

التكاليف والمكاسب الناتجة عن تنسيق توليد الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي باستخدام الرابط الكهربائي

ديفيد واجن وفريدريك ميرفي وأكسل بيرو

عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحوثاً مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بشتى أنواعها بالإضافة إلى الدراسات البيئية المرتبطة بها. وتتمثل مهمة كابسارك في تعزيز فهم تحديات الطاقة والفرص التي تواجه العالم اليوم وفي المستقبل من خلال بحوث غير منحازة ومستقلة وعالية الجودة لما فيه صالح المجتمع، ويقع كابسارك في الرياض بالمملكة العربية السعودية.

إشعار قانوني

حقوق التأليف والنشر محفوظة (2018) لمركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (المركز). ولا يجوز النسخ أو الاقتباس من هذه المادة دون نسبته بشكل واضح و ملائم للمركز.

تُبنت دول مجلس التعاون الخليجي شبكة من خطوط النقل الكهربائي ذات الجهد العالي، والمعروفة باسم الرابط الكهربائي بين دول مجلس التعاون الخليجي، الذي يربط الدول الأعضاء المملكة العربية السعودية والبحرين والكويت وعمان وقطر والإمارات العربية المتحدة ببعضها. نجح الرابط الكهربائي في تقديم خدمات موثوقة لدول مجلس التعاون الخليجي لكنه لم يحقق بعد إمكاناته الكاملة بوصفه منصة لدمج أنظمة الكهرباء الفردية على نحو كامل. تحلل هذه الوثيقة التكاليف والمكاسب المحتملة الناتجة عن تبادل الكهرباء بين دول مجلس التعاون الخليجي. وبالنظر إلى المناخ السياسي الحالي، فإن ذلك لا يشمل تبادل الكهرباء مع قطر. وخلصت الدراسة إلى ما يلي:

يؤدي استخدام الرابط الكهربائي دون إعادة هيكلة سياسات دعم الوقود الحالية إلى زيادة التكاليف. إذا لم يُلغ الدعم في جميع أنحاء المنطقة، فستستفيد دول مجلس التعاون الخليجي الأخرى من الكهرباء السعودية ذات السعر المنخفض، حيث ستصدر المملكة العربية السعودية نحو 2.2 مليار دولار (بالدولار الأمريكي الرسمي لعام 2015) في شكل دعم مالي.

يوفر إلغاء الدعم مكاسب اقتصادية كبيرة – أكثر من 41 مليار دولار سنويًا – لدول مجلس التعاون الخليجي. يزيد اقتران إلغاء الدعم مع تبادل الكهرباء من هذه المكاسب للاقتصادية بنحو مليار دولار سنويًا. ينفصل إنتاج الكهرباء والماء ويتي نظامًا أكثر مرونة حيث سيجري تبادل ما يقرب من 33 تيراواط في الساعة، أو أكثر من 5 في المئة من إنتاج الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي، بأسعار السوق.

ستُصاحب هذه التبادلات استثمارات كبيرة وسيجري استبدال أكثر من نصف الطاقة الحالية (80 جيجاواط) بمحركات غازية ذات دورة مركبة (توربينية) وخلايا كهروضوئية ذات كفاءة أكبر، بتكلفة تبلغ 7.3 مليار دولار.

باستخدام نظام تسعير مختلط لاختبار ما إذا كان يمكن تحقيق منافع من تنسيق الكهرباء دون تحرير أسعار الوقود، والإبقاء على دعم الاستهلاك المحلي للكهرباء بينما تُفرض تكاليف الفرصة البديلة على الوقود المستخدم في إنتاج الكهرباء المرسله من خلال الرابط الكهربائي.

أدى نظام التسعير المختلط إلى خسارة اقتصادية صافية بلغت 1.4 مليار دولار لأن دعم الوقود لا يزال يؤثر على أنماط استهلاك الوقود المحلي. في المتوسط، لا يزال الدعم يخرج عبر الحدود.

الملخص التنفيذي

عواقب نقل الكهرباء من خلال الرباط الكهربائي، باستخدام تكاليف الكهرباء استنادًا إلى الدعم الحالي للوقود. يعطي هذا تقديرًا لمقدار دعم الوقود الذي سيجري تصديره من خلال مبيعات الكهرباء. ويستخدم هذا التحليل أسعار للوقود تعادل الأسعار العالمية ويدرس سيناريوهين باستخدام الرباط الكهربائي أو دونه لتدفقات الطاقة غير الطارئة، لتقدير أكبر منفعة اقتصادية ممكنة من استخدام الرباط الكهربائي.

يخلص هذا التحليل إلى أن دعم الوقود المحلي يُمثل حاجزًا رئيسًا أمام تبادل الكهرباء الإقليمي الاقتصادي في المنطقة والتي تستفيد منه جميع الدول الأعضاء. في ظل عدم إلغاء الدعم في جميع أنحاء المنطقة، ستشتري دول مجلس التعاون الخليجي الأخرى الكهرباء بأسعار منخفضة نتيجة للوقود المدعوم، وستصدر المملكة العربية السعودية نحو 2.2 مليار دولار (بالدولار الأمريكي الرسمي لعام 2015) سنويًا في شكل دعم مالي.

يأتي الجزء الأكبر من المنافع الاقتصادية السنوية نتيجة لإلغاء دعم الوقود بقيمة 41 مليار دولار. وتزداد المكاسب الاقتصادية بنحو مليار دولار سنويًا عند إقتران إلغاء الدعم بتبادل الكهرباء. حيث سيجري تبادل ما يقرب من 33 تيراواط في الساعة، أو أكثر من 5 في المئة من إنتاج الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي، بأسعار السوق (جدول 1).

