الطاقة والتعاون العربي

# مؤتمر الطاقة العربي العاشر

أبوظبي - دولة الإمارات العربية المتحدة

21 – 23 كانون الأول / ديسمبر 2014

## الأوراق الفنية

# دراسة جدوى الربط الكهربائي العربي الشامل وتقييم استغلال الغاز الطبيعي في تصدير الكهرباء


ورقة مقدمة من

الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والإجتماعي

**مؤتمر الطاقة العربي العاشر**

**ابو ظبي – دولة الامارات العربية المتحدة**

**21-23 ديسمبر 2014**

**ورقة مقدمة من**

**الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي**

**دراسة جدوى**

# الربط الكهربائي العربي الشامل
# وتقييم استغلال الغاز الطبيعي في تصدير الكهرباء

## قائمة المحتويات

**رقم الصفحة**


**ملخص تنفيذي** .....1

مقدمة .....3

**الجزء الأول: خصائص منظومات الكهرباء في الدول العربية** .....5

0.1 الأحمال القصوى والطلب على الطاقة .....5

0.2 منحنيات الأحمال .....6

0.3 كميات وأنواع الوقود المستخدم .....6

0.4 الاحتياجات الاستثمارية .....8

0.5 الربط الكهربائي كأحد الوسائل الأساسية لترشيد استهلاك الطاقة .....9

**الجزء الثاني: دراسة جدوى الربط الكهربائي العربي الشامل وتقييم استغلال الغاز الطبيعي في تصدير الكهرباء** .....10

0.1 وصف الدراسة وأهدافها والمستفيدون منها .....11

0.2 منهجية الدراسة .....11

0.3 المهام المشمولة في الدراسة .....11

1.3 إعداد قاعدة بيانات قطاع الكهرباء .....13

2.3 المهمة الثانية: بيانات قطاع الغاز الطبيعي .....16

3.3 المهمة الثالثة: سيناريوهات الربط التي تمت دراستها .....18

1.3.3 حساب كمية الطاقة المتبادلة للسيناريوهات التي تمت دراستها .....22

2.3.3 مقارنة السيناريو المفضل بالسيناريوهات الأخرى المشمولة في الدراسة.....24

4.3 المهمة الرابعة: دراسة جدوى تبادل القدرة الكهربائية وتقوية شبكات الربط .....26

1.4.3 سعة النقل لخطوط الربط الكهربائي بين الدول العربية .....27

## تابع قائمة المحتويات

**رقم الصفحة**


5.3 المهمة الخامسة: الجدوى الاقتصادية للمشاريع المستقبلية التي تم تحديدها .....28

1.5.3 محاكاة السوق .....28

2.5.3 التحليل المالي لمشاريع السيناريو المفضل .....29

3.5.3 مرافق الغاز الطبيعي.....29

4.5.3 خطوط الربط الكهربائي .....30

6.3 المهمة السادسة: تطوير نموذج رياضي لتبادل الطاقة الكهربائية .....31

1.6.3 نموذج تبادل الغاز الطبيعي (NG) عبر الحدود .....33

7.3 المهمة السابعة: الجدول الزمني المقترح لتنفيذ المشاريع التي تم تحديدها .....34

1.7.3 الجدول الزمني لمشاريع السيناريو المفضل للغاز الطبيعي.....34

2.7.3 الجدول الزمني لخطوط الربط الكهربائي.....35

0.4 الخلاصة والتوصيات .....37

0.5 الخاتمة .....40

# قائمة الأشكال والجداول والملاحق

## قائمة الأشكال

**رقم الصفحة**


| | | |
|---|---|---|
| الشكل رقم (1): | قدرات التوليد المركبة في أغلب الدول العربية لعام 2013. | 7 |
| الشكل رقم (2): | التوزيع النسبي لكمية الوقود المستهلكة لتوليد الكهرباء من الوحدات الحرارية الموجودة في الدول العربية لعام 2013. | 7 |
| الشكل رقم (3): | المهام المشمولة في الدراسة والعلاقة فيما بينها. | 12 |
| الشكل رقم (4): | المخطط الأحادي لمجموعة الربط الثماني. | 14 |
| الشكل رقم (5): | المخطط الأحادي لمجموعة الربط المغاربي. | 15 |
| الشكل رقم (6): | المخطط الأحادي لمجموعة الربط الخليجي. | 15 |
| الشكل رقم (7): | البنى التحتية لشبكات الغاز الطبيعي في الدول العربية. | 16 |
| الشكل رقم (8): | المنهجية التي تم اتباعها في الدراسة، وخصائص كل من السيناريوهات المختلفة التي تمت دراستها. | 20 |
| الشكل رقم (9): | مقارنة مجموع القيم الحالية للتكاليف الاستثمارية (CAPEX). | 21 |
| الشكل رقم (10): | مقارنة مجموع القيم الحالية لتكاليف التشغيل (OPEX) لكل السيناريوهات. | 22 |
| الشكل رقم (11): | مقارنة لإجمالي التبادل الإقليمي للطاقة المتوقع لجميع السيناريوهات التي تتضمن تبادل الطاقة الكهربائية. | 23 |
| الشكل رقم (12): | توزيع الوفر المقدر بين التكاليف الاستثمارية والتكاليف التشغيلية للسيناريو المفضل. | 24 |
| الشكل رقم (13): | انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن توليد الطاقة في السيناريو المفضل. | 25 |
| الشكل رقم (14): | الزيادة الممكنة في كمية الطاقة المتبادلة بين الدول العربية. | 26 |

## قائمة الجداول

**رقم الصفحة**


| | | |
|---|---|---|
| الجدول رقم (1): | بيانات أساسية عن قطاع الكهرباء في الدول العربية. | 3 |
| الجدول رقم (2): | نتائج التحليل المالي لخطوط الربط الكهربائي للسيناريو المفضل. | 31 |
| الجدول رقم (3): | قدرة الخطوط لمشاريع الغاز الطبيعي الجديدة، وتقديرات التكاليف الاستثمارية وتواريخ انتهاء تنفيذ المشاريع. | 35 |
| الجدول رقم (4): | مدد وتواريخ بداية العمل والدخول في الخدمة والمسار الحرج لمشاريع الكهرباء الجديدة. | 36 |
| الجدول رقم (5): | تقديرات التكاليف الرأسمالية. | 37 |


## قائمة الملاحــق


| | |
|---|---|
| الملحق رقم (1): | توقعات الطلب على الطاقة والحمل الأقصى للفترة 2012 – 2030. |
| الملحق رقم (2): | تقديرات أسعار الغاز الطبيعي (Net-Back Calculation) وتوقعات كميات الغاز الطبيعي المتاحة للفترة 2012 – 2030. |
| الملحق رقم (3): | التكاليف الاستثمارية لكل السيناريوهات خلال فترة 2012 – 2030. |
| الملحق رقم (4): | تكاليف التشغيل لكل السيناريوهات خلال فترة 2012 – 2030. |
| الملحق رقم (5): | إجمالي سعة النقل (TTC) للشبكات المرتبطة في ظروف التشغيل (N-1) في السنوات 2020، و2025، و2030. |

# ملخص تنفيذي

تم منذ نهاية عقد الثمانينات إجراء عدة دراسات وتنفيذ عدد من المشاريع تهدف إلى ربط منظومات الكهرباء بين الدول العربية، وإلى وضع نظم تشغيلها والتحكم فيها. وترتبط حالياً المنظومات الكهربائية لـ 15 دولة عربية فيما بينها من خلال ثلاث شبكات مستقلة وهي الشبكة المغاربية (COMELEC)، وشبكة دول الربط الثماني، وشبكة دول مجلس التعاون الخليجي. ومع اهتمام المجلس الوزاري العربي للكهرباء، المنبثق عن جامعة الدول العربية، بتوثيق التعاون بين الدول العربية في مجال الكهرباء، أطلق المجلس الحوار بين أعضائه حول سبل تفعيل تبادل الطاقة والقدرة الكهربائية بين الدول الأعضاء، من خلال إجراء دراسة متكاملة للوضع الحالي لشبكات الربط، وذلك لتحديد العوائق الفنية والاقتصادية والمؤسسية والقانونية التي تحول دون الاستغلال الأمثل لتلك الشبكات. وتوصل الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي إلى القناعة بفائدة إجراء دراسة للربط الكهربائي العربي يتم فيها دراسة تبادل الطاقة على أسس تصدير واستيراد الطاقة الكهربائية والغاز الطبيعي، ووافق على تخصيص معونة لتمويل دراسة متكاملة لوضع الاستراتيجية والخطة الرئيسية لتفعيل تبادل الطاقة بين الدول العربية وإنشاء سوق عربية للطاقة وتحديد المزايا الاقتصادية لتصدير الطاقة الكهربائية و/أو الغاز الطبيعي.

وبمشاركة إدارة الطاقة في جامعة الدول العربية وغالبية الدول العربية، اضطلع الصندوق العربي بمهام طرح وترسية الدراسة على تآلف استشاري ذي خبرة كبيرة في شبكات الربط الكهرباء وأنظمة نقل الغاز الطبيعي. واستغرقت فترة إنجاز الدراسة حوالي عامين، وتخللتها عدة اجتماعات متابعة في جامعة الدول العربية شاركت فيها إدارة الطاقة في الجامعة وفريق الدراسة وممثلون عن غالبية الدول العربية والصندوق العربي وتآلف الاستشاري. واستخدمت في الدراسة منهجية إيجاد الحل الأنسب لوضع خطط تطوير منظومات التوليد وشبكات النقل في الدول العربية المشاركة، لتلبية توقعات الطلب على الكهرباء للفترة 2012 – 2030، وذلك في ظل وجود حدود لتوفر الغاز الطبيعي فيها، على أن يتم تبادل الطاقة الكهربائية والغاز الطبيعي بالأسعار الاقتصادية الفعلية للطاقة، بعيداً عن التشوهات الناتجة عن استخدام أسعار الطاقة المدعومة.

استندت الدراسة إلى قاعدة بيانات متكاملة لمنظومات توليد ونقل الكهرباء واحتياطيات ومرافق نقل الغاز الطبيعي في 18 دولة عربية، وإلى خطط تلك الدول لتطوير منظوماتها. وتمت دراسة خمسة سيناريوهات لتطوير شبكات الربط الكهربائي، وإضافة مرافق جديدة لاستيراد ونقل الغاز الطبيعي.

وتوصلت الدراسة إلى تحديد السيناريو المفضل، والمكون من إضافة 7 خطوط جديدة للربط الكهربائي، وإضافة أنابيب لنقل الغاز بين كل من ليبيا ومصر، والعراق والكويت، وإنشاء ميناء لاستيراد الغاز المسال في البحرين. وتضمنت الدراسة تحليلات لحساب حدود قدرة النقل لشبكات النقل الوطنية والاقليمية، وعرفت الدراسة الخطوط التي تمثل عنق الزجاجة في شبكات النقل الوطنية. وقدمت الدراسة مختلف نماذج تبادل الطاقة الكهربائية عبر الحدود المستخدمة عالمياً، وأوصت باستخدام مجموعة من القواعد لضمان العدالة والتنافسية والشفافية في الوصول إلى الشبكات وفي إدارة الازدحام فيها، وفي تعويض هيئات تشغيل الشبكات في دول العبور.

كما توصلت الدراسة إلى مجموعة من التوصيات التي تسهم في تفعيل الاستفادة من الربط الكهربائي، ومنها أن الدول العربية المرتبطة ستتمكن من توفير تكاليف استثمارية وتشغيلية تعادل القيمة الصافية الحالية لها حوالي 13 مليار دولار، وذلك دون إدخال أية إضافات جديدة على شبكات الربط، غير الخطوط القائمة أو المقررة سابقاً، إذا تم تبادل الطاقة بينها بالأسعار الاقتصادية الفعلية للطاقة الكهربائية. كذلك أوصت الدراسة بقيام الدول بوضع قواعد موحدة للشبكة (Grid Code) لكافة الدول العربية، واشتراك جميع الدول بشكل دوري في أنشطة مشتركة لتحديث قواعد بيانات أنظمة الطاقة وتخطيط منظومات التوليد وشبكات النقل فيها.

## مقدمة

أولت الدول العربية خلال العقود الماضية اهتماماً كبيراً بقطاع الكهرباء نظراً لدوره في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وتمكنت من تحقيق إنجازات ملموسة في إنشاء وتطوير بنية هذا القطاع والخدمات التي يوفرها. وقد بلغ إجمالي الحمل الأقصى[1] في الدول العربية بنهاية عام 2013 حوالي 183.8 ج.و.، وبلغ إجمالي الاستهلاك[2]، في العام نفسه، حوالي 806 ألف ج.و.س. ولتغطية هذا الطلب على القدرة والطاقة فقد قامت منظومات التوليد في الدول العربية بإنتاج[3] حوالي 968 ألف ج.و.س. من وحدات توليد إجمالي قدراتها المركبة حوالي 234 ج.و، وبلغ متوسط استهلاك الفرد من الطاقة الكهربائية سنوياً حوالي 2520 ك.و.س.

**الجدول رقم (1)**
**بيانات أساسية عن قطاع الكهرباء في الدول العربية**

| | 2000 | 2005 | 2010 | 2012 | 2013 |
|---|---|---|---|---|---|
| إجمالي قدرات التوليد المركبة (ج.و.) | 102.0 | 127.4 | 174.5 | 227.9 | 234.3 |
| الحمل الأقصى (ج.و.) | 78.9 | 106.7 | 150.2 | 174.2 | 183.8 |
| إجمالي الطاقة المولدة (ألف ج.و.س.) | 436.6 | 591.4 | 834.4 | 923.2 | 968.3 |
| إجمالي الطاقة المستهلكة (ألف ج.و.س.) | 5380.2 | 500.4 | 683.5 | 771.1 | 806.1 |

وتتباين قدرات التوليد المركبة من دولة عربية إلى أخرى، إذ يلاحظ أن إجمالي قدرات التوليد المركبة في دول مجلس التعاون الخليجي قد شكل في نهاية عام 2013 حوالي 51% من إجمالي قدرات التوليد المركبة في الدول العربية، وشكل إجمالي قدرات التوليد المركبة في مصر وسورية والأردن والعراق ولبنان حوالي 31 في المائة من إجمالي القدرات المركبة، بينما شكل إجمالي قدرات التوليد المركبة في تونس وليبيا والجزائر والمغرب حوالي 15 في المائة من إجمالي تلك القدرات. وتوزعت باقي قدرات التوليد على باقي الدول العربية بنسب صغيرة متفاوتة.

---

[1] أعلى طلب على الكهرباء في لحظة معينة، ويعبر عنه بالجيجاوات (ج.و.) وهو يساوي مليون كيلووات.

[2] إجمالي الاستهلاك السنوي لكافة الأحمال الموجودة على الشبكة، وهو يساوي حاصل ضرب متوسط القدرة المستهلكة في عدد ساعات الاستهلاك، ويعبر عنه بالجيجاوات ساعة (ج.و.س) وهو يساوي مليون كيلووات ساعة.

[3] الطاقة المطلوب إنتاجها، خلال العام، من وحدات التوليد المختلفة لتلبية الطلب السنوي على الطاقة (الطاقة المستهلكة).

وتنبهت الدول العربية إلى فوائد ربط شبكات الكهرباء فيها منذ أوائل الخمسينات، حيث تم آنذاك ربط الشبكتين الجزائرية والتونسية على التوتر 90 ك.ف. والشبكات اللبنانية والسورية والأردنية في منتصف السبعينات على التوترين 66 ك.ف. و 230 ك.ف. إلا أن مشاريع الربط الكهربائي شهدت قفزة نوعية في منتصف الثمانينات، حيث أولى الصندوق العربي اهتماماً كبيراً بربط شبكات الكهرباء في الدول العربية، وربط تلك الشبكات بالشبكات الأوروبية والآسيوية والأفريقية المجاورة. وبدأت مساهمات الصندوق العربي في دعم مشاريع الربط الكهربائي بتمويل دراسة الربط الكهربائي المشارقي، والتي انبثقت منها عدة دراسات للربط، مثل دراسة ربط دول المشرق العربي، ودراسة الربط الخليجي ودراسة ربط الشبكة الأردنية بالشبكة المصرية. وتواصلت مساهمات الصندوق العربي منذ ذلك الحين، حيث قدم، حتى نهاية عام 2014، سبعة عشر قرضاً للدول العربية، إجمالي مبالغها حوالي 306 مليون د.ك.، لتمويل مشاريع للربط الكهربائي العربي في اثنى عشرة دولة عربية، وكذلك ربط شبكات الكهرباء في الدول العربية بشبكات الكهرباء في إسبانيا وتركيا ومالي والسنغال، بالإضافة إلى تمويل العديد من الدراسات اللازمة لتحسين أداء منظومات النقل في الدول العربية.

تهدف هذه الورقة إلى إبراز أهم النتائج التي توصلت إليها دراسة جدوى الربط الكهربائي العربي الشامل وتقييم استغلال الغاز الطبيعي في تصدير الكهرباء، التي مولها الصندوق العربي واضطلع بالإشراف على تنفيذها بالتعاون مع إدارة الطاقة في جامعة الدول العربية، وهيئات الكهرباء والغاز الطبيعي في غالبية الدول العربية. قام بإعداد الدراسة تآلف الاستشاري CESI الإيطالي لشبكات الربط الكهربائي و RAMBOLL الدانمركي لأنظمة نقل الغاز الطبيعي، واستغرق إنجازها حوالي عامين.

## الجزء الأول: خصائص منظومات الكهرباء في الدول العربية

### 0.1 الأحمال القصوى والطلب على الطاقة

شهد الربع الأخير من القرن العشرين زيادة مستمرة في السكان وكذلك الاحتياجات في الدول العربية، فقد زاد عدد السكان من 120 مليون نسمة إلى أكثر من 370 مليون نسمة، وزادت متطلبات الطاقة الكهربائية بمعدل أسرع نتيجة للاستثمارات في الصناعات وبالخصوص الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، مثل البتروكيماويات والحديد والصلب والألمنيوم والأسمنت. وقد تسبب ذلك كله، مع ارتفاع مستوى المعيشة، في حدوث زيادة كبيرة في الطلب على الكهرباء لتلبية احتياجات النمو السكاني والتوسع العمراني وارتفاع استخدام الأجهزة الكهربائية وبالأخص أجهزة التكييف.

وقد نما الطلب على الطاقة الكهربائية في الدول العربية خلال العقد الماضي بشكل لم يسبق له مثيل مقارنة بأي منطقة أخرى من العالم، إذ بلغ استهلاك الطاقة الكهربائية حوالي 806 ألف ج.و.س. عام 2013، مقارنة بحوالي 380 ألف ج.و.س. عام 2000، أي بزيادة سنوية متوسط قدرها حوالي 9.8%، وارتفع الحمل الأقصى من حوالي 79 جيجاوات إلى حوالي 184 جيجاوات في ذات الفترة. وتمثل الطاقة الكهربائية أحد المدخلات الرئيسية للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، وحرصاً من الحكومات العربية على دعم التنمية ورفع مستوى الدخل، وجهت اهتماماتها في النصف الثانـي من عقد السبعينات وبداية عقد الثمانينات إلى تطوير وتنويع القاعدة الإنتاجية للاقتصادات العربية، وزيادة قدرات توليد الكهرباء فضلاً عـن التوسع في الشبكات الكهربائية ومدّها إلى المناطق الريفية والمناطق النائية التي لم تكن تصلها من قبـل، وربط الشبكات داخل القطر الواحد.

ولمجابهة هذا النمو في الطلب استثمرت الدول العربية حوالي 800 مليار دولار خلال الفترة 2000 – 2013، وتمكنت من زيادة القدرة المركبة خلال ذات الفترة من 102 جيجاوات إلى حوالي 234 جيجاوات لتلبية الارتفاع في حمل الذروة، غير أنه لما كانت الزيادة المئوية في الحمل قد تجاوزت الزيادة في القدرة المركبة، فقد هبط احتياطي التوليد المحتسب بأخذ قدرات التوليد المركبة على الشبكات من حوالي 34% إلى حوالي 11% خلال تلك الفترة.

## 0.2 منحنيات الأحمال

بينت الدراسات، التي أجريت في الثمانينات على منحنيات الحمولة اليومية والأسبوعية والسنوية للدول العربية، أن هناك فائدة لكافة البلدان من ربط شبكاتها والتعاون فيما بينها فيما يخص تبادل الطاقة الكهربائية، فهناك اختلاف في توقيت حدوث الذروة بين هذه الدول لأسباب عدة. وقد لوحظ على سبيل المثال أن هناك اختلافاً في الأحمال الذروية في الشتاء لكل من مصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب، ويرجع ذلك بصفة أساسية إلى اختلاف التوقيت بين هذه البلدان.

