنة ذروة الإنتاج
المصادر التقليدية للغاز الطبيعي		
أمريكا الشمالية	0.66	1973
أمريكا الجنوبية	0.31	2036
أفريقيا	0.52	2037
آسيا	0.72	2028
الشرق الأوسط	1.90	2045
روسيا وكومنولث الدول المستقلة	1.51	2036
أوروبا	0.32	2016
إجمالي العالم	5.12	2038
المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي		
غاز الصخور الكتيمة	1.33	2065
غاز طبقات الفحم	0.17	2085
غاز السجيل	0.66	2056
إجمالي العالم	2.10	2060
الإجمالي الكلي العالمي	6.48	2043

الشكل 1-18 : ذروة إنتاج أنواع مصادر الغاز الطبيعي عالميا



ويبين الشكل 1-18 ذروة إنتاج الغاز الطبيعي من مصادره التقليدية وغير التقليدية عالميا. والجدير بالذكر أنه، لم يلاحظ وجود تأثير يذكر لكميات إنتاج مصادر هيدرات الغاز على نمط الإنتاج العالمي، حيث افترضت قيم منخفضة جدا، وذلك لضعف البيانات وعدم اكتمال معلوماتها في وقت إعداد تلك الدراسات.

والجدير بالذكر أنه، أشارت العديد من الدراسات التي قدمها العلماء في المؤتمرات الدولية في الوقت الراهن، إلى تغير صورة احتياطيات الغاز الطبيعي لمصادره غير التقليدية وتوقعاتها المستقبلية، حيث تم اكتشاف احتياطيات هائلة من مصادر هيدرات الغاز، وغاز طبقات الفحم، وغاز السجيل، حتى أصبح الرأي السائد الآن بتوفر كميات كافية من الغاز الطبيعي تفي بمتطلبات أسواق الغاز وعلى مدى القرون القادمة. وعند الأخذ بنظر الاعتبار التقديرات الجديدة والمحدثة وما جاء بها بخصوص هيدرات الغاز، سيؤدي ذلك حتماً إلى تغير نتائج التنبؤات وشكل المنحنى المشار إليه آنفا.

خلاصة الفصل الأول

1. تتوزع المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي على مختلف مناطق العالم، وتشير نتائج أعمال الاستكشاف والبحوث والدراسات إلى تواجد كميات هائلة من تلك المصادر. وقد شهدت تقديرات احتياطياتها تبايناً لافتاً بسبب الغموض الذي يكتنف معظمها، كما لا يزال العمل جاريا للتوصل إلى مؤشرات وطرق موحدة لتقييم احتياطيات تلك المصادر. ولا تزال أعمال البحث العلمي والتطوير جارية في سبيل تذليل الصعاب والتحديات التي تقف في سبيل استثمار تلك المصادر وتطويرها.

2. تصنف المصادر غير التقليدية حسب تواجدها في الطبيعة إلى:

- غاز طبقات الفحم.
- غاز الصخور الكتيمة.
- غاز طبقات السجيل.
- هيدرات الغاز.

يتراوح تقدير إجمالي مخزون الغاز الطبيعي في مصادره غير التقليدية عالميا من 32.56 ألف تريليون قدم مكعب إلى 35.27 ألف تريليون قدم مكعب للأنواع الثلاثة الأولى. حيث تبلغ نسبة غاز طبقات الفحم حوالي 27.8 %، وغاز الصخور الكتيمة حوالي 22.7 %، أما غاز طبقات السجيل فتقدر نسبته بحوالي 49.5 %.

هذا وتشير الدراسات إلى تواجد مخزون هائل من هيدرات الغاز يقدر بحوالي 800 ألف تريليون قدم مكعب، كما تعتبر هذه المصادر مثار جدل كبير بسبب قلة المعلومات وتباين أراء العلماء عنها.

3- ارتفع إنتاج الغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية خلال السنوات الأخيرة ليصل نسبته إلى حوالي 12 % من إجمالي إنتاج الغاز عالمياً عام 2008. وتمثل احتياطيات الغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية والقابلة للإنتاج ما يقارب 4 % من إجمالي الاحتياطيات العالمية، وحسب التقنيات التي تم التوصل لها لغاية العام 2008. وقد أشارت بعض الدراسات إلى توقعات الوصول إلى ذروة إنتاج تلك المصادر عام 2060.

شهدت الولايات المتحدة ارتفاع إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي ليصل إلى حوالي 22.02 تريليون قدم مكعب عام 2009 وقد ساهم إنتاج مشاريع تطوير مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية في تحقيق هذا المستوى، مما جعلها من أكبر دول العالم في إنتاج الغاز الطبيعي.

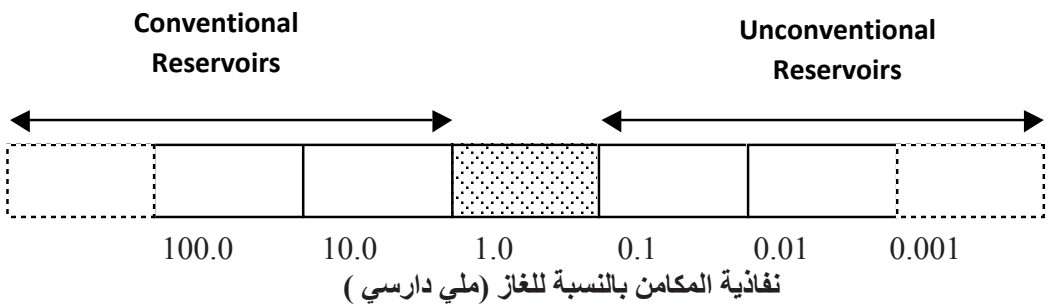
4 - يعتبر سعر الغاز الطبيعي المسوق وزيادة الطلب عليه من العوامل الاقتصادية التي تزيد من إمكانية استثمار مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية. كما ساهمت أعمال البحث العلمي والتطوير التقني في عمليات الحفر والتشقيق وطرق الإنتاج المعزز المختلفة في رفع معامل استخلاص الغاز وتحسين اقتصاديات المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي.

الفصل الثاني
غاز الصخور الكتيمة Tight Gas

2–1 لمحة عن مصادر غاز الصخور الكتيمة Tight Gas

تعرف مصادر غاز الصخور الكتيمة: بالغاز الطبيعي المخزن في الطبقات المكمنية ذات النفاذية المنخفضة (اقل من 0.1 ملي دارسي)، للنسيج الصخري فقط دون النظر إلى تواجد التشققات الطبيعية المكمنية[1] يبين الشكل 2–1 مقارنة توضيحية لحدود قيم نفاذية مكامن الغاز الطبيعي التقليدية وغير التقليدية.

الشكل 2–1 : نفاذية المصادر غير التقليدية والتقليدية للغاز الطبيعي



توصف مكامن الصخور الكتيمة بأنها مصائد شاملة ومتصلة ومعقدة التركيب. وتتواجد في مراكز معظم الأحواض الرسوبية البترولية. تكونت هذه الصخور الرسوبية من دقائق متناهية في الصغر ترسبت في ظروف بحرية وفي مياه راكدة، وقد ساهمت هذه الرواسب والظروف التي تكونت بها في تردي خواصها المكمنية.

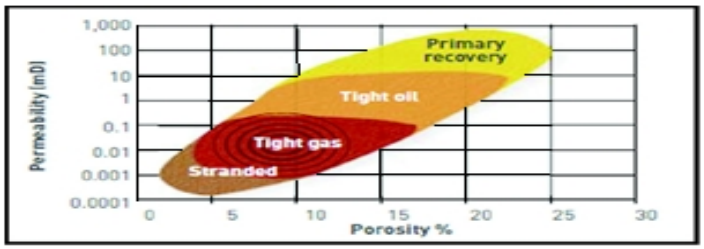
وتمتاز هذه الصخور المكمنية بالنفاذية المنخفضة وارتفاع الضغط الشعري، كما تتصف عادة بارتفاع الضغط المكمني إلى مستوى غير اعتيادي. وتتنوع تراكيب هذه الصخور المكمنية، لتشمل الصخور الرملية بالدرجة الأولى Sandstone، وكذلك صخور السلت Siltstone والصخور الكربوناتية Carbonate، والصخور الجيريةlimestone ، والصخور الدولوماتية Dolomite، والصخور الكلسية الطباشيرية Chalk.

وتمثل الصخور الرملية النسبة الغالبة لهذه المكامن، حيث تنخفض قيم المسامية بصورة عامة إلى ما دون 12% مع ارتفاع الضغط الشعري. وتدعى في أغلب الأحيان بمصادر غاز الصخور الرملية الكتيمة (Tight Gas Sands)، وهي إحدى المصادر غير التقليدية المهمة للغاز الطبيعي.

كما يشمل النوع الثاني من الصخور الكتيمة، الصخور الطباشيرية (Chalk)، حيث تتراوح مساميتها بين 15 % و 35 % وهي أعلى من مسامية النوع الأول.

1 . V.A. Kuuskraa, Natural Gas Resources Unconventional, Encyclopedia of Energy, Vol.4, 2004.

الشكل 2-2: النفاذية والمسامية لانواع الصخور المكمنية



Primary recovery	المكامن / المصادر التقليدية
Tight oil	مصادر نفط الصخور الكتيمة
Tight gas	مصادر غاز الصخور الكتيمة
Stranded	مصادر الصخور الرديئة

يبين الشكل 2-2 المسامية والنفاذية لأنواع الصخور المكمنية، موضحا فيه موقع مكامن غاز الصخور الكتيمة[1].

لم تحظ مصادر غاز الصخور الكتيمة بالاهتمام، إلا في فترة تسعينات القرن الماضي، حيث تم اكتشاف تجمعات كثيرة من هذه المصادر وأصبحت تعتبر من المصادر غير التقليدية المهمة للغاز الطبيعي، وقد تم تأسيس العديد من الشركات المتخصصة في تطوير وإنتاج هذه المصادر التي أصبحت أحد محاور نشاطات صناعة الغاز الطبيعي في الوقت الراهن وعلى الأخص في الولايات المتحدة. ويجري العمل في الوقت الحاضر على تطوير تلك المصادر وزيادة استخلاص الغاز منها والتوصل إلى مؤشرات متفق عليها لغرض تقييم احتياطياتها.

كما تتوزع هذه المصادر على مختلف مناطق العالم ومنها: كندا، واستراليا ، وأوروبا، ونيجيريا، وروسيا، والصين، والهند وغيرها، إضافة إلى الولايات المتحدة[2].

الجدول 2-1 : أسماء ومواقع بعض حقول الغاز المكتشفة عام 2007 في الولايات المتحدة

Rank	Field Name	Basin/State	Type of Resource	Year 2007 Production (Bcfd)
1	San Juan Basin Gas Area (Mesaverde/Fruitland)	San Juan, NM/CO	CBM/Tight Gas Sands	3.6
2	Newark East (Barnett)	Ft. Worth, TX	Gas Shale	3.0
3	Pinedale/Jonah (Lance)	GGRB, WY	Tight Gas Sands	1.9
4	Wyodak/Big George Fairway	Powder River, WY	CBM	1.2
5	S. Piceance Basin Gas Area (Mesaverde/Williams Fork)	Piceance, CO	Tight Gas Sands	1.1
6	Hugoton Gas Area	Hugoton Basin, OK	Conventional Gas	1.0
7	Freestone Trend (Shallow Bossier)*	East Texas, TX	Tight Gas Sands	0.7
8	Carthage (Cotton Valley)	East Texas, TX	Tight Gas Sands	0.6
9	Natural Buttes (Wasatch/MV)	Uinta, UT	Tight Gas Sands	0.5
10	Wattenberg	Denver, CO	Tight Gas Sands	0.5
11	Lower Mobile Bay	Offshore GOM	Conventional Gas	0.4
12	Savell/Amoruso (Deep Bossier)	East Texas, TX	Tight Gas Sands	0.4

*Includes Firestone, Bold Prairie, Bear Creek, Dowdy Ranch and Dew.
Sources: EIA 2005 and 2007 Annual Reserve Reports; Advanced Resources Unconventional Gas Data Base.

شهدت الولايات المتحدة نشاطا كبيرا في استكشاف وتطوير هذه المصادر. وقد تم اكتشاف العديد من هذه التراكيب المكمنية على أعماق تصل إلى أكثر من 10 ألف قدم تحت سطح الأرض. وعلى سبيل المثال، يبين الجدول 2-1 أسماء ومواقع بعض حقول الغاز المكتشفة عام 2007 تحتوي غالبيتها على المصادر

1 . Ahmed Shata,..eta, Over View of Tight Gas Field Development in the Middle East and North Africa Regien, SPE 12181, Feb. 2010.

2 . NPC, Working Document of the NPC Global Oil & Gas Study, Unconventional Gas Topic paper No. 29, July 18, 2007, USA.

غير التقليدية حيث بلغت حصتها 83 % من إجمالي عدد الاكتشافات المتحققة في العام ذاته، كما يبين الجدول أنواع المكامن ومعدل الإنتاج اليومي من الغاز الطبيعي خلال عام 2007. وتساهم مصادر غاز الصخور الكتيمة بنسبة عالية في إجمالي إنتاج المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي في الولايات المتحدة.

هذا وتتركز البحوث والدراسات حاليا حول أفضل طرق الإنتاج المعزز التي يمكن استخدامها، وتطوير طرق عمليات تشقيق الصخور الكتيمة أو الضعيفة النفاذية لإطلاق الغاز الطبيعي المحصور أو الملتصق بها[1].

2-2 الخصائص المكمنية لمصادر غاز الصخور الكتيمة

يتواجد الغاز الطبيعي في صخور المكامن الكتيمة، ممتزاً على دقائق النسيج الصخري للتكوين. وتعتمد نتائج تقييم حركة وجريان الغاز في تلك المكامن وتعقيداتها على التحول من معادلة (دارسي) إلى معادلة (Fick) لحركة الغاز بالانتشار خلال النسيج الصخري، حيث تتحرك جزيئات الغاز من التركيز العالي إلى المنخفض مع اعتماد مجموعة من الخواص والمتغيرات المكمنية الأخرى، والمتمثلة، بتراكيبها الجيولوجية المعقدة، وارتفاع الضغط المكمني، والنفاذية الضعيفة، إضافة إلى انتفاخ الصلصال (Clay) وهجرته، وارتفاع الضغط الشعري المؤثر على ميكانيكية جريان الموائع. وتؤثر هذه الخواص أيضاً على احتمالات تهدم البئر أثناء عمليات الحفر والتسميت (Cementing) وغيرها. ويتطلب استخدام نماذج محاكاة خاصة تأخذ بالاعتبار كافة تلك المتغيرات، للحصول على أعلى كفاءة استخلاص وأعلى معدلات إنتاجية للآبار. وتشمل نماذج المحاكاة أيضا تمثيل ومحاكاة عمليات التطوير والتشقيق، والحفر، والتسهيلات الخدمية المرافقة لمعدات الإنتاج والتحليل الاقتصادي.

كما تتطلب تقنيات عمليات تطوير هذه المصادر مبالغ رأسمالية باهظة مقارنة مع المكامن الاعتيادية، وتعتمد على التشقيق الهيدروليكي بالدرجة الأساس لتحقيق الإنتاج التجاري. هذا ويتطلب تطوير هذه المصادر عمليات الحفر الخاصة، (كالحفر الأفقي والمتفرع)، والإكمال، والإنتاج، وترتبط بتفهم الخصائص الجيولوجية والمكمنية. وتعتبر خاصية الشد السطحي للصخور المكمنية، أحد العوامل المؤثرة والمهمة في إعاقة جريان الموائع المكمنية وبالتالي تؤثر على كفاءة الاستخلاص، وقد تم التوصل إلى أنواع مختلفة من المواد والإضافات الكيماوية لتقليل تأثير هذه الظاهرة وتحسين الإنتاج والتي يتم استخدامها حاليا بنطاق واسع في عمليات الإنتاج.

هذا وتساهم التقنيات الحديثة في النهوض بالواقع الاقتصادي لمشاريع تطوير وإنتاج هذه المصادر لتحقيق الأرباح المرجوة منها، إضافة إلى تقليل تكلفة العمليات المرافقة بحوالي 25 %، وتقليل وقت توقفات الإنتاج بحوالي 30 %[2].

2-3 توزع المخزون الجيولوجي للغاز الطبيعي في مصادر الصخور الرملية الكتيمة

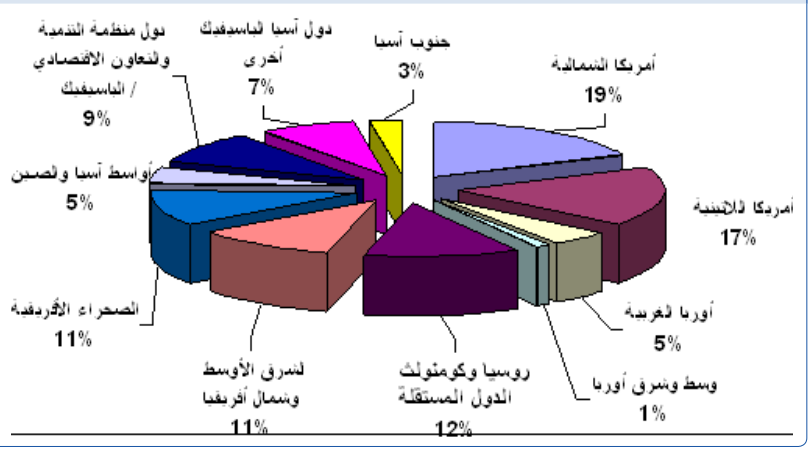
قدر إجمالي المخزون الجيولوجي للغاز الطبيعي في مصادر الصخور الرملية الكتيمة عالميا بحوالي 8020 تريليون قدم مكعب الجدول 1-3. ويبين الشكل 2-3 توزع قيم مخزون الغاز الطبيعي لتلك المصادر على مختلف مناطق العالم ، حيث تحتوي مناطق أمريكا الشمالية على أكبر مخزون يقدر بحوالي 1480 تريليون قدم مكعب، أي بنسبة مقدارها 19 %. ثم تليها مناطق أمريكا اللاتينية بنسبة 17 %، ثم روسيا

1 . Glenda Wylie eta, Advances in fracs and fluid improve tight-gas production, OGJ., Vol. 105 issue 47, Dec. 17, 2007.

2 . V.A. Kuuskraa & Gerg Bank, Gas from tight sands, shales a growing share of US supply, O&GJ, Vol.101, issue 47, Dec.8, 2003.

وكومنولث الدول المستقلة بنسبة 12 %. ويقدر مخزون الغاز الطبيعي لهذه المصادر في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بحوالي 890 تريليون قدم مكعب من مخزون الغاز الطبيعي أي بنسبة مقدارها 11 %.

الشكل 2-3 : توزيع مخزون الغاز الطبيعي في مصادر الصخور الرملية الكتيمة عالمياً



تشهد الولايات المتحدة نشاطاً ملحوظاً في استكشاف وتطوير وإنتاج مصادرها الكبيرة من غاز الصخور الرملية الكتيمة. حيث ازدادت احتياطيات الغاز الطبيعي المؤكدة لهذه المصادر من 259 تريليون قدم مكعب عام 1996 إلى 379 تريليون قدم مكعب عام 2006.

2-4 إنتاج غاز الصخور الكتيمة

تعتمد الطاقة الإنتاجية لغاز الصخور الكتيمة على العوامل التالية:

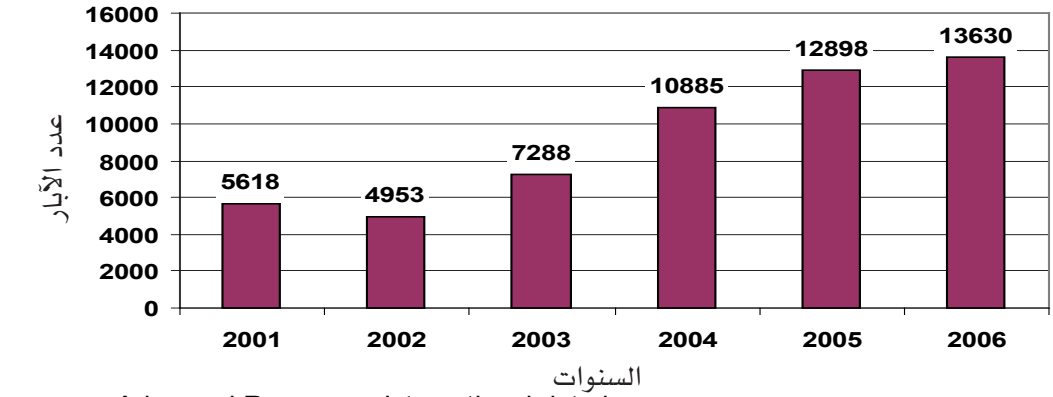
- عدد الآبار الإنتاجية.
- عمليات إكمال الآبار ونوعيتها.
- التشقيق الهيدروليكي للطبقات المكمنية.

أولاً: تطور عدد الآبار الإنتاجية

شهد نشاط حفر الآبار في هذه المصادر في الولايات المتحدة الأمريكية نشاطاً ملحوظا لتحقيق الطاقة الإنتاجية المطلوبة، ففي بداية مشروع التطوير تم حفر الآبار على مساحة فاصلة بينها تتراوح من 320 إلى 640 أكر، وبعد ذلك قربت هذه المساحة إلى ما بين 80 أو 40 أكر للحفاظ على الطاقة الإنتاجية، حتى وصلت المساحة الفاصلة إلى حوالي 10 أكر في بعض الحقول، وقد أدى ذلك إلى زيادة عدد الآبار التي تم حفرها. وقد ازداد عدد الآبار المنتجة من 5618 بئراً عام 2001 لتصل إلى 13630 بئراً في عام 2006، الشكل 2-4 وفي الوقت نفسه ازداد الإنتاج من 3.21 تريليون قدم مكعب عام 1996 إلى 5.71 تريليون قدم مكعب عام 2006. ويتوقع استمرار زيادة الإنتاج خلال السنوات القادمة ليصل إلى 6.62 تريليون قدم مكعب عام 2020، وإلى 7.10 تريليون قدم مكعب عام 2030 الشكل 2-5. هذا وبلغت حصة إنتاج الغاز من هذه المصادر إلى إجمالي إنتاج المصادر غير التقليدية من الغاز الطبيعي 65%، خلال 2008 [1].

1 . EIA, Energy Information Administration, 2008.

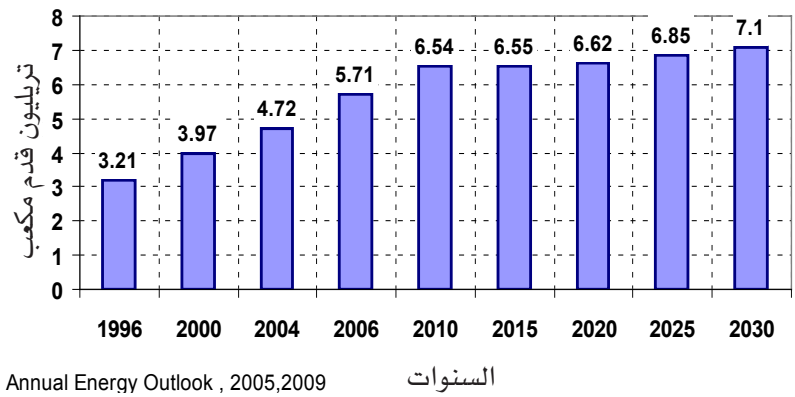
الشكل 2-4 : عدد الآبار في مصادر غاز الصخور الرملية الكتيمة في الولايات المتحدة



source : Advanced Resources International data base

هـذا، وقـد ازداد إنتاج الغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية في كنـدا، حيث يتوقع أن يصـل إلى 55 مليار متر مكعب عام 2009. في حـين لا تتوفر بيانات مفصلة عن إنتاج هذه المصادر في باقي مناطق العالم، والتي تذكر عادة ضمن إجـمـالي إنـتـاج الغـاز الطـبـيـعـي ومـن كـافـة مصادره المختلفة.

الشكل 2-5 : تطور إنتاج غاز مصادر الصخور الرملية الكتيمة والتوقعات لغاية عام 2030 في الولايات المتحدة



Annual Energy Outlook , 2005,2009

ثانياً: عمليات إكمال الآبار Well Completions

تتطلب عمليات إكمال الآبار في مكامن الصخور الكتيمة ما يلي:

1. الأخذ بنظر الاعتبار مدى قابلية إنتاج الصخور الكتيمة الضعيفة النفاذية، وزيادة معدلات الإنتاج إلى المستوى الاقتصادي بزيادة المساحة الإنتاجية عمقا داخل الطبقات من خلال التشقيق.
2. وضع مناهج مرنة لإكمال الآبار المنتجة اعتمادا على دراسة الخواص المكمنية إضافة إلى بيانات عن ميكانيكية الصخور تشمل:

- اختبارات جريان الآبار، بيانات جس الآبار، وقياسات خواص اللباب.
- تحاليل بيانات الإنتاج.
- القياسات الحقلية الدقيقة.

- دراسة مواصفات الموائع المكمنية.
- دراسة تطبيق استراتيجيات مختلفة لإكمال الآبار.

3. التوصل إلى الصيغ المثلى للإنتاج والتحليل الاقتصادي لمشروع التطوير.
4. إيجاد قيم العوامل المؤثرة على وضع تصاميم معدات الإنتاج ومنها الخواص المكمنية، والشكل الهندسي للتشقق، وغيرها.
5. اختيار نموذج محاكاة يتمتع بالمرونة العالية لدراسة السلوك المكمني وتوقعات الإنتاج مستقبلاً.

ثالثاً: التشقيق الهيدروليكي Hydraulic Fracturing

يصعب تشخيص مدى أعماق الصخور الكتيمة الحاوية على الغاز والقابلة للإنتاج، حيث لا تظهر على قياسات معدات جس الآبار الاعتيادية، وفي معظم الحالات يتم التغاضي عنها.

تحتوي هذه الصخور عادة على ترسبات من الصخور الرملية، والسلت، والسجيل، مع انتشار للصلصال. وقد وضع Hester طريقة عملية (Empirical) تم التوصل لها من البيانات العملية، لتحديد الصخور القابلة للإنتاج وبيان أعماق تواجدها والتوصل إلى مؤشرات (معاملات) لقابلية إنتاج الغازمن أنواع الصخور. وتعتمد هذه الطريقة على دمج وتحليل بيانات المسامية، ونسبة التشبع بالماء، ومحتوى الصلصال. وقد اعتمدت الطريقة في الأساس على تحليل البيانات وتمثيلها في الشكل البياني الذي يمثل العلاقة بين نتائج المسامية من قياسات مجس (النيوترون) مطروحا منه حاصل ضرب قيم كثافة التكوين في المسامية مع قياسات مجس أشعة جاما.

وتؤخذ بنظر الاعتبار خواص ميكانيكية الصخور عند التعامل مع الطبقات المكمنية السميكة، أو عند التشقيق المتعدد في الآبار الأفقية في هذه المكامن. وفي بعض الحالات يتم استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون، والنتروجين لتكوين الرغوة الخاصة بتشقيق طبقات الصخور الكتيمة والعميقة ذات الضغط المرتفع، بديلا عن سوائل التشقيق المعروفة والتي يصعب استرجاعها. كما تقلل هذه الطريقة مقدار الماء الذي يصل إلى عمق التكوين وتقليل كميات (الجل) المستخدمة وفي الوقت نفسه تنخفض كميات المواد الصلبة المتخلفة (المترسبة) في التشققات. وقد أدت هذه التقنيات، إلى نتائج سريعة ومباشرة وتحسن كبير في إنتاجية الآبار.

2-4-1 التشقيق في الآبار الأفقية Fracturing Horizontal Wells

يعتبر تشقيق الآبار الأفقية أحد الوسائل الناجحة في زيادة إنتاج مكامن الصخور الكتيمة والسميكة وتحقيق المردود الاقتصادي، وهي أحد الخيارات المفضلة في عمليات إكمال الآبار. كما يؤخذ بنظر الاعتبار تأثير الخواص الجيوميكانيكية على أدائية صخور هذه المكامن وعلى الأخص في الطبقات المكمنية السميكة أوعند التشقيق المتعدد في الآبار الأفقية.

يحدث التشقق الهيدروليكي شروخا متصلة في عمق التكوين للصخور الكتيمة تؤدي إلى جريان الغاز بسهولة نحو فتحة البئر مما يعزز الإنتاج. وتتم الاستعانة ببرامج لمحاكاة هذه العمليات، يتم التوصل من خلالها إلى الطريقة المثلى لعمليات التشقيق الهيدروليكي وتوقعات اتجاه وشكل التشقيق ومقدار ونوعية السوائل المستخدمة في هذه العملية.

2-4-2 تشقيق الطبقات المكمنية بطريقة SurgiFrac

تعتمد هذه الطريقة بالأساس على التدفق الهيدرولوجي باستخدام مضخات التدفق Combined Hydro jetting Fracturing لإحداث التشقيق. استخدمت هذه التقنيات بنجاح في تجاوز المشاكل التي تحدث غالباً خلال عمليات التشقيق الاعتيادية في الآبار المفتوحة. وتشتمل هذه الطريقة على ثلاثة عمليات منفصلة ومتكاملة هي:

- التدفق الهيدروليكي.
- التشقيق الهيدروليكي (خلال أنبوبة البئر).
- الحقن المشترك إلى أسفل الفراغ الحلقي بين أنبوب الإنتاج وبطانة البئر باستخدام معدات ضخ خاصة[1].

تعتمد هذه التقنيات بصورة رئيسية على حركة المائع لإحداث العزل أو فراغ (سيرج). والاستغناء عن استخدام العازل الميكانيكي، لعدم وجود تأثير لجريان السوائل خلف (liner) أو خلال الشقوق في هذه الطريقة، في حين تعتمد تقنيات الطرق الاعتيادية على تثبيت (Packers) (عوازل) ميكانيكية لعزل السوائل.

يعتمد أساس عمل هذه التقنيات على فرضية معادلة (برنولي) في حفظ مستوى الطاقة خلال حركة السوائل. حيث يتم إنزال معدات تدفق السائل (jetting) عند فوهة قعر البئر وفي مقابل الفتحات التي تم تثقيبها في بطانة البئر عند الطبقات المكمنية، ثم يبدأ بضخ سائل التشقيق، عندها يتم تحويل الطاقة الكامنة في السائل المضغوط إلى طاقة حركية عند تدفقه من فتحات التدفق وبسرعة مرتفعة مولدة ضغطاً منخفضاً يسحب معه باقي السوائل وفتات الصخور في المنطقة المحيطة، دافعا بها إلى عمق التشقق حيث تؤدي إلى زيادة حجم تجويف الشق. وتتطلب هذه العملية تحديد موضع معدات التدفق بعناية فائقة عند الفتحات داخل البئر، ويتم ذلك باستخدام معدات المراقبة والقياس لإتمام العمل المطلوب، وعلى الأخص في حالات التثقيب للطبقات المتعددة.

وقد تم تطبيق هذه الطريقة (SurgiFrac) بنجاح في حالات مختلفة ومنها:

- تواجد تشققات متعددة في فوهة قعر البئر المفتوحة.
- التشقيق بالحامض عند فوهة قعر البئر المفتوحة.
- البئر المبطن المائل.
- البئر المبطن المشقق الأفقي.
- استخدام التشقيق الحامضي، والأنبوب الملفوف (Coiled-tubing) لتجاوز التهدم أو الضرر في البئر وخفض الكلف المالية وتقليل الوقت اللازم للتنفيذ.
- التشقيق المتعدد في فتحة البئر المبطنة.

وجدير بالذكر أنه، تم استخدام هذه الطريقة في أحد الحقول البحرية الواقعة في حوض (Campos) البرازيلي وفي مياه عمقها 1000 قدم. وقد تم معالجة البئر الذي اخترق عدة طبقات مكمنية وتم أحداث التشقيق بالحامض، حيث تضاعف معدل جريان البئر بعد إتمام هذه العمليات. برهنت هذه الطريقة على أهميتها وقد تم اعتمادها من قبل الشركات العالمية المتخصصة.

1 . Glenda Wylie eta, Advances in fracs and fluid improve tight-gas production, OGJ.,Vol. 105, issue 47, Dec.

2-5 عمليات الحفر في صخور الغاز الكتيمة

تتلخص العوامل المؤثرة على تطور عمليات الحفر في هذه المصادر على اختيار دقاقات الحفر المناسبة، ومعدات الحفر الأفقي، واستخدام سائل خاص للحفر، كما يلي:

دقاقات الحفر: يعتمد اختيارها على: تحليل بيانات المسح الزلزالي، وتفاسير قياسات مجسات الآبار، ودراسات ميكانيكية الصخور، وبيانات سجل نوعية فتات الصخور خلال حفر الآبار الاستكشافية في نفس المكمن. وقد تم التوصل إلى صناعة دقاقات حديثة من جيل (PDC) حيث أدت إلى زيادة اختراق الصخور خلال عمليات الحفر بنسبة 118 % مقارنة مع الدقاقات الاعتيادية.

الحفر الأفقي: يحقق الحفر الأفقي المزيد من مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية وعند المستويات التجارية المربحة، وعلى أساس تعريض المزيد من المساحة المكمنية للإنتاج. وقد تم استخدام تقنيات الحفر الدوار الموجه في حفر التكوينات البحرية للحصول على أفضل النتائج وأقل التكلفة.

سوائل الحفر: تعاني عمليات حفر الآبار في المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي في معظم الحالات من مشاكل تهريب سائل الحفر. والتي تتطلب تقنيات خاصة، منها استخدام سوائل الحفر خالية من الصلصال (clay free) مع إعادة تشكيلها بأنواع مختلفة من زيوت الأساس، أو زيت الغاز، أو الأوليفينات، أو مزيج من الأسترات، أو البرافينات،.. وغيرها.

هذا ويتم معالجة قلة (البارايت) في سائل الحفر باستخدام مستحلب (جل)، أو أنواع مختلفة من سوائل الحفر لا تعتمد على الصلصال بالأساس. وهذه السوائل تؤدي إلى تقليل احتمالات تهريب سوائل الحفر بنسبة 41 %، مع تقليل وقت توقف عمليات الحفر وخفض التكاليف. كما توفر سوائل الحفر بالأساس الزيتي مرونة عالية في اختيار الأنواع التي لا تؤثر على البيئة.

2-6 - لمحة عن بعض المعدات الحديثة لتقييم مكامن غاز الصخور الكتيمة

تهدف عمليات تقييم مكامن غاز الصخور الكتيمة إلى التوصل إلى نتائج دقيقة عن خواص الصخور المكمنية ومنها، المسامية والنفاذية، ونسب التشبع بالغاز والماء، باستخدام معدات خاصة لجس الآبار خلال عمليات الحفر، مثل معدات جس الآبار (NMR) التي تعمل بتقنيات متطورة يتم من خلالها تقييم هذه المكامن الصعبة، وفي الوقت نفسه يتم الاستعانة بنتائج الفحص المختبري لعينات من لباب الصخور للطبقات المكمنية ذاتها، لأجل مقارنة نتائج الحسابات والتأكد من مدى مطابقتها.

تختلف قياسات مجس النيترون- الرنين المغناطيسي (NMR)، مقارنة مع المجسات الاعتيادية، ومنها النيترون، والصوت، والكثافة، والمقاومة الكهربائية. حيث يوفر هذا المجس قياسات يتم التوصل من خلالها إلى حساب مسامية الصخور دون التأثر بتفاصيل تغير السحنات الجيولوجية، والتي تعرف بطريقة (Density-Magnetic Resonance) (DMR)، وهي طريقة حسابية تعتمد على قياسات مجس كثافة صخور التكوين مع مجس (NMR). ويتم عادة مقارنة قياسات المجسين مع بيانات الفحص المختبري لعينات من لباب الصخور لغرض مطابقة النتائج والتوصل إلى نتائج دقيقة للمسامية[1].

كما يتم حساب النفاذية والضغط الشعري للصخور الرملية الكتيمة من خلال طريقة (BGMRK) والتي تعرف (Bulk Gas – Magnetic Resonance Permeability)[2] ، وتؤدي هذه القياسات أيضا إلى التوصل إلى مؤشرات تواجد الهيدروكربونات (الغاز) في التكوين. وتجدر الإشارة إلى أن استخدام

1 . G.M. Hamada, M. Abu-Shanab, M.Orby, A. Abdel Wally, O&GJ,Vol.103, issue 47, Dec. 19, 2005.
2 . G.M. Hamada, M. Abu-Shanab, M.Orby, A. Abdel Wally, O&GJ,Vol.106, issue 21, June 02, 2008.

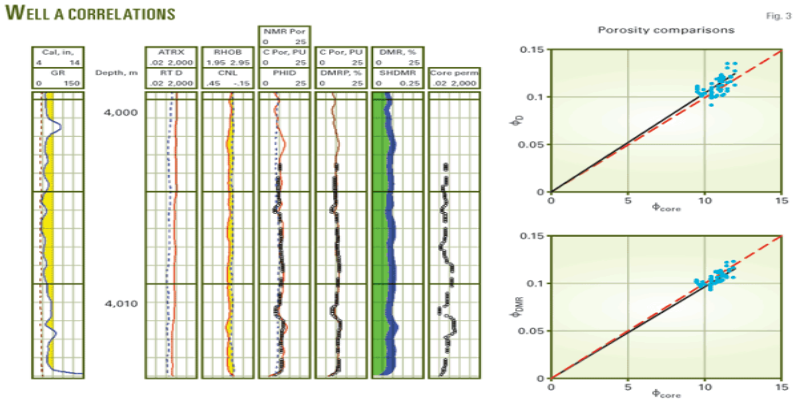
هذا المجس يتم عادة في المكامن المعقدة التركيب وذات السحنات المتنوعة، وبنفاذية تتراوح ما بين 0.1 إلى 100 ملي دارسي.

وعلى سبيل المثال تم تطبيق الطريقتين (BGMRK) و(DMR)، على قياسات هذا المجس في آبار مكامن المايوسين الأسفل لحقل «الأبيّض" للغاز الطبيعي والمتكثفات، الواقع في منطقة الصحراء الغربية في جمهورية مصر العربية. حيث يتألف المكمن من طبقات جيولوجية معقدة التركيب تشمل الصخور الرملية الكتيمة والسجيل. ويعتبر المكمن نموذجا من مكامن الصخور الكتيمة، والذي يقع على عمق 4000 متر تحت سطح الأرض، وتقدر مساميته ما بين 5 % إلى 12 %، وكذلك تبلغ النفاذية ما بين 0.01 إلى 100 ملي دارسي.

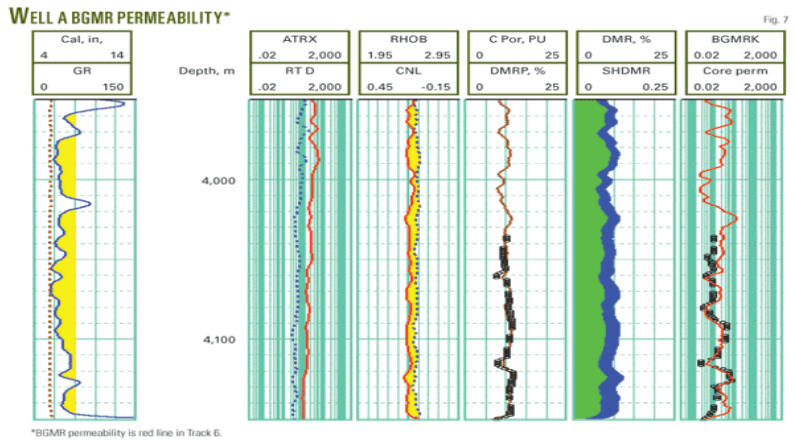
استخدم مجس (NMR) مع مجس الكثافة لحساب المسامية في آبار هذا المكمن، نظرا لطبيعة الصخور المكمنية المعقدة التركيب واحتوائها على عنصر الحديد، مما أدى إلى تعذر استخدام مجس (الكثافة–النيترون) لحساب المسامية، والذي يستخدم عادة في المكامن الاعتيادية. حيث يتحسس مجس (NMR) لذرة الهيدروجين في الموائع المكمنية إضافة إلى ميزاته الأخرى التي أدت إلى نتائج جيدة وعلى الأخص عند مقارنة ذلك مع النتائج المختبرية لنماذج من لباب الصخور. يبين الشكل 2–6 نتائج حساب المسامية بطريقة (DMR) من خلال تقييم قياسات الجس في أحد آبار حقل «الأبيّض».

كما يبين الشكل 2 – 7 نتائج حساب النفاذية بطريقة (BGMR) في أحد آبار حقل (الأبيّض).

الشكل 2–6 : نتائج حساب المسامية بطريقة (DMR) في أحد آبار حقل (الأبيّض)

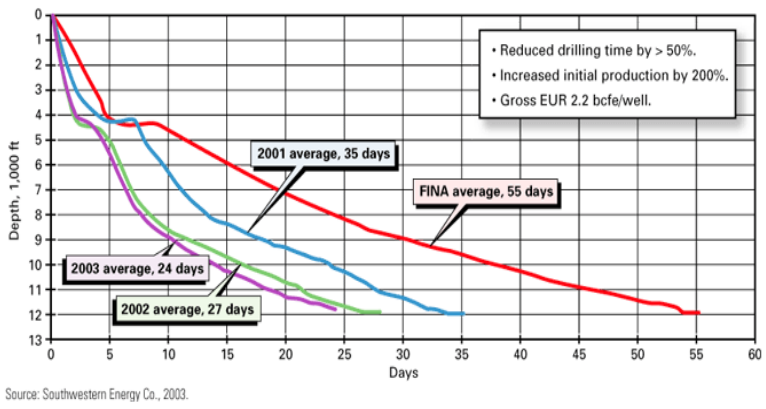


الشكل 2–7: نتائج النفاذية بطريقة (BGMR) في أحد آبار حقل (الأبيّض)



2-7 : الكلف المالية للحفر والإكمال

الشكل 2-8 : نتائج تحسن أعمال الحفر في حقل (Overton) الواقع في شرق ولاية تكساس / الولايات المتحدة



تم وضع برامج أبحاث علمية مكثفة بهدف تقليل الكلف المالية لعمليات حفر وإكمال الآبار في مكامن الصخور الرملية الكتيمة. إضافة إلى اختصار فترة الحفر وعلى الأخص حفر الآبار العميقة والتي قد يصل عمقها إلى حوالي 12000 قدما. يبين الشكل 2-8 نتائج تحسن عمليات الحفر في طبقات الصخور الرملية الكتيمة (Cotton Valley) في حقل (Overton) الواقع إلى الشرق من ولاية تكساس.

وتتلخص النتائج التي تم التوصل لها، إلى خفض تكلفة حفر البئر الواحدة إلى أكثر من 50 %. مع زيادة طاقاتها الإنتاجية بنسبة 200 %، بعد الأخذ بنظر الاعتبار جميع عوامل ومعدات الحفر المستخدمة، ودقاقات الحفر والبرج، وخصائص الصخور المكمنية وغيرها.

2-8 : محاور التطور التقني

يساهم التطور التقني في إنجاح مشاريع استثمار مصادر غاز الصخور الرملية الكتيمة وإنتاجها تجارياً، حيث تتلخص محاور أعمال التطوير ضمن خمسة محاور هي:

1. تطوير تقنيات أعمال الاستكشاف والبحث عن مصادر الصخور الرملية الكتيمة، وتشخيص مناطق النفاذية العالية، وتواجد التشققات الطبيعية في أحواضها الرسوبية.
2. تطوير طرق البحث عن الأحواض الرسوبية ذات المواصفات المكمنية الجيدة لتجنب المناطق ذات التشبع العالي بالماء.
3. البحث عن الخصائص المكمنية لإيجاد الدالة الإنتاجية للآبار المحفورة في التكوين.
4. تخفيض كلف الحفر والإكمال.
5. بحث تطبيق طرق تنمية الموارد المعززة.

هذا ويعتبر تطوير تقنيات الاستكشاف والتشقيق الطبيعي وخفض نفقات الحفر والإكمال من أهم تلك المحاور وأكثرها تأثيرا على عمليات إنتاج تلك المصادر. كما تشير الأمثلة والتطبيقات الحقلية التالية دور التقنيات الحديثة في استثمار هذه المصادر وتطويرها.

2-9 : أمثلة حقلية

ساهمت مشاريع إعادة تطوير الحقول المنتجة في الولايات المتحدة إضافة إلى اكتشاف وتطوير حقول جديدة، في زيادة إنتاج مصادر غاز الصخور الرملية الكتيمة. وعلى سبيل المثال، تم زيادة إنتاج الحقول التالية خلال الفترة من 1997 إلى عام 2002:

- تطوير حقل (Greater Green) مكمن (Lance/Fox Hills) من 10 مليون قدم مكعب يوميا إلى 660 مليون قدم مكعب يوميا.
- حقل (Gulf Coast) مكمن (Vicksburg) من 8 مليون قدم مكعب إلى 1.1 مليار قدم مكعب .
- حقل (Cotton Valley) مكمن (Bossier)، من 1.8 مليار قدم مكعب يوميا الى 2.1 مليار قدم مكعب يوميا.
- وقد تم إعادة تطوير بعض الحقول المنتجة لزيادة إنتاجها عام 2002 ، وكما مدرج أدناه على سبيل المثال:
- حقل (Appalachian) مكمن (Clinton/Medina) إلى 320 مليون قدم مكعب يوميا.
- حقل (San Juan) مكمن (Mesaverde)) إلى 870 مليون قدم مكعب يوميا.
- حقل (Anadarko) مكمن (Cherokee/red Fork) إلى 470 مليون قدم مكعب يوميا.

2-9-1 حوض (Piceance) في ولاية كولورادو الامريكية

يحتوي حوض (Piceance) على تجمعات رسوبية سميكة. ويقع فيه حقل (Williams Fork). ويحتوي على طبقة (Mesaverds) التي تتألف من تجمعات سميكة من الرواسب الرملية العدسية. كما تحتوي هذه الصخور الرملية الكتيمة على مخزون هائل من الغاز الطبيعي يصل تقديره إلى 300 تريليون قدم مكعب.

وكان يعتقد في بادئ الأمر صعوبة إنتاج الغاز الطبيعي لقلته وارتفاع تكلفته. وقد أدت نتائج الفحص واختبار التقنيات الحديثة إلى جعل هذا المصدر من المصادر المهمة التي يعتمد عليها في الإنتاج. وازداد عدد الآبار المنتجة في هذا المكمن إلى حوالي 1092 بئرا عام 2002، وبلغ إجمالي طاقتها الإنتاجية حوالي 288 مليون قدم مكعب يوميا.

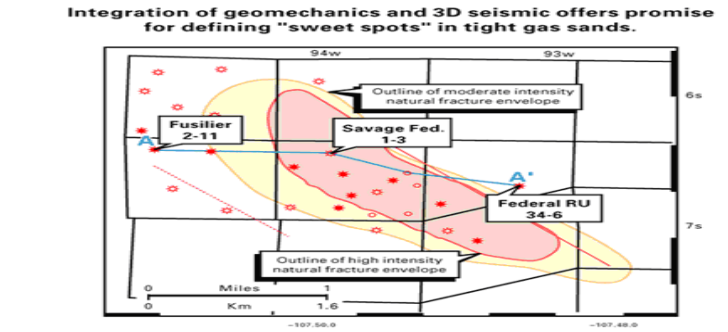
2-9-2 حقل (Rulison)

تم إجراء تطبيق عملي للتقنيات الحديثة للاستكشاف والتشقيق الطبيعي في حقل (Rulison)/ مكمن الصخور الرملية الكتيمة (Williams Frok)، الواقع في ولاية كولورادو الأمريكية، وقد تم حفر مجموعة آبار في الجزء الجنوبي من الحقل، والذي شمل ثلاثة أقسام ذات نفاذية جيدة والتي تعرف باسم (البقعة الحلوة) أو (sweet spot).

وأدت النتائج إلى تحسن تقديرات الاحتياطي إلى أكثر من ضعف. ويبين الشكل 2-9 تحسن نتائج التطبيق العملي للتقنيات الحديثة.

هذا وتهدف برامج البحث والتطوير في هذا المشروع إلى إيجاد أفضل الطرق لتحقيق أعلى معامل استخلاص للغاز الطبيعي في آبار مكامن الصخور الرملية الكتيمة وعلى الأسس التجارية. وقد تم استخدام طرق مختلفة منها: استخدام معدات متطورة لعمليات جس الآبار، برامج إكمال الآبار، استخدام تقنيات متطورة في عمليات تشقيق الآبار.

الشكل 2-9 : نتائج تطبيق تقنيات الاستكشاف والتشقيق الطبيعي لحقل (Rulison)



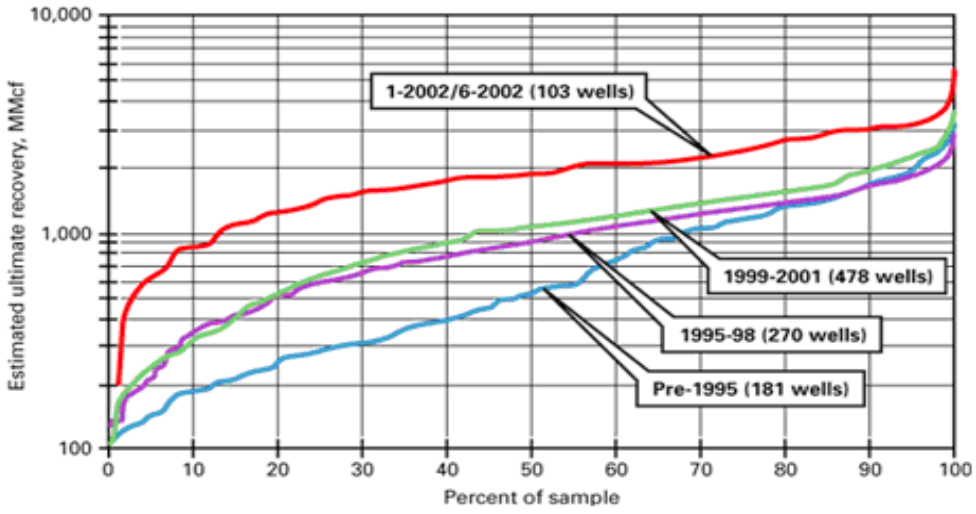
Results of geomechanics/3D seismic technology test

Natural fracture cluster area	Cumulative recovery	Estimated ultimate recovery
Inside envelope (12 wells)	2.5 bcf/well	
• Savage Fed. 1-3	2.0 bcf	2.8 bcf
Outside envelope (23 wells)	1.2 bcf/well	
• Fed. RU 34-6	0.2 bcf	0.3 bcf
• Fusilier 2-11	0.8 bcf	1.5 bcf

Source: Advanced Resources International, 2001.

يبين الشكل 2-10 تطور مقدار استخلاص الغاز الطبيعي للبئر مع مجموعة الآبار في حقل (Rulison) وعلى مدى أربع فترات زمنية تمتد من عام 1995 إلى عام 2002. وقد بينت النتائج تحسن أدائية استخلاص الغاز الطبيعي للبئر الواحدة من 0.79 مليار قدم مكعب إلى 1.98 مليار قدم مكعب في نهاية الفترة. وفي الوقت ذاته انخفضت نسبة الآبار الجافة من 9 % عام 1995 إلى الصفر في نهاية الفترة الزمنية.

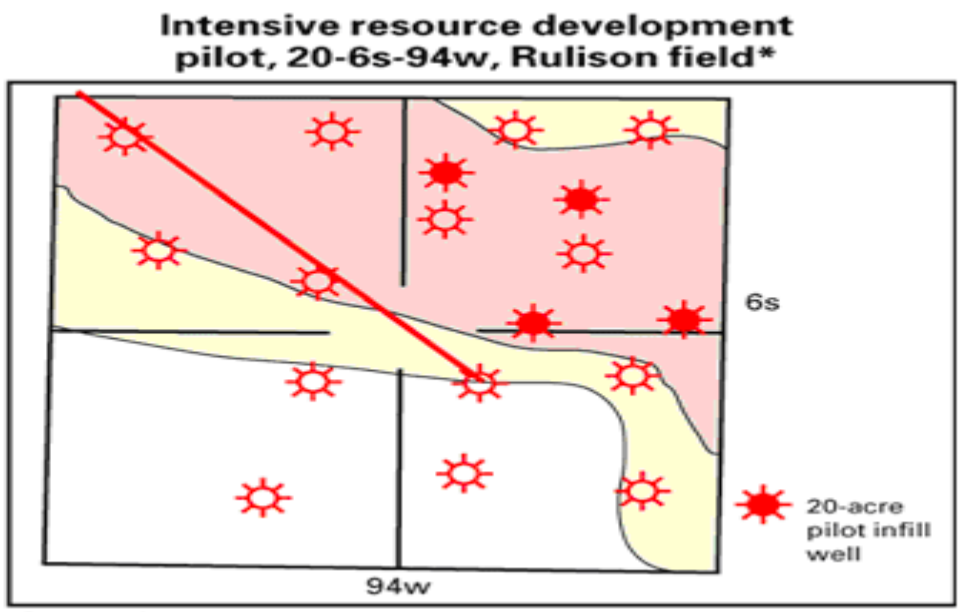
الشكل 2-10 : تطور مقدار استخلاص الغاز الطبيعي/ للبئر مع مجموعة الآبار في حقل (Rulison)



برامج التطوير الشامل للحقل

تم وضع برنامج شامل لتطوير الحقل/ مكامن صخور الرمال الكتيمة. ويبين الشكل 2-11 نموذج للمشروع الرائد لتطوير الحقل مع توزع الآبار على مساحة ميل مربع من الحقل، حيث تم حفر 32 بئرا في الميل المربع الواحد لأغراض الإنتاج المستدام.

الشكل 2-11 : نموذج للمشروع الرائد لتطوير حقل (Rulison)



*For wells drilled through 1997.

Expected results from intensive resource development, 20-6s-94w, Rulison field

Date	Wells and spacing	Reserves/ well,* bcf	Reserves/ sq mile, bcf
Initial	2 wells @ 320 acres/well	2.1	4
1994	2 wells @ 160 acres/well	2.2	4
1995	4 wells @ 80 acres/well	1.9	8
1996-97	8 wells @ 40 acres/well	1.8	14
1997-2000	16 wells @ 20 acres/well	1.7	27
Future	32 wells @ 10 acres/well	1.7	55
Total	**64 wells**	**1.75**	**112**

*Estimated based on ARI-Tight Type Curve Model.

أدت النتائج الجيدة لتحسن أدائية الآبار واستخلاص الغاز الطبيعي في المشروع الرائد إلى الاستمرار قدما في تنفيذ مشروع التطوير الشامل للحقل. حيث يقدر إجمالي إنتاج الحقل بأكثر من 100 مليار قدم مكعب من الغاز الطبيعي، باعتماد أعلى معامل استخلاص ونتائج إنتاجية مساحة الميل المربع الواحد، وبافتراض استمرار أدائية إنتاج البئر الواحدة على مدى فترة طويلة.

ويبين الجدول(2-2) خلاصة تأثير تطبيقات التقنيات الحديثة في تطوير حقل (Rulison)

الجدول 2-2 : تأثير استخدام التقنيات الحديثة في تطوير الإنتاج لحقل (Rulison)

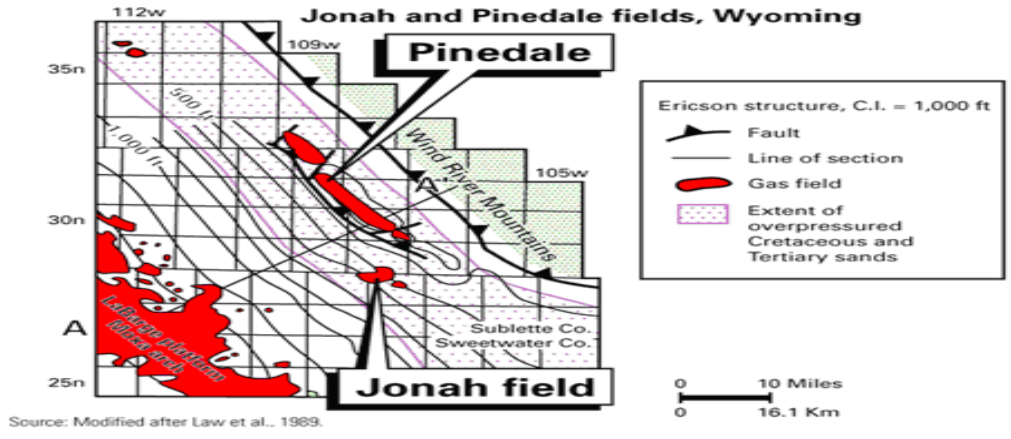
Field development options	Well spacing, acres	No of locations*	Success rate, %	Reserves/ well	Reserves/ section	Potential field size
				Bcf		
Historical practices	160	144	91	0.8	3	100
Advanced strategy	10	2,304	99	1.5	96	3,400

*Assuming 36 sq miles productive field area and actual results achieved at Rulison, 10-acre spaced Sec. 20 pilot.

2-9-3 مشروع تطوير حوض جرين ريفر العظيم/ وايومنج (Greater Green River basin)/(Wyoming)

يعتبر حوض جرين ريفر العظيم من الأحواض المنتجة للغاز الطبيعي في مناطق جبال روكي الأمريكية. يبين الشكل 2-12 مواقع الحقول والتراكيب الجيولوجية وامتداداتها من الصخور الرملية الكتيمة للعصر الطباشيري التي تحتوي على الغاز الطبيعي عند ضغط مرتفع في هذا الحوض.

الشكل 2-12 : حوض جرين ريفر العظيم/ التراكيب الجيولوجية التي تحتوي على الغاز الطبيعي وامتداداتها من الصخور الرملية الكتيمة عند ضغط مرتفع



يحتوي هذا الحوض على العديد من التراكيب والطبقات الجيولوجية التي تعود إلى العصر الثلاثي والطباشيري. هذا وتعتبر طبقة (Lance) الطبقة أو المكمن الرئيسي الذي ينتج الغاز الطبيعي من هذا الحوض، وعلى الأخص في حقلي (Pinedale) و(Jonah).

السرد التاريخي

اكتشف حقل (Jonah) عام 1975، وقد بقي على حاله بدون تطور حتى عام 1992، حيث أعيد إكمال الآبار المحفورة سابقا مع حفر بئر جديدة. وقد تم استخدام طرق مختلفة لتشقيق الطبقات المكمنية باستخدام مواد معززة مع الجل المائي وغاز ثاني أكسيد الكربون مع الرغوة كوسيط ناقل، إلا أنها فشلت في تحقيق الإنتاجية التجارية المطلوبة. وفي بداية عام 1994، تم استخدام تقنيات مختلفة باستخدام محلول مائي مع البارايت رافقها تحسين عمليات التثقيب، وقد أدت هذه العمليات إلى تحسين معامل استخلاص الغاز الطبيعي وتحسين إنتاجية الآبار والتي وصلت إلى حدود من 5 إلى 10 مليار قدم مكعب/ لكل بئر. حيث بلغ إنتاج البئر الواحدة بحدود 5– 7 مليون قدم مكعب يوميا.

تقدر كثافة مصدر الغاز الطبيعي في حقل (Jonah) بحوالي 250 الى 300 مليار قدم مكعب/ ميل مربع. ويمتاز الحقل بخصائص جيولوجية فريدة، حيث يعمل كمصيدة للغاز الطبيعي من مصادر الطبقات المولدة وذات الضغط العالي نتيجة لوجود التشققات الطبيعية المتصلة مع مكامن الحقل. يعتبر حقل (Jonah) من أكبر مصادر إنتاج الغاز الطبيعي في حوض النهر الأخضر العظيم. وقد تم تنفيذ مشروع التطوير الشامل للحقل وحفر 484 بئرا، ليصل إجمالي معدل إنتاجه إلى 670 مليون قدم مكعب يوميا في منتصف عام 2003. ويبين الجدول 2–3 بعض أنواع إكمال الآبار المستخدمة لتطوير الإنتاج.

الجدول 2–3 : أنواع تقنيات إكمال الآبار في حقل (Jonah)

Jonah field, Greater Green River basin	First generation, pre-1990	Second generation, 1992-93	Third generation, 1994-95	Current, 2000+
Pay selection	Bottom 40%	Bottom 20-50%	50%	50-100%
Frac stages	1	1	3	Up to 10
Frac fluid	X-link gel	N_2	N_2/gel	Borate gel
IP, MMcfd	1.4	1 to 4	3 to 5	5 to 15
EUR, bcf	1.5	2.0	3.0	5 to 10+

2–9–4 حقول غاز الصخور الكتيمة في الدول العربية

تشير الدراسات إلى تواجد احتياطيات واعدة من مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية في مكامن الصخور الكتيمة في بعض الدول العربية، ويؤمل البدء في تطويرها وإنتاجها قريباً. ويبين الجدول 2–4 مواقع تلك الحقول والتكوينات الجيولوجية وأنواع الطبقات المكمنية، إضافة إلى قيم المسامية والنفاذية للمكامن والتقنيات المطلوبة تطبيقها في عمليات التطوير[1]. (1)

1 . Ahmed Shata,..eta, Over View of Tight Gas Field Development in the Middle East and North Africa Regien, SPE 12181, Feb. 2010.

الجدول 2-4 : حقول غاز الصخور الكتيمة في بعض الدول العربية

الدولة	أسم الحقل	موقع الحقل	العمر الجيولوجي	نوع التكوين	نوع المكمن		التقنيات المطبقة
					المسامية %	النفاذية ملي دارسي	
عمان	خزان الضخم ومكرم	وسط عمان، غرب حقل سيح روال للغاز	الأردوفيشي	صخور رملية	7	0.1	مسح زلزالي مكثف الحفر المائل الحفر تحت التوازن التشقيق الهيدروليكي
المملكة العربية السعودية	غوار	الشمال الغربي	الأردوفيشي / السلوري	صخور رملية	12	أكبر من 1	مسح زلزالي ثلاثي الحفر الأفقي تشقيق متعدد المراحل
	مشيب Mushayab		الأردوفيشي	صخور رملية	6 – 4	0.001 – 0.008	الحفر الأفقي تشقيق الآبار الأفقية تشقيق متعدد المراحل
مصر	الأبيض	الصحراء الغربية	الجوراسي الأوسط	الصخور الرملية	13 – 7	600 – 0.1	التشقيق الهيدروليكي الحفر المائل
	أبو الغراديق	الصحراء الغربية	الطباشيرى الأعلى	الصخور الرملية	8.5	200 – 0.1	الحفر المائل التشقيق
الجزائر	تجينتور Teguen-tour	الجنوب الغربي	السيلوري الأسفل / الديفوني	الصخور الرملية	20.1	أقل من 1	الحفر تحت التوازن الحفر الأفقي تشقيق الآبار الأفقية تشقيق متعدد المراحل
	كريشبا Krechba	الجنوب الغربي	السيلوري الأسفل / الديفوني	الصخور الرملية	8.5	أقل من 1	المسح الزلزالي الحفر الأفقي التقييم الجيولوجي التشقيق المتعدد المراحل
	عين صالح	الجنوب الغربي	السيلوري الأسفل / الديفوني	الصخور الرملية	10		المسح الزلزالي الثلاثي الرنين المغناطيسي النووي الحفر المائل التشقيق الهيدروليكي
العراق	عكاس	الصحراء الغربية	الأردوفيشي الأعلى	الصخور الرملية	7.6	0.13	المسح الزلزالي الحفر تحت التوازن الحفر المائل تشقيق متعدد المراحل
الأردن	الريشة	شمال شرق	الأردوفيشي الأعلى	صخور رملية	7 – 3	أقل من 0.124	الحفر المائل التشقيق
سورية	أراك		الكربوني	صخور رملية مع السجيل	13	أكبر 1	المسح الزلزالي الثنائي الحفر المائل التشقيق بالحامض

2 - 10 : نشاط تطوير مصادر غاز الصخور الكتيمة عالمياً [1]

استراليا

تسعى الحكومة الاسترالية إلى تشجيع ودعم الشركات العاملة في تطوير المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي من خلال إصدار التشريعات والخفض الضريبي، حيث تم تخفيض نسبتها من 10 % إلى 5 % من سعر الغاز عند رأس البئر.