تبنّت دول مجلس التعاون الخليجي شبكة من خطوط النقل ذات الجهد العالي، والمعروفة باسم الرباط الكهربائي بين دول مجلس التعاون الخليجي، والذي يربط الدول الأعضاء المملكة العربية السعودية والبحرين وُعُمان وقطر والإمارات العربية المتحدة ببعضها. يُتوقع أن يكون الرباط الكهربائي بمثابة منصة لتسهيل تنسيق توليد الكهرباء بين دول مجلس التعاون الخليجي لدعم مبادرات الإصلاح الجارية. جرى إنجاز الرباط الكهربائي في عام 2011 وحافظ على موثوقية النظام من خلال تمكين تبادل نوعي للكهرباء بين الدول الأعضاء في مجلس التعاون الخليجي.

وبالنظر إلى الاهتمام بإعادة هيكلة قطاعات الكهرباء المحلية ونمو الطلب المستمر، من المفيد دراسة الوفورات المحتملة من الاستخدام الأكبر للرباط الكهربائي لخفض التكاليف وتحسين كفاءة توليد الكهرباء ونقلها في المنطقة. الدول المستفيدة من النقل غير الطارئ هي فقط التي تملك حوافز للمشاركة. وعلى هذا النحو، حتى يتسنى لدول مجلس التعاون الخليجي المشاركة في النقل غير الطارئ، يجب أن تستفيد من جميع الدول.

تقيس هذ الوثيقة المكاسب والخسائر المتحققة من المناهج البديلة للتداول إذ تُحدد الأساس من خلال الاستعانة بالسياسات القائمة لكل بلد في عام 2015 وتدرس

جدول 1. نقل الكهرباء عبر الحدود بأسعار وقود محررة وتبادل الكهرباء (باستثناء قطر).

إجمالي الصادرات	الإمارات	السعودية	قطر	عُمان	الكويت	البحرين	من	إلى
5.3		5.3					البحرين	
11.4		11.4					الكويت	
3.7	3.7						عُمان	
							قطر	
0.7	0.07				0.13	0.51	السعودية	
11.8		11.6		0.18			الإمارات	
32.9	3.7	28.4		0.2	0.1	0.5	إجمالي الصادرات	
	8.1	-27.7		3.5	11.3	4.8	صافي الواردات	

المصدر: تحليل كابسارك.

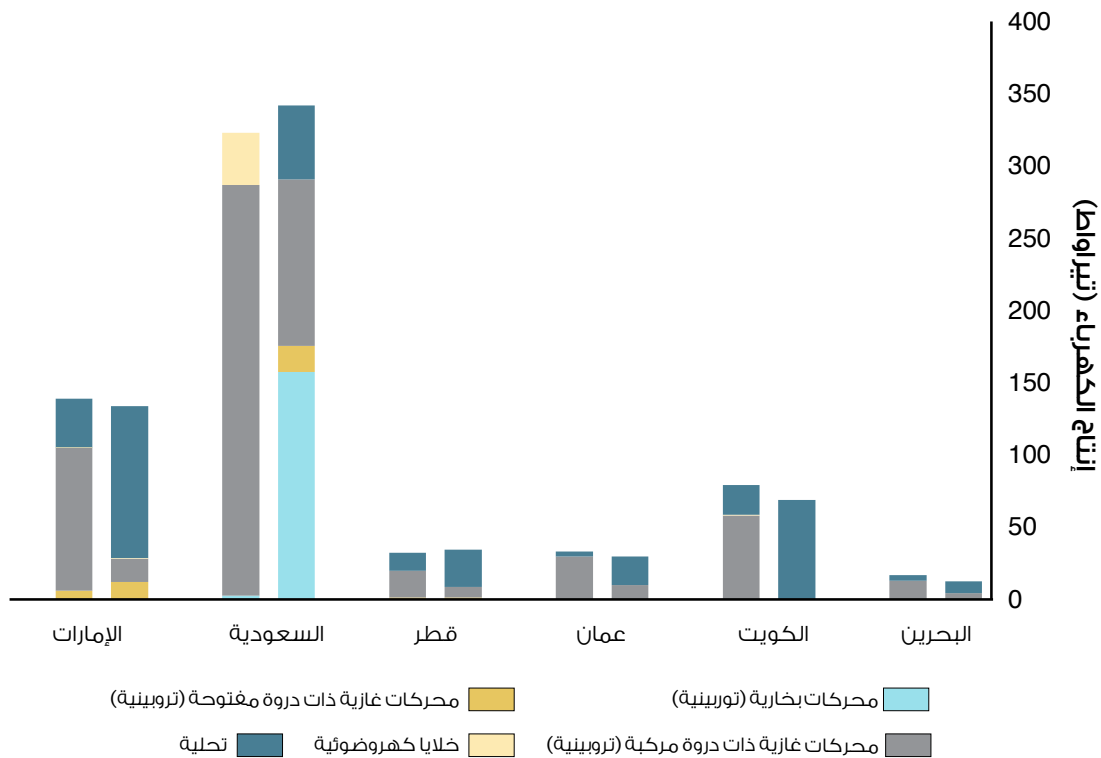
دول مجلس التعاون الخليجي وتحقيق مكاسب كبيرة من خلال زيادة التنسيق. وبما أنه من غير المحتمل أن تحرر دول مجلس التعاون الخليجي إنتاج الكهرباء بالكامل، فإن هذه الوثيقة تبحث في السيناريوهات التي تلغي الدعم عبر الحدود مع الحفاظ على دعم الوقود للكهرباء المستهلكة محلياً إذ توازن هذه السيناريوهات بين الكفاءة الاقتصادية والأهداف الاجتماعية. وتأتي النتيجة أكثر تكلفة من عدم التنسيق.