أما فيما يخص الأحمال اليومية في الصيف فقد تبين وجود اختلاف كبير بين دول مجلس التعاون الخليجي والعراق والدول الأخرى في المشرق العربي، والاختلاف سببه واضح وهو الظروف المناخية. فبالنسبة لدول الخليج، بالإضافة إلى العراق، بينت الدراسات وجود ذروة نهارية حادة ما بين الساعة الثانية والثالثة بعد الظهر، وذروة أخرى مسائية حادة عند الساعة العاشرة مساءً، مع وجود انخفاض كبير في الأحمال في باقي أوقات النهار (من الساعة 5- 12صباحاً)، مع فجوة ثانية في الفترة المسائية حوالي الساعة السادسة. أما في دول مصر وسوريا ولبنان، فتبلغ الأحمال ذروتها ما بين الساعة الثامنة مساءً والساعة التاسعة مساءً.

وتوفر تلك الاختلافات اليومية والأسبوعية والفصلية للأحمال الكهربائية بين الدول العربية فرصة لاستغلال قدرات التوليد غير المستخدمة في خارج أوقات الذروة في بعض البلدان، لاستغلالها في بلدان أخرى خلال ساعات الذروة.

## 0.3 كميات وأنواع الوقود المستخدم

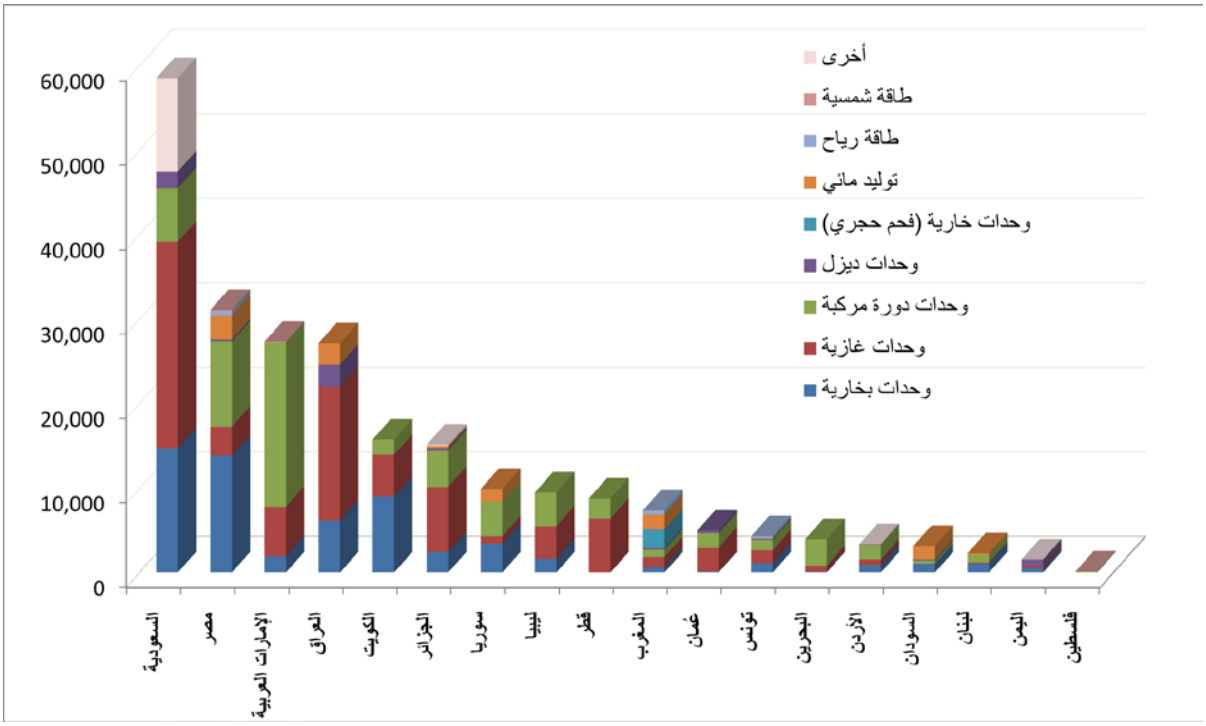
يعتمد توليد الطاقة الكهربائية في الدول العربية أساساً على استخدام المشتقات النفطية والغاز الطبيعي في معظم المحطات الكهربائية، وعلى الطاقة المائية، وبصفة خاصة في المغرب وسوريا والسودان ومصر، وبدرجة أقل على الفحم في المغرب، وطاقة الرياح مؤخراً في كل من مصر والمغرب. ومازالت التربينات الغازية تساهم بقدر كبير من مجمل القدرة التوليدية في الدول العربية، وبصفة خاصة في دول الخليج، بينما تعتمد موريتانيا وجيبوتي بصفة شبه كاملة على التوليد باستخدام وحدات الديزل التي تعمل بزيت الغاز الخفيف أو زيت الوقود الثقيل.

ومن أجل الاستفادة من الطاقة الكامنة في غازات عادم التربينات الغازية لإنتاج الكهرباء، قام عدد من الدول، وبصفة خاصة مصر وسوريا وليبيا وتونس والأردن، بالإضافة إلى دول الخليج العربي مؤخراً، ببناء محطات توليد بدورة مركبة مرتفعة الكفاءة. كما لجأت هذه الدول إلى تحويل عدد من المحطات الغازية

القائمة إلى الدورة المركبة لنفس السبب. وبالمثل، تسعى معظم دول الخليج العربية إلى إقامة المشاريع المشتركة لتوليد الكهرباء وتحلية المياه، وذلك باستغلال الغاز العادم من التربينات الغازية لتوليد البخار اللازم للتقطير بطريقة استخدام تربينات الدورة المركبة لزيادة كفاءة وفاعلية المحطات ولتوليد الكهرباء وتحلية المياه.

يوضح الشكل رقم (1) قدرات التوليد المركبة في أغلب الدول العربية لعام 2013، بينما يوضح الشكل رقم (2) التوزيع النسبي لكمية الوقود المستهلكة لتوليد الكهرباء من الوحدات الحرارية الموجودة في الدول العربية للعام ذاته.

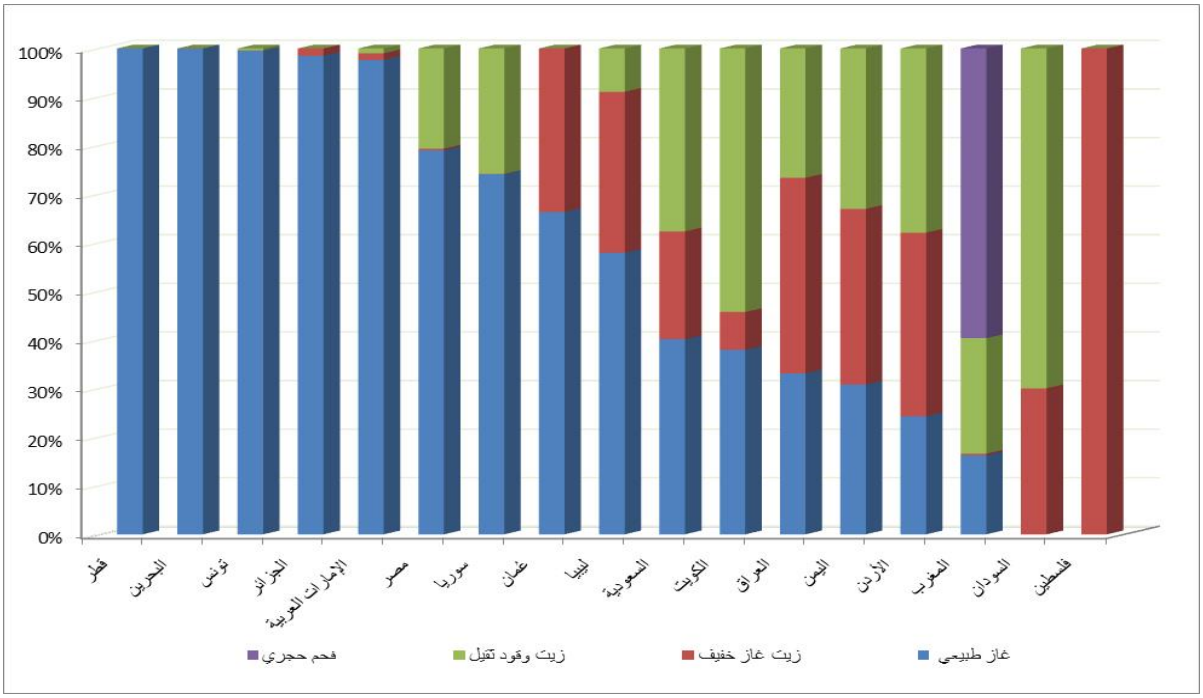
**الشكل رقم (1)**
**قدرات التوليد المركبة في أغلب الدول العربية لعام 2013**
**(ج.و.)**




ونتيجة لاختلاف تقنيات التوليد الحراري وأنواع الوقود المستخدمة، فهناك هامش أمام الدول العربية لتحسين كفاءة أنظمة الطاقة الكهربائية وخفض استهلاك الوقود. ومن شأن الربط الكهربائي للشبكات الكهربائية، وتحسين كفاءة التوليد، أن يؤديا إلى استخدام وحدات التوليد ذات التكلفة الأقل من حيث كفاءتها الحرارية وتكلفة الوقود المستخدم، وبالتالي يؤدي ذلك إلى خفض استعمال وقود الديزل اللازم لتشغيل التربينات الغازية التي تستعمل لمواجهة أحمال الذروة، فضلاً عن استغلال إمكانات الغاز المتوافر في العديد من الدول

العربية، وتنظيم استغلال الطاقات المائية. ومن شأن ذلك كله أن يرفع من كفاءة منظومات التوليد ويُقلل من متوسط الاستهلاك النوعي للمحطات.

**الشكل رقم (2)**
**التوزيع النسبي لكمية الوقود المستهلكة لتوليد الكهرباء من الوحدات الحرارية الموجودة في الدول العربية لعام 2013**




## 0.4 الاحتياجات الاستثمارية

من المتوقع أن يستمر الطلب على الكهرباء في الارتفاع بمعدله العالي الحالي خلال العشر سنوات القادمة، إذ يقدر أن ترتفع الطاقة الكهربائية المولدة إلى 2984 ألف ج.و.س. في عام 2020 وحوالي 4860 ألف ج.و.س. عام 2030. وبالمثل، ينتظر أن يرتفع حمل الذروة إلى 287 ج.و. في عام 2020 وحوالي 460 ج.و. عام 2030. ويتوقع أن يستدعي هذا الحمل إنشاء محطات توليد جديدة، خلال الفترة 2012 – 2030، تصل قدراتها المركبة إلى حوالي 300 ج.و.

واستناداً إلى التقديرات الوطنية وخطط التوسع في الدول العربية، تقدر الاستثمارات اللازمة للوفاء بهذه الاحتياجات بحوالي 276 مليار دولار أمريكي، هذا بالإضافة إلى حوالي 80 مليار دولار لشبكات النقل والتوزيع اللازمة لخدمة المستهلكين الإضافيين ولتلبية الطلب المحلي. ويعد ذلك هدفاً طموحاً يقتضي توافر التمويل العام والخاص بالإضافة إلى الاستثمار الأجنبي. وتبرز صعوبة توفير هذه الأموال في ظل

الظروف الحالية للعديد من الدول العربية، وبخاصة مع المتطلبات الهائلة لمواجهة الزيادة السكانية الكبيرة، واضطرار العديد من الدول العربية إلى توجيه جانب كبير من استثماراتها نحو المشاريع الاجتماعية مثل الصحة والتعليم والإسكان.

ولقد شرعت الدول العربية في سعيها لخفض هذه النفقات الرأسمالية وتأخيرها، إلى تنفيذ برامج لترشيد الطاقة الكهربائية على جانبي العرض والطلب، وإلى إشراك القطاع الخاص في تمويل هذه التوسعات من خلال تنفيذ ترتيبات "التشييد والتملك والنقل" (BOT) وما شابهها. كما لجأت أيضاً إلى ربط شبكاتها الكهربائية، بصفته أحد الوسائل الأكثر فاعلية في زيادة كفاءة وموثوقية الطاقة الكهربائية والحفاظ عليها.

## 0.5 الربط الكهربائي كأحد الوسائل الأساسية لترشيد استهلاك الطاقة

يعتبر الربط الكهربائي أحد الوسائل الهامة لترشيد المنظومات الكهربائية، كما أنه يعتبر أحد أركان التعاون الأساسية بين الدول العربية في مجال الكهرباء، فهو يساهم في الحد من التكاليف الرأسمالية والتكاليف التشغيلية لإنتاج الكهرباء لمقابلة مستوى معين من الطلب، فضلا عما يؤديه من وفر في استخدام الطاقة الأولية. كما أن للربط فوائد كثيرة تختلف باختلاف أنواع الربط وكذلك الغرض منه، وسياسات الدول المرتبطة بالنسبة لاعتمادها على الدول الأخرى في تلبية احتياجاتها من الطاقة الكهربائية. وبالطبع عادة ما يبدأ الربط بين البلدان المتجاورة بصورة متواضعة وللتبادل في أوقات معينة، إلا أنه سرعان ما ينمو ويأخذ أشكالاً أكثر تطوراً في ضوء التجربة الفعلية وبعد اطمئنان الشركاء من النواحي الفنية والاستراتيجية والسياسية، والتأكد من منافع الربط.

وقد تناولت الورقة الخاصة بالربط الكهربائي العربي الشامل، والتي قامت إدارة الطاقة في أمانة جامعة الدول العربية بإعدادها، أنواع الربط الكهربائي وتطوره بين الدول العربية، وأهم المستجدات التي طرأت على مشروع الربط الكهربائي الخليجي، ومشروع الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي، ومشروع الربط المغاربي، بالإضافة إلى عدد من المشاريع التي يجري العمل على تنفيذها.

## الجزء الثاني: دراسة جدوى الربط الكهربائي العربي الشامل وتقييم استغلال الغاز الطبيعي في تصدير الكهرباء*

تتباين تكلفة التوليد بين الدول العربية نتيجة لعدة عوامل أبرزها وجود غاز طبيعي بكميات وفيرة في بعض الدول وعدم وجوده في دول أخرى، وعليه ومن أجل الاستفادة من خطوط الربط الكهربائي االقائمة، ووضع استراتيجية متكاملة لتطوير منظومات التوليد والنقل في الدول العربية، استجاب الصندوق العربي في عام 2010 لطلب المجلس الوزاري العربي للكهرباء بتخصيص معونة لتمويل دراسة للربط الكهربائي الشامل بين الدول العربية واستغلال الغاز الطبيعي، وتم تكليف ائتلاف استشاري متخصص بإعداد تلك الدراسة التي تهدف إلى المفاضلة بين تصدير الغاز الطبيعي وتصدير الطاقة الكهربائية المولدة بالغاز الطبيعي.

استندت الدراسة إلى مجموعة شاملة من البيانات، تم جمعها في المرحلة الأولى من الدراسة بواسطة ضباط اتصال من هيئات الكهرباء والغاز في 16 دولة عربية. تتعلق تلك البيانات بتوليد الكهرباء والغاز الطبيعي الوطني وخطط تطوير نقل الغاز الطبيعي والكهرباء. ولقد تخللت تلك المرحلة أنشطة متعددة للتحقق من البيانات وتوحيدها، وشملت عدة زيارات ميدانية مع ضباط الاتصال من جانب، بالإضافة إلى وضع فرضيات معقولة مستندة إلى خبرة الاستشاري للاستعاضة عن البيانات غير المتوفرة.

وانطلقت الدراسة من قاعدة البيانات التي تم جمعها، والتي تضمنت معلومات حديثة لخطط واقعية لتطوير منظومة توليد الكهرباء، وبيانات استهلاك الكهرباء، وبيانات عن مشاريع الربط الكهربائي القائمة الجاري إنشاؤها أو المخطط لها، بالإضافة إلى احتوائها على معلومات عن البنية التحتية الحالية للغاز الطبيعية ومعلومات حول احتياطيات الغاز الطبيعي في المنطقة. وشملت قاعدة البيانات التي تم جمعها خلال المرحلة الأولى للدراسة البيانات الأساسية لتنفيذ الأنشطة اللاحقة في الدراسة.

اكتملت الدراسة في الربع الأخير من عام 2013، وتضمنت أهم نتائجها وضع استراتيجية متكاملة لتطوير منظومة الربط الكهربائي وخطوط نقل الغاز الطبيعي بين الدول العربية، وذلك لتحقيق أقل إجمالي تكلفة لتوليد الكهرباء في الدول العربية مجتمعة خلال تلك الفترة. وفيما يلي وصف لأهداف الدراسة ومكوناتها وأهم نتائجها:

---

(*) الخلاصة التنفيذية للدراسة متاحة على موقع الصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي، ويمكن تحميلها باللغات العربية والإنجليزية والفرنسية من خلال الرابط: http://www.arabfund.org/Default.aspx?pageId=395&mid=227.

## 0.1 وصف الدراسة وأهدافها والمستفيدون منها

تتمثل الأهداف الرئيسية ونطاق الدراسة في وضع استراتيجية وخطة رئيسية لتطوير تجارة الطاقة الكهربائية بين الدول العربية للفترة 2012 – 2030، وتحديد المفاضلة بين تصدير الكهرباء و/أو الغاز الطبيعي؛ ولقد كان الهدف هو دراسة الخطط التي وضعتها الدول العربية لتطوير منظومات توليد القدرة الكهربائية ودراسة شبكات الربط الكهربائي، وذلك بهدف معرفة ملائمتهما لتزويد الكهرباء وتوفير كميات الغاز اللازمة بأسعار اقتصادية لتحقيق أهداف سوق عربية لتجارة الكهرباء.

## 0.2 منهجية الدراسة

اعتمدت منهجية الدراسة على إعداد المخطط الأمثل لتطوير منظومتي التوليد والنقل الكهربائي من جهة، ومرافق نقل واستيراد الغاز من جهة أخرى، من جميع الدول العربية، لتحقيق التكاليف الرأسمالية والتشغيلية الأدنى. وانطلقت الدراسة من توقعات الطلب على الطاقة والحمل الأقصى في الدول المشاركة وخططها لتطوير وتوسعة منظومات الطاقة لديها. واستخدمت في الدراسة خوارزمية المربعات الصغرى (Least Squares Optimization) للوصول إلى التكلفة الاقتصادية الفعلية الدنيا لتوليد الطاقة الكهربائية، وذلك بالتوافق مع الأسس والشروط التي أعدتها الدراسة ضمن مذكرة التخطيط المعتمدة من جميع الدول المشاركة (Planning Memorandum). ومن أجل أن يكون تبادل الكهرباء بين الدول العربية مبنياً على أسس اقتصادية سليمة، تم تطبيق عدد من المفاهيم الأساسية لتحقيق ذلك الهدف، منها استخدام الأسعار الاقتصادية للوقود في كل دولة، والتي تم حسابها باستخدام مبدأ Net Back Price.

## 0.3 المهام المشمولة في الدراسة

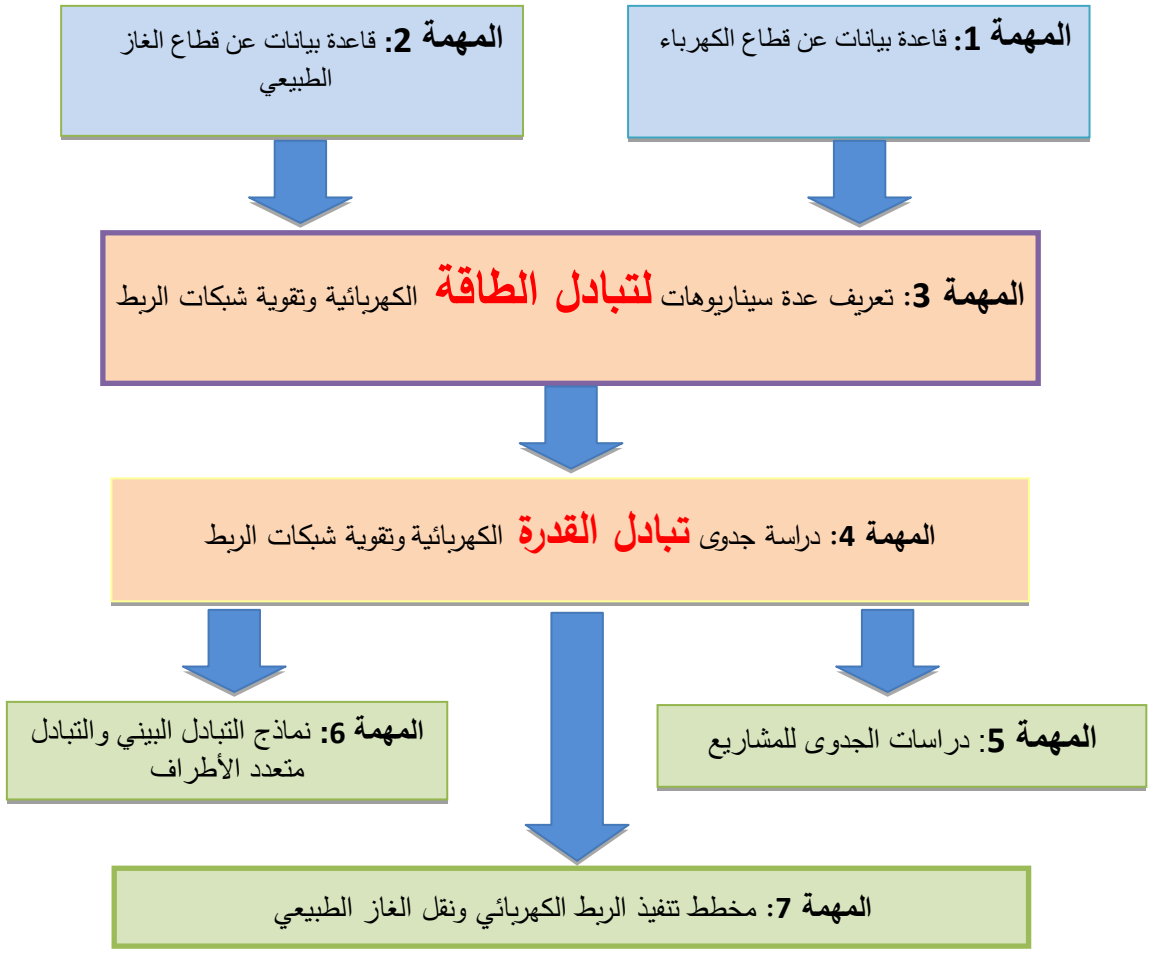
تم تقسيم الدراسة إلى سبع مهام. تضمنت المهمة الأولى بناء قاعدة معلومات عن قطاع الكهرباء في الدول العربية، تشمل بيانات عن أعداد وقدرات وحدات التوليد في كل دولة وتاريخ دخول تلك الوحدات في الخدمة والتاريخ المتوقع لإخراجها، بالإضافة إلى نوع الوقود المستخدم ومعدل استهلاك الوقود، بينما تضمنت المهمة الثانية قيام الاستشاري ببناء قاعدة معلومات عن قطاع الغاز في الدول العربية، شاملاً بيانات عن احتياطيات الغاز والكميات المنتجة والمستهلكة، وتقديرات لكمية الغاز المصدر وأسعار التصدير.