في بداية عام 2009، تم المباشرة في حفر أول بئر تقييمية في حقل (Warro) لتطوير مكامن غاز الصخور الكتيمة. يقع الحقل على مسافة 250 كم إلى الشمال من (Perth). هذا ويتطلب حفر نحو 200 بئراً خلال عمر الحقل الافتراضي بهدف إنتاج الغاز الطبيعي وبمعدل يتراوح من 100 إلى 150 مليون قدم مكعب يومياً. والذي يعادل حوالي 10 % من حاجة استهلاك مناطق جنوب غرب استراليا من الغاز الطبيعي، ويتوقع إكمال المشروع وتشغيله عام 2010.

الولايات المتحدة

أشارت آخر دراسات شركة شل العالمية، إلى أن إنتاج الغاز الطبيعي من مصادر الصخور الكتيمة سيمثل أكثر من نصف إجمالي إنتاجها بحلول عام 2020. كما تم الانتهاء من استحداث مواقع على الانترنيت (Internet) تحتوى على قاعدة بيانات وأمثلة تعود إلى مشاريع تطوير مصادر غاز الصخور الكتيمة بإشراف قسم الطاقة للحكومة الأمريكية (DOE) مثل: حوض (San Juan)، وحوض (Appalachian) وغيرها ضمن مشروع متكامل لأرشفة بيانات هذه المصادر وإتاحة قسم منها للباحثين والمختصين لنشر المعرفة والمساعدة في إجراء البحث العلمي والتطوير.

كندا

يعمل ائتلاف مجموعة من الشركات على تطوير مصادر غاز الصخور الكتيمة في حوض (Montney) الكندي بهدف إنتاج حوالي 6 مليار قدم مكعب من الغاز الطبيعي.

خلاصة الفصل الثاني

1. تعرف مصادر غاز الصخور الكتيمة: بالغاز الطبيعي المخزن في الطبقات المكمنية ذات النفاذية المنخفضة (أقل من 0.1 ملي دارسي)، للنسيج الصخري فقط دون النظر إلى تواجد التشققات الطبيعية المكمنية. توصف مكامن الصخور الكتيمة بأنها مصائد شاملة ومتصلة ومعقدة التركيب، وتتواجد في مراكز معظم الأحواض الرسوبية البترولية. تكونت هذه الصخور الرسوبية من دقائق متناهية في الصغر ترسبت في ظروف بحرية وفي مياه راكدة، وقد ساهمت هذه الرواسب والظروف التي تكونت بها في تردي خواصها المكمنية.
2. تمتاز هذه الصخور المكمنية بالنفاذية المنخفضة وارتفاع الضغط الشعري، كما تتصف عادة بارتفاع الضغط المكمني إلى مستوى غير اعتيادي. يتواجد الغاز الطبيعي في صخور المكامن الكتيمة، ممتزاً على دقائق النسيج الصخري للتكوين. وتعتمد نتائج تقييم حركة وجريان الغاز في تلك المكامن وتعقيداتها على التحول من معادلة (دارسي) إلى معادلة (Fick) لحركة الغاز بالانتشار خلال النسيج الصخري.

1 . Cedigaz, U-Gas News Report, different vols, 2009.

3. قدر إجمالي مخزون الغاز الطبيعي في مصادر الصخور الرملية الكتيمة عالميا بحوالي 8020 تريليون قدم مكعب. ويتوزع مخزون الغاز الطبيعي على مختلف مناطق العالم، حيث تحتوي مناطق أمريكا الشمالية على أكبر مخزون يقدر بحوالي 1480 تريليون قدم مكعب، أي بنسبة مقدارها 19 %. تليها مناطق أمريكا اللاتينية بنسبة 17 %، ثم روسيا وكومنولث الدول المستقلة بنسبة 12 %. ويقدر مخزون الغاز الطبيعي لهذه المصادر في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بحوالي 890 تريليون قدم مكعب من مخزون الغاز الطبيعي أي بنسبة مقدارها 11 %.

4. تعتمد الطاقة الإنتاجية لغاز الصخور الكتيمة على العوامل التالية:

- عدد الآبار الإنتاجية.
- عمليات إكمال الآبار ونوعيتها.
- التشقيق الهيدروليكي للطبقات المكمنية.

5- شهدت الولايات المتحدة نشاطا متميزاً في تطوير وإنتاج غاز الصخور الكتيمة، حيث ازداد الإنتاج من 3.21 تريليون قدم مكعب عام 1996 إلى 5.71 تريليون قدم مكعب عام 2006 . كما يتوقع استمرار زيادة الإنتاج خلال السنوات القادمة ليصل إلى 6.62 تريليون قدم مكعب عام 2020، وإلى 7.10 تريليون قدم مكعب عام 2030. هذا وبلغت حصة إنتاج الغاز من مصادر الصخور الكتيمة إلى إجمالي إنتاج المصادر غير التقليدية من الغاز الطبيعي 65 %، خلال عام 2008.

6- يساهم التطور التقني في إنجاح مشاريع استثمار مصادر غاز الصخور الرملية الكتيمة وإنتاجها تجارياً، حيث تتلخص محاور أعمال التطوير ضمن المحاور التالية هي:

- تطوير تقنيات أعمال الاستكشاف والبحث عن مصادر الصخور الرملية الكتيمة، وتشخيص مناطق النفاذية العالية، وتواجد التشققات الطبيعية في أحواضها الرسوبية.
- تطوير طرق البحث عن الأحواض الرسوبية ذات المواصفات المكمنية الجيدة لتجنب المناطق ذات التشبع العالي بالماء.
- البحث عن الخصائص المكمنية لإيجاد الدالة الإنتاجية للآبار المحفورة في التكوين.
- تخفيض كلف الحفر والإكمال.
- بحث تطبيق طرق تنمية الموارد المعززة.

هذا ويعتبر تطوير تقنيات الاستكشاف والتشقيق الطبيعي وخفض نفقات الحفر والإكمال من أهم تلك المحاور وأكثرها تأثيرا على عمليات إنتاج تلك المصادر وزيادة استخلاص الغاز.

الفصـــل الثالث
غاز السجيل Shale Gas

3-1 لمحة عن مصادر غاز السجيل Shale Gas

تعتبر مصادر غاز السجيل أحد أنواع المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي. وقد أهملت سابقاً لصعوبة إنتاجها وارتفاع تكلفة مشاريع تطويرها. ونظرا للحاجة المتزايدة لمصادر جديدة لإنتاج الغاز الطبيعي لتلبية الطلب المتزايد على مصادر توليد الطاقة النظيفة، أصبح إنتاج غاز السجيل يمثل تحدي كبير وتبذل جهود كبيرة لتطوير تقنيات جديدة لإنتاج هذه المصادر تجاريا وعلى الأخص في الولايات المتحدة[1].

تعاني مصادر غاز السجيل من شح المعلومات ونقص الخبرات المتخصصة في إدارة هذه المصادر مقارنة مع باقي المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي مثل غاز طبقات الفحم ومصادر غاز الصخور الرملية الكتيمة وغيرها، وتعتبر هذه المصادر الأصعب وتواجه تحديات كبيرة لاستثمارها.

تتوزع مصادر غاز السجيل وأحواضها الرسوبية في مختلف دول العالم. وتعتبر الولايات المتحدة من أكثر دول العالم تقدما في تقنيات إنتاج هذه المصادر. وقد عرف غاز السجيل في الولايات المتحدة منذ القرن الثامن عشر، حيث يعود حفر أول بئر إنتاجية في طبقات غاز السجيل إلى عام 1821. بلغ عمق البئر حوالي 27 قدما ويصل إلى تكوين سجيل دنكرك في العهد الديفوني. واستخدم هذا الغاز لأغراض الإضاءة في حينه[2].

وكان ينظر قبل عقود إلى مكامن السجيل على أنها نوع من أنواع الصخور المولدة للنفط والغاز. وقد وجد بأنها تحمل صفتي الصخور المولدة ومصائد تركيبية تحتوي على الهيدركربونات.

تشير الدراسات إلى اكتشاف أكثر من 688 تكوين جيولوجي للسجيل، تتوزع على 142 حوض رسوبي في مختلف مناطق العالم3. ويحظى تطوير هذه المصادر باهتمام كبير في الوقت الراهن حيث بلغ عدد الآبار المحفورة حاليا في مكامن غاز السجيل نحو 30 ألف بئر في الولايات المتحدة وحدها.

تتصف مكامن السجيل بتعدد طبقاتها، وانخفاض نفاذيتها، وتدني طاقات آبارها الإنتاجية. وتتطلب عناية خاصة واختيار دقيق لطريقة تشقيق هذه الطبقات لتحسين أداء آبارها الإنتاجية. وقد تم استخدام معدات ونماذج محاكاة طورت لهذا الغرض، حسنت من اقتصادياتها إلى حد ما، في ضوء تغير أسعار الغاز الطبيعي المسوق.

3-2 طبيعة السجيل The natural of Shale

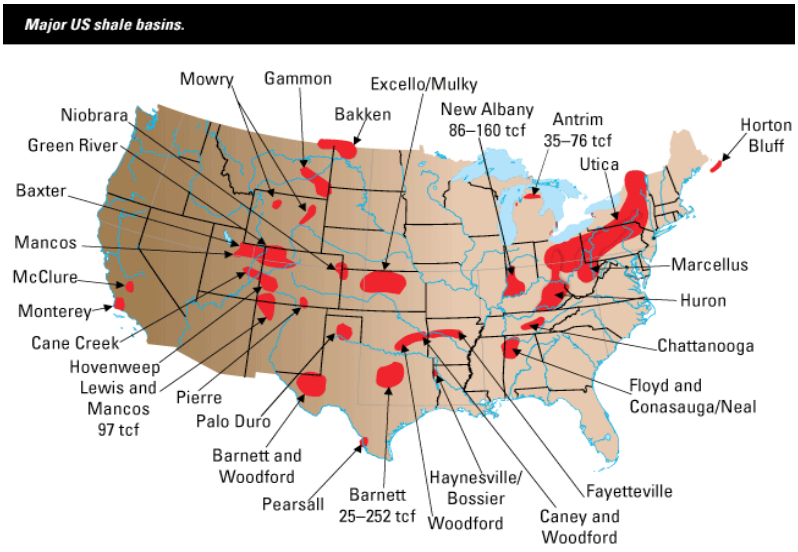
تعرف صخور السجيل: بأنها صخور رسوبية ذات نفاذية متدنية، أقل من نفاذية الصخور الرملية الكتيمة، تكونت من الترسبات الطينية في المناطق الضحلة قبل حوالي 350 مليون سنة، خلال العهد الديفوني من الحقب القديم الباليوزويك. تتألف صخور السجيل من حبات رسوبية صغيرة هشة سهلة التكسر إلى صفائح رقيقة، وتتحلل هذه الصخور عند تبللها بالماء. وتعتبر من الطبقات الجيولوجية الغنية

1 . NPC, Working Document of the NPC Global Oil & Gas Study, Unconventional Gas Topic paper # 29, July 18, 2007.
2 .Joseph H. Frantz, eta, Operators re-discover shale gas value, Schlumberger, E&P, October, 2005.
3 . Data presented by Schumberger Oil fields Service at CERA week conference in Feb. 2009.

بالمواد والترسبات العضوية. وقد تم اكتشاف الغاز الطبيعي في صخور السجيل للعهد الديفوني القديم[1].

تؤدي حركة القشرة الأرضية وثقل الطبقات الصخرية التي تغطي صخور السجيل، إلى تشققها في بعض الأحيان، ويكون تشققها مثل تشقق لوح الزجاج عند تعرضه لضربة حجر. ويعتبر العثور على طبقات السجيل ذات التشققات الكبيرة والمتعددة من الأمور الجيدة والمشجعة، حيث يتوقع الحصول على إنتاجية جيدة ومعامل استخلاص عالي للغاز الطبيعي.

الشكل 3-1 : الأحواض الرسوبية لغاز السجيل وتقدير احتياطياتها من الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة



يصعب استخلاص الغاز الطبيعي من هذه الطبقات نتيجة لانخفاض نفاذيتها وتردي مواصفاتها المكمنية. ويتم إجراء عمليات التشقيق الهيدروليكي لمكامن السجيل باستخدام سوائل خاصة وعند ضغوط مرتفعة خلال عمليات إكمال الآبار الإنتاجية للحصول على الطاقة الإنتاجية التجارية، كما تضيف هذه التقنيات تكلفة إضافية لعمليات الإنتاج. وعلى الرغم من صعوبة هذه المصادر إلا أنه تم تحقيق اكتشافات عديدة في مختلف مناطق العالم، وكان معظمها في الولايات المتحدة. يبين الشكل 3-1 أهم الأحواض الرسوبية في الولايات المتحدة، التي تحتوي على مكامن غاز السجيل، وتقدير احتياطياتها من الغاز الطبيعي.

3-3 تقييم الخصائص المكمنية لمصادر غاز السجيل

تشير النظريات إلى أن أصل النفط والغاز في طبقات السجيل يعود إلى غزارة المواد والترسبات العضوية التي تحتويها، وبفعل الحرارة والضغط المرتفع اللذين تعرضت لهما والمؤثرات الجيولوجية والبيئية الأخرى، أدى إلى تحلل تلك المواد العضوية وتحولها إلى النفط أو الغاز. وقد أثرت تلك العوامل على نوعية التحول، حيث تؤدي الحرارة والضغط المرتفع إلى تكون الغاز الطبيعي، في حين يتكون الغاز الرطب عند تراجع درجات الحرارة. ويتكون النفط الخام عند تعرضها إلى مستويات منخفضة من الحرارة والضغط.

تنفرد مكامن السجيل بخصائص فريدة تميزها عن باقي المكامن الاعتيادية لسببين:

1. تمتلك صخور السجيل صفتي الصخور المولدة، والمصائد التركيبية (المكمنية).
2. تتصف صخور السجيل بقابليتها الكبيرة على تخزين الغاز الطبيعي.

1 .V. A. Kuuskraa, Natural Gas Resources Unconventional,, Encyclopedia of Energy, 2004.

يتواجد الغاز الطبيعي في التجاويف الدقيقة للنسيج الصخري على شكل غاز حر وكذلك يتم امتزاز جزيئات الغاز الطبيعي على المساحة السطحية الكبيرة التي تمتاز بها دقائق صخور السجيل والمواد المترسبة عليها ويدعى بالغاز الممتز، وهذه الحالة مشابهة لصخور طبقات الفحم الحجري مع الاختلاف التركيبي. كما يتم تقدير طاقة تخزين الغاز الطبيعي في طبقات السجيل المماثلة لطبقات الفحم بطريقة (Langmuir) عند درجات حرارة ثابتة. كما وضحت هذه النظرية العلاقة بين كميات الغاز الممتز على المساحة السطحية للأجسام الصلبة مع تغير درجات الحرارة والضغط. ويقاس مؤشر الثبات الحراري للصخور المكمنية من خلال إيجاد عاملي (Langmuir) للحجم (VL) وآخر للضغط (PL). ويعرف (VL): هو أكبر حجم للغاز الطبيعي يمكن امتزازه في نماذج من صخور السجيل عند الضغط المكمني. في حين يعرف معامل(PL): مقدار الضغط اللازم لامتزاز نصف حجم الغاز الطبيعي في صخور السجيل.

يتم تقييم تواجد الغاز الطبيعي في مكامن السجيل أيضا من خلال إيجاد أهم عاملين وهما:

- إجمالي محتوى الكربون العضوي في صخور السجيل (Total Organic Carbon Content) (TOC).
- معامل النضج الحراري لصخور السجيل (Thermal Maturity).

حيث يستفاد من العامل الأول في تقييم إمكانية طبقات السجيل على إنتاج كميات من الهيدروكربونات. في حين يشير العامل الثاني إلى بيان النضج الحراري ومدى تحول المواد الكربونية العضوية إلى النفط أو الغاز. وبذلك يكون هذا الاختبار مؤشراً على تواجد الغاز الطبيعي في طبقات السجيل.

تنتج مكامن السجيل غاز الميثان ويرافقه في بعض الحالات نسب منخفضة من غاز ثاني أكسيد الكربون، والنيتروجين، والإيثان، والبروبان. ويعود سبب تكون غاز ثاني أكسيد الكربون إلى التفاعلات الحيوية (biogenic) [1].

يتأثر توزع الغاز الطبيعي الممتز والغاز الحر في صخور السجيل بمقدار الضغط المكمني الأصلي، وكذلك بالمواصفات البتروفيزياوية وسلوك خاصية الامتزاز للصخور[2]. حيث تتسم مكامن السجيل بانخفاض مساميتها (1 % - 10 %). في حين تنخفض نفاذية الغاز إلى مستويات قليلة تتراوح من 0.01 إلى 100 نانودارسي. وبسبب تدني النفاذية تسلك حركة جزيئات الغاز خلال النسيج الصخري بالانتشار وحسب قانون (Fick) بالانتشار، في حين تمثل حركة جزيئات الغاز خلال التشققات بقانون دارسي.

هذا وتتباين قيم نفاذية الغاز في تشققات السجيل الطبيعية من 5 دارسي للمكامن غير العميقة، وتنخفض في المكامن العميقة لتصل إلى حوالي 100 نانودارسي.

كما تصل نسبة تشبع طبقات السجيل بالماء إلى حوالي 100 % في بعض المكامن في حين ينعدم تواجد الماء في مكامن أخرى. يبين الجدول 3-1 الخصائص المكمنية لأهم مكامن غاز السجيل في الولايات المتحدة الأمريكية[3].

1 . B. Gault and G. Stotts, Improve Shale Gas production forecasts, E&P, Fekete Association Inc, March, 2007.

2 . B.Gault and G.Stotts, Improve Shale Gas production forecasts, E&P, Fekete Association Inc, March, 2007.

3 . IEA, World Energy Outlook 2009.

الجدول 3-1 : الخصائص المكمنية لأهم مكامن غاز السجيل في الولايات المتحدة

	Basin area (km^2)	Depth (metres)	Thickness (metres)	Total organic carbon (weight %)	Thermal maturity (Ro %)	Gas in place (bcm/km^2)
Barnett	13 000	2000 - 2800	50 - 200	3.8 - 8.0	1.1 - 1.7	0.5 - 3.0
Fayetteville	23 000	300 - 2100	15 - 100	4.0 - 9.5	1.2 - 3.0	0.5 - 3.0
Haynesville	23 000	3200 - 4100	60 - 90	0.5 - 5.0	2.2 - 3.0	1.6 - 2.7
Horn River	39 000	2000 - 3000	150 - 175	0.5 - 10.0	2.8 - 3.8	1.4 - 2.5
Marcellus	250 000	1000 - 2600	15 - 75	1.0 - 12.0	0.6 - 3.0	0.2 - 1.1
Montney	11 000	900 - 3000	150 - 300	2.5 - 6.0	1.0 - 1.7	1.0 - 3.2
Woodford	28 000	1800 - 3300	15 - 70	1.0 - 14.0	1.1 - 3.0	0.4 - 1.3

Note: Data should only be used for general comparative purposes, as they have been compiled from multiple sources.

Sources: DOE (2009); *O&GJ* (2008); IEA databases and analysis.

تمتلك مكامن السجيل المتعددة الطبقات جملة من الخواص المكمنية1، وتتم دراستها وتقييمها من خلال استخدام برامج محاكاة خاصة، تتطلب توفير مجموعة من البيانات والقياسات مع نتائج تقييمها وتحليلها. ومنها على سبيل المثال: خواص ميكانيكية الصخور المكمنية، وإجمالي محتوى المركبات العضوية، ومدى نضج السجيل، ومحتوى الغاز الطبيعي (بالقدم المكعب لكل طن من التكوين) بنوعيه الحر والمذاب (الممتز)، وتقييم قياسات جس الآبار، والمحاكاة المكمنية ومقارنة نمط تاريخ الإنتاج، وتقييم بيانات عمليات الحقن والتشقيق، وبيانات المايكرو سيزمي، والمواصفات المكمنية العامة ومنها: النفاذية، والمسامية، ونسب التشبع بالغاز والسوائل، وغيرها من نتائج اختبار عينات من لباب الصخور المكمنية.

يتم استخدام تقنيات المايكروسيزمي والمعروفة (Passive micro-seismic fracture monitoring (PMM)، لتقييم نتائج عمليات تشقيق مكامن السجيل وتشمل رسم الخرائط التركيبية وتعيين امتدادات التشققات والفوالق التركيبية قبل وبعد عمليات التشقيق. وكذلك متابعة تحرك جبهة المياه ومستوى الغاز في الطبقات المكمنية. هذا وقد تم تطوير تقنيات (PMM) أخيرا لتشمل ربط تقنيات قياسات جس الآبار مع تقنيات وبيانات المسح الزلزالي للبئر(Borehole seismic) إضافة إلى علم الحركات الزلزالية الماكروية للأرض. وتوصلت هذه التقنيات إلى نتائج جيدة لتشخيص التشققات والفوالق المكمنية، مما مكن المهندسين من إيجاد الحلول وتفسير الحالات المختلفة. وفي هذا الإطار تم تطوير واستخدام معدات جديدة لجس الآبار ومنها:

- مجس (Dipole sonic) ويستخدم في المحاكاة الأولية لتمثيل الإجهاد العمودي للصخور.

مجس السرعة (Velocity profile) لمحاكاة المسح الزلزالي لفوهة البئر.

كما يتم استخدام الكبل الضوئي خلال عمليات إكمال البئر وتنشيطه، لنقل قياسات درجات الحرارة على طول عمق البئر مع بيانات مفصلة عن عمليات حقن السوائل ونقاط انتشارها عند قعر فوهة البئر. توفر هذه التقنيات تسهيل مهمة اتخاذ القرار الصائب لإدارة هذه العمليات.

تتصف طبقات السجيل بارتفاع قيم الضغط الشعري capillary pressure، ويتم استخدام مواد كيماوية (مشتتة) لتقليل تأثيره بإزالة التوتر السطحي للسوائل الهيدروكربونية (المتكثفات) والتي تعيق تجمعاتها حركة الغاز في المكامن. وتتمثل هذه المواد بمزيلات (التوتر السطحي المايكرو مستحلبة).

1 . R.Hyden & G.Wylie eta, Unconventional Gas Technology -2: Custom technology makes shale resources profitable, Oil &Gas Journal, Vol. 105, issue 48, December 24, 2007.

هذا وقد تم التوصل إلى إنتاج مواد كيماوية تعمل على تقليل الطاقة المفقودة باحتكاك سوائل الحقن خلال عمليات التشقيق، بهدف استغلال جميع الطاقة الميكانيكية المبذولة بأعلى كفاءة وتقليل الضائع، وتشتمل هذه المواد على البوليمرات المستقيمة. كما تضاف مواد كيماوية مشتتة (خافضة) إلى السوائل لتحسين كفاءة عمليات الحقن والتشقيق. ويشترط في المادة المضافة أن تكون غير ضارة بالبيئة ولا تسبب ضررا على خواص الصخور المكمنية.

3-4 احتياطيات غاز السجيل

تشير الدراسات[1] إلى اكتشاف العديد من مصادر غاز السجيل والتي تتوزع بالأساس في أمريكا الشمالية وأمريكا اللاتينية ومناطق آسيا الباسيفيك، في حين يتوقع اكتشاف المزيد منها في مختلف مناطق العالم. يبين الجدول 3-2، والشكل 3-2 توزع الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي في مصادر غاز السجيل عالميا. حيث بلغت تقديرات إجمالي الاحتياطي الجيولوجي لغاز السجيل عالميا حوالي 17،440 تريليون قدم مكعب عام 1997.

يقدر الاحتياطي الجيولوجي لمصادر غاز السجيل في أمريكا الشمالية بحوالي 4160 تريليون قدم مكعب أي بنسبة 24 % من الإجمالي العالمي، تليها منطقة أواسط آسيا والصين 3820 تريليون قدم مكعب بنسبة 22 %. في حين تبلغ حصة مناطق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حوالي 16 %. تليها مناطق أمريكا اللاتينية بنسبة 13 %، والمتبقي يتوزع في باقي مناطق العالم.

كما أشارت آخر الدراسات إلى أن تقديرات احتياطيات الغاز الطبيعي المثبتة القابل للإنتاج من هذه المصادر في الولايات المتحدة يتراوح ما بين 1483 إلى 1859 تريليون قدم مكعب، أما احتياطيات تلك المصادر في كندا، فقدرت ما بين 500 إلى 600 تريليون قدم مكعب، في حين لا تتوفر حالياً بيانات مفصلة وواضحة حول احتياطيات الغاز القابل للإنتاج من مصادر غاز السجيل في باقي مناطق العالم[2].

الجدول 3-2 : تقديرات المخزون الجيولوجي للغاز الطبيعي في مكامن السجيل عالمياً

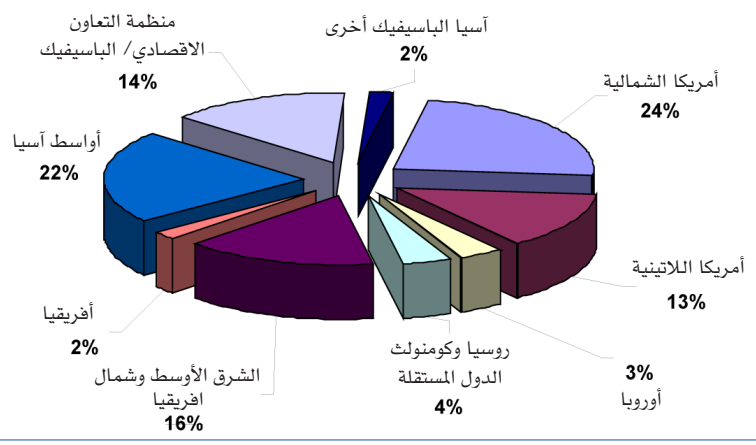
المنطقة / تريليون قدم مكعب	غاز طبقات السجيل المتشقق
أمريكا الشمالية	4160
أمريكا اللاتينية	2290
أوروبا الغربية	550
وسط وشرق أوروبا	50
روسيا وكومنولث الدول المستقلة	680
الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	2750
الصحراء الأفريقية	300
أواسط آسيا والصين	3820
دول منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي / الباسيفيك	2500
دول آسيا الباسيفيك الأخرى	340
إجمالي العالم	17440

1 .Rogner H., An Assessment of World Hydrocarbon Resources, Institute for Integrated Energy System, University of Victoria (1997).

2 . IFP, Gas Reserves, Discoveries and Production, Panorama (2006).

أشـــارت إحـــدى الـــدراســـات الـتـي جمعت بين الخواص البـتـروفـيـزيـائـيـة والجـيـوكـيـمـاويـة عن حـوض غـــرب كـنـدا الرسوبي (WCSB)، على احـتـواء الحوض على كميات كبيرة من الاحتياطي الجيولوجي لـلـغـاز الـطـبـيـعـي في طـبـقـات الـسـجـيـل. وحـســب تـقـديـرات مـــركـــز مـعـلـومـات الطاقة الكندية، يقدر الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي في خمس طبقات من السجيل في حوض غرب كندا بحوالي 860 تريليون قدم مكعب. يبين الجدول 3-3 تقدير الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي في طبقات السجيل لحوض غرب كندا (WCSB)[1].

الشكل 3-2 : توزع مخزون الغاز الطبيعي في مكامن غاز السجيل عالميا آسيا الباسيفيك اخرى



الجدول 3-3 : تقدير المخزون الجيولوجي للغاز الطبيعي في حوض غرب كندا

طبقة السجيل	مخزون الغاز الطبيعي (تريليون قدم مكعب)
Wilrich	156
Doig	11
Doig Phosphate	129
Montney	187
Duvernay	377
Total	860

هذا وتعتبر عمليات المسح الزلزالي الثنائي 2D والثلاثي 3D الخطوة الأولى في معرفة تواجد مكامن السجيل وامتداداته وحجمه. حيث يتم اعتمادها في وضع مفردات مكونات مشروع التطوير ووضع التصاميم وتنفيذ عمليات الإنتاج.

وتجدر الإشارة إلى أن حجم السجيل يقدر عادة بـ (ton/acre-ft) (الطن لكل أكر. قدم) في حين يتم حساب المخزون الغازي (GIP) من بيانات الخواص الجيوكيماوية للسجيل، ويقاس بالقدم المكعب لكل طن (scf/ton) أو بالقدم المكعب لكل إكر – قدم (scf/acre-ft): GIP=(ϱ)(1359)[2]

1 . B. Gault and G. Stotts, Improve Shale Gas production forecasts, E&P, Fekete Association Inc, March, 2007.

2 . R. Hyden & G. Wylie eta , "Unconventional Gas Technology-2: Custom technology makes shale resources profitable", Oil & Gas Journal , Vol. 105,issue 48, December 24, 2007.

5-3 ميكانيكية إنتاج الغاز الطبيعي من مكامن غاز السجيل

يتواجد الغاز الطبيعي في طبقات السجيل (Shale) في ثلاثة أنواع هي: غاز حر في المسامات الصخرية (النسيج الصخري)، أو غاز طبيعي حر في تشققات الصخور الطبيعية، أو غاز طبيعي مذاب ممتز في الترسبات العضوية المعدنية الطبيعية على السطوح الصخرية.

تؤثر هذه الأنواع الثلاثة المختلفة على ميكانيكية وكفاءة إنتاج الغاز الطبيعي، حيث تعتمد ميكانيكية حركة الغاز الطبيعي في مكامن السجيل واستخلاصه على ثلاثة محاور رئيسية، وحسب أولويات طبيعة استخلاص الغاز وإنتاجه من هذه المكامن:

أولا: استنزاف (Depletion): الغاز الطبيعي الحر، المخزن في تشققات الصخور.

ثانيا: استنزاف: الغاز الطبيعي الحر، المخزن في النسيج الصخري.

ثالثا: استنزاف: الغاز الطبيعي الممتز على سطح دقائق الصخور.

يأتي معظم إنتاج الغاز الطبيعي في بداية إنتاج مكامن السجيل من الغاز الطبيعي المخزن في الشقوق المكمنية، وذلك لنفاذيتها العالية، ثم يستمر الإنتاج حتى يتم استنزافه. تتسم هذه المرحلة بارتفاع معدلات إنتاج الغاز الطبيعي ولكن لفترات زمنية قصيرة لمحدودية كميات الغاز المخزنة عادة في تلك التشققات.

ويستمر إنتاج الغاز الطبيعي من مكامن السجيل بمعدلات أقل من السابق لفترات زمنية طويلة، حيث يأتي إنتاج الغاز من عملية استنزاف الغاز الطبيعي المخزن في النسيج الصخري للسجيل، والغاز الممتز على سطح دقائق الصخور.

والجدير بالذكر أنه، يتم التوصل إلى حساب توقعات إنتاج الغاز والاحتياطي القابل لإنتاج مكامن السجيل، إضافة إلى تفهم ميكانيكية الإنتاج بالاستعانة بنظريات (Langmuir) حيث يتطلب إيجاد قيم معاملي VL و PL، إضافة إلى باقي الخواص الفيزيائية لصخور السجيل، وعلى سبيل المثال، نبين نماذج عملية لبعض أنواع مكامن السجيل:

النموذج الأول: يمثل مكمن السجيل عند الضغط الاعتيادي، ونسبة تشبع ماء قليلة، مع خاصية الامتزاز للغاز تتحدد بمعامل الحجم VL= 90 scf/ ton و معامل الضغط PL=400 psi.

النموذج الثاني: يمثل مكمن السجيل عند ضغط مكمني منخفض ومواصفات امتزاز أفضل تتحدد من: VL=280 scf/ton و PL=370 psi.

ويلاحظ وجود فروق بين نمط إنتاج آبار غاز السجيل وباقي إنتاج المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي. فعلى سبيل المثال: تنتج آبار طبقات غاز الصخور الرملية الكتيمة كميات كبيرة من الغاز الطبيعي خلال فترة الشهور الأولى، ثم يتراجع الإنتاج بسرعة إلى مستويات غير اقتصادية. في حين يختلف نمط إنتاج طبقات غاز السجيل، حيث تنتج آبارها الغاز الطبيعي بطاقات منخفضة وبمستويات مستقرة خلال فترات زمنية طويلة قد تصل إلى أكثر من 30 عاما. وبافتراض وجود بئر أفقية إنتاجية في تكوين السجيل تبلغ طاقتها (واحد) مليون قدم مكعب يوميا، ومن احتياطيات تبلغ 120 مليار قدم مكعب في الميل المربع، ومن خلال وجود 10 آبار إنتاجية في الميل المربع، عندها نحصل على معدل إنتاج متواضع يبلغ 10 مليون قدم مكعب يوميا ولفترة زمنية طويلة.

يتم اللجوء إلى بعض الإجراءات لتعزيز إنتاجية البئر نظرا لتدني معدلات إنتاجيتها مثل:

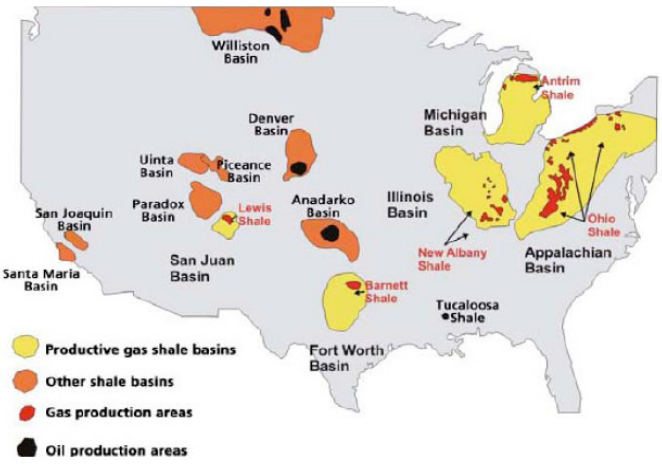
تخفيض كبير في ضغط الإنتاج، استخدام حفر الآبار الأفقية، تشقيق الطبقات المكمنية. وسوف نأتي إلى تفاصيل هذه التقنيات لاحقا.

6-3 تطور إنتاج مصادر غاز السجيل Shale Gas Production

تلعب مصادر غاز السجيل دورا مهما في تشكيلة إجمالي إنتاج المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي، لتلبية زيادة الطلب المحلي على الغاز الطبيعي. تعتبر الطاقة الإنتاجية لمكامن غاز السجيل منخفضة بصورة عامة وتتطلب حفر عدد كبير من الآبار الإنتاجية للحصول على الإنتاج التجاري المطلوب. وفي المقابل ورغم انخفاض إنتاجية هذه الآبار إلا أنها تمتاز بطول فترة الإنتاج. ويعود ذلك إلى الحجم الكبير لمخزون الغاز الجيولوجي الذي تحتويه عادة، ونمط حركة الغاز البطيئة (بالانتشار) خلال الطبقات المكمنية.

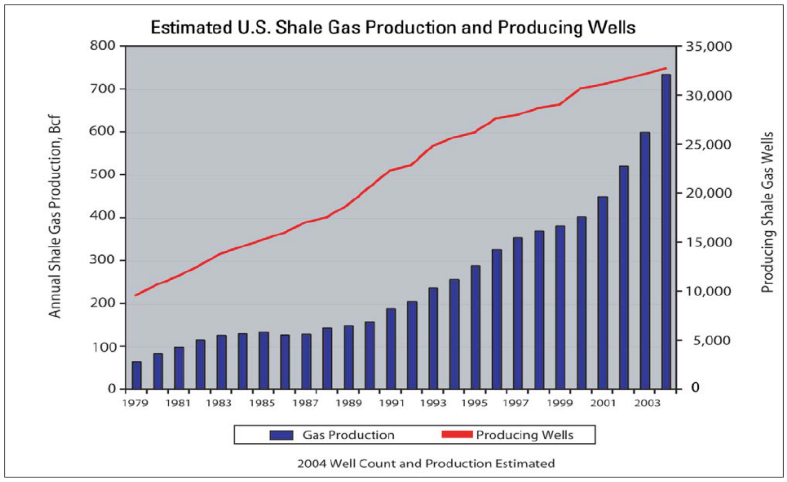
بدأ بحث وتطوير مصادر غاز السجيل أول الأمر في الولايات المتحدة خلال فترة الثمانينات. حيث وصل عدد الآبار المنتجة في مكامن السجيل حوالي 32 ألف بئرا عام 2004.

الشكل 3-3 : توزع أحواض تراكيب السجيل المنتجة للغاز الطبيعي في الولايات المتحدة



تعتبر الولايات المتحدة المنتج الرئيسي للغاز الطبيعي من مكامن السجيل عالميا، وتتوزع مناطق الإنتاج فيها على أحواض ميشغان، واللينوي، وفورت ورث، وسان جون، الشكل 3-3.

الشكل 3-4 : تطور الطاقة الإنتاجية وعدد الآبار المنتجة لغاز مكامن السجيل في الولايات المتحدة



وقد شهد إنتاج غاز مكامن السجيل في الولايات المتحدة ارتفاعا متسارعاً خلال فترة التسعينات. ويبين الشكل 3-4 إنتاج غاز مكامن السجيل المختلفة وعدد الآبار المنتجة. وقد تواصل ارتفاع الإنتاج، من 400 مليار قدم مكعب عام 2000، ليصل إلى حوالي 750 مليار قدم مكعب خلال عام 2004، وإلى 1766 مليار قدم مكعب عام 2008 أي بنسبة 8 % من إجمالي الإنتاج لنفس السنة. وقد ازداد

عدد الآبار الإنتاجية من حوالي 18 ألف بئراً إلى حوالي 32 ألف بئراً خلال نفس الفترة. ساهم إنتاج حوض فورث ورث/ مكمن (سجيل) بارنيت بمعظم هذه الزيادة. كما ساعد التقدم التقني في وسائل الإنتاج وزيادة عدد الآبار في تحقيق هذه الزيادة لتصل كفاءة الاستخلاص إلى ما يقارب 20 %.

3-7 مراحل تنفيذ مشاريع تطوير مكامن غاز السجيل

تختلف مشاريع تطوير وإنتاج مصادر غاز السجيل عن باقي المشاريع، حيث تتطلب تقنيات خاصة ومعدات متطورة. كما تتطلب تنفيذ أعمال واسعة للاستكشاف والقياس وتقييم المكامن والحفر الاستكشافي للحصول على المعلومات المطلوبة لتحديد معالم مشروع التطوير قبل البدء بعملية تنفيذه.

أولا: توفير البيانات

يجب توفير البيانات التالية التي يمكن الحصول عليها من نماذج السجيل المختلفة خلال الحفر الاستكشافي للتوصل إلى مؤشرات الجدوى الاقتصادية لمشروع التطوير ومنها.

- محتوى الهيدروكربونات في السجيل.
- مؤشر درجة نضج تركيب السجيل.
- نوع محتوى الكيروجين (Kerogen)، والمصنف بثلاثة أنواع، حيث يدل النوع الأول والثاني على تواجد النفط، والنوع الثالث يمثل الغاز.
- النفاذية، والمسامية، ونسب التشبع بالنفط، والماء، والغاز.
- مؤشرات امتزاز الغاز عند درجات الحرارة المكمنية.
- وزن السجيل إلى وحدة المساحة (غرام لكل سم2) (g/cm2).

ثانيا: تنفيذ مشروع التطوير

على ضوء البيانات التي توفرت يتم دراسة تنفيذ مشاريع تطوير مكامن السجيل على مراحل، يتطلب خلالها تنفيذ عمليات التطوير واختيار أفضل الطرق بعناية في سبيل إنجاح المشروع:

1 – التقييم المكمني: تقييم خصائص مكامن السجيل وتحليل البيانات والقياسات الحقلية.

2 – حفر بئر استكشافية واستخدامها كدليل للتوصل إلى مؤشرات أفضل طرق التشقيق والإنتاج.

3 – التطوير المعجل: تنفيذ مرحلة الإنتاج المبكر واستخدام قاعدة البيانات ونتائج التقييم للتوصل إلى التصاميم الهندسية الملائمة.

4 – التطوير الشامل: ويتم فيها إنتاج الحقل بالطاقة القصوى ومراجعة سجل بيانات الإنتاج وإعادة المحاكاة المكمنية على ضوء البيانات الجديدة.

5 – مرحلة تراجع الإنتاج: وتشمل أعمال إعادة التقييم والصيانة وإيجاد الحلول الملائمة لزيادة الإنتاج واستخدام طرق الاستخلاص المدعم أو المعزز.

3-8 تقنيات تطوير وتعزيز إنتاج مصادر غاز السجيل

تتسم آبار مكامن غاز السجيل بانخفاض معدلات إنتاجيتها ، لذا يتطلب تعريض اكبر مساحة ممكنة للمكمن لفوهة البئر الإنتاجية ويتم ذلك عن طريق التشقيق المكمني وعمليات حفر الآبار الأفقية للحصول على الإنتاج التجاري المطلوب. ونستعرض فيما يلي بعض التطبيقات العملية لتقنيات تطوير مصادر غاز السجيل لغرض زيادة طاقتها الإنتاجية.

3-8-1 الحفر والإكمال

أدى التطور التقني في مجال حفر الآبار الأفقية وفي عمليات التشقيق إلى دعم مشاريع تطوير غاز مكامن السجيل وزيادة إنتاجها، وقد أثبتت نتائج التطبيقات العملية نجاحها وأهمية استخدامها.

ترتفع تكلفة حفر الآبار الأفقية عادة إلى الضعف مقارنة مع الآبار العمودية، إلا أنها حققت زيادة في الطاقة الإنتاجية ومعامل الاستخلاص إلى ثلاثة أضعاف. كما أدى تطور تقنيات إكمال الآبار الحديثة وعمليات تشقيق الطبقات المكمنية المتعددة إلى خفض الكلف المالية واستمرار استخدام عمليات حفر الآبار الأفقية. كما تم التوصل إلى تقنيات حديثة لطرق إكمال الآبار الإنتاجية تزيد من كفاءتها وتخفض كلفتها المالية.

يكمل البئر الأفقي بأحد الأنواع الثلاثة التالية:

1. آبار مبطنة، مسمتة (مثبتة بالاسمنت)، متعددة المراحل مع عوازل لعزل مناطق التشقيق.
2. آبار متعددة المراحل، مع معدات دفق السوائل والرمل، خلال الأنبوب الملفوف أو الأنبوب الاعتيادي المركب المتصل إلى منطقة التثقيب.
3. آبار مع مجمع ميكانيكي عند قعر البئر.

عمليات تسميت آبار السجيل

يعتبر اختيار نوع التغليف المناسب من الأسمنت لتثبيت الجزء الأفقي لبطانة البئر في مكمن السجيل، من الأمور المهمة في إنجاح عمليات التشقيق اللاحقة وتنشيط التكوين. وعلى سبيل المثال، تم استخدام الأسمنت الرغوي لهذا الغرض في آبار سجيل (Woodford) في ولاية أوكلاهوما الأمريكية. وقد أدى استخدام هذه الطريقة مع عمليات التشقيق اللاحقة إلى تحسين إنتاجية تلك الآبار بنحو 23% مقارنة بالطريقة الاعتيادية المستخدمة في آبار أخرى. حيث تجعل المواصفات الميكانيكية للاسمنت الرغوي هو المفضل دائما في عمليات تثبيت البطانة، والعزل والتشقيق. حيث يمتلك معامل انضغاط منخفض (compressive strength) مما يسهل عمليات التشقيق. كما أثبتت متانة هذا النوع من الاسمنت نجاح استخدامه وثباته في عمليات التشقيق والتي فاقت النوع الاعتيادي. كما جاءت به التطبيقات الحقلية المذكورة أعلاه.

3-8-2 عملية تشقيق مكامن السجيل

تعتبر عمليات التشقيق مفتاح نجاح عمليات الإنتاج التجاري لغاز السجيل. تصل تكلفة عمليات التشقيق ما نسبته 25% من تكلفة إجمالي حفر البئر الأفقية العميقة. تولد عملية التشقيق عادة شبكة متشعبة ومعقدة من الشقوق، تحدث من جراء ضعف في قوى إجهاد الصخور تشابه تشقق الزجاج، أو توسع التشققات الموجودة أصلا في صخور التكوين. هذا ويتطلب أن يكون عرض الشق الواحد حوالي مرة ونصف قطر أكبر حبة رمل من الرمال المستخدمة مع الماء لإحداث التشقيق.

ويتم استخدام عملية التشقيق على مراحل. يتم في كل مرحلة تشقيق أحد الطبقات المنتجة في المكامن المتعددة الطبقات. كما يتم إعادة عملية التشقيق أكثر من مرة لضمان استمرار معدلات الإنتاج، حيث يضيف ذلك تكلفة مالية إضافية إلى كلف الإنتاج.

تتلخص عمليات التشقيق الهيدروليكية، في عزل باقي الطبقات المنتجة في البئر المنتجة، ثم حقن البئر بسائل الحقن مع المحفزات (الرمل الخفيف أو غيره) لمسك التشقق المحدث ومنعه من الانغلاق بعد

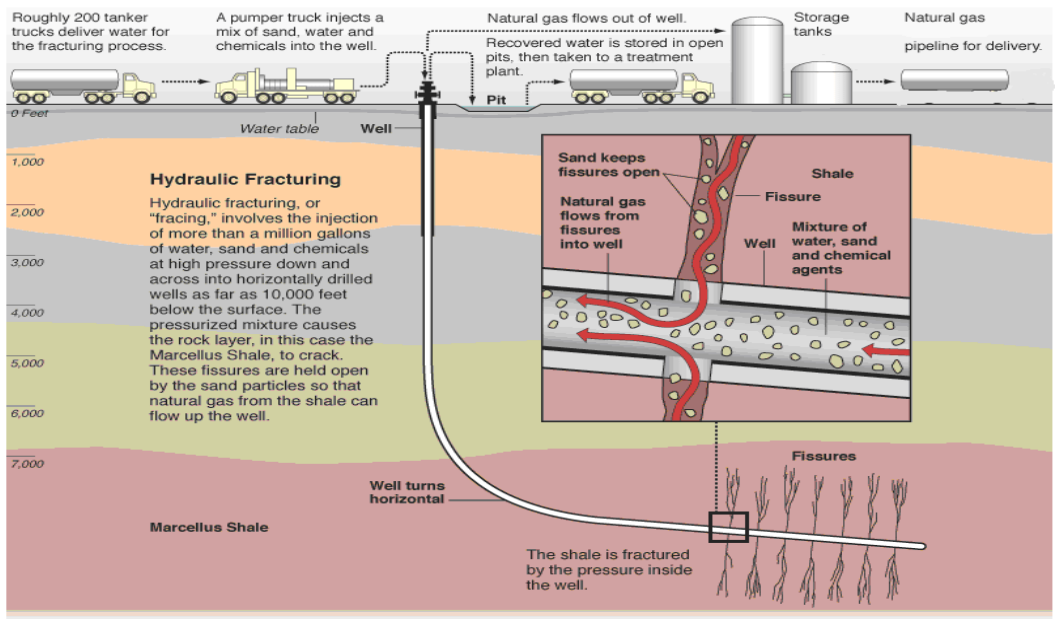
زوال ضغط الحقن. وعلى سبيل المثال: في أحد آبار مكامن السجيل، تم حقن السائل بضغط يصل إلى 8000 psi (رطل/بوصة مربعة) وهو ضغط يكفي لتشقيق صخور السجيل عند عمق يصل إلى ما يقارب 3000 قدم تحت سطح الأرض، في حين يتطلب استخدام ضغط أعلى لتشقيق الطبقات الأكثر عمقا. ويتم استخدام رغوة النيتروجين في عمليات تشقيق طبقات السجيل الضحلة وذات الضغوط المنخفضة[1].

نظرا لانخفاض نفاذية النسيج الصخري للسجيل، يجب أن يزيد طول التشقق المتصل عن 20 إلى 50 ملي دارسي لكل قدم. في حين تختلف الحالة في مكامن السجيل العميقة والمرتفعة الضغط وعند مواصفات صخور تسمح باندفاع رمال سوائل التشقيق إلى داخل الشق المحدث وإبقائه متصلا أو مفتوحاً.

كما جرى تنفيذ العديد من عمليات تشقيق الآبار دون استخدام المواد الحافزة (رمال التشقيق) أو استعمال كميات قليلة منها تتراوح من 5000 إلى 10000 رطل (باوند) للحصول على الإنتاج التجاري، في حين تم في معظم آبار حقل سجيل البارنيت (Barnett) استخدام كميات مختلفة من هذه المواد تتراوح من المئات إلى الآلاف رطل (الباوند). وقد أدى ذلك إلى تطور نمط الإنتاج وتحسنه عند استخدام هذه المواد.

يوضح الشكل 3-5 عمليات التشقيق والمعدات المرافقة لها لمصادر طبقات سجيل (Murcellus) في الولايات المتحدة/ ولاية نيويورك. حيث تحتوي هذه المصادر على مخزون كبير جدا من الغاز الطبيعي وتقع على عمق يصل إلى حوالي 9000 قدم تحت سطح الأرض.

الشكل 3-5 : عمليات تشقيق طبقات سجيل (Murcellus) والمعدات المرافقة لها



1 .Schlumberger, shale gas

هذا وتعتبر عمليات التشقيق من العمليات المعقدة وتحتاج إلى معدات خاصة والخبرة اللازمة لتنفيذها. كما لا يوفر مزيج الماء والرمل الحل الأمثل في جميع الحالات، رغم تدني أسعارها وتكلفتها. وقد تم ابتكار وإيجاد مواد مختلفة أكثر فاعلية وأكثر تأثيرا على زيادة الطاقة الإنتاجية، مع الحفاظ على خصائص الصخور المكمنية.

3-8-3 إعادة التشقيق

دلت البيانات الحقلية على تحسن إنتاج الآبار بنسبة تتراوح من 30 % إلى 80 % عند إعادة تشقيقها وضخ المزيد من سائل الحقن أدت إلى توسيع التشققات الموجودة واستحداث أخرى بزيادة لا تقل نسبتها عن 25 %. وتجابه هذه العملية صعوبات تعيق تنفيذها في الآبار الأفقية منها:

- عزل منطقة التشقيق عن باقي مناطق البئر لتنفيذ عملية التشقيق الجديدة.
- يجب أن يحدث التشقيق في مناطق جديدة وغير مشققة سابقا.

وهناك طرق مناسبة لتجاوز تلك السلبيات أو المعوقات منها:

- طريقة هاليبرتون (SurgiFrac)
- أو استخدام طريقة المجمع الميكانيكي مع العازل المتحرك كما تم ذكره في الفصل الثاني.

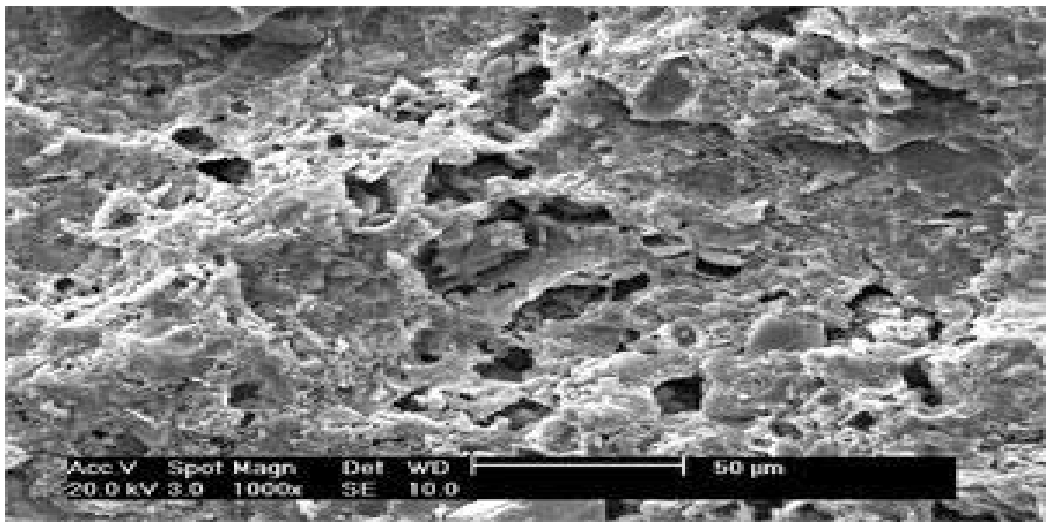
3-8-4 تحفيز التشقيق الكيميائي للسجيل Shale chemical Frac. Stimulation

يتألف تكوين السجيل بالدرجة الأساس من الطين (الغضار) والسلت، والمواد العضوية، والتي تتصف بقابليتها المتواضعة على الذوبان في الوسط الحامضي. حيث كان الاعتقاد السابق بعدم حصول تفاعل كيماوي بين مركبات السجيل والوسط الحامضي عموما. في حين أظهرت النتائج الأخيرة احتواء صخور السجيل على مركبات قابلة للذوبان بالوسط الحامضي. حيث ثبت ذلك من خلال اختبار عينات من صخور السجيل وصور مقاطعها خلال الفحص بالمجهر الالكتروني والأشعة السينية (X-ray diffraction).

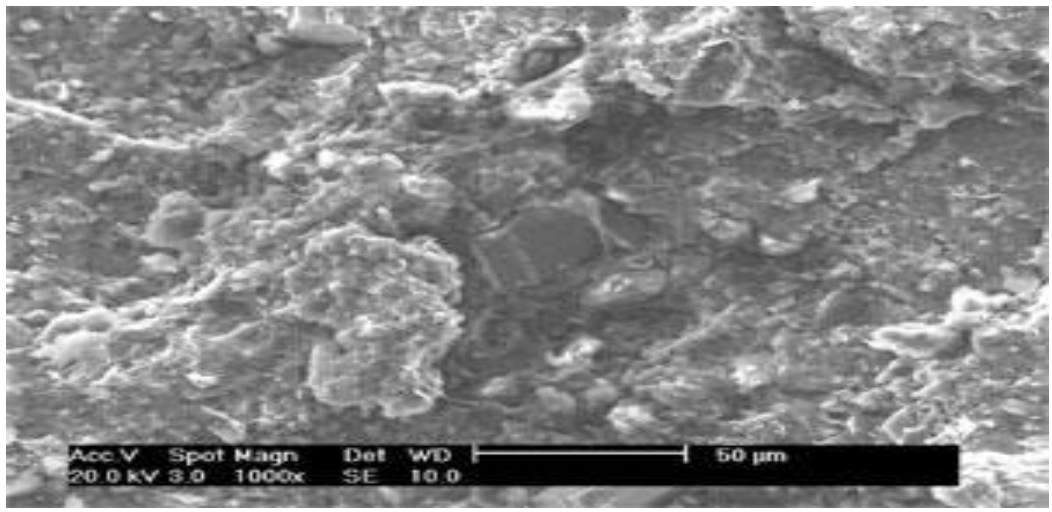
يؤدي تفاعل المحاليل الكيماوية الفعالة مع النسيج الصخري للسجيل خلال عمليات التشقيق الهيدروليك إلى زيادة المساحة السطحية المعرضة، ومن ثم زيادة كميات الغاز الطبيعي المستخلص منها (Desorption). كما تعمل هذه المحاليل على إذابة المركبات المعدنية في تكوين السجيل وتنظيف شبكات الشقوق، وتؤدي إلى زيادة حركة جزيئات الغاز بالانتشار خلال النسيج الصخري باتجاه الشقوق.

هذا ويعتبر استخدام المحاليل الفعالة في تنشيط طبقات السجيل من التقنيات الحديثة التي يعمل على تطويرها بصورة واسعة في الوقت الراهن. ويتم عادة ضخ كميات تتراوح من 20 إلى 200 ألف جالون من هذه المحاليل إلى داخل طبقات السجيل خلال عمليات التشقيق لإحداث تفاعل كيماوي وذوبان بعض مكوناته في الوسط الحامضي. يبين الشكلان 3-6 و 3-7 صور بالمجهر الالكتروني لعينة من صخور السجيل قبل وبعد المعالجة بهذه المحاليل. حيث يلاحظ الفرق بينهما وتحسن مواصفات الصخور المكمنية، والتي أدت إلى تحسن الطاقة الإنتاجية.

الشكل 3-6 : صورة بالمجهر الالكتروني لمقطع نموذج لباب صخور السجيل قبل المعالجة



الشكل 3-7 : صورة بالمجهر الالكتروني لمقطع لباب صخور السجيل بعد المعالجة بالمحلول الحامضي



3-9 تطور البرمجيات وعمليات التشقيق

أدى التطوير المشترك لأنواع برمجيات المحاكاة وربطها مع بيانات المسح الميكروسيزمي ورسم الخرائط التركيبية، إلى توضيح الصورة التركيبية للمكامن وخصائصها ومواقع تواجد التشققات أو الفوالق، وساعد ذلك في وضع البرامج الناجحة لصيغ إكمال الآبار. ونتيجة التطبيقات الحقلية والخبرة المكتسبة، تم التوصل إلى مؤشرات عملية تبين تأثير مختلف أنواع المواد المحفزة على العملية الإنتاجية، وقد ساعدت هذه المؤشرات المختصين في اختيار المناسب منها عند وضع برامج التشقيق وإكمال الآبار.

10-3 خواص سوائل التشقيق

يلعب سائل الحقن والتشقيق دورا أساسيا في عمليات إكمال آبار غاز طبقات السجيل. حيث يتألف من الماء مع مواد كيماوية مختلفة الأنواع والنسب، للحصول على المواصفات المطلوبة والملائمة لعمليات الحقن والتشقيق. وتشمل هذه السوائل مواد:

1. مخفضة للاحتكاك الهيدروليكي.
2. مولدة للاستحلاب الماكروي.
3. مانعة للتشتت.
4. محفزة لتعديل التوتر السطحي للسائل والتي يرمز لها (Surface Modification Agents) (SMA).

حيث تعمل هذه المواد على تقليل ترسب المواد الصلبة (الرمل) العالقة مع سائل الحقن. وتعمل باقي المواد على حفظ التشقيق وإبقائه متصلا بعد انتهاء عملية الحقن. كما تعمل (مضافات إحداث الاستحلاب) إلى إزاحة معظم محتوى الماء مع باقي السوائل المتبقية في الشق بعد انتهاء العملية للحصول على أعلى معامل استخلاص (EUR). هذا وتجدر الإشارة أنه، تعمل المضافات الكيماوية المزيلة للتوتر السطحي إلى منع التأثير السلبي لمواد خفض الاحتكاك الهيدروليكي على النسيج الصخري للسجيل.

وتتلخص خواص سوائل الحقن لتشقيق طبقات السجيل في ما يلي:

- تؤدي الغرض المطلوب بإحداث التشقيق، وفي الوقت ذاته لا تؤثر على التركيبة الجيولوجية للمكامن.
- تقلل من ضغط الاحتكاك الهيدروليكي باستخدام مواد من البوليمر ذات السلاسل المستقيمة.
- يحتوي السائل على مواد كيماوية (مايكرو مستحلب)Micro-emulsion Surfactant، تؤدي إلى تقليل تأثير ظاهرة الضغط الشعري وإطلاق ارتشاف الماء وتحسين نفاذية الغاز.
- يعمل السائل على تنظيف الشقوق وإزالة البقايا والترسبات الدقيقة العالقة فيها والتي تسبب غلقها.

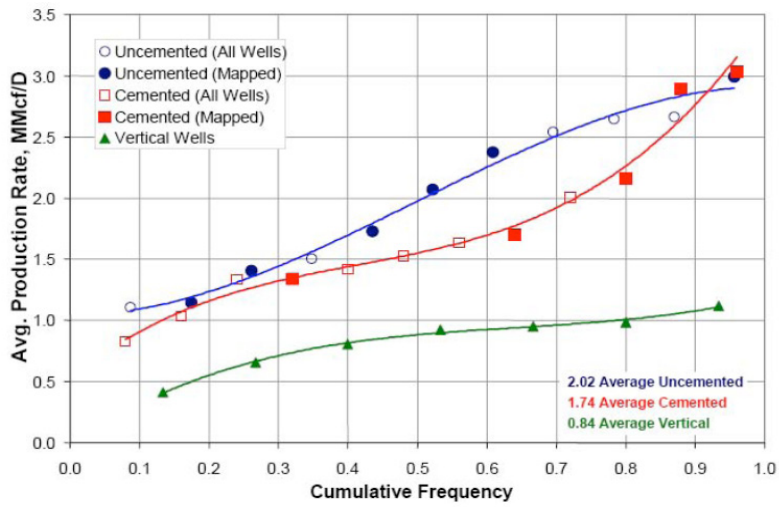
وتعتمد عمليات التشقيق واختيار أنواع السوائل على الكلف المالية وأسعار المواد، ونتائج تحسن كفاءة الإنتاج. وقد تكونت صناعة متخصصة في إنتاج هذه السوائل وتم وضع معايير معتمدة لتسهيل عمليات اختيار أنواعها الملائمة لعمليات إكمال وإنعاش الآبار.

يعتبر الماء أحد مكونات سوائل الحقن (التشقيق)، وقد يؤثر سلبا على خصائص مكامن السجيل في بعض الأحيان، لذا تم الاستعاضة عنه بمحلول يحتوي على غاز البروبان المسيل مع المواد الحافزة. استخدمت هذه التقنيات بنجاح لتشقيق مكامن غاز السجيل وأدت إلى زيادة إنتاج الغاز من آبارها. وعلى سبيل المثال، تم استخدام هذه التقنيات في عمليات تشقيق الجزء الأعلى من طبقة السجيل (Mississippian Frederick Brook) في البئر (G41) في حقل (Brunswick) في الولايات المتحدة. حيث تم حقن 46 طن من سائل البروبان لتشقيق طبقة السجيل عند العمق المحدد من 2000 متر إلى 2050 متر تحت سطح الأرض. كما تم حقن 68 طن من السائل لتشقيق طبقة الصخور الرملية النحيفة والمحددة عن العمق من 1850 إلى 1900 متر في البئر ذاته. وقد أنتج البئر 4.1 مليون قدم مكعب في اليوم خلال اختبار جريانه، وبلغ ضغط رأس البئر 2083 (psi) (رطل (باوند)/بوصة مربعة). واشتملت مكونات الغاز على 85 % من الميثان المنتج مكمنيا، إضافة إلى 15 % من مركب بروبان الحقن.

3-11 مثال عملي حول، مشروع تشقيق مكمن سجيل بارنيت (Barnett Shale)

يقع حقل بارنيت في الولايات المتحدة الأمريكية، وبلغت نسبة استخلاص الغاز من آبار مكمن سجيل بارنيت ما يقارب 7 % عند استخدام طرق الإنتاج الاعتيادية، للفترة قبل عام 1998. وقد تم استخدام طرق التشقيق بهدف زيادة الإنتاج باستخدام السائل (جل أو هلام) مع الرمل وبضغط تشقق يتراوح من 100.000 إلى 1.000.000 رطل (باوند). لم تكن نتائج تلك العمليات مشجعة، وذلك لارتفاع التكلفة المالية وصعوبة تنظيف فراغ الشقوق التي تم إحداثها. وبعد عام 1998 استخدمت تقنيات الماء مع الرمل الخفيف كعامل تشقيق وهو أقل تكلفة من السائل الأول، وأدت إلى نتائج باهرة في زيادة الإنتاج من آبار مكمن البارنيت، بتعريض فوهة قعر البئر إلى أكبر مساحة سطحية مكمنية. يبين الشكل 3-8 نتائج عملية لدراسة استخدام التشقيق في بئر أفقية، حيث أدت إلى زيادة الإنتاج من مرتين إلى ثلاثة مرات مقارنة مع البئر العمودي خلال فترة 180 يوما. وقد استخدمت بنجاح تقنيات المسح الزلزالي المايكروي لتحديد خارطة التشقق وتقييمها في الآبار الأفقية.

الشكل 3-8): مقارنة تطور إنتاج البئر الأفقية مع البئر العمودية



3-12 حالات دراسية وأمثلة حقلية حول إنتاج مصادر غاز السجيل

أولا: حقول عالمية لإنتاج غاز السجيل

أ- مكمن سجيل البارنيت: (Barnett shale)[1]

يعتبر حوض سجيل البارنيت Barnett Shale من أكبر أحواض السجيل الرسوبية المكتشفة في الولايات المتحدة، وقد اكتشف في بداية الثمانينات. وتعود طبقات السجيل إلى العصر الميسيسيبي، ويمتد من شمال فورت ورث في تكساس وينتشر في معظم شمال ووسط ولاية تكساس. يتراوح إجمالي سمك التكوين من 100 قدم إلى أكثر من 1000 قدم، وعلى عمق يتراوح من 6500 قدم إلى 9500 قدم، وتحت ضغط مكمني يصل إلى أكثر من 4000 psi. وتتراوح تقديرات مخزون الغاز الطبيعي فيه من 50 مليار قدم مكعب إلى 200 مليار قدم مكعب لكل ميل مربع. وبلغ معدل إنتاجيته بحدود من 0.5 مليون قدم مكعب/ يوم إلى 4 مليون قدم مكعب يوميا. وبكثافة إنتاجية تتراوح من 300 إلى 350 قدم مكعب

1 .Joseph H. Frantz, eta Operators re-discover shale gas value, Schlumberger, E&P, October, 2005.