يتمثل الدرس المهم، كما هو الحال مع دراسات كابسارك السابقة، في الانتقال من الأنظمة الحالية عالية التنظيم إلى نهج قائم على السوق بشكل أكبر على أساس مجزأ يمكن أن يزيد التكاليف مالم تتخذ التسلسل المناسب للتغييرات في السياسة (مطر وآخرون 2017) يمكن أن يقدم الرابط الكهربائي منافع اقتصادية كبيرة. ومع ذلك، يجب أن تكون الشروط مناسبة لتحقيق هذه المنافع.

سُئصاحب هذه التبادلات استثمارات كبيرة. وستحل المحركات الغازية ذات الدورة المركبة (التوربينية) والخلايا كهروضوئية ذات السعة الكبيرة الأكثر كفاءة محل أكثر من 50 في المئة من السعة الحالية بتكلفة تبلغ 7.3 مليار دولار. يتمثل أحد الجوانب المهمة لتحول القدرة في استبدال محطات التوليد المشترك للكهرباء/ الماء من خلال تحويل إنتاج الماء إلى التناضح العكسي. يوضح شكل 1 التغير في إنتاج الكهرباء حسب التقنية.

تجعل محطات التوليد المشترك الحرارية في شكل 1 أنظمة الكهرباء غير مرنة بسبب الحاجة إلى إنتاج الماء. يزيد إخراج محطات التوليد المشترك واستبدالها بمحطات ذات دورة مركبة ومحطات التناضح العكسي من مرونة الشبكات الوطنية ويسمح لها بالاستفادة من الربط.

تسلط هذه النتائج الضوء على إمكانية زيادة الكفاءة وتقليل التكرار في أنظمة الكهرباء والماء الموجودة في



شكل 1. إنتاج الكهرباء بالتقنية في سيناريو "عدم التنسيق" (المخططات الشريطية اليمنى) وفي سيناريو "التحرير" (المخططات الشريطية اليسرى).

المصدر: تحليل كابسارك.

تُبنت دول مجلس التعاون الخليجي شبكة من خطوط النقل ذات الجهد العالي، والمعروفة باسم الرابط الكهربائي بين دول مجلس التعاون الخليجي، الذي يربط الدول الأعضاء: المملكة العربية السعودية والبحرين والكويت وعمان وقطر والإمارات العربية المتحدة ببعضها. جرى تصميم هذا الرابط بوصفه أداة «لتوفير السلامة والأمن للشبكات الكهربائية في دول مجلس التعاون الخليجي وتجنب انقطاعات التيار الكهربائي بنسبة 100 في المئة» وبوصفه منصة لتسهيل التنسيق بين الدول التي من شأنها دعم مبادرات الإصلاح الجارية (هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي 2017).

تُعد هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي المشغل للنظام هيئة مستقلة وتخطط لنقل النظام

إلى سوق تشغيلي بالكامل، استناداً إلى نموذج نورد بول (الشرفاء وآخرون 2017). تهدف الهيئة إلى توفير ما متوسطه 1.3 مليار دولار سنويًا على مدى 25 عامًا، من خلال خفض التكاليف من بناء وتشغيل محطات جديدة لتوليد الطاقة والحد من هوامش الاحتياطي الفائضة (هيئة الربط الكهربائي لمجلس التعاون الخليجي 2017). جرى إنجاز الرابط الكهربائي في عام 2011 وحافظ على موثوقية النظام من خلال تمكين تبادل نوعي للكهرباء بين الدول الأعضاء. تمثل الخطوط السوداء العريضة في شكل 2 خطوط مخصصة للرابط الكهربائي. لم يجري إنشاء خط مخصص للرابط الكهربائي في الإمارات العربية المتحدة وعمان لأن الشبكات الوطنية القائمة كانت مبروطة مسبقًا ويشار إليها بالخطوط المتقطعة.



شكل 2. خريطة للدول أعضاء مجلس التعاون الخليجي والرابط الكهربائي بين دول مجلس التعاون الخليجي (على النحو الموضح من خلال الخطوط السوداء العريضة).

المصدر: خرائط جوجل، وكابسارك.

الولايات المتحدة وأوروبا أي أنهم يتحركون نحو التسعير الأقرب إلى التكلفة الهامشية. رفعت المملكة العربية السعودية سعر الغاز الطبيعي، بوصفها خطوة وسيطة، في 1 يناير 2016، بنسبة 77 في المئة والنفط الخام بنسبة 50 في المئة لمنتجي الطاقة والماء (وجان 2017). أعلنت حكومة المملكة العربية السعودية عن زيادة الأسعار في المستقبل بوصفه جزء من الإصلاحات الجارية لرؤية 2030 (المملكة العربية السعودية رؤية 2030-2016).

بالنظر إلى الاهتمام بإعادة الهيكلة المحلية والنمو المستمر للطلب، تبحث هذه الدراسة في إمكانية تحقيق وفورات الاستخدام الأكبر للرابط الكهربائي لخفض التكاليف وتحسين كفاءة توليد الكهرباء ونقلها في المنطقة. تعرض الوثيقة مجموعة من السيناريوهات التي جرى إعدادها لدراسة مجموعة من سياسات دعم الوقود وتبادل الكهرباء.

يمكن أن تستفيد دول مجلس التعاون الخليجي من زيادة التنسيق بشأن إنتاج الكهرباء في الظروف المناسبة، حيث إن الدول لديها ذروات غير متزامنة في الطلب على الكهرباء. ومع ذلك، لم يوفر الرابط الكهربائي المنافع الكاملة لإدماج الشبكات الفردية للدول الأعضاء بسبب هيكل قطاعي الكهرباء والماء في كل بلد. وبما أن كل من دول مجلس التعاون الخليجي تدعم أنواع الوقود المستهلكة والمعدات المستخدمة في توليد الكهرباء، فإن أي كهرباء تباع عبر الحدود تعني أن الدولة المصدرة تدعم المستهلكين في البلدان المستوردة. وهكذا، أعاقت هياكل الأسواق المحلية تداول الكهرباء.