وتضمنت المهمة الثالثة حساب الطاقة الممكن تبادلها بين الدول العربية، وذلك بهدف الوصول إلى أقل تكلفة استثمارية وتشغيلية لتوليد الكهرباء في الدول العربية مجتمعة خلال الفترة 2012 – 2030، بينما تضمنت المهمة الرابعة تحديداً للقدرات التي يمكن تبادلها، ساعة بساعة، على خطوط الربط، ومنها تم تحديد ما إذا كانت سعات تلك الخطوط كافية لنقل القدرات المطلوبة أم أن هناك حاجة لزيادتها.

وانطلاقاً من نتائج المهمة الرابعة، قام الاستشاري في المهمة الخامسة بتقدير المردودين الاقتصادي والمالي لمشاريع الكهرباء والغاز المقترحة، بينما قام في المهمة السادسة ببناء نموذج رياضي للتبادل البيني والتبادل متعدد الأطراف لتبادل الطاقة الكهربائية بين الدول العربية، بحيث يتم تعويض الدول التي يتم تبادل الطاقة عبر شبكاتها عن استهلاك شبكاتها. وأخيراً، قام الاستشاري، ضمن المهمة السابعة من الدراسة، بإعداد مخطط لتنفيذ مشاريع الربط الكهربائي ونقل الغاز المقترحة.

ويوضح الشكل رقم (3) أسلوب تنفيذ الدراسة والعلاقة بين مراحلها المختلفة

**الشكل رقم (3)**
**المهام المشمولة في الدراسة والعلاقة فيما بينها**



## 1.3 إعداد قاعدة بيانات قطاع الكهرباء

استندت المعلومات التي تم جمعها حول تشغيل وتخطيط شبكات النقل الكهربائي ومنظومة توليد القدرة الكهربائية وشبكات الربط الكهربائي العربية على البيانات التي تم الحصول عليها بواسطة استبيانات قامت مؤسسات الكهرباء في الدول العربية بتعبئتها. وكان الهدف من معرفة توقعات الطلب على الكهرباء هو تحديد كميات الطلب على الطاقة الكهربائية والطلب على الحمل الأقصى للفترة 2012 – 2013، وذلك كأساس رئيسي في التخطيط للاستثمار في قدرات التوليد الإضافية للطاقة الكهربائية، ولاستشراف كميات تبادل الكهرباء على أسس اقتصادية.

وتضمنت هذه المهمة إعداد مذكرة تخطيط شملت معايير التخطيط لتوليد ونقل الطاقة، وتمت مناقشة هذه المعايير والاتفاق عليها بين إدارة الطاقة وفريق العمل وممثلي الدول العربية المشاركة. واستندت معايير تخطيط منظومة توليد القدرة وشبكات ربطها إلى منهجية ايجاد الحل الاقتصادي الأمثل في ظل قيود على كميات الغاز الطبيعي.

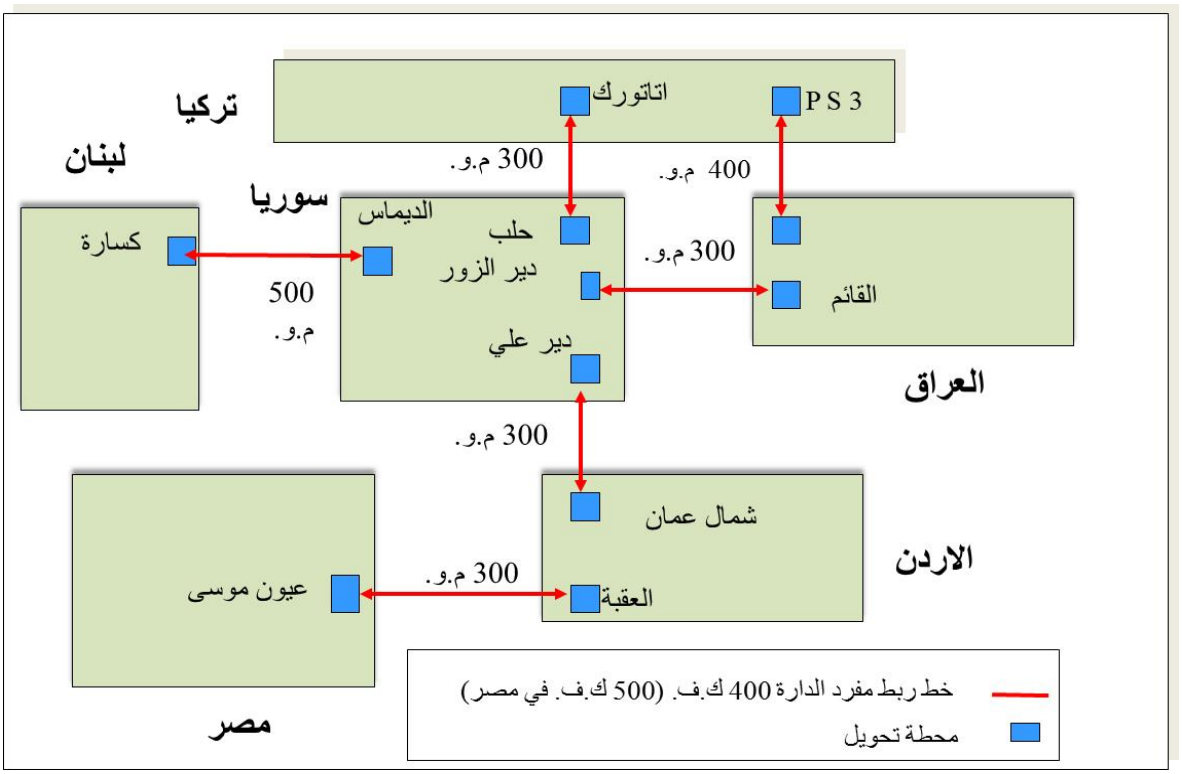
وتمت مراجعة وتدقيق الخطط الرئيسية الوطنية لمنظومة التوليد لكل بلد عربي على حِدة، والتي غطت جزئياً الفترة 2012 – 2013. وتم تقييم مدى ملائمة خطط التنمية المتوقعة لقدرات التوليد خلال فترة التخطيط من أجل التحقق من صحة البيانات المقدمة لتطوير منظومة التوليد وشبكة النقل بأقل تكلفة.

وتوصلت الدراسة إلى استشراف الطلب على الحمل الأقصى (ميجاواط) والطلب على الطاقة الكهربائية (جيجاواط – ساعة) لكل بلد عربي. وفي إطار سيناريو أولي، من المتوقع أن يرتفع حمل الذروة غير المتزامن في البلدان العربية من (179,660) م.و. في عام 2012 إلى حوالي (446,481) م.و. في عام 2030، بمعدل نمو سنوي مركب (CAGR) يبلغ حوالي 5.12% خلال فترة الدراسة. ومن المتوقع أن ينمو الطلب الإجمالي على الطاقة الكهربائية من حوالي (956,132) ج.و.س. في عام 2012 إلى حوالي (2,458,519) ج.و.س. في عام 2030، وذلك بمعدل نمو سنوي مركب يبلغ حوالي 5.39%. ويحتوي الملحق رقم (1) على توقعات الطلب على الطاقة الكهربائية والحمل الأقصى في الدول العربية حتى عام 2030.

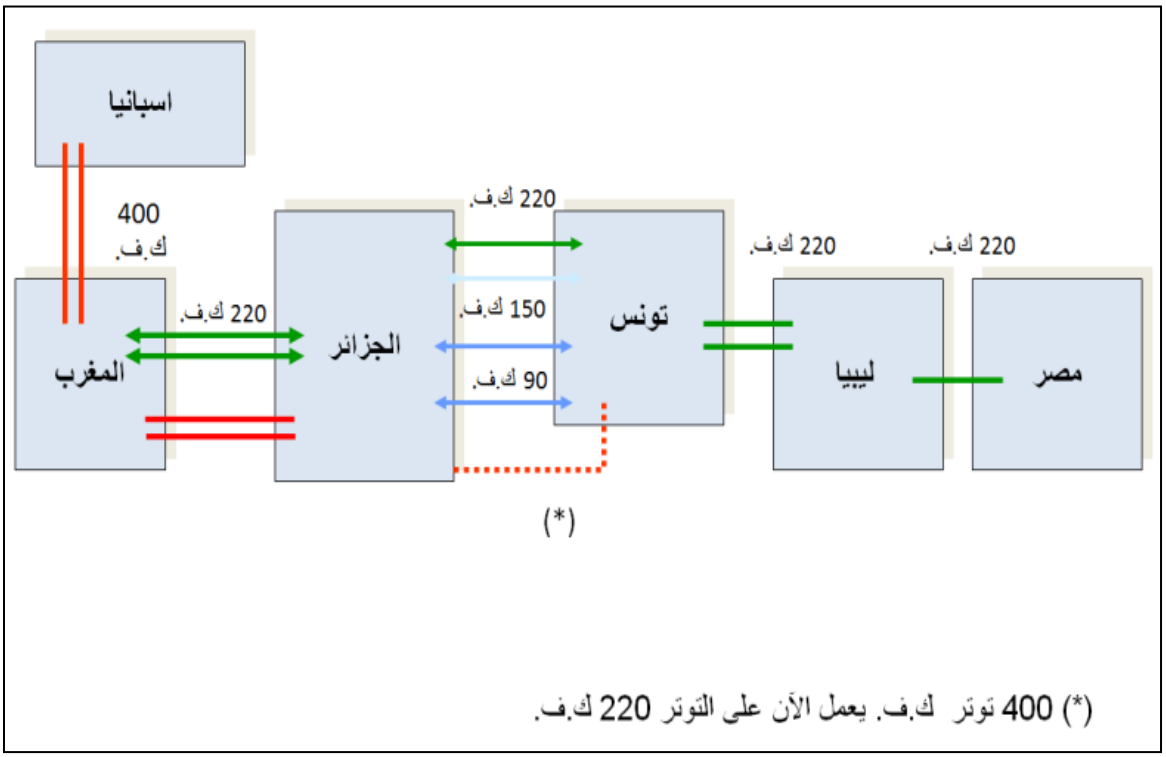
وتضمنت هذه المهمة دراسة الوضع الحالي لشبكات الربط العربية التي تتكون من مجموعات للربط الكهربائي بين الدول العربية. تشمل المجموعة الأولى شبكات الكهرباء في كل من مصر وليبيا والأردن وسوريا ولبنان والعراق وفلسطين، والتي تعرف بمجموعة الربط الثماني (عند إضافة الشبكة التركية)، وتشمل المجموعة الثانية شبكات الكهرباء في كل من ليبيا وتونس والجزائر والمغرب، وتعرف بمجموعة الربط المغاربي، بينما تشمل المجموعة الثالثة شبكات الكهرباء في كل من الكويت والسعودية والبحرين وقطر والإمارات وعمان، وتعرف بمجموعة الربط الخليجي.

توضح الأشكال (4)، (5)، (6) سعات خطوط الربط في تلك المجموعات، وتحتوي ورقة "الربط الكهربائي العربي ودور المجلس الوزاري العربي"، المعدة من جانب أمانة الطاقة بجامعة الدول العربية الموقف التنفيذي لمشاريع الربط الكهربائي في كل مجموعة، بالإضافة إلى مشاريع الربط المستقبلية داخل كل مجموعة، وبين مجموعة ومجموعة أخرى.

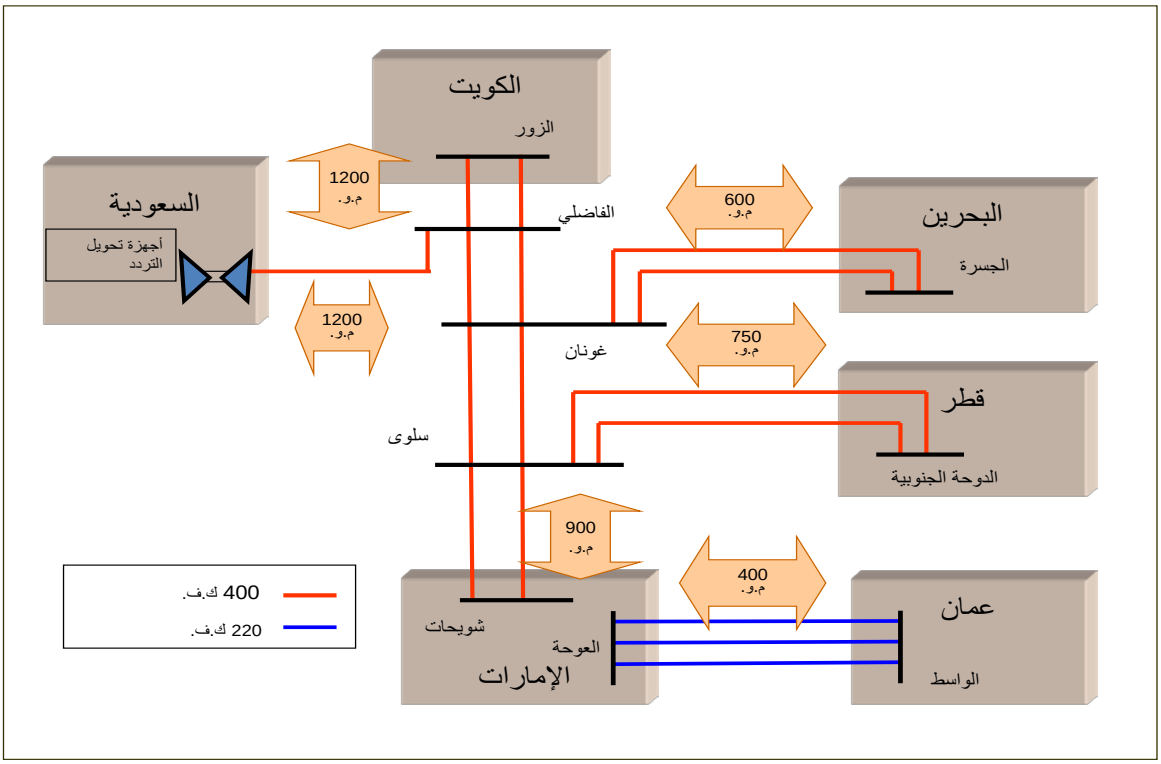
**الشكل رقم (4)**
**المخطط الأحادي لمجموعة الربط الثماني**



**الشكل رقم (5)**
**المخطط الأحادي لمجموعة الربط المغاربي**




**الشكل رقم (6)**
**المخطط الأحادي لمجموعة الربط الخليجي**



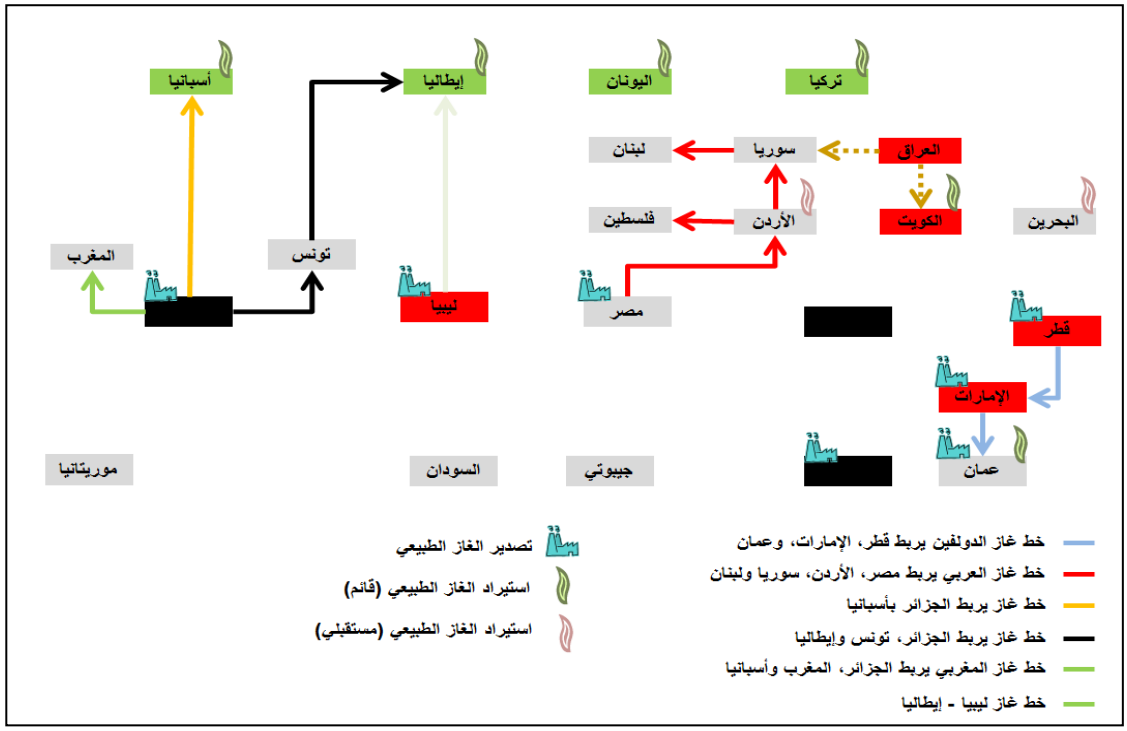
## 2.3 المهمة الثانية: بيانات قطاع الغاز الطبيعي

يلعب الغاز الطبيعي (NG) دوراً متزايد الأهمية بين مصادر الطاقة الأولية، خاصة في مجال التوليد الكهربائي، حيث يستخدم الغاز الطبيعي في توليد نصف الطاقة الكهربائية المولدة في الدول الأوروبية، وحوالي ثلث الطاقة الكهربائية المولدة في الولايات المتحدة الأمريكية. وتشير احصائيات مجلس الطاقة العالمي إلى أن استهلاك الغاز الطبيعي سوف يرتفع من حوالي 3510 مليار متر مكعب عام 2011 إلى حوالي 4029 مليار متر مكعب عام 2020.

تقدر الاحصائيات أن احتياطيات الغاز الطبيعي في العالم تكفي لحوالي 60 عاماً، بينما تقدر ذات الاحصائيات أن احتياطي الغاز الطبيعي في الدول العربية يكفي لحوالي مائة عام، وذلك استناداً إلى أن معدل الاستهلاك السنوي للغاز في الدول العربية هو حوالي 586 مليار متر مكعب، وأن الاحتياطي يقدر بحوالي 54330 مليار متر مكعب. إلا أن هذا الاحتياطي غير موزع بالتساوي بين الدول العربية، مما يتطلب وجود الحاجة لنقله من دولة يوجد فيها وفر في الغاز إلى دولة أخرى يوجد فيها عجز فيه.

باستعراض البنى التحتية لشبكات الغاز الطبيعي في المنطقة العربية في الوقت الحاضر، نجدها مجزأة للغاية (الشكل رقم 7)، مع الفصل التام بين سوق الغاز في حوض البحر الأبيض المتوسط ومنطقة الخليج.