لكل طن من السجيل[1]. ويبين الجدول (3-4) مكونات الغاز الطبيعي المنتج من 4 آبار منتجة. حيث يتألف معظمه من مركب الميثان.

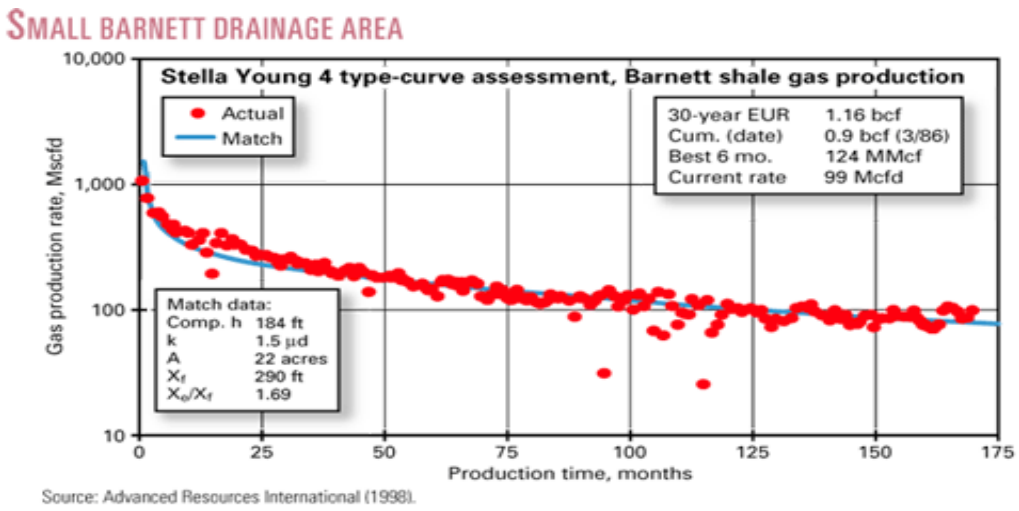
الجدول 3-4 : مكونات الغاز الطبيعي لآبار طبقة سجيل البارنيت

رقم البئر / المركب	C1	C2	C3	CO2	N2
1	80.3	8.1	2.3	1.4	7.9
2	81.2	11.8	5.2	0.3	1.6
3	91.8	4.4	0.4	2.3	1.1
4	93.7	2.6	0.0	2.7	1.0

وقد شهدت هذه المناطق عمليات حفر وتطوير واسعة، حيث تعمل فيها 90 حفارة لحفر الآبار في طبقة السجيل. وتساهم هذه المناطق بنصف إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي من مصادر غاز السجيل في الولايات المتحدة[2].

قدرت احتياطيات الغاز الطبيعي القابل للاستخلاص في بادئ الأمر من (1) إلى (3) تريليون قدم مكعب وحسب التصنيف الأمريكي. وبعد ذلك حدثت أرقام الاحتياطي لتصل إلى 10 تريليون قدم مكعب. وحسب الدراسات المحدثة واعتماد أحدث التقنيات، وحساب مساحة الصرف (Drainage) المحدد لإنتاجية الآبار من الغاز الطبيعي الشكل 3-9 .

الشكل 3-9 : نمط إنتاجية البئر في مكمن سجيل البارنيت

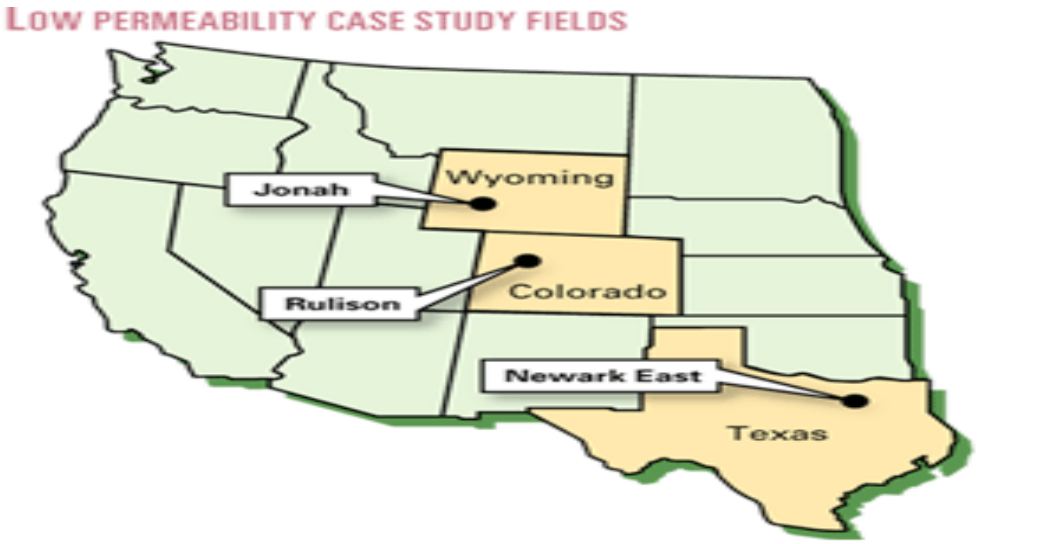


1 . Joseph H. Frantz, eta Operators re-discover shale gas value, Schlumberger, E&P, October, 2005

2 . V.Kuuskraa, Gerg Bank, eta, Gas from Tight sands, Shales and growing share of US supply, Oil and Gas Journal, Vol. 101, issue 47, Dec. 08, 2003.

بدأ تطوير طبقات السجيل (Barnett) في حقل (Newark East) منتصف الثمانينات. الشكل 3-10 . وشهدت تلك الفترة تقدما بطيئا في تنفيذ برامج التطوير نتيجة انخفاض تقديرات الاحتياطي في حينه. وقد شهدت فترة التسعينات معاودة نشاط الحفر وحققت تقدما مطردا في عمليات التطوير، حيث وصل عدد الآبار التي تم حفرها إلى ما يقارب 1800 بئرا في طبقة السجيل عام 2002. هذا وقد وصل إجمالي الإنتاج إلى 550 مليون قدم مكعب يوميا من الغاز الطبيعي خلال العام نفسه.

الشكل 3-10: موقع حقل (Newark East) / مكمن سجيل (Barnett)



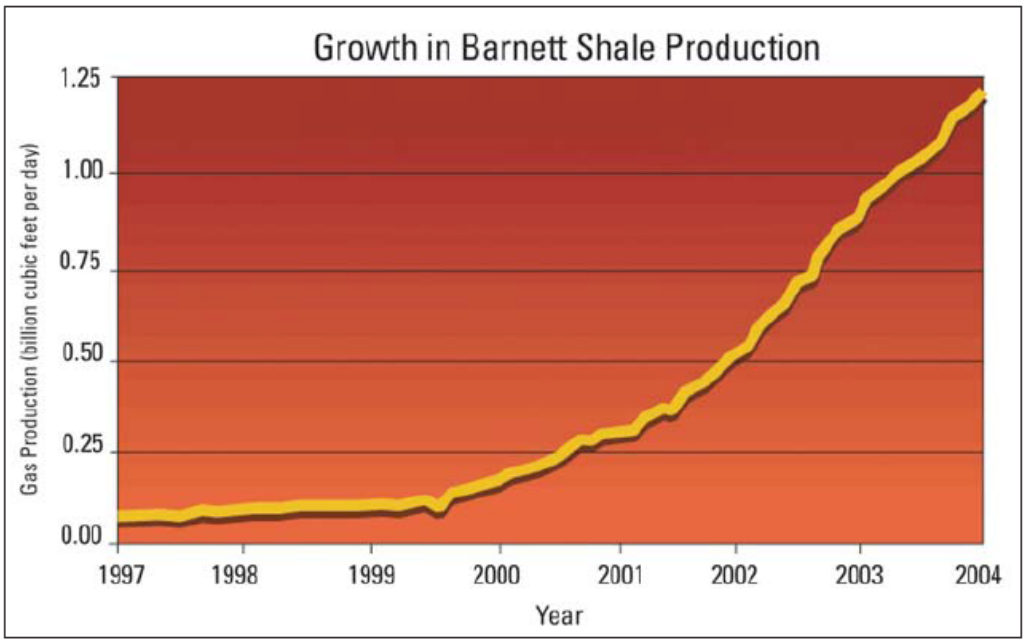
يبين الجدول 3-5 تطور الإنتاج وعدد الآبار في طبقة السجيل (Barnett). حيث بلغ إجمالي الإنتاج المتراكم ما يقارب 609 مليار قدم مكعب نهاية عام 2002. كما يبين الشكل 3-11 تطور الإنتاج للفترة من عام 1997 إلى عام 2004.

الجدول 3-5 : تطور إنتاج الغاز الطبيعي وعدد الآبار في طبقة سجيل (Barnett)

GROWTH IN BARNETT SHALE PRODUCTION AND PRODUCING WELLS

Time period	Annual (Bcf)	Cumulative (Bcf)	End of year producing wells
1990	3	12	66
1995	20	70	242
1999	40	198	517
2000	78	276	698
2001	131	407	1,171
2002	202	609	1,771

الشكل 3-11 : تطور إنتاج غاز سجيل البارنيت في الولايات المتحدة



Following initial work by Mitchell and Devon, the Barnett Shale play now produces half of the shale gas in the country.

ثانياً: مصادر عربية لغاز السجيل

أ - طبقة عكاس/ السجيل

أدى اكتشاف الغاز الطبيعي في تركيب عكاس ضمن تكوين الخابور/ العصر الاوردوفيشي في شمال الصحراء الغربية في العراق، إلى توجه الاهتمام إلى استكشاف مكامن الدهر القديم ضمن مناطق غرب وجنوب العراق. لقد أكدت نتائج حفر البئر عكاس - 1 وجود فترات للسجيل تقع ضمن تكوين عكاس/ العصر السيلوري. ويعتبر وجود طبقة السجيل هذه والغنية بالمواد العضوية وبسمك يصل إلى حوالي 65 متر المزود الرئيسي للهيدروكربونات في المنطقة وباقي المناطق المنتشرة من الصحراء الغربية. حيث تعتبر من الطبقات ذات المواصفات الجيوكيماوية الجيدة لاحتوائها على كميات هائلة من المواد العضوية البحرية الأصل تصل إلى حوالي 16 % من وزن الصخرة[1]. وقد تعرضت هذه المواد إلى درجات حرارة عالية ساعدت على توليد الغازات والمتكثفات. والجدير بالذكر أن تكوين عكاس يعتبر مكافئ لتكوين المدورة السجيلي في الأردن، وتكوين القليبة في العربية السعودية. كما تتواجد طبقات السجيل في معظم الأحواض الرسوبية في الدول العربية، وعلى أعماق متباينة تكونت في ظروف جيولوجية مختلفة. وقد توصلت العديد من الدراسات الجيولوجية إلى احتمالات تواجد احتياطيات كبيرة من الغاز الطبيعي في هذه الطبقات.

1 . OAPEC, "Hydrocarbon Potential of Deep Formation in the Arabian Countrie's ", Seminar, 1013-Oct. 1994, Cairo.

ب - تطوير مكامن غاز السجيل في المملكة العربية السعودية [1]

أولت شركة أرامكو السعودية اهتمامها الكبير في استكشاف وتطوير مكامن الغاز العميقة في سعيها لتوفير مصادر جديدة للغاز الطبيعي لتلبية الطلب المحلي. حيث بدأت العمل في الآونة الأخيرة على استكشاف وتطوير مكامن صخور العصر السيلوري ومنها الطبقات الجيولوجية (Sarah) و(Mid Quasiba)، وتعرف الأخيرة بالسجيل الحار المشبع بالمواد العضوية. وقد تم اختراق هذين المكمنين بأكثر من 25 مرة خلال عمليات الحفر التي تمت في منطقتي حقل غوار ومنطقة الربع الخالي. تتصف تلك المكامن بالمواصفات المتوسطة إلى الضعيفة، حيث تتراوح المسامية من 5% إلى 15%، كما تنخفض النفاذية للغاز إلى ما دون (0.01) ملي دارسي، في حين يرتفع الضغط المكمني إلى مستويات عالية تتراوح ما بين 11 ألف رطل/بوصة مربعة إلى 13 ألف (رطل/ بوصة مربعة) وتصاحب ذلك ارتفاع درجات الحرارة لتصل إلى حوالي 375 ف. وتساهم التشققات الدقيقة الطبيعية المتواجدة في هذه المكامن في إنتاجية الآبار، وفي الوقت ذاته يتطلب إحداث التشقيق الصناعي لتعزيز إنتاجية الآبار لتحقيق الإنتاج التجاري المقبول.

خلال الربع الأول من عام 2008 تكللت أعمال التطوير الجديدة بمواجهة التحديات ونجاح عمليات تشقيق هذه الطبقات لتعزيز الطاقة الإنتاجية، حيث تتلخص فيما يلي:

- تم استخدام سائل عالي الكثافة لخفض ضغط الحقن المطلوب عند رأس البئر لإحداث التشقيق المكمني وحسب استطاعة المعدات الحقلية المتوفرة لحقن السوائل والتي تعمل بضغط يصل إلى حوالي 15 ألف (رطل/ بوصة مربعة).
- تم استخدام مادة بروميد الصوديوم بنجاح وإضافتها إلى مزيج سائل الحقن وبتركيز بلغ 12.3 رطل لكل جالون لتحقيق هذا الهدف.
- اثبت إمكانية تحمل هذا السائل درجات الحرارة المرتفعة والتي تصل إلى حوالي 375 ف أو 190 درجة مئوية.

خلاصة الفصل الثالث

1- تختلف خصائص مصادر غاز الصخور الكتيمة ومنها الصخور الرملية عن مكامن غاز صخور السجيل. حيث تتميز الأخيرة بصفات الصخور المولدة للغاز إضافة إلى كونها تراكيب ومصائد للغاز الطبيعي. وقد قطعت عمليات تطوير وإنتاج مصادر غاز الصخور الكتيمة أشواطا كبيرة في الولايات المتحدة بوجه الخصوص خلال العقود الماضية، وازدادت كميات إنتاج الغاز منها بنسب مرتفعة مقارنة بمصادر غاز صخور السجيل. وقد أدى اكتشاف مصادر كبيرة من غاز السجيل إلى تغير الصورة الحالية والاتجاه نحو مصادر غاز السجيل التي أصبحت محط أنظار المهتمين بشؤون تطوير مصادر الطاقة. حيث تم اكتشاف أكثر من 688 تكوين جيولوجي لغاز السجيل تتوزع على 142 حوض رسوبي في مختلف مناطق العالم.

كما يشترك كلا المصدرين في خصائص عديدة منها:

- تتواجد هذه المصادر طبيعيا في تراكيب هائلة تحتوي على مخزون كبير من الغاز الطبيعي .
- تتشابه التقنيات المستخدمة في تطوير كلا المصدرين، وتعتمد على التقدم الحاصل في تطوير

1 .Kirk M.Bartko….eta, custom high-density fracturing fluid design developed for tight gas wells in Saudi Arabia, World Oil, Feb. 2010.

تقنيات الاستكشاف والإنتاج، وتقنيات التشقيق ومعدات تقييم نتائجها وبيان مدى نجاحها، واستخدام الحلول المكمنية الحديثة، وخفض الكلف المالية لعمليات الحفر والإكمال وعمليات الإنتاج .

2- بلغت تقديرات إجمالي مخزون الغاز الطبيعي في مصادر غاز السجيل عالميا حوالي 17،440 تريليون قدم مكعب، وتقع معظم تلك المصادر في أمريكا الشمالية، حيث تصل نسبتها إلى حوالي 24 % من الإجمالي العالمي، تليها منطقة أواسط آسيا والصين بنسبة 22 %، ثم منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حوالي 16 %، ومنطقة أمريكا اللاتينية بنسبة 13 %، والمتبقي يتوزع على باقي مناطق العالم .

3- تعتمد ميكانيكية حركة الغاز الطبيعي في مكامن السجيل واستخراجه على ثلاثة محاور رئيسية وحسب أولوياتها:

أولا: استنزاف الغاز الطبيعي الحر المخزن في تشققات الصخور.

ثانيا: استنزاف الغاز الطبيعي الحر المخزن في النسيج الصخري.

ثالثا: استنزاف الغاز الطبيعي الممتز على سطح دقائق الصخور.

4- أدى التطور التقني في مجال حفر الآبار الأفقية وفي عمليات التشقيق إلى دعم مشاريع تطوير غاز مكامن السجيل وزيادة إنتاجها، وقد أثبتت نتائج التطبيقات العملية نجاحها وأهمية استخدامها.

5- تمر مشاريع تطوير مكامن السجيل بخمس مراحل ، يتطلب خلالها تنفيذ عمليات التطوير واختيار أفضل الطرق بعناية في سبيل إنجاح المشروع هي:

- التقييم المكمني: تقييم خصائص مكامن السجيل وتحليل البيانات والقياسات الحقلية.
- حفر بئر استكشافية واستخدامها كدليل للتوصل إلى مؤشرات أفضل طرق التشقيق والإنتاج.
- التطوير المعجل: تنفيذ مرحلة الإنتاج المبكر واستخدام قاعدة البيانات ونتائج التقييم للتوصل إلى التصاميم الهندسية الملائمة.
- التطوير الشامل: ويتم فيها إنتاج الحقل بالطاقة القصوى ومراجعة سجل بيانات الإنتاج وإعادة المحاكاة المكمنية على ضوء البيانات الجديدة.
- مرحلة تراجع الإنتاج: وتشمل أعمال إعادة التقييم والصيانة وإيجاد الحلول الملائمة لزيادة الإنتاج واستخدام طرق الاستخلاص المدعم أو المعزز.

الفصل الرابع
غاز طبقات الفحم الحجري
Coal-bed Methane (CBM)

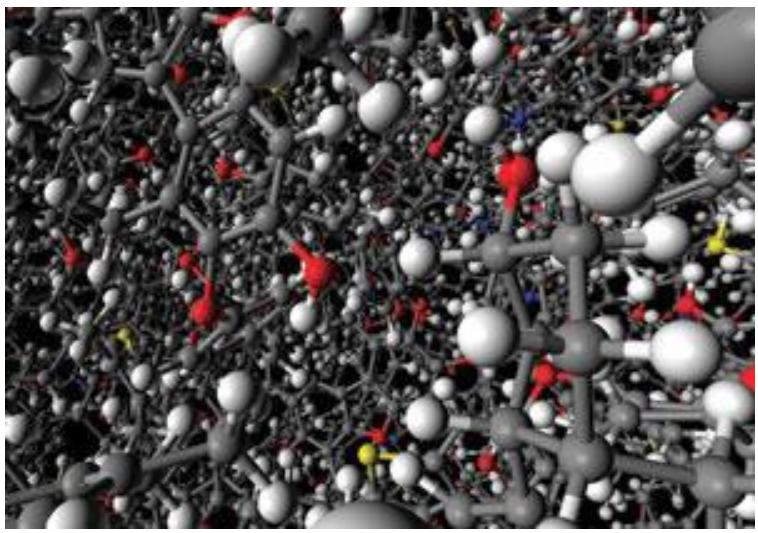
4 -1 لمحة عن مصادر غاز طبقات الفحم الحجري Coal-bed Methane (CBM)

عرف غاز طبقات الفحم منذ أن بدأت عمليات تعدين واستخراج الفحم الحجري من مناجمه. بدأ استثمار هذا الغاز في فترة الثمانينات من القرن الماضي، وتم تطوير تقنيات استثماره وإنتاجه تجاريا، وأصبح يعرف Coal Bed Methane (CBM)أو غاز طبقات الفحم، ويتألف معظمه من الميثان مع نسب مختلفة من المركبات الهيدركربونية الخفيفة وثاني أكسيد الكربون وبعض الشوائب. هذا وقد شهدت دول العالم التي تمتلك مخزون كبير من مصادر غاز الفحم، نشاطا كبيرا لاستثمار وتطوير هذه المصادر. كما تعتمد تلك الدول في الوقت الراهن، خطط تطوير واستثمار هذا الغاز ومنها كندا، واستراليا، والهند، والصين، وغيرها. وأصبح هذا المصدر من المصادر الهامة التي يعول عليها في إنتاج الغاز الطبيعي.

4-1-1 تكوين غاز الفحم

يعود تكوّن غاز الميثان وباقي الغازات المتواجدة في طبقات الفحم إلى عمليات تحلل المواد العضوية وتحولها إلى الفحم الحجري منذ بلايين السنين وعبر العصور الجيولوجية المتعاقبة. كما وفي بعض الأحيان تضم تجمعات الغاز هذه، كميات من الغاز الطبيعي المتحرر من طبقات الصخور العميقة والذي هجر أماكن تولده[1].

الشكل 4-1: صورة توضيحية لدقائق الفحم ملتصقة بها جزيئات غاز الميثان



تعتبر طبقات الفحم الحجري من التراكيب الكتيمة وذات النفاذية المنخفضة، حيث يخزن الغاز ممتزاً على المساحة السطحية الكبيرة التي تتميز بها دقائق النسيج الفحمي. يبين الشكل 4-1 شكل توضيحي لتواجد جزيئات غاز الميثان ملتصقة مع جزيئات الفحم. حيث يحتوي الغرام الواحد من الفحم على مساحة سطحية تتراوح من العشرات إلى المئات من الأمتار المربعة، تعمل على اقتناص الغازات وحفظها في تلك الفراغات الجزيئية. وتتحرر جزيئات الغازات من طبقات

1 . Mathew Blauch, Glenda Wylie, eta, Unconventional Gas Technology Conclusion: Life-cycle approach improves coal-bed methane production, Oil &Gas Journal, vol. 106, issue3, January 21, 2008.

الفحم عند حصول فرق في تركيز أو محتوى تلك الغازات داخل النسيج والمناطق المجاورة، حيث تتحرك باتجاه التركيز الأقل، وحسب قانون (Fick's law) لحركة الغازات بالانتشار. ويتواجد الغاز عادة في حالة توازن مع ماء التكوين Formation Water. ويتم إنتاجه من خلال خفض الضغط عند فوهة قعر البئر وإخراج الماء المكمني لإحداث الفرق المطلوب في تركيز الغازات بين النسيج الفحمي والمناطق المجاورة وتدعى هذه العملية (desorption). كما تعتبر عمليات إنتاج المياه ومعالجتها من العمليات المكلفة والملزمة للحفاظ على البيئة، والتي تؤثر على اقتصاديات تطوير هذه المصادر.

4-2 احتياطيات غاز طبقات الفحم

تتواجد مصادر الفحم الحجري في تراكيب جيولوجية على أعماق مختلفة وتتوزع في أكثر من 70 دولة من دول العالم. ويتم استخراج الفحم الحجري عادة من مصادره القريبة من سطح الأرض وقد بلغ إجمالي إنتاج الفحم عالميا حوالي 5 مليار طن عام 2005، وتعتبر الدول التالية أكبر عشرة دول في تسلسل حجم الإنتاج العالمي، حيث تساهم بحصة مقدارها حوالي 90 % من إجمالي الإنتاج العالمي هي: (الصين، والولايات المتحدة، والهند، واستراليا، وجنوب أفريقيا ، وروسيا، وأندونيسيا، وبولندا، وكازاخستان، وكولومبيا).

الشكل 4-2 : توزع مصادر الفحم الحجري عالميا

وتجدر الإشارة إلى أن الإنتاج التجاري لغاز طبقات الفحم الحجري يتم من الطبقات العميقة التي يصعب تعدينها واستخراج الفحم الحجري منها تجاريا. في حين تفقد مصادر الفحم الحجري القريبة من سطح الأرض معظم ما تحتويه من الغاز بتسربه إلى الجو خلال عمليات تعدين واستخراج الفحم الحجري تجاريا.

ويبين الشكل 4-2 توزع مصادر الفحم الحجري في العالم، حيث تقدر عدد تلك المصادر بأكثر من 100 حوض جيولوجي، يتواجد فيها الغاز الطبيعي القابل للإنتاج وحسب المعايير الأمريكية المعتمدة في هذا الخصوص[1].

يعتمد مخزون الغاز في طبقات الفحم على: نوعية الفحم الحجري، ومقدار الضغط المكمني، ودرجات الحرارة المكمنية، ونسبة تشبع الغاز في الطبقات المكمنية.

ترتفع كميات الغاز المخزن عادة في طبقات الفحم ذات النوعية العالية (الجيدة)، وكذلك عند ارتفاع

1 . S.Mohr, G. Evans Special report, Model proposed for world conventional, unconventional gas, Oil & Gas Journal, Vol. 105, issue 47, Dec. 17, 2007.

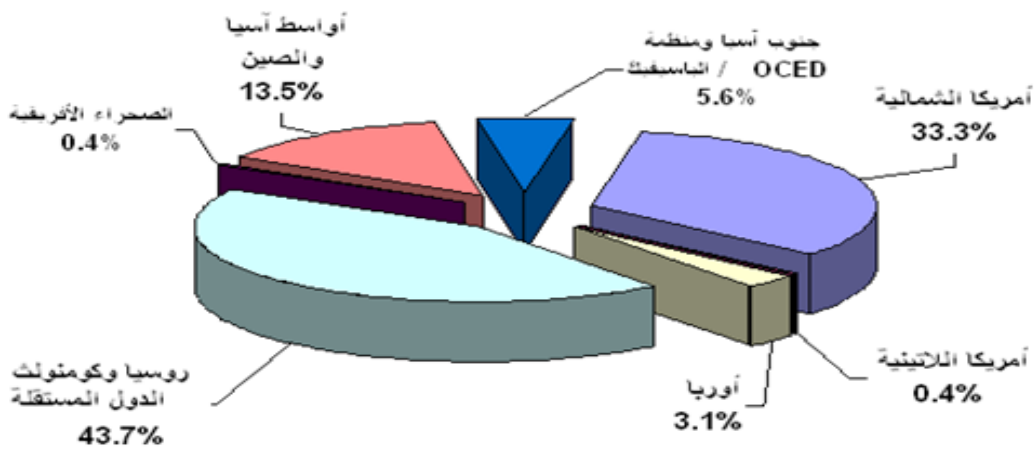
الضغط المكمني. ويتم عادة إيجاد منحنى توازن كميات الغاز المذابة في طبقات الفحم مع درجات الحرارة، وهو من المؤشرات الرئيسية والمستخدمة في حساب تقدير كميات الغاز المخزن عند درجات حرارة المكمن[1].

يبين الجدول 4-1 والشكل 4-3 توزع تقديرات الاحتياطي الجيولوجي لغاز طبقات الفحم عالمياً والبالغة حوالي 9810 تريليون قدم مكعب، وحسب الدراسة المنشورة عام 19972. حيث توزعت معظم تلك المصادر في روسيا وكومنولث الدول المستقلة والتي قدرت بحوالي 4290 تريليون قدم مكعب أي بنسبة بلغت 43.7 % من الإجمالي العالمي، تليها مناطق أمريكا الشمالية والتي بلغت تقديراتها ما يقارب 3270 تريليون قدم مكعب، أي بنسبة 33.3 %، ثم مناطق أواسط آسيا والصين حيث قدرت بحوالي 1320 تريليون قدم مكعب أي بنسبة 13.5 %، وتوزع الباقي على مختلف مناطق العالم المتبقية والتي تقدر بحوالي 930 تريليون قدم مكعب، أي بنسبة 9.5 %.

الجدول 4-1 : تقديرات الاحتياطي الجيولوجي لغاز طبقات الفحم عالميا (عام 1997) [3]

المنطقة / تريليون قدم مكعب	غاز طبقات الفحم
أمريكا الشمالية	3270
أمريكا اللاتينية	40
أوروبا	300
روسيا وكومنولث الدول المستقلة	4290
الصحراء الأفريقية	40
أواسط آسيا والصين	1320
جنوب آسيا ومنظمة OCED / الباسيفيك	550
إجمالي العالم	9810

الشكل (4-3)
توزيع الاحتياطي الجيولوجي لغاز طبقات الفحم عالميا



1 . G. Warfield Hobbs, Energy Minerals Oil Shale, Coal gas, geothermal trend sized up, Oil & Gas Journal, Vol. 93, issue 37, Sept.11, 1995.
2 . V.A. Kuuskraa, Natural Gas Resources, Unconventional, Encyclopedia of Energy, Vol. 4, 2004.
3 . V.A. Kuuskraa, Natural Gas Resources, Unconventional, Encyclopedia of Energy, Vol. 4, 2004.

تباينت تقديرات احتياطيات غاز طبقات الفحم عالميا تباينا كبيرا والتي جاءت بها الدراسات المختلفة، لاختلاف آراء معديها واستخدام مؤشرات مختلفة في حساب تقديراتها. كما تختلف تلك المؤشرات والمعايير في منطقة عن الأخرى من مناطق العالم. يبين الجدول 4-2 نتائج مقارنة تقديرات احتياطيات غاز طبقات الفحم عالميا، والتي نشرها بعض الخبراء والباحثين في الدراسات المختلفة على سبيل المثال (Aluko، Boyer، Scott،...etc). والتي يلاحظ الاختلاف الكبير في نتائج تقديرات الاحتياطيات. أعيد تقييم تلك الاحتياطيات باعتماد المعيار الأمريكي في حساب تلك الاحتياطيات وبافتراض (URR) معامل استخلاص مقداره 25 %، بهدف التوصل إلى قيم موحدة ومقبولة لتقديرات احتياطيات غاز طبقات الفحم عالميا. وتجدر الإشارة إلى أن تقديرات روسيا وكومنولث الدول المستقلة كانت افتراضية لعدم وجود معلومات دقيقة ومؤشرات معتمدة لتقديراتها.

أشارت النتائج التي تم الاتفاق عليها واعتمادها من قبل جهات الدراسة المتخصصة، إلى تواجد حوالي 62 تريليون متر مكعب (2190 تريليون قدم مكعب) من غاز الفحم القابل للإنتاج عالميا. ويلاحظ تركز تلك المصادر بالأساس في مناطق أمريكا الشمالية، وروسيا، وآسيا.

الجدول 4-2 : تقديرات احتياطيات غاز طبقات الفحم[1]

WORLD CBM RESOURCE: LITERATURE, ASSUMPTION

Region	Resource estimates, tcm			Assumed value	Assumed URR, tcm	Comments
	Aluko[1]	Boyer[2]	Scott[3]			
North America	17-87	15-88	27-124	NA	10	Estimate from Mohr and Evans[4]
FSU	20-116	[5]17-113	113-456	113	28	Highly uncertain; 25% recovery factor
Asia	[6]36-71	[6]39-49	18-95	85	21	25% recovery factor
Rest	10	13	6-10	13	3	25% recovery factor
Total	**85-283**	**84-263**	**170-680**	**NA**	**62**	

[1]Reference 21. [2]Reference 22. [3]Reference 23. [4]Reference 5. [5]Listed for Russia only. [6]China and Australia only.

4-3 إنتاج غاز طبقات الفحم

يعتبر غاز طبقات الفحم أحد المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي المعول عليها مستقبلاً في تلبية الطلب المتزايد على الغاز الطبيعي. تختلف فترات تنفيذ مشاريع استثمار غاز طبقات الفحم عن مشاريع المصادر التقليدية للغاز الطبيعي، حيث تتطلب فترات طويلة للتأكد من الجدوى الاقتصادية للاستثمارات المطلوبة قبل القيام بالتطوير الشامل لهذه المصادر. وتقترن هذه الأعمال عادة بدعم ومؤازرة من قبل الدول وحكوماتها لتشجيع هذه الصناعة وتوفير كافة التسهيلات لإنجاحها. كما وقد أدت التقنيات المتقدمة الحديثة في مجالات الإنتاج المعزز وإكمال الآبار والتشقيق، إضافة إلى الدعم الحكومي ومنها التسهيلات الضريبية إلى تحقيق النجاح التجاري لمشاريع تطوير هذه المصادر وعلى الأخص في الولايات المتحدة واستراليا.

يتدفق الغاز ببطء خلال النسيج الفحمي حسب نظرية حركة الغاز بالانتشار كما ذكرنا سابقاً، حيث تعتبر طبقات الفحم الحجري من الطبقات الكتيمة والمنخفضة النفاذية. ويتطلب في معظم الحالات عمليات تشقيق هذه الطبقات وحفر المزيد من الآبار الأفقية والمتفرعة، لتحقيق الإنتاج التجاري.

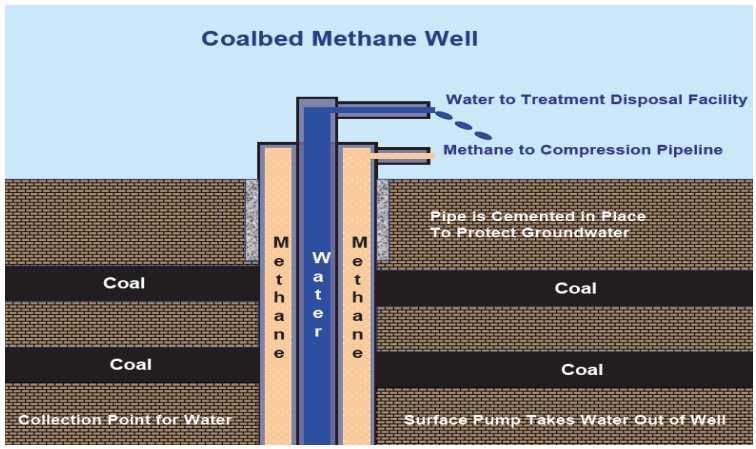
1 . G. Warfield Hobbs, Energy Minerals Oil Shale, Coal gas, geothermal trend sized up, Oil &Gas Journal, Vol. 93, issue 37, Sept. 11, 1995.

هذا وقد نال إنتاج غاز طبقات الفحم اهتماما كبيرا لعدة أسباب منها:

- تزداد تقديرات مخزون غاز الفحم بستة أو سبعة مرات عن مخزون الغاز الاعتيادي ولوحدة حجم الصخور المكمنية، وذلك لاحتواء صخور الفحم الحجري على مساحة سطحية كبيرة تخزن مزيدا من الغاز.
- تتواجد معظم هذه المصادر على أعماق ضحلة، وبذلك تنخفض كلف حفر الآبار الإنتاجية.

تتلخص ميكانيكية عمليات إنتاج الغاز وتحرره من طبقات الفحم بعيداً عن عمليات التعدين واستخراج الفحم. حيث يتم حفر بئراً قطره يصل إلى حوالي 15 سنتمتر، خلال طبقات الفحم ويعمل على ضخ الماء خارجا، لخفض الضغط المكمني مع نزع الماء المصاحب لإنتاج الغاز. وتتطلب تطوير وإنتاج هذه المصادر تقنيات حديثة ومتطورة في الإنتاج واستخدام طرق الإنتاج المعزز، وتشخيص التشققات المكمنية الطبيعية، ودراسة الخصائص المكمنية، مع خفض التكلفة المالية لعمليات حفر الآبار وإكمالها. كما تواجه عمليات الإنتاج صعوبة التخلص وتصريف الكميات الكبيرة من المياه المصاحبة مع مراعاة الشروط البيئة المطلوبة. وكذلك تفادي دقائق الفحم وانخراطها مع إنتاج الغاز. هذا ويصل مؤشر الإنتاج التجاري لغاز طبقات الفحم حوالي 400 قدم مكعب لكل طن من طبقات الفحم[1]. يبين الشكل 4-4 أحد الآبار المنتجة لغاز طبقات الفحم.

الشكل 4-4 : مقطع توضيحي لأحد الآبار المنتجة لغاز طبقات الفحم



ترتبط مصادر إنتاج غاز طبقات الفحم بتواجد مناجم الفحم الحجري وكمياتها، حيث بدأ إنتاج الغاز الطبيعي من هذه المصادر في الولايات المتحدة في نهاية ثمانينات القرن الماضي. وقد ازداد الإنتاج ليصل إلى حوالي 1766 مليار قدم مكعب أو(50 مليار متر مكعب) عام 2004، أي بنسبة 10% من إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي[2].

تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية في الوقت الراهن من أكبر دول العالم المنتجة لغاز طبقات الفحم، وقد ازداد عدد الآبار المنتجة لهذا الغاز من حوالي 5700 بئرا في بداية فترة الإنتاج ليصل إلى حوالي 20000 بئرا، منها 12000 بئرا تقع في حقل (Wyoming›s Power River) (PRB) وحده، كما يتوقع زيادة عدد آبار المنتجة إلى 50000 خلال السنوات (10-15) القادمة.

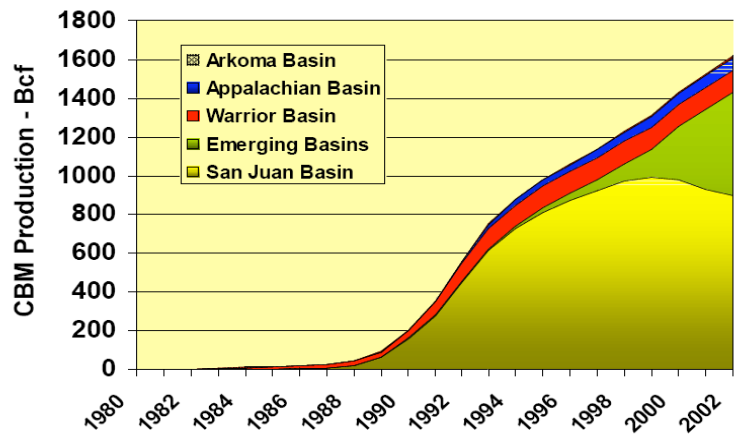
1 . G. Warfield Hobbs, Energy Minerals Oil Shale, Coal gas, geothermal trend sized up, Oil &Gas Journal, Vol. 93, issue 37, Sept. 11, 1995.

2 . IEA, World Energy Outlook 2009.

تمتاز مصادر غاز الفحم أيضا بانخفاض النفاذية للغاز، وارتفاع الكلف المالية التشغيلية[1]. وقد تم تطوير تقنيات جديدة لتعزيز الإنتاج واستخدام طرق جديدة ومختلفة في إكمال هذه الآبار.

هذا وبلغ إنتاج البئر الواحدة بحدود 100 إلى 150 ألف قدم مكعب يوميا في حقول حوض (Appalachian) في ولاية فرجينيا، ويرتفع معدل إنتاج البئر إلى حوالي 10 مليون قدم مكعب يوميا في حقول حوض (San Juan) في ولايتي نيومكسيكو و كلورادو. كما تختلف كميات المياه المصاحبة لإنتاج الغاز وحسب الحقول المنتجة، وتعتبر أحد العوامل التي تحدد الجدوى الاقتصادية لمشروع التطوير. يبين الشكل 4-5 تطور إنتاج غاز طبقات الفحم لبعض الأحواض الرسوبية في الولايات المتحدة.

الشكل 4-5 : تطور إنتاج غاز طبقات الفحم في الولايات المتحدة



تمتلك كندا مصادر معتبرة من غاز الفحم الحجري ، وقد بدأت في إنتاجه تجاريا في عام 2003، حيث ساهم بنسبة 3 % من إجمالي إنتاجها من الغاز الطبيعي. أما في استراليا، فقد ارتفع إنتاج غاز طبقات الفحم خلال العقد الماضي ليصل إلى حوالي 124 مليار قدم مكعب أو (3.5 مليار متر مكعب) عام 2008 أي بنسبة 8 % من إجمالي إنتاجها من الغاز الطبيعي[2].

4-3-1 مراحل تطوير وإنتاج مشاريع غاز طبقات الفحم Coal-bed Methane

تشمل مراحل تطوير وإنتاج الغاز الطبيعي من حقول الفحم خمس مراحل: الشكل 4-6 .

المرحلة الأولى: مرحلة الحفر الاستكشافي وتقييم التركيب الجيولوجي من خلال عمليات جس الآبار وتقييم نتائج اختبار العينات (Coalbed Characterization) وتقييم المصادر وبيان طاقاتها الإنتاجية.

المرحلة الثانية: الدراسات المكمنية (Field and well modeling). وفيها يتم تقييم المساحة الحقلية المحددة للاستثمار واختيار أفضلها اقتصاديا للتطوير، وبيان الطاقات الإنتاجية وتوقعاتها المستقبلية وتحديد حجم الاستثمارات الرأسمالية.

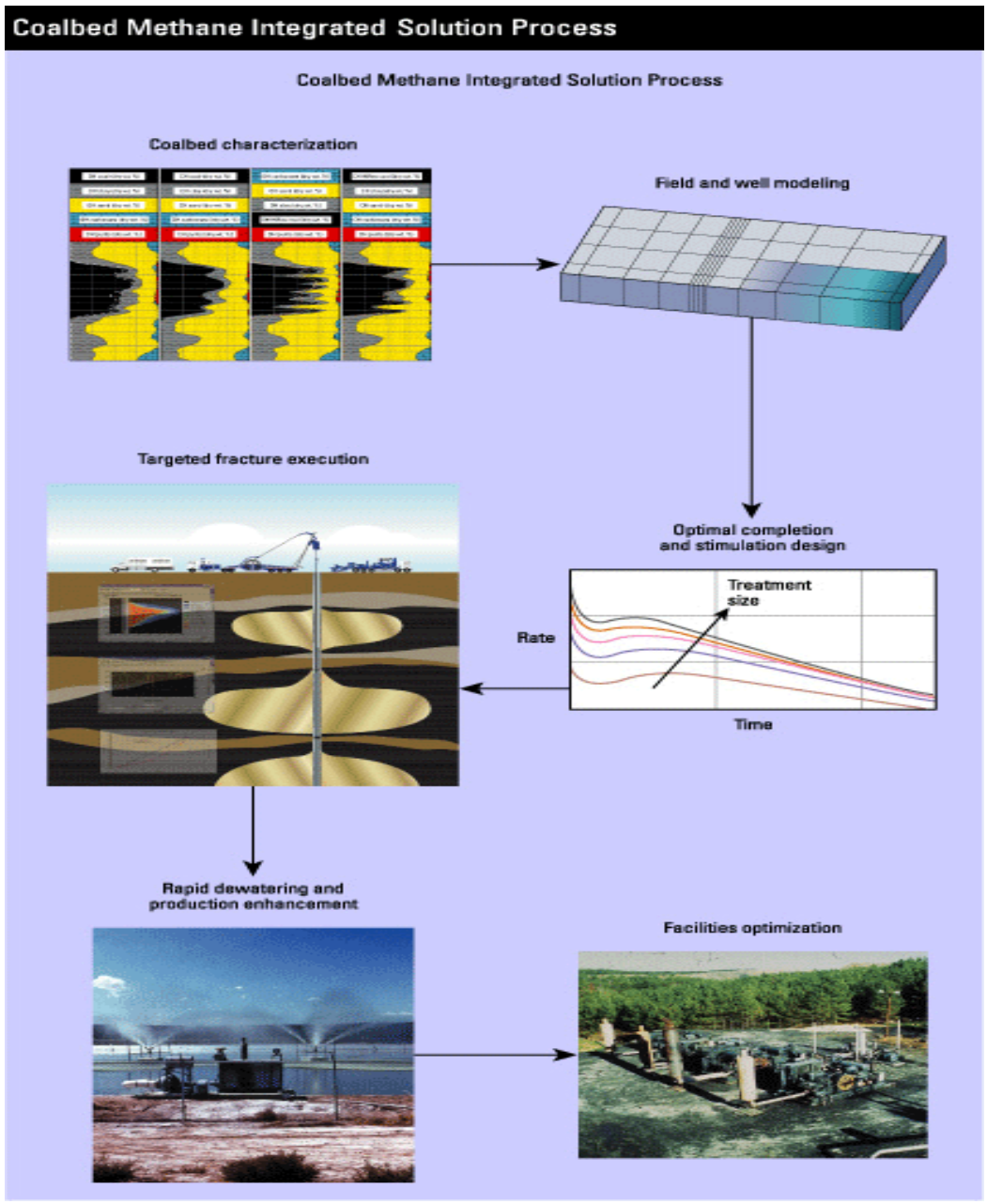
المرحلة الثالثة: إقرار خطة الحفر التطويري واختيار نمط الإنتاج والإكمال، وطرق التشقيق. (Optimal Completion and Stimulation Design).

المرحلة الرابعة: العمل على تطوير مساحة من الحقل لأغراض المشروع التجريبي للتوصل إلى فهم وتقييم خصائص الإنتاج لكامل المشروع والأسس الاقتصادية التي سيعتمد عليها ووضع خطة حفر الآبار الإنتاجية وإيجاد الحلول للصعوبات المتوقع مجابهتها خلال عمليات التطوير الشامل.

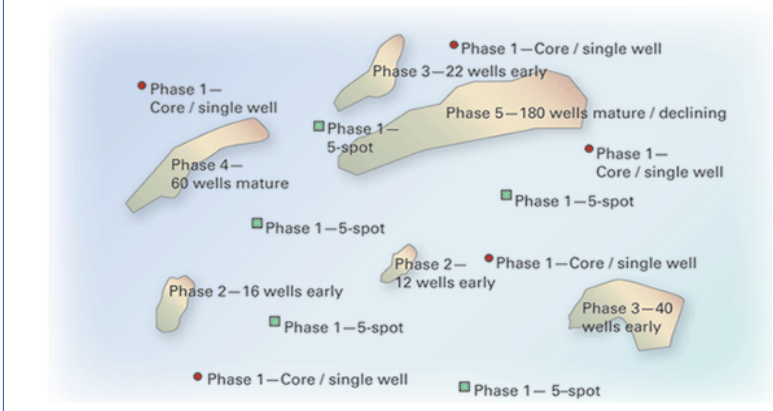
1 . V.A. Kuuskraa, Natural Gas Resources, Unconventional, Encyclopedia of Energy, Vol. 4, 2004.
2 . IEA, World Energy Outlook 2009.

المرحلة الخامسة: التقييم الاقتصادي لاستخدام طرق الاستخلاص الثانوي لتعزيز الإنتاج، وعمليات التشقيق والإنتاج (Targeted Fracture execution)، وعملية فصل الماء المصاحب وتعزيز الإنتاج (Rapid dewatering and Production Enhancement)، وبناء معدات وتسهيلات الإنتاج (Facilities Optimization).

الشكل 4-6 : مراحل تطوير وإنتاج غاز طبقات الفحم



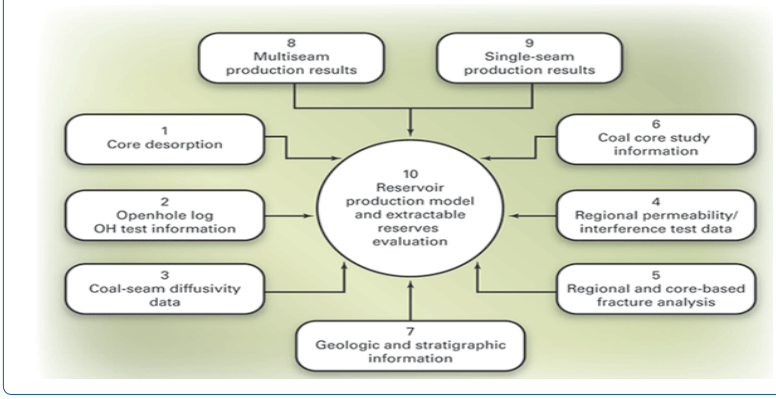
الشكل 4-7: مراحل تنفيذ مشروع التطوير لأحد المجمعات الكبيرة لمصادر غاز طبقات الفحم



تقسم المشاريع الكبرى لتطوير المصادر الكبيرة والمتعددة إلى مجموعة مشاريع صغيرة تنفذ على مراحل أو عند مراحل مختلفة من التطوير. ويبين الشكل 4-7 الخيارات المحتملة لتطوير مساحة تقدر بعدة هكتارات من حقول وتجمعات الفحم الحجري. حيث تم تقييمها على مدى 15عاما، وقد تضمنت مناطق أكثر تقدما بالإنتاج مع أخرى وصلت إلى مراحل متأخرة من تراجع الإنتاج، في حين توجد مناطق لا تزال في مرحلة التقييم لغرض تطويرها وإنتاجها مستقبلا1.

4-3-2 الدراسات المكمنية لغاز طبقات الفحم Coal-bed Methane

الشكل 4-8 : مراحل تنفيذ إحدى الدراسات لتطوير إنتاج غاز طبقات الفحم



تمر دراسات تطوير مصادر ومكامن غاز الفحم الحجري واستخدام برامج المحاكاة بعدة مراحل: تبدأ من مرحلة تحليل عينات من لباب الفحم الحجري وتقييم خواصها، وتحليل قياسات جس الآبار المفتوحة، وتقييم بيانات امتزاز الغاز وغيرها من البيانات اللازمة للدراسة المكمنية للتوصل من خلالها إلى تقديرات الاحتياطي وطاقات الإنتاج والتوقعات المستقبلية. يبين الشكل 4-8 مراحل ومتطلبات إعداد تلك الدراسات.

وقد أدت صعوبة معرفة العوامل التي تحدد حركة الغازات داخل التكوين ومدى نجاح البئر، إلى حفر عدد كبير من الآبار تنتظم في صفوف إنتاجية. هذا ويعتبر عدد الآبار أو المساحة المشمولة بها خلال فترة بدء تشغيل المشروع من العوامل الأساسية التي تحدد مقدار الاستثمارات المطلوبة للتطوير الشامل والجدوى الاقتصادية للمشروع.

1 . Mathew Blauch, Glenda Wylie, eta, Unconventional Gas Technology Conclusion: Life-cycle approach improves coal-bed methane production, Oil & Gas Journal, vol. 106, issue 3, January 21, 2008.

4-4 لمحة عن التطور التقني لإنتاج غاز طبقات الفحم

شهدت تقنيات وطرق إنتاج غاز طبقات الفحم تطوراً كبيرا خلال العقد الماضي، مما ساعد على نجاح مشاريع التطوير والإنتاج التجاري لهذا النوع من المصادر. وبالرجوع إلى مراحل تطوير وإنتاج مشاريع غاز طبقات الفحم المذكورة آنفا يمكن تسليط الضوء على أهم التقنيات المساندة التي تساهم في وضع هذه المشاريع على مسارها الصحيح وتقودها عبر مختلف مراحلها، كما هو مبين في الجدول 4-3 .

الجدول 4-3 : التقنيات المساعدة في تنفيذ مراحل إنتاج غاز طبقات الفحم

ENABLING TECHNOLOGIES MATCHED TO CBM LIFE-CYCLE PHASES

Enabling technologies	CBM life-cycle phase						
	1	2.1	2.2	2.3	3	4	5
Geospatial well-pattern optimization					X	X	
Core and core analysis	X	X					
Well logging	X	X	X	X	X		
Cleat permeability determination	X	X	X	X			
Reservoir engineering software tools	X	X	X	X	X	X	X
Prefracture diagnostics			X	X	X		
Hydraulic fracture stimulation			X	X	X	X	
Multiseam coiled-tubing hydraulic fracturing			X	X	X	X	
Secondary production enhancement						X	X
Infill drilling							X

1. تنميط التوزع الجغرافي لمواقع آبار الإنتاج وهي عملية يجب تضمينها في المرحلة الثالثة والرابعة من عمر المشروع، وتحتاج إلى تفهم الآلية الميكانيكية لإنتاج الغاز من طبقات الفحم، ومكاملتها مع عملية محاكاة المكمن ومع المعايير الاقتصادية للإنتاج.
2. اختبار اللباب (العينات الأسطوانية): Core and Core Analysis: ويجب إجراؤها في المرحلة الأولى، والمرحلة الثانية من عمر المشروع، أي خلال مرحلة الاستكشاف والتقييم الجيولوجي، ومرحلة بناء النموذج المكمني.
3. عمليات جس الآبار: Well Logging: تم تطوير تقنيات خاصة لاختبار طبقات الفحم باستخدام معدات تم تصنيعها لهذا الغرض. ويبين الجدول 4-4 أنواع مجسات الآبار المفضل استخدامها خلال المراحل المختلفة من مراحل تطوير المكامن.

الجدول 4-4 : أنواع مجسات الآبار المفضل استخدامها في مراحل التطوير المختلفة

RECOMMENDED LOG SUITES FOR SPECIFIC PHASES

Log suite	Phase			
	2	3	4	5
High-resolution spectral density log	X	X	X	
High-resolution gamma ray	X	X	X	
High-resolution dual-spaced neutron	X	X		
High-resolution induction	X	X		
Microlog	X	X	X	
Magnetic resonance imaging log (if applicable)	X	X		
Electric microresistivity imaging log	X			
Wave sonic tool (dipole sonic)	X			
Thermal multigate decay pulsed neutron (if also evaluating sands) run through casing				X
Dual-spaced neutron (if not evaluating sands) run through casing				X

والجديـــر بالذكر أن المجـس (Electric micro-imaging) (EMI) يوفر قياسات وبيانات مفصلة عن طبيعة ومواصفات الطبقات المكمنية التي تم اختراقها خلال حفر البئر، ويتم مقارنة تلك البيانات ومطابقتها مع السحنات الجيولوجية لعينات اللباب التي تم الحصول عليها من المقطع المكمني ذاته، للتوصل إلى مؤشرات تجمع بين خواص اللباب وقياسات المجس، يتم تعميم تطبيقها على كافة الآبار في الحقل لسد النقص الحاصل في توفر معلومات اللباب لباقي الآبار، بهدف توضيح الصورة الجيولوجية التركيبية للمكامن.

4- تعيين النفاذية: يتم تعيين نفاذية الطبقات المكمنية في المراحل الأولى والثانية والثالثة من مراحل التطوير. وتوجد ثلاث تقنيات لتعيين نفاذية المكامن هي:

- اختبار إنتاج الطبقات عبر تشكيلة الحفر (Drillstem testing) (DST)، وهي عمليات اختبار إنتاجية إحدى الطبقات المكمنية باستخدام معدات خاصة خلال عمليات حفر البئر وقبل عملية إكماله وتثبيت البطانة.
- اختبارات تأثير الحقن، ويتم ذلك خلال اختبار تأثير إنتاجية البئر في مجموعة من الآبار.
- التحليل التفاضلي لبيانات اختبار الإنتاجية، وتستخدم عادة لمقارنة تغير نفاذية الطبقات المكمنية في منطقة البئر مع عمليات التشقيق.

5- تحفيز التشقيق الأولي للمكامن: يندر الحصول على مكامن غاز طبقات الفحم التي تنتج الغاز طبيعيا وعند المعدلات التجارية، دون الاستعانة بطرق تعزيز الإنتاج. وقد تم إقرار ثلاث تقنيات تم تطويرها لتحفيز عمليات تشقيق المكامن وتقييمها هي: التكهف (caving)، التوسع (expansion)، التشقيق الهيدروليكي. وتشير تراكم الخبرات والمعلومات الحقلية في هذا المجال إلى أهمية ونجاح استخدام الطريقة الأخيرة فنيا واقتصاديا، وقد أصبح استخدام تقنيات الحفر الأفقي المتعدد (المتفرع) بديلا مفضلا عن الحفر الاعتيادي والتشقيق العمودي.

6- الإنتاج الثانوي المعزز: يتم التركيز على استخدام طرق الإنتاج الثانوي المعزز في المراحل المتقدمة من فترات الإنتاج لمحاولة إدامة معدلات الإنتاج من حقول غاز طبقات الفحم. وفيما يلي أهم طرق الإنتاج المعزز التي يمكن استخدامها في المراحل الرابعة والخامسة من مشروع التطوير:

- إعادة عمليات التشقيق الهيدروليكي للطبقات المكمنية في الآبار التي سبق تشقيقها.
- التشقيق الهيدروليكي في الآبار ذات الإكمال المجوف .
- استخدام المواد الكيماوية لتحسين نتائج عمليات التشقيق الهيدروليكي.
- حقن غاز ثاني أكسيد الكربون في الطبقات المكمنية لتعزيز إنتاج الغاز الطبيعي، وسوف نأتي على ذكره لاحقاً في هذا الفصل.

7- الحفر البيني لآبار الإنتاج (infill drilling): هي تقنية حفر مجموعة جديدة من الآبار في ما بين الآبار المحفورة ويلجأ إلى هذه العمليات لزيادة عدد آبار الإنتاج وإدامة الطاقة الإنتاجية للمشروع. والاستفادة من معدات الإنتاج القائمة.

8- اختيار طرق المعالجة: تساهم الخطوات التالية للتخطيط في معالجة المناطق غير المطورة أو قليلة التطوير:

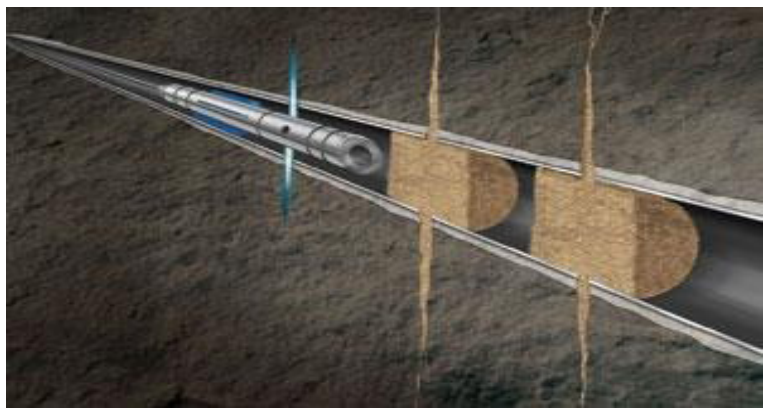
- نوع طبقات الفحم وسمكها، والتركيب الجيولوجي.
- التحليل الاقتصادي لتطوير الحقل وزيادة طاقته الإنتاج.
- عمليات نزع الماء داخليا تتم في باطن الآبار المنتجة.
- عمليات برامج تشقيق الآبار.

9- تقنيات التشقيق الهيدروليكي: تعتمد عمليات التشقيق على عوامل عديدة ومن أهمها العوامل التالية للتوصل إلى أفضل صيغة:

- حجم المعلومات المتوفرة حول الطبقات المراد تشقيقها.
- مدى استجابة الطبقة المكمنية لعمليات التشقيق مقارنة مع باقي الطبقات المكمنية.
- الكادر المنفذ لعمليات التشقيق وخبراته المتراكمة في التعامل مع أعمال تشقيق طبقات الفحم.

10 – التشقيق الهيدروليكي الدقيق والمتعدد: وتعتبر هذه من أحدث التقنيات التي تم التوصل لها في الوقت الراهن والتي تم استخدامها في التشقيق الدقيق والمتعدد، ويتم إنزال معدات التشقيق بالأسلاك إلى داخل البئر، وهي مشابهة لطرق التشقيق الاعتيادية من حيث المبدأ والتي تدعى (Perf&Plug) وباستخدام معدات التثقيب السلكية مع سدادات عازلة ((bridge plugs، وتمتاز هذه التقنيات بسهولة الاستخدام وسرعة الإنجاز خلال عمليات إكمال الآبار. وقد استخدمت طرق عديدة ومختلفة في عمليات التثقيب وعزل الطبقات المكمنية وتشقيقها، منها استخدام الأنبوب الملفوف لإيصال هذه المعدات إلى داخل البئر. وتهدف هذه الطرق تفادي الطبقات غير المنتجة وانجاز عمليات التثقيب والتشقيق لعدة طبقات دفعة واحدة وبعملية واحدة. وعلى سبيل المثال تم تحقيق تشقيق 24 وحدة مكمنية في بئرين ضحلين خلال عمل يوم واحد. الشكل 4-9 نموذج توضيحي لإحدى عمليات التشقيق المكمنية.

الشكل 4-9 : نموذج توضيحي لإحدى عمليات التثقيب المكمنية



4-4-1 مسحوق الفحم الحجري وإنتاج الغاز

يسبب تواجد مسحوق دقائق الفحم الحجري في مكامن غاز الفحم الحجري مشاكل كبيرة لإنتاج غاز طبقات الفحم، حيث تتحرك هذه الدقائق في بعض الأحيان خلال عمليات إنتاج الغاز، تؤدي إلى غلق المسامات وتدمير النفاذية، وإيقاف الإنتاج. ويتم استخدام تقنيات خاصة لتثبيت هذه الدقائق والسماح لتدفق الغاز فقط وتعرف هذه التقنيات (Fines Locking Black-flush Service) (FLBS). كما يؤدي استخدام هذه التقنيات إلى ما يلي:

- إطالة العمر الإنتاجي للبئر.
- توفير حل اقتصادي لمشكلة الإنتاج.
- زيادة معدلات النجاح.
- خفض عوامل المخاطرة المالية.
- إضافة احتياطيات جديدة لتحسين الأصول المالية.

4-4-2 التقنيات المستقبلية

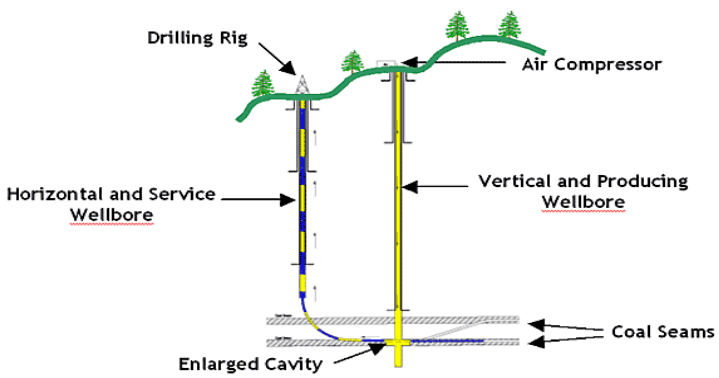
تؤخذ بنظر الاعتبار مجموعة من التقنيات والطرق خلال عمليات تطوير مصادر غاز طبقات الفحم، حيث لا توجد طريقة أو تقنية موحدة تحقق العائد التجاري المطلوب لتطوير هذه المصادر. ويتطلب العمل دائماً على تطوير أو إعادة تطوير مجموعة من التقنيات لاستثمار المزيد من هذه المصادر مستقبلا:

- إيجاد مواد جديدة في تحسين عمليات التشقيق.
- تطوير وتحسين برامج المحاكاة المكمنية للتوصل إلى أفضل النتائج.
- تطوير تقنيات معالجة فقدان سوائل الحفر أثناء عمليات الحفر.
- تطوير تقنيات معالجة المياه المنتجة وإعادة استخدامها.
- تقليل انبعاث الملوثات إلى الجو.
- تحسين الكفاءة، وتحسين وتطوير وسائل ومعدات الحفر.
- تطوير عمليات الاستخلاص المعزز في المكامن ذات الضغط المنخفض.

4-5 لمحة عن عمليات الحفر والإكمال

تتواجد معظم حقول الفحم عند أعماق ضحلة، ولذلك تنخفض كلف حفر الآبار المنتجة للغاز. وقد تم التوصل إلى تقنيات جديدة لإنتاج غاز طبقات الفحم وعلى الأسس الاقتصادية والمحددات البيئية، باعتماد الحفر الأفقي أو الحفر المتفرع والإكمال والاختبارات الإنتاجية وفحص العينات المكمنية وتقييم المعلومات وغيرها والتي تعرف بتقنيات (Z-Pinnate Horizontal Drilling and Completion System) CDX). كما توفر هذه التقنيات التعامل مع مكامن الفحم بمساحة تصل إلى أكثر 1800 أكر من خلال بئر واحدة. ويتطلب وضع التقديرات الأولية لبرامج الحفر والتشقيق حفر بئر واحدة لمساحة تتراوح من 20 إلى 80 أكر من حقول الفحم. يبين الشكل 4-10 مقطع حفر أحد الآبار إنتاج غاز طبقات الفحم الحجري. ويبين

الشكل 4-10 : مقطع حفر أحد الآبار المنتجة لغاز طبقات الفحم

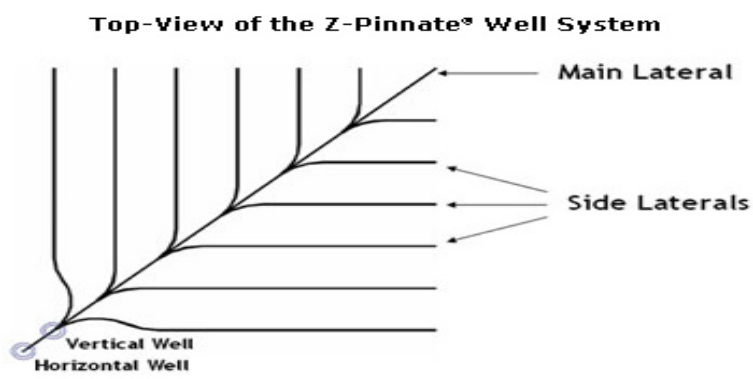


الشكل 4-11 نموذج حفر أحد الآبار المتفرعة لإنتاج غاز طبقات الفحم.