وفي الوقت الحالي، ومع انخفاض الإيرادات الحكومية من صادرات الهيدروكربون، فإن جميع الدول الأعضاء في مجلس التعاون الخليجي بصدد إصلاح قطاعات الطاقة لديها. تستكشف المملكة العربية السعودية حاليًا خيار إنشاء سوق للكهرباء مثل تلك الموجودة في

التقديرات الحالية للمنافع

عن المنهجية المستخدمة، ولا سيما الافتراضات، بشأن دعم الوقود وأسعاره.

أصدرت هيئة الربط الكهربائي لمجلس التعاون الخليجي، في عام 2016، برنامج باور تريڊ بايلوت (Power Trade Pilot)، وشهدت أعلى مستوى لتبادل الطاقة في تاريخها الممتد لثمانى سنوات. وتنازلت الهيئة عن رسوم استخدام الشبكة بمبلغ 6.6 مليون دولار لتحفيز الأنشطة التجارية. وفقاً للهيئة، بلغ إجمالي تبادل الطاقة باستخدام الرابط الكهربائي الذي يُنتج نحو 1.3 تيراواط في الساعة بقيمة تُقدر بنحو 160 مليون دولار. وبلغت النفقات الرأسمالية والتشغيلية المجنبة بسبب التبادل نحو 404 مليون دولار (هيئة الربط الكهربائي لمجلس التعاون الخليجي 2017، الشرفاء وآخرون 2017).

أفادت هيئة الربط الكهربائي لمجلس التعاون الخليجي أنها «تهدف إلى توفير أكثر من 33 مليار دولار» على مدى السنوات الخمس والعشرين القادمة من خلال تجنب الاستثمارات في القدرة، وتخفيض تكاليف التشغيل والصيانة والاحتياطي التشغيلي (هيئة الربط الكهربائي لمجلس التعاون الخليجي 2017). يُعادل هذا التقدير متوسط الوفورات السنوية البالغة 1.3 مليار دولار ويُعد في النطاق الأعلى من التقديرات المتاحة للجمهور. في العرض التقديمي لعام 2015، أفاد الرئيس التنفيذي لهيئة الربط الكهربائي لمجلس التعاون الخليجي أنه «يمكن توفيرها من خلال [23.6 مليار دولار جراء تخفيض تكاليف التشغيل والصيانة للفترة بين 2014 و2038]» بمتوسط 940 مليون دولار سنوياً (الإبراهيم 2015). لم يقدم العرض التقديمي تقريراً

نظام الطاقة والماء في دول مجلس التعاون الخليجي

الساعة، بينما تمتلك دولتا الكويت وقطر أعلى نسبة طلب على الكهرباء للفرد.

تمتلك المملكة العربية السعودية أعلى معدلات للحمل الذروي عند 62.3 جيجاواط، بينما سجلت البحرين أقل حمل ذروي عند 2.92 جيجاواط. ويقدر الاستهلاك في الإمارات العربية المتحدة والحمل الذروي للبحرين من السنوات السابقة. تقدر هذه الدراسة أن إجمالي الحمل الذروي يبلغ 113.6 جيجاواط.

القدرات التقنية

جرى تثبيت أكثر من 144 جيجاواط من القدرة المولدة للطاقة في جميع البلدان الستة، وهو ما يُعادل تقريباً القدرة المثبتة لرابطة دول جنوب شرق آسيا (آسيان) (الوكالة الدولية للطاقة 2015). توفر المحركات الغازية ذات الدورة المفتوحة (توربينية) حوالي 40 جيجاواط وتوفر المحركات البخارية ذات الدورة المفردة حوالي 28 جيجاواط أي ما يقارب النصف (شكل 3). تبلغ نسبة المحركات الغازية ذات الدورة المركبة (توربينية) الأكثر كفاءة حوالي 14 في المئة فقط من القدرة (20 جيجاواط). وتوفر محطات الكهرباء والماء المشتركة أكبر نسبة من الطاقة في دول مجلس التعاون الخليجي، بقدرة تزيد عن 56 جيجاواط. تشير هذه الدراسة إلى هذه المحطات باسم "التوليد المشترك" أو "التحلية الحرارية".