**الشكل رقم (7)**
**البنى التحتية الحالية لشبكات الغاز الطبيعي في الدول العربية**



وقد تولدت لدى الصندوق العربي قناعة بأن نجاح الربط الكهربائي والغاز الطبيعي يرتبط بتوافر الكميات المناسبة من الغاز لاستهلاكه في محطات التوليد أو لتصديره للاستهلاك في دول أخرى. لذلك ركزت المهمة الثانية من الدراسة على تحديد مدى توافر الغاز. ولهذا الغرض، قام الاستشاري بإعداد استبيانات وإرسالها إلى كل البلدان المشاركة لتعبئتها. وقد شاركت بعض البلدان الرئيسية كالمملكة العربية السعودية وقطر في ملء تلك الاستبيانات، بينما تم الاعتماد على خبرة الاستشاري ومصادر المعلومات المتاحة في المجال العام لتوفير البيانات التي لم توفرها بعض الدول.

وركزت عملية جمع البيانات على الوصول إلى تقديرات معقولة لاحتياطيات الدول من الغاز بهدف ايجاد التوازن والتنسيق بين البلدان المشاركة سواءً في الإنتاج أو التصدير أو الاستيراد أو الاستهلاك. وبينت الدراسة إمكانية مواجهة معظم البلدان غير المنتجة للغاز نقصاً حاداً في موارد الغاز الطبيعي في السنوات القادمة، وهذا من شأنه إجبارها على توليد الكهرباء باستخدام أنواع الوقود الأخرى، والتي يحتمل أن تكون أكثر تكلفة وسيكون لها تأثير سيئ على البيئة. وقد يساعد استيراد الطاقة الكهربائية في التخفيف من حدة هذه الحالة. ومع ذلك، وجدت الدراسة عدداً من العوامل الرئيسية التي تؤثر على تصدير الغاز مثل ضرورة سد حاجة الاستهلاك المحلي/ الطلب وسياسة الحكومات، ولا سيما بعد وضع دولة قطر حظراً على زيادة إنتاج الغاز، أضف إلى ذلك سياسة عدم إنشاء أنابيب للتصدير أو الاستيراد في المملكة العربية السعودية، مما استبعد مجموعة من الفرص المحتملة لربط الغاز بين الدولتين باعتبارها صاحبتي أكبر احتياطيين في الدول العربية.

وأدت تحفظات الدولتين على إنشاء أنابيب ربط غاز مع الدول المجاورة إلى تقليل عدد مشاريع ربط الغاز المحتملة، لتبقى محصورة فقط في مشاريع ربط غاز تقام في كل من ليبيا والعراق لربط كل منهما بالدول المجاورة، حيث يتوقع أن يتخطى إنتاج الغاز لهاتين الدولتين الاكتفاء الذاتي في بضع سنوات فقط، مما يفسح المجال لتصدير الغاز إلى الدول العربية المجاورة.

وهدف الجزء الثاني من هذه المهمة إلى التوصل إلى تقديرات ذات مصداقية لأسعار الغاز في كل دولة عربية على حدة من أجل استخدامها في بناء نموذج رياضي متكامل بمنظومة الكهرباء. واعتمد تقدير أسعار الغاز في الدول العربية على أسعار الغاز العالمية في اليابان، والاتحاد الأوروبي، والولايات المتحدة الأمريكية، ويقتطع أو يضاف إليها تكاليف نقل الغاز إلى تلك الأسواق العالمية، على حسب طبيعة الدولة سواء منتجة أو مستوردة للغاز. وأعطى هذا النهج تقديرا للقيمة البديلة أو سعر الغاز الاقتصادي في كل بلد عربي. ويحتوي الملحق رقم (2) تقديرات لقيمة الغاز الطبيعي، ولكميات الغاز الطبيعي المتاحة في كل بلد عربي.

## 3.3 المهمة الثالثة: سيناريوهات الربط التي تمت دراستها

تم إعداد نموذج لمنظومة توليد الكهرباء العربية مع شبكات الربط الكهربائي ونقل الغاز الطبيعي، مع الأخذ بعين الاعتبار وحدات التوليد وشبكات الربط القائمة والمنظورة مستقبلاً. وتضمن النموذج 1,450 محطة حرارية بتقنيات مختلفة، و74 محطة كهرومائية، و180 محطة للتوليد بالطاقات المتجددة، و39 شبكة ربط كهربائية و 5 بُنى تحتية عابرة حدود من الغاز الطبيعي. ونفذت عمليات المحاكاة باستخدام مجموعة البرمجيات OPTGEN للتوصل إلى خطة تطوير المنظومة ذات التكلفة الأدنى، وهي مجموع تكاليف الاستثمار وتكاليف تشغيل منظومة الكهرباء العربية.

ووضع الاستشاري خمسة سيناريوهات رئيسية واثنين إضافيين لدراسة حساسية النتائج. وتم التوصل إلى معرفة السيناريو الذي يحقق الهدف، وأطلق عليه اسم "السيناريو المفضل"، الذي يمثل الحل ذي التكلفة الدنيا لإجمالي التكاليف الاستثمارية والتشغيلية لتطوير منظومة التوليد وإنشاء شبكات الربط الكهربائي والغاز الطبيعي في ظل الحد الأقصى للكميات المتاحة من الغاز الطبيعي.

تضمنت السيناريوهات الرئيسية ما يلي:

**سيناريو الاستمرار في نهج العمل المعتاد Business As Usual (BAU):** وهو بمثابة نهج وطني لتحقيق الاكتفاء الذاتي في موارد الطاقة الكهربائية على أساس إستراتيجية استخدام الموارد الوطنية في المقام الأول والحفاظ على المستويات الحالية لاستهلاك الغاز الطبيعي لتوليد الطاقة، أي عدم التوسع في استخدام مخزون الغاز الطبيعي وعدم الربط الإقليمي للطاقة الكهربائية. ويمثل هذا السيناريو الخطة ذات التكلفة الدنيا للتوسع في منظومة التوليد الوطنية لكل دولة في ظل وجود سقف لكميات الغاز الطبيعي في كل دولة. واعتبر هذا السيناريو حالة الأساس، حيث لا يتم تبادل للطاقة بين الدول المرتبطة. واستخدمت نتائج هذا السيناريو لمقارنة احتياجات الدول العربية الاستثمارية لتوسعة منظوماتها الكهربائية، وبحيث يتم تحقيق الاستفادة القصوى من موارد الغاز الطبيعي الوطنية.

**سيناريو الربط الكهربائي (IC Scenario):** الذي يمثل تطوير منظومة الكهرباء بأقل التكاليف الاستثمارية والتشغيلية، بحيث يتم تبادل الطاقة والقدرة باستخدام شبكات الربط القائمة والمقررة، مع الإبقاء على الحد الأعلى لاستهلاك الغاز، والالتزام بالتبادل بأسعار اقتصادية، وذلك بالتركيز على التجارة الكهربائية الإقليمية، واستيراد وتصدير الكهرباء دون توسيع أو تعزيز البنى التحتية الإقليمية الموجودة من الغاز الطبيعي.

**سيناريو الربط الكهربائي المدعم (ICr Scenario):** وهو مماثل لسيناريو الربط الكهربائي (IC)، باستثناء إضافة خطوط ربط كهربائية لتدعيم شبكات الربط القائمة، مع التركيز أيضاً على التجارة الكهربائية الإقليمية، دون التوسع في استغلال موارد الغاز الطبيعي. ويتضمن الجدول رقم (2) المشاريع التي اقترح الاستشاري تنفيذها لدعم شبكات الكهرباء في الدول العربية.

**سيناريو ربط الغاز الطبيعي (NG Scenario):** يمثل الخطة ذات التكلفة الدنيا لتطوير منظومة التوليد، مع الإبقاء على الحد الأعلى لاستهلاك الغاز الطبيعي المتاح في كل دولة، إضافة للاستثمار في موارد البنى التحتية عبر الحدود (خطوط الأنابيب/ أو الغاز المسال) للغاز الطبيعي، مع الاستفادة من شبكات الربط الكهربائي القائمة.

ويعتمد الربط بين الغاز والكهرباء على توافر موارد كافية من الغاز ليتم استهلاكها في محطات الطاقة أو تصديرها للاستهلاك في بلدان أخرى.

وقد اقترح الاستشاري تنفيذ خمسة مشاريع للغاز الطبيعي، وهي:

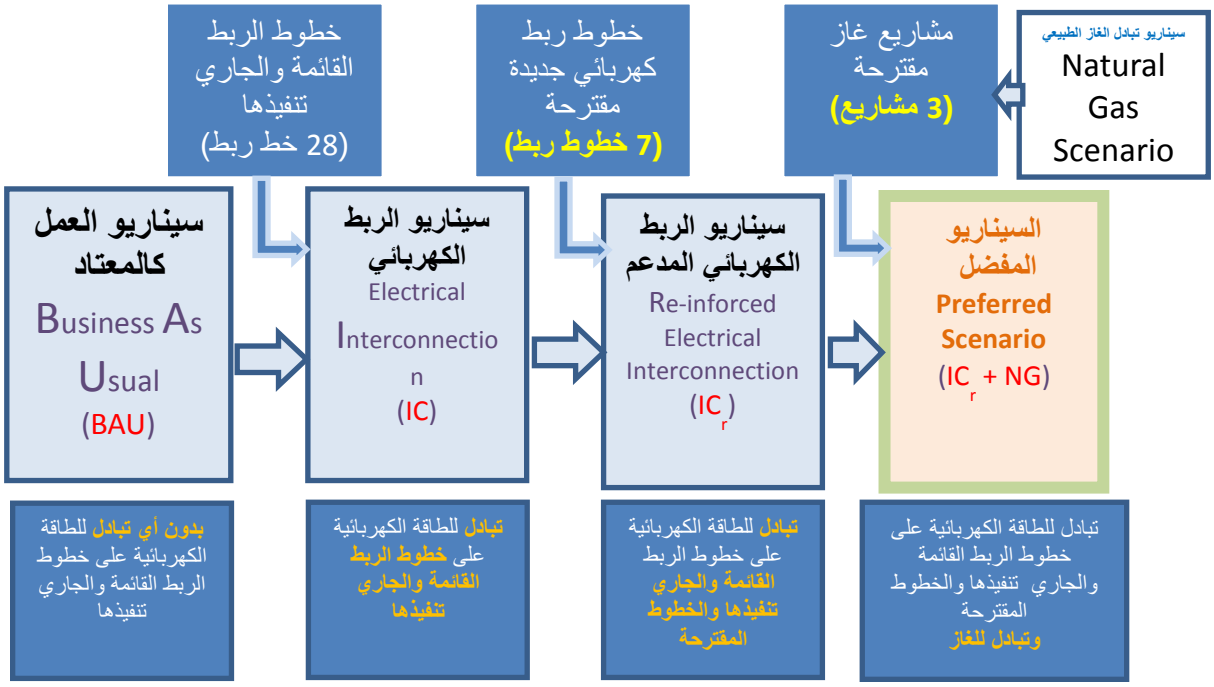
- أنبوب للغاز الطبيعي بين ليبيا وتونس.
- أنبوب للغاز الطبيعي بين ليبيا ومصر.
- أنبوب للغاز الطبيعي بين العراق والكويت.
- محطة في المغرب لاستقبال الغاز الطبيعي المسال.
- محطة في البحرين لاستقبال الغاز الطبيعي المسال.

**"السيناريو المفضل" (ICr + NG Scenario):** والذي تم التوصل إليه بإدخال مشاريع الغاز الطبيعي الواحد تلو الآخر على سيناريو الكهرباء المدعم (ICr) للوصول إلى منظومة الربط الكهربائي وأنابيب الغاز الأكثر توافقاً. وقد تم إجراء 11 عملية محاكاة مختلفة مع شبكات متعددة لربط الغاز تم دمجها بشكل تتابعي إلى أن تم التوصل إلى هذا السيناريو، والذي يتكون من سيناريو "الربط الكهربائي المدعم" (ICr)، بالإضافة إلى مشاريع الغاز الطبيعي التالية:

- خط أنابيب الغاز الطبيعي العابر للحدود الذي يربط ليبيا ومصر في عام 2018.
- خط أنابيب الغاز الطبيعي العابر للحدود الذي يربط العراق والكويت في عام 2017.
- محطة الغاز الطبيعي المسال في البحرين في عام 2018.

ويلخص الشكل رقم (8) المنهجية التي تم اتباعها في الدراسة، وخصائص كل من السيناريوهات المختلفة التي تمت دراستها.

**الشكل رقم (8)**
**المنهجية التي تم اتباعها في الدراسة، وخصائص كل من السيناريوهات المختلفة التي تمت دراستها**



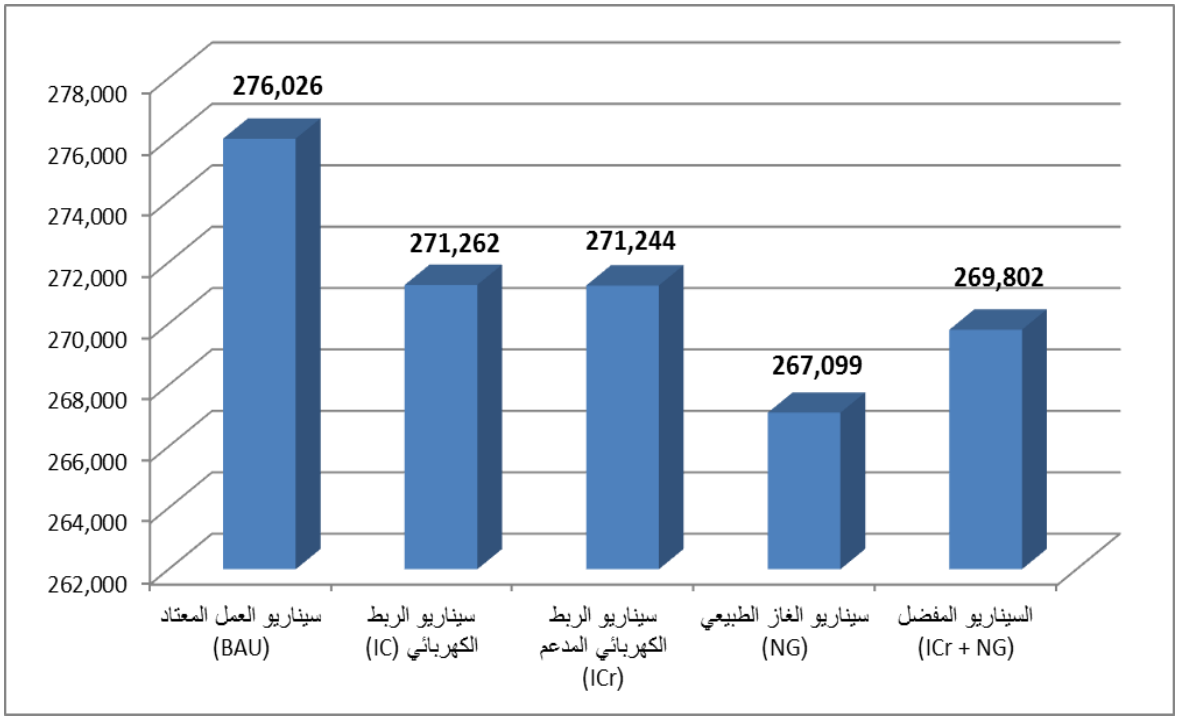

كما تمت دراسة حساسية النتائج من خلال إجراء محاكاة على سيناريوهين إضافيين وهما:

- **سيناريو الغاز الطبيعي البديل:** والذي يقوم على أساس افتراض زيادة تبادل إنتاج الغاز الطبيعي بين الدول العربية عن طريق تنفيذ شبكة خطوط أنابيب عربية شاملة (Pan Arab Pipeline) بالإضافة إلى افتراض متفائل بإلغاء قطر الحظر على زيادة الإنتاج (Moratorium).
- **السيناريو البديل للربط الكهربائي المدعم (Alternate ICr):** على أساس التنمية الإستراتيجية المختلفة في خطة التوسع في توليد الطاقة في المملكة العربية السعودية، مما يجعل الطاقة النووية والطاقة المتجددة جزءاً لا يتجزأ من مزيج مصادر الطاقة الوطنية المستدامة.

يوضح الشكل رقم (9) القيمة الحالية للتكاليف الاستثمارية الخاصة بتطوير أنظمة توليد الطاقة وشبكات الربط الكهربائي والغاز الطبيعي خلال فترة 2012 – 2030 وذلك لجميع السيناريوهات الرئيسية الأساسية التي تمت دراستها. ويتبين من مقارنة مجموع القيمة الحالية للتكاليف الرأسمالية لكل السيناريوهات كما هو موضح في

الشكل رقم (9) أن سيناريو الغاز الطبيعي هو السيناريو ذو أقل تكاليف رأسمالية (CAPEX)، ويأتي بعده السيناريو المفضل (ICr + NG)، والذي تزيد التكلفة فيه بسبب الحاجة لاستثمارات إضافية في شبكات ربط كهربائية جديدة (الملحق رقم 3).

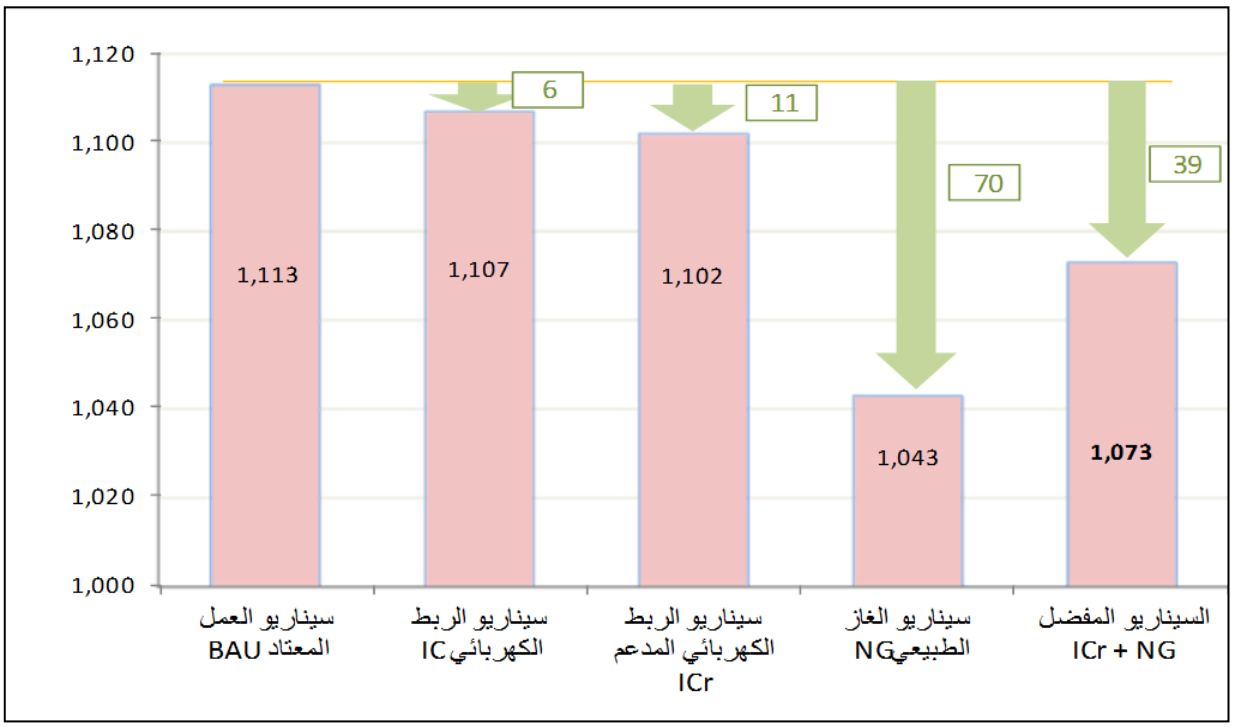
**الشكل رقم (9)**
**مقارنة مجموع القيم الحالية للتكاليف الاستثمارية (CAPEX)**
**(مليون دولار أمريكي)**




ويوضح الشكل رقم (10) مجموع تكاليف التشغيل في السيناريوهات الخمسة. ويلاحظ انخفاض تكاليف التشغيل لكل السيناريوهات بالمقارنة مع السيناريو الأساسي (BAU)، ويعود ذلك إلى سببين وهما انخفاض تكاليف التشغيل نتيجة لتبادل الكهرباء في جميع السيناريوهات، وانخفاض تكاليف التشغيل نتيجة لاستخدام غاز طبيعي إضافي في سيناريو الغاز الطبيعي والسيناريو المفضل.

وتتضمن خطة توسيع شبكات الربط لتوليد الطاقة الأقل تكلفة والمطبقة في "السيناريو المفضل" زيادة في استهلاك الغاز الطبيعي، والتي تقدر بحوالي 137 ألف تريليون وحدة حرارية بريطانية (TBTU) مقارنة بـ 126,7 ألف تريليون وحدة حرارية بريطانية التي تم تقديرها في سيناريو الربط الكهربائي (IC) (الملحق رقم 4).