كما يمثل الشكل 4-12 صورة عامة للمساحة التي يمثلها البئر المنتجة وحسب تقنيات (CDX) في أحد حقول الفحم، والتي تصل إلى حوالي 1800 أكر. كما توضح الصورة أيضا المساحة التي يتطلبها حفر الآبار الإنتاجية في أحد حقول الفحم والتي تتراوح من 20 إلى 80 أكر.

والجدير بالذكر أن عمليات الحفر في حقول الفحم تعتبر من العمليات التي تتطلب عناية خاصة ودقة في التحكم لتفادي اختلاف ميزان الضغط الهيدروستاتيكي لسائل الحفر، حيث ينخفض الضغط المكمني عادة لطبقات غاز الفحم. وأن أي زيادة في ضغط عمود سائل الحفر يؤدي إلى تأثر طبقات الفحم وانحصار غاز الميثان عن الجريان. ولتفادي هذه الحالة وعدم تأثر الطبقات المكمنية، تستخدم طريقة البئر المزدوج (Dual-well configuration) وفي الوقت نفسه تعمل هذه الطريقة على تعزيز عملية عزل الماء المصاحب. كما يعتبر إنتاج الماء المكمني أحد الوسائل المتبعة لتخفيض الضغط المكمني وتعزيز إنتاج الغاز الطبيعي. يبين الشكل 4-13 صورة معدات إنتاج أحد الآبار موضحا فيه مضخة سحب الماء مع معدات فصل الماء.

الشكل 4-11 : نموذج لأحد الآبار الإنتاجية المتفرعة



الشكل (4-12)
نماذج حقلية لآبار غاز طبقات الفحم

الشكل 4-13 : معدلات إنتاج غاز طبقات الفحم

6-4 تقنيات الإنتاج المعزز لغاز طبقات الفحم Enhanced CBM

يعتمد الإنتاج الأولي لغاز طبقات الفحم على خفض الضغط المكمني في طبقات الفحم، في حين يتم إنتاج الغاز المتواجد في النسيج الفحمي وشاياه الدقيقة (المايكروية) باستخدام طرق الاستخلاص المعزز لإزاحة الغاز المتبقي عن طريق حقن غاز آخر يتصف بشدة إلتصاقه بصخور الفحم الحجري ويحل محل الغاز الطبيعي المخزن أصلا. وقد أشارت النتائج المخبرية والمشاريع الحقلية التجريبية إلى نجاح استخدام غاز CO2 ثاني أكسيد الكربون وحقنه في مكامن وطبقات الفحم الحجري، وقد يؤدي إلى تحسين إنتاج الغاز الطبيعي (الميثان) على المدى القريب وتحسين كفاءة استخلاص الغاز(الميثان) على المدى البعيد.

وقد توفرت معلومات وبيانات كثيرة عن هذه الطريقة من خلال تنفيذ أربعة مشاريع حقلية تجريبية هي:

- المشروع الأول Fenn Big Valley في مقاطعة البرتا / كندا، والثاني St Juan Basin في نيومكسيكو/ الولايات المتحدة، ومشروع آخر في نفس الحوض St Juan Basin في كلورادو/ الولايات المتحدة، والمشروع الرابع Recopol في بولندا.
- توصلت نتائج البحوث العملية إلى تفهم كثير من الظواهر الفيزيائية والهندسية المؤثرة والتوصل إلى إمكانية إزاحة غاز الميثان بواسطة حقن غاز ثاني أكسيد الكربون. كما يعتبر استخدام حقن مزيج من غاز CO^2 وغاز النيتروجين في التجارب الحقلية إلى تحسن نتائج عمليات الحقن بصورة عامة وتحسين معامل الاستخلاص.

كما تعتبر طرق التشقيق الهيدروليكي خيارا آخرا لتعزيز وزيادة إنتاج الغاز الطبيعي، بتعريض مساحة مكمنية أكبر إلى فوهة البئر المنتجة.

خلاصة الفصل الرابع

- يمثل غاز طبقات الفحم الحجري أحد المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي، والمخزن في مكامن الفحم الحجري التي تتوزع على مختلف دول ومناطق العالم.
- يقدر إجمالي الاحتياطي الجيولوجي لغاز طبقات الفحم عالميا بحوالي 9810 تريليون قدم مكعب، حيث تتوزع معظم مصادره في روسيا وكومنولث الدول المستقلة بنسبة تصل إلى 43.7 % تليها مناطق أمريكا الشمالية بنسبة 33.3 %، ثم مناطق أواسط آسيا والصين بنسبة 13.5 %، ويتوزع الباقي على مختلف باقي مناطق العالم. هذا وتقدر نسبة استخلاص الغاز من هذه المصادر نحو 25 %.
- شهدت الولايات المتحدة وباقي دول العالم الغنية بهذه المصادر نشاطاً ملحوظاً لتطوير وإنتاج الغاز الطبيعي منها. حيث تعتمد عمليات الإنتاج على حفر أعداد كبيرة من الآبار الإنتاجية وصلت إلى أكثر من 20 ألف بئراً في الولايات المتحدة وحدها، وكذلك استخدام عمليات التشقيق لتعزيز الإنتاج، كما يمثل معالجة المياه المصاحبة لإنتاج الغاز وتصريفها دون الأضرار بالبيئة، أحد التحديات التي يتطلب الإحاطة بها، والتي قد تحدد مدى النجاح التجاري لمشروع التطوير. تختلف مشاريع تطوير وإنتاج غاز طبقات الفحم عن باقي مشاريع إنتاج الغاز الاعتيادية، حيث تتطلب تقنيات خاصة ومتطورة وبذل جهود استثنائية في تشغيل وإدامة الإنتاج.
- تمثل مشاريع استثمار وإنتاج غاز طبقات الفحم حلاً بيئياً مغريا لاقتناص غاز (CO2) المنبعث من عمليات إحراق الوقود الاحفوري لغرض توليد الطاقة، بإعادة حقنه في طبقات الفحم، حيث تصل قابلية امتزاز طبقات الفحم الحجري لغاز الاحتراق (CO2) إلى 3-6 مرات ما تمتصه من غاز الميثان وبذلك يتم الحصول على منظومة كاملة تتمثل باستخراج غاز الميثان لأغراض توليد الطاقة وإعادة حقن غاز الاحتراق المتولد في تلك المحطات في آبار مكامن غاز طبقات الفحم.

الفصل الخامس
هيدرات الغاز Gas Hydrates

5-1 مقدمة عن مصادر هيدرات الغاز Gas Hydrates

تعتبر هيدرات الغاز احد المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي المثيرة للجدل، بسبب نقص المعلومات وتباين الآراء والبيانات حول تفاصيل تقديرات احتياطياتها من الغاز الطبيعي وسبل تطويرها وإنتاجها. شهد العالم نشاطاً ملحوظاً في البحث والتنقيب عن هذه المصادر في الآونة الأخيرة، إضافة إلى أعمال تطوير تقنيات الاستكشاف، والحفر، والإنتاج. وقد أشارت الدراسات والبيانات التي توفرت أخيراً حول هذه المصادر، إلى توقعات احتواءها على احتياطيات هائلة من الغاز الطبيعي، ويتوقع أن تلعب دوراً هاما في مستقبل إمدادات الغاز الطبيعي عالمياً.

5-2 تعريف هيدرات الغاز Definition of Gas Hydrates

هي مواد صلبة متبلرة ثلجية تتكون من اتحاد فيزيائي لجزيئات الماء مع مركب واحد أو أكثر من المواد الهيدروكربونية أو غير الهيدروكربونية. حيث تحجز جزيئات الغاز في تجويف بلورات الماء المتجمد ويدعي "gas clathrates". تتشابه خواص بلورات هيدرات الغاز مع بلورات الثلج عند المستوى الميكروسكوبي، حيث تتألف البلورة من 85 % ماء. تعتبر هذه المواد الصلبة في حالة استقرار متوازن عند توفر الضغط ودرجة الحرارة الملائمة. وقد تتواجد عند درجات حرارة أعلى من درجة تجمد الماء بحدود (20 – 30) درجة مئوية وتحت ضغط مرتفع.

عرفت هذه المركبات في معامل البحوث منذ فترة طويلة، وقد وجدت عمليا لأول مرة عندما تعرضت أنابيب نقل الغاز الطبيعي في كازاخستان إلى الانسداد عام 1929 بفعل تكون مواد صلبة أو كرات من الثلج الناتج من غاز هيدرات الميثان. ولتفادي هذه الحالة يتم إما بتسخين الأنبوب الناقل ورفع درجة حرارة الغاز إلى ما فوق تكون الهيدرات أو نزع الماء المتواجد مع الغاز الطبيعي قبل ضخه في أنابيب نقل الغاز وهو الأنسب اقتصاديا والمستخدم حالياً[1].

الشكل 5-1 : نموذج من ثلج الهيدرات

يبين الشكل 5-1 نموذج من ثلج الهيدرات (غاز الميثان مع الماء) والقابل للاحتراق والذي يدعى أحيانا بالثلج المحرق أو الحارق Burning ice .

1 . Elchin Bagirov & Ian Lerche, Hydrates represent gas source, drilling hazard, Oil & Gas Journal, Vol.95, issue 48, Dec. 01, 1997.

كما تعتمد درجة الحرارة التي تتكون عندها الهيدرات ويمكن أن تتواجد فيها على مقدار الضغط ومكونات الغاز، ومحتوى الأملاح في الماء. وعلى سبيل المثال: تتكون هيدرات الغاز (الميثان) مع الماء عند درجة حرارة - 9.2 مئوية وضغط 600 رطل/بوصة مربعة، وعند تغير مكونات الغاز بإضافة غاز البروبان بنسبة 1 % تنخفض درجة حرارة تكون الهيدرات إلى - 4.8 درجة مئوية.

تحتوي الهيدرات على كميات هائلة من الغاز وعلى سبيل المثال: لكل متر مكعب من هيدرات الغاز تحرر 164 متر مكعب من الغاز الطبيعي عند درجة الحرارة والضغط الجوي مع 0.8 متر مكعب من الماء.

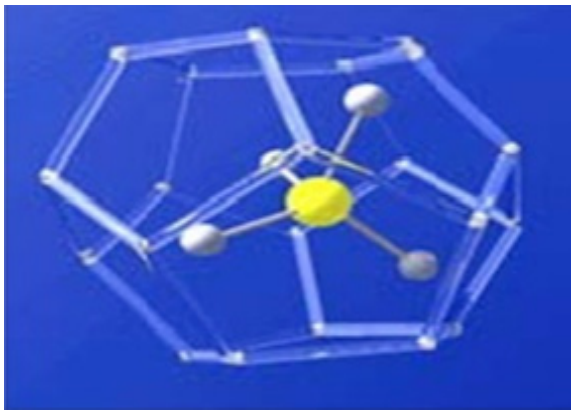
هذا ويعتبر غاز الميثان المركب الرئيسي لهيدرات الغاز، مع احتمالات تواجد مركبات غاز الإيثان، والبروبان، أو ثاني أكسيد الكربون وغيرها.

يتدفق الغاز من الصخور المولدة إلى مصائد مكمنية في الطبقات الرسوبية الواقعة على ضفاف القارات مكونا هيدرات الغاز عند تعرضها للضغط وفي درجات الحرارة الملائمة. وتسبب هذه المواد الصلبة مشاكل جمة خلال عمليات الحفر وإنتاج النفط والغاز باحتمالات انسداد مواسير الحفر وأنابيب نقل الغاز وغيرها.

يتكون التركيب البلوري للهيدرات Hydrate structures من مواد صلبة بلورية الشكل تقع على شكلين، يتألف الشكل الأول من بلورة تحتوي على 46 جزئ ماء (H_2O) تكوّن فجوتان صغيرتان مع فجوة كبيرة ذات أشكال هندسية منتظمة. حيث يحوي هذا الشكل جزيئات الغاز الصغيرة مثل الميثان والإيثان والتي لا يزيد قطر جزيئاتها عن 5.2 أنجستروم (Angstroms).

ويتألف الشكل الثاني لهذه البلورات من اتحاد 136 جزئ ماء، يحتوي على 16 فجوة صغيرة مع 8 فجوات كبيرة هندسية الشكل. يمكن لهذه البلورات أن تحفظ جزيئات الغاز الطبيعي والتي يتراوح قطرها من 5.2 إلى 6.9 انكستروم (Angstroms). مثل جزيئات غاز البروبان والأيزوبيوتان[1] شكل 5-2 الصيغة التركيبية لبلورة هيدرات الميثان.

الشكل 5-2 : الصيغة التركيبية لبلورة الهيدرات



يعتمد شكل بلورة الهيدرات على رابطة الهيدروجين في جزئ الماء. ولا يمكن أن تتكون هذه البلورة من ذاتها بدون وجود الظروف الملائمة من درجة الحرارة والضغط، والتي تحدد شكلها التركيبي.

تغطى بلورات هيدرات الغاز عادة بالطمي والرواسب عند قاع البحر وعند إزالة هذه الرواسب لسبب ما، تبدأ الهيدرات بالتحرر والطفو عاليا بسبب قلة كثافتها وعند وصولها إلى الضغط الحرج على عمق بحدود 100 إلى 200 متر (يعتمد على مكونات الغاز) عندها تتحلل الهيدرات ويبدأ الغاز المحجوز بالتحرر إلى سطح المحيط. ويعتقد أن تسبب مناطق تحرر هذا الغاز مخاطر عديدة على السفن وحتى الطائرات المارة عبرها، حيث يغير الغاز الطبيعي ذو الكثافة الخفيفة من تشكيلة الهواء مسببا سقوط الطائرات المارة، أو من وزن السائل المزاح للسفن العابرة

1 . Timothy S. Collett & Vello A. Kuuskraa, Hydrates contain vast store of world gas resources-Emerging U.S. Gas Resources-4,Oil & Gas Journal, Vol. 96, issue 19, May 11, 1998.

مسببا غرقها، بالإضافة إلى احتمالات انفجار هذا الغاز عند تحرر كميات كبيرة منه وبصورة مفاجئة واختلاطه مع الهواء وضمن حدود المزيج القابل للاشتعال. وخير مثال على ذلك هو تواجد ما يعرف بمثلث برمودا عند خليج المكسيك وحسب ما تشير إليه بعض الدراسات.

5-3 تواجد الهيدرات

تتواجد هيدرات الغاز في الطبيعة عادة في تراكيب جيولوجية على اليابسة وفي صخور المكامن الباردة وعند مناطق القطبين الشمالي والجنوبي، حيث ينساب الغاز ببطء من الصخور المولدة إلى الأعلى باتجاه السطح. وتعمل طبقة (permafrost) (الطبقة المتجمدة) القريبة من السطح على اصطياده وتجميعه، حيث تنخفض درجة الحرارة في هذه المناطق إلى ما دون الصفر المئوي مولدة الهيدرات.

كما تتواجد الهيدرات في المناطق البحرية، حيث يفترض أن لا تتجاوز درجة الحرارة عند قاع البحر عن 4 إلى 6 درجة مئوية، مع ارتفاع الضغط. حيث يزداد الضغط عند القاع بزيادة عمق المياه.

وتتولد أنواع من الغازات الهيدروكربونية وثاني أكسيد الكربون وغاز مركبات الكبريت، نتيجة للعمليات الحيوية بوجود البكتيريا والأحياء الدقيقة التي تعمل على تحلل الأجسام الحيوانية والنباتية المتجمعة عند قاع البحار، ويتجمع هذا الغاز عند قاع البحر وتحت طبقات متعددة من الرواسب الطينية تعلو بعضها البعض، متحولا إلى الهيدرات عند توفر الظروف الملائمة من درجات الحرارة والضغط.

الشكل 5-3 : توزع مناطق تواجد مصادر هيدرات الغاز الرئيسية في العالم

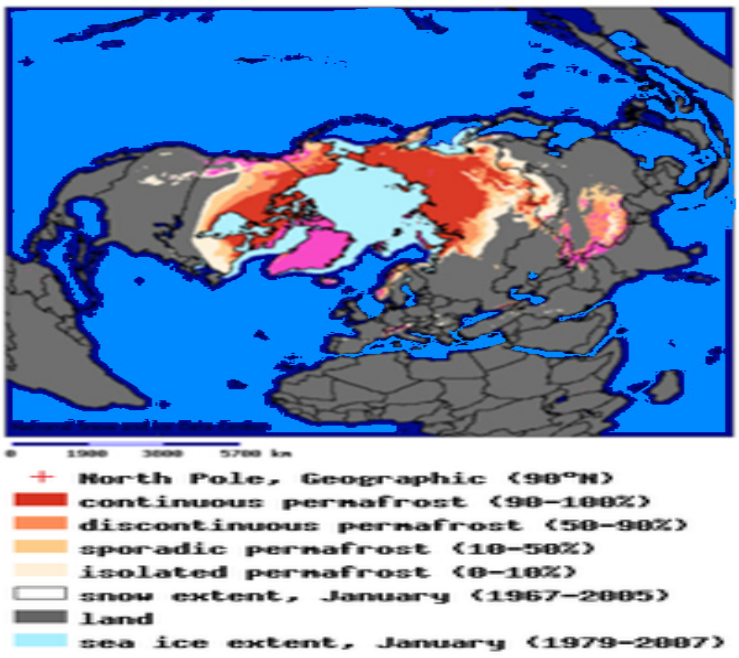
وقد تم تشخيص هذه الطبقات وتقدير الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي فيها باستخدام تقنيات متطورة للمسح الزلزالي وتقييم بياناته. وتم اكتشاف العديد من تجمعاتها في مختلف مناطق العالم، ومنها أمريكا الشمالية عند الجرف الأطلنطي في الجنوب الشرقي من الولايات المتحدة. الشكل 5-3 .

5-3-1 هيدرات الطبقات الجيولوجية المتجمدة (Permafrost Hydrates)

تم اكتشافها والتحقق من تواجدها، خلال اختبار عينات لباب الصخور وعمليات جس الآبار أثناء عمليات حفر الآبار على اليابسة في مناطق ألاسكا الشمالية في منطقة (Prudhoe Bay) و (Kuparuk River) . كما تم اكتشاف تواجدها أثناء حفر الآبار في قاطع (Macknenzi) في كندا. وقد تم التحقق من وجودها أيضا في أكثر من نصف الآبار التي تم حفرها في جزر المنطقة القطبية. ودلت نتائج البحث والتنقيب وعمليات الحفر والدراسات المرافقة على تواجد الهيدرات في طبقة (permafrost)، الطبقات الجيولوجية المتجمدة وعلى عمق يتراوح من 130 متر إلى 2000 متر تحت سطح الأرض، حيث تحتوي على معظم احتياطيات غاز الهيدرات عالميا.

تعرف الطبقات الجيولوجية المتجمدة Permafrost: بأنها مزيج من الطمي والصخور الهشة مع الماء المتجمد، وقد تكونت عبر الفترات الجليدية في العصور الجيولوجية التي مرت على الكرة الأرضية. وتنتشر في المناطق الباردة التي لا ترتفع معدلات درجات الحرارة السنوية عن درجات تجمد الماء وعلى مختلف الأعماق، القريبة من سطح الأرض على اليابسة أو في داخل أعماق البحار. وقد تأثرت هذه الطبقات بتغير المناخ وزوال معظمها وأصبح قسم منها على شكل تجمعات غير متصلة، في حين لا يزال قسم منها محافظا على تشكيلته. يبين الشكل 5-4 المناطق الرئيسية لتواجد هذه الطبقات. حيث تقع في مناطق ألاسكا وسيبيريا ومناطق القطب المتجمد. يبين الجدول 5-1 الفترات الزمنية لتكون الطبقات المتجمدة مع عمق الطبقة تحت سطح الأرض. ويبين الجدول 5-2 توزع مناطق الطبقات المتجمدة ومدى تعرضها لتغير درجات الحرارة.

الشكل 5-4 : مناطق تواجد الطبقات المتجمدة (Permafrost) الرئيسية



الجدول 5-1 : الفترات الزمنية لتكون الطبقات المتجمدة مع العمق تحت سطح الأرض

Time taken for permafrost to reach depth	
Time (yr)	Permafrost Depth (m)
1	4.44 (0.002759 mi.)
350	79.9 (0.049648 mi.)
3500	219.3
35000	461.4
100000	567.8
225000	626.5
775000	687.7

كما يبين الشكل 5-5 مقطع طبيعيا للطبقة المتجمدة في منطقة (Pingo) الواقعة في كندا.

شكل 5-5 : مقطع طبيعي لأحد الطبقات الجيولوجية المتجمدة في (pingo) / كندا

شكل 5-6 : صورة نموذج لباب الصخور للطبقة المتجمد مع تواجد الجليد

الجدول 5-2 : توزع الطبقات المتجمدة في بعض مناطق العالم مع تغير درجات الحرارة

Recent trends in permafrost temperatures measured at different locations (modified from Romanovsky et al., 2002)			
Country	Region	Permafrost temperature change/trends	Reference
USA	Trans-Alaska pipeline route (20 m), 1983-2003	+0.6 to +1.5°C	Osterkamp and Romanovsky, 1999; Romanovsky and Osterkamp, 2001; Osterkamp 2003
	Barrow Permafrost Observatory (15 m), 1950-2003	+1°C	Brewer 1958; Romanovsky et al., 2002
Russia	East Siberia (1.6-3.2 m), 1960-1992	+0.03°C/year	Romanovsky et al., 2001
	North of West Siberia (10 m), 1980-1990	+0.3 to +0.7°C	Pavlov, 1994
	European North of Russia, continuous permafrost zone (6 m), 1973-1992	+1.6 to +2.8°C	Pavlov, 1994
	European North of Russia, discontinuous permafrost zone (6 m), 1970-1995	up to +1.2°C	Oberman and Mazhitova, 2001
Canada	Alert (15 m), 1995-2000	+0.15°C/year	Geological Survey of Canada data: Smith et al., 2003
	Northern Mackenzie basin (28 m), 1990-2000	+0.1°C/year	Geological Survey of Canada data: Couture et al. (2003)
	Central Mackenzie basin (15 m), 1985-2000	+0.03°C/year	Geological Survey of Canada data: Couture et al. (2003)
	Northern Quebec (10 m), late 1980s - mid 1990s	-0.1°C/year	Allard et al., 1995
Europe/Norway	Juvvasshøe, southern Norway Janssonhaugen, Svalbard	+0.5 to +1.0°C +1° to +2°C	Isaksen et al., 2001 Isaksen et al., 2000
Asia/China	Qinghai-Tibet Plateau (1970s-90s)	+0.1 to +0.3°C	Huijin et al., 2000
Asia/Kazakstan	Northern Tien Shan (1973-2003)	+0.2° to +0.6°C	Marchenko, 1999 and 2002
Asia/Mongolia	Khentei and Khangai Mountains, Lake Hovsgol (1973-2003)	+0.3° to +0.6°C	Sharkhuu, 2003

تشير البيانات إلى ارتفاع قيم درجات الحرارة في المناطق القطبية والمجاورة لها، بحدود من1 إلى 3 درجة مئوية عن المعدلات العامة للعقود الثلاثة الماضية، وإلى وجود علاقة بين قياسات درجات حرارة الهواء الجوي مع درجات حرارة سطح الأرض. وقد أدى تغير المناخ وارتفاع درجات الحرارة إلى ذوبان بعض هذه الطبقات القريبة من سطح الأرض وتقلص المساحة القطبية الشمالية، وتسببت هذه الحالة في تفاقم الأزمة وزيادة انبعاث مزيداً من الغاز الطبيعي وغاز ثاني أكسيد الكربون المذاب في هذه الطبقات إلى الجو. وقد أكدت هذه الحالة نتائج الاختبارات التي أجريت على عينات من الهواء دلت على زيادة محتوى غاز الميثان في هواء مناطق القطب الشمالي من 8 % إلى 10 %. هذا وتشير العديد من الدراسات الخاصة بمنطقة سيبريا القطبية إلى انبعاث ما يقارب 0.5 مليون طن من غاز الميثان سنويا. وقد جاء في دراسة (Shakhova et al) عام 2008 إلى احتمال تواجد مركبات الكربون على شكل غاز الميثان أو الهيدرات تقدر بنحو 1400 جيجا طن تكمن في الطبقات المتجمدة للمنطقة القطبية في المغمورة، وتنتشر على مساحة تقدر نسبتها بحدود من 5 % إلى 10 % من إجمالي مساحة تلك المناطق.

5-3-2 هيدرات المناطق البحرية (Marine Gas Hyrates)

تتواجد هيدرات الغاز في المناطق البحرية عند الجرف القاري، وقد تم اكتشافها خلال دراسة وتقييم بيانات عمليات المسح الزلزالي، والمعروفة (bottom-simulating reflector) والتي من خلالها تم رسم خرائط كنتورية لأعماق تتراوح من 100 متر إلى 1100 متر تحت قاع البحر[1].

وقد تم اكتشاف الهيدرات البحرية أيضا خلال عمليات حفر الآبار وفحص عينات من اللباب أخذت على عمق 10متر تحت قاع البحر في الطبقات الرسوبية في خليج المكسيك. وفي حوض (Eel River) في كاليفورنيا وفي الجنوب الشرقي من الولايات المتحدة عند شواطئ المحيط الأطلنطي وتم اختبارها ودراسة خواصها. وفي أمريكا الوسطى مثل البيرو، وغواتيمالا، وفي اليابان، وبحر قزوين. والجدير بالذكر أنه يوجد احتمال كبير بتواجد هيدرات الغاز الطبيعي عند الجرف القاري للمملكة المتحدة في منطقة غرب شيتلاند، حيث عمق المياه يزيد عن 1000 متر، وتقارب درجة حرارة في قاع البحر الصفر مئوي.

وقد تم اكتشاف تواجد هذه المركبات أخيرا ولأول مرة في الطبقات الرسوبية الواقعة في أعماق البحر الأسود عام 9752[1].

هذا ويعتمد عمق وسمك طبقات هيدرات الغاز على المتغيرات التالية:

- درجة حرارة قاع البحر.
- الانحدار الجيوحراري ومعامل التوصيل الحراري.
- الضغط أو ما يعادله من عمق المياه.
- مكونات الغاز الطبيعي.
- مقدار ملوحة الماء.

ويبين الجدول 5-3 أهم مصادر هيدرات الغاز البحرية المكتشفة.

1 . Timothy S. Collett & Vello A. Kuuskraa, Hydrates contain vast store of world gas resources-Emerging U.S. Gas Resources-4,Oil & Gas Journal, Vol. 96, issue 19, May 11, 1998.

2 . Richard Szczepanski & Nigel Brown, eta, Reserch provides clues to hydrate formation and drilling-hazard solutions, Oil & Gas Journal, Vol. 96, issue 10, March 09, 1998.

الجدول 5-3 : أهم مصادر هيدرات الغاز البحرية المكتشفة

OFFSHORE GAS-HYDRATE DEPOSITS

Location	Water depth, m	Gas-hydrate layers, m	Depth to BSR, m	Pressure drop required for dissociation, bar	Gas-hydrate temperature, °C.
Nankai-1	945	1,141-1,210	1,210	45	11
Mississippi Canyon	1,330	1,365-1,470	—	115	7
Blake Ridge-1	2,790	2,990-3,220	3,220	200	11
Guatemala-2	1,720	1,870-2,120	—	125	9.5
Mexico-1	1,770	1,950-2,170	2,540	125	7
Mexico-3	1,950	2,050-2,212	2,750	130	7.2
Guatemala-3	2,000	2,450-2,500	2,500	27	18
Black Sea	2,020	2,030-2,040	—	160	4.0
Guatemala-1	2,400	2,750-2,800	—	125	15.6
Bush Hill	2,420	2,440-2,480	—	95	4
Japan Sea	2,600	2,600-2,650	2,650	95	17
Mexico-2	2,900	3,000-3,077	3,700	250	5.2
Costa Rica	3,100	3,400-3,439	—	260	10
Blake Ridge-2	3,500	3,600-3,700	3,700	20	22
Peru-Chile-2	3,900	3,950-4,000	4,300	305	10
Nankai-2	4,700	4,800-4,870	—	415	4
Peru-Chile-1	5,070	5,200-5,260	5,700	430	6.5

Note: BSR—bottom-simulating reflector.

5-4 - احتياطيات هيدرات الغاز

تتضارب البيانات المنشورة عالميا في تقديرات احتياطيات الغاز الطبيعي في مصادر الهيدرات خلال فترة الثلاثين عاماً الماضية، حيث تشير الدراسات والبحوث إلى تواجد مصادر هائلة من هيدرات الغاز والتي تحتوي على احتياطي جيولوجي كبير من الغاز الطبيعي يقدر بحدود من 5.0×10^2 إلى 1.2×10^6 تريليون قدم مكعب (tcf) في مناطق اليابسة. في حين تحتوي المناطق البحرية والمحيطات على مصادر كبيرة للهيدرات. والتي يصعب وضع تقديرات دقيقة لاحتياطياتها، وتقدر بحدود من 1.1×10^5 إلى 2.7×10^8 تريليون قدم مكعب. وتشير التقديرات المعتدلة إلى تواجد تجمعات من هيدرات الغاز الطبيعي عالميا تقدر بحوالي 8×10^5 تريليون قدم مكعب (tcf).

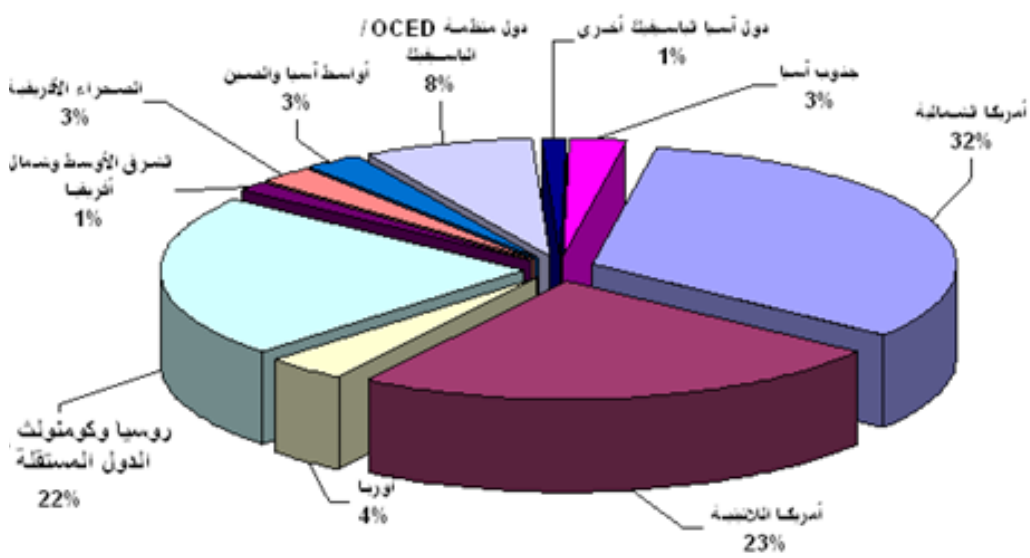
نشر (Rogner) عام 1997 [1]، توزع تقديرات الاحتياطي الجيولوجي لهيدرات الغاز عالمياً، والتي قدرت بما يقارب 800 ألف تريليون قدم مكعب. الجدول 5 - 4 والشكل 5-7 . تقع معظم تلك المصادر في مناطق أمريكا الشمالية، حيث يقدر الاحتياطي الجيولوجي بحوالي 260ألف تريليون قدم مكعب تصل نسبتها 32 % من الإجمالي العالمي، تليها مناطق أمريكا اللاتينية بحوالي 190 ألف تريليون قدم مكعب أي بنسبة 23 %، ثم مناطق روسيا وكومنولث الدول المستقلة 180 ألف تريليون قدم مكعب بنسبة 22 %، ويتوزع الباقي على مختلف مناطق العالم المتبقية.

1 . CEDIGAZ, U–Gas News Report, Unconventional Gas Activities in the World, Vol. 22 – 29, 2009.

الجدول 5-4 : تقديرات (Rogner) للاحتياطي الجيولوجي لغاز هيدرات الغاز عالميا (عام 1997)

المنطقة / تريليون قدم مكعب	هيدرات الميثان
أمريكا الشمالية	260000
أمريكا اللاتينية	190000
أوروبا	30000
روسيا وكومنولث الدول المستقلة	180000
الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	10000
الصحراء الأفريقية	20000
أواسط آسيا والصين	20000
دول منظمة OCED / الباسيفيك	60000
دول آسيا الباسيفيك أخرى	10000
جنوب آسيا	20000
إجمالي العالم	800000

الشكل 5-7 : توزع الاحتياطي الجيولوجي لمصادر هيدرات الغاز عالميا

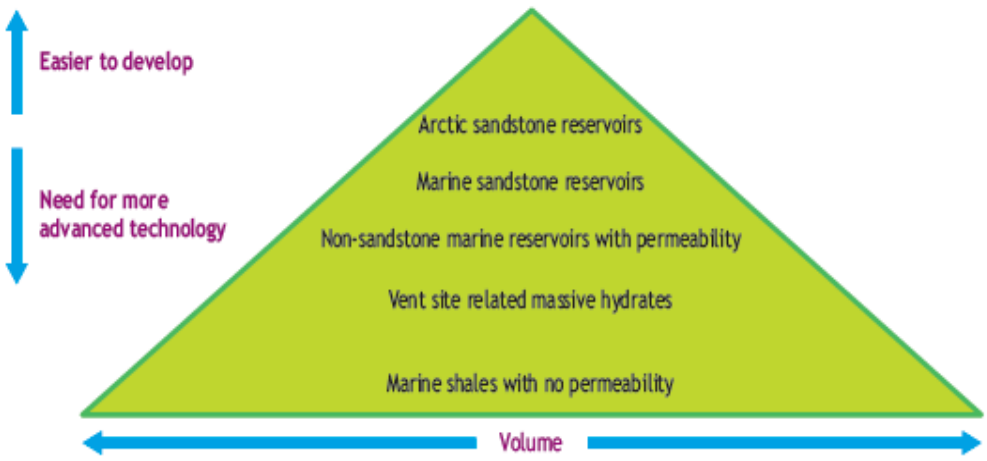


أشارت الدراسات التي أعدها (Milkov،2004)[1]، بأن تقديرات الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي عالميا من مصادر الهيدرات تتراوح ما بين 35،300 إلى 176،570 تريليون قدم مكعب، أو (من 1000 إلى 5000 تريليون متر مكعب)، كما يوضح مثلث المصادر توزع أنواع مصادر الهيدرات المعروفة حالياً،

1 . IEA, World Energy Outlook 2009.

وكذلك الأنواع الجيدة والقابلة للإنتاج ضمن التقنيات المتاحة في الوقت الراهن، حيث تقع عند رأس المثلث، الشكل 5-8. في حين يتطلب تطوير الأنواع الأخرى لمصادر هيدرات الغاز والموضحة في وسط وأسفل مثلث المصادر، مزيدا من التقنيات الجديدة والمتطورة.

الشكل(5-8)
مثلث مصادر هيدرات الغاز



Source: Boswell and Collett (2006).

أشارت بيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية عام 2008، إلى احتواء منطقة شمال آلاسكا على الغاز الطبيعي من مصادر الهيدرات تقدر احتياطياتها بحوالي 85 تريليون قدم مكعب (2.4 تريليون متر مكعب).

في حين قدرت إحدى الدراسات، بأن إجمالي الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي من مصادر هيدرات الغاز في الولايات المتحدة يتراوح من 113000 إلى 676000 تريليون قدم مكعب (tcf)، وعند مستوى احتمال يتراوح من 0.95 إلى 0.05 على التوالي. ويقدر متوسط الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي لهذه المصادر في الولايات المتحدة بحوالي 320 ألف تريليون قدم مكعب. وقد تم وضع هذه التقديرات دون الأخذ بنظر الاعتبار مقدار نسبة استخلاص الغاز الطبيعي من هذه المصادر[1].

كما أشارت إحدى الدراسات عن منطقة (Mackenzie Delta) والمنطقة البحرية (Beaufort Sea) في كندا عام 2008، إلى وجود مصادر هيدرات الغاز، يقدر الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي فيها ما بين 310 تريليون قدم مكعب (8.8 تريليون متر مكعب) إلى 360 تريليون قدم مكعب (10.2 تريليون متر مكعب).

وتجدر الإشارة إلى أن العديد من دول العالم، تشهد نشاطا كبيرا في استكشاف وتطوير مصادر هيدرات الغاز وأن البيانات المذكورة أعلاه حول موضوع الاحتياطيات قد تتغير تغيرا جذريا بناءا على نتائج ذلك النشاط.

1 . Timothy S. Collett & Vello A. Kuuskraa, Hydrates contain vast store of world gas resources-Emerging U.S. Gas Resources-4,Oil & Gas Journal, Vol. 96, issue 19, May 11, 1998.

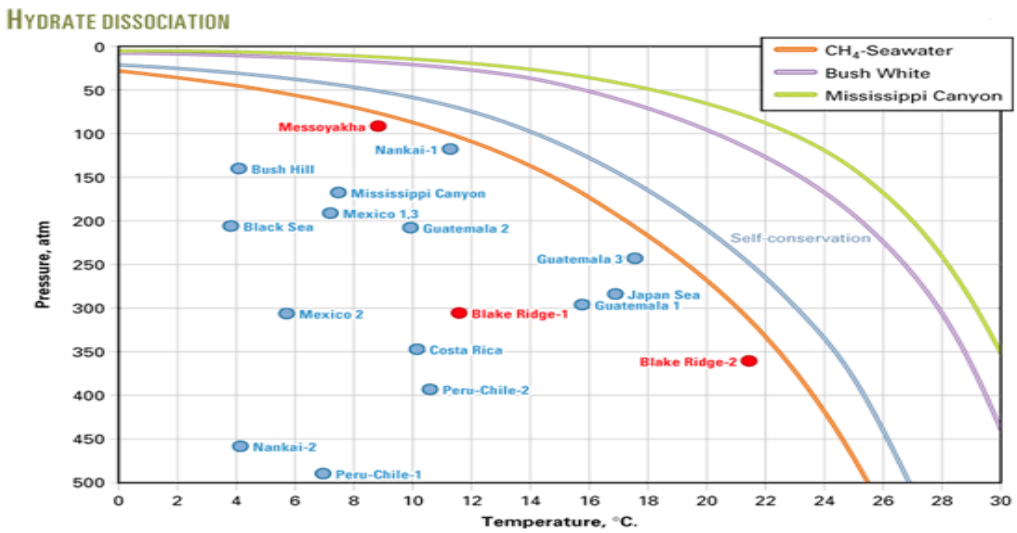
5-5 - طرق إنتاج هيدرات الغاز Hydrates Production

يعتبر تواجد احتياطيات كبيرة من هيدرات الغاز حافزا قويا للعمل على تطويرها وإنتاجها تجارياً بإتباع الطرق الملائمة اقتصاديا. كما يزداد محتوى وحدة حجم هذه المصادر من الغاز الطبيعي مقارنة مع باقي المصادر التقليدية للغاز الطبيعي. حيث تشير الدراسات إلى أن القدم المكعب من الصخور المكمنية لهيدرات الغاز (بمسامية 30 %) وفي مكامن متوسطة الحجم، يحتوي على 50 قدم مكعب من الغاز الطبيعي، وهذه تزيد بعدة مرات عن المخزون الغازي في باقي المصادر.

تواجه عمليات إنتاج مصادر هيدرات الغاز صعوبات جمة، منها انحباس الغاز داخل بلورات الثلج الصلبة. كما يتواجد معظم احتياطياتها في المناطق المتجمدة والقطبية وتحت ظروف قاسية يصعب العمل بها، وتتميز هذه المصادر بانتشارها على مساحات واسعة غير متصلة في أغلب الأحيان، بالإضافة إلى تواجد كميات كبيرة منها في الأعماق السحيقة من المحيطات مما يتطلب معدات وتقنيات خاصة.

والجدير بالذكر، أنه تم اكتشاف مصادر عديدة لهيدرات الغاز في مناطق مختلفة من العالم، وعند ظروف مختلفة من درجات الحرارة والضغط والتي تعتمد على نوعية المكمن وديناميكا الحرارة لمصادر الهيدرات فيه. يبين الشكل 5-9 أنواع مصادر هيدرات الغاز المكتشفة في مختلف مناطق العالم مع درجات الحرارة والضغط، موضح فيه أيضا منحنى توازن الهيدرات.

الشكل 5-9 : منحنيات توازن هيدرات الغاز ومصادره المكتشفة عالمياً



يبين الشكل 5-9 أيضا مواقع كل من هيدرات الغاز في حقل مسوياكا في روسيا وحقل بلاك ريدج في أمريكا، مع مواقع مختلفة أخرى. حيث تمثل كل نقطة موقع توازن الهيدرات والظروف المطلوبة عند إنتاج هذه المصادر. وعلى سبيل المثال يقع حقل مسوياكا في الشكل أعلاه بالقرب من منحنى التوازن، وقد وفر ذلك إمكانية إنتاج الغاز الطبيعي من الهيدرات عند خفض الضغط بمقدار قليل مع زيادة طفيفة في درجات الحرارة. وينطبق هذا الشيء أيضا على نماذج من حقول: (Nankai-1) وبلاك ريدج2-. في حين تقع نماذج لحقول أخرى بعيدا عن منحنى التوازن مثل حقل (Bush Hill) و(Nankai-2). يتطلب خفض

كبير في الضغط ورفع درجات الحرارة، بهدف إنتاج الغاز الطبيعي من الهيدرات في هذه الحقول. كما يعتبر خفض الضغط وحده وبمقادير كبيرة غير عملي لإنتاج الغاز الطبيعي، ويفضل في هذه الحالة عمليا استخدام الطرق الحرارية لرفع درجات حرارة الهيدرات والصخور المحيطة بها لإنتاج الغاز الطبيعي.

ينتج الغاز الطبيعي من مصادر هيدرات الغاز عن طريق تحلل الهيدرات الصلبة وتحرير الغاز الطبيعي المخزن في بلوراتها في أول الأمر والواقع تحت ضغط مرتفع، ثم يتدفق الغاز المتحرر إلى فوهة البئر الإنتاجية نتيجة فرق الضغط بينهما، وتتم عملية تحلل الهيدرات الصلبة وإطلاق الغاز من خلال ما يلي:

1. تخفيض الضغط عند قعر البئر إلى ما دون ضغط توازن الهيدرات لأجل إطلاق الغاز من بلورات الثلج.
2. زيادة درجات الحرارة إلى ما فوق درجة اتزان الهيدرات (درجة التبلور).
3. حقن مانع التجمد مثل الجليكول، أو الميثانول إلى المكامن لتجزئة أو إزالة حالة التبلور.

وقد أشارت نتائج تقييم عمليات إنتاج مصادر هيدرات الغاز في بعض الحقول، إلى عدم وجود طريقة موحدة للإنتاج، حيث تعتمد على طبيعة مكامن مصادر الهيدرات وأماكن تواجدها على اليابسة أو المناطق البحرية، وفيما يلي شرح لأهم طرق الإنتاج:

أولاً- طريقة خفض الضغط

تعتبر من أكثر الطرق الاقتصادية التي يمكن استخدامها عمليا لإنتاج الغاز الطبيعي من الهيدرات التي تقترب من منحنى التوازن، الشكل 5-9 . حيث يخفض ضغط جريان الآبار بمقادير طفيفة لتحرير الغاز الطبيعي المحصور في طبقات الهيدرات، كما جاء في مشروع تطوير حقل مسوياكا (اليابسة) في روسيا.

تتطلب معظم حقول هيدرات الغاز الواقعة في البحار العميقة تخفيض كبير في ضغط جريان الآبار عند إنتاج الغاز منها. وعلى سبيل المثال، يتطلب تخفيض الضغط بمقدار 2350 - 2930 (رطل/ بوصة مربعة) لتحرير الغاز من طبقات مكامن الهيدرات السميكة والتي يبلغ سمكها حوالي 104 متر و179 متر، حيث يبلغ إجمالي العمق تحت مستوى سطح البحر ما يعادل 3112 متر و3037 متر في حقل بلاك ريدج الواقع في سواحل الولايات المتحدة.

يبين الجدول 5-3 نماذج من حقول هيدرات الغاز البحرية في مختلف أنحاء العالم، حيث يبين فيه عمق تواجد مصادر الهيدرات، ومقدار فرق الضغط المطلوب لتحلل الهيدرات وإطلاق الغاز منها، إضافة إلى قيم درجات الحرارة. ويلاحظ ارتفاع فرق الضغط المطلوب لإنتاج الغاز مع زيادة عمق طبقات مكامن الهيدرات. وعلى سبيل المثال، يقع (Peru-Chile-1) في مياه عمقها 5070 متر ويتطلب تخفيض الضغط بمقدار 430 جو (بار) لتحلل الهيدرات وإطلاق الغاز[1] .

ثانيا- طريقة الحقن الكيماوي

تحقن في مكامن هيدرات الغاز بعض المواد الكيماوية مانعة التجمد مثل الميثانول أو الجليكول التي تساعد في تحلل الهيدرات وإطلاق الغاز الطبيعي. وقد حققت هذه الطريقة نجاحا تقنيا في بعض الحقول مثل حقل (مسوياكا) إلا أنها تتطلب كميات غير قليلة من تلك المواد، مما يزيد من إجمالي كلف الإنتاج

1 . Yuri F. Makogon, Stephen A. Holditch, Taras Y. Makogon, Russian field illustrates gas-hydrate production, Oil & Gas Journal, Vol.103, issue 5, Feb.07,2005.

وتصبح عمليات الإنتاج مكلفة وغير اقتصادية. ويتم إتباع أساليب حقن مختلفة لتقنين كميات الحقن والحصول على أفضل مردود اقتصادي.

ثالثاً- الطرق الحرارية

وفيها يتم رفع درجة الحرارة إلى ما فوق درجة التبلور وإنتاج الغاز الطبيعي من مكامن الهيدرات، وقد حققت نتائج جيدة باستخدام طرق حقن الماء الساخن أو حقن بخار الماء. وقد أدى استخدام برامج المحاكاة الخاصة التي تم تطويرها مؤخرا إلى الحصول على أفضل النتائج وتبقى الصعوبة في كيفية الحفاظ على نمط حركة الموائع داخل المكمن.

5-6 - اقتصاديات الإنتاج Production Economics

تشهد تكلفة إنتاج مصادر هيدرات الغاز من الحقول البرية الروسية بطريقة تخفيض الضغط ارتفاعا بنسبة تتراوح من 10 إلى 15 % عن إنتاج المصادر التقليدية للغاز الطبيعي في المنطقة الجغرافية ذاتها، ويعزى ذلك إلى كلف المواد الكيماوية المحقونة في الآبار خلال عمليات الإنتاج. في حين تختلف الحالة عند إنتاج مصادر هيدرات الغاز في المناطق المغمورة، حيث لا تصلح طريقة تخفيض الضغط، بسبب ابتعاد درجة الحرارة والضغط عن تلك المطلوبة لتوازن الهيدرات. وبذلك تبقى الطريقة الحرارية هي الطريقة المناسبة للإنتاج، وتؤدي إلى نتائج جيدة عند استخدامها في طبقات الهيدرات السميكة التي لا تفصلها طبقات صخرية عازلة. حيث تقدر نسبة الاستخلاص المقبولة اقتصاديا بنحو 40 إلى 50 % من الاحتياطي الجيولوجي للغاز الطبيعي لطبقات هيدرات الغاز وعند الظروف المثلى[1].

5-7 - تقنيات الحفر في طبقات هيدرات الغاز Techniques for drilling hydrates

تتطلب عمليات الحفر في تكوينات هيدرات الغاز الطبيعي استخدام تقنيات خاصة إضافة إلى توخي الحذر من مخاطر انفلات الغاز أثناء عملية حفر الآبار، وقد أشارت الدراسات التي نشرت عن النتائج العملية للحفر التي تم التوصل إليها، إلى سرعة اختراق معدات الحفر لهذه الطبقات المتجمدة. وقد تسبب الحرارة المرتفعة والمتولدة نتيجة عمليات الحفر في تحلل الهيدرات واندفاع الغاز عاليا وانخراط أو هروب طين الحفر. وقد تم اقتراح استخدام طين الحفر المبرد وعند سرعة حفر معتدلة وتحت السيطرة أثناء عمليات الحفر مع تبطين منطقة الهيدرات قبل المضي بالحفر عميقا.

يتم تشخيص طبقات الهيدرات من خلال استخدام مجسات (mud-gas logs)، من خلال عمليات الفحص الطبقي (drill-stem tests). وقد تم نشر دراسات عديدة حول هذا المحور لمناطق ألاسكا ومناطق القطب المتجمد الشمالي. لهذا تتطلب حفر تكوينات هيدرات الغاز الإجراءات الوقائية التالية:

1. تحديد سمك طبقة الهيدرات.
2. مراقبة مؤشرات وصول الحفر إلى طبقة الهيدرات.
3. استخدام طين الحفر المبرد عند اقتراب الحفر من طبقة الهيدرات، مع تعديل وزن سائل الحفر وزيادة سرعة تدوير سائل الحفر وعزل الغاز الطبيعي وتقليل سرعة الحفر وأخذ عينات من سائل الحفر باستمرار للتأكد من وجود الهيدرات.

---

1 . Yuri F. Makogon, Stephen A. Holditch, Taras Y. Makogon, Russian field illustrates gas-hydrate production, Oil & Gas Journal, Vol. 103, issue 5, Feb.07,2005.

5-8 - أمثلة عن مشاريع تطوير حقول هيدرات الغاز

5-8-1 - منطقة برادهو - كوباروك Area Prudhoe-Kuparuk

تتواجد هيدرات الميثان عند الآبار الواقعة إلى الشمال الغربي من مقاطعة ايلين في حقل خليج برادهو للنفط في شمال ألاسكا. وقد حددت طبقة تواجدها على عمق يتراوح من 210 إلى 950 متر. أشارت قياسات الضغط ودرجات الحرارة والمسامية ومحتوى الملح ونتائج الاختبار إلى ثبات مركبات الهيدرات عند هذه الظروف والأعماق. تم حفر البئر الأول وإكماله وتثقيبه على عمق يقارب 666 متر تمهيدا لإنتاجه. في حين أشارت عمليات الفحص الطبقي (drillstem) على عمق يتراوح من 663 متر إلى 671 متر، إلى أن الطاقة القصوى لإنتاج البئر تقدر بحوالي 3960 قدم مكعب في اليوم من الغاز الطبيعي، الذي يتألف من 93 % ميثان مع 7 % نيتروجين. هذا وتصل سمك هذه الطبقة الى ما يقارب 1000 متر. كما تشير المعلومات التي توفرت من اختبار 445 بئرا في الساحل الشمالي في ألاسكا إلى تواجد هيدرات الغاز في 50 بئرا منها وفي تكوينات تتألف من طبقات متعددة يتراوح سمكها من 3 متر إلى 31 متر. وقد أشارت بيانات جس الآبار إلى تواجد الهيدرات في ستة طبقات من الصخور الرملية. كما أشارت قياسات جس الآبار المفتوحة (غير المبطنة) إلى اكتشاف كميات من الغاز الطبيعي الحر كامنة عند أسفل انحدار التركيب.

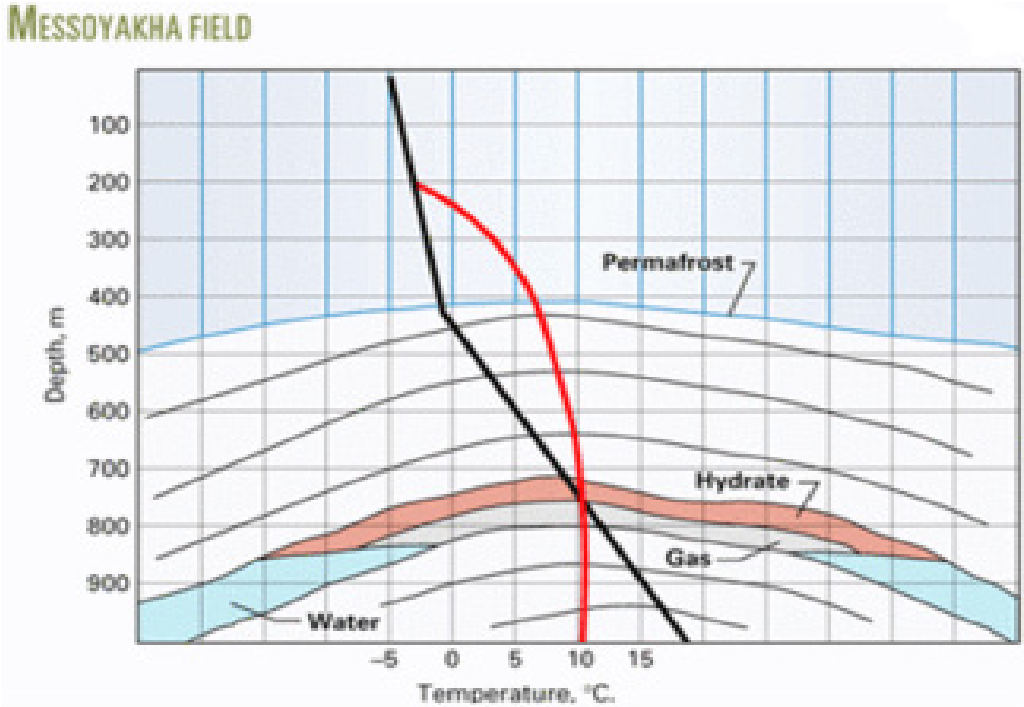
تبلغ تقديرات احتياطيات غاز الهيدرات (عدا الغاز الحر) في حقل خليج برادهو- نهر كاباروك بحدود 37 إلى 44 تريليون قدم مكعب. من الغاز الطبيعي عند الظروف القياسية.

5-8-2 - حقل مسوياكا Messoyakha field

اكتشف الحقل عام 1967 ويقع إلى الشمال الغربي من منطقة شرق سيبريا في روسيا الاتحادية. تم تطوير الحقل وبدأ إنتاجه التجاري عام 1970، بطاقة وصلت إلى 200 مليون قدم مكعب يوميا من الغاز الطبيعي. ويعتبر أول حقل في العالم لإنتاج الغاز الطبيعي من مكامن الهيدرات. ويتم ضخ إنتاج الغاز الطبيعي خلال أنبوب لنقل الغاز بطول 263 كم وقطر 20 بوصة إلى مدينة نورلسك. يعتبر حقل مسوياكا من الحقول متوسطة الحجم في سيبريا، إلا أنه ينفرد في خصائصه الفريدة، حيث يحتوي الحقل على احتياطي من الغاز الطبيعي الحر يقدر بحوالي 848 مليار قدم مكعب إضافة إلى 424 مليار قدم مكعب من الغاز الطبيعي القابل للإنتاج من مكامن الهيدرات.

تتعرض منطقة الحقل إلى تغير كبير في درجات الحرارة خلال العام، حيث تصل إلى أدناها خلال شهر يناير إلى - 55 درجة مئوية تحت الصفر وبمعدل شهري يبلغ - 28 درجة مئوية تحت الصفر. كما تصل الحرارة إلى أقصاها 10 درجة مئوية خلال شهر يوليو، في حين يبلغ المعدل السنوي - 18 درجة مئوية تحت الصفر. تبلغ سمك الطبقة المتجمدة (permafrost) بحدود 420 إلى 480 متر. أدى تتابع تكون الهيدرات وتحلله خلال تغير درجات الحرارة إلى تراجع صلابة الصخور في الطبقات المنتجة، وبالتالي أدت إلى انخفاض فرق ضغط الإنتاج (drawdown) بحدود (29-59) psi. يبين الشكل (5-10) مقطع عام في حقل مسوياكا بناءا على بيانات المسح الزلزالي وإنتاج الآبار.

الشكل 5-10 : مقطع جيولوجي عام لحقل مسوياكا



وتجدر الإشارة إلى أن مساحة الحقل تقدر بحوالي 12.5كم 19x كم، تقع طبقة الغاز عند العمق 730 متر، ويبلغ معدل السمك الصافي للغاز الطبيعي 76 متر. ويقع مستوى تلامس الغاز إلى الماء على عمق حوالي 850 متر، وتتراوح مسامية المكمن من 16 % الى 38 %، أي بمعدل مسامية مقدارها 25 %، كما تبلغ نسبة تشبع الماء من29 % الى 50 %، أي بمعدل 40 % . في حين تتغير النفاذية تغيرا كبيرا من بضع (ملي دارسي) الى1 دارسي، أي بمعدل 125 ملي دارسي. ويحتوي المكمن على مياه قليلة الملوحة لا تزيد نسبتها عن 1.5 %. بلغ مقدار الضغط المكمني الأصلي 1150 رطل/بوصة مربعة. ويتألف الغاز الطبيعي من المكونات التالية: 98.6 % ميثان، 0.1 % ايثان، 0.1 % بروبان، 0.5 % ثاني أكسيد الكربون، 0.7 % نيتروجين.

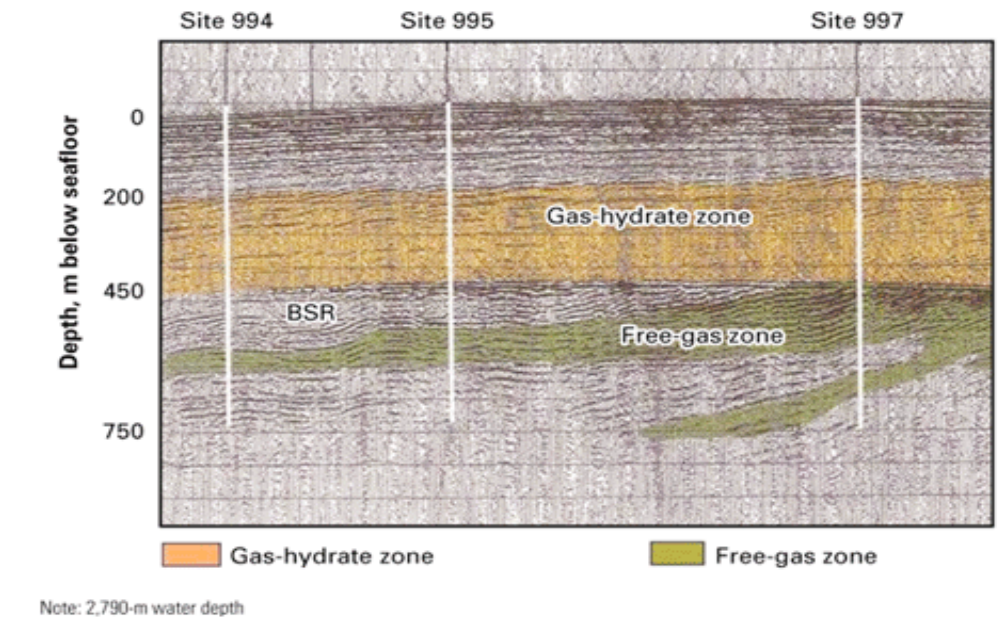
تم إتباع التقنيات الاعتيادية في عمليات إكمال آبار الإنتاج المحفورة، كما تم إضافة أملاح الكالسيوم لسوائل الحفر لمنع تكون الهيدرات خلال عمليات الحفر.

بلغ إجمالي الإنتاج المتراكم للحقل لغاية عام 2004، ما مقداره 430 مليار قدم مكعب منها 230 مليار قدم مكعب من تحلل الهيدرات. وقد تراجع معدل الضغط المكمني من 1150 إلى 880 (رطل/ بوصة مربعة) خلال 33 عاما من الإنتاج، ولا زال مستمرا بإنتاجه ويتوقع أن يصل الضغط المكمني إلى 530 (رطل/ بوصة مربعة) عند تحلل كل هيدرات الغاز. ويتم إنتاج الحقل من 7 آبار إنتاجية إضافة إلى تسعة آبار للمراقبة. ويستخدم حقن الكحول المثيلي خلال عمليات الإنتاج، والذي يضيف تكلفة تتراوح من 15 % إلى 20 % على كلف الإنتاج مقارنة مع إنتاج حقول الغاز التقليدية.

5-8-3 - حقل بلاك ريدج (Blake Ridge) [1]

يقع حقل بلاك ريدج في المغمورة في المحيط الأطلنطي إلى الجنوب الشرقي من الولايات المتحدة الأمريكية. وتشير المعلومات المتراكمة خلال 20 عاماً الماضية إلى مجموعة من الاستنتاجات تؤكد تواجد هيدرات الغاز، وتشمل هذه المعلومات عمليات المسح الزلزالي، والمعلومات المتراكمة من 11 بئرا. يبين الشكل 5-11 نتائج تفاسير وتقييم بيانات المسح الزلزالي لمقطع منطقة الحقل وعلى الأخص العاكس القعري (BSR) Bottom– simulating reflector، والذي يشير بوضوح إلى تواجد تجمعات الهيدرات على عمق يتراوح من 1 كم إلى 4 كم من المياه والتي تغطي مساحة تقدر بحوالي 26000 كم مربع.

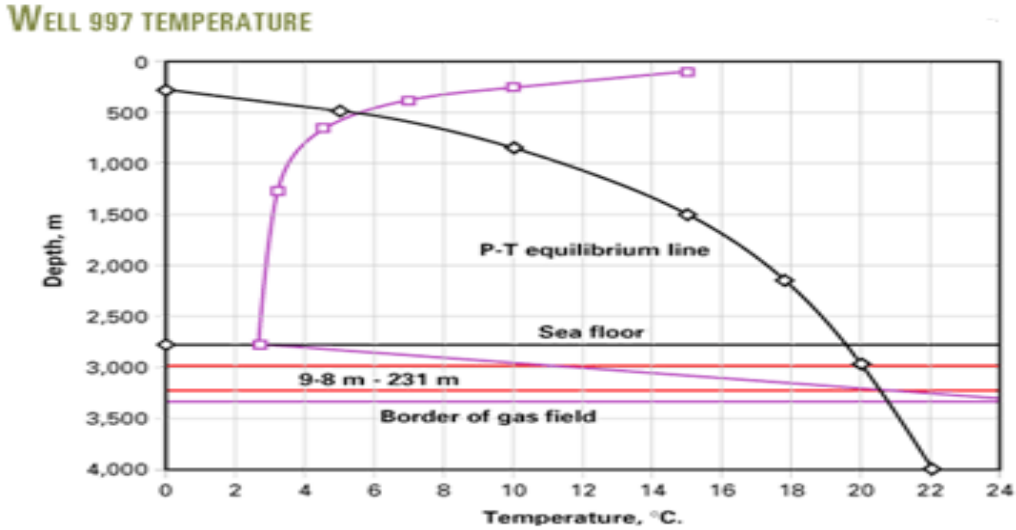
الشكل 5-11 : مقطع للمسح الزلزالي في حقل بلاك ريدج



هذا بالإضافة إلى المعلومات المتراكمة عن عمليات حفر الآبار في المواقع 994، و995، و997، والتي تشير بوضوح إلى تواجد هيدرات الغاز. ويبين الشكل 5-12 قياسات درجات الحرارة للبئر997، والتي تشير إلى تواجد طبقة سميكة تحتوي على الغاز الحر عند العمق 3216 متر، تقع مباشرة تحت العاكس (BSR) إلى الأسفل من طبقة الهيدرات. تبلغ مسامية هذه الطبقة نحو 53 %، مع نسبة تشبع بالغاز تتراوح من 1 % إلى 5 %. هذا ويبلغ مقدار سمك الغاز الحر في هذه الطبقة حوالي 64 متر عند البئر 994، و36 متر عند البئر 995.

1 .H- gas-6.