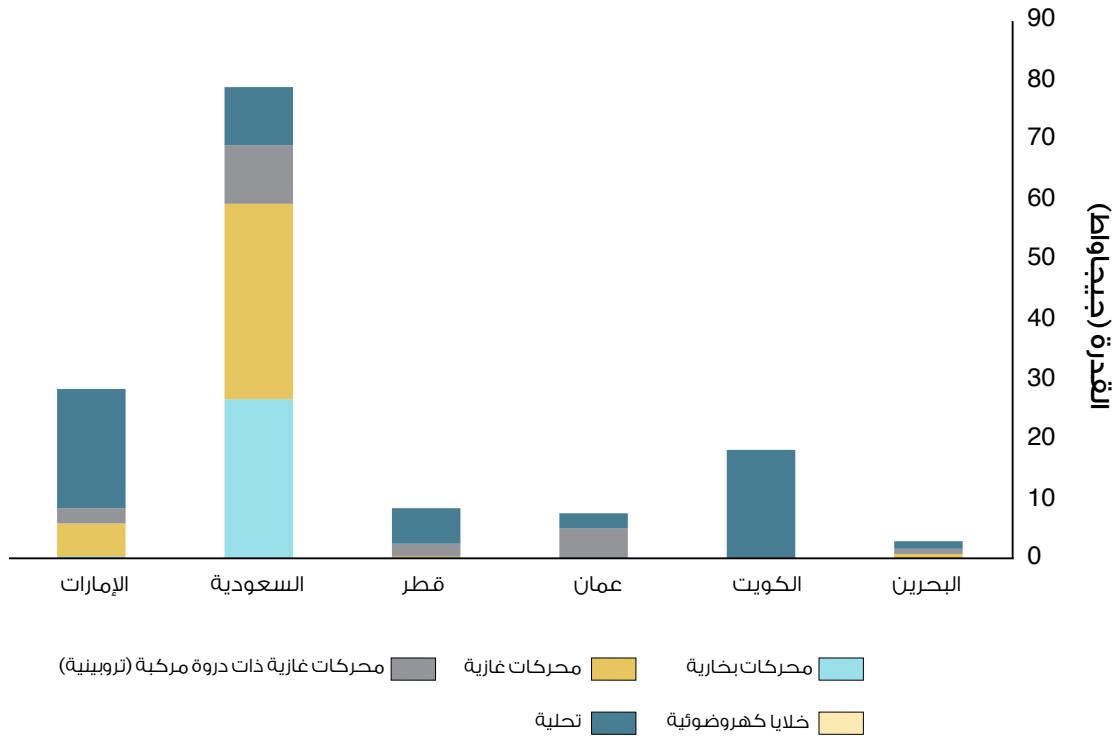
تُعد الطاقة أساس الاقتصادات الحديثة في دول مجلس التعاون الخليجي. وتمثل صادرات الطاقة ما متوسطه 78 في المئة من الناتج المحلي الإجمالي لدول مجلس التعاون الخليجي الأربع الأعضاء في أوبك. ومع ذلك، تستهلك دول مجلس التعاون الخليجي موارد الوقود الأحفوري محلياً بكميات كبيرة لإنتاج الطاقة والماء (أوبك 2017). تقدر هذه الدراسة أن المملكة العربية السعودية تستهلك 420 ألف برميل في اليوم من النفط الخام محلياً لإنتاج الكهرباء والماء، أو ما يقرب من 4 في المئة من إنتاجها اليومي.

إن المناخ الصحراوي القاحل في دول مجلس التعاون الخليجي والندرة الشديدة لموارد الماء العذب تعني أن التبريد وتحلية مياه البحر يستهلكان كميات كبيرة من الكهرباء (نابولي وآخرون 2018). بلغ إجمالي الطلب على الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي حوالي 526 تيراواط في عام 2015. أنتجت المملكة العربية السعودية أكثر من نصف الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي نظراً لقاعدتها السكانية والصناعية الكبيرة (جدول 2). أفادت هيئة تنظيم الكهرباء في المملكة العربية السعودية أن الاستهلاك بلغ 275 تيراواط في عام 2015 (هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2014). وتمتلك دولة الإمارات العربية المتحدة ثاني أكبر طلب على الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي، بمعدل 111 تيراواط في

جدول 2. نقل الكهرباء عبر الحدود بأسعار وقود محررة وتبادل الكهرباء (باستثناء قطر).

البلد	الاستهلاك (تيراواط في الساعة)	الاستهلاك (للفرد)	الحمل الذروي (جيجاواط)
البحرين	2.9	11.3	15.2
الكويت	12.8	15.4	60.5
عمان	6.1	7.6	31.3
قطر	6.7	14.6	36.1
السعودية	62.3	9.3	294.6
الإمارات	22.8	12.2	126.6
إجمالي دول مجلس التعاون الخليجي	-	10.0	-

المصدر: بيانات إحصائية خاصة بالإمارات العربية المتحدة عن الكهرباء والماء 2015 وهيئة المعلومات والحكومة الإلكترونية التابعة للبحرين وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج والمؤسسة العامة للكهرباء والماء القطرية ووزارة الكهرباء والماء الكويتية والشركة العُمانية لشراء الطاقة والمياه والبنك الدولي وتحليل كابسارك.



شكل 3. قدرة الطاقة حسب نوع التقنية.

المصدر: بيانات إحصائية خاصة بالإمارات العربية المتحدة عن الكهرباء والماء 2015 وهيئة الكهرباء والماء التابعة لمملكة البحرين وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج والمؤسسة العامة للكهرباء والماء القطرية ووزارة الكهرباء والماء الكويتية والشركة العمانية لشراء الطاقة والمياه والبنك الدولي وتحليل كابسارك.

وكما هو موضَّح أعلاه، يمثل إنتاج الماء والكهرباء في المملكة العربية السعودية، أكبر مستهلك للوقود، حوالي 4 في المئة من إنتاج النفط الخام (شركات خدمات الطاقة 2015). وتستهلك الكويت مزيحًا من الغاز الطبيعي وزيت الوقود الثقيل، وكميات أقل من النفط الخام والديزل (وزارة الكهرباء والماء الكويتية 2015). أما الغاز الطبيعي فهو الوقود الأساسي في البحرين وعمان وقطر (الشركة العمانية لشراء الطاقة والمياه 2015 وكهرماء 2014 والهيئة الوطنية للنفط والغاز في مملكة البحرين 2015). ويُمثل الغاز الطبيعي الوقود الأساسي لإنتاج الطاقة والمياه في الإمارات العربية المتحدة (وزارة الطاقة الإماراتية 2015 وهيئة كهرباء ومياه دبي 2014 وهيئة كهرباء ومياه الشارقة 2012، والهيئة الاتحادية للكهرباء والماء بالإمارات العربية المتحدة 2015).

تساهم المرافق في الإفراط في الاستخدام غير الفعال للمحركات ذات الدورة المفردة ومحطات التوليد المشترك لأن تكاليف الوقود مدعومة. على الرغم من وفرة الإشعاع الشمسي في المنطقة، جري تثبيت 76 ميجاوات فقط من الخلايا الكهروضوئية في نهاية عام 2015 (مشمولة ولكن غير واضحة في شكل 3)، وتمثل 0.05 في المئة من إجمالي القدرة المثبتة.