**الشكل رقم (10)**
**مقارنة مجموع القيم الحالية لتكاليف التشغيل (OPEX) لكل السيناريوهات**
**(مليون دولار أمريكي)**




## 1.3.3 حساب كمية الطاقة المتبادلة للسيناريوهات التي تمت دراستها

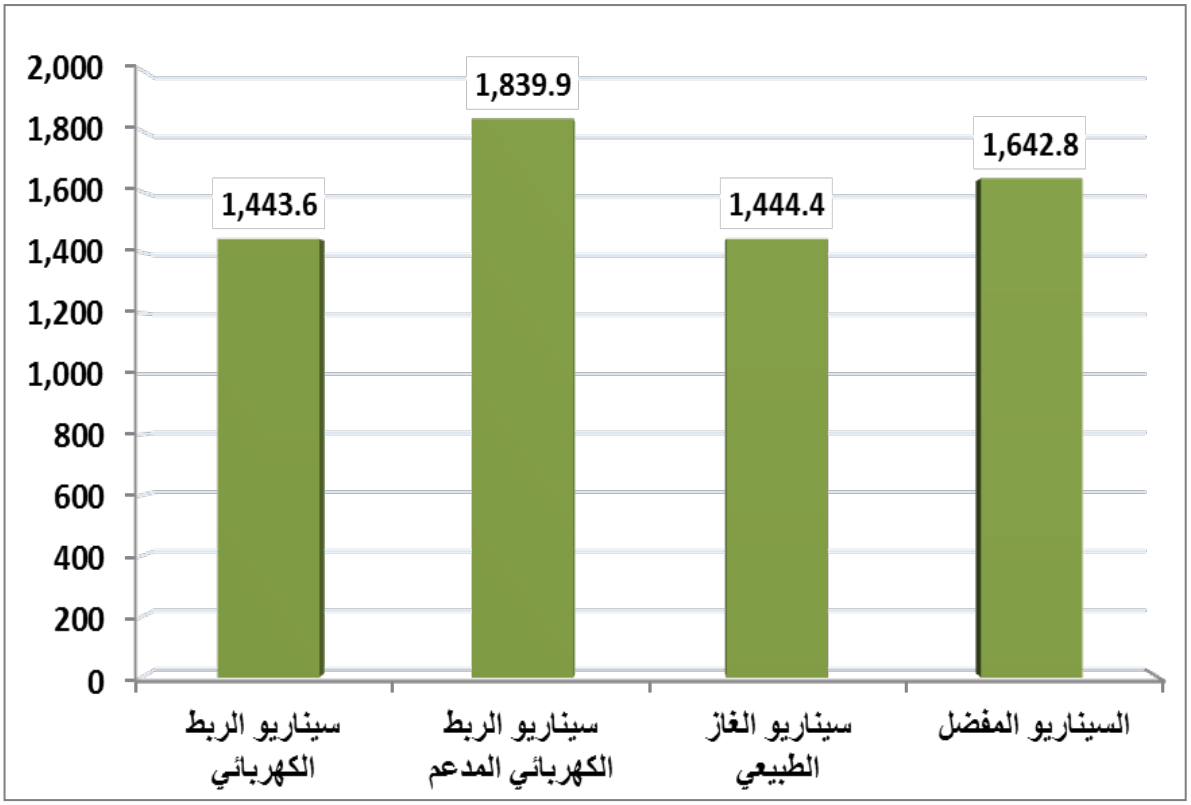
يوضح الشكل رقم (11) مجموع تبادلات الطاقة الكهربائية للدول العربية في الفترة 2012 – 2030 في جميع السيناريوهات التي يتم فيها تبادل الطاقة الكهربائية. ومن الملاحظ في الشكل تأثير الاستثمار الجديد في شبكات الربط الكهربائية، وذلك كزيادة في مجموع التبادلات الكهربائية في سيناريوهات الربط الكهربائي وسيناريوهات الربط الكهربائي المدعم والغاز الطبيعي.

**الشكل رقم (11)**

**مقارنة لإجمالي التبادل الإقليمي للطاقة المتوقع لجميع السيناريوهات**

**التي تتضمن تبادل الطاقة الكهربائية**

**تيرا – واط ساعة***




إلا أن السيناريو المستحسن هو السيناريو المفضل، وليس سيناريو الغاز الطبيعي، وذلك لأن الكثير من الافتراضات المعمول بها في سيناريو الغاز الطبيعي ارتكزت على معلومات متوفرة في المجال العام (Public Domain) وخبرة الاستشاري، وليست مثبتة أو مصادق عليها من قبل البلدان العربية، وبالتالي يجب اعتبار سيناريو الغاز الطبيعي كمقياس وهدف لتقييم إمكانية تطوير إنتاج الكهرباء والتبادلات الكهربائية بشكل أمثل وذلك من خلال تحسين امكانات نقل الغاز الطبيعي في العالم العربي. ولذلك تم التوافق بين الدول العربية المشاركة وفريق الدراسة والصندوق العربي والاستشاريين على اعتبار السيناريو المفضل هو سيناريو الربط الكهربائي المدعم والغاز الطبيعي (ICr + NG)، لكونه المتعلق بالبنى التحتية الجديدة الكهربائية وللغاز الطبيعي، وأيضاً لأنه سهل التنفيذ.

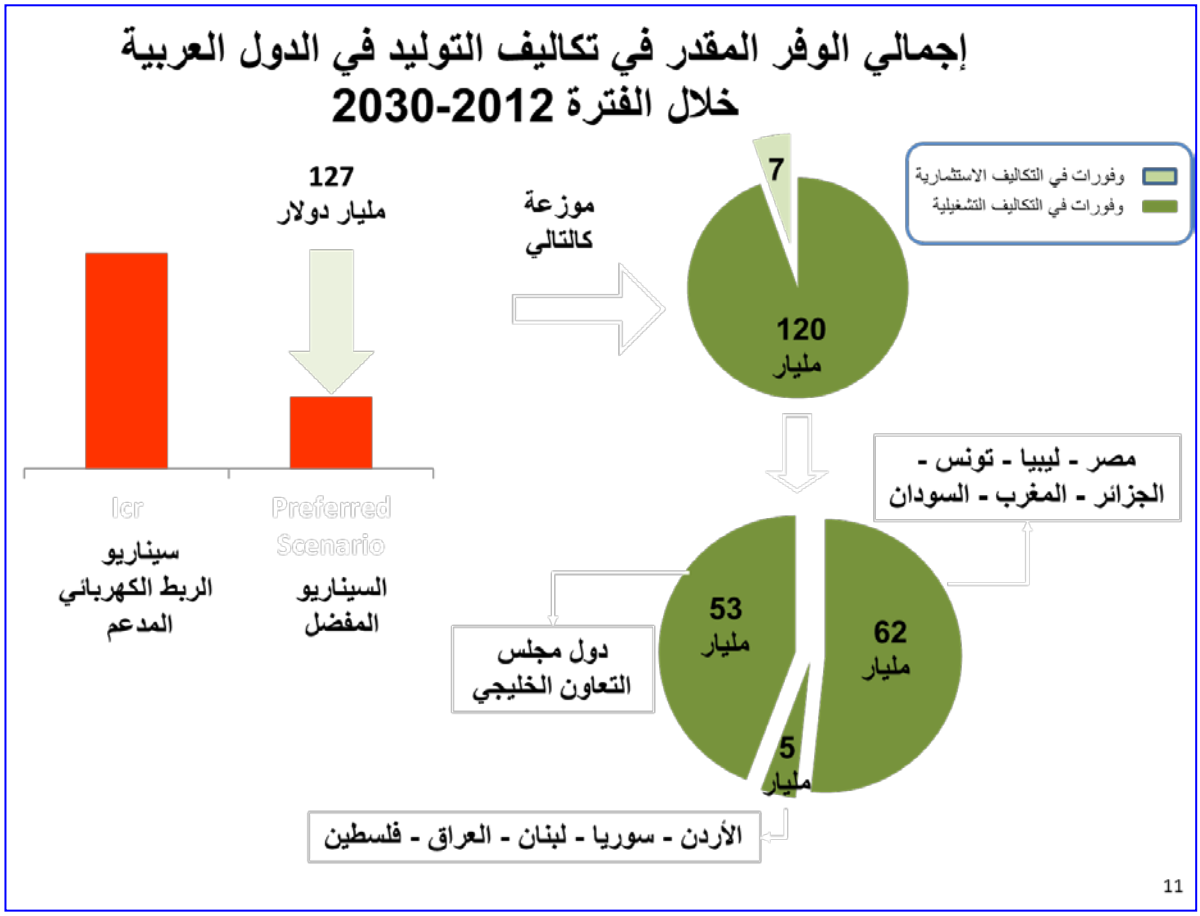
(*) تيرا – واط ساعة (ت.و.س.). يساوي مليار ك.و.س..

### 2.3.3 مقارنة السيناريو المفضل بالسيناريوهات الأخرى المشمولة في الدراسة

بالمقارنة مع سيناريو الربط الكهربائي (IC) والربط الكهربائي المدعم (ICr)، يتبين أن السيناريو المفضل يؤدي إلى خفض ملحوظ في مجموع التكاليف (تكاليف التشغيل والتكاليف الرأسمالية). ويعزى ذلك إلى خفض تكاليف توسيع منظومة التوليد، وإلى تطوير شبكات الربط العابرة للحدود (الكهربائية والخاصة بالغاز الطبيعي) في الدول العربية.

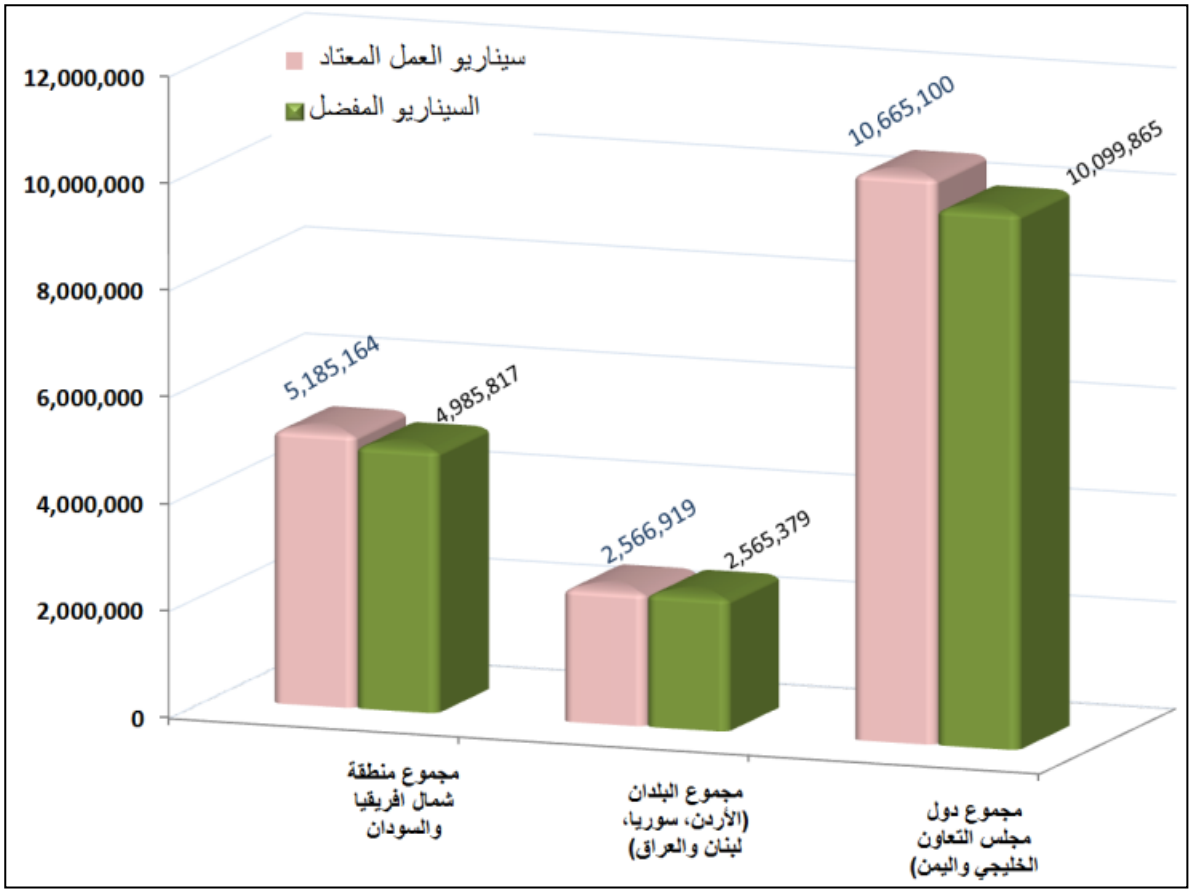
يؤدي "السيناريو المفضل" إلى خفض التكاليف، مقارنة مع سيناريو الربط الكهربائي المدعم، بحوالي 127 مليار دولار، منها حوالي 7 مليار دولار خفض في التكاليف الاستثمارية، وحوالي 120 مليار دولار خفض في التكاليف التشغيلية، موزعة على مجموعات الدول العربية كما هو موضح في الشكل رقم (12).

**الشكل رقم (12)**
**توزيع الوفر المقدر بين التكاليف الاستثمارية والتكاليف التشغيلية للسيناريو المفضل**



كما يؤدي السيناريو المفضل إلى خفض انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون بنسبة حوالي 4.2% لمجموع الدول العربية، مقارنة بسيناريو الاستمرار في نهج العمل المعتاد. ويوضح الشكل رقم (13) توزيع إنبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون بين مجموعات الدول العربية في السيناريو المفضل.

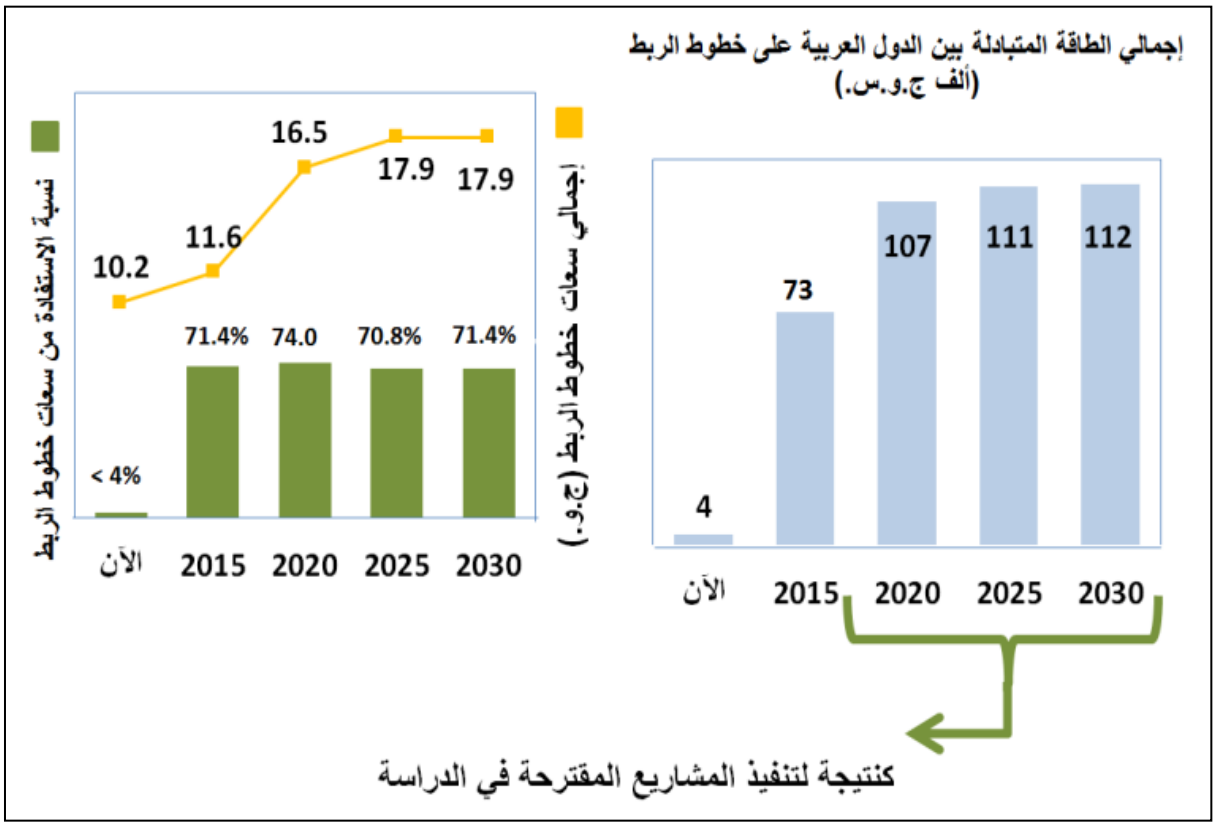
**الشكل رقم (13)**
**انبعاثات غاز ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن توليد الطاقة في السيناريو المفضل**




يوضح الشكل رقم (14) إجمالي الطاقة الممكن تبادلها بين الدول العربية على خطوط الربط القائمة والجاري تنفيذها، بالاضافة إلى تلك المشمولة في السيناريو المفضل. يلاحظ من الشكل أن إجمالي حجم التبادل بين الدول العربية، عام 2012، لم يتجاوز 4 آلاف ج.وس.، يمثل حوالي 4% فقط من إجمالي سعات خطوط الربط، يمكن زيادته عام 2015 إلى حوالي 72 ألف ج.و.س. إذا ما تم استغلال الخطوط القائمة والجاري إنشاؤها الاستغلال الأمثل.

كما يمكن رفع كمية القدرة الممكن تبادلها على خطوط الربط إلى حوالي 110 ألف ج.و.س. بدءا من عام 2020، وذلك عند دخول مشاريع الربط الكهربائي، الجديدة، المقترحة في السيناريو المفضل، في الخدمة.

**الشكل رقم (14)**
**الزيادة الممكنة في كمية الطاقة المتبادلة بين الدول العربية**




## 4.3 المهمة الرابعة: دراسة جدوى تبادل القدرة الكهربائية وتقوية شبكات الربط

تم، في هذه المهمة، حساب الجدوى الاقتصادية لتجارة الطاقة الكهربائية انطلاقاً من نتائج السيناريو المفضل. وتم البحث في الجدوى الاقتصادية لتجارة الطاقة الكهربائية وتبادل القدرة بين البلدان العربية والمناطق المجاورة بناءً على تبادل تجاري لكميات الطاقة الكهربائية المحتمل تبادلها بين الدول العربية. وتم أيضاً إجراء تقدير لملائمة شبكات النقل للتأكد من أن سعة النقل فيها هي لتمكين استيراد وتصدير الطاقة الناتجة عن توازنات الطاقات والقدرات الوطنية المختلفة، مع الأخذ بعين الاعتبار التوصيات اللازمة لتحسين اعتمادية نظام الربط الكهربائي. واستخدم لأغراض هذه المهمة نموذج مفصل لشبكات النقل، باستخدام برنامج (PSS/E)، تم إعداده من البيانات المقدمة من الدول العربية المشاركة. وغطى النموذج نظام شبكات الربط بدءاً من المغرب غرباً إلى شبكات دول مجلس التعاون الخليجي (GCCIA) واليمن شرقاً، مع الأخذ بعين الاعتبار مواقع مراكز الأحمال في كافة الدول العربية ومواقع محطات التوليد. وتضمنت الدراسات تحليل سريان الأحمال وتقييماً لسعة النقل لخطوط الربط الكهربائي بين الدول العربية.

وتم استخدام معايير الاعتمادية والأمان التي تم اعتمادها في مذكرة التخطيط، والتي ترتكز أصلاً على المتطلبات الأساسية لتخطيط شبكات النقل الكهربائية لتقييم مدى ملائمة شبكات النقل في الدول العربية. وعلى المستوى الإقليمي، تم تركيز تحليل الملائمة على شبكات الربط وعلى الخطوط داخل كل بلد، التي لها تأثير مباشر على تبادل القدرة مع الدول الأخرى.

شملت دراسات سريان القدرة حساب القدرة الفعالة والردية على خطوط النقل والمحولات، وحساب التوترات في مختلف أرجاء الشبكة، فضلاً عن حساب التوتر وزاوية الطور لقضبان المحطات، وشدة التيار والفاقد في الخطوط، وتجاوزات امكانات وحدات التوليد، إضافة لحساب متغيرات الحالة الثابتة (Steady State)، والخصائص التشغيلية للشبكات خلال سنوات تم اختيارها، وهي 2015، 2020، 2025، 2030.

وأظهرت تحليلات الشبكات الوطنية المستقبلية أنه بشكل عام سيتم تحميل خطوط التوتر الفائق والتوتر العالي (EHV/HV) بأقل من حدودها الحرارية المسموحة. وبينت التحليلات ضرورة تدعيم الخطوط الداخلية في بعض البلدان، كما في السعودية، وأبوظبي، والكويت، والبحرين، والعراق. كذلك قامت الدراسة بإدخال بعض التعديلات على حسابات التشغيل الاقتصادي لوحدات التوليد ليتلاءم أداء المنظومة مع قيود شبكة النقل، كما هو الحال على سبيل المثال في مصر، والبحرين، والأردن، والعراق.