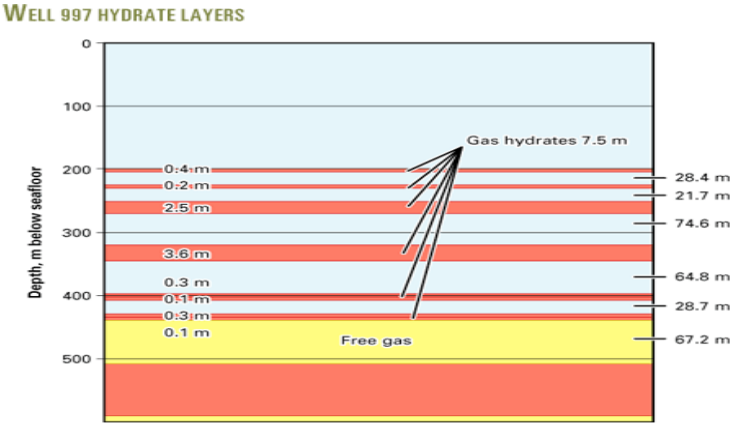
الشكل 5-12: قياسات درجات الحرارة عند البئر 997 في حقل بلاك ريدج



يقدر مقدار مخزون الغاز الطبيعي في هذه الطبقات المختلفة بحدود 0.9 إلى 14.5 مليار قدم مكعب لكل كيلومتر مربع. كما تشير تقديرات أخرى إلى احتواء المنطقة على مخزون غازي يقارب 680 تريليون قدم مكعب من الغاز الحر. ويصل إجمالي تقديرات مخزون الغاز بنوعيه الحر والهيدرات إلى حوالي 2010 تريليون قدم مكعب لحقل بلاك رج.

يتكون التركيب الجيولوجي للحقل، من طبقات رسوبية تبرز منطقة الحقل عن سطح قاع المحيط على انحدار القارة الأمريكية. وتمتد قمة التركيب عموديا على اتجاه الانحدار القاري والي الجنوب الشرقي بمسافة 500 كم، ويحتوي الحقل على مكامن العصر الثلاثي والرباعي. وتحتوي السحنات الجيولوجية على رواسب بحرية طينية غير متجانسة.

الشكل 5-13 : الطبقات المكمنية في حقل بلاك ريدج بئر رقم 997



وتقسم طبقة الهيدرات إلى تسعة وحدات تتراوح سمك الواحدة منها من 0.1 متر إلى 3.6 متر، و7.5متر، عند العمق بحدود 203 – 434 متر تحت مستوى الطبقة الطينية أو 2985 إلى 3216 متر تحت مستوى سطح البحر. ويبين الشكل 5-13 الوحدات المختلفة لطبقة الهيدرات.

وتتواجد الهيدرات بصورة رئيسية في طبقتين ونسبة تشبع تصل إلى 81 % من الهيدرات، يبلغ سمكها 2.5 متر و3.6 متر على عمق 256 متر و330 متر تحت مستوى طبقة الترسبات الطينية، كما يفصل بينهما طبقة قليلة النفاذية مشبعة بالماء يبلغ سمكها حوالي 75 متر. ويصل معدل نسبة تشبع الهيدرات في المقطع العمودي والمحدد من 200 متر تحت قعر المحيط إلى طبقة الغاز الحر، بحوالي 3.9 %. ويتألف غاز الهيدرات من الميثان بنسبة 99.98 % والإيثان 0.02 %.

5-9 - التطورات العالمية لمصادر هيدرات الغاز

ازداد نشاط تطوير مصادر هيدرات الغاز في العديد من دول العالم في الآونة الأخيرة، ومنها روسيا وكندا، وأمريكا، وقد بدأت الهند واليابان وغيرهما، برامج مكثفة للدراسات والبحوث المتعلقة في استكشاف وتطوير هذه المصادر في المناطق البحرية والجرف القاري خلال السنتين الماضيتين.

وفيما يلي استعراضاً لأهم ما تم انجازه:

الهند

وضعت الهند برنامجا طموحا لتطوير وإنتاج الغاز الطبيعي من مصادر هيدرات الغاز، وتبنت منذ عام 1997 سياسة الإعلان عن رخص عمل استكشافية في المناطق البحرية العميقة، يبلغ أكثر من 400 متر، تقع على طول الساحل الشرقي بين مدينة مدراس و كلكاتا. وقد دلت النتائج على تواجد احتياطيات محتملة كبيرة من هيدرات الغاز في الرقع الاستكشافية الواقعة في بحر أندمان بين الهند و مينا مار.

تم التوقيع على اتفاقية تفاهم للعمل المشترك بين علماء من الهيئة الأمريكية للمسح الجيولوجي والإدارة العامة الهندية للهيدروكربونات لدراسة وتطوير مصادرهيدرات الغاز في المناطق البحرية المحيطة بالقارة الهندية. وتشير خلاصة أعمال البحث والتنقيب إلى نتائج باهرة تبين تواجد مصادر كبيرة لهيدرات الغاز في حوض كريشنا كودافاري في المغمورة، وأشارت تقارير البعثة الخاصة للبرنامج الوطني الهندي لتطوير مصادر هيدرات الغاز لعام 2006، بأن الأكبر والأعمق ما تم اكتشافه في المغمورة يقع عند جزيرة اندامان، تغطيها طبقات من الرماد البركاني عند العمق 600 متر تحت قاع البحر. والتي تقدر احتياطياتها بأكثر من 200 تريليون قدم مكعب (TCF). وتولي الهند اهتماما كبيرا لهذه المصادر وقررت المضي في حفر خمس آبار للتقييم والاختبار مستقبلا.

وقد تم اتخاذ الخطوة الأولى لبدء عمليات التطوير الشامل لمصادر هيدرات الغاز في حوض ماهاندي.

وتقرر تنفيذ عمليات استكشافية في عشرة مواقع تقع في أربعة مناطق هي: كيرالا- كونكان الواقعة في المغمورة في بحر العرب إلى الغرب من القارة الهندية، وحوض كرشنا- كودافاري، وحوض ماهنداي الواقعان في خليج البنغال، والمناطق البحرية الغير المكتشفة عند جزيرة اندامان.

وقد تضمن البرنامج الشامل لاكتشاف وتطوير مصادر هيدرات الغاز لعام 2006، تنفيذ أعمال أخذ عينات لباب بحفر 39 حفرة في 21 موقعا، (واحدة في حوض كيرلا- كونكان، و15 نموذج في موقع حوض كرشنا- كودافاري. وأربعة عند حوض ماهاندي، وواحدة في المياه العميقة عند جزيرة اندامان). وقد بلغ إجمالي ما تم حفره 9250 متر في مقاطع الطبقات الرسوبية، وتم الحصول على 494 نموذج من اللباب المضغوط بطول 2850 متر من 21 حفرة. تم إجراء عمليات الجس في 12 حفرة خلال عمليات الحفر في 10 مواقع.

اكتشفت البعثة مصادر لهيدرات الغاز في العديد من التراكيب الجيولوجية المعقدة مدعومة بنتائج قياسات الجس ونتائج اختبارات خواص اللباب.

وتشير توقعات العلماء إلى تواجد حوالي 66،884 تريليون قدم مكعب من مخزون الغاز الطبيعي في مصادر هيدرات الغاز في الهند، مقابل 450 تريليون قدم مكعب من احتياطيات المصادر التقليدية للغاز الطبيعي[1].

ألمانيا

يعكف العلماء على دراسة مصادر هيدرات الغاز في قاع المحيطات كمصدر للطاقة، وقد نشر أخيرا تفاصيل منهاج العمل البحثي والذي يتم تمويله من قبل الحكومة الألمانية. ويتلخص العمل في دراسة سبل استخلاص غاز الميثان من هذه المصادر وإحلال غاز ثاني أكسيد الكربون بديلا عنه ضمن توجهات العالم لمعالجة ظاهرة تغير المناخ. هذا ويقدر العلماء تواجد احتياطيات كبيرة من هيدرات الغاز تفوق جميع احتياطيات العالم من النفط والغاز والفحم المعروفة حاليا[2] .

اليابان

أقرت اليابان تنفيذ برنامج للحفر الاستكشافي والتجريبي عام 2012، بهدف استخراج غاز الميثان من الطبقات الحاوية على هيدرات الغاز في المغمورة واعتماد هذا الغاز كوقود للمستقبل[3].

تترأس الحكومة اليابانية برنامج العمل الذي يتضمن عمليات الحفر والفحص والإنتاج من طبقات الهيدرات في حقل (Nanki) الذي يقع على بعد 30 ميل من شواطئ جزيرة هنشو اليابانية. وتجدر الإشارة أنه تم تمديد العمل ببرنامجها الذي اعتمدته اليابان لمدة 16 عاما ابتداءا من عام 2001، لمدة سنتان لدراسة مدي ملائمة الغاز المستخرج لتحسين الاقتصاد الوطني. أكدت نتائج الدراسات في عام 2007 على تواجد حوالي 40 تريليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي في المغمورة عند شواطئ اليابان. تم إنفاق مبلغ مقداره حوالي 263 مليون دولار خلال السنوات الثمان الماضية لتنفيذ دراسات وأعمال تطوير مصادر هيدرات الميثان.

وفي بداية عام 2009، بدأت اليابان عمليات الحفر البحري في منطقة Tobu Nankai والمحددة بين منطقتي Shizuoka وWakayama على سواحل الباسفيك، وحسب البرنامج المعتمد من قبل وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة لاستكشاف وتطوير مصادر هيدرات الميثان، ويستغرق العمل به من عام 2009 لغاية 2015. كما يهدف البرنامج إلى الحصول على البيانات والمعلومات التي تسهل عملية اختيار التقنيات الملائمة لتطوير وإنتاج هذه المصادر تجارياً[4].

نيوزيلندا

في دراسة بحثية نشرها معهد GNS للبحوث العلمية في نيوزيلندا، بينت التوقعات تواجد احتياطيات لمصادرهيدرات الغاز في الخليج الشرقي للبلاد تصل إلى أكثر من 8 تريليون قدم مكعب (Tcf)، تنتشر على مساحة حوالي50 ألف كم مربع من المغمورة وتمتد من مالبورو إلى كيسبورن. كما تشير الدراسة إلى تواجد هذه المصادر في طبقات يبلغ سمكها حوالي 10 متر وبنسبة تشبع بغاز الميثان تصل إلى 30 %. وقد تم اكتشاف تجمعات من هيدرات الغاز في مناطق متفرقة من المناطق البحرية[5] .

---

1 . Sam Fletcher, US – India study discovers large gas hydrate presence, Oil & Gas Journal, Vol. 106, issue 7, Feb.18, 2008.

2 . CEDIGAZ, U–Gas News Report, Unconventional Gas Activities in the World, Vol. 9 – 13, 2008.

3 .CEDIGAZ, U–Gas News Report, Unconventional Gas Activities in the World, Vol. 9 – 13, 2008.

4 . CEDIGAZ, U–Gas News Report, Unconventional Gas Activities in the World, Vol. 22 – 29, 2009.

5 CEDIGAZ, U–Gas News Report, Unconventional Gas Activities in the World, Vol. 9 – 13, 2008.

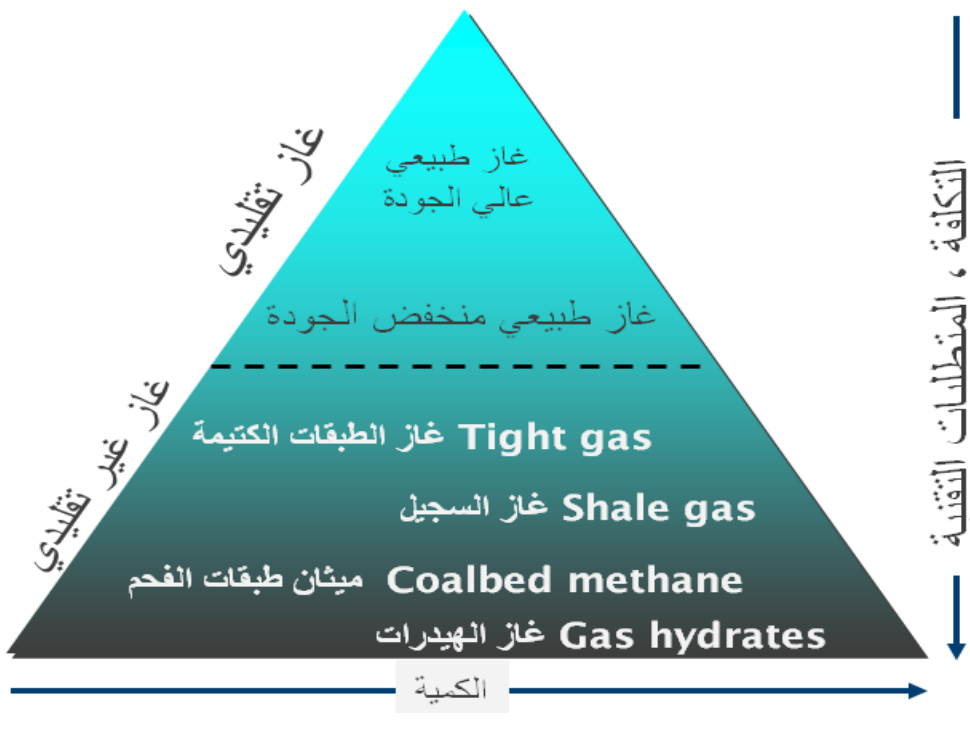
خلاصة الفصل الخامس

- تتواجد هيدرات الغاز في الطبيعة بصيغ مختلفة وبكميات هائلة عند المناطق المتجمدة (Permafrost) في مناطق القطبين وعند ألاسكا وفي سيبريا وشمال روسيا والمعروفة عالمياً (Permafrost Hydrates)، هيدرات المناطق المتجمدة. كما تتواجد أيضا في المناطق البحرية وتحت الطبقات الرسوبية عند قاع المحيطات وعلى حافة القارات، وتدعى هيدرات المناطق البحرية.
- يكتنف الغموض وتتضارب البيانات المنشورة عالميا حول تقديرات احتياطيات الغاز الطبيعي في مصادر الهيدرات خلال فترة الثلاثين عاماً المنصرمة، وتشير التقديرات المعتدلة إلى تواجد تجمعات من هيدرات الغاز الطبيعي عالميا تقدر بحوالي $8x10^5$ تريليون قدم مكعب (tcf). تقع معظم تلك المصادر في مناطق أمريكا الشمالية ، حيث تصل نسبتها 32% من الإجمالي العالمي ، تليها مناطق أمريكا اللاتينية بنسبة 23 % ، ثم مناطق روسيا وكومنولث الدول المستقلة بنسبة 22 %، ويتوزع الباقي على مختلف مناطق العالم المتبقية.
- يتم إنتاج الغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية أي الهيدرات، بتحلل الهيدرات الصلبة وتحرير الغاز الطبيعي الحر في أول الأمر ثم يتدفق الغاز إلى البئر نتيجة فرق الضغط بينهما، وتتم عملية تحلل الهيدرات من خلال ما يلي:
  - تخفيض الضغط عند قعر البئر إلى ضغط أقل من ضغط توازن الهيدرات (درجة التبلور).
  - زيادة درجات الحرارة الى ما فوق درجة اتزان الهيدرات.
  - حقن مانع التجمد مثل الجليكول، أو الميثانول إلى المكامن لتجزئة أو إزالة حالة التبلور.
- تتطلب عمليات الحفر في تكوينات هيدرات الغاز الطبيعي تقنيات خاصة، حيث تخترق معدات الحفر سريعا هذه الطبقات المتجمدة. وقد تسبب الحرارة المرتفعة لمعدات الحفر تحلل الهيدرات واندفاع الغاز عاليا وانخراط وهروب طين الحفر. وقد تم اقتراح استخدام طين الحفر المبرد وعند سرعة حفر معتدلة وتحت السيطرة أثناء عمليات الحفر. كما اقترح تبطين منطقة الهيدرات قبل المضي بالحفر عميقا.
- يمثل مشروع تطوير وإنتاج حقل مسوياكا في روسيا مثالاً عملياً لإنتاج الغاز الطبيعي من مصادر الهيدرات. حيث بلغ متراكم إنتاج الغاز الطبيعي منه ما مقداره 430 مليار قدم مكعب لغاية عام 2004. ولا زال مستمرا على الإنتاج ولكن بمعدلات أقل.

الفصل السادس
العوامل المؤثرة في تحسين اقتصاديات إنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية
Factors Affecting Production Economics of Unconventional Gas Resources

يختلف غاز المصادر غير التقليدية عن الغاز الطبيعي التقليدي من حيث حاجته إلى متطلبات تقنية أكثر تعقيداً، مما يرفع من تكاليف إنتاجه. ويبين الشكل 6-1 مدى ارتباط الزيادة في المتطلبات التقنية وتكاليف الإنتاج كلما انخفضت نوعية الغاز الطبيعي التقليدي. وعلى الرغم من التطورات التقنية الكبيرة التي أمكن إدخالها على عمليات الاستكشاف والحفر والإنتاج، والتي تعتبر من أهم العوامل المساعدة على تحسين اقتصاديات استغلال الغاز من المصادر غير التقليدية، نظراً لدورها في تخفيض تكاليف عمليات الحفر والإنتاج، إلا أن هناك عوامل أخرى هامة لابد من أخذها بعين الاعتبار عند دراسة الجدوى الاقتصادية لإنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية، وفيما يلي شرح موجز لأهم هذه العوامل.

الشكل 6-1: العلاقة بين تكلفة إنتاج الغاز الطبيعي التقليدي وغاز المصادر غير التقليدية



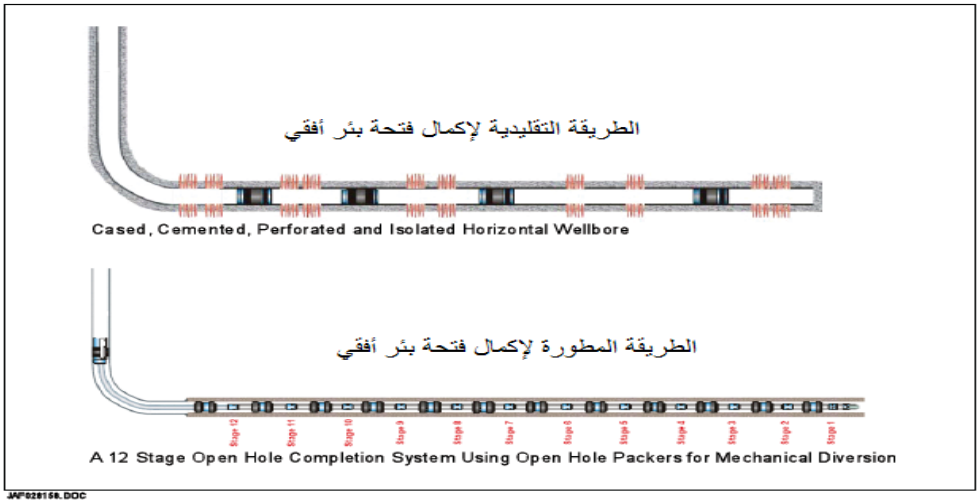
6-1 ارتفاع تكاليف عمليات الاستكشاف والحفر والإنتاج

تأتي مشكلة ارتفاع تكاليف عمليات الاستكشاف والحفر والإنتاج في مقدمة العوامل المؤثرة في تطور استغلال غاز المصادر غير التقليدية. وقد ظهرت في العقود الماضية تطورات هامة في عمليات الاستكشاف الزلزالي الثلاثي الأبعاد(3D Seismic) ، والحفر الأفقي، وتقنيات تنشيط الآبار بطريقة التشقيق، وغيرها. وعلى الرغم من الدور الكبير لهذه التطورات في تحسين الجدوى الاقتصادية لعمليات استكشاف وإنتاج العديد من حقول النفط والغاز في العالم، إلا أن ارتفاع تكاليف معدات الإنتاج نتيجة ارتفاع أسعار المواد الخام وتنامي الطلب على مشاريع الحفر والاستكشاف في مناطق عديدة من العالم ساهم في الحد من الأثر الإيجابي لهذه التطورات[1].

تعود أسباب تعقيد تقنيات إنتاج غاز المصادر غير التقليدية إلى وجوده في طبقات أكثر عمقاً وأقل نفاذية من الطبقات الحاملة للغاز الطبيعي، وقد بذلت جهود كبيرة لإيجاد وتطبيق تقنيات متطورة، ذات كفاءة أعلى من كفاءة التقنيات التقليدية، وذلك لتمكين الآبار المنخفضة النفاذية من إنتاج كميات غاز بمعدلات مجدية اقتصاديا. فعلى سبيل المثال، تمكن الخبراء العاملون في أحواض غاز السجيل في ولاية ميشيغان – الولايات المتحدة الأمريكية، من رفع معدلات الإنتاج من آبار الغاز التقليدية، بعد أن كان إنتاجها منخفضاً لعدة عقود، وذلك من خلال حفر آبار أفقية تساهم في خلق طبقة ذات نفاذية عالية في تشكيلات السجيل العميقة، تسمح بتدفق الغاز إلى الطبقات العليا الحاملة للغاز، إضافة إلى إدخال بعض التعديلات على طريقة إكمال البئر لزيادة عدد الثقوب التي تسمح بتشقيق أكبر للطبقات الحاملة للغاز، ويبين الشكل 6-2 مقارنة بين طريقتي إكمال البئر الأفقي التقليدية والمطورة[2].

ونظراً لنجاح هذه التجربة فقد تم تطويرها لتصبح قابلة للاستخدام في عمليات التحفيز المائي لطبقات إنتاج الغاز من الطبقات الكتيمة غير التقليدية وأعطت نتائج باهرة، ويبين الشكل 6-3 مقارنة بين طريقة التشقيق المائي التقليدية والطريقة المطورة ذات المراحل المتعددة.

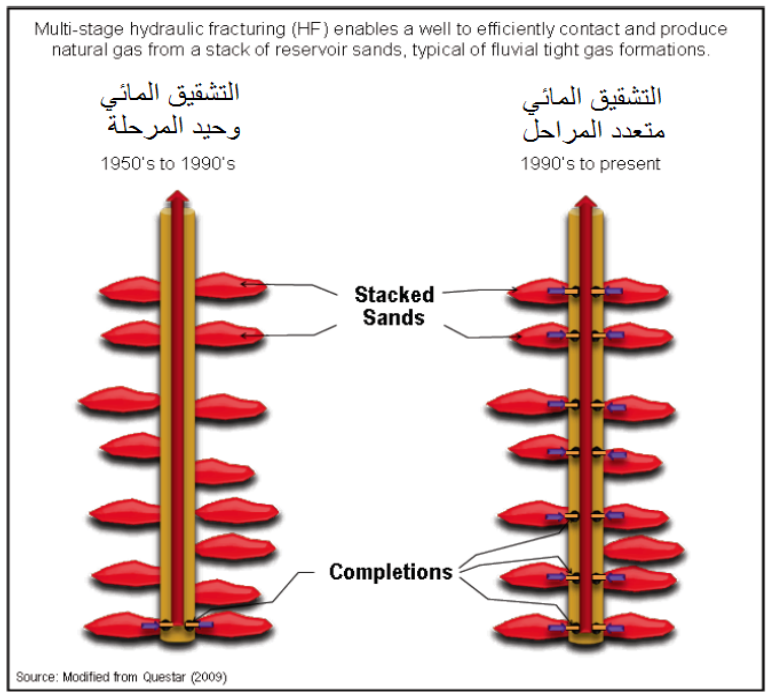
الشكل 6-2 : مقارنة بين طريقتي إكمال البئر الأفقي التقليدية والمطورة



1 Unconventional Gas, Topic paper #29, Working Document of the NPC Global Oil and Gas Industry.

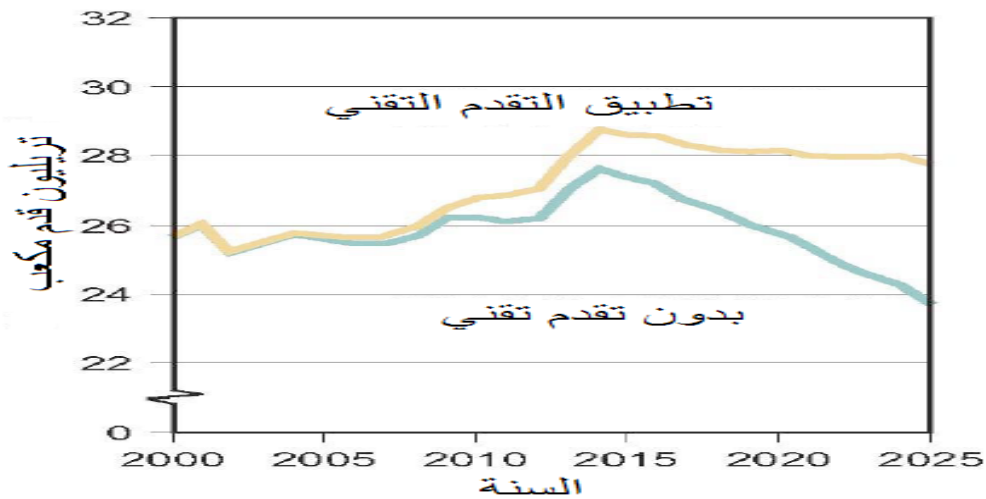
2 Worldwide Gas Shales and Unconventional Gas: A status report, Vello A. Kuuskraa, president, Advanced Resources International, Inc. Arlington, VA USA, Dec. 12, 2009.

الشكل 6-3: مقارنة بين طريقة التشقيق المائي التقليدية والطريقة المطورة متعددة المراحل



في دراسة أجراها مجلس البترول الوطني الأمريكي لبحث تأثير تطبيق التطورات التقنية لعمليات الحفر والإنتاج على تحسين اقتصاديات وزيادة معدلات إنتاج الغاز الطبيعي في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، خلال الفترة من عام 2000 وحتى عام 2025، فقد أظهرت النتائج أن التطور التقني سيساهم في رفع معدل إجمالي إنتاج الغاز من المصادر التقليدية وغير التقليدية في هذه المنطقة بنسبة 14 %، حسب ما هو مبين في الشكل 6-4 [1]

الشكل 6-4 : تأثير التقدم التقني على معدلات إنتاج الغاز الطبيعي في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا (2000-2025)



1 Unconventional Gas, Topic paper #29, Working Document of the NPC Global Oil and Gas Industry.

6-2 دور الأثر البيئي لعمليات الإنتاج

ينتج عن عمليات استثمار الغاز من المصادر غير التقليدية كميات أعلى من الملوثات ناتجة عن تعقيد تقنيات الحفر والإنتاج مقارنة بالتقنيات المطبقة في مكامن الغاز الطبيعي، مما ينشأ عن ذلك العديد من المشكلات البيئية التي تحتاج إلى مراجعة، كالتلوث الناتج عن استعمال كميات كبيرة من المياه في عمليات التشقيق المائي، والضجيج الناشئ عن استخدام عدد أكبر من الضواغط اللازمة لرفع ضغط الغاز المنتج. وتمثل هذه الآثار السلبية عائقاً كبيراً أمام استثمار الغاز من المصادر غير التقليدية. وفيما يلي أهم الآثار السلبية المحتملة على البيئة لعمليات إنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية، والإجراءات التي يمكن اتخاذها لتخفيف الأضرار الناتجة عنها:

6-2-1 تلوث المياه الجوفية

تحتاج عمليات إنتاج غاز المصادر غير التقليدية إلى كميات كبيرة من المياه، وفي بعض الحالات يتولد عن عملية الإنتاج كمية مياه إضافية، خاصة في حالة إنتاج غاز ميثان طبقات الفحم (CBM)، حيث أن طبقات الفحم تحتوي على كميات كبيرة من المياه المجاورة لطبقات الغاز، مما يستوجب سحب هذه المياه قبل البدء بعملية تحرير الغاز. ونظراً لاحتواء هذه المياه على نسبة عالية من الملوثات الضارة بالبيئة فإن التخلص منها بطريقة آمنة أو معالجتها يحتاج إلى عمليات باهظة التكاليف، فضلاً عن المخاطر المحتملة لتلويث طبقات المياه الجوفية العذبة، مما يستوجب اتخاذ إجراءات خاصة لتفادي هذه المشكلة.

6-2-2 التلوث الغازي

ينتج عن عمليات إنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية نسبة عالية من انبعاثات غازات الدفيئة وذلك من مصادر عديدة أهمها:

- **عمليات فصل غاز ثاني أكسيد الكربون**، حيث يحتوي الغاز الناتج من المصادر غير التقليدية على نسبة أعلى من غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، الذي يجري فصله ومن ثم تحريره إلى الجو، وقد تصل نسبة هذا الغاز في طبقات الفحم إلى 8-10 % حجماً.
- **تسرب غاز الميثان** من الأوعية والخطوط أثناء التشغيل العادي لعمليات إنتاج الغاز، وفي أوقات حرق الغاز في الشعلة أثناء الفترة التي تسبق عملية ربط البئر بمعدات الإنتاج.
- **انبعاثات غير مباشرة** لغازات الدفيئة ناتجة عن ارتفاع معدل استهلاك الطاقة في عمليات رفع ضغط الناتج من البئر، حيث أن ضغط الغاز المنتج من آبار المصادر التقليدية أخفض بكثير من ضغط الغاز الطبيعي.

وللحد من الآثار السلبية لارتفاع نسبة انبعاثات غازات الدفيئة من عمليات إنتاج غاز المصادر غير التقليدية لابد من البحث عن طرق لتصريف غاز ثاني أكسيد الكربون، إما من خلال تقنية التقاطه وخزنه في الطبقات الجوفية (Carbon Capture and Sequestration)، أو باستخدامه في تعزيز إنتاج الغاز الطبيعي (Enhance Natural Gas Production).

ومن المشكلات البيئية الأخرى، التي تحتاج إلى عناية واهتمام أثناء عمليات حفر الآبار وعمليات إنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية، احتمال هجرة غاز الميثان إلى الأراضي المجاورة للآبار، وخاصة في حال وجود طبقات صخرية هشة وذات نفاذية عالية قريبة من سطح الأرض.

6-3 تأثير أسعار الغاز الطبيعي في الأسواق العالمية

إن توفر احتياطي كبير من الغاز الطبيعي في العالم يدفع بعض المحللين إلى ترجيح احتمال انخفاض

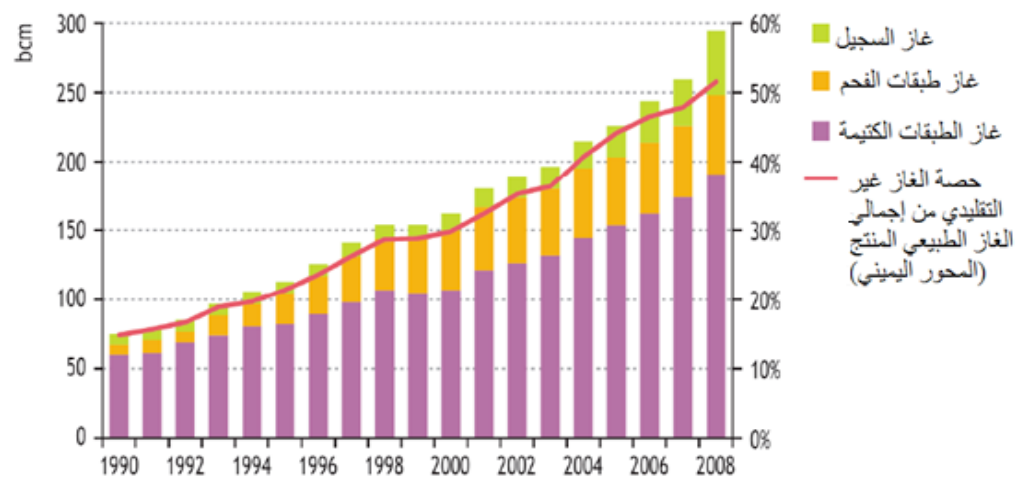
أسعار الغاز وبالتالي تأخير التقدم في استغلال الغاز من الموارد غير التقليدية، إلا أن هناك العديد من الدراسات الإستشرافية التي تشير إلى توقع ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي في الأسواق العالمية في المستقبل القريب، وذلك لأسباب عديدة أهمها:

- تنامي الطلب على الطاقة بكافة أنواعها، وخاصة في الدول النامية، كالصين والهند.
- الرغبة في تنويع مصادر الطاقة لدى العديد من البلدان، وخاصة أن حوالي 76% من إجمالي احتياطي الغاز الطبيعي في العالم يتركز في عشر دول فقط.
- السعي إلى تلبية متطلبات التشريعات البيئية الخاصة بالحد من طرح الملوثات إلى البيئة، وخاصة ما يتعلق بطرح غازات الدفيئة، مما يدفع المستهلكين إلى التحول إلى الغاز الطبيعي باعتباره أحد مصادر الطاقة النظيفة منخفضة الكربون.
- الحاجة إلى تنمية الموارد الذاتية، وإنعاش الاقتصاد، وخلق فرص عمل جديدة من خلال مشاريع استثمار الغاز من المصادر غير التقليدية.

يبين الشكل 6-5 نموذجاً لتطور إنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الفترة (1990-2008)، كما يشير إلى مدى الاهتمام.

إن ارتفاع أسعار مصادر الطاقة الأخرى نتيجة تنامي الطلب يؤدي إلى ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي وبالتالي تصبح تكاليف عمليات إنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية مقبولة. ويمكن تشبيه هذا الوضع بحالة الانتعاش التي طرأت على إنتاج الوقود البديل، عندما ارتفعت أسعار النفط الخام إلى أعلى من 100 دولار للبرميل في عام 2007، إلا أنها تراجعت بشكل كبير بعد انخفاض الأسعار إلى المعدلات التي تجعل تكاليف إنتاج المصادر الأخرى غير مبررة. ويبين الشكل 6-6 تطور أسعار الغاز الطبيعي في الأسواق العالمية، مما يشير إلى أهمية دور ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي في تحسين اقتصاديات غاز المصادر غير التقليدية وتنشيط مشاريع استثماره في المستقبل.

الشكل 6-5 : تطور إنتاج الغاز من المصادر غير التقليدية في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الفترة (1990-2008)



المصدر: إدارة معلومات الطاقة الأمريكية

الشكل 6-6 : تطور أسعار الغاز الطبيعي (1975-2010)

6-4 توفر البنية التحتية لمعدات إنتاج الغاز الطبيعي

عندما تتوفر البنية التحتية لوحدات إنتاج ونقل وتوزيع الغاز في البلدان المنتجة للغاز الطبيعي فإن ذلك يلعب دوراً هاماً في تخفيض تكاليف استثمار غاز المصادر غير التقليدية، وبالتالي تحسين اقتصاديات إنتاجه، إلا أن فرصة الاستفادة من البنى التحتية القائمة يتوقف على مدى توفر الطاقة الإنتاجية الفائضة، بحيث يمكن استيعاب الكمية الإضافية من الغاز المنتج.

مما تقدم نستنتج أن هناك عوامل عديدة تؤثر في تقييم اقتصاديات استثمار الغاز من المصادر غير التقليدية. من هذه العوامل ما يتعلق بالقدرات الخاصة بالبلد الذي يمتلك الاحتياطيات، كتوفر البنية التحتية، وامتلاك تقنيات متطورة لمراحل الإنتاج والاستثمار، والقدرة على تخفيف الآثار الضارة لعمليات الإنتاج على البيئة. وهناك عوامل أخرى مؤثرة ترتبط بتطور أسعار الغاز الطبيعي في الأسواق العالمية، والتي تتحكم فيها عوامل العرض والطلب على مصادر الطاقة الأخرى.

خلاصة الفصل السادس

- ارتبطت اقتصاديات تطوير المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي بمدى التقدم التقني ومقدار معامل الاستخلاص، وارتباطه مع الكلف وتطور الأسعار وعنصر المجازفة.
- هذا وتبقى الجدوى الاقتصادية لتطوير المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي غير مستقرة. على الرغم من التحسن الكبير الذي طرأ على تقنيات حفر الآبار وإكمالها وخفض نفقاتها، والتي تبقى تحت تأثير تغير الأسعار المستمر للخدمات البترولية المطلوبة، وكلف المواد والمعدات والكلف الإدارية.
- تؤدي زيادة أسعار الغاز الطبيعي عادة إلى تحسين اقتصاديات تطوير المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي، وفي المقابل يؤدي ارتفاع كلف حفر الآبار وإكمالها تأثيرا سلبيا على اقتصاديات تلك المشاريع. كما تتأثر اقتصاديات تلك المشاريع ومنها سعر الغاز بميزان العرض والطلب على الغاز المسوق.
- تتلخص العوامل المؤثرة على اقتصاديات مشاريع تطوير المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي فيما يلي:
  - ارتفاع تكاليف عمليات الاستكشاف والحفر والإنتاج.
  - دور الأثر البيئي لعمليات الإنتاج.
  - تأثير أسعار الغاز الطبيعي في الأسواق العالمية.
  - توفر البنية التحتية لمعدات إنتاج الغاز الطبيعي.

الاستنتاجـات والملاحظات الختامية

- تتواجد كميات هائلة من احتياطيات الغاز الطبيعي في مصادره غير التقليدية والتي تفوق كثيراً احتياطيات المصادر التقليدية للغاز الطبيعي المعروفة حالياً. حيث يقدر إجمالي المخزون العالمي من الغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية بحوالي 35.3 ألف تريليون قدم مكعب، إضافة إلى 800 ألف تريليون قدم مكعب لمصادر هيدرات الغاز. وهذه كميات هائلة فحتى في حالة اعتماد نسب استخلاص منخفضة من هذه المصادر، فإنه من المحتمل أن تفوق كمياتها الاحتياطيات المؤكدة لمصادر الغاز الطبيعي التقليدية المعروفة حاليا والتي تقدر بحوالي 6255 تريليون قدم مكعب عام 2008.
- تشمل المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي حسب تواجدها في الطبيعة: غاز طبقات الفحم، وغاز الصخور الكتيمة، وغاز طبقات السجيل، وهيدرات الغاز. ويتوزع إجمالي مخزون الأنواع الثلاثة الأولى إلى: غاز طبقات الفحم بنسبة حوالي 27.8 %، وغاز الصخور الكتيمة بنسبة 22.7 %، وغاز طبقات السجيل 49.5 %. هذا ويقدر معامل استخلاص الغاز الطبيعي من هذه المصادر ما بين 8 % و30 %، في حين يصل معامل استخلاص الغاز الطبيعي من مصادره التقليدية إلى حوالي 80 %.
- يعتبر سعر الغاز الطبيعي المسوق وزيادة الطلب عليه من العوامل الاقتصادية التي تزيد من إمكانية استثمار مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية . كما ساهمت أعمال البحث العلمي والتطوير التقني في عمليات الحفر والتشقيق وطرق الإنتاج المعززة المختلفة في رفع معامل استخلاص الغاز وتحسين اقتصاديات المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعي. هذا ويعتبر سعر الغاز المسوق والبالغ 6 دولار لكل (م.و.ح.ب) المقبول اقتصاديا لتطوير هذه المصادر. في حين تتراوح تقديرات مؤشر تكلفة إنتاج الغاز من هذه المصادر ما بين 2.7 دولار لكل (م.و.ح.ب) و9 دولار لكل (م.و.ح.ب) بأسعار عام 2008.
- شهد إنتاج الغاز الطبيعي من المصادر غير التقليدية تطورات مهمة خلال السنوات الأخيرة وعلى الأخص في الولايات المتحدة، حيث بلغت حصته حوالي 51 % من إجمالي إنتاجها من الغاز الطبيعي في عام 2008. وقد اعتبرت التجارب والخبرات التي اكتسبتها في هذا المجال مثالا عمليا مفيداً لباقي الدول والشركات لتطوير هذه المصادر في باقي مناطق العالم. هذا ويتوقع نمو الطلب العالمي على الغاز الطبيعي من مصادره غير التقليدية بنسبة 10.7 % سنويا.
- يتوقع قيام الدول الصناعية الكبرى والمستهلكة للغاز الطبيعي بتطوير مصادرها من غاز الفحم وهيدرات الغاز وغيرها من المصادر غير التقليدية خلال العقود القادمة، والتي ستؤثر عاجلا أو آجلا على حركة أسواق الغاز العالمية.
- شهدت أسعار الغاز الطبيعي في أسواق الولايات المتحدة، ارتفاعا كبيرا خلال السنوات الماضية وصلت إلى أعلى مستوياتها في منتصف عام 2008، نتيجة ارتفاع الطلب المحلي وزيادة الاستيراد وتراجع إنتاج حقول الغاز القديمة. حيث تم توظيف استثمارات كبيرة في تنفيذ مشاريع تطوير وإنتاج مصادر الغاز الطبيعي غير التقليدية خلال تلك الفترة. وقد أدت إلى ارتفاع إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي وأصبحت من كبرى دول العالم في إنتاج الغاز الطبيعي. أثرت الأزمة الاقتصادية العالمية نهاية عام 2008 وتداعياتها إلى تراجع أسعار الغاز الطبيعي في أسواق الغاز مع تراجع استيرادات الولايات المتحدة من الغاز الطبيعي بفعل زيادة إنتاج مصادرها غير التقليدية للغاز الطبيعي والتي تم تطويرها سابقاً.

- على الصعيد العربي بدأت المملكة العربية السعودية تنفيذ برنامجها في استثمار غاز الصخور الكتيمة، كما أبرزت الجزائر اهتمامها بتطوير هذه المصادر ضمن العقود الجديدة لتطوير مصادرها. وتشير نتائج هذه الدراسة إلى أهمية قيام الدول العربية بمتابعة تطورات هذه التقنيات لتطوير احتياطياتها من الغاز الطبيعي، والسعي على تقصي انعكاساتها على صناعة وتجارة الغاز الطبيعي العربية في الوقت الراهن والتوقعات المستقبلية.

References

1. BP Statistical Review of World Energy, June 2009.
2. B.Gault and G. Stotts, Improve Shale Gas production forecasts, E&P, Fekete Association Inc, March, 2007.
3. Cedigaz, 2008 Natural Gas Year in review, April 30, 2009.
4. Cedigaz, U-Gas News Report, different vols, 2009.
5. Cedigaz, U-Gas…. Different vols., No. 8,10… 2008,2009
6. CEDIGAZ, U–Gas News Report, Unconventional Gas Activities in the World, Vol. 9 – 13, 2008.
7. CEDIGAZ, U–Gas News Report, Unconventional Gas Activities in the World, Vol. 22 – 29, 2009.
8. DOE, Fire in the ice, Methane Hydrate Newsletter, spring, 2009.
9. Energy Business Reports, Unconventional gas Outlook, USA, 2009.
10. Elchin Bagirov & Ian Lerche, Hydrates represent gas source, drilling hazard, Oil & Gas Journal, Vol.95, issue 48, Dec. 01, 1997.
11. Joseph H. Frantz, eta, Operators re-discover shale gas value, Schlumberger, E&P, October, 2005.
12. J. Kelafant, M. Stern, Coal Methane could cut India's energy deficit, Oil & Gas Journal, Vol. 96, issue 21, May 25, 1998.
13. IEA, International Energy Outlook 2008.
14. IEA, Annual Energy Outlook, 2009.
15. IFP, Gas Reserves, Discoveries and Production, Panorama (2006).
16. Glenda Wylie eta, Advances in fracs and fluid improve tight–gas production, OGJ, Vol.105, issue 47, Decm.17, 2007.
17. G.M. Hamada, M. Abu-Shanab, M. Orby, O&G J, Vol.106, issue21, June 02, 2008.
18. G.M. Hamada, M. Abu-Shanab, M. Orby, A.Abdel Wally, O&G J, Vol.103, issue 47, Dec. 19, 2005.
19. G. Warfield Hobbs, Energy Minerals Oil Shale, Coal gas, geothermal trend sized up, Oil & Gas Journal, Vol. 93, issue 37, Sept.11, 1995

20. Keith A. Bullin, Peter E. Krouskop, Compositional variety complicates processing plans for US shale gas, Oil and Gas Journal, Mach 09,2009.

21. Kirk M. Bartko.. eta, Custom high-density fracturing fluid design developed for tight gas wellsin Saudi Arabia, World Oil, Feb.2010.

22. M Ray Thomasson & Fred Meissner, Oil & Gas Journal, Vol. 99, Issue 49, Dec. 03, 2001.

23. Matthew Blauch, Glenda Wylie, eta, Unconventional Gas Technology Conclusion: Life- cycle approach improves coal-bed methane production, Oil & Gas Journal, vol. 106, issue 3, January 21, 2008.

24. Michael Godec, Tyler Van Leeuwen, eta, Economics of Unconventional Gas , Advanced Resources International, Arlington, VA, 2009

25. Michelle Foss, United States Natural Gas Prices to 2015, NG18, Oxford Institute for Energy Studies, Feb.2007.

26. NPC, Working Document of the NPC Global Oil &Gas Study, Unconventional Gas, and Topic paper No.29, USA, July18, 2007.

27. O&G Journal, editors, Shale plays push US gas resource estimate, June 20, 2009.

28. OAPEC, "Hydrocarbon Potential of Deep Formation in the Arabian Countries", Seminar, 10 – 13 Oct. 1994, Cairo.

29. R. Hyden & G. Wylie eta,"Unconventional Gas Technology-2: Custom technology makes shale resources profitable", Oil & Gas Journal, Vol. 105, issue 48, December 24, 2007.

30. Rogner H. An Assessment of World Hydrocarbon Resources, Institute for Integrated Energy System, University of Victoria (1997).

31. Richard Szczepanski & Nigel Brown, eta, Reserch provides clues to hydrate formation and drilling-hazard solutions, Oil & Gas Journal, Vol. 96, issue 10, March 09, 1998.

32. S.Mohr & G. Evans, Special Report: Model proposed for world conventional, unconventional gas, O&G Journal, Vol.105, issue 47, December 17, 2007.

33. Schlumberger, shale gas, Special Report, 2008.

34. S.Mohr, G. Evans, Special report, Model proposed for world conventional, unconventional gas, Oil & Gas Journal, Vol. 105, issue 47, Dec. 17, 2007.

35. Sam Fletcher, US – India study discovers large gas hydrate presence, Oil &

Gas Journal, Vol. 106, issue 7, Feb.18, 2008.

36. Schumberger Oil fields Service at CERA week conference in Feb. 2009.
37. Timothy S. Collett & Vello A. Kuuskraa, Hydrates contain vast store of world gas resources- Emerging U.S. Gas Resources-4, Oil & Gas Journal, Vol. 96, issue 19, May 11, 1998.
38. Timothy S. Colletee, Potential of Gas Hydrates Outlined, Oil & Gas Journal, Vol. 90, issue 25, June 22, 1992.
39. Uchenna Izundu, Gorningen Unconventional Gas Resources key to European supply, O&G Journal, International editor, June22, 2009.
40. Unconventional N-gas Resources .http://www.NaturalGas.org ,
41. U-Gas news Reports, different issues, Vol.232009 ,27-.
42. V.A. Kuuskraa, Natural Gas Resources, Unconventional, Encyclopedia of Energy, Vol.4, 2004.
43. V.A. Kuuskraa, Unconventional Gas-2: Resource Potential estimates likely to change, O&G Journal, Vol.105, issue 35, Sept.17, 2007.
44. V.A.Kuuskraa & Gerg Bank, Gas from tight sands, shales a growing share of US supply, O&GJ, Vol.101,issue 47, Dec.8,2003.
45. V.Kuuskraa, Gerg Bank, eta, Gas from Tight sands, Shales and growing share of US supply, Oil and Gas Journal, Vol. 101,issue 47, Dec.08,2003.
46. W.F.Smith, Foundations of Materials since and Engineering, McGraw-Hill, 2004.
47. Yuri F. Makogon, Stephen A. Holditch, Taras Y. Makogon, Russian field illustrates gas-hydrate production, Oil & Gas Journal, Vol.103, issue 5, Feb.07,2005.

عقدت ندوة أكسفورد الرابعة والثلاثون للطاقة في كلية سانت كاثرين، جامعة أكسفورد خلال الفترة 10-20 سبتمبر 2012، تحت شعار «ديناميكيات سوق الطاقة العالمي».

أشرف على تنظيم الندوة، التي انعقدت تحت رعاية كل من كلية سانت كاثرين، ومنظمة الدول المصدرة للبترول (أوبك)، ومنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)، كل من الأستاذ روبرت مابرو، عميد ندوة أكسفورد للطاقة، والسيد نادر سلطان مدير الندوة.

تهدف الندوة إلى الارتقاء بالقدرات المهنية للمشاركين وزيادة فهمهم للمناخ الذي تتخذ فيه القرارات السياسية والاقتصادية والمستقبلية للطاقة، كما تهدف إلى إتاحة الفرصة لعقد اللقاءات وإجراء الحوارات المباشرة بين المشاركين من الدول المنتجة و المصدرة للبترول من جهة، والدول المستهلكة له من جهة أخرى، وكذلك العاملين بصناعة الطاقة من الشركات العالمية لتبادل الآراء المختلفة، وفتح النقاش حول القضايا ذات العلاقة بشئون الطاقة.

حضر الندوة 62 مشاركاً يمثلون الهيئات والمؤسسات والشركات الوطنية والعالمية ومراكز البحوث، من جنسيات متعددة وبلغ عدد المشاركين من الدول الأعضاء في منظمة أوابك 15 مشاركاً، أي ما يمثل نسبة (24%) من إجمالي المشاركين موزعين على النحو التالي: 5 مشاركين من دولة الكويت، 4 مشاركين من المملكة العربية السعودية، 4 مشاركين من دولة الإمارات العربية المتحدة، ومشارك واحد من كل من الشركة العربية للاستثمارات البترولية (أبيكورب) ومنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك). وقام عدد من المختصين في مجال الصناعة البترولية ومصادر الطاقة الأخرى خلال فعاليات الندوة بتقديم 30 محاضرة، تم التطرق فيها إلى كافة الجوانب المتعلقة بشؤون الطاقة العالمية.

الافتتاح

استهلت فعاليات الندوة بجلسة افتتاحية تحدث فيها السيد نادر سلطان، مدير الندوة، والسيد روبرت مابرو، عميد الندوة، مرحبين بالمشاركين، ومؤكدين على أهمية الندوة كونها تمثل منبراً لتبادل الآراء والأفكار ذات العلاقة بشؤون الطاقة المختلفة، وأهمية إثراءها بالنقاش المفيد البناء.

تحدث السيد نادر السلطان بشكل مختصر عن التطورات السياسية التي شهدتها منطقة الشرق الأوسط والأحداث التي مرت بمنطقة آسيا كتسونامي اليابان وحادثة فوكوشيما وأزمة اليورو في أوروبا، والأحداث في ليبيا والتطورات في الملف النووي الإيراني والتهديد بإغلاق مضيق هرمز، مشيراً إلى أن كل تلك الأحداث تؤثر تأثيراً مباشراً على الصناعة البترولية، كما أشار أنه ولأول مرة يصل متوسط سعر النفط خلال الفترة الأخيرة إلى 100 دولار وذلك بسبب العوامل الجيوسياسية سالفة الذكر.

ثم قدم السيد روبرت مابرو نبذة عن تاريخ هذه الندوة وتطورها بدءاً من انطلاقها عام 1976 وحتى عقد هذه الندوة الرابعة والثلاثين. وبعد ذلك قام السيد نادر سلطان بالتعريف بالمشاركين في الندوة الرابعة والثلاثين، الذين يمثلون دول منتجة للطاقة وأخرى مستهلكة لها وشركات نفطية كبرى ومؤسسات مالية واستثمارية.

الأوراق الفنية

قدمت خلال الندوة 30 محاضرة متنوعة تناولت العديد من المواضيع المتفرقة ذات العلاقة بالصناعة البترولية، وأداء الاقتصاد العالمي، وتطورات أسعار النفط والطلب عليه وإمداداته، والطاقة النووية، وقضايا البيئة وتغير المناخ، وأسواق الغاز الطبيعي، وسياسات منتجي ومستهلكي النفط، والتحديات والصعوبات التي تواجه شركات النفط الوطنية والعالمية، وموضوعات تتعلق بسياسات الطاقة في عدد من المناطق الجغرافية كالصين والهند وإيران والعراق.

وفي ما يلي عرض موجز لمعظم الأوراق المقدمة في الندوة.

الاقتصاد العالمي: إلى أين يتجه الآن؟
The World Economy : where to now?

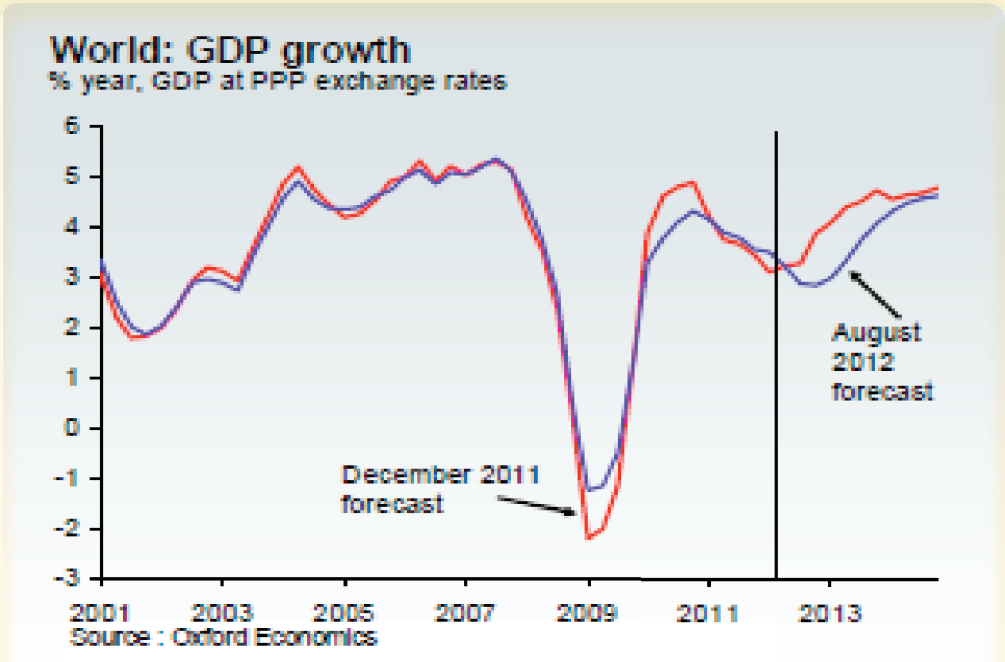
Mr. Christopher Allsopp – السيد/ كريستوفر ألسوب
مدير معهد أكسفورد لدراسات الطاقة

استعرض السيد/ كريستوفر محورين رئيسيين، تعلق أولهما بركود وانتعاش الاقتصاد العالمي، وثانيهما بالنفط وعلاقته بالاقتصاد العالمي، وبعض القضايا على المدى الطويل.

ركود وانتعاش الاقتصاد العالمي

في ظل تفاوت الآراء بشأن تحقيق الانتعاش للدول المتقدمة بمعدلات تتراوح ما بين 4 و4.5 % يلاحظ أن النمو العالمي تقوده الدول الناشئة كالهند والصين بينما التباطؤ فتتسم به اقتصادات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD. كما يلاحظ أيضاً خطر حدوث ركود مزدوج في الولايات المتحدة ودول منطقة اليورو، وتشير العديد من الدراسات إلى تباطؤ قطاع الأعمال في اليابان، كما تظهر الإحصائيات انخفاضا في حجم التجارة العالمية وانخفاض الناتج المحلي الإجمالي بشكل حاد، خاصة في دول أوروبا وآسيا في ظل الأزمة المالية التي عصفت بالاقتصاد العالمي بشكل عام، ليصل إلى مرحلة «الركود العظيم». كما يبين **الشكل التالي** التطور التاريخي لمعدلات النمو الاقتصادي العالمي.

الناتج المحلي لإجمالي العالمي ونسب تغيراته بين عام 2001 وعام 2012



Note: Historical figures vary due to data revisions

كما أشار المحاضر إلى توقعات معهد أكسفورد لدراسات الطاقة حول المخاطر التي يتعرض لها الاقتصاد العالمي في الوقت الحاضر، ففي منطقة اليورو، يلاحظ أزمة الديون السيادية والأزمة المالية. فعلى سبيل المثال، شرع الاقتصاد اليوناني في تنفيذ وصفة خطة البنك المركزي الأوروبي بشأن تشديد شروط الائتمان في ظل الركود العميق واحتمال حدوث تفكك كامل لاقتصاد هذه الدولة وعدد من الاقتصادات الأوروبية الأخرى. أما في منطقة الشرق الأوسط ظل السيناريو المقترح بشأن التطور في الملف النووي الإيراني بالتدخل العسكري من جهة، والمخاوف المتعلقة بانقطاع إمدادات النفط من جهة أخرى، تلقي بظلالها على أسعار النفط التي ظلت متجاوزة سقف 100 دولار خلال الفترة الأخيرة، وعلى أسعار الأسهم التي انخفضت بما نسبته 20 % من جهة أخرى ، الأمر الذي من شأنه أن يدخل المنطقة في حالة من ركود في الاستهلاك والتضخم وارتفاع أسعار الفائدة.

كما يلاحظ تضرر القطاع المصرفي في الصين بصورة كبيرة ، وانخفاض أسعار الأسهم والعقارات ما يؤدي إلى انخفاض في حجم الاستثمارات في الصين.

وقد ركز السيد ألسوب في حديثه عن الجانب السلبي للمخاطر في منطقة اليورو، وعلى رأسها أزمة الديون السيادية خاصة (اليونان)، والأزمة المصرفية كالسيولة و مشاكل القدرة التنافسية على المدى الطويل، والتشديد المالي في الولايات المتحدة (التقشف). وتطرق المتحدث إلى الكيفية التي سيتم بها إصلاح منطقة اليورو في ظل التحركات الأخيرة من قبل البنك المركزي الأوروبي وهي خطوة كبيرة في الاتجاه الصحيح، وكذلك تخفيف السياسة النقدية في الدول الناشئة ودول البريكس. مشيراً أن نسبة الديون الحكومية من الناتج الإجمالي لمنطقة اليورو قد بلغت حوالي 170 %، مقارنة بنسبة 110 % في الولايات المتحدة ، وحوالي 100 % في اليابان.

النفط والاقتصاد العالمي:

تناول المتحدث قضايا الاقتصاد الكلي كارتفاع أسعار النفط في الآونة الأخيرة وأثر ذلك على التضخم والنمو العالمي.

مشيراً إلى أنه في حالة وصول سعر النفط إلى مستوى 150 – 200 دولار للبرميل، فإن ذلك سيشكل خطراً حقيقياً على النمو العالمي، وعلى ارتفاع مستوى الضرائب وعلى استمرار النمو في آسيا وغيرها من الدول كما أنه سيشكل عائقاً أمام الدول لاستبدال النفط بالبدائل الأخرى في وسائل النقل، وكذلك مشاكل هيكلية في جانب العرض، والافتقار إلى الاستثمار والتطورات في الجغرافيا السياسية، والتباطؤ في الاقتصاد العالمي، وتوقع تقلبات في السياسة الاقتصادية وآثارها على المدى الطويل.

كما أوضح بأن التطورات السياسية في دول «الربيع العربي» منذ مطلع عام 2011، والوضع السوري قد انعكس بشكل واضح وجلي على أسواق النفط العالمية.

وخلصت الورقة إلى أن هناك مخاطر كبيرة جداً حالياً خاصة في منطقة اليورو، ومعاناة عدد من الدول الأخرى كالصين والدول الناشئة الأخرى من هبوط في نمو في الناتج المحلي الإجمالي، وارتفاع أسعار النفط بسبب الأحداث السياسية مثل التصعيد ضد إيران، والأزمة المالية في الولايات المتحدة الأمريكية، وارتفاع أسعار السلع الأولية من جهة، والنفط الخام

من جهة أخرى، بشكل مدهش في الآونة الأخيرة ما قد ينجم عنه انخفاض في الطلب، وإتباع سياسات التقشف المالي، وخصوصاً في الدول الناشئة كالهند والصين. كما بين المتحدث أن من أهم الموضوعات على المدى الطويل الفجوة العميقة بين الفهم الواقعي لأسواق النفط والضرورات التي ترسمها أجندة مفاوضات تغير المناخ «UNFCCC"، وحوار المنتجين والمستهلكين ومدى قدرة الدول الصاعدة على مواصلة النمو السريع في ظل ارتفاع أسعار النفط وأسعار مصادر الطاقة الأخرى.

صناعة النفط والغاز: وجهات النظر والتحديات
The Oil and Gas Industry

Mr. Abdullah Jum'ah – السيد/ عبد الله جمعة
الرئيس السابق لشركة أرامكو – المملكة العربية السعودية

تحدث السيد عبد الله جمعة عن شركة أرامكو السعودية والصعوبات التي كانت تواجهها في السابق والمتمثلة في عدم وجود خطط إستراتيجية تتناسب وتواكب التطورات العالمية التي رافقت الصناعة البترولية والتي من أهمها التطورات الجيوسياسية، والأبعاد الجيواستراتيجية حيث تبنى القطاع النفطي في المملكة دوره العالمي في صناعة النفط من حيث حجم الاحتياطيات والإنتاج والصادرات ودوره الحيوي كمورّد عالمي للنفط ومكانة المملكة ودورها في القدرة على زيادة طاقتها الإنتاجية في العديد من الأزمات التي عصفت بأسواق النفط العالمية، وقدرة المملكة على إعادة التوازن والاستقرار للسوق النفطية.

كما سلط السيد جمعة الضوء على أهم عوامل نجاح شركة أرامكو وتبؤها هذه المكانة الدولية من خلال تطبيق الشركة ممارسة الإدارة الفعالة، واستخدام التكنولوجيات المتقدمة، والالتزام التام بقواعد وشروط السلامة والصحة والأمن والبيئة، ومسئولياتها الاجتماعية، وخلق وظائف للمواطنين في إطار استرايتجية (السعودة) من خلال دعم وتنمية الاقتصاد السعودي وبناء القدرات وتأهيل الكوادر السعودية المدربة.

واختتم حديثه بالإشارة إلى أن شركة أرامكو تمر بمرحلة مهمة من التحول الاستراتيجي الأمر الذي مكنها من تبؤ مكانة عالمية عالية وبروزها كعملاق من عمالقة الصناعة البترولية

التحديات التي تواجه مجال الهندسة والمشتريات والإنشاء
Challenges Facing the EPC Industry

السيد/ تييري بيلنكو – Mr. Thierry Pilenko
الرئيس – شركة تكنيب – فرنسا

بدأ المحاضر بتقديم نبذة عن شركة (Technip) الإنشائية ونشاطاتها التقنية والهندسية وإدارة مشاريع الطاقة في المناطق المغمورة وعلى اليابسة، والقوة العاملة لديها التي تجاوزت 31 ألف موظف موزعين على 48 دولة، وإسطولها البحري الذي يضم 34 ناقلة منها 5 تحت الإنشاء. مشيراً إلى أن إيرادات الشركة عام 2011 قد بلغت 6،8 مليار دولار، وأضاف أنه هناك ثلاثة تحديات رئيسية تواجه صناعتهم الإنشائية :

- معايير الجودة والصحة والسلامة والبيئة.
- ازدياد ضخامة المشاريع وتعقيدها وإدارة المخاطر مثل الحفر في المياه العميقة والمشاريع العملاقة للغاز الطبيعي المسال وبناء الناقلات الضخمة.
- الموارد البشرية وتشجيع العمالة وتعزيز نقل المهارات.

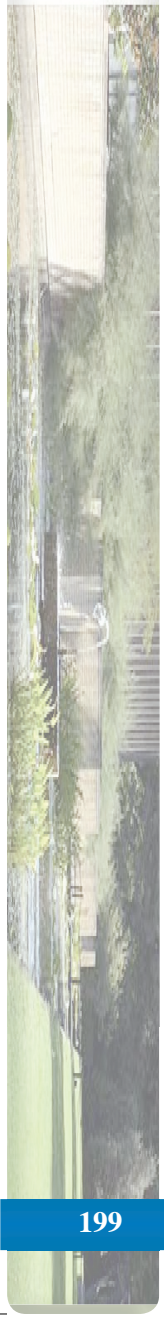
وأشار المحاضر أن شركة Technip حققت انجازات كبيرة وأن لها مستقبل مشرق، في ظل بقاء معايير الصحة والسلامة والبيئة على قمة أولويات الشركة الإستراتيجية.