الوقود

زوّدت أنظمة الطاقة والماء في دول مجلس التعاون الخليجي حوالي 6.8 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية من الوقود الأحفوري في عام 2015 (التقديرية السنوية)، حيث يُقدر الغاز الطبيعي بنحو 4.6 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية سنويًا. يعرض شكل 4 استهلاك الوقود الأحفوري حسب النوع في عام 2015.

والإمارات العربية المتحدة تدفع السعر العالمي للنفط الخام، والمحدد هنا بـ 55 دولاراً لكل برميل.

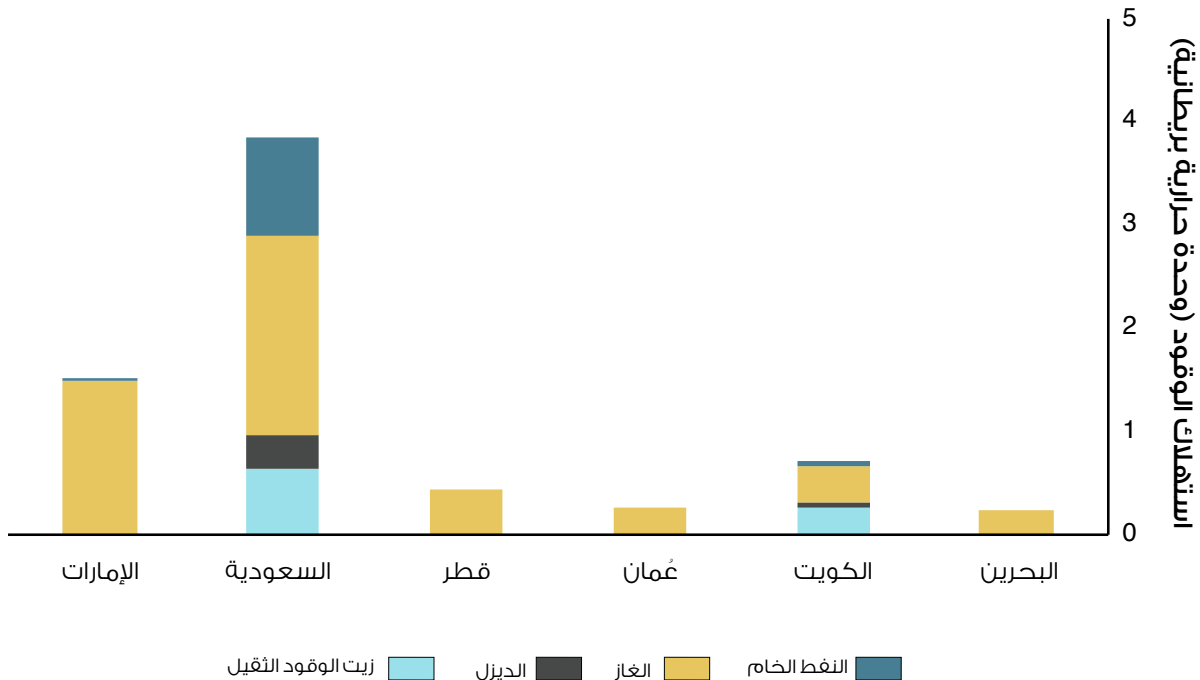
الربط مع قطاع المياه

ومن السمات الرئيسية لقطاع الكهرباء في جميع دول مجلس التعاون الخليجي الربط الوثيق بين نظام الكهرباء وقطاع المياه (نابولي وآخرون، 2018). حيث تستهلك مرافق المياه الكهرباء في محطات التناضح العكسي، والتي تستخدم أغشية لفصل المياه المحلاة عن المياه المالحة، كما أنها تولد الكهرباء باستخدام تقنية الفلاش متعدد المراحل لتوليد الكهرباء ثم تستخدم الحرارة المتبقية لتقطير مياه البحر. لا تمتلك معظم محطات الفلاش متعدد المراحل مرونة كبيرة في مزيج الكهرباء والماء المنتجين. وتعتبر نسبة المياه إلى نسب الكهرباء في المحطات الأكثر مرونة محدودة، وفي بعض الأحيان تنتج هذه المحطات فائضاً من الكهرباء أو الماء (ووجان 2017). شكل 5 تفاصيل قدرات محطة تحلية مياه البحر.

منظومات الدعم

تتمثل إحدى السمات الرئيسية لنظام الطاقة في دول مجلس التعاون الخليجي في هيمنة أسعار الوقود المدعوم. تشتري المرافق المنزلية معظم أنواع الوقود بأسعار مدعومة إلى حد كبير وتُمنح الوفورات على شكل خدمات طاقة ميسورة التكلفة للمواطنين والصناعات. وفي هذا التحليل، يُعرّف الدعم على أنه الأسعار التي تدعمها الحكومة لتصل إلى أقل من قيمة الصادرات (السوق). أدى السعر المنخفض للوقود إلى الاستثمار في توريينات البخار وتوريينات الدورة المفتوحة غير الفعالة، التي لا تزال تشكل عقبة رئيسية أمام تبادل الطاقة. يعرض جدول 3 تفاصيل أسعار الوقت المستخدمة في هذه الدراسة بالنسبة لسيناريوهات أسعار الوقود المدعوم (ووجان 2017).

قُدّرت أسعار الغاز الطبيعي لسلطنة عُمان وقطر ويفترض هذا التحليل أن كلا من البحرين وعُمان وقطر



شكل 4. مزيج الوقود التقديري لقطاعي الطاقة والمياه في دول مجلس التعاون الخليجي.