### 1.4.3 سعة النقل لخطوط الربط الكهربائي بين الدول العربية

وتضمنت هذه المهمة تحليلات لحساب حدود قدرة النقل (Transmission Transfer Limit)، وذلك لتقييم ملائمة شبكات النقل الوطنية والإقليمية وإمكاناتها في نقل القدرة من البلدان المصدرة للقدرة إلى البلدان المستوردة لها. ومن خلال تلك التحليلات، تم تقدير الحد الأقصى لنقل القدرة من خلال شبكات النقل من دول مصدرة إلى دول مستوردة. وتم حساب تلك التقديرات لسعة النقل للشبكات في الحالات الطبيعية والطارئة.

وقد تم تسجيل إجمالي سعات النقل (Transmission Transfer Capacity or TTC) لكل دولتين عربيتين مرتبطتين. ولقد تم الأخذ بعين الاعتبار في تقديرات سعة النقل لخطوط الربط القدرة المنقولة في بداية المحاكاة بين كل دولتين، ومن ثم زيادة القدرة حتى بلوغ الحد الأعلى للقدرة المنقولة من الدولة (أ) إلى الدولة (ب) وبالعكس. واستخلص من هذا التحليل تعريف العنصر في شبكة النقل الذي يصل إلى حمولته القصوى بسبب زيادة القدرة، وتؤخذ القدرة التي تسببت بوصول هذا العنصر إلى حده الأعلى، على أنها تمثل سعة النقل للربط بين الدولتين (أ) و (ب).

ويدرج (الملحق رقم 5) قيم إجمالي سعات النقل (TTC) في ظروف التشغيل (N-1)* لكل دولتين عربيتين مرتبطتين. وتجدر الإشارة إلى أن سعات النقل في الدول الحالية محدودة بقدرات الشبكات الداخلية في الدول، وليست محدودة بسعات خطوط الربط.

وتوصل التحليل إلى تعريف الخطوط التي تشكل عنق الزجاجة في شبكات النقل الوطنية. وقد تبين أن شبكات الكهرباء في كل من المغرب وتونس والسعودية والأردن والعراق والكويت والبحرين والإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي واليمن تستدعي التدعيم لتأمين سعة الربط المطلوبة.

## 5.3 المهمة الخامسة: الجدوى الاقتصادية للمشاريع المستقبلية التي تم تحديدها

تم حساب الجدوى الاقتصادية لتجارة الطاقة الكهربائية انطلاقاً من نتائج السيناريو المفضل. وتم البحث في الجدوى الاقتصادية لتجارة الطاقة الكهربائية وتبادل القدرة بين البلدان العربية والمناطق المجاورة بناءً على تبادل تجاري لكميات الطاقة الكهربائية المحتمل تبادلها بين الدول العربية. وفيما يلي بعض التفاصيل حول الأعمال المشمولة في هذه المهمة:

### 1.5.3 محاكاة السوق

تم استخدام برنامج محاكاة سوق الكهرباء للحصول على الجدول الزمني الأمثل لتبادل الطاقة والقدرة الكهربائية للمنظومة العربية المرتبطة لكل ساعة خلال السنوات الأربعة التي تم اختيارها، وهي 2015، 2020، 2025، و2030. ومن خلال تحليل نتائج المحاكاة المفصلة التي تناولت التبادلات في كل ساعة والتي أخذت بعين الاعتبار الحدود التقنية للمنظومة (Technical Restrictions)، والتوليد بالطاقات المتجددة، تم ادخال تحسينات على خطط تطوير منظومة التوليد. واستخدمت برمجية (PROMED) لغرض إجراء المحاكاة المذكورة.

وتعتبر النتائج التالية من أهم ما تم التوصل إليه من خلال محاكاة سوق تبادل الطاقة بين الدول العربية:

- ستؤدي الاستثمارات الجديدة في شبكات الربط الكهربائية الجديدة والبنى التحتية للغاز الطبيعي إلى انخفاض في أسعار الطاقة الكهربائية وتكاليف توليد الكهرباء.

---

(*) (N – 1): ترمز هذه التسمية إلى حالة الشبكات التشغيلية، حيث تعمل كافة عناصرها بشكل طبيعي (وحدات توليد، خطوط نقل، محطات تحويل)، باستثناء عنصر واحد خارج الخدمة.

- ستؤدي الاستثمارات في الطاقات المتجددة إلى انخفاض في تكلفة توليد الطاقة. وبالرغم من ذلك، فإنه من المهم التأكيد على أن جزءاً كبيراً من التوليد بالطاقات المتجددة يحتاج لاستثمارات جديدة إضافية في التوليد الحراري ليصبح من الممكن توفير القدرة المطلوبة في الشبكة في حال انخفاض التوليد بالطاقات المتجددة.
- ستؤدي الاستثمارات في محطات توليد نووية إلى انخفاض تكلفة الطاقة، والبلدان التي ستستفيد من هذه الاستثمارات هي مصر والأردن.

## 2.5.3 التحليل المالي لمشاريع السيناريو المفضل

## 3.5.3 مرافق الغاز الطبيعي

تم استخدام التحليل متعدد المعايير لتوازن الطلب والموارد، وضمان الإمدادات، وتطوير السوق واستحقاق القرض الممول للمشروع، وتم تطبيق تحليل المؤازرة (synergy) التي تقدمها مشاريع الغاز الطبيعي المختارة لسيناريوهات الربط الكهربائي، وذلك لإجراء التحليل المالي للمشاريع الثلاث المختارة للغاز الطبيعي، وهي:

- مشروع أنبوب غاز بين ليبيا ومصر، وقدرت التكاليف الاستثمارية له بحوالي 1980 مليون دولار أمريكي؛
- مشروع أنبوب غاز بين العراق والكويت، وقدرت التكاليف الاستثمارية له بحوالي 330 مليون دولار أمريكي؛ و
- مشروع محطة استيراد للغاز الطبيعي المسال في البحرين، وقدرت التكاليف الاستثمارية له بحوالي 611 مليون دولار أمريكي.

وقد تمت مناقشة وتقديم هيكلية التمويل لتلك المشاريع، مع التركيز على مصادر التمويل وعلى تطبيق الطرق المتبعة في تحليل تمويل مشاريع البنية التحتية للغاز. وقد تبين مشاركة العديد من البنوك الإقليمية وصناديق التنمية العربية، ومؤسسات التمويل الدولية بالفعل في تمويل خطوط الأنابيب الإقليمية القائمة، مثل خط الغاز العربي وخط أنابيب دولفين. وساعدت هذه التجارب في تحديد هيكلية التمويل المحتملة. وتم افتراض هيكلية التمويل على أساس نسبة توزيع 70% و 30% للقروض وأسهم الملكية، على التوالي. وقدرت نسبة العائد بحوالي 4% و 10%، على التوالي، لخطي ليبيا – مصر، والعراق – الكويت.

وقد أوصت الدراسة بأن تكون للشركات الوطنية الأفضلية في المشاركة في تنفيذ تلك المشاريع، مع احتمال مساهمة الشركات الإقليمية أو الدولية التي لها مصالح فيها وستستفيد من نقل الغاز.

بالنسبة لكل مشروع، تم حساب التعرفة التي تحقق التوازن بين تكاليف المشروع من جهة وتأثيرها على المستخدمين والمستهلكين النهائيين للغاز من جهة أخرى، وذلك لغرض الحد من تأثير التعرفة على المستهلك. وفي هذا السياق اعتبر النهج الذي يجعل صافي القيمة الحالية يساوي الصفر هو الأنسب في تحديد مستويات الرسوم. وللتوضيح، سيتم اختيار رسم النقل لكل مليون وحدة حرارية الذي يسمح باسترداد تكاليف التشغيل السنوية والصيانة وتكاليف خدمة الدين طوال فترة التخطيط، ويسمح أيضاً بتحقيق عائدات كافية للممولين. وانطلاقاً من أن تقديرات التكاليف لمشاريع ليبيا- مصر، العراق- الكويت، ومحطة استيراد الغاز للبحرين هي حوالي 2 مليار دولار و330 مليون دولار و 611 مليون دولار، على التوالي، تم التوصل إلى رسوم استثمار تلك المشاريع لكل مليون وحدة حرارية لتكون 44 و12 و65 سنتاً أميركياً على التوالي. إلا أنه في النهاية لن تثبت جدوى المشاريع المذكورة إذا تبين عدم استطاعة المستهلكين دفع تلك الرسوم. وتبين أن رسوم النقل المقدرة رخيصة جداً مقارنة بالأسعار الاقتصادية للغاز، وبالتالي فمن المتوقع أن تكون المشروعات الثلاث مجدية من حيث قدرة المستهلكين على تحمل التكاليف. ويستدعي تنفيذ تلك المشاريع مستقبلاً إجراء دراسات جدوى فنية واقتصادية شاملة.

### 4.5.3 خطوط الربط الكهربائي

شمل تحليل الخطط والهياكل المالية للاستثمار في خطوط الربط بين الدول دراسة بدائل خطط التمويل، وحدد لكل مشروع "معدل العائد المالي للمشروع والأداء المالي العام للأطراف المشاركة فيه، فضلا عن تقدير العائد على حقوق المساهمين، وذلك من أجل ضمان الجدوى المالية / التجارية لتلك المشاريع.

وقد وقع الاختيار على مشاريع الربط الكهربائي التي تم تحليلها في المهام السابقة، حيث ثبت أنها ذات جدوى، ولها فوائد اقتصادية واجتماعية، ولكن هذا لا يعني بالتأكيد أنه سيتم إنشاء خطوط الربط ما لم تتوفر المزايا المالية المناسبة لتغطي تكاليف تلك المشاريع.

ويبين الجدول رقم (2) المخرجات الرئيسية للتحليل المالي التفاضلي لكل مشروع. يبين الجدول تقديرات التكلفة الاستثمارية، والمؤشرات المالية مثل حساب المردود الداخلي IRR، وصافي القيمة الحالية NPV، ونسبة العائد على حقوق المساهمين وفترة الاسترداد. ويتبين أن كل المشاريع قابلة للاستمرار من الناحية المالية، وأن العائد على حقوق المساهمين يفوق نسبة العائد المتوقعة.

**الجدول رقم (2) نتائج التحليل المالي لخطوط الربط الكهربائي للسيناريو المفضل**

| م | خطوط ربط جديدة أو تدعيم لخطوط قائمة | التكاليف الرأسمالية | IRR قبل، التمويل، وقبل الضريبة | IRR قبل التمويل وبعد الضريبة | معدل خدمة الدين | صافي القيمة الحالية لحقوق الملكية | معدل العائد الداخلي لحقوق الملكية | فترة الاسترداد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MUSD | % | % | % | MUSD | % | Year |
| 1 | ليبيا (طبرق) - مصر (سلوم) BTB + AC 500 كيلو فولت OHL | 267.45 | 11.19 | 10.07 | 126.90 | 357.71 | 15.14 | 14.2 |
| 2 | تونس (بوشمة ) ليبيا (الرويس) AC OHL 400 كيلو فولت | 112.00 | 11.23 | 10.06 | 126.61 | 138.41 | 15.49 | 13.7 |
| 3 | الدائرة الثانية لمصر (طابا) - الرابط الاردن (العقبة) 400 كيلو فولت AC | 61.42 | 14.80 | 12.74 | 197.05 | 79.36 | 24.27 | 6.2 |
| 4 | الدائرة الثانية من الأردن (عمان الشمالية) - سوريا (دير علي) 400 AC OHL كيلو فولت | 60.41 | 11.12 | 9.74 | 124.62 | 60.36 | 18.12 | 13.3 |
| 5 | العراق (الفاو) - الكويت (الصبية) AC دائرة مزدوجة OHL 400 كيلو فولت | 60.015 | 12.14 | 10.81 | 148.85 | 188.26 | 18.04 | 10.7 |
| 6 | المملكة العربية السعودية (القريات) – الأردن (قطرانة) BTB + ACدائرة مزدوجة OHL 400 كيلو فولت | 134.44 | 12.14 | 10.81 | 148.85 | 188.26 | 18.04 | 10.7 |
| 7 | المملكة العربية السعودية (الكدمي) - اليمن (بني حُشَيش) BTB + AC دائرة مزدوجة 400 OHLكيلو فولت | 383.27 | 10.70 | 9.56 | 121.39 | 405.81 | 13.77 | 10.6 |

## 6.3 المهمة السادسة: تطوير نموذج رياضي لتبادل الطاقة الكهربائية

أدى غياب نماذج واضحة لتبادل الطاقة الكهربائية بين الدول العربية حتى الآن (وخصوصاً في البلدان العربية المتوسطية) إلى سوء استغلال شبكات الربط الكهربائية القائمة، حيث أن متوسط استغلال شبكات الربط الكهربائي بين الدول العربية المتوسطية أقل من 10٪ من صافي سعة النقل (NTC) بين تلك الدول. وعلاوة على ذلك، وفي بعض الحالات، يتم استغلال شبكات الربط الكهربائي فقط للحصول على الدعم المتبادل مع التعويض بصفة عينية (In-kind trade).

خلصت الدراسة إلى أن العائق الرئيسي لإجراء تبادل الطاقة الكهربائية عبر الحدود (Cross Border Trading or CBT) بين الدول العربية هو عدم وجود قواعد مشتركة، حيث يؤدي طول المفاوضات حول تكاليف عبور

القدرة (Wheeling Charge) في بلد المرور إلى تأخير أو حتى إيقاف فعلياً تبادل الطاقة تجارياً عبر الحدود. ويتم عادة التفاوض بشكل إفرادي وإجراء اتفاقات بين الأطراف المعنية. وعليه، فهناك حاجة إلى تطوير قواعد واضحة لتشجيع تبادل الطاقة تجارياً عبر الحدود (CBT) وذلك من خلال:

- إدخال التعويض بين هيئات مشغلي شبكات النقل (Inter – TSO Compensation, ITC).
- توزيع سعة النقل على مختلف خطوط الربط (Capacity Allocation).
- إدارة الإزدحام في خطوط الربط (Congestion Management).

في الواقع، تقترب دول مجلس التعاون الخليجي (GCC) فقط من "نقطة انطلاق" في سوق تبادل الطاقة الكهربائية وذلك بدمج أنظمة الكهرباء في المملكة العربية السعودية والكويت والبحرين وقطر والإمارات العربية المتحدة وسلطنة عمان. وتم اقتراح تحليل أولي للسوق في هذه الدراسة لتحقيق هذا الهدف مع ملاحظة أنه تم إجراء الدراسات السابقة بواسطة هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليج العربية (GCCIA).

ولقد كان الهدف النهائي للمهمة السادسة من الدراسة هو تحديد نموذج تبادل الطاقة الكهربائية عبر الحدود (CBT) كمبدأ قابل للتطبيق في الدول العربية. وبعد التدقيق في النماذج الممكنة في تبادل الطاقة الكهربائية الثنائية أو متعددة الأطراف، وضعت الدراسة نموذجاً للتعويضات العادلة لهيئات مشغلي شبكات النقل لمواجهة عبور القدرة المستمدة من تجارة الطاقة الكهربائية بين الدول العربية. يأخذ النموذج في الاعتبار استخدام أجزاء من الشبكات الداخلية المتضررة من معاملات تبادل الطاقة وكذلك التكلفة السنوية، بما في ذلك نسب استهلاك تلك الشبكات. وقد قدم الاستشاري آلية لتسوية الدفعات بين هيئات مشغلي شبكات النقل.

وأوصت الدراسة بالأخذ بعين الاعتبار القرب الجغرافي والاتجاه نحو الاندماج الكامل لأنظمة الطاقة العربية الإقليمية مع أوروبا، وإمكانية استغلال التجربة المتطورة في أوروبا منذ عام 2000 داخل منظمة ENTSO-E وسابقاتها بنجاح واعتبارها مرجعاً.

وعليه، شملت الدراسة تطوير نموذج تعويض عادل لهيئات تشغيل شبكات النقل ( Transmission System Operators, TSOs) لمواجهة عبور القدرة الناتجة عن تبادل الطاقة الكهربائية بين الدول العربية، وشمل النموذج قواعد لإدارة الازدحام (Congestion Management).

### 1.6.3 نموذج تبادل الغاز الطبيعي (NG) عبر الحدود

يعتبر عدم وجود حافز لإنتاج الغاز أكبر عائق حتى اليوم لمد خط الأنابيب بين ليبيا ومصر. ويعتقد في وجود الغاز بوفرة في ليبيا. ومن أجل الاستفادة من هذه الموارد، أوصت الدراسة باستخدام سعر خاص لتصدير الغاز إلى مصر، لكى يعطي هذا السعر منتج الغاز حافزاً لأطراف أخرى للدخول في التنقيب عن الغاز وتخفيض الأسعار من جهة، ويسمح كذلك للجهة التي ستشتري الغاز بقصد نقل الغاز وإعادة بيع الغاز لشركات الشحن على الجانب المصري تحقيق ربح مقبول من جهة أخرى. وأوصت الدراسة بأن تقوم شركة النفط الوطنية NOC في ليبيا بدور مصدّر للغاز الوطني، وذلك بإتباع التجربة العملية المطبقة في الجزائر (شركة سوناطراك) وفي روسيا (شركة غازبروم).

ولإمكانية التصدير من الحقول العراقية إلى الكويت (في حالة العراق والكويت)، فإنه من المرجح أن يتطلب الغاز الطبيعي بعض المعالجة. وتقتصر إمكانيات المعالجة الحالية في الجنوب على مرافق معالجة تمتلكها شركة غاز البصرة (BGC)، وإنه من غير المؤكد توفر قدرة فائضة في هذا المرفق لمعاجلة الغاز الذي سيصدر إلى الكويت. ومن ناحية أخرى فإن إيجاد طرف آخر لمعالجة الغاز هو غالباً غير مسموح به، وبالتالي يجب إيجاد قدرات معالجة لإنجاح عملية التصدير.

إن هيكلية التعاقد المفضلة لخطوط الأنابيب هي عن طريق إبرام عقد الأخذ أو الدفع (Take or Pay) الذي يكفل إيراداً للحصول على حصة لا تقل عن تكاليف طاقة الإنتاج - وهذا من شأنه تقليل المخاطر وضمان تمويل أرخص. وينبغي بيع الغاز في كل مشروع من مشروعي خطوط أنابيب على حد سواء بشروط تجارية وتحت قيود، بحيث تكون أسعار البيع (Feed-in Price) مرتفعة بما يكفي لتسهيل إنتاج الغاز في كل من ليبيا والعراق، بينما في الوقت نفسه منخفضة بما فيه الكفاية للتنافس مع المصادر البديلة للغاز والطاقة في مصر والكويت.

أما فيما يتعلق بمحطة الغاز الطبيعي المسال في البحرين، تجدر الإشارة إلى أن العمل قد بدأ فعلياً لتحديد التكاليف واختيار موقع المشروع. ويجب أن تغطي دراسة الجدوى المفصلة هذه المعلومات. وإنه من المفضل أن تكون ملكية المحطة مع الدولة، ولكن قد يكون لكيانات تجارية أخرى مثل شركات الشحن أو كبار المستهلكين مصلحة في المشاركة في ملكية المحطة. ويمكن أن يكون للشركات العالمية دور عندما يكون بناء وتشغيل المحطة جاهزاً نسبياً، ويتطلب المشروع وجود شريك ذي معرفة وخبرة.

ومن أهم النقاط الرئيسية التي يجب النظر فيها، فيما يتعلق بالملكية وأسلوب التشغيل، مخاطر عدم بيع سعة كافية من المحطة لتغطية تكلفة المحطة. وبالخصوص يجب أخذ الحيطة لاحتمال وجود منافسة قد تواجه المشروع وهي واردات خط أنابيب من قطر، في حال تم رفع الحظر على إنتاج الغاز في قطر.

ويستحسن أن يتم توقيع العقود على المدى الطويل كي يتمكن المتعهدون للمشروع من تخفيف حدة هذه المخاطر. وفي هذا الصدد يمكن للدولة أن يكون لها دور هام – من خلال واحدة من الشركات التابعة لها بحيث تشتري مسبقاً سعة في المحطة وفي الإنتاج المحتمل من الغاز على المدى الطويل، لضمان الإمدادات ولأغراض استراتيجية. وهذا يمكن أن يساهم على حد سواء بدعم المشروع اقتصادياً وأيضاً ضمان الإمدادات إلى البحرين، مما يسمح بفرض رسوم لضمان الإمداد المنتظم للغاز الطبيعي. وتم اعتبار أن نموذج التشغيل الأنسب للمحطة هو نموذج لمنشأة تتقاضى رسوماً على خدماتها، ومن شأن منشآت تفرض الرسوم أن تكون أقل مخاطرة من منشأة تجارية (Merchant Facility) لأن المشغل في هذه الحالة لا يملك الغاز ولكن يملك ويبيع القدرة لإنتاج الغاز للأطراف المعنية. ويرجع ذلك إلى انخفاض مستوى خطورة التمويل مما يؤدي إلى خفض تكاليف الاقتراض.