تحديات الطاقة في العراق
Iraq's Energy Challenges

السيد/ ثامر الغضبان – Mr. Thamir Ghadhban
رئيس لجنة المستشارين لرئيس مجلس الوزراء – العراق

تطرق السيد ثامر الغضبان إلى الوضع الراهن لصناعة النفط والغاز بدولة العراق والدور المتنامي لتلك الصناعة والتحديات الرئيسية التي تواجهها وكذلك المتطلبات الاستثمارية للمرحلة القادمة، مشيراً للوضع الذي كان عليه القطاع خلال الفترة الزمنية السابقة وكيف أصبح الآن؟

وأفاد المتحدث بأن القطاع النفطي يلعب دوراً بارزاً ومؤثراً في عملية التنمية الاقتصادية وتعتمد ميزانية الحكومة وبشكل كبير على العائدات النفطية والتي تشكل ما نسبته 97% من مجموع الإيرادات الحكومية، حيث يمتلك البلد احتياطات نفطية مؤكدة تبلغ 112 مليار برميل مما يجعله ثاني أكبر احتياطي نفطي في العالم بعد المملكة العربية السعودية ما يمثل 11% من الاحتياطي النفطي العالمي. كما أن الاحتياطي المحتمل أكثر بكثير من الاحتياطي المؤكد لأنه لم يتم إجراء مسحاً جيولوجياً للحقول النفطية في العراق للوقوف على حجم تلك الاحتياطيات.



وأشار المتحدث بأن صناعة النفط والغاز بدولة العراق تواجه بعض التحديات والعقبات الصعبة المتمثلة في بناء القدرات في قطاع المنبع (Upstream)، ونقص في مصدر الغاز الطبيعي ومشكلة حرق الغاز المصاحب، والبطء الملحوظ في توسيع صناعة التكرير مما أدى إلى ارتفاع تكلفة المشتقات النفطية. فهذه المشاكل وغيرها التي تواجه قطاع الطاقة كان لها التأثير الواضح على المجتمع العراقي واقتصاده وأضاف أنه هناك حاجة ماسة إلى التنويع الاقتصادي، والحاجة إلى الإصلاح في القوانين والتشريعات والإجراءات التنظيمية. علاوة إلى التدمير الذي لحق بمنشآته والبنى التحتية خلال السنوات الماضية التي مر بها العراق.

وأشار أيضاً أنه يجب أن يكون هناك متابعة ما بين حجم إنتاج النفط والقدرة التصديرية، وقال أن صناعة الغاز لا تزال متخلفة عن صناعة النفط على الرغم من إعطاء هذه الصناعة مزيداً من الاهتمام مؤخراً لتلبية الطلب المحلي المتنامي وإمكانية العراق من تصدير الغاز والمنتجات في المستقبل، وتوسيع صناعة التكرير وتحفيز مشاركة القطاع الخاص في قطاع الطاقة، الذي يحتاج إلى تحسينات كبيرة وأمور تنظيمية متعددة.

وأشار إلى أنه عند تقييم قطاع الطاقة الإنتاجية في العراق سيحتاج الأمر إلى بناء تدريجي للهياكل النفطية كما أشارت إلى ذلك شركات النفط العالمية، وإلى تعبئة الموارد والقوى العاملة وتهيئة ظروف العمل الملائمة لها آخذين بعين الاعتبار الأوضاع الأمنية والاجتماعية والسياسية التي لها دور في التأثير على بناء والحفاظ على الطاقة الإنتاجية. وقال أنه من المتوقع أن تصل الطاقة الإنتاجية إلى 8 مليون ب/ي خلال 6 إلى 7 سنوات قادمة ، وإن من التحديات الرئيسية التي تواجه قطاع المنبع (Upstream) التنقيب والإنتاج، القيام بعمليات الحفر والتنقيب والخدمات المختلفة لحقول النفط ، وكذلك الحاجة إلى مرافق جديدة للحقول القديمة وذلك لغرض زيادة الطاقة الإنتاجية وكذلك الحاجة إلى نظام إحلال متكامل ومرن لتلبية احتياجات التصدير والاستهلاك المحلي والحاجة ملحة إلى توفير معدات لنظام حقن المياه لتصل إلى أعماق أكثر في البئر. وهناك حاجة إلى تطوير الأعمال اللوجستية، وكذلك موضوعات الأمن وإزالة الألغام والحاجة إلى التخطيط الشامل وحصول الموافقات على الخطط في الوقت المناسب من أجل إبرام العقود.

أما فيما يتعلق بصناعة الغاز الطبيعي ، فإن هناك بعض التحديات التي تواجه هذه الصناعة المتمثلة في الحد من التقليل من حرق الغاز المصاحب، وكذلك بناء مرافق إضافية لمعالجة الغاز، ومد شبكة لأنابيب الغاز لمقابلة الطلب المتزايد على الغاز سواء لتوليد الطاقة الكهربائية أو لاستخدامات صناعة البتروكيماويات أو في صناعة الأسمدة وزيادة الطلب على الغاز الحر، والتخطيط لفائض التصدير من الغاز المتوقع في المستقبل والاستثمار المطلوب لهذه الصناعة الواعدة.

كما أشار السيد الغضبان إلى التحديات التي تواجه صناعة التكرير، وعلى رأسها تطوير المصافي القديمة التي تتطلب صيانة مستمرة، فتلك المصافي توظف تكنولوجيا قديمة وتنتج نوعية متدنية من المنتجات النفطية التي تؤدي إلى تلوث البيئة، وكذلك الحاجة إلى توسيع طاقة تكرير لتلبية الطلب المتزايد على المنتجات.

كما أن هناك حاجة ملحة إلى ضخ مزيد من الاستثمارات، والتحدي الآخر هو عدم قدرة

الحكومة على جذب المستثمرين وكذلك إزالة الدعم تدريجياً للمنتجات البترولية.

وفيما يخص توليد الطاقة الكهربائية فهناك فجوة كبيرة بين الطلب والعرض مما يؤدي إلى انقطاع التيار الكهربائي عن المواطنين وأن هناك خسائر كبيرة أثناء عملية التوزيع الكهربائي والتزود بالنوعية الرديئة لمزيج الوقود المستخدم، واختتم قوله بالإشارة إلى أهمية التخلص التدريجي من المنشآت القديمة وإعطاء دور للقطاع الخاص في هذا القطاع الحيوي والمهم للمجتمع العراقي.

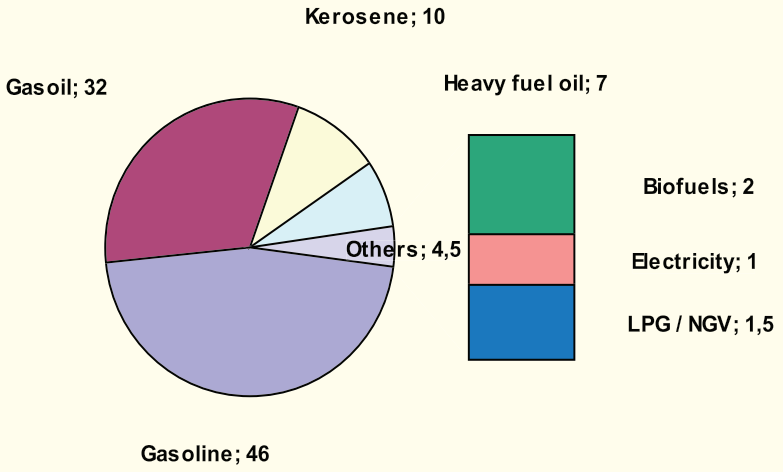
اتجاهات تقنيات النقل وتأثيرها على استهلاك النفط

Transport technology trends and their impact on oil consumption

Mr. Oliver Appert – السيد / أوليفيي أبير

الرئيس، معهد البترول الفرنسي – فرنسا

استهل المحاضر حديثه بالتطرق إلى كفاءة استخدام الوقود في قطاع النقل وانعكاساته على الطلب العالمي على النفط، مشيراً إلى محددات الطلب على النفط في قطاع النقل فالاتجاهات منذ عام 1980 وحتى عام 2012 تشير إلى أن حصة الطلب على النفط في قطاع النقل ارتفعت من 33 % إلى 42 % ، وأن وقود الطائرات ارتفع من 6 إلى 7 % خلال ذات الفترة، وارتفع الطلب على الديزل بنسبة 3.3 %، وعلى الغازولين بنسبة 1.2 %، وعلى الكيروسين بنسبة 1.6 % حيث بلغ استهلاك قطاع النقل خلال عام 2010 حوالي 36 مليون ب/ي علاوة على 6.5 مليون ب/ي للنقل الجوي. كما يوضح **الشكل التالي**:



وتعود تلك الزيادة بالأساس إلى الزيادة السكانية وارتفاع الدخل، وفي المقابل كان لظهور بدائل للوقود وسن بعض التشريعات الجديدة وفرض الضرائب على الاستهلاك والتقنيات الجديدة في صناعة السيارات دوراً في تراجع الطلب على النفط.

كما تطرق السيد ابير إلى التحديات التقنية التي كان لها الأثر في الاستهلاك، والقضية البيئية كارتفاع انبعاث غاز CO_2 حيث أنه من المتوقع أن يرتفع بمقدار 33 % حتى عام 2035 نتيجة للطلب المتنامي على النفط، وكذلك نظرية المعيار الاقتصادي للوقود المستخدم (انبعاث CO_2 مقابل كل كيلو متر تقطعه المركبة).

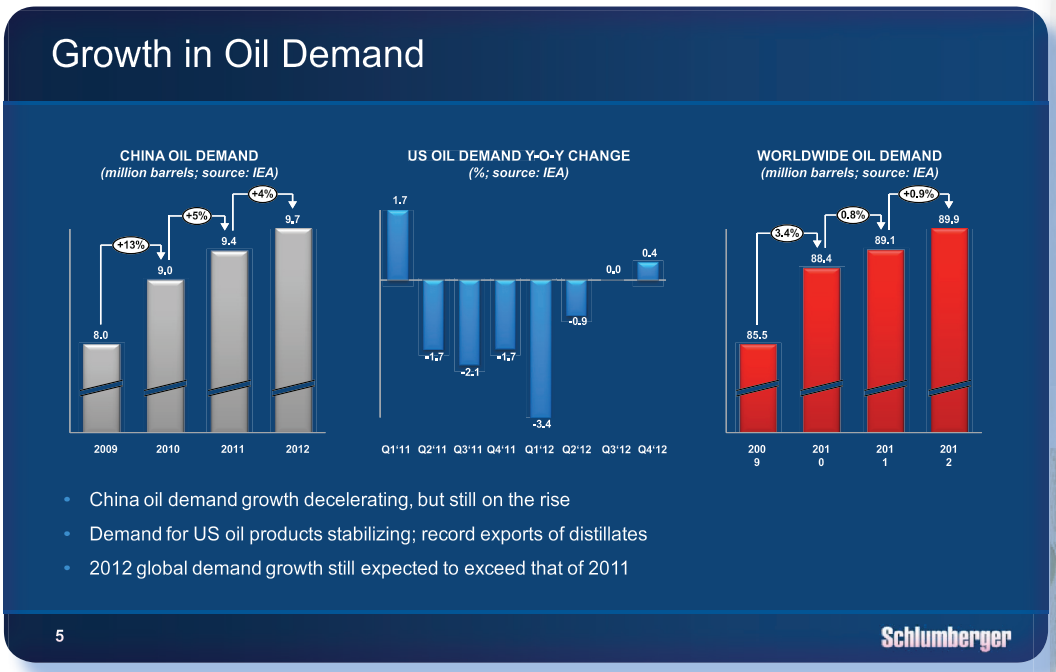
كما استعرض عدة مقترحات بشأن بدائل محركات الاحتراق الداخلي للمركبات مثل المحركات الهيدروجينية، والمحركات الكهربائية، والمحركات العاملة على خلايا الوقود، أو المركبات الهجينة علماً بأن التكلفة المتعلقة بتلك المركبات تعتبر عالية. كما أكد المحاضر على أن بدائل الوقود سيكون له تأثير مباشر، ففيما يتعلق بمبيعات السيارات الهجينة سوف ترتفع مبيعاتها من 20 % إلى 70 % خلال الفترة (2020-2030) ، بينما السيارات الكهربائية سترتفع مبيعاتها من 5 إلى 10 % خلال نفس الفترة.

التكنولوجيا لأجل بيئة متغيرة
Technology for a changing Environment

السيد/ ساتيش باي – Mr. Satish Pai
نائب الرئيس التنفيذي – شركة شلمبرجي - فرنسا

استهل المحاضر حديثه بإعطاء لمحة عن عدد من مؤشرات السوق الرئيسية كتقلبات أسعار النفط خلال عامي 2011 و 2012 وفق منظور وكالة الطاقة الدولية، وتطور إنتاج الدول من خارج أوبك، والطلب العالمي على النفط وامداداته، مشيراً إلى أن العرض النفطي في الوقت الحاضر يفوق الطلب عليه بما يقارب من 2 مليون ب/ي خلال الربع الثاني من 2012. فالطلب على النفط العالمي خلال عام 2009 كان في حدود 85.5 مليون ب/ي ليرتفع في عام 2011 ويصل إلى 89.1 مليون ب/ي ومن المتوقع أن يتجاوز الطلب لعام 2012 مستوى 89.9 مليون ب/ي، ويلاحظ تباطئ نمو الطلب على النفط في الصين ، على الرغم من المستوى المرتفع له، ففي عام 2011 بلغ الطلب على النفط في الصين 9.4 مليون ب/ي و9.7 مليون ب/ي في عام 2012. كما هو موضح في **الشكل في الصفحة التالية.**

وفي أسواق الغاز الطبيعي يلاحظ زيادة الطلب على الغاز في الصين حيث بلغ خلال الأشهر الأربع الأولى من عام 2012 حوالي 15.7 مليار متر مكعب / اليوم ، مقارنة بحوالي 13.6 مليار قدم مكعب/اليوم خلال نفس الفترة من عام 2011، بينما تقوم اليابان باستيراد الغاز الطبيعي المسال لتوليد الطاقة، فخلال الخمسة أشهر الأولى من عام 2012 بلغت وارداتها حوالي 8،1 مليار قدم مكعب / اليوم مقارنة بنحو 6.2 مليار قدم مكعب / اليوم خلال ذات الفترة من عام 2011، ويرى المتحدث أن توسيع سوق الغاز الطبيعي المسال على المدى الطويل هو أمر إيجابي.



كما تطرق المحاضر إلى التطور العلمي والتكنولوجي الذي يلعب دوراً مهماً في الحفاظ على إمدادات طويلة الأجل، وزيادة الإنتاج، وتحقيق الانتعاش الاقتصادي، وتخفيض التكاليف وتخفيف حدة المخاطر. كما أشار المحاضر إلى عدد من التقنيات المتطورة في مجالات الحفر، والمسوحات الزلزالية، والأنماط الجديدة المستخدمة في الحفر والاستكشاف، وتحسين توصيف المكامن، وطرق أخذ العينات من التربة، والهياكل المعقدة ونمذجة النظام والتنبؤ، وختم حديثه بالإشارة إلى أن زيادة الإنتاج لتلبية احتياجات السوق المتنامية لا يزال يشكل تحدياً كبيراً يتطلب استثمارات ضخمة وموارد بشرية مؤهلة ومدربة تدريباً راقياً.

الغاز الطبيعي والغاز الطبيعي المسال في قطر

Natural Gas and LNG in Qatar

السيد/ ناصر جيدة

مدير مشاريع النفط والغاز – قطر للبترول

تركز حديث السيد جيدة حول ثلاثة مواضيع رئيسية وهي مكانة قطر في سوق الغاز العالمي، وإستراتيجية الاستثمار في إنتاج الغاز الطبيعي، والانجازات والتحديات المتعلقة بالتصدير.

بدأ السيد جيده حديثه قائلاً بأن دولة قطر تحتل المرتبة الثالثة كأكبر دولة من حيث احتياطياتها من الغاز في العالم بعد روسيا وإيران حيث تقدر احتياطياتها المؤكدة بما يزيد عن 25 تريليون متر مكعب عام 2012. وتحدث عن إستراتيجية الاستثمار في إنتاج الغاز الطبيعي المسال و نقله بواسطة الناقلات العملاقة، و إستراتيجية الاستثمار

على امتداد سلسلة الإمدادات من رأس البئر وحتى المستهلك النهائي، بما في ذلك بناء محطات للغاز الطبيعي المسال، وخطوط أنابيب لنقل الغاز، وبناء محطات كبيرة لمشاريع غازية ، كالمحطة الموجودة في المملكة المتحدة و أخرى في إيطاليا و ثالثة في الولايات المتحدة الأمريكية، بالإضافة إلى الحصول على سعات تخزينية في محطة للغاز الطبيعي المسال في بلجيكا. ثم عرج بالحديث عن المزايا التي تتمتع بها صناعة الغاز في قطر، حيث تتميز تلك الصناعة بدعم قوي من الحكومة والموقع الجغرافي الاستراتيجي المميز من حيث القرب النسبي لأسواق الغاز الرئيسية كما تتميز باستقرار النظام السياسي في البلاد وسرعة اتخاذ القرار، والانفتاح على الاستثمار الأجنبي.

كما تحدث عن الأسواق الرئيسية لصادرات الغاز الطبيعي المسال وهما السوق الأوروبي والسوق الآسيوي حيث تواجد أكثر الدول المستهلكة الكبيرة لاسيما اليابان وكوريا الجنوبية والصين والهند وتايوان. مضيفاً أنه يتم التركيز حالياً على أسواق أمريكا الجنوبية مثل البرازيل والأرجنتين.

و أشار المتحدث إلى تحديات المدى المتوسط والطويل التي تواجه صناعة الغاز في قطر كآثار الأزمة العالمية المالية الراهنة، وتأثيراتها على أسعار الغاز وكذلك تنافسية مصادر الطاقة الأخرى كالغاز غير التقليدي وتكنولوجيات الفحم النظيفة التي تؤجج من المنافسة في سوق الغاز العالمي.

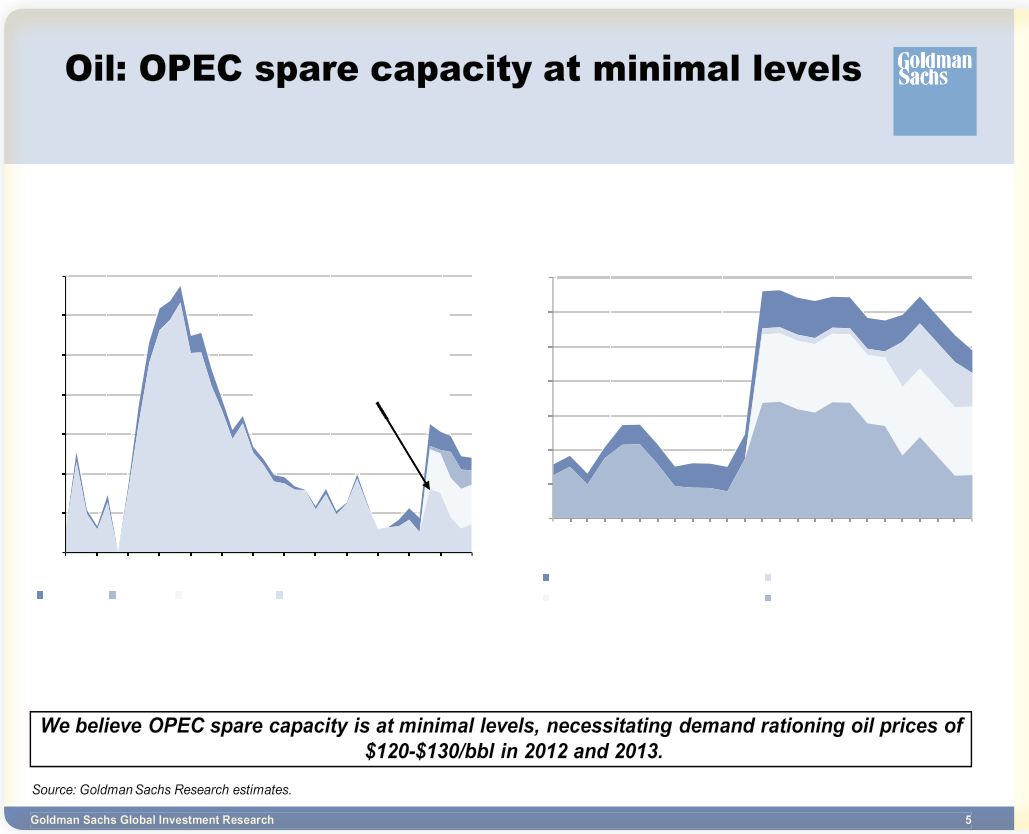
كما تطرق المحاضر إلى المشاريع الإقليمية والدولية للغاز الطبيعي القطري كمشروع دولفين للإمارات العربية المتحدة و سلطنة عمان منذ افتتاحه عام 2007 وهو أول خط أنابيب للتصدير في منطقة الخليج يضخ ما يقارب 20 مليار متر مكعب حالياً موزعة كالتالي: 7 مليار متر مكعب لأبوظبي ، 8 مليار متر مكعب لدبي ، 3 مليار متر مكعب لرأس الخيمة، و 2 مليار متر مكعب لعُمان. وكانت هناك مشروعات مقترحة لربط قطر والبحرين والكويت من خلال خطوط أنابيب، فضلاً عن المشاريع المقترحة لربط شبه الجزيرة إما بتركيا وبأوروبا و باكستان والهند.

و فيما يتعلق بصناعة تحويل الغاز إلى سوائل بترولية فقد أشار السيد جيده بأن الهدف منها هو تنويع محفظة إيرادات الغاز والتخفيف من المخاطر والسماح للبلاد لتسييل جزء من احتياطيات الغاز الضخمة وتصدير المنتجات السائلة من دون قيود الحصص المعتادة المعمول بها في منظمة أوبك. ومن ضمن التوجهات الإستراتيجية للقطاع النفطي القطري بناء خمسة مرافق إنتاج بطاقة إجمالية تقدر بـ 765 ألف ب/ي بحلول عام 2012 لتصبح بذلك أول دولة يتم فيها تحويل الغاز إلى سوائل في العالم. ولكن التكاليف الآخذة في الارتفاع بشكل كبير أدت إلى وقف تطوير حقل الشمال فضلاً عن تأخير عدد من المشاريع أو إلغائها جميعاً مما أدى إلى خفض الإنتاج المستهدف من تحويل الغاز إلى سوائل بترولية GTL)) وقد حققت قطر هدفها لتحويل الغاز إلى سوائل الذي تم التوصل إليه مؤخراً وهو 174 ألف ب/ي من خلال مرفقين للمشروع المشترك وهي محطة المها 34 ألف ب/ي مع شركة B/D ماسول في جنوب إفريقيا، و مشروع اللؤلؤة (تم تطويره بالاشتراك مع شركة شل) وهو الآن يعتبر أكبر مصنع لتحويل الغاز إلى سوائل بطاقة 140 ألف ب/ي.

الصورة من منظور وول ستريت
The View from Wall Street

Mr. Arjun Murti - السيد/ أرجون مورتي
المدير العام، شركة جولدمان، ساكس وشركاؤهم. الولايات المتحدة الأمريكية

استعرضت الورقة الخصائص الرئيسية لقطاع الطاقة العالمي والمتمثلة في التباطؤ النسبي في الطلب على النفط وارتفاع أسعاره ، فنمو الإمدادات النفطية سواء من دول أوبك أو من خارجها قد تحسن نسبياً مقارنة بالعقد الماضي، ومع ذلك ما زال يتوقع أن ينمو بمعدل 1 مليون ب/ي سنوياً وسيقابله ازدياد في الطلب على النفط بمقدار 1.5 إلى 2 مليون ب/ي مقابل نمو الناتج المحلي الإجمالي بما نسبته 3.5 % إلى 4 %. إن نمو الطلب بمعدل أسرع من نمو الإمدادات سيؤدي إلى بقاء أسعار النفط مرتفعة ومتقلبة إلى أن يتم الوصول إلى مستوى مناسب على المدى الطويل. كما أشار المتحدث إلى اعتقاده بأن الطاقة الإنتاجية الاحتياطية لدول أوبك في الوقت الحاضر عند مستوياتها الدنيا، وسترتفع إذا تم إعادة إنتاج النفط الليبي إلى سابق عهده وإمكانية ارتفاع الطاقة الإنتاجية في السعودية إلى أكثر من 10 مليون ب/ي، وفيما يتعلق بأسعار النفط فيتوقع المتحدث أن تصل إلى حدود 120 دولار للبرميل إلى 130 دولار للبرميل لعامي 2012 و 2013 على التوالي.



ويرى المحاضر أن النمو في الناتج المحلي الإجمالي العالمي بحاجة إلى تحقيق معدلات تتراوح ما بين 3.0 % إلى 3.5 % من أجل تحقيق استقرار في أسواق النفط لعام 2012، كما تطرق المتحدث إلى بعض الحلول التي قد تساعد في استقرار الأسواق العالمية من ضمنها رفع كفاءة محركات السيارات المستخدمة، وتوليد الكهرباء باستخدام الغاز الطبيعي المسال والغاز الطبيعي والطاقة النووية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ومن وجهة نظره أن عودة الطاقات المتجددة ستحسن من استقرار أسواق الطاقة العالمية بشكل عام.

أمريكا الشمالية كشرق أوسط جديد
ثورة النفط غير التقليدي وفي المياه العميقة

North America the New Middle East
The Revolution in Unconventional Oil and Deepwater

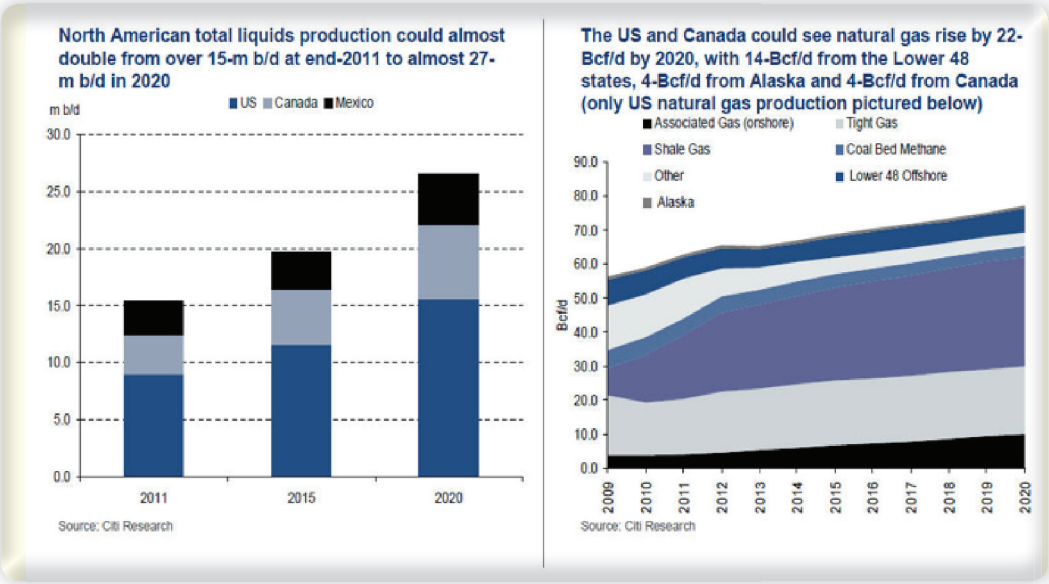
Dr. Edward Morse – د. إدوارد موريس

رئيس أبحاث السلع العالمية ، سيتي غروب، نيويورك

تحدث الدكتور موريس عن وضع الطاقة في أمريكا الشمالية والشرق الأوسط الجديد من خلال نمو العرض نتيجة لعدد من العوامل والتي من أهمها النمو الحاصل في الصخر الزيتي وموارد الغاز والرمال النفطية بحلول عام 2020، و هيكلة الوقود السائل وكفاءة الوقود والتحولات في تكنولوجيا النقل، وكذلك بروز دور الولايات المتحدة كأكبر مصدّر للمنتجات البترولية المكررة في العالم، ووفرة الغاز الطبيعي، والتطور الملحوظ في الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، والسيارات التي تعمل بالغاز الطبيعي والغاز المسال. كما شهدت أمريكا الشمالية نمواً سريعاً في صناعة النفط والغاز، ومن المرجح أن تظل كذلك حتى نهاية 2020 مع وجود عدد من العقبات الرئيسية من أهمها التحديات السياسية، وهو ما يبينه **الشكل التالي في الصفحة المقابلة.**

كما يلاحظ أن التكلفة الحدية لإنتاج النفط الصخري في المياه العميقة تقدر بنحو 50 – 80 دولار للبرميل الواحد ، وسوف يظل السعر في حدود 70 دولار للبرميل لثلاثة مصادر رئيسية لنمو العرض في المياه العميقة والصخر الزيتي ورمال القار على المدى الطويل، وتبقى أسعار النفط في حدود 95-72 دولار للبرميل الواحد مع وجود التحديات وبعض الأمور السلبية، و قد تصل التكلفة إلى 50-60 دولار في بعض الأحيان. كما أشار الباحث إلى أن هناك عدة مرجعيات تشير إلى ارتفاع الأسعار في المدى الطويل نتيجة اقتصاديات المشروعات الهامشية، وتكاليف الملكية، والنفقات الرأسمالية على تصاعد إنتاج النفط والغاز في أمريكا الشمالية، وانخفاض استهلاك النفط الأمريكي في الشمال.

كما تطرق المتحدث إلى السيناريو الأسوء المقترح والذي يفترض حدوث ركود عالمي يضرب



الاقتصاد العالمي وبالتالي سينعكس على نمو الطلب على النفط وعلى نمو المعروض من نفوط دول الشرق الأوسط (العراق والسعودية) وكذلك على نمو المعروض من خارج دول الأوبك. و تطرق المحاضر أيضاً إلى سيناريوهات الغاز الطبيعي في ظل النمو المضطرد منذ عام 2011 وحتى عام 2020 مما له الأثر على تغيرات الطلب والأسعار في المستقبل.

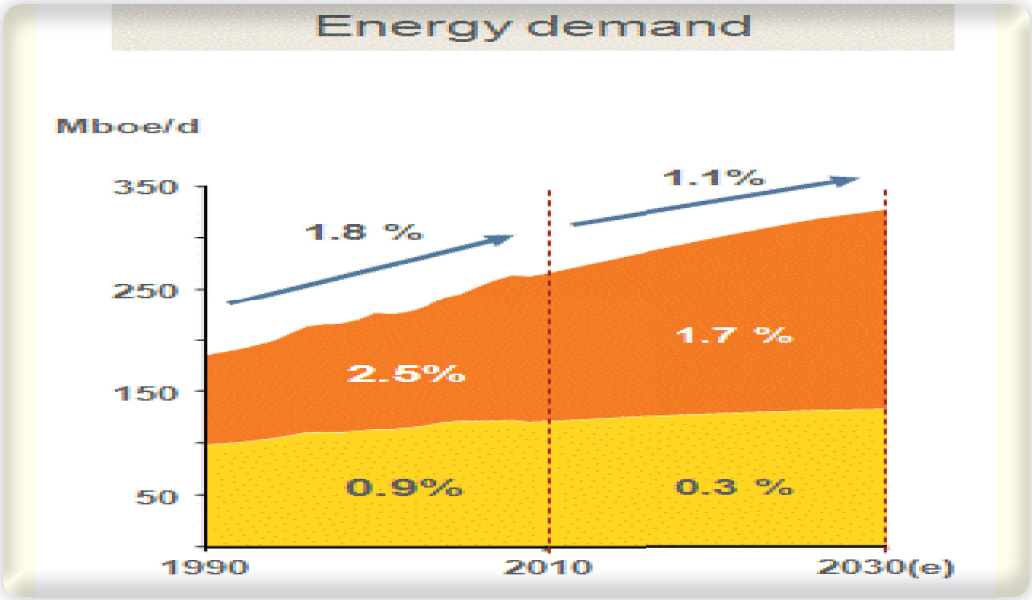
واختتم محاضرته مشيراً إلى أن وفرة النفط والغاز تلوح في الأفق وتحتاج إلى بذل مزيد من الجهد فيما يخص البنية التحتية، كمشاريع الحفر والاستكشاف في مناطق مختلفة تكون بعيدة عن مناطق الإنتاج التقليدية الأمر الذي يستدعي المزيد من البناء في القدرات. كما أن جزء كبير من النمو السريع في إنتاج النفط يعتمد على قطاع النقل بواسطة السكك الحديدية لشحن الخام حيث أنه لا يمكن بناء خطوط أنابيب في تلك المناطق البعيدة، وستكون الحاجة ملحة إلى توفير تقنية أكثر تطوراً من أجل خفض التكاليف المرتفعة، ومرافق معالجة خاصة عند النظر إلى تكاليف نقل خطوط أنابيب الغاز الطبيعي.

تحديات الطاقة العالمية من منظور توتال
Global Energy Challenges : Total›s Perspective

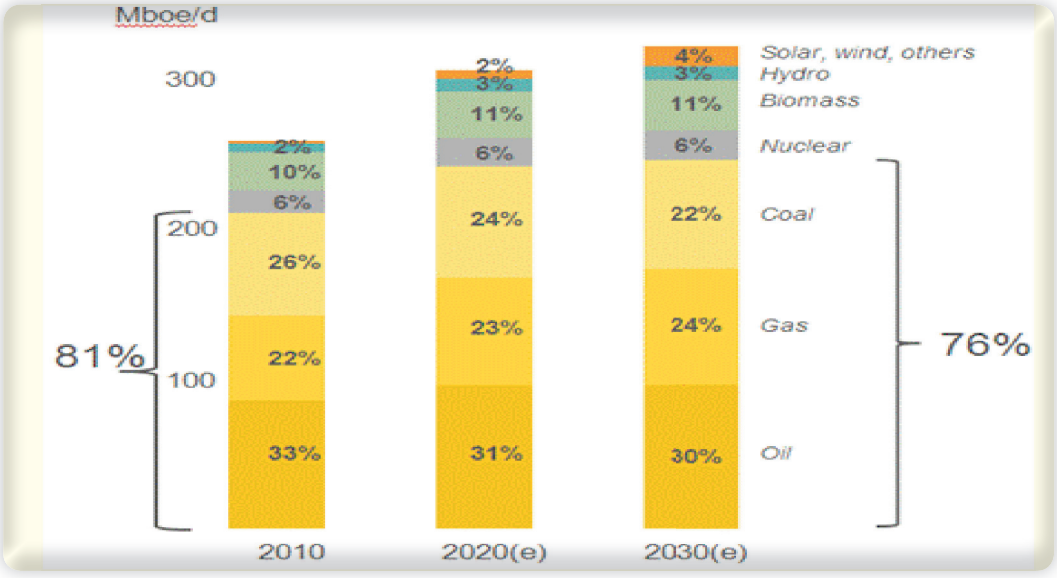
Mr. Christophe de margerie – السيد/ كريستوف دو مارجري
رئيس مجلس الإدارة - توتال - فرنسا

استعرض المحاضر السيد دو مارجري رؤية توتال بشأن توقعات مشهد الطاقة العالمي حيث أن الطلب العالمي على الطاقة سينمو بمعدل 1.1 % سنوياً وبزيادة 25 % مقارنة بالعقدين الماضيين. وستأتي الزيادة من دول الاقتصادات الناشئة خاصة في قطاعي النقل والطاقة، داعياً إلى أنه هناك حاجة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة. وفيما يتعلق بمزيج الطاقة، فإن توتال

ترى بأن الطاقة الأحفورية ستظل تلعب دوراً مهماً حيث ستمثل 76% من إمدادات الطاقة حتى عام 2030، فـالغاز الطبيعي سيصبح ثاني أكبر مصدر للطاقة في منافسة مع الفحم، كما أنه هناك نمو قوي، وإن كان بحصة محدودة، في الطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية والوقود الحيوي، وستظل حصة الطاقة النووية مستقرة، مشيراً إلى أن هناك وفرة من المعروض العالمي من النفط على الرغم من وجود التوترات في بعض دول العالم.



أما فيما يتعلق بمصادر الطاقة المتجددة فإن تنويع مزيج الطاقة أمر لا مفر منه ولكن هذا سيستغرق بعض الوقت بسبب الأزمة الحالية وفي ظل التباطؤ والحوافز التكنولوجية التي يتعين التغلب عليها ومسائل تتعلق بالتكاليف والأسعار النسبية مقارنة مع الطاقات الأخرى، مشيراً إلى ان التحضير للجيل الثاني من الوقود الحيوي سيستغرق وقتاً طويلاً.

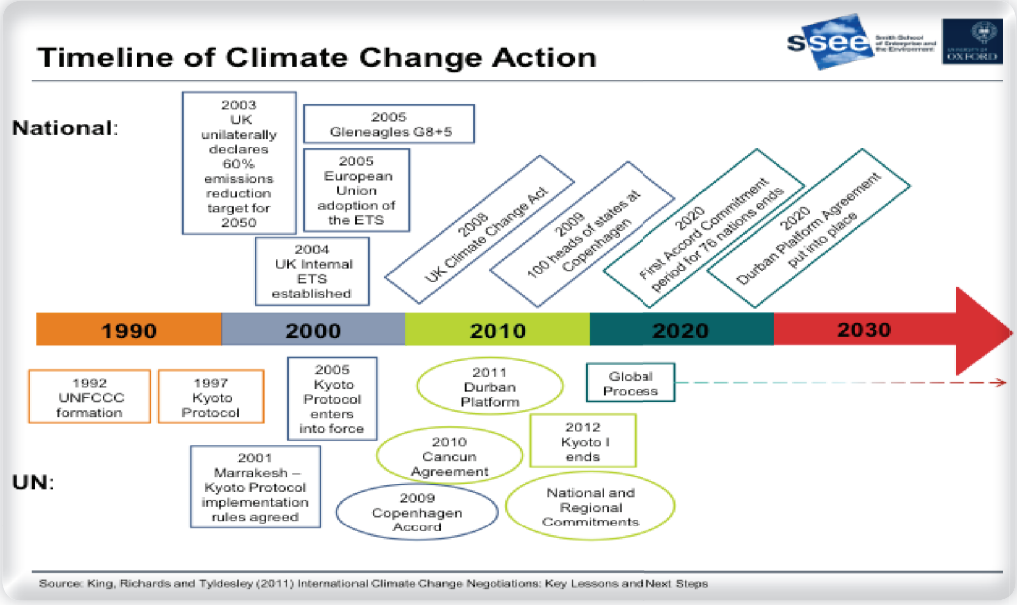


أجندة تغير المناخ: ماذا بعد؟
The Climate change Agenda: What Next?

Prof. Sir David King – البروفيسور/ سير ديفيد كينغ
المدير، كلية سميث للمشاريع والبيئة، جامعة أكسفورد، المملكة المتحدة

بدأ البروفيسور كينغ حديثه عن ظاهرة الاحتباس الحراري وتركيزات غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو فكلما ازدادت كمية الغازات المنبعثة ازدادت كمية الحرارة المحتبسة مما سيؤدي إلى الارتفاع النسبي في درجة الحرارة. مشيراً إلى أن سجل تطورات درجات الحرارة للكرة الأرضية منذ القدم وحتى عصرنا الحاضر، شهد ارتفاع في درجات الحرارة بمقدار يتراوح ما بين 0.4- 0.8 درجة مئوية مقارنة بمستويات القرن الماضي، ومن المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة ما بين 0.3 إلى 1.3 درجة مئوية خلال عام 2020 مقارنة بمستويات القرن الماضي وذلك بناء على دراسات الفريق الحكومي المعني بهذه الظاهرة (IPCC).

وأضاف أنه بتاريخ 9 مايو 1992، اعتمدت لجنة التفاوض الحكومية الدولية مشروع اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ على هامش قمة الأرض في ريو دي جانيرو في البرازيل حيث تم التوقيع على الاتفاقية، وقد كان الهدف الأساسي لهذه الاتفاقية هو الوصول إلى تثبيت تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند مستوى يحول دون تدخل خطير من جانب الإنسان في النظام المناخي في إطار فترة زمنية كافية تتيح للنظم الايكولوجية أن تتكيف بصورة طبيعية مع تغير المناخ وتضمن عدم تعرض إنتاج الأغذية للخطر وتسمح للمضي قدماً في التنمية الاقتصادية على نحو مستدام.كما استعرض البروفيسور كنج تطورات اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ UNFCCC منذ عام 1992 وحتى مؤتمر دوربان (COP 17) الذي عقد في جنوب أفريقيا.



أما فيما يخص بروتوكول كيوتو، فقد شمل البروتوكول على تعهدات ملزمة قانوناً بالاضافة إلى تلك التعهدات الواردة في الاتفاقية UNFCCC وقد وافقت البلدان المدرجة في المرفق الأول على تخفيض انبعاثاتها من الغازات الدفيئة البشرية المنشأ بنسبة 5 % على الأقل دون مستويات عام 1990 وذلك خلال فترة الالتزام الممتدة من عام 2008 إلى 2012، يذكر أن بروتوكول كيوتو دخل حيز النفاذ في 16 فبراير 2005. كما أشار إلى آليات المرونة في بروتوكول كيوتو وهي، آلية التنفيذ المشترك، وآلية التنمية النظيفة، وآلية الاتجار بالانبعاثات.

وتطرق المحاضر إلى مخرجات مؤتمر الأطراف الخامس عشر COP 15 وما نتج عنه اتفاق كوبنهاجن وأهم ما جاء به من أن ارتفاع أقل من 2 درجة مئوية في الحرارة مطلوب لدرء الآثار السيئة لتغير المناخ وأن تحقيق هذا الهدف يتطلب أن تحدد الدول الصناعية منفردة أو مجتمعة أهداف كمية لخفض الانبعاثات إلى عام 2020، كما تم توضيحها في مرفق الاتفاق قبل 2010/1/31 وأن تحدد الدول النامية المتضمنة للاتفاق أهدافها الطوعية لخفض الانبعاثات إلى عام 2020 يتم بيانها في المرفق الثاني من الاتفاق قبل 31 / 2010/1، وكذلك العمل على توفير تمويل جديد وإضافي وكافي يمكن التنبؤ به والوصول إليه للدول النامية من خلال إنشاء صندوق كوبنهاجن للمناخ الأخضر، كما رُصد حوالي 30 مليار دولار للفترة 2010 – 2012 لأنشطة التخفيف والتكيف.

كما تطرق المحاضر إلى تطورات الاتفاقية ما بعد كوبنهاجن وحتى مؤتمر الأطراف COP 17 الذي تم عقده في مدينة دوربان بجنوب إفريقيا خلال شهر ديسمبر 2011 وأهم ما جاء في هذه الدورة من اعتماد اتفاق قانوني عالمي بشأن تغير المناخ في موعد لا يتجاوز عام 2015 ويبدأ العمل على هذا مباشرة تحت مجموعة جديدة تسمى الفريق العامل المخصص على منهاج عمل دوربان المحسن ADP، وصندوق المناخ الأخضر والاتفاق على برنامج عمل يركز على التمويل طويل الأجل برفع مستوى التمويل من مصادر متنوعة وكذلك الاتفاق على التكيف وآلية التكنولوجيا.

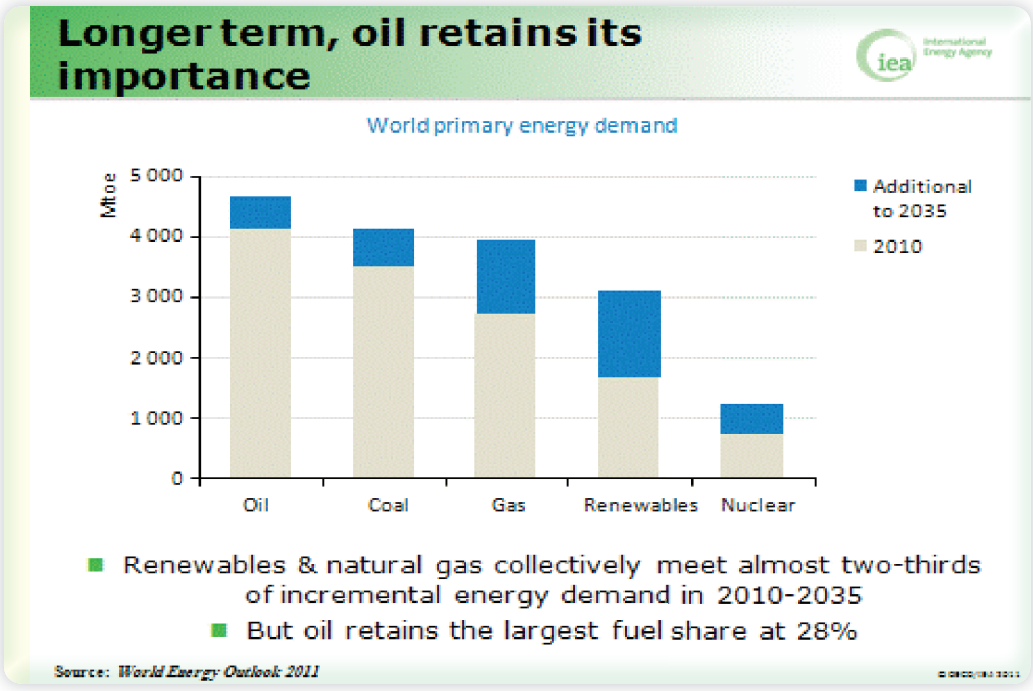
أما فيما يخص الاجتماع القادم لمؤتمر الأطراف والذي تم الاتفاق على عقده في قطر خلال شهر نوفمبر 2012، فيتوقع المتحدث حدوث بعض المفاجآت على صعيد سير المفاوضات خاصة فيما يتعلق بفريق عمل KP و LCA.

تحديات سياسة الطاقة – منظور وكالة الطاقة الدولية
Energy Policy Challenges – The IEA Perspective

السيد/ ريتشارد جونز – Amb. Richard H. Jones
نائب مدير تنفيذي – وكالة الطاقة الدولية

في بداية حديثه أشار سعادة السفير جونز بأن أسعار النفط الخام ، ومنذ عام 2008 ، لا تزال مرتفعة بصورة عامة وإن نسبة النمو في الناتج المحلي الإجمالي العالمي في حدود 5 % في عام 2010، وحصل ارتفاع بالطلب على النفط إلا أنه في عام 2011 ونتيجة للتطورات السياسية في منطقة الشرق الأوسط خاصة في ليبيا ودول الربيع العربي الأخرى، شهد المعروض النفطي

تقلبات في مستوياته، مشيراً إلى أن العرض من خارج أوبك بدأ يتعافى في عام 2012، و من المتوقع أن تشهد هذه السنة ضعف في النمو الاقتصادي ، ويبقى نمو الطلب على النفط أقل من مليون ب/ي، كما سيبرز في هذا العام أيضاً عنصري مخاطرة يتمثلا في المخاطر الاقتصادية والمخاطر الجيوسياسية وقد تزيد إيران من حدة المخاطر الجيوسياسية على الساحة الدولية، أما فيما يخص مصادر الطاقة المتجددة والغاز الطبيعي فستلبي تلك المصادر ما نسبته ثلثي الطلب على الطاقة الإضافية خلال السنوات 2010 وحتى 2035 وسيظل النفط محتفظاً بنصيب الأسد في مزيج الطاقة أي في حدود 28 %.



وفيما يتعلق بقطاع النقل فإن نسبة النمو في الطلب ستكون بحدود 14 مليون ب/ي خلال الفترة 2010 – 2035، متفوقاً بذلك على نسبة الانخفاض المتوقعة في قطاعات أخرى والمقدرة بأكثر من مليون ب/ي، وفي ظل سيناريو السياسات المتوقعة فإن العراق سيتصدر المعروض النفطي خلال المرحلة القادمة 2010 – 2035، يليه المملكة العربية السعودية ثم البرازيل وكندا وكازاخستان من خارج الأوبك، كما أنه يلاحظ ارتفاع حصة إنتاج دول الشرق الأوسط إلى أكثر من 90 % من الزيادة في إنتاج النفط العالمي لعام 2035. ومن المتوقع أن الشركات العاملة ستشهد تنقلات كبيرة وعلى نحو متزايد من مكان لآخر لتتجه صوب المصادر الأكثر تكلفة وصعوبة، كما سيكون للغاز دور مهم خلال الحقبة القادمة، أما فيما يخص موضوع الدعم فقد بلغت حجم إعانات الوقود الأحفوري 49 مليار دولار في عام 2010 منخفضة من 55 مليار دولار في عام 2008، وهو مستوى لا يزال أكبر بكثير من دعم مصادر الطاقة المتجددة في عام 2010 البالغة 66 مليار دولار.

وفي ختام استعراضه أشار إلى أنه في ظل حالات عدم اليقين هناك شيء واحد مؤكد وهو

ارتفاع مستويات الدخل وارتفاع الطلب على الطاقة وزيادة عدد السكان وارتفاع تكاليف قطاع المنبع (Upstream)، مضيفاً أن عهد النفط الرخيص قد ولى، وأن هناك خيارات جديدة ستفتح وهو العصر الذهبي للغاز من خلال كفاءة الطاقة وتعزيز أمن الطاقة والحد من تأثيرات تغير المناخ، والحد من انبعاث CO_2، وهي دون شك خطوة في الاتجاه الصحيح.

الطاقة المتجددة
Renewable Energy

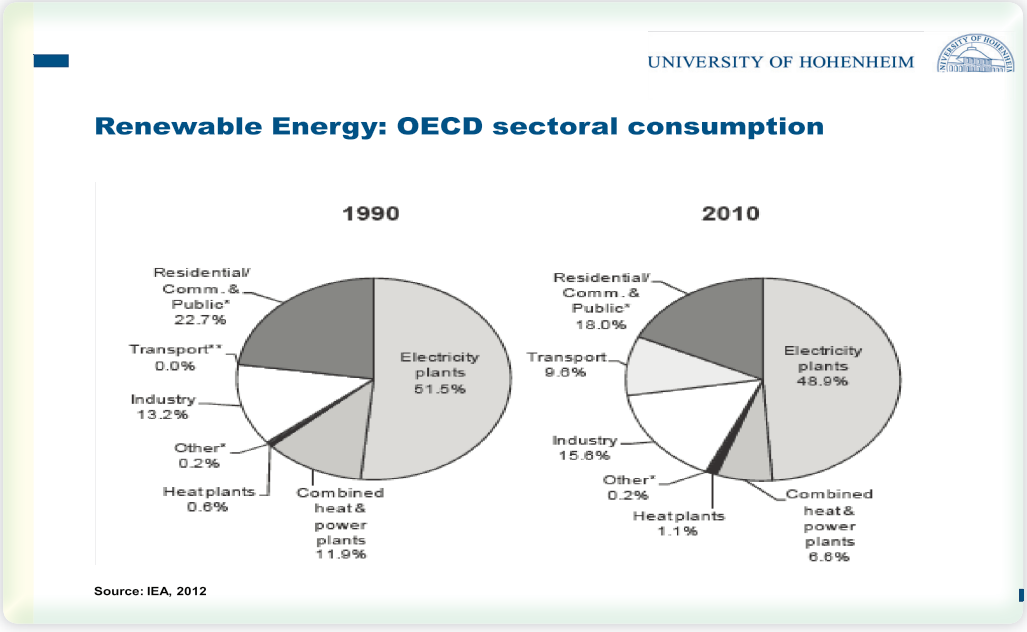
Prof. Marianne Houg – الاستاذة ماريان هوغ

قسم سياسات الطاقة والتنمية المستدامة، جامعة هوينم – شتوتغارت، ألمانيا الاتحادية.

بدأ ت الاستاذة هوغ حديثه بإعطاء فكرة عن الطاقة المتجددة ومساهمتها في استهلاك الطاقة الأسرع نمواً ولكن أين وإلى أي مدى؟

وبحسب وكالة الطاقة الدولية تساهم الطاقة المتجددة بنسبة 13 % من إجمالي إمدادات الطاقة الأولية لعام 2010، 9.8% منها للكتلة الحيوية والنفايات، و2.3 % للكهرومائي، و0.9 % للطاقات المتجددة الأخرى، وأن حصة الطاقات المتجددة من إجمالي استهلاك الطاقة النهائية لعام 2010 قد شكلت 16.7 %، نسبة 8.2 % منها مصادر طاقة متجددة، و3.3 % من الطاقة المائية، و نسبة 0.7 % من الوقود الحيوي.

كما وضح بأن الاستهلاك القطاعي لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD" من الطاقة المتجددة منذ عام 1990 وحتى 2010 في ارتفاع مستمر، ففي قطاع النقل استحوذت الطاقة المتجددة على نسبة 9.6% عما كانت عليه في عام 1990. وكذلك في القطاع الصناعي، حيث ارتفعت من 13.2 % عام 1990 إلى 15.6 % عام 2010، كما يوضح **الشكل التالي**:



وأضاف المتحدث قائلا بأن هناك جدلا واسعا في استخدامات الوقود الحيوي وتأثيراته المحتملة على قطاع النقل فالجفاف وارتفاع أسعار الأغذية والإعلاف أثر على تحقيق الاستدامة (تخفيض غازات الدفيئة واستخدام الأراضي)، كما أثر كذلك على التجارة العالمية وعلى خلق فرص العمل المحلية. وتستهدف دول الاتحاد الأوروبي بأن تساهم الطاقة المتجددة نسبة 10 % في قطاع النقل مع حلول عام 2020 وتحقيق معايير خفض غازات الدفيئة.

أما فيما يخص تحفيز سوق الطاقة المتجددة من خلال زيادة التمويل المخصص لمصادرها المختلفة فهناك توجه عالمي بهذا الخصوص، فمثلاً هناك جزء من صندوق المناخ الأخضر سيخصص لتمويل مصادر الطاقة المتجددة، وهناك مبادرة الأمم المتحدة بشأن حصول الجميع على الطاقة (مبادرة الأمين العام للأمم المتحدة الخاصة بالطاقة من أجل الجميع)، من خلال توظيف تكنولوجيات للطاقة المتجددة في المناطق الريفية، وكذلك الانتشار في الطاقة المتجددة من أجل الحصول على الكهرباء.

إيران – تحديات الطاقة
Iran: Energy Challenges

Mr. Mehdi Varzi – الأستاذ مهدي فارزي

مدير مؤسسة فارزي المحدودة، لندن، المملكة المتحدة

Director, Varzi Energy Ltd London, UK

تناول السيد فارزي محورين رئيسيين تحدث في أولهما عن مشهد السياسة العالمي والخلفية السياسية للواقع الإيراني وتأثيراته على صناعة النفط والغاز، والمحور الثاني ركز فيه على وضع الطاقة في إيران. تناول المحاضر الوضع الحالي في منطقة الشرق الأوسط الذي يعتبر أهم إقليم بترولي في العالم فثروته البترولية لا تزال تترك بصماتها على مجمل السياسة الدولية حيث أشار إلى أن هذا الإقليم يخضع بجملته إلى تغيير تاريخي في ظل توترات إقليمية آخذة في الارتفاع كالذي يحصل في سورية، وانعكاسات هذه التطورات في المنطقة على أسعار النفط في حال تأججها وما لذلك من انعكاساته على الاقتصاد العالمي.

كما تناول المحاضر تاريخ العلاقات الأمريكية الإيرانية وتداعيات الملف النووي الإيراني وسير المفاوضات في هذا الملف وانعكاساته على اقتصادات المنطقة ودول العالم.

وفي المحور الثاني تطرق المحاضر إلى أهم الممرات المائية الإستراتيجية في العالم ومن ضمنها مضيق هرمز الذي يعد رابطاً استراتيجياً بين حقول النفط في الخليج العربي وخليج عمان والمحيط الهندي، ويبلغ عرضه بين 48 و 80 كلم ، ويعبره ما بين 20 – 30 ناقلة نفط يومياً، و يتدفق من خلاله نحو 17 مليون ب/ي من النفط بما يعادل 35% من الإنتاج العالمي. ففي عام 2011، تم من خلاله شحن أكثر من 85% من النفط المتجه إلى دول آسيا كاليابان والهند وكوريا الجنوبية والصين. وكما أشار إلى أهمية بقاء هذا الممر آمناً حتى بالنسبة لإيران نظراً لتواجد منشآت التصدير الرئيسية لها على ضفاف الخليج العربي، فبالتالي من مصلحة إيران أن يبقى هذا الممر بعيداً عن التوترات السياسية الدولية منها والإقليمية.

كما تحدث المحاضر عن المعوقات الرئيسية التي تواجه صناعة الغاز الطبيعي في إيران المتمثلة في البيروقراطية وعدم وجود استثمارات كافية ووجود القضايا السياسية كموضوع الملف النووي الإيراني وهو لب الجدل ما بين إيران والغرب على حد تعبيره ووقوع إيران تحت بند العقوبات الاقتصادية الدولية وتأثيرات ذلك كله على الاقتصاد الوطني الإيراني.

قطاع الطاقة في روسيا
The Energy Sector in Russia

د. تاتيانا ميتروفا – Dr. Tatiana Mitrova
رئيسة مركز دراسات أسواق الطاقة الدولية ، الأكاديمية الروسية للعلوم

تناولت الورقة بشيء من التفصيل قطاع الطاقة في روسيا والمشاكل الرئيسية التي تواجهه والتطورات المستقبلية لهذا القطاع، حيث بدأت المحاضرة حديثها بالتطرق إلى مشاريع النفط والغاز الطبيعي في روسيا حيث يمثل الغاز الطبيعي حوالي 53 % من إجمالي مزيج الطاقة الروسي وأنه يمثل حوالي 4.3 % من قيمة الناتج الإجمالي العالمي. ولدى روسيا أحد أكبر قطاعات الكهرباء في العالم. و تمتلك روسيا احتياطيات ضخمة من النفط يتركز القسم الأكبر منه في سيبيريا الغربية «60 مليار برميل»، بالإضافة إلى 67 مليار برميل نفط احتياطي محتمل في البلاد و تحتل روسيا المرتبة الثانية في العالم من حيث إنتاج النفط الخام بعد المملكة العربية السعودية. كما ظل إنتاج الغاز مستقراً بشكل ملحوظ خلال العقدين الماضيين مقارنة مع نزول وصعود إنتاج النفط الروسي.

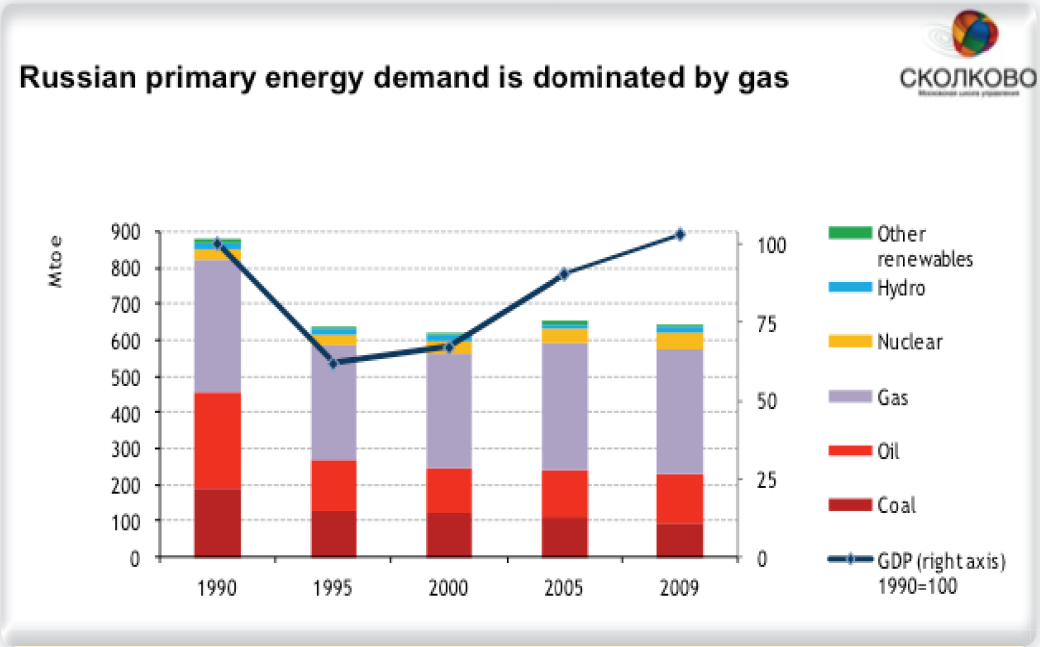
وأضافت أن هيكلية قطاع توليد الطاقة الكهربائية الروسية تعتمد على عدد من المصادر المختلفة للتوليد، حيث يساهم الفحم بنسبة 21 % ، ونسبة 11 % من الطاقة النووية، وما نسبته 0.5 % من الوقود الحيوي (Biomass)، و2.7 % من النفط، ونسبة 34 % من الغاز ونسبة 21 % من الهيدروجين. كما أن لروسيا إمكانات ضخمة لاستخدام الطاقة بصورة أكثر كفاءة. وهناك هدف عام تسعى روسيا لتحقيقه بحلول عام 2020 عن طريق نشر تكنولوجيات الطاقة وهو الحد من كثافة استهلاك الطاقة بنسبة 40 % مقارنة بسنة الأساس 2007. وهو ما يوضحه **الشكل التالي في الصفحة المقابلة**.

تصدر روسيا ما يعادل 33 % من النفط الخام، و17 % من المشتقات البترولية و14 % من الغاز الطبيعي، و3 % من الفحم، و من المتوقع أن ينمو الاقتصاد الروسي بحلول عام 2035 بأكثر من 3 مرات عما هو عليه حالياً.

وفيما يتعلق بحجم الاستثمارات في قطاع الطاقة الروسي، فهو يتطلب استثمارات ضخمة وهائلة، فعلى سبيل المثال تحتاج صناعة النفط إلى ما يقارب من 635 مليار دولار خلال الفترة 2008 – 2030، ويحتاج قطاع الغاز إلى نحو 6.4 مليار دولار خلال ذات الفترة.

وفيما يخص الطاقة النووية ، هناك زيادة في القدرة بما مقداره 37 جيغا واط (GW) مع حلول عام 2035، إلا أن هذا النمو سيواجه عقبات مثل ارتفاع التكاليف الرأسمالية، والقيود

المفروضة على الموارد المالية، والنقص في الأيدي العاملة المتخصصة، وقضايا تتعلق بالصحة والسلامة وسلامة الأمن النووي.



الهند والطاقة: المنظور المحلي والعالمي
India and Energy: A Domestic and World View

Mr. Narendra Taneja – السيد/ نارييندرا تانيجا
رئيس – مجلس الطاقة العالمي

استهل المحاضر كلمته بتقديم لمحة عن أهم المؤشرات الاقتصادية للهند التي تمتلك احتياطيات كبيرة من الفحم ولكنها فقيرة نسبياً فيما يتعلق بموارد النفط والغاز، فالإنتاج المحلي لا يكاد يغطي حوالي 30% من إجمالي الاستهلاك النفطي. وتشير التقديرات أنه بحلول عام 2020 لن يكون بمقدور الإنتاج المحلي الوفاء بأكثر من 25 % من حاجات البلاد النفطية، وسيتم اللجوء إلى الاستيراد لتغطية النسبة المتبقية وهي 75 %. وتعتبر الهند من أهم اقتصادات الدول الصاعدة، وأن حوالي 400 مليون نسمة من السكان المحليين لا يحصلون على الطاقة الكهربائية، كما أنه هناك 700 مليون عاطل على العمل. و تعتبر الهند خامس أكبر مستهلك للطاقة على المستوى العالمي، ومن المتوقع في عام 2020 أن تحتل المرتبة الثالثة كأكبر مستهلك للطاقة. وتمثل الهند ثاني أكبر دول العالم من حيث عدد السكان بعد الصين حيث تجاوز تعدادها 1.4 مليار نسمة، و تتميز الهند بموقع استراتيجي مهم في خريطة الطاقة العالمية بين الدول النامية. أما فيما يتعلق بمصادر الطاقة المستهلكة في الهند، يأتي الفحم في المرتبة الأولى يليه النفط ثم الغاز

الطبيعي، وتواجه الدولة تحديات كبيرة في مجال الطاقة حيث تعتمد الهند إلى حد كبير على الواردات الخارجية من النفط التي تشكل أكثر 79 %من إجمالي استهلاك الهند من النفط خلال عام 2011 وفي هذا الخصوص تبذل الهند جهوداً مضنية لتأمين مصادر إمداداتها المستقبلية من الطاقة حيث وضعت مشاريع كبيرة لتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام الفحم، وإنشاء محطات للغاز الطبيعي المسال.