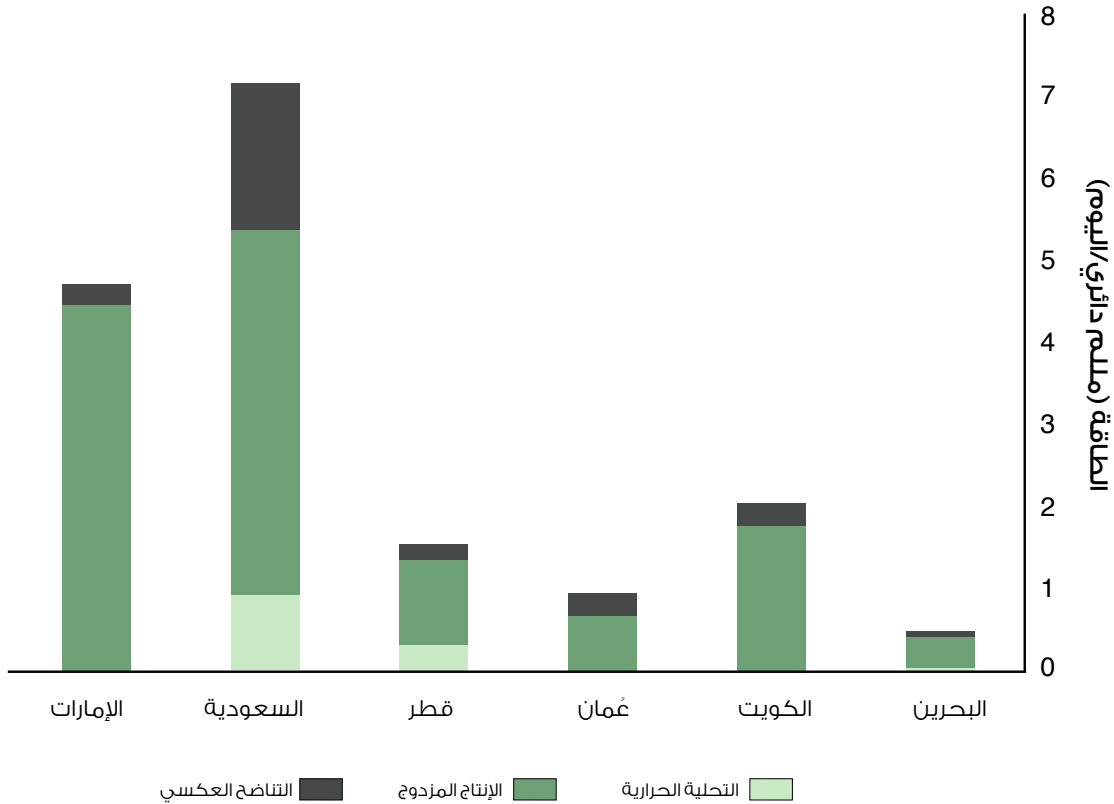
المصدر: بيانات إحصائية خاصة بالإمارات العربية المتحدة عن الكهرباء والماء 2015 وهيئة الكهرباء والماء التابعة لمملكة البحرين وهيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج والمؤسسة العامة للكهرباء والماء القطرية ووزارة الكهرباء والماء الكويتية والشركة العُمانية لشراء الطاقة والمياه والبنك الدولي وتحليل كابسارك.

نظام الطاقة والماء في دول مجلس التعاون الخليجي

جدول 3. أسعار الوقود المدعوم المسجلة لعام 2015.

الديزل (برميل/دولار)	زيت الوقود الثقيل (برميل / دولار)	النفط الخام (برميل / دولار)	الغاز الطبيعي (مليون وحدة حرارية/دولار)	
لا يوجد	لا يوجد	55.00	2.75	البحرين
62.73	44.43	42.10	3.53	الكويت
لا يوجد	لا يوجد	55.00	2.00	عُمان
لا يوجد	لا يوجد	55.00	1.50	قطر
3.75	2.26	4.24	0.75	السعودية
لا يوجد	لا يوجد	55.00	2.00	الإمارات العربية المتحدة

المصدر: تحليل كابسارك.



شكل 5. إنتاج ملايين الأمتار المكعبة من المياه في اليوم باستخدام التقنية.

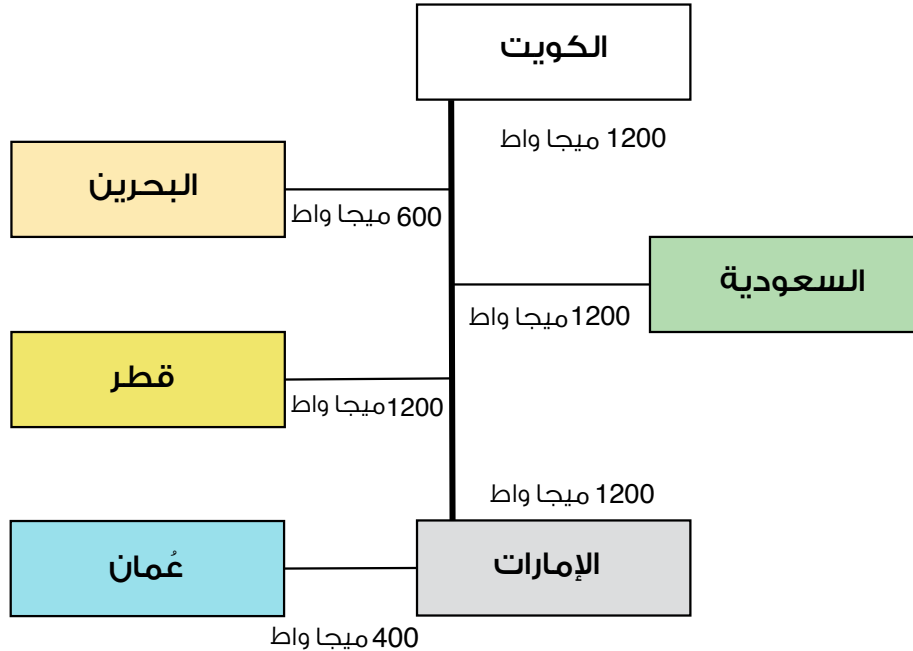
المصدر: تحليل كابسارك.