## 7.3 المهمة السابعة: الجدول الزمني المقترح لتنفيذ المشاريع التي تم تحديدها

تم في المهمة الثالثة من الدراسة إعداد خطط تنفيذ مناسبة للمشاريع المقترحة، شملت تقديرات التكاليف والجدول الزمني لمراحل التنفيذ المختلفة لشبكات الربط الكهربائي المقترحة بين الدول العربية، ولمنشآت نقل الغاز لطبيعي، وذلك على النحو التالي:

### 1.7.3 الجدول الزمني لمشاريع السيناريو المفضل للغاز الطبيعي

تضمن تقرير الدراسة جدولاً زمنياً تصورياً لتخطيط وبناء خطوط أنابيب الغاز الطبيعي والمرافق ذات الصلة. يمتد الجدول الزمني الشامل على عدة سنوات، من بداية التخطيط للمشروع وحتى إنجاز الأعمال الميكانيكية، وبدء التشغيل وبدء العمليات التجارية (شحنات الغاز الأولى)، كما هو موضح في الجدول رقم (3).

**الجدول رقم (3): قدرة الخطوط لمشاريع الغاز الطبيعي الجديدة، وتقديرات التكاليف الاستثمارية وتواريخ انتهاء تنفيذ المشاريع**

| م | مشاريع الغاز الطبيعي الجديدة | قدرة الإنتاج وقطر الأنابيب | الطول (كم) | تقديرات التكاليف (مليون دولار أمريكي) | تاريخ الانتهاء |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | خط أنابيب الغاز الطبيعي بين ليبيا ومصر (البديل 1) | 20 مليار متر مكعب/السنة أنبوب بقطر 48 بوصة | 794 | 1,818 | 2018 |
| | خط أنابيب الغاز الطبيعي بين ليبيا ومصر (البديل 2) | | 907 | 1,980 | 2018 |
| 2 | خط أنابيب الغاز الطبيعي العراق والكويت قسم خط أنابيب 1 (الرميلة في العراق إلى مدينة الكويت) | 10مليار متر مكعب/السنة أنبوب بقطر 38 بوصة | 172 | 330,8 | 2017 |
| | خط أنابيب الغاز الطبيعي بين العراق والكويت قسم خط أنابيب 2 (مركز مدينة الكويت الشعيبة الصناعية) | 10مليار متر مكعب/السنة أنبوب بقطر 38 بوصة | 55 | 159 | 2017 |
| 3 | محطة الغاز الطبيعي المسال في البحرين | 5 مليار متر مكعب/السنة | | 611 | 2018 |

## 2.7.3 الجدول الزمني لخطوط الربط الكهربائي

تمهيداً لتنفيذ مشاريع الربط الكهربائي التي وقع عليها الاختيار، تم في الدراسة النظر في النقاط الرئيسية التالية:

- وضع خطط ملائمة، وتحديد خطوات تطبيق معينة، ووسائل لتسريع تطبيق شبكات الربط الكهربائية العربية.
- إعداد بنى إدارية ذات مصداقية وقابلة للتنفيذ لإدارة مشاريع الربط الكهربائي.
- وضع جدول زمني ملائم لتطبيق مختلف مراحل شبكات الربط العربية.
- تقدير إجمالي التكاليف لشبكات الربط المخطط لها والمقترحة بين البلدان العربية.

وتم اعتبار كل خط ربط على أنه مشروع رئيسي، مما يسمح بتقسيم التنفيذ إلى عقود منفصلة، ويسمح لعدد من المقاولين المؤهلين مسبقاً بالمشاركة في تنفيذ المشروع.

ويبين الجدول رقم (4) المواعيد الأساسية الناتجة عن محاكاة تنفيذ كل مشروع ربط. ومن الجدير بالذكر أنه تم اختيار موعد بدء تنفيذ الأعمال لغالبية المشاريع على أنه آخر تاريخ يمكن البدء فيه بالتنفيذ، بحيث يتم إنجاز المشروع في التاريخ المحدد في الدراسة الاقتصادية لدخوله في الخدمة، باستثناء مشروع الربط (مصر- السعودية) حيث يعتبر تاريخ بدء المشروع هو أبريل 2014، وبالتالي فإن تاريخ الإنجاز هو بعد التاريخ المحدد في الدراسة الاقتصادية.

**الجدول رقم (4)**

**مدد وتواريخ بداية العمل والدخول في الخدمة والمسار الحرج لمشاريع الكهرباء الجديدة**

| م | خطوط ربط جديدة أو تعزيز خطوط قائمة | سنة الدخول في الخدمة في الدراسة الاقتصادية | الجدول الزمني المقدر (شهر) | تاريخ البداية | تاريخ الدخول في الخدمة | المسار الحرج |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | تونس – ليبيا | 2020 | 57 | مايو 2015 | يناير 2020 | 400 kV OHL |
| **2** | ليبيا – مصر | 2017 | 50 | يناير 2015 | مارس 2019 | 500 kV OHL & BtB |
| **3** | السعودية – الأردن | 2020 | 50 | ديسمبر 2015 | يناير 2020 | 400 kV OHL & BtB |
| **4** | مصر – السودان | 2025 | 86 | نوفمبر 2015 | يناير 2025 | 500 kV OHL |
| **5** | مصر – السعودية (*) | 2017 | 69 | يناير 2015 | أكتوبر 2020 (*) | 500 kV OHL&HVDC stations |
| **6** | السعودية – اليمن | 2025 | 75 | أكتوبر 2018 | يناير 2025 | 400 kV OHL |
| **7** | العراق – الكويت | 2020 | 46 | فبراير 2016 | يناير 2020 | 400 kV OHL |
| **8** | الدارة الثانية لـ مصر – الأردن | 2020 | 49 | ديسمبر 2015 | يناير 2020 | كابل تحت البحر |
| **9** | الدارة الثانية لـ الأردن – سورية | 2020 | 52 | سبتمبر 2015 | يناير 2020 | 400 kV OHL |

(*) في الواقع، لقد بدأ تنفيذ هذا المشروع ومن الممكن أن يدخل المشروع في الخدمة قبل التاريخ المحدد، ويرتبط ذلك بالتقدم الفعلي في أعمال المشروع.

كما تضمنت تحاليل مشاريع الربط المخططة أو المقترحة تقديرات التكاليف الرأسمالية (CAPEX) لكل مشروع ربط بين الدول العربية المشاركة كما هو مبين في الجدول رقم (5)، مع ملاحظة أن هذه التقديرات أولية حيث أنها استندت إلى دراسات ما قبل الجدوى لتلك المشاريع.

**الجدول رقم (5)**
**تقديرات التكاليف الرأسمالية**

| اسم المشروع | طول شبكة الربط (كم) | التكاليف (مليون دولار أمريكي) |
|---|---|---|
| تعزيز خط أحادي الدارة 400 ك.ف. ربط تونس – ليبيا | 280 | 111.97 |
| تعزيز خط أحادي الدارة 500 ك.ف.AC ربط مصر – ليبيا | 165 | 267.45 |
| تعزيز خط ثنائي الدارة 400 ك.ف. ربط السعودية – الأردن | 127 | 134.43 |
| تعزيز خط ثنائي الدارة 500 ك.ف.شبكة توصيل مصر – السودان | 775 | 538.3 |
| خط ربط تيار متواصل توتر فائق 500 ك.ف. شبكة توصيل مصر – السعودية | 1370 | 1,518 |
| خط ثنائي الدارة 400 ك.ف. السعودية – اليمن | 416 | 383.3 |
| خط ثنائي الدارة 400 ك.ف. العراق – الكويت | 110 | 65 |
| خط ربط ثاني 400 ك.ف. مصر – الأردن | 24 | 61.4 |
| خط ربط ثاني 400 ك.ف. سورية – الأردن | 145 | 60.4 |

## 0.4 الخلاصة والتوصيات

حددت الدراسة خطة تطوير منظومة التوليد وشبكات النقل الأقل تكلفة، والتي تم التوصل إليها في "السيناريو المفضل" على اعتبارها أفضل خيار لتوسعة خطوط الربط الكهربائي والغاز الطبيعي لكل بلد على حدة، ولكل الدول العربية مجتمعة، وذلك من أجل الوصول إلى أفضل استغلال لثروات تلك الدول من الغاز الطبيعي.

ولتحقيق المنافع التي تم تحديدها في "السيناريو المفضل" والتحليلات اللاحقة، توصلت الدراسة إلى الإجراءات والتوصيات التالية:

- **توصيات للتعزيزات الضرورية للشبكات الداخلية:** إنه من الضروري قيام بعض الدول العربية، التي تحتاج إلى تعزيز شبكاتها الداخلية، بإعداد خطط رئيسية وطنية (أو إقليمية) واضحة لتوسيع تلك الشبكات، ووضع مواصفات تقنية كاملة ووثائق استدراج العروض لتلك التعزيزات مما يسهم في الإسراع في تنفيذ مشاريع النقل المطلوبة.

- **توصيات للإسراع في بداية تنفيذ مختلف المشاريع**: لتجنب التأخير في صدور قرار الموافقة على تنفيذ مشاريع البنية التحتية للغاز الطبيعي والربط الكهربائي المنظورة في السيناريو المفضل، فإنه من الأهمية الإسراع في اتخاذ الإجراءات اللازمة لإعداد خطط تمويل المشاريع، وإرساء طرق استغلالها، وإعداد المواصفات الفنية، وإجراء دراسة الآثار البيئية، وفي النهاية إعداد وثائق استدراج العروض.

- **توصيات وضع قواعد لتجارة الكهرباء والغاز الطبيعي عبر الحدود:** بالتحديد للكهرباء يمكن القيام بعدة خطوات بالنسبة لتبادل الطاقة الكهربائية:
  - على الدول البدء بأسرع ما يمكن في نشر صافي سعة النقل (NTC) بشكل دوري.
  - العمل على تعريف قواعد واضحة وشفافة وغير تمييزية لسعة النقل في خطوط الربط. وتعتبر عملية المزاد الواضح هي أكثر التقنيات المناسبة للدول العربية، على الأقل في المرحلة الأولى.
  - تعريف قواعد واضحة وشفافة وغير تمييزية لإدارة الازدحام في خطوط الربط.
  - الاتفاق على آلية التعويض بين هيئات مشغلي خطوط النقل (TSO)، ويستدعي ذلك إنجاز اتفاقيات متعددة الأطراف.
- **توصيات لكيفية الوصول بمشاريع الغاز الطبيعي للمرحلة القادمة:**
  - يجب توضيح ملكية المشاريع.
  - يجب إجراء دراسات جدوى اقتصادية معمقة لتأكيد التقديرات في سوق الغاز، وموارد الغاز، وتحديد المواقع ومسار الأنابيب والتكاليف.
  - يوصى بوضع مخطط مديري (Master Plan) للغاز الطبيعي في ليبيا.

كما خلصت الدراسة إلى التوصيات الإضافية التالية:

**ضرورة إعداد قواعد بيانات الدول:**

هناك ضرورة لوضع قواعد بيانات لكل دولة وتحديثها باستمرار لتستخدم كنقطة بداية في إعداد خطط رئيسية لتطوير منظومة التوليد والنقل. ويجب على قواعد البيانات أن تكون بقدر الإمكان متوافقة مع بعضها البعض، ليتم تبادل بيانات بشكل فعال، وذلك على غرار نموذج الربط العام المطبق من جانب الدول الأوروبية.

**ضرورة إجراء لدراسات تخطيط منسقة بين الدول:**

يعتمد مستقبل السوق الإقليمية العربية للكهرباء أيضاً على القدرة على القيام بتخطيط لشبكات النقل على أساس إقليمي لتعم المنفعة ليس فقط لتعزيز الشبكة الوطنية لكل بلد فقط، بل حتى تعم المنفعة على المنطقة ككل. ولذلك أوصت الدراسة بتأسيس منظمات تخطيط إقليمية لشبكات النقل على اعتبارها حاجة مصيرية للدول، وحتى تندمج بالنهاية في منظمة عربية لهيئات مشغلي شبكات النقل (TSOs)، ومجهزة بقواعد البيانات الضرورية، وتتبع الطرق الملائمة للتعامل مع الظروف المتغيرة في ظل نمو الاهتمام في الدول العربية في سوق مشتركة للكهرباء.

**ضرورة إعداد خطط تطوير منظومتي التوليد والنقل:**

يجب أن يتم التوافق بين الدول العربية على التحديث الدوري لخطط تطوير منظومتي التوليد والنقل بناءً على سيناريوهات متماسكة ومعايير تحدد مدى ملائمة منظومتي التوليد والنقل والحاجة لتوسيعها. وعليه، أوصت الدراسة بأن يتم ذلك كل عامين.

**ضرورة إعداد القواعد الفنية للشبكات الكهربائية - Grid Codes:**

من أجل تعزيز التعاون الإقليمي في مجال تخطيط نقل الطاقة، أوصت الدراسة بإنجاز مجموعة مشتركة من القواعد الإقليمية الفنية (Grid Code). يتطلب ذلك إنشاء مجموعة عمل يناط بها مهام تحديد قواعد تخطيط وتشغيل الشبكة على المستوى الإقليمي، والاهتمام بمعالجة خطوط الربط بين الدول والخطوط الداخلية التي لها تأثير كبير على سعة نقل القدرات بين مختلف الدول.

## 0.5 الخاتمة

قامت الدول العربية، خلال العشرين عاماً الماضية، بإنشاء العديد من مشاريع الربط الكهربائي بين شبكاتها المختلفة. وبالرغم من اكتمال جُل هذه المشاريع، إلا أن حجم التبادل التجاري، عبر هذه المشاريع، لم يتجاوز 4% من إجمالي سعاتها.

تتضمن الأسباب الرئيسية لضعف استغلال خطوط الربط عدم وجود سوق للطاقة بين الدول العربية يسمح بالتبادل التجاري بين الدول على أسس اقتصادية، بالإضافة إلى وجود تشوهات في أسعار بيع الكهرباء نتيجة للدعم الذي تقدمه الحكومات لشركات الكهرباء.

وعليه، ومن أجل زيادة حجم تبادل الطاقة بين الدول العربية، قام الصندوق العربي بتمويل دراسة شاملة للمفاضلة بين تصدير الكهرباء و/أو الغاز الطبيعي بين الدول العربية على أسس اقتصادية، بهدف تحقيق أقل اجمالي تكلفة لتوليد الكهرباء في الدول العربية خلال الفترة 2012 – 2030. شاركت أغلب الدول العربية في الدراسة، وقامت كل دولة بتعيين ضابطي اتصال، أحدهما لتوفير بيانات الكهرباء والآخر لتوفير بيانات الغاز. كما تم تكوين لجنة للإشراف على تنفيذ الدراسة بالتنسيق مع الصندوق العربي وجامعة الدول العربية.

استغرق تنفيذ الدراسة حوالي عامين، وتم فيها تحديد السيناريو الأفضل لتطوير منظومتي الكهرباء والغاز في العالم العربي حتى عام 2030، وذلك من خلال تحديد سبعة مشاريع مستقبلية للربط الكهربائي ومشروعين لإنشاء أنابيب للغاز الطبيعي، ومشروع لإنشاء محطة لاستقبال الغاز الطبيعي المسال.

وشملت الدراسة أيضاً حساب العائد الاقتصادي لكل من المشاريع العشر المذكورة أعلاه، والتواريخ المقدرة لدخولها في الخدمة لتحقيق أفضل استفادة ممكنة، بالإضافة إلى تحديد أية توسعات مطلوبة في شبكات الكهرباء داخل الدول، وذلك لتمكينها من نقل القدرة الكهربائية التي تم تحديدها في السيناريو الأفضل، دون وجود اختناقات عليها.

كما تضمنت الدراسة إنشاء نموذج رياضي، لأحد أعوام الدراسة، بحيث يستخدم هذا النموذج لحساب تكلفة الطاقة العابرة (لكل ك.و.س.) في الشبكة، وذلك لتعويض كل دولة تعبر فيها تلك الطاقة أثناء تبادل للكهرباء بين دولتين مجاورتين للدولة التي تعبر فيها الطاقة.

من المتوقع أن يؤدي تنفيذ نتائج الدراسة وتوصياتها إلى تخفيض القيمة الحالية للتكاليف الاستثمارية للتوليد، في الدول العربية مجتمعة، بحوالي 7 مليار دولار، وأن تنخفض القيمة الحالية للتكاليف التشغيلية بحوالي 39 مليار دولار، ناهيك عن الانخفاض الكبير في انبعاثات الغازات بما فيها الغازات الدفيئة نتيجة لزيادة الاعتماد على الغاز الطبيعي في التوليد عوضاً عن استخدام الوقود السائل.

# الملاحق

الملحق رقم (1): توقعات الطلب على الطاقة والحمل الأقصى للفترة 2012 – 2030.

الملحق رقم (2): تقديرات أسعار الغاز الطبيعي (Net-Back Calculation) وتوقعات كميات الغاز الطبيعي المتاحة للفترة 2012 – 2030.

الملحق رقم (3): التكاليف الاستثمارية لكل السيناريوهات خلال فترة 2012 – 2030.

الملحق رقم (4): تكاليف التشغيل لكل السيناريوهات خلال فترة 2012 – 2030.

الملحق رقم (5): إجمالي سعة النقل (TTC) للشبكات المرتبطة في ظروف التشغيل (N-1) في السنوات 2020، و2025، و2030.

# توقعات الطلب على الطاقة للفترة 2012 – 2030
## (ج.و.س.)

| الطلب على الطاقة الكهربائية | 2012 GWh | 2014 GWh | 2016 GWh | 2018 GWh | 2020 GWh | 2022 GWh | 2024 GWh | 2026 GWh | 2028 GWh | 2030 GWh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الجزائر | 51,187 | 59,021 | 66,260 | 72,264 | 78,663 | 85,494 | 92,766 | 100,510 | 108,751 | 117,543 |
| البحرين | 16,123 | 17,899 | 19,858 | 22,017 | 24,370 | 26,941 | 29,802 | 32,987 | 36,532 | 40,443 |
| مصـر | 152,883 | 173,578 | 197,195 | 223,881 | 252,415 | 283,590 | 317,514 | 354,623 | 395,259 | 439,822 |
| العراق | 49,903 | 59,630 | 69,925 | 81,702 | 95,086 | 110,440 | 129,567 | 150,867 | 173,868 | 198,582 |
| الأردن | 17,430 | 20,064 | 23,116 | 26,423 | 30,178 | 34,075 | 38,189 | 42,682 | 47,631 | 53,150 |
| الكويت | 62,655 | 72,053 | 94,143 | 102,977 | 112,931 | 123,474 | 134,922 | 147,597 | 160,981 | 175,686 |
| لبنـان | 13,815 | 14,816 | 15,818 | 16,832 | 17,851 | 18,925 | 20,063 | 21,269 | 22,547 | 23,902 |
| ليبيـا | 30,398 | 41,385 | 59,089 | 68,817 | 75,175 | 80,342 | 85,427 | 90,398 | 95,441 | 100,614 |
| المغـرب | 29,122 | 32,929 | 36,881 | 40,915 | 45,389 | 50,350 | 55,851 | 61,657 | 67,739 | 74,418 |
| عمـان | 20,831 | 24,147 | 27,521 | 30,887 | 34,589 | 38,660 | 43,140 | 48,067 | 53,486 | 59,447 |
| قطـر | 29,581 | 34,525 | 38,834 | 41,927 | 45,304 | 48,906 | 52,713 | 56,729 | 60,957 | 65,398 |
| المملكة العربية السعودية | 291,730 | 336,732 | 389,357 | 433,025 | 479,852 | 528,673 | 560,754 | 592,956 | 624,971 | 658,635 |
| السـودان | 10,623 | 15,265 | 22,028 | 25,066 | 28,522 | 32,455 | 36,931 | 42,023 | 47,818 | 54,412 |
| سوريـا | 54,000 | 60,600 | 66,990 | 73,390 | 80,400 | 86,960 | 94,050 | 101,504 | 109,338 | 117,777 |
| تونـس | 15,607 | 17,743 | 19,686 | 21,963 | 24,675 | 27,641 | 30,683 | 33,777 | 36,790 | 39,888 |
| الإمارات المتحدة – أبو ظبي | 100,927 | 113,703 | 125,690 | 135,853 | 146,706 | 158,147 | 170,165 | 183,241 | 196,886 | 211,679 |
| اليمـن | 9,316 | 12,041 | 13,423 | 14,925 | 16,558 | 18,333 | 20,263 | 22,362 | 24,643 | 27,123 |
| **إجمالي الدول العربية** | **956,132** | **1,106,134** | **1,285,814** | **1,432,865** | **1,588,664** | **1,753,407** | **1,912,799** | **2,083,248** | **2,263,638** | **2,458,519** |
| **معـدل النمـو** | | %7.86 | %7.35 | %5.33 | %5.20 | %4.84 | %4.42 | %4.29 | %4.23 | %4.20 |