وتسعى الهند لتنويع مصادر إمداداتها ضمن مفهومها لأمن الطاقة المستقبلية إزاء اعتمادها على منطقة واحدة لاستيراد النفط، من خلال اتباع إستراتيجية تقوم على عدد من العناصر منها زيادة الإنتاج المحلي من النفط، وبناء مخزون استراتيجي نفطي، وتنويع مصادر الاستيراد الخارجية، والحصول على حصص طويلة الأجل في حقول نفطية في عدد متنوع من الدول المنتجة للنفط. وتقوم الشركة الهندية VOL في هذا الشأن باستثمار 3.5 مليار دولار في دول العالم، ومليار دولار في السودان حالياً، و من المتوقع أن يرتفع اعتماد الهند على النفط المستورد إلى حوالي 91.6% بحلول عام 2020، والمشكلة الأكبر أن معظم النفط الهندي المستورد يأتي من غرب آسيا من دول الخليج يليها عدد من الدول الإفريقية.

مواضيع في سياسة الشرق الأوسط
Themes in middle eastern politics

Prof. Ghassan Salame – الدكتور / غسان سلامة

أستاذ في معهد العلوم السياسية باريس – فرنسا

تحدث الدكتور غسان سلامة عن سياسة الولايات المتحدة الأمريكية في منطقة الشرق الأوسط خاصة في ظل أحداث الربيع العربي التي عصفت بالدول العربية والتي أدت إلى تغير أنظمة الحكم في ثلاث دول رئيسية وهي مصر، تونس ، وليبيا .

ثم تناول المحاضر عدة قضايا أساسية في المنطقة، منها قضية الصراع الفلسطيني الإسرائيلي وهو الصراع الأزلي، كما تناول المحاضر الوضع في دول الربيع العربي بعد تلك الثورات والوضع اليمني بعد خروج رئيسها، وموضوع الملف النووي الإيراني والتهديد بإغلاق مضيق هرمز، والوضع الليبي وانعكاساته السياسية والاقتصادية والأمنية على دول المغرب العربي والعالم. كما تناول الوضع القائم في سورية في الوقت الحاضر وإمكانية تطبيق السيناريو الليبي عليه وانعكاساتها على المنطقة بشكل خاص واستقرار المنطقة وفتح الصراعات الإقليمية والدولية بشكل عام ما ينعكس على الأمن الدولي والإقليمي وبروز ملامح جديدة لخارطة الشرق الأوسط وبالتالي على الاقتصاد العالمي خاصة وان المنطقة تستحوذ على أكثر من 30 % من الإنتاج العالمي من النفط وتمتلك احتياطيات من النفط تقدر بنحو 65 % من الاحتياطيات العالمية.

تسعير الغاز الطبيعي : أزمة الأسس

Natural Gas Pricing : A Crisis of Fundamental

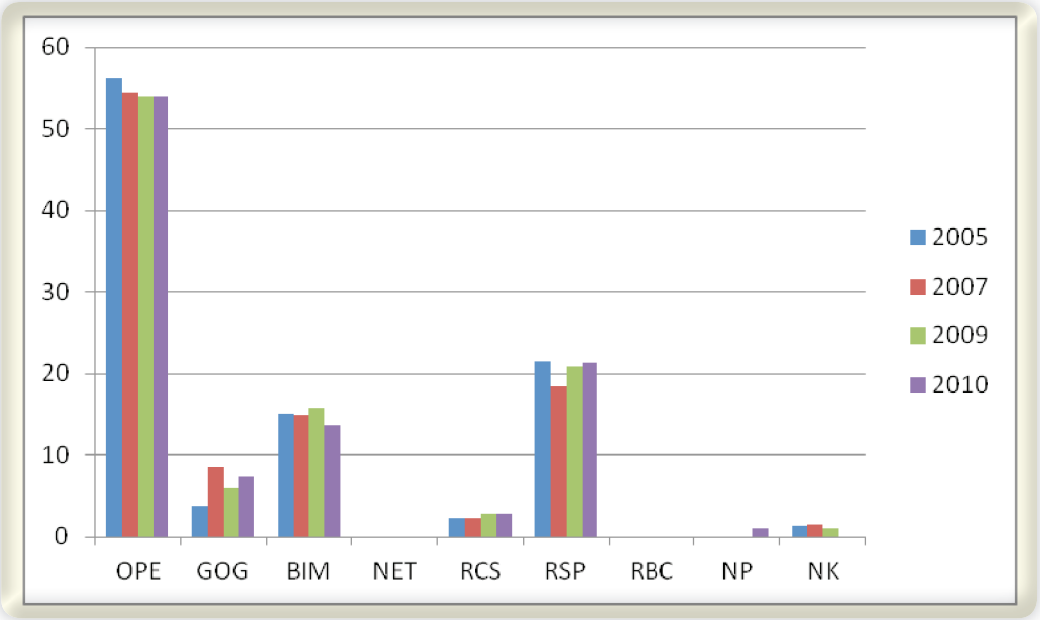
السيد جوناثان ستيرن – Mr .Jonathan Stern
مدير أبحاث الغاز – معهد أكسفورد لدراسات الطاقة

تطرق البروفيسور جوناثان في ورقته لبعض الدراسات المتعلقة بموضوع تسعير الغاز وتركيبة المعادلة السعرية، علاوة على بعض الموضوعات ذات الصلة بتسعير الغاز، والتي من ضمنها مستقبل الغاز – القضايا التحليلية المتعلقة بالتسعير في جميع المناطق العالمية المختلفة، كتسعير الغاز في أمريكا الشمالية، وطرق تسعير الغاز المعمول بها في قارة أوروبا، وأسعار الغاز المحلي في روسيا وتسعير الغاز في التجارة الدولية في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا وجنوب الصحراء الكبرى، وتسعير الغاز الطبيعي المسال في أمريكا اللاتينية وفي جنوب شرق آسيا، وتسعير الغاز في الهند وفي الصين، وتسعير الغاز الطبيعي المسال في آسيا، كما تطرق للعلاقة بين الغاز الطبيعي المسال وأسعار غاز الأنابيب، وتحدث عن منتدى الدول المصدرة للغاز.

يتردد المحللون الاقتصاديون كثيراً عند مناقشة أسعار الغاز العالمية، ففي دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية «OECD" مثلاً هناك بعض الأمور التي تواجه السوق الأوروبية والتي منها البنية التحتية، وهل عملية التسعير ستستمر من خلال ربطه بالنفط أم سيتم اللجوء إلى تسعير الغاز بالغاز وكذلك العلاقات السياسية مع الدول المصدرة له. وبما أن عقود الغاز الطويلة الأجل أصبحت هي الأساس في التعامل فإن الدول غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية «OECD" في كثير من الأحيان يعتبر الغاز منتج ثانوي مع النفط ومدعوم غالباً من الحكومة، ويخلق صناعات جديدة وفرص عمل وتنوع اقتصادي كصناعة البتروكيماويات باعتبار أن تكلفة الغاز منخفضة جداً و الطلب عليه مرتفع وأسعاره منخفضة، كما أن تكاليف إنتاج الغاز الجديد لا تزال أقل بكثير من الأسعار العالمية ولكنها أعلى بكثير من الأسعار المحلية، حيث لم تتمكن الحكومات من رفع الأسعار على أساس التكلفة، الأمر الذي يتطلب تقديم دعم حكومي كبير ومتزايد.

منذ عام 2010 بدأت أسعار الغاز تختلف بصورة إجمالية في أنحاء العالم، كما أن عدم القدرة على ضبط الأسعار انعكس على عقود الاستيراد طويلة الأجل، ففي أوروبا تغير الوضع بعد عام 2008 بسبب تحرير التجارة والمنافسة والركود والزيادة الهائلة في أسعار النفط حيث أصبحت العقود طويلة الأجل غير قادرة على المنافسة على نحو متزايد، كما يظهر في **الشكل التالي في الصفحة الموالية**. وبينما تعتمد السوق الآسيوية وتتقيّم الأسعار الآسيوية على أساس استيراد الغاز الطبيعي المسال وعلى أسعار النفط الخام الياباني، حيث تتغير أسعار الغاز استجابة للتغيرات في أسعار النفط وقد خلق هذا النظام (GCC)

تطور أسعار الغاز في آسيا / الباسيفيك بين 2005 و2010 (%)



مجموعة واسعة من الأسعار أو سلة من الأسعار.

ولكن بعد عام 2010، شهدت الدول المستوردة للغاز الطبيعي المسال في آسيا تطورات مختلفة منها الزيادة الهائلة في أسعار النفط بعد عام 2008 ، وحادثة فوكوشيما، مما أدى إلى زيادة الأهمية الحالية والمستقبلية للغاز في اليابان ، وأصبح السعر التنافسي من القضايا المهمة.

إن التحدي الحالي في أسواق الغاز خاصة في أوروبا وآسيا هو إيجاد آليات لتكوين الأسعار الجديدة التي تعكس واقع السوق وهذا ما قد ينجم عنه مشاكل تجارية تعاقدية كبيرة بالمقام الأول، كما أنه في معظم دول العالم تكون أسعار الغاز المنزلي منخفضة وذلك لأسباب اجتماعية، وسيمثل هذا تحدياً رئيسياً سيواجه السياسة الداخلية لعدد من الدول مما يزيد من حجم المشاكل الاقتصادية فيها.

وقد خلصت الورقة بأن تحليل أسعار الغاز تحتاج إلى مزيداً من التركيز على مستوى الأسعار العالمية وتقليص الطلب على الغاز عن طريق اختيار أقل مصادر الطاقة الكربونية انبعاثاً لغاز CO2، ففي معظم دول العالم أصبح أمراً طبيعياً أن قضية تسعير الغاز يتطلب تغير في المعادلة السعرية وستكون لها بطبيعة الحال انعكاساتها السياسية والتجارية والقانونية والتعاقدية وإن نجاح أو فشل مواجهة تحديات تسعير الغاز سيكون له تأثير كبير على التوقعات المستقبلية ولتجارة الغاز الدولية. وأن الخطوات الأولى نحو تحقيق سوق عالمية للغاز قد تم اتخاذها بالفعل وسيتبعها الكثير من الخطوات اللازمة والتي يجب اتخاذها في القريب العاجل.

تمويل أسواق النفط : الأدلة والآثار المحتملة

The Financialization of Oil Markets: Potential Impacts and Evidence

Dr. Bassam Fattouh – د. بسام فتوح
أستاذ في المالية والإدارة، معهد أكسفورد لدراسات الطاقة

أشار د. فتوح إلى التقلبات التي شهدتها أسعار النفط خلال فترة (2002 – 2008) ، والنقاش الرائد حول عدة مواضيع مرتبطة بأسعار وبأسواق النفط العالمية كالتوقعات بشأن أساسيات أسعار النفط وتمويل أسواق النفط وعمليات المضاربة.

وأفاد بأنه لا يزال هناك تباين في وجهات النظر حول تلك الموضوعات والتي تلقي بظلالها على عملية تشكيل أسعار النفط، كما تناول نظام التسعير الدولي منذ أن دخلت منظمة الأوبك كلاعب أساسي في السوق النفطية وبروز حقبة جديدة لنظام تسعير النفط منذ عام 1986 وإنشاء الهياكل الأكثر تعقيداً لنظام التسعير كسعر خامات القياس والعقود طويلة الأجل وعقود المبادلة، ونظام البورصات والبنوك وغيرها من البنوك الاستثمارية التي تعتبر من أهم المتاجرين بالنفط منذ فقدان قدرة أوبك على التحكم بالأسعار في عام 1986. كما تطرق المحاضر إلى صناديق التحوط والتي لها دور في عملية المتاجرة في السلع، وتمتلك قواعد بيانات ضخمة وآليات محددة للطلب والعرض وغيرها من المؤسسات الاستثمارية والتي تتألف أساساً من صناديق التقاعد وشركات التأمين وصناديق الثروة السيادية وكل تلك القضايا أدت إلى التأثير على الأسعار الفورية وزيادة تقلب أسعار النفط وتوقعات عوائد النفط الخام الآجلة وزعزعة الاستقرار في أسواق النفط. كما أن الاستراتيجيات في الأسواق المالية ألقت بظلالها على أسواق النفط وأنها تختلف باختلاف اللاعبين وطبيعة نشاطاتهم وأن لهذا الموضوع تعقيدات تكمن في أن أسس السوق الحالية غير معروفة بشكل واضح.

وتساءل المحاضر ما هو المعنى الحقيقي للأسعار الفورية في سوق النفط؟، وهل تعكس هذه الأسعار حقيقة السوق فعلاً؟. مبيناً أن الأسعار في أسواق العقود الآجلة والتي تمر من خلال عملية موازنة دقيقة، تلتقي في نهاية المطاف فيما يسمى بالأسعار الفورية في الأسواق الفعلية، وتلك الأسعار الفورية تعكس أساسيات السوق الحالية، لكن الموضوع قد يكون أكثر تعقيداً، لأن أسس السوق الحالية غير معروفة بشكل دقيق، وبالتالي فمن الضروري فهم عملية التقارب مع الأسعار الفورية في ضوء المعنى الحقيقي لسوق النفط، فالسوق المالية والسوق الفعلية مترابطتان ضمن نظم التسعير الحالية للنفط.

وأشار المحاضر إلى نقطة مفادها: هل النفط يعد أصل من الأصول المالية؟، وناقش هذه النقطة مبيناً أن النفط قد يكون أصل مالي من جهة، إلا أن له بعداً آخر مادي أيضاً (Physical Dimension) فهو سلعة يتم بيعها وشراؤها وتخزينها واستهلاكها، وهذا ما قاد المحاضر إلى التحدث عن الرابط بين المعنى المادي (Physical) والمعنى المالي (Financial) في النظام الحالي لتسعير النفط، مبيناً أن الدراسات التجريبية تركز عادة على الارتباط بين العوائد وبين مستويات أسعار النفط والمؤشرات المالية وأسعار الصرف، كما تشير الدراسات إلى الارتباط المتزايد بين أسعار السلع الأساسية كمؤشر، وبين الدولار الأمريكي وذلك منذ أواخر التسعينات

من القرن الماضي، لكن طبيعة تحويل النفط إلى أصل مالي لازال أمراً لم تتضح ملامحه بعد، فالفهم الكامل لآلية التفاعل بين النفط والتمويل يتطلب تحليلاً لعدة عمليات، مثل:

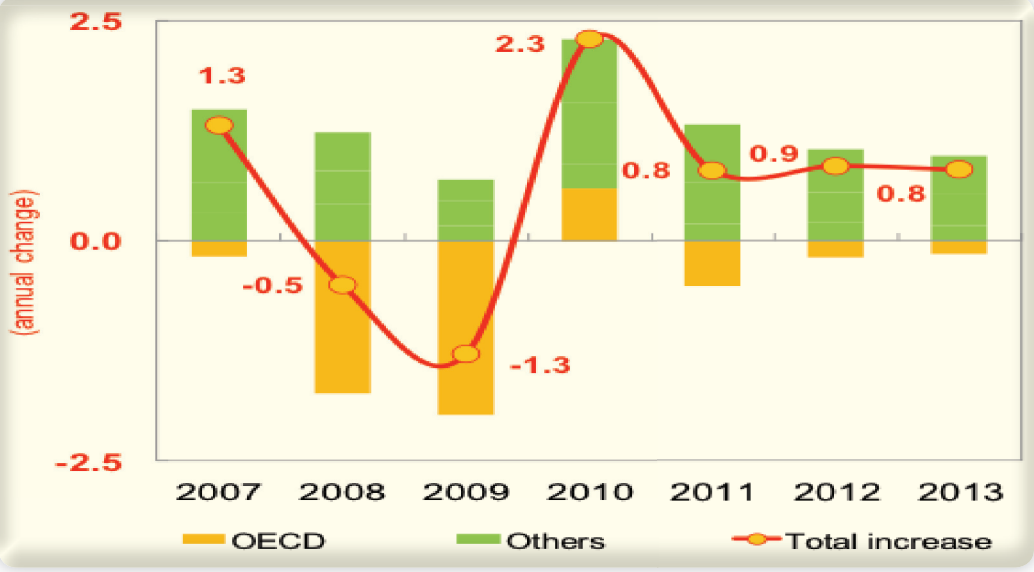
= استراتيجيات الاستثمار والتجارة التي تتولاها مختلف الشرائح التمويلية.
= آليات التمويل ودرجة النفوذ التي تدعم تلك الاستراتيجيات.
- الآليات التي تربط بين المفهوم المالي (Financial) والمفهوم المادي (Physical) لسوق النفط.

آفاق النفط العالمي: منظور منظمة أوبك
Global Oil Outlook : OPEC›s Perspective

Dr. Hasan M. Qabazard – الدكتور / حسن قبازرد
مدير إدارة البحوث – منظمة أوبك

استعرض د. قبازرد الخصائص الرئيسية لسوق النفط العالمية حيث تحدث عن الأزمة المالية في منطقة اليورو التي أصبحت تشكل خطراً كبيراً وقد بات انعكاسها واضحاً على الاقتصاد العالمي، مشيراً إلى أنه من المتوقع أن ينمو الطلب على النفط خلال عامي 2012 و 2013 بمعدل أقل من متوسط العشر سنوات الماضية. ومن المتوقع أن يصل إنتاج أوبك من النفط الخام خلال عام 2012 إلى أعلى من 31.3 مليون ب/ي، أي بمعدل نمو 4.8 %، ومن المتوقع أن ينمو الطلب العالمي على النفط في عام 2012 بنحو 0.9 مليون ب/ي، ومن المتوقع أن يتقلص الطلب على النفط في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بمعدل 0.71 مليون ب/ي خلال العامين القادمين. وستظل الدول النامية مصدراً للنمو في الطلب العالمي على النفط (كالصين 0.34 مليون ب/ي، الهند 0.13 مليون ب/ي، الشرق الأوسط 0.20 مليون ب/ي، وأمريكا 0.15 مليون ب/ي).

النمو السنوي في الطلب العالمي على النفط، 2007 - 2013



كما أن هناك بعض التحديات تواجه معدلات النمو كقضايا التمويل المصرفي في الولايات المتحدة الأمريكية، وحجم وعبأ الديون في عدد من بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD" وتراجع الإنفاق الاستهلاكي العالمي مما قد ينتج عن ذلك خطر الركود الاقتصادي وارتفاع معدلات البطالة.

وسيظل قطاع النقل يشكل نصف الاستهلاك العالمي من النفط بحلول عام 2035، كما أشار المحاضر إلى أن دول آسيا والمحيط الهادي ستهيمن على طاقة التكرير في المستقبل حيث من المتوقع أن الغالبية العظمى من توسعات طاقة التكرير خلال عام 2035 ستكون لمنطقة آسيا والمحيط الهادي ، وتحديداً الصين والهند، تليها منطقة الشرق الأوسط وأمريكا اللاتينية.

وعزى المتحدث التذبذب في أسعار النفط إلى المخاوف التي طرأت على التطورات الأخيرة التي شهدتها المنطقة العربية وبعض القضايا الجيوسياسية في منطقة الشرق الأوسط وشمال افريقيا.

وقال المتحدث أن المخاطر تزداد تعقيداً في نظام الطاقة العالمي من خلال التحديات والشكوك الرئيسية المتمثلة بتكنولوجيا البيئة ومخاطر هبوط الطلب، وتداعيات الأزمة المالية العالمية الراهنة، والتطورات في الأسواق المالية وأسعار النفط، وكذلك التغيير في قواعد اللعبة المحتملة كالغاز والنفط الصخري ، وكذلك تكنولوجيات وسائط النقل البديلة، والعلاقات المتبادلة بين الاستدامة والنمو الاقتصادي، والتقدم الاجتماعي، وأمن الطاقة، وحماية البيئة وحوار المنتجين والمستهلكين فيما يتعلق بالقضايا المترابطة والمتشابكة كأمن الطاقة بشقيه أمن الطلب وأمن العرض، واستقرار الأسعار وسياسة الطاقة وموضوعات التكنولوجيا متعددة الأطراف وتزايد الاعتماد المتبادل والحوار والتعاون فيما بين أطراف المعادلة النفطية.

أسواق الغاز الطبيعي في أوروبا: التحديات والتطورات

Natural Gas Markets in Europe: Challenges and Developments

السيد / كلاوس شيفر – Mr. Klaus Schafer
رئيس مجلس الإدارة – شركة ايون روهر غاز

أوضح المتحدث بأن الولايات المتحدة ستحقق الاكتفاء الذاتي من الطاقة باعتمادها بشكل أساسي على مصادرها الذاتية من الغاز الطبيعي، بينما سيزداد الطلب على الاستيراد من الجانب الأوروبي أي ما نسبته 0.8 %، وستكون الهند والصين مصدراً رئيسياً للنمو في الطلب على الغاز في القارة الآسيوية ونسبته 4.3 % سنوياً حتى عام 2030.

إن الغاز الطبيعي على وشك الدخول في مرحلة جديدة بفضل النمو بوتيرة أسرع من غيره من مصادر الطاقة الأخرى، كما أن عقوده قصيرة الأجل متاحة ومتوفرة كما أشار المتحدث بأن صناعة الغاز الأوروبية تواجه ثلاثة مصاعب تتمحور حول أمن الطلب وأمن العرض ونماذج الأسواق المتحولة، ففي جميع أنحاء أوروبا هناك نمو في أحجام التداول التي تؤدي إلى مزيد من التقارب في أسعار السوق الأوروبية في إطار بيئة شفافة وتنافسية السوق، وكذلك تكامل الأسواق عبر الحدود عن طريق التنظيم الأوروبي وهناك علاقة قوية بين المراكز الوطنية

للتجارة. ورأى المتحدث بأن العالم اليوم بات يشهد اضمحلال في الأسواق التقليدية والتحول نحو نظام عالمي جديد لتجارة الغاز بحسب وصفه مما يستلزم تبني نموذجاً جديداً لتوريد طويل الأجل والمنافسة بين مصادر الوقود المختلفة وإلغاء الحواجز الوطنية.

وخلص المتحدث إلى أن شركة «E. ON" ستستمر في خلق رؤية طويلة الأجل للغاز في أوروبا منخفضة الكربون، ودعم الأجهزة الجديدة من خلال كفاءة الطاقة، وتعزيز إمكانات الغاز الطبيعي ، مع التركيز على التكنولوجية ونقل الطاقة وتخزينها.

الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية: نهاية الحقبة القديمة

US Energy : The end of an old order

Mr. J. Robinson West السيد/ روبنسن وست

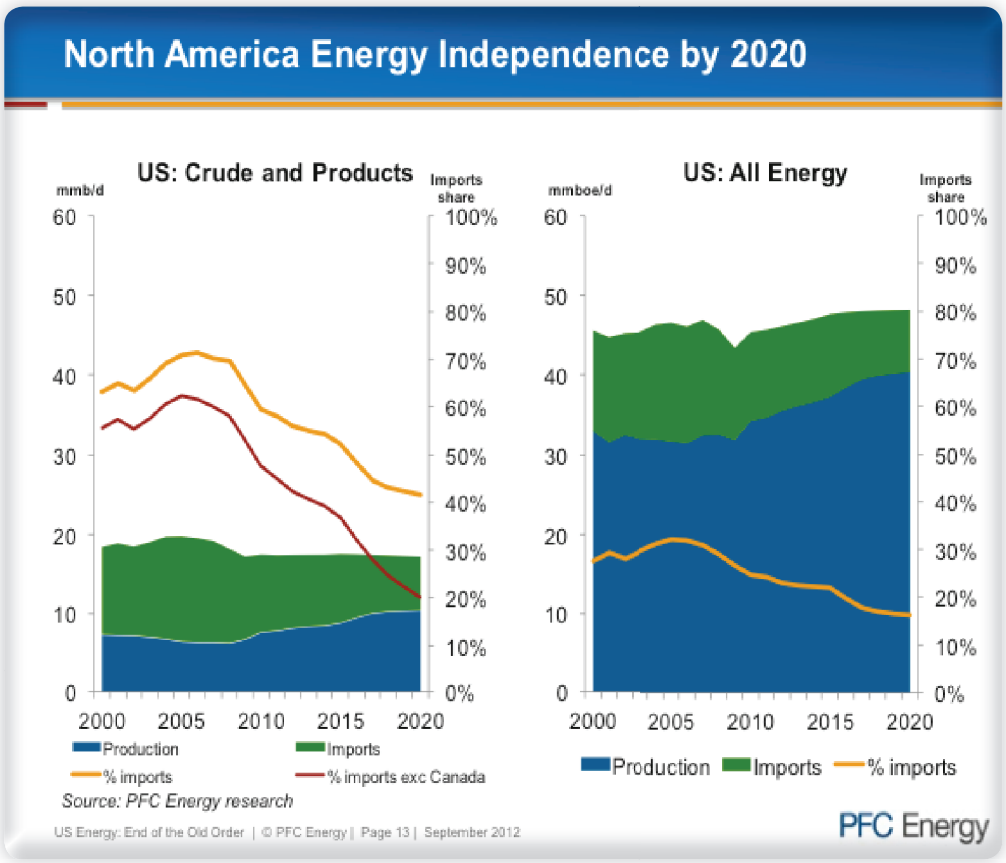
رئيس مؤسسة PFC للطاقة ورئيس معهد الولايات المتحدة للسلام.

تطرق المتحدث إلى صورة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية ومشهد الطاقة العالمي. فخلال الخمس سنوات الأخيرة، ارتفع إنتاج الغاز في الولايات المتحدة بمقدار 30%، إلا أن هناك قيوداً على القدرة في التحرك للبحث والاستكشاف عن النفط داخل الولايات المتحدة، وذلك وفقاً لقيود قديمة معمول بها في نظام الاتحاد. وقد أشار بأن انتاج ووفرة الغاز الرخيص يدعم الاقتصاد من خلال خلق فرص العمل وخفض الأسعار وتحسين القدرة الشرائية للمستهلكين ويصبح الاقتصاد أكثر قدرة على المنافسة، إلا أن ليس كل آثار الطفرة النفطية جيدة لأن أكثر الفوائد يجنيها الغرب الأوسط الغني وأنه نتيجة لارتفاع أسعار النفط لجأت الولايات المتحدة لتغيير أنماط الاستهلاك خاصة بعد مرور ذروة الطلب على الغازولين حيث بلغ الاستهلاك في عام 2011 حوالي 7.8 مليون ب/ي، وحتى في ظل ارتفاع تكاليف النقل والبيئة ووصول سعر الغاز إلى مستوى 2.3 دولار لكل مليون وحدة حرارية، سيظل الغاز أرخص من الفحم علماً بأن هناك اختلافات إقليمية وقيود في البنية التحتية تعوق التحول.

أما فيما يخص صناعة البتروكيماويات في الولايات المتحدة فهي صناعة تنافسية إذا ما قورنت مع مثيلاتها في دول الشرق الأوسط ولهذا أعلنت الشركات الأمريكية عن استثمارات ضخمة مستفيدة من انخفاض تكاليف المواد الخام لديها.

وأضاف المتحدث بأن عام 2008 شهد تنافس بين تيارين ، تيار ينادي بالطاقة الخضراء وآخر يدعو إلى الحفر ثم الحفر، وقال أنه في الواقع لدينا كثير من الحفر والاستكشاف عن الغاز والنفط وأن الطاقة الخضراء ليست قادرة على المنافسة اقتصادياً في الوقت الحاضر. وان التغيرات السياسية سيكون لها أثر على قطاع النفط والغاز وأن الحكومة ستدفع بالثورة الخضراء والحد من التدابير الرامية للحد من الكربون (انظر **الشكل** في الصفحة التالية).

وخلص السيد وست في استعراضه أن الغاز الصخري يوفر ثلث إنتاج الولايات المتحدة وسيرتفع في المستقبل ليصل إلى 50% ، ليصبح لديها اكتفاء ذاتي منه وذلك بفضل استخدام التكنولوجيا نفسها المستخدمة لصناعة النفط والغاز حيث أعطت نتائج ايجابية كبيرة. وأصبح الغاز الصخري ضمن الإطار التجاري في تجارة الطاقة كغيره من المصادر الأخرى كالغاز المسال والفحم.



مستقبل الطاقة النووية بعد حادثة فوكوشيما
The Future of Nuclear Power Post Fukushima

Dr. Adnan – Shihab Aldin – الدكتور عدنان شهاب الدين
المدير العام – مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

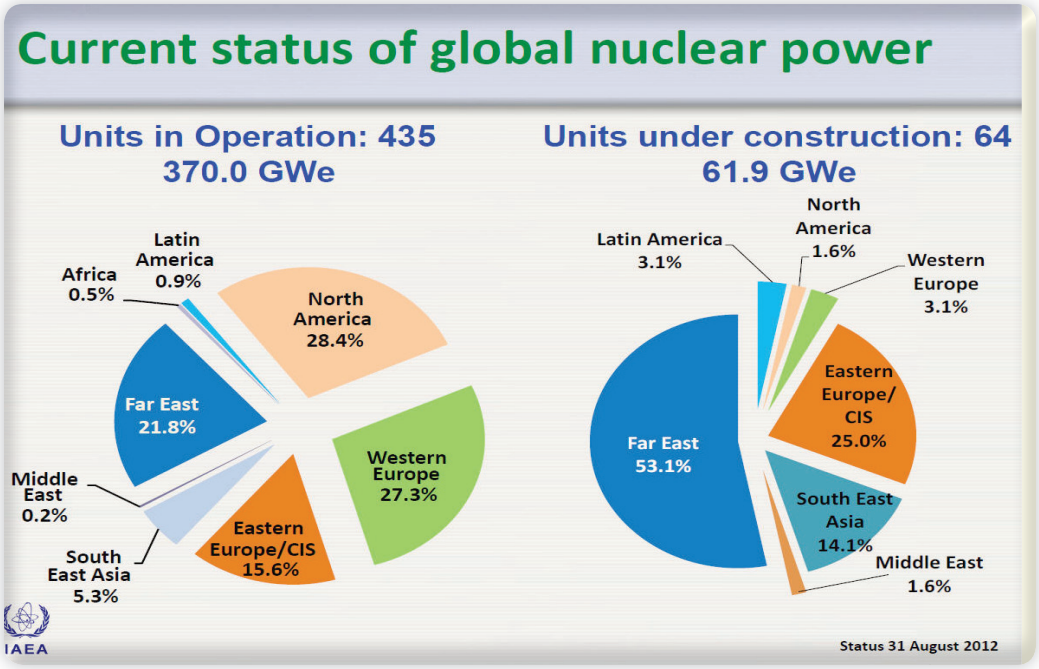
استعرض الدكتور شهاب الدين بداية عصر النهضة النووية وحتى عام 2011 بعد حادثة مفاعل فوكوشيما، وقد تطرق إلى المحاور التالية:

- برامج التشغيل والحالة قبل حادثة فوكوشيما.
- صدمة فوكوشيما وتوقعات ما بعد الصدمة في اليابان – الصين – أوروبا – الولايات المتحدة والشرق الأوسط.
- برامج تشغيل الطاقة النووية في إقليم الشرق الأوسط والملاحظات والدروس المستفادة بعد الحادثة.

تناول المتحدث وضع الطاقة النووية قبل الحادثة خاصة التحسن الكبير في الأداء التشغيلي بين عامي 1990 وحتى 2005 إلا أن هناك تخوف دائم من تأثير النفايات النووية على المدى

الطويل والتخوف من الإشعاع النووي خاصة بعد حادثة تشرنوبل. وعلى الرغم من تلك المخاوف إلا أن إسهامات الطاقة النووية في كثير من المجالات كالتكنولوجيات في إنتاج وتوفير الكهرباء النظيفة بتكاليف يمكن التنبؤ بها وقادرة على المنافسة حيث توفر حالياً 13% من إمدادات الكهرباء العالمية، وسجل السلامة مطمئن ومقبول لدى صانعي القرار، والطلب المتنامي على الطاقة النووية، ومساهمتها في أمن الطاقة أدى إلى نهضتها وازدهارها.

وأشار المتحدث إلى أنه في شهر مارس 2011، حدث زلزال بقوة 9 درجات على مقياس رختر في موقع قريب من المنشأة النووية في فوكوشيما في اليابان أحدث كارثة على كافة الأصعدة في اليابان و في الاقتصاد العالمي. وحتى الآن اقتصر تأثير فوكوشيما من الجانب الإنشائي على البرامج الوطنية، ولكن يتوقع أن يمتد ذلك ليطال القرارات التي تتخذها بعض الدول، ففي دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD" هناك توجه بالتخلص التدريجي أو التقليل من برامج الطاقة النووية لعقد من الزمن.



كما أشار المتحدث إلى أن بعض الدول العربية كالكويت على سبيل المثال قررت العدول عن طموحاتها بشأن الطاقة النووية، ومع بقاء العديد من تحديات الصحة والأمن والسلامة قائمة فإن تزايد استخدام الطاقة النووية سيستمر بالنمو وإن كان بمعدل أقل مما كان عليه الحال قبل الحادثة، وذلك على المديين القصير والمتوسط، أما على المدى البعيد فمن المتوقع أن يزداد النمو وإن كان ذلك غير مؤكد بعد. كما أن كثير من دول العالم قد صححت من مساراتها الإستراتيجية بشأن بناء مفاعلات نووية كأوروبا والولايات المتحدة الأمريكية.

وفي ختام عرضه خلص المتحدث إلى أن تكنولوجيا الطاقة النووية معقدة ومتطورة في آن واحد وهذا يمثل تحدي مهم تواجهه هذه الصناعة. وعلى الرغم من حادثة فوكوشيما فإن سجل السلامة العالمية لا يزال ساري المفعول، ففي المستقبل سيكون للطاقة النووية نصيب

مهم من مزيج الطاقة المستهلكة عالمياً وانتشارها في منطقة الشرق الأوسط وشمال افريقيا سيقل على المدى القصير بسبب تغير بعض أنظمة الحكم في الدول العربية (الربيع العربي) ولكن قد تساهم لاحقاً في تشجيع انتشار هذا النوع من الطاقة في المنطقة في حال استقرارها.

وأضاف سيتم عرض الجيل الثالث ولكن ببطء ومن غير المحتمل أن تكون بشكل تجاري قبل عام 2025 ، وهناك حاجة لنظام دولي للسلامة النووية. وقال أن الطاقة النووية وحدها ليست هي حل سحري لأمن الطاقة كالتخفيف من حدة تغير المناخ والطاقة المستدامة.

حلقة نقاشية حول التكيف مع حالة عدم اليقين في عالم الطاقة
Coping with Uncertainty in the Energy World

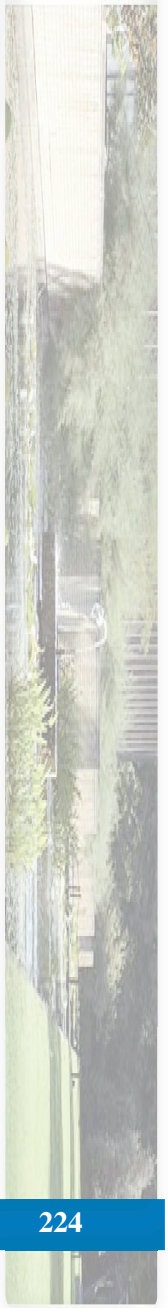
كلود ماندیل ، المدير السابق لوكالة الطاقة الدولية
نور الدين آيت الحسين، وزير طاقة سابق - الجزائر

تمحور موضوع الحلقة النقاشية حول بعض المحاور ذات العلاقة بصناعة النفط والغاز كمستقبل الطاقة الكهربائية، وإنتاج النفط في شمال أمريكا، والطاقة النووية، والطاقات البديلة في الولايات المتحدة الأمريكية، والقضايا البيئية واستخدام تقنية حجز واصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون CCS» " وانعكاساتها الاقتصادية والتكنولوجيا ذات العلاقة بكفاءة الطاقة.

في هذا الخصوص تناول السيد ماندیل أهم الحوادث التي تعرضت لها مجموعة Shell فيما يتعلق بصناعة الغاز مثل حادثة سيبيريا وانعكاسات تلك الحادثة على تغير قواعد اللعبة في مسألة التنقيب والاستكشاف.

من جهته سلط السيد آيت الحسين الضوء على موضوعات الاستثمارات في صناعة النفط خاصة وان المرحلة الراهنة تتطلب ضخ استثمارات ضخمة في هذا القطاع في ظل النمو المتسارع والطلب المتزايد على الطاقة كما أشار إلى انعكاسات حادث فوكوشيما النووي على هذه الصناعة وعلى الواقع الاقتصادي والاجتماعي للمجتمع الياباني والدولي. كما استعرض مراحل مسيرة الصناعة النفطية في ظل تغيير قواعد اللعبة منذ عام (2000) على حد قوله، و الأخطار السياسية التي تعصف بهذه الصناعة وكيفية التعامل مع تلك المتغيرات المختلفة في ظل العوامل الجيوسياسية والمالية والاستثمار وغيرها.

كما أشار إلى واقع الحكومات المضيفة وضوابط وقواعد استثمار الشركات الأجنبية، والقدرة الإنتاجية لتلبية الطلب المستقبلي على الطاقة، وشفافية المعلومات، والمشاكل السياسية، مشيرا إلى أن كل تلك التحديات تحتاج منا إلى بلورة وإعادة صياغة لاستراتيجيات الدول البترولية لتواكب المرحلة الراهنة.



وجهات نظر حول التحديات التي تواجه الشركات العالمية

Perspective on the challenges facing super majors

ديف سانيال Dev Sanyal نائب الرئيس التنفيذي لشركة BP

ناقشت الورقة عدد من التحديات التي تواجه شركات النفط العالمية ومن ضمنها التحديات التي تواجه واضعي السياسات في شركات النفط الوطنية وشركات الخدمات الأجنبية، وأعطى مثالا لذلك ما قامت به «BP" للتصدي لمثل تلك التحديات.

وعلى الصعيد العالمي، تطرق السيد سانيال إلى عدد من المؤشرات حيث أشار إلى أن شركة BP تتوقع أن يتضاعف الناتج المحلي الإجمالي العالمي إلى أكثر من 150 تريليون دولار بحلول عام 2030، وتتوقع نمو الطلب على الطاقة بنسبة 40 %، ليصل 16.6 مليار طن مكافئ نفط في السنة، وأن أكثر من 95 % من هذا الطلب المتزايد سيأتي من الدول غير المنضوية تحت مظلة منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD" كالصين والهند. وهذا يعني بطبيعة الحال زيادة في انبعاث CO_2 بما مقداره 25 % .

وعند استقراء هذه الأرقام نلاحظ بروز عدة تحديات منها التحدي المتمثل في العرض فالعثور على احتياطيات وإنتاج على نطاق واسع على مدى فترة متواصلة يتطلب إقامة مشاريع كبيرة وتوفر مهارات هندسية فائقة وتكنولوجيا متقدمة. وهناك التحدي المتمثل في الطلب، فعلى سبيل المثال بلغت ذروة الطلب على النفط في الولايات المتحدة الأمريكية في عام 2005 نحو 21 مليون ب/ي، وانخفض بعد ذلك إلى 19 مليون ب/ي في العام المنصرم بينما نلاحظ أن طلب الصين على النفط قد ارتفع خلال الفترة نفسها من 7 مليون ب/ي إلى 10 مليون ب/ي.

وهناك تحدٍّ آخر يتعلق بإدارة المخاطر من خلال طريقتين وهما إما الاتجاه نحو المكامن الأكثر عمقاً أو الاتجاه نحو استخدام النظم الايكولوجية الأكثر حساسية، فعلى أنظمة إدارة المخاطر أن تكون أكثر توافقية مع هذا التحدي. وهناك أيضاً التحدي البيئي، حيث يتطلب الأمر البحث عن سبل توفير الإمدادات اللازمة من الطاقة دون استنزاف الموارد الأخرى كالمياه، وفي الوقت ذاته كبح انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري كغاز الـ CO_2.

وبعد ذلك استعرض السيد ديف التحديات التي تواجه شركات النفط العالمية التي اندمجت فيما بينها منذ عام 1990. وأشار إلى أن صناعة الطاقة شهدت تطوراً جوهرياً، فلم تعد شركات النفط الكبرى تبسط سيطرتها على الصناعة البترولية، بل أن الشركات الوطنية عملت أيضاً على تطوير قدرتها وبدأت تلعب دورا مهما في هذه الصناعة، ومثال ذلك خبرة شركة أرامكو السعودية فيما يتعلق باستخدام وتطوير تقنيات تحسين معامل استخراج النفط (EOR)، وتقنية شركة بتروبراس فيما يتعلق بنشاط الاستكشاف في المياه العميقة، وخبرة شركة بتروشينا في مجال الخدمات الهندسية وغيرها.

وللشركات الوطنية في الوقت الحاضر نشاطات في مجال الاستكشاف والإنتاج وغيرهما خارج حدود بلدانها وهذا أمر لم يكن موجودا في السابق. لذلك يسود الاعتقاد بأن دور الشركات النفطية الكبرى قد تغير، فبعد أن كانت تلك الشركات تتميز في السابق بضخامة

حجم العمليات التي تقوم بها، فالمعتقد هو أن دورها سيتوقف في المستقبل على نوعية تلك العمليات وليس على حجمها.

أما بشأن منهجية شركة BP فقد أشار المتحدث إلى امكانية أن تتكيف هذه الشركة مع هذا المشهد المتغير في ظل خبرتها العريقة، حيث أنها طالما كانت لاعباً رئيسياً خلال حقبة ما قبل تأميم النفط. وتمتلك الشركة حقولا عملاقة في بحر الشمال وخليج المكسيك وفي القطب الشمالي - ألاسكا. كما أنها تمتلك خبرات قوية في التكنولوجيا والمسوحات الزلزالية وذلك ما مكنتها من تحقيق اكتشافات مهمة في المياه العميقة في خليج المكسيك بعد المعاناة من الحادثة المأساوية في تلك المنطقة، والتي استلهمت منها الدروس والعبر حول تعزيز مفاهيم الأمن والصحة والسلامة وإدارة المخاطر، وتم تحديد نقاط القوة ومكامن الضعف في ظل تجربتها الوطيدة في مختلف حقول هذه الصناعة.

واختتم السيد سانيال حديثه بالإشارة إلى أن هناك العديد من التحديات المستقبلية لا تزال تواجه نظم الإمدادات والبيئة والإنتاج من المياه العميقة للنفوط غير التقليدية، وكذلك الغاز غير التقليدي، وأشار إلى أن شركة BP لا تزال قادرة على مواجهة كل تلك التحديات من خلال القدرات المتخصصة، والقدرة على تشكيل أنواع جديدة من العلاقات النفطية لصناعة الطاقة العالمية.

إدارة التغيير وتغيير المستقبل - استراتيجيات أرامكو السعودية

Managing Change, and Changing the Future Saudi Aramco›s Strategies

خالد الفالح، الرئيس وكبير الإداريين التنفيذيين، أرامكو - السعودية

ألقى السيدخالد الفالح، رئيس شركة أرامكو، كلمة ضمن فعاليات الندوة، ونظرا لأهميتها فإننا نورد فيما يلي نصها كاملة:

ترى أرامكو السعودية بأن هناك نقلة نوعية من شأنها أن تغير صورة الطاقة العالمية مقارنة بما كانت عليه قبل بضع سنوات. فهناك أربعة مجالات إستراتيجية، أو حقائق جديدة شاملة ، بحيث تبدو هذه النقلة النوعية أكثر وضوحا، وهي:

أولاً، ضغوط انخفاض الطلب العالمي على الطاقة، لاسيما النفط.

قبل تعرض العالم للأزمة المالية في عام 2008، كانت هناك توقعات بأن يشهد الطلب على الطاقة نموًا سريعًا ومستدامًا، إلا أنه في غضون أربع سنوات فقط، تبدل هذا التصور إلى حد كبير.

وفي الوقت الحاضر، نشهد ضغوطًا متمثلة في انحسار الطلب في الوقت الذي تترسخ فيه تغيرات حياتية وديموغرافية بالتزامن مع الضغوط البيئية والسياسات الحكومية (بما في ذلك الضرائب المحتملة على الكربون) غير المواتية للنفط بشكل خاص وأنواع الوقود الأحفوري بشكل عام، مما يؤثر على معدل نمو الطلب عليه ، لاسيما في الاقتصادات المتقدمة الناضجة. فعلى سبيل المثال، كان التركيز على زيادة كفاءة استهلاك الطاقة محل ترحيب في جميع القطاعات، خاصة في مجال النقل. ففي الولايات المتحدة، على سبيل المثال، التي تعد أكبر

سوق لوقود النقل في العالم، تهدف المعايير الصارمة للحد من استهلاك الوقود إلى رفع معدل الأميال للمركبات الخفيفة من نحو 30 ميلا للغالون الواحد في اليوم لنحو 55 ميلا للغالون الواحد في عام 2025، وهو تحسن تزيد نسبته على 80 في المئة. وسواء تحققت جميع هذه الأهداف أو لم تتحقق، فإن التوجه المستمر نحو تحسين كفاءة المركبات سيفرض مزيدًا من الضغوط لخفض الطلب على النفط.

وهناك انعكاسات الأزمة الاقتصادية العالمية، والتي قد لا يتمكن النمو الاقتصاد العالمي بسببها من استرداد عافيته لعدة سنوات على الأقل – وهو ما يسميه بعض الاقتصاديين "بالمعيار الجديد" "New Normal". لقد تباينت أرقام نمو الطلب في السنوات الأخيرة، إلا أنه من المتوقع هذه السنة 2012 أن يسجل الطلب نموًا متواضعًا يبلغ 850 ألف ب/ي، أي بنسبة تقل عن 1 %، في حين زاد متوسط النمو عن 2.3% بين عامي 1965 و2010. وعلاوة على ذلك، فإن 20 % من هذه الزيادة في الطلب كانت نتيجة لتوقف العمل في محطات الطاقة النووية في اليابان. وبالإضافة إلى ذلك، تراوحت تقديرات العام الماضي الصادرة عن إدارة معلومات الطاقة ووكالة الطاقة الدولية للطلب العالمي حتى عام 2030 بين 8 إلى 9 في المائة أي أقل من تقديرات العام 2007، وهو ما يؤكد هذا التباطؤ.

ثانياً، المخاوف القائمة منذ فترة طويلة بشأن قدرة صناعة النفط على تزويد العالم بالطاقة قد هدأت بشكل كبير وحقيقي.

على مدار السنوات الخمس الماضية، زادت الاحتياطيات النفطية العالمية المؤكدة بأكثر من 200 مليار برميل على الرغم من استهلاك ما يقرب من 90 مليون ب/ي، أو ما مجموعه 165 مليار برميل خلال السنوات الخمس الماضية. ويعزى ذلك في الأساس إلى تطبيق تقنيات محسنة في إنتاج النفوط غير التقليدية والثقيلة، لكن هناك مناطق نفطية جديدة لا تزال تظهر على الخريطة.

أما قصة الغاز الطبيعي فهي في الواقع أكثر إثارة، حيث تزيد الاحتياطيات الحالية المؤكدة من الغاز عن أكثر من 7300 تريليون قدم مكعبة، وهي احتياطات تكفي لمدة تصل إلى 64 عاما على مستوى العالم. لكن يعتقد أن يزيد إجمالي الموارد التقليدية وغير التقليدية على 28 ألف تريليون قدم مكعبة – مقسمة إلى نصفين متساويين – وهي كمية تكفي لنحو 250 عاما بمعدلات الاستهلاك الحالية.

إن هذا التغيير في إمدادات النفط والغاز لم تشهده منطقة أخرى في العالم بهذا الشكل الجوهري سوى الولايات المتحدة، حيث يشير المجلس الوطني للبترول إلى أنه يمكن استخراج ما يقدر بنحو 180 مليار برميل من النفط من المناطق قليلة المسامية والنفاذية باستخدام التقنيات الحالية، ويمكن أن تزيد هذه الكمية إلى تريليون برميل. وبالطبع لا تقتصر المشروعات التطويرية المماثلة على الولايات المتحدة.

وإجمالاً، تسببت المفاهيم الخاطئة حول شح إمدادات النفط الخام والسوائل على مستوى العالم في تأكيد الشعور بالوفرة، وعلى صناعتنا أن تشعر بالفخر حيال ذلك.

ثالثاً، تراجع الاستثمارات في مصادر الطاقة المتجددة

لم تكن هذه السنة مشجعة فيما يتعلق بالطاقة المتجددة، فقد انخفضت الاستثمارات العالمية في مشاريع الطاقة النظيفة إلى 25 مليار دولار خلال الأشهر الثلاثة الأولى من هذا العام (وهو أدنى مستوى لها منذ الأزمة المالية العالمية)، وعلى الرغم من أنها زادت بنسبة تزيد على 50٪ في الربع الثاني فهي لاتزال أقل بنسبة تزيد على 25% مقارنة بنفس الفترة من العام الماضي. وأسباب ذلك معروفة تمامًا. ففي أوروبا، هناك العديد من الدول التي ينتابها شعور بالقلق حيال مستويات ديونها وتقوم بتنفيذ تدابير تقشفية في الوقت الذي تخفض فيه استثماراتها في مجال الطاقة المتجددة. وهذا الأمر يضر بصناعة الطاقة المتجددة حيث كانت تلك الحكومات تدعم النمو السريع في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وبالمثل، يكافح مطورو مصادر الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة للحصول على التمويل اللازم في ظل انعدام الحوافز الحكومية وتوقف الإقراض المصرفي. كما يفرض الغاز الأرخص سعرًا في الولايات المتحدة منافسة شرسة.

وأرامكو متفائلة بشأن مصادر الطاقة المتجددة، التي لا تزال تمتلك قدرات على المدى البعيد؛ فالتحسينات التقنية وانخفاض التكلفة بدأت تعادل جزئيا العقبات التي تواجه تطوير هذه المصادر. كما شهدت أسعار وحدات الطاقة الشمسية انخفاضًا بنحو 50% السنة الماضية وحدها، ليصل هذا الإنخفاض إلى 75% خلال السنوات الثلاث الماضية.

لكن كانت هناك حالة من الغموض حول سرعة هذه المصادر في إحداث تأثير، مما أحدث نوعا من الإحباط. وكانت ضغوط انحسار الطلب على المدى القريب والعقبات السياسية والتقنية والاقتصادية، علاوة على البنية التحتية الهائلة للطاقة على المستوى العالمي – التي يجب أن تشهد تطوراً – تشير إلى أن مصادر الطاقة المتجددة لا تزال تمثل جزءًا ضئيلا من مزيج الطاقة الكلي وأن حصتها ستزيد ببطء على الأرجح.

ومن بين النتائج المترتبة على انخفاض أسعار الغاز الأمريكية وضغوط انحسار الطلب ما نراه فيما يتعلق بتوليد الكهرباء، فالاقتصادات القائمة على الغاز الطبيعي النظيف تبدو نسبيا أكثر انتعاشًا وصلابة من تلك القائمة على الفحم والطاقة النووية أو مصادر الطاقة المتجددة.

رابعاً، التأثير الواضح للأزمة المالية العالمية على التشريعات البيئية.

تسهم بعض القضايا، مثل القدرة على توفير مبادرات واستثمارات وإيجاد فرص عمل وواقع الطاقة المتجددة في مزيد من الضغوط على عقول الحكومات المهمومة بالتقشف، مما يؤدي إلى التباطؤ في سن الشريعات الخاصة بمنع ظاهرة الاحتباس الحراري التي تتطلب أموالا طائلة يصعب على الدول التي تعاني من الضغوط أن تتحملها. وللدلالة على ذلك، علينا فقط أن ننظر إلى خيبة أمل كوبنهاغن، ومستقبل اتفاقية كيوتو الغامض، والفشل في تنفيذ خطة عمل بالي لتحقيق مجموعة من الأهداف، مثل سعي إدارة معلومات الطاقة لتثبيت تركيزات ثاني أكسيد الكربون عند 450 جزءاً في المليون وتراجع استخدام الوقود الأحفوري قبل 2020، حيث أصبح تحقيق ذلك أمراً يكاد يكون مستحيلا.

باختصار، تواجه صناعتنا ضغوطا تتمثل في انخفاض الطلب؛ ووفرة الإمدادات؛ وتباطؤ مصادر الطاقة المتجددة، وانحسار الزخم بشأن التشريعات الخاصة بتغير المناخ. وهذا لا يعني

أن صناعتنا في حال سيئة أو أن الأسعار ستنهار، بل هذا هو مشهد الطاقة العالمي المتغير بشدة مقارنة بما كان عليه الحال قبل عقد من الزمان، أو حتى قبل بضع سنوات.

هذه الحقائق الجديدة تؤكد الحقيقة المرتبطة بصناعتنا منذ الأزل والمتمثلة في أنها صناعة متغيرة دائماً؛ فقلما تتطابق توقعات الأمس مع توقعات الغد؛ والضبابية هي السمة المميزة لهذه الصناعة. ولعل الدرس الواضح الذي تعلمناه من الماضي هو أن الشركات الأفضل في مواجهة العواصف على المدى القصير وتحقيق الازدهار هي تلك التي تمتلك قدرة أكبر على التكيف والتخطيط على المدى الطويل، والتي لا تسمح بأي قدر من التهاون.

وفي أرامكو السعودية، نشعر بالرضا حيال الموارد؛ والتميز التشغيلي؛ والموثوقية؛ والسلامة. لكننا نعرف أيضاً أنه قد يكون هناك مفاجآت: تقنية أو سياسية او اقتصادية، وعليه لم تقف أرامكو أبدًا مكتوفة الأيدي، فهي تشهد تحولا استراتيجيا شاملا واستباقيًا. إنه التحول الذي نتجاهل معه إغراءات قصيرة الأجل وقليلة المخاطر ونمضي قدمًا في مواصلة العمل بالشكل الأفضل والتحسن التدريجي في المجالات التي تحتاج إلى تحسينات من أجل حماية شركتنا العظيمة في المقام الأول. وتتمثل الفلسفة التي يرتكز عليها برنامج التحول الاستراتيجي المتسارع في أرامكو السعودية في الاستفادة من نقاط قوتنا ومزايانا النسبية لاستغلال الإمكانات الكاملة لشركتنا من خلال جدول أعمال مفعم بالتحديات يقوم على أربع ركائز هي:

1 - إعادة تشكيل حافظة أعمال الشركة في الوقت الذي تتحول فيه أرامكو من شركة نفط وغاز إلى شركة طاقة ومواد كيميائية عالمية متكاملة قادرة على المنافسة:

مع تحول أرامكو السعودية لشركة عالمية رائدة في مجال الطاقة والمواد الكيميائية، فإنها تعمل على تعزيز أعمالها القائمة، وإضافة أعمال جديدة لتوسيع وتعزيز حافظة أعمالها.

الأعمال الحالية

من المعلوم أن النفط والغاز سيظلان مؤثرين محوريين في مشهد الطاقة العالمي في المستقبل المنظور. ونحن ندرك أن الحفاظ على طاقتنا الإنتاجية الاحتياطية للنفط يمثل أمرًا بالغ الأهمية للحفاظ على استقرار سوق النفط نظرًا لأنه يلعب دورًا محوريًا في حماية الصحة الاقتصادية للعالم. إنها مسؤولية اضطلعنا بها بأمانة وبشكل موثوق على مدى عقود، برغم تكلفتها العالية، وسنواصل القيام بذلك.

وعليه، فأرامكو ماضية في تعزيز أعمالها النفطية لتلبية الطلب المتزايد على إنتاجها من النفط. ونخطط في الواقع لاستثمار 35 بليون دولار خلال السنوات الخمس المقبلة في التنقيب عن النفط الخام وتطويره للحفاظ على أعمالنا في مجال إنتاج النفط قوية وصلبة. كما أننا نخطط لزيادة إمدادات الغاز التقليدي وغير التقليدي بما يقرب من 250 في المائة خلال العقدين القادمين. وهناك مساحات شاسعة في المملكة العربية السعودية لم تستكشف بالشكل الكافي، ومن المقرر استكشافها بقوة.

الأعمال الجديدة

في غضون ذلك، سوف نوسع أرامكو نطاق أعمالها بشكل كبير من خلال دمج المجالات التقليدية وغير التقليدية، وتنويع وزيادة إيراداتها بمرور الوقت مع إضافة قيمة أكبر لمنتجاتها.

ومن ثم نستفيد من نقاط القوة ومزايانا التنافسية في أعمالنا بطرق مهمة.

بادئ ذي بدء، وعلى النقيض من الرأي العالمي السائد، نعتقد أن الشركات الكبيرة المتكاملة يمكن أن تنشئ وتحافظ على أعمال تكرير وتسويق سريعة ومربحة تدر عائدات عبر سلسلة القيمة. وهذا هو الدافع وراء استمرار توسعنا الكبير في طاقتنا التكريرية العالمية وزيادة إجمالي طاقة المصافي التي نمتلكها بالكامل أو نشارك في ملكيتها في العالم بنحو 8 مليون ب/ي خلال العقد المقبل لنصبح بذلك الشركة الأعلى إنتاجاً في العالم.

وفي ضوء هذا التوسع، نعتقد أيضًا بوجود إمكانية كبيرة لبناء أعمال للبتروكيماويات عالمية المستوى من خلال دمجها مع المصافي ومعامل الغاز ومرافق تكسير سوائل الغاز الطبيعي وشبكات خطوط الأنابيب وأنظمة الهيدروجين ووحدات التخزين. ومع تحقيق هذا الدمج بين أعمال التنقيب والإنتاج والتكرير والتسويق والكيماويات، سنحقق فوائد أخرى عبر سلسلة القيمة مما يعظم من أرباح النفط والغاز وسوائل الغاز الطبيعي والمنتجات المكررة، لاسيما منتجات المواد الهيدروكربونية المستخدمة كلقيم بتروكيماوي اقتصادي.

وهناك الغاز غير التقليدي، حيث تشير التوقعات بأن طاقة الغاز غير التقليدي في المملكة قد تعادل نظيرتها من الغاز التقليدي فضلاً عن أن بعض التقديرات تقول بأن المملكة تمتلك خامس أكبر احتياطي للغاز غير التقليدي في العالم، ونحن بصدد تقييم هذه الطاقة. ثمة ميزة تنافسية مهمة أخرى هي الطاقة الشمسية. فالمملكة تستفيد من نحو 3000 ساعة من أشعة الشمس سنويًا تبعث ما يقرب من 7000 واط من الطاقة للمتر المربع وهو معدل من بين أعلى المعدلات في العالم. فلدينا مساحات شاسعة من الصحراء؛ حيث يمكننا إقامة مناطق لتوليد الطاقة الشمسية على أراض رخيصة الثمن نسبيًا. كما منحنا الله طبقات من صخور الكوارتز التي يمكن استخدامها في تصنيع خلايا البولي سيليكون والخلايا الكهروضوئية.

2 - دعم النمو الاقتصادي في المملكة:

الركيزة الثانية من جدول أعمال الشركة ترتبط ارتباطًا وثيقًا بقدرتنا على الازدهار هو دعم النمو الاقتصادي في المملكة إلى جانب تمكين قطاع الطاقة السعودي من أن يكون تنافسيًا وقويًا على المستوى العالمي. فنحن بحاجة إلى توفير القيمة المضافة والوظائف لشبابنا الذي يعتبر تحديًا ديموغرافيًا يواجه المملكة والعديد من الدول في الشرق الأوسط.

لذلك، علينا أن نساعد في تطوير القطاع لمساندة الطاقة المحلية حتى تتاح للموردين المحليين الفرصة لتوريد عدد أكبر من السلع والخدمات، بما في ذلك المنتجات عالية القيمة. كما يجب أن نساعد في الارتقاء بمستويات التعليم وإنشاء قاعدة معرفية لمستقبل المملكة. وعلينا أن نعمل على خفض مستوى استهلاك الطاقة في المملكة وجعلها أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة في الوقت الذي نؤدي فيه دورنا في تنويع الاقتصاد السعودي. وخير أمثلة على ذلك هو ما ذكرته للتو عن أعمال الكيماويات والطاقة الشمسية والغاز غير التقليدي المفيدة للشركة والمعينة على توسيع وتنويع اقتصاد المملكة.

على سبيل المثال، نعتزم بناء أعمال كيميائية رائدة من خلال تنمية وتكامل الكيماويات

مع عمليات التكرير العالمية. وستساعد المواد التي تنتجها معامل الكيماويات لدينا في إيجاد صناعات جديدة في المملكة معظمها صناعات تحويلية في المناطق الصناعية المتاخمة لمجمعات التكرير والبتروكيماويات تنتج منتجات ذات قيمة مضافة نهائية وشبه نهائية. ومن المتوقع أن تكون الصناعات التحويلية تلك أكثر ثراءً من حيث القيمة المضافة وأكثر قدرة على توفير الوظائف كما ستكون ركيزة لانطلاق اقتصاد المعرفة الناشئ.

فإذا تكللت استراتيجيتنا بالنجاح، فسننفق ما لا يقل عن 500 مليون دولار سنويًا على التقنيات المتعلقة بالكيماويات، وإنشاء شركة ضخمة يعمل بها من 20 إلى 30 ألف موظف يتقاضون رواتب مجزية. كما أنها ستتيح الفرصة لشركات سعودية أخرى لتكون جزءًا من صناعة بتروكيماوية عالمية تقدر بتريليون دولار عبر زيادة مشاركتها في الصناعة السعودية إلى مستوى يتلائم مع احتياطيات النفط الخام لدينا.

وكذلك الأمر مع الطاقة الشمسية، فرؤيتنا تتمثل في مساعدة المملكة على أن تصبح مركزًا رائدًا للأبحاث والتطوير في العالم ومركز قوة في مجال الطاقة عبر سلسلة القيمة. فبشكل مبدئي، قمنا بتركيب ألواح شمسية تنتج 500 كيلوواط في جزيرة فراسان في البحر الأحمر ضمن جهودنا لمقارنة تقنيات الألواح الكهروضوئية الشمسية واكتساب خبرة التشغيل.

وفيما يتعلق بالغاز غير التقليدي، ففي حال نجحت مساعينا سيعود ذلك على المملكة بفوائد كثيرة، حيث نستطيع استبدال الوقود السائل بالغاز الطبيعي الأنظف والأكثر كفاءة لتوليد الطاقة الكهربائية في المملكة وتوفير مزيد من المواد الهيدروكربونية السائلة للتصدير. وبحسب تكوين الغاز، فإنه يمكن أن يستخدم لقيمًا إضافيًا للبتروكيماويات. وهناك فوائد اقتصادية أخرى تتمثل في توطين التقنية والتوظيف واكتساب المهارات.

3 – بناء القدرات من خلال تحسين قدراتنا التقنية ومواردنا البشرية:

إن أرامكو لا تعزز من مواردها الضخمة من رأس المال والطاقة فحسب، فقد تم إعداد برنامج التحول الاستراتيجي المتسارع لزيادة الاستفادة من التقنية والموظفين في الشركة في مساندة مشاريع الشركة الآخذة في التوسع وتحقيق النجاح في بيئة تنطوي على المزيد من الهواجس والتحديات.

بالنسبة للتقنية، يعني ذلك أن تصبح أرامكو السعودية قوة رائدة في إنشاء تقنيات الطاقة بهدف تلبية متطلباتنا الفريدة بما يتماشى مع استراتيجيات العمل طويلة الأجل. والتحديات الرئيسة أمامنا هي تحسين التنقيب عن النفط واستخلاصه، وتطوير صيغ متقدمة للوقود تلائم الأنواع الجديدة من المحركات في المستقبل، والبحث عن التقنيات المتطورة في مجال الكيمياويات، والتميز في جمع الكربون، مع التركيز على المصادر المتنقلة، وتعظيم قدرة تقنية النانو والمواد المتقدمة – وكما ذكرت آنفًا – تقنيات الطاقة الشمسية المتقدمة.

بالطبع لا يمكننا الاعتماد على تطوير حلول التقنية داخليًا فقط، فنحن نعزز علاقات التعاون في أنحاء كثيرة من العالم. ومن بين التطورات الكبيرة قيامنا مؤخرًا بتأسيس شركة تابعة تحت اسم "أرامكو السعودية لمشاريع الطاقة المشتركة" بهدف الاستثمار في شركات

تقنيات التشغيل التي يمكن أن تحقق قيمة أكبر من خلال التقنيات المبتكرة في الكثير من المجالات بدءًا من التنقيب والإنتاج والتكرير والتسويق للزيت والغاز حتى كفاءة استهلاك الطاقة والمياه.

وللاستفادة من التقنية، فإن الاستثمار في الثروة البشرية على المدى البعيد يعد أمرًا في غاية الأهمية. ففي أرامكو السعودية، رأينا ذلك بأعيننا خلال الشهر الماضي عندما كانت الشركة هدفًا لهجوم فيروسي أصاب بعض أجهزة الكمبيوتر واختبر مدى قوتنا. فلم تتأثر سمعة أرامكو السعودية كمورد موثوق للطاقة بفضل قدرتنا على التصدي للمحاولة الآثمة وما أبداه موظفونا من تفان وحرفية حيث تم الاتصال بالعملاء وإرسال العقود عبر الفاكس والتوصل إلى حلول.

وفي نهاية المطاف، لا يزال النفط يصل إلى الناس في كل مكان. ولذلك فنحن نولي اهتمامًا خاصًا ببناء ثروتنا من الكوادر المؤهلة وإطلاق طاقة شركتنا القوية، والتي بحلول عام 2016 سيكون 40 بالمائة تقريبًا من موظفيها دون الثلاثين من العمر. ومن واقع خبرتنا، فإن هذا الجيل هو جيل التقنية والتعلم السريع ويستطيع أن يقدم أداءً متميزًا إذا توفر له الحافز المناسب. وعليه، فإننا ندرب هؤلاء الشباب ونهيئهم للعمل في الشركة كما نهيئ الشركة للتعامل معهم بنفس القدر من الاهتمام.

4 - إصلاح أنظمتنا وإجراءاتنا لنكون أكثر تركيزًا على الأداء وأكثر مرونة في المستقبل.

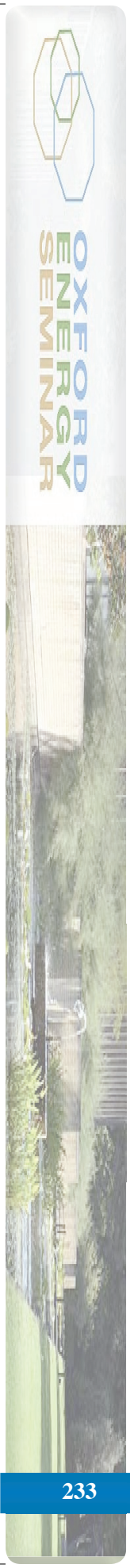
للشركة أنظمتها وإجراءاتها الخاصة بها. وهي إجراءات متحفظة إلى حد ما، ولذا يجب أن تتغير. ويعني ذلك، بالإضافة إلى أشياء أخرى، تغيير عمليات التخطيط الخاصة بنا، وتعلم سلوكيات ومهارات جديدة، والقضاء على البيروقراطية.

إن تحقيق أهداف برنامج التحول الاستراتيجي المتسارع التي تطرقت إلى بعضها بإيجاز لن يحافظ على مكانة أرامكو السعودية كشركة رائدة في التنقيب عن النفط والغاز وإنتاجهما فحسب، بل سيجعلنا أكبر شركة تكرير في العالم، وإحدى كبريات شركات البتروكيماويات، وشركة رائدة في تطوير التقنية؛ وسنحتل مركزًا متقدمًا في توليد الكهرباء، بما في ذلك الموارد المتجددة. إنها التركيبة الفعالة والتي إلى جانب مواهب موظفينا وقدرة تقنياتنا المتطورة ستساهم في ازدهار شركتنا الكبيرة حتى في مجالات الطاقة الجديدة.

وثمة حقيقة أخرى تؤثر على شركات النفط العالمية والوطنية على حد سواء، ألا وهي رفع سقف التوقعات المجتمعية من الشركات العالمية.

عندما نتحدث عن صناعات المشتقات بشكل عام وصناعة البترول على وجه الخصوص، فهناك الكثير من المناطق الجذابة الغنية بالموارد في الدول النامية حول العالم. ويزداد اعتقاد الشعوب في هذه الأقاليم بأن شركات البترول الوطنية وشركات البترول الدولية كلتيهما تستفيد من استغلال ثرواتهم الوطنية؛ فهذه الشركات تحصل على المادة الخام وتستنزف مواردهم الطبيعية.

علاوة على ذلك، تراجعت ثقة الشعوب في هذا القطاع عمومًا حول العالم. وهذا الأمر



يجب أن نتعاون في معالجته إذا كنا نريد إقناع الناس بأن أولويتنا هي توفير طاقة يمكن الاعتماد عليها وتحمل تكلفتها بطريقة آمنة ومسؤولة تجاه حماية البيئة مع الاستثمار في رفاهية المجتمعات والدول التي نعمل بها. وأرى أن مجرد الالتزام لم يعد كافيًا، بل ينبغي أن تكون معاييرنا هي الأفضل في هذا الصدد. ولأوضح لكم بشيء من التفصيل. يجب أن نربط ثرواتنا طويلة الأجل بشكل أوثق بالدول والمناطق التي ننفذ فيها أعمالنا. وهذا قد يشمل إضافة القيمة إلى الأعمال على اليابسة، وتوطين السلع والخدمات، وتشجيع التجارة، ونقل التقنية، وإجراء أبحاث حقيقة في الدول المستضيفة، وتطوير الأفراد، ودعم التعليم العالي الجودة، مثلما نفعل تمامًا في المملكة. وذلك لأن ازدهار الدول التي نحصل منها على الموارد أو توجد بها أسواقنا هو بالتأكيد أمر مفيد لنا جميعاً. وهذا لا يعني أبدًا أن نفقد تركيزنا التجاري؛ بل على العكس، يجب أن نستهدف الربح على نحو كاف حتى نستطيع أن نلبي التوقعات المجتمعية. ولكن إذا تمكنا من التعاون معًا حول هذه القضايا، فستزداد إمكانية نجاحنا في العمل بشكل كبير وسيرى المجتمع صناعتنا كعامل أساسي في تحقيق الازدهار والرفاهية والطموح.

خلاصة القول، إن صناعتنا تتغير بشكل كلي، كما نعلم أن علينا أن نستعد لذلك بشكل استباقي. ونحن ندرك أيضًا أن علينا التصدي لتحدي ارتفاع سقف التوقعات المجتمعية حيثما نعمل. وعادة ما يصاحب التغير هواجس وتحديات غير أنه يجلب الفرص أيضًا. ومن يحسن التعامل مع التحدي سيكون له قصب السبق، ولهذا فأنا أعتقد أننا ينبغي أن نرى في المشهد المتغير فرصة لإعادة اكتشاف أنفسنا، كما فعلنا ذلك مرات عديدة من ذي قبل.

وربما يجدر بنا أن نستلهم طموحنا من شعار كلية سانت كاثرين العريقة الذي يجمع بين الحداثة والعراقة. ونستفيد من نقاط قوتنا للحصول على فرص جديدة والتصدي للتحديات الناشئة في عالم الطاقة المتغير، مع الاعتماد على القيم الثابتة وعقود من الخبرات اكتسبناها بشق الأنفس، حتى نكون معًا جزءًا من عالم الطاقة المزدهر في الغد ونستطيع الوفاء بمسؤولياتنا.

أوضاع الطاقة في المستقبل المنظور

Energy in the Near Future

اللورد براون مادنغلي Lord Browne Madingley
شريك ومدير شركة Riverstone Holdings LLC

بدأ اللورد مادنغلي حديثه بالتطرق إلى توقعاته بشأن أوضاع الطاقة المستقبلية بحلول عام 2020، مشيراً إلى:

أولاً: أن بلدان أمريكا الشمالية سوف تكون مكتفية ذاتياً من الطاقة بحلول عام 2020، وان تطبيق أربعة أنواع من التقنيات سيقود التحول نحو الاكتفاء الذاتي، أولها تقنية المياه العميقة في الخليج، وثانيها تطوير رمال القار في كندا، وثالثها تطور الوقود الحيوي في الغرب الأوسط، ورابعها أبعاد تقنية التكسير الهيدروليكي في مجال النفط والغاز الصخري. وإذا ما تم الوصول بتلك التقنيات إلى مراحلها الأخيرة من التطوير فبإمكانها أن تفتح المجال أمام

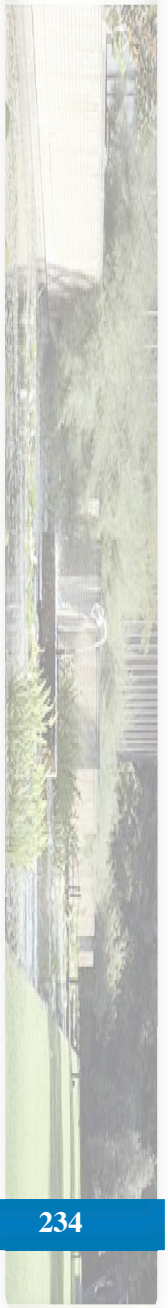
رفع إنتاج الولايات المتحدة إلى مستوى يجعلها كأكبر منتج للعالم لتتجاوز بذلك كل من روسيا والسعودية ودول الخليج العربي. وهذا التطور سيساهم في خفض العجز التجاري في الولايات المتحدة بنسبة 60 %، ويدعم الاقتصاد الوطني لينمو بمعدل 3 % ، وخلق أكثر من مليون فرصة عمل جديدة في الولايات المتحدة.

ثانياً، يتوقع المتحدث بأن التطورات في مجال تحقيق قفزة نوعية ليس في مجال الطاقة الأمريكية فحسب ولكن في الغاز الصخري سيساعد على تحويل نظام الطاقة العالمي. إن التطورات في تكنولوجيا الغاز الصخري أدت إلى خفض التكاليف بشكل سيكون له انعكاس على صناعة الطاقة من خلال توفير احتياطيات هائلة في عدد من الدول المستقرة وإمكانية تحقيق الاكتفاء الذاتي في مجال الطاقة لأكثر من دولة، وكذلك تحقيق الانتعاش الاقتصادي في الدول المنتجة له، فضلاً عن أنه وقود نظيف سيساهم في التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة.

ثالثاً، إن الحافز وراء التوسع في الطاقة المتجددة لن يتحقق ما لم يكن هناك تغيير سياسي كبير. ولعل من الملفت للنظر نمو الاستثمارات بمعدل أكثر من 30 % خلال 5 سنوات السابقة وكان للدعم النسبي دور مهم في الدفع بالاتجاه نحو الطاقات المتجددة كما كان لانخفاض التكاليف دور أيضاً في هذا الاتجاه.

رابعاً، من المتوقع أن يكون هناك تحول أساسي في التوازن الاقتصادي والاستراتيجي على المستوى العالمي. والقوى المحركة لهذا التحول تشمل الآتي:

- **إن الاكتفاء الذاتي من الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية سيتلاشى معه مصالحها الإستراتيجية في منطقة الشرق الأوسط.**
- **إن تناقص اهتمامات الولايات المتحدة بشأن أمن إمدادات النفط سيقابله تزايد الاهتمام بهذا الأمر في الصين مما يعني أنه في ظل الارتفاع السريع في استهلاك الطاقة فإن الصين ستحتاج لاستيراد أكثر من 80 % من احتياجاتها من النفط في عام 2035.**
- **وفي سوق الغاز الطبيعي، من المتوقع أن الموقع المتميز لكل من روسيا وقطر أن يتأثر بفضل "ثورة الغاز الصخري" على المدى الطويل.**
- **لجوء الحكومات إلى اختبار مسارات مختلفة، والمستمرين بحاجة للتعامل مع السياسات المحلية بدلاً من الدولية كمصدر أساسي لعوامل المخاطرة وعدم اليقين. فالتطورات المحلية وليست الجيوسياسية هي التي ستلعب دور مهم في تشكيل الصورة الجديدة للصناعة خلال السنوات القادمة.**



الاستنتاجات

بعد هذا الاستعراض الموجز للأوراق المقدمة في ندوة أكسفورد الرابعة والثلاثين للطاقة، يمكن التوصل إلى عدد من الاستنتاجات، نوجزها على النحو التالي:

أولاً: فيما يتعلق بالأداء الاقتصادي:

- إن أداء الاقتصاد العالمي بشكل عام يمر بمرحلة من التباطؤ، فالأداء الاقتصادي لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية «OECD» ينمو بوتيرة بطيئة جداً خاصة في منطقة اليورو بسبب الأزمة المالية وأزمة الديون التي تمر بها.
- تعاني الولايات المتحدة الأمريكية من أزمة اقتصادية مالية وستعاني كثيراً من تفاقم العجز في ميزانها التجاري مما سيترتب عليه ارتفاع نسبة الضرائب وانخفاض مستوى دخل الفرد و قد ينعكس ذلك على استهلاكها للنفط الخام ومشتقاته.
- الانخفاض في مؤشرات التجارة الدولية خاصة في دول الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية «OECD" والدول الآسيوية في ظل الأزمة المالية والاقتصادية.
- لا تزال العلاقات الاقتصادية بين روسيا والدول الناشئة (الصين والهند) تشكل بوابة مهمة لتقوية العلاقات والاستثمارات المشتركة لا سيما في القطاع النفطي وقطاع الطاقة بشكل عام.

ثانياً: التطورات في مجال النفط والغاز:

- إن منطقة الشرق الأوسط ولا سيما بلدان في الخليج العربي ستظل تمثل الساحة الرئيسية للتنافس العالمي في الوقت الحاضر والمستقبل كونها المنطقة التي تحتوي على معظم احتياطيات النفط العالمية.
- أهمية النفط ودوره كأهم مصدر من مصادر الطاقة في العالم وكمادة حيوية أساسية لا غنى عنها سواء لقطاع النقل أو لقطاع الصناعة أو صناعة البتروكيماوية المختلفة. فالنفط في الوقت الحاضر يعتبر منافساً تجارياً لمصادر الطاقة البديلة سواء من حيث تكلفة انتاجه أو من حيث سعره في أسواق الاستهلاك العالمية. وبمتابعة التطورات التي شهدتها السوق العالمية، يلاحظ أن النفط سيظل مهيمناً كمصدر مهم للطاقة خلال العقود القادمة.
- تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية من أكبر الدول المنتجة والمستهلكة للنفط في العالم فهي إلى جانب تمتعها بثروة نفطية ضخمة تحتل مركز الريادة في مجال الغاز الصخري الذي شهد تطوراً ملحوظاً في الآونة الأخيرة.
- على الصعيد النفطي ظهرت القارة الافريقية في السنوات القليلة الأخيرة

كمنطقة حيوية لمصادر الطاقة الأمر الذي زاد من أهمية القارة على الصعيد الاستراتيجي خاصة فيما يتعلق باكتشافات النفط الجديدة والاحتياطي النفطي الذي رأت فيه العديد من الدول مصدراً مهماً للطاقة مستقبلاً فقامت العديد من الشركات الهندية والصينية والأمريكية والأوروبية للتسابق إلى القارة للاستثمار فيها.

- على الرغم من التوقعات بشأن الدور الكبير الذي سيلعبه انتاج النفط في العراق في السوق النفطية، إلاّ أن قطاع الطاقة يواجه حالة من التدهور في البنية الأساسية ، والحاجة تقتضي إعادة إعمار تلك البنى لانقاذ الإنتاج النفطي، وهذا يتطلب استثمارات ضخمة والاستعانة بالشركات الأجنبية الكبرى.
- من المتوقع أن تلجأ الدول الناشئة (الهند والصين) للاعتماد بشكل أكبر على نفط منطقة الخليج ومنطقة الشرق الأوسط بشكل عام.
- بروز كبير للغاز الطبيعي كمصدر رئيسي للاستهلاك المحلي و للتصدير، وبات من الواضح بزوغ العصر الذهبي لهذه الصناعة.
- إن التطورات في تكنولوجيا الغاز الصخري أدت إلى خفض التكاليف بشكل سيكون له انعكاس على صناعة الطاقة من خلال توفير احتياطيات هائلة في عدد من الدول المستقرة وإمكانية تحقيق الاكتفاء الذاتي في مجال الطاقة لأكثر من دولة، وكذلك تحقيق الانتعاش الاقتصادي في الدول المنتجة له، فضلاً عن أنه وقود نظيف سيساهم في التحول إلى مصادر الطاقة المتجددة.

ثالثاً: التطور في المصادر الأخرى:

- هناك تكثيف الجهود للدول المستهلكة المبذولة لتطوير مصادر الطاقة المتجددة، وقد أدى التطور في عدد من الصناعات إلى إحراز تقدم ملحوظ في تحسين وسائل حفظ الطاقة، من خلال إنتاج مركبات أكثر كفاءة في استهلاك الوقود وفي تطوير أنظمة أكثر كفاءة في استخدام الطاقة.
- لم تكن هذه السنة مشجعة فيما يتعلق بالطاقة المتجددة، فقد انخفضت الاستثمارات العالمية في مشاريع الطاقة النظيفة إلى 25 مليار دولار خلال الأشهر الثلاثة الأولى من هذا العام، وهو أدنى مستوى لها منذ الأزمة المالية العالمية.
- هناك العديد من الدول التي ينتابها الشعور بالقلق حيال مستويات ديونها وتقوم بتنفيذ تدابير تقشفية في الوقت الذي تخفض فيه استثماراتها في مجال الطاقة المتجددة. وهذا الأمر يضر بصناعة الطاقة المتجددة حيث كانت تلك الحكومات تدعم النمو السريع في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وبالتالي من المتوقع انخفاض حصة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة العالمي في القطاعات الاقتصادية المختلفة (كالنقل وتوليد الطاقة الكهربائية).

رابعاً: التحديات:

- مع زيادة الطلب العالمي على النفط مقارنة بمحدودية الموارد الجديدة المكتشفة من هذه السلعة الاستراتيجية في العالم، واستمرار الاضطرابات الجيوسياسية والتي تثير القلق في شأن مستقبل امدادات النفط. قد ينشأ تنافس شديد بين شركات النفط العالمية وذلك سعياً لتأمين أكبر قدر من الحصص المستقبلية للحفاظ على النمو الاقتصادي.
- موضوع التلوث البيئي وانبعاث CO_2 يشكل تحدياً كبيراً على الصناعة النفطية مما يرفع نسبة الاعتماد على موارد الطاقة المتجددة وذلك لتخفيف نسبة الانبعاثات الناجمة عن الاستهلاك الكبير لموارد الطاقة لا سيما الأحفورية فيها.
- من المتوقع أن تطورات أسواق النفط العالمية سوف تدفع ببذل مزيد من الجهد نحو تعزيز التعاون وتوطيد الحوار بين الدول المنتجة والدول المستهلكة، وخاصة أن معظم اقتصادات الدول المستهلكة سوف تظل لفترة طويلة معتمدة بشكل كبير على الوقود الأحفوري كمصدر رئيسي للطاقة.
- إن تركز الجزء الأكبر من الاحتياطي العالمي المؤكد من البترول داخل دول الأوبك يؤكد على أن أوضاع السوق في المستقبل ستميل على الأرجح لصالح عدد محدود من الدول المنتجة للبترول في العالم ويأتي على رأسها دول الخليج العربي. ومن المتوقع أيضاً أن الدول المنتجة للنفط في أوبك ستساهم بما يزيد على 50% من إجمالي الطلب على النفط في عام 2020 الذي يتوقع أن يصل إلى 100 مليون ب/ي على أقل تقدير.
- سيكون للعوامل الجيوسياسية تأثير واضح على مستويات أسعار النفط ، خاصة بعد أحداث الربيع العربي والتطورات في الملف الإيراني.
- وأخيراً من الواضح أنه هناك تغير في مشهد الطاقة العالمي خلال المرحلة القادمة وفق سيناريو تغير المناخ، وفي ظل أزمة الطاقة النووية بعد حادثة فوكوشيما، والتطورات التي تشهدها المصادر غير التقليدية كرمال القار والنفط والغاز الصخري.

Oxford Energy Seminar
2012

البيبليوغرافيا

اعداد: عمر كرامة عطيفة

إدارة الإعلام والمكتبة

يشمل هذا القسم بيليوغرافيا بالمواضيع التي تطرقت إليها أحدث الكتب والوثائق ومقالات الدوريات العربية الواردة إلى مكتبة أوابك، مدرجة تحت رؤوس الموضوعات التالية:

- الاقتصاد والتنمية
- البتروكيماويات
- البترول (النفط والغاز)
- التجارة والعلاقات الاقتصادية الدولية
- قضايا حماية البيئة
- الطاقة
- المالية والمالية العامة
- نقل التكنولوجيا
- موضوعات أخرى

الاقتصاد والتنمية

أبوالعينين، سهير. مقتضيات تطوير إستراتيجية التنمية في مصر في سياق مراجعة فكر التنمية في أعقاب الأزمة الاقتصادية العالمية.-- المجلة المصرية للتنمية والتخطيط.-- ع. 1 (6/ 2012).-- ص. 220-235.

الآثار المتوقعة لسياسة التسهيل الكمي في الولايات المتحدة على اقتصاد الإمارات.-- النشرة الاقتصادية.-- مج. 8 ، ع. 103 (2013/1).-- ص. 1-6.

الاقتصاد المصري بين التحديات وآليات العلاج في ضوء مبادرة الانطلاق الاقتصادي.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية: التقرير الاقتصادي.-- ع. 8 (2013 /1/20).-- ص. 2 - 12.

جامعة الدول العربية، الصندوق العربي، صندوق النقد العربي، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول. التقرير الاقتصادي العربي الموحد، 2012.-- ابوظبي: صندوق النقد العربي، .-- 454 ص.-- (53) 058:33R ت ق ر.

زيتون، بشار. وقائع وأرقام مذهلة في بلدان الخليج: السكان والاستهلاك في المنطقة العربية.-- البيئة والتنمية.-- مج. 18، ع. 178-179 (2013/2-1).-- ص. 16-23.

صناعة الألمنيوم في الإمارات: دبي قادرة على تلبية الطلب الإقليمي والعالمي.-- النشرة الاقتصادية.-- مج. 8، ع. 102 (2012/12).-- ص. 3-6.

عبدالعظيم، هيثم. المنتدى المصري للتنمية المستدامة يرصد واقعها ويحدد مستقبلها.-- منتدى البيئة.-- ع. 250 (2013/1).-- ص. 6-7.

كيف يمكن لدول مجلس التعاون الخليجي تفادي عوامل التقلب الاقتصادي في عام 2013.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية: التقرير الاقتصادي.-- ع. 3 (2013/1/6).- - ص. 2-18.

مخلوف، بدر إسماعيل محمد. الإحصاء وسوق العمل في الدول العربية.-- المجلة المصرية للتنمية والتخطيط.-- ع. 1 (6/ 2012).-- ص. 106-142.

مستقبل الاقتصاد الأمريكي خلال عام 2013.... بين الانحدار المالي والهاوية المالية.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية: التقرير الاقتصادي.-- ع. 56 (2012/12/16) .-- ص. 1 - 14.

هل تسهم حزم الانقاذ الأوروبية في خروج الاقتصاد اليوناني من حالة الركود خلال عام 2013.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية: التقرير الاقتصادي.-- ع. 9 (2013 /1/21) .-- ص. 1-12.

هل يستطيع قرار رفع تكلفة العمالة الوافدة التقليل من هيمنتها على سوق العمل السعودي؟.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية: التقرير الاقتصادي.-- ع. 1 (2/ 2013/1).- - ص. 2 - 16.

هيرير، ريمي. الأدوار السياسية للفكر الاقتصادي المهيمن. -- ترجمة، أحمد زوبدي -- المستقبل العربي.-- مج 35، ع. 407 (2013/1).-- ص. 118-140.

البتروكيماويات

بهبهاني، كمال. ال 6 سيجما حققت وفرا ماديا قدر ب 30 مليون دولار.-- عالم المؤسسة.-- ع. 63 (2013/1).-- ص. 14-17.

البترول

هل يسهم النفط الصخري في تخلي الولايات المتحدة الأمريكية عن نفط الشرق الأوسط.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية، تقرير اقتصادي.-- ع. 6 (2013/1/14).-- ص. 1-14.

البترول - استكشافات

الشاهين، سعيد. نفط الكويت بصدد منظومة الرفع الاصطناعي على حقولها كافة.-- عالم المؤسسة.-- ع. 63 (2013/1).-- ص. 26-27.

العيدان، أحمد. قيام نفط الكويت بأكبر عملية مسح زلزالي في العالم أسفر عن اكتشاف حقل مطربة.-- عالم المؤسسة.-- ع. 63 (2013/1).-- ص. 30-31.

البترول - أسعار

هل استفاد قطاع النفط الكويتي من ارتفاع أسعار النفط العالمية؟ التحديات وسبل العلاج.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية: التقرير الاقتصادي.-- ع. 58 (2012/12/18) .-- ص. 1 - 11.

البترول - تسويق

رجب، علي. تطور سوق النفط والغاز الطبيعي في الولايات المتحدة.-- النفط والتعاون العربي.-- مج. 38، ع. 142 (2012).-- ص. 130-189.

الزنكي، فاروق. النفط والغاز سيسهمان بتوفير 50% من الطلب العالمي على الطاقة في 2020.-- أوابك، نشرة منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول.-- مج. 38 ، ع. 12 (2012/12).-- ص. 26-27.

الزيتوني، الطاهر. الآفاق المستقبلية لإمدادات العالم والدول الأعضاء من النفط : الفرص والتحديات.-- النفط والتعاون العربي.-- مج. 38، ع. 142 (2012) .-- ص. 9-52.

النقي، عباس علي. الوضع الحالي والدور المحوري لمنظمة أوابك في سوق البترول العالمي، ورقة مقدمة للاجتماع السنوي لمنظمة الاتحاد الاسلامي لمالكي البواخر، دبي، 21 نوفمبر 2012.-- أوابك، نشرة منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول.-- مج. 38 ، ع. 12 (2012/12).-- ص. 22 - 24.

البترول - تكرير

مكي، عماد. خيارات ترشيد استهلاك الطاقة في صناعة تكرير النفط.-- النفط والتعاون العربي.-- مج. 38، ع. 142 (2012).-- ص. 53-127.

الطاقة

أبوالعينين، سهير. مصر وتحديات المستقبل: مشكلة قطاع الطاقة في مصر: الانتقال من التشخيص الى الحلول.-- المجلة المصرية للتنمية والتخطيط.-- ع. 1 (6/ 2012).-- ص. 236 - 271.

تطور الطاقة الإنتاجية من البترول في الدول العربية ودورها الحالي والمستقبلي في تلبية الطلب العالمي على الطاقة، أبوظبي، 4-5 يونيو 2012.-- النفط والتعاون العربي.-- مج. 38، ع. 142 (2012).-- ص. 191-211.

السليمان، خالد. مستقبل الطاقة في السعودية.-- البيئة والتنمية.-- مج. 18، ع. 178-179 (1-2/2013).-- ص. 32-34.

فوستر، لين. تقنية النانو: علم - وابداع - وفرص واعدة.-- ترجمة، مصطفى مصطفى موسى.-- الرياض: دار المريخ للنشر، .416-- ص.-- 620.91 ت ق ن .

الكناني، عذاب طاهر. التكنولوجيا النووية في صناعة النفط والغاز.-- القاهرة : دار الفجر للنشر والتوزيع، .411-- ص.-- 621.039: 665.6 ت ك ن.

مظلوم، جمال و عطية، ممدوح حامد. أزمة البرنامج النووي الايراني وأمن الخليج.-- القاهرة : المكتبة الاكاديمية، .394-- ص.-- 621.039 (55) ا ز م.

النقي، عباس علي. أهمية استراتيجية لمنطقة الشرق الأوسط في سوق الطاقة العالمية.-- أوابك، نشرة منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول.-- مج. 38 ، ع. 12 (12/2012).- - ص. 20-21.

الطاقة - مصادر

برومفيل، قوف. قطع الاندماج النووي المفقود.-- مجلة العلوم.-- مج. 28، ع. 11 و 12 (11 - 12/2012).-- ص. 12-19.

زيان، عزت. الطاقة المستدامة للجميع إطار للعمل.-- المجلة المصرية للتنمية والتخطيط.-- ع. 1 (6/ 2012).-- ص. 190-218.

قطاع الطاقة بين التحديات وأهمية الطاقة المتجددة في ضوء تعديلات قانون الطاقة الجديد.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية، تقرير اقتصادي.-- ع. 7 (15 /1/ 2013).- - ص. 1-11.

كاستلفتشي، ديفد. استثمار الرياح مصدرا للطاقة المتجددة.-- مجلة العلوم.-- مج. 28، ع. 11 و 12 (11-12/2012).-- ص. 26-33.

التجارة والعلاقات الاقتصادية الدولية

مؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية. استعراض النقل البحري 2011.-- نيويورك: الأمم المتحدة، 2001.247-- ص.-- 387: 058 R ا س ع.

تلوث البيئة وحمايتها

الآثار المعاكسة للتدهور البيئي: البرامج تحققت بصورة جزئية.-- بيئتنا.-- مج. 14، ع. 155 (2012/11).-- ص. 16-23.

بوابة مناخ الدوحة هل تفتح طريق العبور الى اتفاقية ملزمة؟.-- البيئة والتنمية.-- مج. 18، ع. 178-179 (1-2/2013).-- ص. 24-31.

جامعة الدول العربية. الدليل التشريعي النموذجي الاسترشادي العربي لحماية البيئة - 2009.-- القاهرة: جامعة الدول العربية، 2009.108-- ص.

حواس، عطا سعد محمد. جزاء المسئولية عن أضرار التلوث البيئي: ضمان أضرار التلوث في الفقه الاسلامي.-- الاسكندرية: دار الجامعة الجديد، .265-- ص.-- 711.2: 34 ج ز ا.

السروي، أحمد. الملوثات الطبيعية والصناعية : المصادر- التأثيرات البيئية - وسائل التحكم والمكافحة.-- القاهرة: المكتبة الاكاديمية، 2011 .356-- ص.-- 711.2 م و ث.

عابد، عبدالقادر؛ وسفاريني، غازي. أساسيات علم البيئة.-- عمان: دار وائل للنشر والتوزيع، 2003.- 328- ص.-- 711.2 ا س ا.

عبدالجليل، إبراهيم محمد. حماية البيئة من منظور اسلامي ودور الحسبة في حمايتها.-- الاسكندرية: دار الجامعة الجديد،2010.-- 474 ص.-- 711.2: 34 ح. م. ا.

عبدالحميد، أحمد. البصمة البيئية وخيارات البقاء في البلدان العربية.-- التقدم العلمي.-- ع. 79 (2012/12).-- ص. 66-67.

عدلي، عماد الدين. براءة غازات الصوبة من التغير المناخي.-- منتدى البيئة.-- ع. 250 (2013/1).-- ص. 2-3.

عفيفي، فتحي عبدالعزيز. علم السموم البيئية: ايكوتوكسيكولوجي.-- القاهرة: دارالفجر للنشر والتوزيع،2011 .-- 399 ص.-- 711.2 ع. ل. م.

القبندي، سلوى. التنقيب عن الذهب..الصناعة الأكثر تدميرا للبيئة في العالم.-- بيئتنا.-- مج. 14، ع. 155 (2012/11).-- ص. 36-39.

محمد، مصطفى أمين. الحماية الاجرائية للبيئة: المشكلات المتعلقة بالضبطية القضائية والإثبات في نطاق التشريعات البيئية.-- الاسكندرية: دار المطبوعات الجامعية، 2010.-- 129 ص.-- 711.2:341 ح م ا.

المطيري، أسامة مدلول أبوهليبة. الجوانب الدستورية والقانونية لحماية البيئة في دولة الكويت: دراسة مقارنة.-- الكويت: دار النهضة العربية، 2011.-- 398 ص.

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول. اندفاعات الآبار واثارها البيئية.-- الكويت: منظمة الاقطار العربية المصدرة للبترول، 2012 .107-- ص.-- 665.6: 711 .2 ا ن د.

مؤتمر المنتدى العربي للبيئة والتنمية 2012.-- البيئة والتنمية.-- مج. 18، ع. 178 - 179 (2013/2-1).-- ص. 58-77.

المالية والمالية العامة

الإبراهيم، فهد راشد. تحسن بيئة أداء الأعمال في الدول العربية مدخل أساسي لجذب الاستثمار.-- ضمان الاستثمار.-- مج 30، ع. 4 (10 - 2012/12).-- ص. 3-4.

أداء الموازنة المالية الكويتية خلال النصف الأول من العام المالي 2013/2012 ودلالاتها الاقتصادية، رؤية تحليلية.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية: التقرير الاقتصادي.-- ع. 10 (1/27/ 2013).-- ص. 1-14.

البهجى، عصام أحمد. الموسوعة القانونية لبورصة الاوراق المالية في التشريعات العربية.-- الاسكندرية: دار الجامعة الجديد،2009.-- 1268 ص.

شاو، ستفن و شاو، لورانس. رياضيات التمويل والاستثمار.-- ترجمة، إبراهيم محمود مهدي و محمد توفيق البلقيني.-- الرياض: دار المريخ للنشر،2009 .-- 1183 ص.-- 336. 6 ر ي ا.

الصندوق السيادي السعودي..... الواقع والمأمول.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية: التقرير الاقتصادي.-- ع. 57 (2012/12/17).-- ص. 2-15.

عطوان، محمود علي. معجم العلوم المالية والمحاسبية والمصرفية.-- عمان، الاردن: دار أسامة للنشر والتوزيع، 2013.936-- ص.-- 33 :038R م ع ج.

فك ارتباط العملات الخليجية بالدولار الأمريكي..... بين النظرية والتطبيق.-- المركز الدبلوماسي للدراسات الاستراتيجية: التقرير الاقتصادي.-- ع. 2 (2013/1/3).-- ص. 2-21.

كوهين، مائيير. الاسواق والمؤسسات المالية : الفرص والمخاطر.-- ترجمة، عبدالحكم أحمد الخزامي.-- القاهرة: دار الفجر للنشر والتوزيع، .689-- ص.-- 336.6: 338 أ س و.

كوهين، مائيير. النظم المالية والتمويلية: المبادىء والتطبيقات.-- ترجمة: عبدالحكم الخزامي .-- القاهرة: دار الفجر للنشر والتوزيع، 2007 .-- 575 ص.-- 336. 74 ت ظ م.

الملا، بدر حامد يوسف. النظام القانوني لاسواق المال.-- الكويت: بدر حامد يوسف الملا، .-- 1035 ص.-- 336.74:34 ن ظ ا.

موضوعات أخرى

أسامه، بثينة. أفاق الإعلام العلمي الإلكتروني وتحدياته.-- التقدم العلمي.-- ع. 79 (2012/12).-- ص. 32-36.

اكيرمان، جنيفير. دور البكتيريا النافعة في تقوية جهازنا المانعي وأثر المضادات الحيوية في إضعاف هذا الدور.-- مجلة العلوم.-- مج. 28، ع. 11 و 12(11-2012/12).-- ص. 4-12.

بدران، عبدالله. عالم الصحافة... من البدايات الورقية إلى التطبيقات الإلكترونية.-- التقدم العلمي.-- ع. 79 (2012/12).-- ص. 44-47.

البعلبكي، منير و البعلبكي، رمزي منير. المورد الحديث: قاموس انكليزى - عربي.-- بيروت: دار العلم للملايين، 2013.-- 1429 ص.

جامعة الدول العربية. الاجتماع السابع للجنة الفنية العلمية الاستشارية للمجلس الوزاري العربي للمياه على مستوى كبار المسؤولين.-- القاهرة: جامعة الدول العربية، .-- 275 ص.-- (53) 628.11 ا ج ت.

حسين، منى. مؤتمر الأمم المتحدة لتغير المناخ: 7 مليارات نسمة..تحد واحد.-- التقدم العلمي.-- ع. 79 (2012/12).-- ص. 53-58.

الخطيب، أحمد شفيق. معجم المصطلحات العلمية والفنية والهندسية الجديد: اجليزي عربي، موضح بالرسوم.-- بيروت: مكتبة لبنان ناشرون، 2008.-- 1006 ص.-- 15. 038 R م ع ج.

الشطي، خليفة. مستقبل النشر الإلكتروني: التطبيقات والتقنيات.-- التقدم العلمي.-- ع. 79 (2012/12).-- ص. 22-31.

شعبان، أسامة حسين. التصحر: دراسة تطبيقية من منظور جغرافي.-- القاهرة: دارالفجر للنشر والتوزيع، 2011.-- 353 ص.-- 631. 445.5 ت ص ح.

صرخوه، يعقوب يوسف. التأمين البحري في القانون الكويتي: دراسة مقارنة.-- الكويت: جامعة الكويت، 1993.-- 360 ص.-- 341.225 (536.8) ت ا م.

عبدالعالي، عبدالقادر. التغيير الجديد في الوطن العربي، وفرص التحول الديمقراطي.-- المستقبل العربي.-- مج 35، ع. 406 (2012/12).-- ص. 58-72.

الكعبي، أحمد. تقرير حول المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية.-- المسيرة.-- مج 58، ع. 6 (2013/1).-- ص. 48-51.

مؤتمر الأمم المتحدة الثامن عشر بشأن تغير المناخ: اعلان الدوحة، بوابة الدوحة للمناخ.-- أوابك، نشرة منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول.-- مج. 38 ، ع. 12 (2012/12).- - ص. 5-6.

ندوة حول فرص كفاءة تحسين الطاقة... واستراتيجيات التحكم بقطاع البناء في دول مجلس التعاون الخليجي.-- منتدى البيئة.-- ع. 250 (2013/1).-- ص. 8-9.

BIBLIOGRAPHY

Prepared by : Omar K. Ateefa
Information and Library Dept.

The bibliography presents a subject compilation of books, serials, documents, and periodical articles newly acquired by OAPEC's library. The entries are classified under the following subject headings.

COMMERCE & INTERNATIONAL ECONOMIC RELATIONS
ECONOMICS & DEVELOPMENT
ENERGY
FINANCE & PUBLIC FINANCE
PETROCHEMICALS
PETROLEUM (OIL & GAS)
POLLUTION & ENVIRONMENTAL PROTECTION
TECHNOLOGY TRANSFER
MISCELLANEOUS

COMMERCE & INTERNATIONAL ECONOMIC RELATIONS

Fattore, Christina. Interest group influence on WTO dispute behavior: A test of state commitment.-- Journal of World Trade.-- Vol. 46, no. 6 (12/2012).-- p. 1261-1280.

Gari, Gabriel. GATS and offshoring: Is the regulatory framework ready for the trade revolution?.-- Journal of World Trade.-- Vol. 46, no. 6 (12/2012).-- p. 1365-1398.

Hamanaka, Shintaro. Unexpected usage of enabling clause? Proliferation of bilateral trade agreements in Asia.-- Journal of World Trade.-- Vol. 46, no. 6 (12/2012).-- p. 1239-1260

Mattoo, Aaditya and Subramanian, Arvind. China and the world trading system.-- The World Economy.-- Vol. 35, no. 12 (12/2012).-- p. 1733-1771.

ECONOMICS & DEVELOPMENT

Hill, Hal (et al). Malaysia: A success story stuck in the Middle?.-- The World Economy.--Vol. 35, no. 12 (12/2012).-- p. 1687-1711.

EIU. World commodity forecasts: Industrial raw materials .-- London: Economist Intelligence Unit, .--120 p.

Fattouh, Bassam and El-Katiri, L. Arab human development report.-- New York: United Nations, 2012.--74 p.-- R058:33 (53) ARA.

Itayim, Basim. Record Saudi earnings boost 2013 budget expenditure.-- MEES.-- Vol. 56, no. 1(4/1/2013).-- p. 17-18.

Japan Statistics Bureau. Japan statistical yearbook, 2013.-- Tokyo: Ministry of international affairs and communications ,2013.-- 940 p.-- R058:31 (520) J35.

McQuaile, Margaret. Iran sanctions tighten.-- Energy Economist.-- No. 375 (1/2013).-- p. 9-11.

MEED. A guide to doing business in the UAE.-- London: MEED, 2013.-- 106 p.

MEED. Retail report in-depth analysis of the Middle East retail sector.-- London: MEED, 2012 .-- p. 22.-- Doc. 5623.

MEED. Yearbook 2013.-- London: MEED, 2013.--82 p.

Saudi Arabia: Special report.-- MEED.-- Vol. 56, no. 51 (21/12/2012).-- p. 25-30.

The Economist. The world in 2013.-- London: The Economist, 2013.-- 134 p.

Yemen to face challenging 2013.-- MEES.-- Vol. 56, no. 1 (4/1/2013).-- p. 19-20.

ENERGY

Hill, Geoff. An energy crisis?.-- Petroleum Review.-- Vol. 67, no. 792 (1/2013).-- p. 32-33.

Knott, David. MENA power generators pushed diversity in 2012.-- MEES.-- Vol. 56, no. 1 (4/1/2013).-- p. 9-10.

ENERGY - ECONOMIC ASPECTS

Abbasinejad, Hossein (et al). Energy consumption in Iran with Bayesian approach.-- OPEC Energy Review.-- Vol. XXXVI, no. 4 (12/2012).-- p. 444- 455.

Fanone, Enzo; Gamba, Andrea and Prokopczuk, Marcel. The case of negative day-ahead electricity prices.-- Energy Economics.-- Vol. 35 (1/2013).-- p. 22-34.

International Energy Agency. Energy balances of NON - OECD countries 2012.-- Paris: OECD/IEA, 2012.-- 461 p.-- R058:31:620.9 ENE.

International Energy Agency. Energy balances of OECD countries 2012.-- Paris: OECD/IEA, 2012.-- 273 p.-- R058:31: 620.9 ENE.

International Energy Agency. Energy statistics of NON - OECD countries 2012.-- Paris: OECD/IEA, 2012.-- 667 p.-- R058:31:620.9 ENE.

International Energy Agency. Energy statistics of OECD countries 2012.-- Paris: OECD/IEA, 2012.-- 369 p.-- R058:31: 620.9 ENE.

MEED. Kuwait set for projects revival: Al-zour north contract award fuels optimism.-- London: MEED, 2012.-- 38 p.

ENERGY - POLICY

Armel, K. Carrie (et al). Is disaggregation the holy grail of energy efficiency? The case of electricity.-- Energy Policy.-- Vol. 52 (1/2013).-- p. 213-234.

Eyre, Nick. Energy saving in energy market reform-The feed-in tariffs option.-- Energy Policy.-- Vol. 52 (1/2013).-- p. 190-198.

International Energy Agency. Energy prices and taxes.-- Paris: OECD/IEA, 2012 .--376 p.

Pudjianto, Danny (et al). Smart control for minimizing distribution network reinforcement cost due to electrification.-- Energy Policy.-- Vol. 52 (1/2013).-- p. 76-84.

ENERGY – RESOURCES

Dijk, Marc (et al). The emergence of an electric mobility trajectory.-- Energy Policy.-- Vol. 52 (1/2013).-- p. 135-145.

Ferrell, Shannon l; and DeVuyst, Eric A. Decommissioning wind energy projects: An economic and political analysis.-- Energy Policy.-- Vol. 53 (2/2013).-- p. 105-113.

Flood, Wilson. The hydrogen economy - global solution, or pie in the sky.-- Energy & Environment.-- Vol. 23, no. 6 & 7 (2012).-- p. 1097-1104.

Fox, Timothy A. Energy innovation and avoiding policy complexity: The air capture approach.-- Energy & Environment.-- Vol. 23, no. 6 & 7 (2012).-- p. 1075-1092.

Ghaffari, Mohammad Reza. Is coal the new top energy source?.-- Geopolitics of Energy.-- Vol. 35, no. 1 (1/2013).-- p. 2-6.

Hore-Lacy, Ian. Innovation in nuclear power.-- Energy & Environment.-- Vol. 23, no. 6 & 7 (2012).-- p. 979-992.

Hu, Zheng (et al). Review of wind power tariff policies in China.-- Energy Policy.-- Vol. 53 (2/2013).-- p. 41-50.

Kaldellis, J. K. and Kapsali, M. Shifting towards offshore wind energy: Recent activity and future development.-- Energy Policy.-- Vol. 53 (2/2013).-- p. 136-148.

Knott, David. UAE signs nuclear deal with Russia.-- MEES.-- Vol. 55, no. 52 (21/12/2012).-- p. 11-12.

Meredith, Emily. Mideast nuclear plans shake out, leaving smaller field.-- New Energy.-- Vol. 11, no. 1 (3/1/2013).-- p. 4-5

Nuclear Energy Agency (NEA). Uranium 2011: Resources, production and demand.-- Paris: OECD Nuclear Energy Agency, 2012.--486 p.-- R058: 662. 349. 5 URA.

Roos, Philippe. Solar PV, grid upgrades to lead 2013 renewables investment.-- New Energy.-- Vol. 11, no. 1 (3/1/2013).-- p. 2-3.

Wong, Kimfeng. Asian renewable poised for strong growth.-- New Energy.-- Vol. 11, no. 1 (3/1/2013).-- p. 1-2.

Zachmann, Georg. A stochastic fuel switching model for electricity prices.-- Energy Economics.-- Vol. 35 (1/2013) .-- p. 5-13.

FINANCE & PUBLIC FINANCE

Delimatsis, Panagiotis. Financial innovation and prudential regulation: The new Basel III rules.-- Journal of World Trade.-- Vol. 46, no. 6 (12/2012).-- p. 1309-1342.

Kuwait audit bureau estimates RFFG assets at $261 bn.-- MEES.-- Vol. 56, no. 3 (18/1/2013).-- p. 16-17.

Yao, Shujie and Liu, Change. Trade policy review for China: Continuing globalisation amidst the world financial crisis.-- The World Economy.-- Vol. 35, no. 12 (12/2012).-- p. 1645-1661.

GAS

Beckwith, Robin. Depending on guar for shale oil and gas development.-- JPT.-- Vol. 64, no. 12 (12/2012).-- p. 44-55.

Dittrick, Paula. Accenture: US shale gas operations offer lessons for other countries.-- Oil & Gas Journal.-- Vol. 111 (14/1/2013).-- p. 17-18.

Edoli, Enrico (et al). Modeling and valuing make-up clauses in gas swing contracts.-- Energy Economics.-- Vol. 35 (1/2013).-- p. 58-73.

Fevre, Chris Le. Gas storage in Great Britain..-- Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, .--75 p.-- 662. 69 (42) GAS.

Henderson, James. Evolution in the Russian gas market - the competition for customers.-- Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2013.--32 p.-- 662. 69 (47) EVO.

Holgate, Michael. European unconventional sector must forge its own path.-- Petroleum Economist.-- Vol. 79, no. 10 (12/2012).-- p. 40-41.

Jacobs, Justin. Unconventional: Majors lead global shale rush.-- Petroleum Economist.-- Vol. 79, no. 10 (1/2013).-- p. 38-39.

Saudi Arabia tackles water demand jump.-- MEES.-- Vol. 56, no. 1 (4/1/2013).-- p. 11-12.

Simon Pirani. Central Asian and Caspian gas production and the constraints on export.-- Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, .--129 p. -- 662. 69 (5) CEN.

US shale gas implications vary.-- ICIS Chemical Business.-- Vol. 282, no. 16 (3/12/2012).-- p. 24-25.

PETROCHEMICALS

Chang, Joseph. Dow CEO liveris takes the top spot.-- ICIS Chemical Business.-- Vol. 282, no. 17 (10/12/2012).-- p. 23-31.

Iran starts up west ethylene pipeline and first Kavian cracker.-- MEES.-- Vol. 55, no. 52 (21/12/2012).-- p. 10-11.

Knott, David. Gulf petchems producers push downstream expansion.-- MEES.-- Vol. 56, no. 2 (11/1/2013).-- p. 10-11.

Libya dents Egyptian PP.-- ICIS Chemical Business.-- Vol. 282, no. 16 (3/12/2012).-- p. 26-27

Scafetta, Paolo. Europe refinery decline hits petchems.-- ICIS Chemical Business.-- Vol. 282, no. 17 (10/12/2012).-- p. 32-33.

PETROLEUM

Annual statistical supplement, 2011.-- Oil Market Report.-- (2011).-- 42 p.

Blackwell Publishing. World oil trade, 2012.-- Oxford: Blackwell Publishing, 2012 .--178 p.

Imports of crude and products.-- Oil & Gas Journal.-- Vol. 111 (14/1/2013).-- p. 26-28.

McCracken, Ross and Zamir, Haris. CNG displaces oil in Pakistan.-- Energy Economist.-- No. 375 (1/2013).-- p. 17-21.

Mikesell, Raymond F. Foreign investment in the petroleum and mineral industries.-- London: The Johns Hopkins Press, .-- 459 p.-- 665. 6: 336. 11 FOR.

Sandler, Neal. Israel: Export dilemma.-- Energy Economist.-- No. 375 (1/2013).-- p. 26-29.

PETROLEUM & INTERNATIONAL ECONOMIC RELATION

Fattouh, Bassam and Mahadeva, Lavan. OPEC: What difference has it made?.-- Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2013.--25 p.-- 341. 17 (12) OPE.

Sayles, Scott and Romero, S. Heavy oil refining: Understanding fines in coking more important now.-- Oil & Gas Journal.-- Vol. 111, no. 1 (7/1/2013).-- p. 83-87.

PETROLEUM- EXPLORATION

El Ela, Mahmoud Abu. Egypt's Tut field a candidate for CO2 miscible flooding.-- Oil & Gas Journal.-- Vol. 111, no. 1 (7/1/2013).-- p. 74-80.

PETROLEUM - INDUSTRY

Brower, Derek. Will Iraq be the next oil superpower?.-- Petroleum Economist.-- Vol. 79, no. 10 (12/2012).-- p. 14-19.

Gerber, Daniel. Iran's oil exports might amount to no more then 1 million b/d in the first half of 2013.-- Arab Oil & Gas.-- Vol. XLII, no. 992 (16/1/2013).-- p. 9-10.

Mallinson, Richard. Challenges for Libya's upstream sector.-- MEES.-- Vol. 56, no. 2 (11/1/2013.-- p. 21-23.

Tennant, David. Oil and gas: Challenges and opportunities.-- Petroleum Review.-- Vol. 67, no. 792 (1/2013).-- p. 14-16.

Tippee, Bob. Cloud oil and gas market outlook.-- Oil & Gas Journal.-- Vol. 111, no. 1 (7/1/2013).-- p. 26-37.

PETROLEUM - MARKETING

Birol, Fatih. Oil market outlook.-- Petroleum Review.-- Vol. 67, no. 792 (1/2013).-- p. 20-21.

Wilson, Nick. Qatar changes PSAs to JVs, invests in al-Shaheen.-- MEES.-- Vol. 56, no. 3 (18/1/2013).-- p. 3-4.

PETROLEUM - PRICES

Itayim, Basim. Oman boosts 2013 budget expenditure 29% hikes oil price assumption.-- MEES.-- Vol. 56, no. 2 (11/1/2013.-- p. 15-16.

Muhammad, Zahid; Suleiman, Hassan and Kouhy, Reza . Exploring oil

price - exchange nexus for Nigeria.-- OPEC Energy Review.-- Vol. XXXVI, no. 4 (12/2012).-- p. 383-395.

Al-Mulali, Usama and Che Sab, Che Normee Binti. Oil prices and real exchange rate in oil-exporting countries.-- OPEC Energy Review.-- Vol. XXXVI, no. 4 (12/2012).-- p. 375-382.

Oskooe, Seyyed Ali Paytakhti. Oil price shocks and stock market in oil-exporting countries: Evidence from Iran stock market.-- OPEC Energy Review.-- Vol. XXXVI, no. 4 (12/2012).-- p. 396-412.

PETROLEUM - PRODUCTION

Cockayne, James. Libya attempts to tackle chronic instability.-- MEES.-- Vol. 56, no. 3 (18/1/2013).-- p. 2-3.

Latta, Rafiq. Baghdad rings the changes.-- MEES.-- Vol. 56, no. 2 (11/1/2013.-- p. 2-3.

Robertson, H. Libya reaches 1.6 million b/d output milestone, promises more to come.-- Petroleum Economist.-- Vol. 79, no. 10 (1/2013).-- p. 31-32.

The revival of oil production in the United States some remarks on the economic and geopolitical consequences.-- Arab Oil & Gas.-- Vol. XLII, no. 992 (16/1/2013).-- p. 42-48.

PETROLEUM - REFINING

Gulf refiners set for major crude distillation capacity boost.-- MEES.-- Vol. 56, no. 1 (4/1/2013).-- p. 8-9.

Refining margins under threat in 2013.-- Oil Market Intelligence.-- Vol. XVIII, no. 1(1/2013).-- p. 1-3.

Turner, R. Refining: Innovation or stagnation?.-- Petroleum Economist.-- Vol. 79, no. 10 (12/2012).-- p. 20-22.

PETROLEUM - SUPPLY AND DEMAND

Uneze, Eberechukwu and Ekor, Maxwell. The determinants of current account balance in an oil-rich exporting country: The case of Nigeria.-- OPEC Energy Review.-- Vol. XXXVI, no. 4 (12/2012).-- p. 456-478.

PETROLEUM - REVENUES

Iran's oil revenue projected to fall 50% in current year.-- MEES.-- Vol. 55, no. 52 (21/12/2012).-- p. 15-16.

Global oil inventories: Sharp draw in December, 2013.-- Oil Market Intelligence.-- Vol. XVIII, no. 1 (1/2013).-- p. 4-5.

PETROLEUM - TRANSPORTATION

Latta, Rafiq. Baghdad offers guarantees for export pipeline mega- project.-- MEES.-- Vol. 55, no. 52 (21/12/2012).-- p. 8-9.

POLLUTION & ENVIRNMENTAL PROTECTION

Boston, Andy. Delivering a secure electricity supply on a low carbon pathway.-- Energy Policy.-- Vol. 52 (1/2013).-- p. 55-59.

Bridge, Gavin (et al). Geographies of energy transition: Space, place and the low-carbon economy.-- Energy Policy.-- Vol. 53 (2/2013).-- p. 331-340.

Gadgil, Ashok and Liverman, Diana M. Annual review of environment and resources.-- Palo Alto, California: Annual Review, .--512 p.-- R058: 711. 2 ANN.

Henny, Vic. Geopolitics of sustainability.-- Geopolitics of Energy.-- Vol. 34, no. 12 (12/2012).-- p. 1-8.

Hughes, Nick (et al). The structure of uncertainty in future low carbon pathways.-- Energy Policy.-- Vol. 52 (1/2013).-- p. 45-54.

OIL AND ARAB COOPERATION

Volume 38 Issue 143 Automn 2012

Editor - in - Chief
Abbas Ali Al-Naqi

Managing Editor
Aissa Siouda

EDITORIAL BOARD

Hasan M. Qabazard
Usameh El-Jamali
Mamoun A. Halabi
Atif Al-Jamili

Saad Akashah
Ahmed Al-Kawaz
Samir El Kareish
Abdul Fattah Dandi

Oil and Arab Cooperation, *a quarterly publication of General Secretariat of the* **Organization of Arab Petroleum Exporting Countries** *(OAPEC), address the role of petroleum in Arab Cooperation and development.*

Articles published in this journal reflect opinions of their authors and not necessarily those of OAPEC.

All right reserved. Reproduction in full or in part requires prior written consent from OAPEC. Quotations are permitted with due acknowledgement.

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:
the editor – in-Chief of Oil and Arab Cooperation.

OAPEC, P.O.Box 20501 Safat, 13066 State of Kuwait

Tel: (00965) 24959000
Fax: (00965) 24959747
E-mail: oapec@oapecorg.org / oapec@oapec.fasttelco.com
Website: www.oapecorg.org

GUIDELINES FOR CONTRIBUTORS TO OIL AND ARAB COOPERATION

Aims and scope

The Organization of Arab Petroleum Exporting Countries publishes Oil and Arab Cooperation each quarter with a view to enhancing the Arab reader's awareness of the interaction between petroleum and socioeconomic development. In research articles, book reviews, documents, and bibliographies, the journal examines the diverse issues involved in this relationship and in the economic integration to which the Arab nation aspires. This is to serve the interests of Arab society and the Arab individual. The bibliography section provided in each issue, presents a subject compilation of books, documents, and periodical article newly acquired by OAPEC's library. The entries are classified under the following subject headings.

Research articles

Oil and Arab Cooperation welcomes sound, creative research that helps to develop Arab economic thought within the framework of the journal's goals and philosophy. Persons researching petroleum and development issues and sharing our concern are invited to contribute research articles to our journal. The following points should be observed:

1. The article should not be previously published in Arabic.
2. The article should be about 20 - 40 pages typed . Arab contributors are expected to write in Arabic.
3. Three clear copies of the article must be supplied.
4. A descriptive **abstract** in English must also be supplied, summarizing the purpose, scope, and methods of the research and detailing the findings and conclusions. It should be 3 - 5 pages, and carry the information specified for the title page. It should be written in the third person and be intelligible without reference to the article.
5. A 40 word summary must be supplied in Arabic by Arab authors or in language of article by others.
6. The title page should be as accurate and informative but as concise as possible. Author name(s) must be supplied along with a brief C.V. and the titles of four publications by the author(s).

If the research has previously been presented at a conference or been published in another language, a note should so state, giving the conference name, place, and dates, or the journal name, date, and volume/issue numbers, and the foreign language title of the article.

7. ***Form and style:*** The journal's readers represent different disciplines. Writing should be simple and concise, and any abbreviations and technical terms must be defined. Tables and illustrations should be used only to support the text. They should be numbered consecutively, and each headed with a brief descriptive title.
8. ***List of references:*** The journal requires that authors cite accurately and completely all sources used.

Reports

Reports of 15 - 30 pages are accepted on conferences or symposiums related to petroleum, economics, or development which have been attended by the author. Prior permission must be obtained from the author's employer or the conference/symposium sponsor.

Book reviews

The journal also welcomes reviews of books on oil and development. A book reviewed for the journal must be a recent publication that contributes to the development of economic thought. The review, in about 15 -25 pages typed double-spaced, should include a description of the content and ideas of the book as well as critique of the author's treatment of his or her topic. The reviewer must provide, in the original language, the title of the book, the author's name, the publisher's name, and the place and date of publication

Publication

The following conditions apply to the publication of research articles and book reviews in Oil and Arab Cooperation:

I. The Editorial Board alone determines the suitability of articles and reviews for publication.

2. The published article or review becomes the property of the journal.

3. An honorarium is paid for each article or review published. Authors of articles receive 30 complimentary copies of the article and 5 copies of the issue in which it appears.

Articles and reviews should be directed to

Mr the Editor -in -Chief, Oil and Arab Cooperation,

OAPEC P.o.Box 20501 Safat, 13066 State of Kuwait.

E-mail: oapec@oapecorg.org

Website: www.oapecorg.org

OIL AND ARAB COOPERATION

Volume 38 Issue 143 Automn 2012

Contents

Articles

Future Demand for Coal and its Implications for OAPEC Members — 9

Abstract in English — Mouzaffar H. Albarazi — 6

Oil Balance in China and its Impact on Arab Oil Exporting Countries — 63

Abstract in English — Abdul Fattah Dandi — 8

Unconventional Gas Resources and its Technical and Economic Potential — 85

Abstract in English — Sabah al Johar — 9

Report

34th Oxford Energy Seminar: "Global Energy Markets Dynamics" — 193

Bibliograpy

Arabic — 239

English — 11

Abstract

Future Demand for Coal and its Implications for OAPEC Members

Mouzaffar H. Albarazi *

Coal is the world's second major source after oil to meet energy demand. Proven coal reserves at current production levels are estimated to last 119 years. Almost 90% of coal reserves are concentrated in eight countries: U.S.A, Russia, China, Australia, India, Ukraine, Kazakhstan, and South Africa.

China is the world's largest coal producer accounting for 45.6% of world production in 2009. Coal production in China increased by 6% annually during the period 1995-2009. It rose from 13.8 million boed in 1995 to 31.3 million boed in 2009. World coal production increased by 3% annually to reach 68.5 million boed in 2009 compared with 45 million boed in 1995. About 73.7% of the increase of world coal production between 1995-2009 came from China.

Other than China, there are six countries with substantial production of coal: U.S.A., India, Australia, Russia, Indonesia, and South Africa. Coal production in these six countries accounts for 41.5% of world coal production in 2009.

Current world energy consumption is characterized by:

First, the emergence of China as the largest energy consumer. Its consumption surpassed that of the United States for the first time in 2009.

Second, world coal consumption increased at a faster rate than aggregate energy. World coal consumption increased by 2.7% annually between 1995-2009, while world energy consumption increased by 1.9% during

* Senior Economist, OAPEC, Kuwait.

the same period. Consequently, the share of coal in world energy consumption rose from 26.5% in 1995 to 29.4% in 2009.

Third, coal is the main source of energy for the Chinese economy.

The patterns of geographical distribution of world coal consumption are approximately similar to patterns of production. It is worth noting that the increase in coal consumption in China accounts for 83.4% of the increase in world consumption.

World consumption of coal is expected to increase by 1.76% annually as it will reach 104.4 million boed in 2035. Coal's share in world energy consumption will increase from 25.9% in 2005 to 27.9% in 2035.

Carbon dioxide emissions resulting from energy consumption will increase by 1.4% annually during 2005-2035. Carbon dioxide, emission will reach 42.4 billion tones in 2035. Three countries, China U.S.A., and India, will be the source of 51.7% of world carbon dioxide emissions.

Coal's share in carbon dioxide emissions resulting from energy consumption will increase from 40.8% in 2005 to 45.8% in 2035.

ABSTRACT

Oil Balance in China and its Impact on Arab Oil Exporting Countries

Abdul Fattah Dandi *

Since 1993 , China became one of the main oil importers, as its imports increased steadily to reach 5.1 million b / d in 2011. In 2009, China overtook Japan to become the second largest importer of oil after the United States, and the increase in demand for oil over the next few years will exceed 1.1 million barrels per day. To place this in context, such an increase in Chinese demand represents around 40 percent of the projected increase in global demand over the next few years.

This expected trend will lead to an increase in Chinese dependence on oil imports to meet their growing local needs. The increasing demand for oil in China was as a result of a significant increase in demand for petroleum products due to the increasing importance of the transport sector in Chinese economy. Its noteworthy that Chinese oil production is expected to decrease substantially. Thus, the emergence of China as a major importer in the world oil market representing a phenomenon worth pursuing, especially by Arab countries which possessed a huge amount of oil reserves.

The paper aims mainly to shed some light on the present and future Oil Balance in China, and to show the privileged position enjoyed by the Arab countries in global oil market in the short and long term. The paper also will explore the ability of Arab major oil producers in meeting the expected Chinese growing needs of oil in light of the challenges that they may face in the future.

The paper divided into three main parts, the first part was dedicated to review the current and future status of the oil sector in China. The second part addresses the relative importance of Arab countries in the world oil market based on the main oil indicators namely the proven reserves and the share of oil produced and exported globally. The third part was devoted to show the impact of development in the balance of oil in China on Arab Petroleum Exporting Countries.

* Director of the Economics Dept. OAPEC, Kuwait

ABSTRACT

Unconventional Gas Resources and its Technical and Economic Potential

Sabah al Johar *

The unconventional gas reservoir is a term used usually to indicate a low permeability reservoir which generally produces natural dry gas. Most of the gas produced previously came from sandstone, more quantities were produced from other low permeability rocks such as carbonates, some layers of shale and coal participated in the production too. Wells were drilled and completed vertically in such reservoirs. Stimulation operations were always needed to achieve commercial flow rates.

Improved production technologies, unconventional methods, special completion and fracturing methods along with horizontal drilling were among the techniques used to utilize these resources. Moreover, they required hiring specialized staff and earmarking financial investments and using new equipments.

The most common types of unconventional gas resources are:

- Tight Gas Sand
- Shale Gas
- Coal bed Methane
- Gas Hydrate

Although these sources have not attracted sufficient attention in the past, but they are expected to be focused on due to the improvement in the reservoir engineering and production domains.

This study aims to discuss the abovementioned issues in some details.

* **Former Specialist in Gas Issues - Technical Affairs Dept , OAPEC, Kuwait.**

Vol. 39 No. 2

OAPEC

Organization of Arab Petroleum Exporting Countries

February 2013

The Third Arab Economic, Social and Development Summit

"The Riyadh Declaration" Arab Development Perspectives Faces Common Challenges

من إصدارات المنظمة

OIL AND ARAB COOPERATION

Volume 38 Issue 143 Automm 2012

Articles

Future Demand for Coal and its Implications for OAPEC Members

Mouzaffar H. Albarazi

Oil Balance in China and its Impact on Arab Oil Exporting Countries

Abdul Fattah Dandi

Unconventional Gas Resources and its Technical and Economic Potential

Sabah al Johar

Report

34th Oxford Energy Seminar:
"Global Energy Markets Dynamics"

Bibliography: Arabic & English

Refereed Journal Published Quarterly by the Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (Oapec)