## توقعات الطلب على الحمل الأقصى للفترة 2012 – 2030
## (م.و.)

| الحمل الأقصى | 2012 | 2014 | 2016 | 2018 | 2020 | 2022 | 2024 | 2026 | 2028 | 2030 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MW | MW | MW | MW | MW | MW | MW | MW | MW | MW |
| الجزائر | 9,638 | 11,077 | 12,394 | 13,473 | 14,619 | 15,836 | 17,128 | 18,498 | 19,950 | 21,494 |
| البحرين | 2,967 | 3,339 | 3,735 | 4,142 | 4,556 | 4,988 | 5,464 | 5,990 | 6,572 | 7,207 |
| مصـر | 28,184 | 32,172 | 36,663 | 41,891 | 47,666 | 53,886 | 60,703 | 68,255 | 76,643 | 86,038 |
| العراق | 13,791 | 15,718 | 17,618 | 19,715 | 22,014 | 24,572 | 27,746 | 31,139 | 34,634 | 38,223 |
| الأردن | 3,078 | 3,564 | 4,089 | 4,644 | 5,283 | 5,958 | 6,671 | 7,409 | 8,215 | 9,133 |
| الكويت | 11,904 | 13,690 | 17,887 | 19,316 | 20,921 | 22,727 | 24,675 | 26,821 | 29,068 | 31,524 |
| لبنـان | 2,535 | 2,710 | 2,884 | 3,059 | 3,234 | 3,418 | 3,612 | 3,817 | 4,034 | 4,263 |
| ليبيـا | 6,200 | 8,396 | 11,924 | 13,814 | 15,011 | 15,959 | 16,881 | 17,771 | 18,666 | 19,577 |
| المغـرب | 5,260 | 5,910 | 6,577 | 7,252 | 7,995 | 8,814 | 9,718 | 10,663 | 11,644 | 12,716 |
| عمـان | 4,189 | 4,922 | 5,724 | 6,641 | 7,286 | 8,069 | 8,922 | 9,852 | 10,865 | 11,970 |
| قطـر | 5,576 | 6,163 | 6,731 | 7,288 | 7,883 | 8,497 | 9,144 | 9,826 | 10,542 | 11,293 |
| المملكة العربية السعودية | 51,965 | 59,385 | 68,680 | 76,420 | 84,000 | 92,045 | 97,482 | 102,767 | 107,988 | 113,461 |
| السـودان | 1,893 | 2,725 | 3,924 | 4,451 | 5,049 | 5,728 | 6,498 | 7,371 | 8,362 | 9,486 |
| سوريـا | 9,485 | 10,650 | 11,765 | 12,890 | 14,120 | 15,260 | 16,500 | 17,793 | 19,151 | 20,613 |
| تونـس | 3,280 | 3,690 | 4,040 | 4,480 | 4,980 | 5,530 | 6,040 | 6,550 | 7,070 | 7,580 |
| الإمارات المتحدة – أبو ظبي | 18,247 | 20,525 | 22,653 | 24,446 | 26,357 | 28,368 | 30,476 | 32,766 | 35,151 | 37,733 |
| اليمـن | 1,468 | 1,893 | 2,104 | 2,333 | 2,581 | 2,850 | 3,141 | 3,457 | 3,800 | 4,171 |
| **مجموع الحمل الأقصى لكل دولة عربية** | **179,660** | **206,527** | **239,392** | **266,256** | **293,555** | **322,504** | **350,800** | **380,744** | **412,355** | **446,481** |
| **الحمل الأقصى لمجموع الدول العربية** | **164,727** | **188,816** | **218,053** | **242,242** | **266,983** | **293,289** | **318,716** | **345,585** | **373,906** | **404,471** |
| **معدل ارتفاع مجموع الحمل الأقصى لكل دولة عربية** | | **%7.23** | **%7.02** | **%5.36** | **%5.01** | **%4.68** | **%4.25** | **%4.11** | **%4.06** | **%4.05** |

## تقديرات أسعار الغاز الطبيعي باستخدام (Net Back Calculation) للفترة 2012 - 2030
## (USD/MBTU)

| البلـــد | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الجزائر | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 | 10.6927 |
| البحرين | 12.3627 | 12.3627 | 12.3627 | 12.3627 | 11.4048 | 11.4048 | 11.4048 | 11.4048 | 11.4048 | 11.0856 | 11.0856 | 11.0856 | 11.0856 | 11.0856 | 10.7663 | 10.7663 | 10.7663 | 10.7663 | 10.7663 |
| مصر | 13.2762 | 13.2762 | 13.2762 | 13.2762 | 13.5346 | 13.5346 | 13.5346 | 13.5346 | 13.5346 | 13.5346 | 14.627 | 14.627 | 14.627 | 14.627 | 14.627 | 14.627 | 14.8653 | 14.8653 | 14.8653 |
| العراق | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 | 9.1978 |
| الأردن | 13.4908 | 13.4908 | 13.4908 | 13.4908 | 13.7492 | 13.7492 | 13.7492 | 13.7492 | 13.7492 | 13.7492 | 14.8416 | 14.8416 | 14.8416 | 14.8416 | 14.8416 | 14.8416 | 15.0799 | 15.0799 | 15.0799 |
| الكويت | 12.5227 | 12.5227 | 12.5227 | 12.5227 | 11.5648 | 11.5648 | 11.5648 | 11.5648 | 11.5648 | 11.2456 | 11.2456 | 11.2456 | 11.2456 | 11.2456 | 10.9263 | 10.9263 | 10.9263 | 10.9263 | 10.9263 |
| لبنـان | 13.6002 | 13.6002 | 13.6002 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 | 9.3178 |
| ليبيـا | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 | 10.7775 |
| المغرب | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 | 10.8436 |
| عمـان | 9.2227 | 9.2227 | 9.2227 | 9.2227 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 |
| قطـر | 9.2227 | 9.2227 | 9.2227 | 9.2227 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 |
| المملكة العربية السعودية | 9.2227 | 9.2227 | 9.2227 | 9.2227 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 |
| سـوريا | 13.5646 | 13.5646 | 13.5646 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 | 9.2978 |
| تونـس | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 | 10.8943 |
| الإمارات المتحدة – أبو ظبي | 10.1265 | 10.1265 | 10.1265 | 10.1265 | 9.1686 | 9.1686 | 9.1686 | 9.1686 | 9.1686 | 8.8493 | 8.8493 | 8.8493 | 8.8493 | 8.8493 | 8.5301 | 8.5301 | 8.5301 | 8.5301 | 8.5301 |
| اليمن | 9.2227 | 9.2227 | 9.2227 | 9.2227 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 8.2648 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.9456 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 | 7.6263 |
| **متوسـط الأسعـــار** | **10.7783** | **11.1400** | **11.1400** | **10.6057** | **10.0854** | **10.1336** | **10.1780** | **10.2255** | **10.2267** | **10.0943** | **10.3532** | **10.3867** | **10.3946** | **10.3816** | **10.2397** | **10.2239** | **10.2526** | **10.2515** | **10.3066** |

# تقديرات كميات الغاز الطبيعي المتاحة للفترة 2012 - 2030

| البلـــد | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm | Mcm |
| الجزائـر | 12,512 | 13,133 | 13,312 | 18,724 | 18,016 | 23,310 | 26,521 | 31,463 | 40,308 | 35,832 | 36,127 | 35,015 | 33,902 | 32,790 | 31,677 | 30,565 | 29,452 | 28,340 | 27,227 |
| البحريـن | 5,946 | 5,936 | 5,312 | 3,107 | 3,107 | 3,107 | 3,107 | 2,004 | 2,004 | 2,004 | 2,004 | 2,004 | 2,004 | 901 | 901 | 901 | 901 | 901 | 901 |
| مصـر | 27,008 | 30,340 | 33,773 | 37,305 | 39,737 | 42,230 | 44,782 | 47,394 | 50,066 | 50,066 | 50,066 | 50,066 | 50,066 | 52,114 | 55,672 | 58,179 | 58,179 | 58,179 | 58,179 |
| العقـراق | 5,295 | 12,060 | 13,825 | 15,590 | 19,675 | 23,759 | 26,981 | 30,202 | 35,997 | 37,695 | 39,324 | 40,953 | 42,582 | 44,211 | 45,840 | 47,469 | 49,098 | 50,727 | 52,356 |
| الأردن | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 |
| الكويـت | 5,982 | 6,213 | 6,444 | 6,525 | 6,756 | 6,987 | 7,218 | 7,450 | 7,681 | 7,681 | 7,681 | 7,681 | 7,681 | 7,681 | 7,311 | 6,941 | 6,941 | 6,941 | 6,941 |
| لبنـان | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 | 168 |
| ليبيـا | 5,850 | 5,850 | 8,850 | 12,183 | 15,167 | 18,500 | 21,483 | 24,817 | 27,800 | 27,800 | 26,050 | 26,050 | 26,050 | 26,050 | 25,700 | 25,350 | 25,000 | 24,650 | 24,300 |
| المغـرب | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 |
| عمـان | 6,928 | 7,202 | 7,567 | 8,178 | 8,178 | 6,928 | 6,928 | 6,928 | 6,458 | 6,737 | 6,737 | 6,267 | 6,267 | 7,875 | 8,970 | 8,970 | 8,970 | 8,970 | 8,970 |
| قطـر | 10,041 | 10,541 | 11,076 | 11,638 | 12,131 | 12,505 | 12,689 | 13,088 | 13,338 | 13,752 | 14,047 | 14,471 | 14,920 | 15,362 | 15,715 | 16,195 | 16,638 | 17,063 | 17,611 |
| المملكة العربية السعودية | 35,000 | 34,944 | 34,833 | 34,667 | 34,444 | 34,167 | 33,833 | 33,444 | 33,000 | 32,500 | 31,944 | 32,639 | 33,333 | 34,028 | 34,722 | 35,417 | 36,111 | 36,806 | 37,500 |
| الســودان | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| سوريـا | 5,938 | 5,938 | 7,618 | 8,338 | 8,938 | 8,938 | 8,938 | 8,338 | 8,338 | 7,738 | 7,738 | 7,738 | 7,138 | 7,138 | 6,538 | 6,538 | 6,538 | 6,538 | 6,538 |
| تونـس | 3,717 | 3,771 | 3,833 | 3,906 | 3,998 | 3,862 | 4,019 | 4,103 | 4,195 | 4,241 | 4,419 | 4,478 | 4,613 | 4,754 | 4,913 | 4,958 | 5,087 | 5,159 | 5,292 |
| الإمارات العربية - أبو ظبي | 32,824 | 35,532 | 37,219 | 38,907 | 40,594 | 42,282 | 43,969 | 45,657 | 50,540 | 51,040 | 51,540 | 52,040 | 52,540 | 53,040 | 50,500 | 50,000 | 49,500 | 49,000 | 48,500 |
| اليمن | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 | 1,364 |
| **المجمـوع** | **162,672** | **177,091** | **189,294** | **204,698** | **216,372** | **232,204** | **246,100** | **260,518** | **285,355** | **282,718** | **283,309** | **285,033** | **286,728** | **291,575** | **294,090** | **297,113** | **298,046** | **298,904** | **299,946** |

**الملحق رقم (3)**

**التكاليف الاستثمارية لكل السيناريوهات خلال فترة 2012-2030**

| القيمة الحالية لمجموع التكاليف الرأسمالية (CAPEX) 2012-2030 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| البلد | سيناريو الاستمرار في نهج العمل المعتاد (BAU) | سيناريو الربط الكهربائي (IC) | سيناريو الربط الكهربائي المدعم (ICr) | سيناريو الغاز الطبيعي (NG) | السيناريو المفضل (ICr وNG) |
| | مليون دولار أمريكي (MUSD) | مليون دولار أمريكي (MUSD) | مليون دولار أمريكي (MUSD) | مليون دولار أمريكي (MUSD) | مليون دولار أمريكي (MUSD) |
| المغرب | 13.723 | 15.221 | 15.157 | 15.098 | 15.008 |
| الجزائر | 21.664 | 21.224 | 21.224 | 21.224 | 21.224 |
| تونس | 4.713 | 4.719 | 4.748 | 4.716 | 4.748 |
| ليبيا | 12.929 | 12.741 | 12.812 | 12.809 | 13.512 |
| مصر | 47.828 | 43.070 | 43.510 | 41.935 | 42.187 |
| السودان | 7.861 | 7.860 | 7.841 | 7.747 | 7.778 |
| **مجموع دول شمال إفريقيا والسودان** | **108.719** | **104.834** | **105.293** | **103.528** | **104.457** |
| الأردن | 11.409 | 11.550 | 11.488 | 11.131 | 11.250 |
| سوريا | 10.727 | 10.467 | 10.896 | 10.255 | 10.869 |
| لبنان | 1.945 | 1.884 | 1.653 | 1.884 | 1.653 |
| العراق | 22.205 | 22.942 | 22.672 | 22.591 | 22.767 |
| **مجموع (الأردن، سوريا، لبنان، العراق)** | **46.286** | **46.844** | **46.710** | **45.863** | **46.541** |
| السعودية | 70.215 | 69.023 | 68.894 | 68.921 | 68.620 |
| الكويت | 18.665 | 18.239 | 17.981 | 17.615 | 16.933 |
| البحرين | 2.700 | 2.858 | 2.802 | 3.258 | 3.161 |
| قطر | 2.522 | 2.783 | 2.987 | 2.620 | 3.142 |
| الإمارات العربية المتحدة- أبو ظبي | 18.873 | 18.843 | 18.739 | 18.376 | 19.118 |
| عُمان | 6.026 | 5.764 | 5.768 | 4.859 | 5.755 |
| اليمن | 2.020 | 2.075 | 2.070 | 2.058 | 2.075 |
| **مجموع بلدان مجلس التعاون الخليجي واليمن** | **121.021** | **119.585** | **119.241** | **117.708** | **118.804** |
| **مجموع الدول العربية** | **276.026** | **271.262** | **271.244** | **267.099** | **269.802** |

**الملحق رقم (4)**
**تكاليف التشغيل لكل السيناريوهات خلال فترة 2012-2030**

يظهر هذا الجدول القيمة الحالية لتكاليف التشغيل (OPEX) خلال فترة 2012-2030 لكل السيناريوهات لكل بلد، ولكل مجموعة إقليمية، ولكل البلدان العربية.

| القيمة الحالية لمجموع تكاليف التشغيل (OPEX) خلال فترة 2012-2030 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **البلد** | **سيناريو الاستمرار في نهج العمل المعتاد (BAU)** | **سيناريو الربط الكهربائي (IC)** | **سيناريو الربط الكهربائي المدعم (ICr)** | **سيناريو الغاز الطبيعي (NG)** | **السيناريو المفضل (ICR) والغاز الطبيعي (NG)** |
| | **MUSD** | **MUSD** | **MUSD** | **MUSD** | **MUSD** |
| المغرب | 21,582 | 23,414 | 24,225 | 23,201 | 24,334 |
| الجزائر | 50,882 | 46,537 | 46,613 | 46,547 | 46,663 |
| تونس | 16,768 | 16,564 | 16,684 | 16,790 | 16,635 |
| ليبيا | 45,629 | 46,687 | 47,880 | 46,743 | 47,657 |
| مصر | 192,611 | 193,376 | 192,336 | 173,266 | 176,492 |
| السودان | 7,184 | 7,096 | 7,042 | 6,160 | 6,450 |
| **مجموع منطقة شمال إفريقيا والسودان** | **334,657** | **333,675** | **334,781** | **312,707** | **318,231** |
| الأردن | 19,607 | 20,277 | 20,955 | 21,751 | 20,227 |
| سوريا | 60,061 | 61,089 | 52,025 | 57,999 | 51,176 |
| لبنان | 16,651 | 15,532 | 15,702 | 15,454 | 15,599 |
| العراق | 56,600 | 58,125 | 63,706 | 61,652 | 63,631 |
| **مجموع (الأردن. سوريا لبنان. العراق)** | **152,920** | **155,023** | **152,389** | **156,856** | **150,633** |
| السعودية | 360,965 | 355,726 | 353,558 | 325,321 | 352,321 |
| الكويت | 97,732 | 87,420 | 85,075 | 79,096 | 79,294 |
| البحرين | 19,413 | 21,511 | 17,884 | 17,358 | 14,938 |
| قطر | 22,009 | 25,594 | 27,690 | 25,611 | 27,825 |
| الإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي | 84,455 | 87,923 | 89,902 | 88,428 | 90,582 |
| عُمان | 19,184 | 19,726 | 20,174 | 18,419 | 19,482 |
| اليمن | 21,184 | 20,070 | 20,058 | 19,181 | 20,026 |
| **مجموع بلدان مجلس التعاون الخليجي واليمن** | **624,942** | **617,970** | **614,341** | **573,415** | **604,468** |
| **مجموع تكاليف العملية للبلدان العربية (مليار دولار أمريكي)** | **1,112.5** | **1,107** | **1,102** | **1,043** | **1,073** |

**الملحق رقم (5)**

**إجمالي سعة النقل (TTC) للشبكات المرتبطة في ظروف التشغيل (N-1) في السنوات 2020، و2025، و2030**

| شبكة الربط | البلد | | صافي سعة النقل المطلوب | إجمالي سعة النقل (ميجا واط) في ظروف التشغيل (N-1) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | من | إلى | MW | 2020 | 2025 | 2030 |
| المغرب >- الجزائر- > المغرب | المغرب | الجزائر | 800 | 1,097 | 1,290 | 25 |
| | الجزائر | المغرب | 800 | 1,357 | 1,161 | 951 |
| الجزائر -> تونس -> الجزائر | الجزائر | تونس | 300 | 633 | 454 | 585 |
| | تونس | الجزائر | 300 | 374 | 208 | 122 |
| تونس -> ليبيا -> تونس | تونس | ليبيا | 500 | 93 | <0 | 327 |
| | ليبيا | تونس | 500 | 1,105 | 622 | 1,008 |
| ليبيا -> مصر -> ليبيا | ليبيا | مصر | 550 | 1,575 | 1,681 | 1,216 |
| | مصر | ليبيا | 550 | 879 | 462 | 1,809 |
| مصر -> السودان -> مصر | مصر | السودان | 1,200 | 235 | 2,039 | 669 |
| | السودان | مصر | 1,200 | 210 | 1,292 | 2,385 |
| مصر -> الأردن ->مصر | مصر | الأردن | 600 | 1,012 | 1,752 | 9,607 |
| | الأردن | مصر | 600 | 209 | 493 | 1,202 |
| مصر -> السعودية -> مصر | مصر | السعودية | 2,500 | 2,733 | 8,622 | >5000 |
| | السعودية | مصر | 2,500 | 698 | 796 | <0 |
| الأردن ->سوريا-> الأردن | الأردن | سوريا | 600 | 983 | <0 | 1,826 |
| | سوريا | الأردن | 600 | 2,212 | 2,497 | 2,294 |
| الأردن -> السعودية -> الأردن | الأردن | السعودية | 500 | <0 | <0 | <0 |
| | السعودية | الأردن | 500 | 920 | 4,310 | 3,683 |
| سوريا-> العراق ->سوريا | سوريا | العراق | 500 | 1,317 | 1,728 | 2,072 |
| | العراق | سوريا | 500 | 274 | <0 | <0 |
| العراق -> الكويت -> العراق | العراق | الكويت | 500 | <0 | <0 | <0 |
| | الكويت | العراق | 500 | 2,180 | 2,301 | <0 |
| السعودية -> مجلس التعاون الخليجي -> السعودية | السعودية | *GCCIA | 1,200 | 1,985 | 2,418 | 2,202 |
| | *CIA | السعودية | 1,200 | 336 | 1,551 | 2,785 |
| الكويت -> مجلس التعاون الخليجي -> الكويت | الكويت | *GCCIA | 1,200 | 2,029 | 2,737 | 1,966 |
| | *CIA | الكويت | 1,200 | 742 | 882 | 616 |
| البحرين -> مجلس التعاون الخليجي -> البحرين | البحرين | *GCCIA | 600 | <0 | 491 | 364 |
| | *CIA | البحرين | 600 | 14 | 254 | 750 |
| قطر -> مجلس التعاون الخليجي -> قطر | قطر | *GCCIA | 1,200 | 1,050 | 1,050 | 1,049 |
| | *CIA | قطر | 1,200 | 3,058 | 3,099 | 367 |

| شبكة الربط | البلد | | صافي سعة النقل المطلوب | إجمالي سعة النقل (ميجا واط) في ظروف التشغيل (N-1) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | من | إلى | MW | 2020 | 2025 | 2030 |
| الإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي -> مجلس التعاون الخليجي -> الإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي | الإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي | *GCCIA | 1,200 | 4,071 | >5000 | >5000 |
| | *GCCIA | الإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي | 1,200 | 1,806 | 1,995 | 1,663 |
| الإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي -> عُمان -> الإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي | الإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي | عُمان | 600 | 185 | 410 | <0 |
| | عُمان | الإمارات العربية المتحدة-أبو ظبي | 600 | 3,284 | 3,421 | 3,493 |
| السعودية -> اليمن -> السعودية | السعودية | اليمن | 500 | | <0 | 1,436 |
| | اليمن | السعودية | 500 | | 60 | <0 |

**(*)**GCCIA يمثل محطة ربط شبكات مجلس دول التعاون الخليجي.

مؤتمر الطاقة العربي العاشر
الطاقة والتعاون العربي
2014
2014
Energy & Arab Cooperation
TENTH ARAB ENERGY CONFERENCE