الرابط الكهربائي بين دول مجلس التعاون الخليجي

يتكون الرابط الكهربائي من ممر رئيس مع خطوط تغذية للأنظمة القطرية الفردية (شكل 6). وتبلغ طاقة هذه الروابط 1200 ميجاوات في الكويت وقطر والمملكة العربية السعودية و600 ميجاوات للبحرين. لا يمر الخط الأساسي للرابط الكهربائي فعلياً عبر الإمارات العربية المتحدة لربط عُمان بالنظام. وبدلاً من ذلك، تعمل الشبكة الوطنية لدولة الإمارات العربية المتحدة كجسر لشبكة عُمان الوطنية (هيئة الربط الكهربائي لمجلس التعاون الخليجي 2017).

ثمة نقاط ربط متعددة في المملكة العربية السعودية، ولكنها تمت تمديتها كنقطة ربط واحدة في المنطقة الشرقية.

تبلغ الطاقة الإجمالية لدول مجلس التعاون الخليجي لإنتاج المياه حوالي 17 مليون متر مكعب في اليوم، 42 في المئة من هذه الكمية تنتجها المملكة العربية السعودية وحدها (هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2015). ويُنتج ما يقرب من ثلثي إنتاج دول مجلس التعاون الخليجي من المياه بالتزامن مع إنتاج الطاقة. وتعمل الكثير من هذه المحطات كوحدات أعمال رئيسية تنتج الماء والكهرباء بشكل أساسي بنسب ثابتة. تمتلك المملكة العربية السعودية حالياً بعض مصانع الإنتاج المزدوج التي يمكنها التحكم في نسبة الطاقة والمياه المنتجة. ويمثل إنتاج معامل التناضح العكسي الأكثر كفاءة أقل من خمس طاقة التحلية، ومعظمها موجود في المملكة العربية السعودية. وبما أن تقنيات التناضح العكسي تستهلك الكهرباء بدلاً من إنتاجها، فإن هناك حاجة إلى المزيد من طاقة توليد الطاقة لتلبية الطلب على الكهرباء.



شكل 6. الرابط الكهربائي والقدرات في دول مجلس التعاون الخليجي.

المصدر: هيئة الربط الكهربائي لمجلس التعاون الخليجي 2016 ومركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية.

المراحل (وود والصايغ 2012). وتمتلك المملكة ربطًا بقدرة 1.2 جيجاواط في الرابط الكهربائي بين دول مجلس التعاون الخليجي (شكل 6).

تمتلك الكويت القدرة على إنتاج حوالي 2 مليون متر مكعب في اليوم من مياه الشرب من وحدات الإنتاج المزدوج الحرارية و270 ألف متر مكعب في اليوم من محطات التناضح العكسي (وزارة الكهرباء والماء الكويتية 2015؛ وود والصايغ 2010). وتُعد وزارة الكهرباء والماء الجهة المسؤولة عن جميع جوانب إنتاج وتوزيع الكهرباء والمياه، في حين تحدد شركة نفط الكويت أسعار الوقود. وكما هي الحال في المملكة العربية السعودية، تستهلك الكويت مزيجاً من الغاز الطبيعي وزيت الوقود الثقيل، وكمية صغيرة من الديزل والنفط الخام (وزارة الكهرباء والماء في دولة الكويت 2016).

لا تصدّر الكويت الغاز الطبيعي، وأصبحت تعتمد بشكل متزايد على واردات الغاز الطبيعي المسال لتلبية الطلب المحلي. وتتولى الكويت إنتاج الغاز الطبيعي المسال من ميناء الأحمدى للغاز الذي تبلغ طاقته الإنتاجية 500 مليون قدم مكعب يومياً بطاقة قصوى 600 مليون قدم مكعب في اليوم. وفي عام 2005، استوردت الكويت 136 مليار قدم مكعب من الغاز الطبيعي المسال (اكسيليريت إنيرجي 2016). يختلف سعر الغاز الطبيعي الذي يشهده المرفق مع مرور الوقت، ويبدو أن تسعيره يكون وفقاً لمتوسط السعر المحلي الخاضع للرقابة وسعر الاستيراد.

سلطنة عُمان

لم يشهد قطاع الكهرباء في عُمان أي تقسيم لأكثر من عقد من الزمان. حيث تُعد الشركة العُمانية لشراء الطاقة والمياه المشتري الوحيد للكهرباء من منتجي الطاقة والمياه المستقلين وهي مسؤولة عن تنظيم أسعار الوقود واستخدام الوقود (الشركة العُمانية لشراء الطاقة والمياه 2015).

تُعد جميع محطات توليد الطاقة تقريباً في سلطنة عُمان من نوع توربينات الغاز ذات الدورات المركبة. ويأتي ثلثي

تُعد مملكة البحرين أصغر عضو في مجلس التعاون الخليجي من حيث المساحة والسكان والطلب على الطاقة. في عام 2015، أنتجت ما يزيد قليلاً عن 15 تيراواط ساعة من الكهرباء من مزيج من محطات الإنتاج المزدوج للطاقة والطاقة الحرارية فقط (هيئة المعلومات والحكومة الإلكترونية في مملكة البحرين 2018). وتتكامل قطاعات الطاقة والمياه رأسياً مع هيئة الكهرباء والماء (هيئة كهرباء والماء في مملكة البحرين 2016). وتمتلك المملكة ربطًا بقدرة 600 ميغاواط في الرابط الكهربائي بين دول مجلس التعاون الخليجي.

تمثل قطاعات الطاقة والمياه 31 في المئة من استهلاك الغاز الطبيعي في البلاد. يمثل القطاع الصناعي، الذي يشمل إنتاج الألمنيوم، أكثر من 70 في المئة من الاستهلاك الوطني للوقود (الهيئة الوطنية للنفط والغاز -مملكة البحرين 2015). وتعد الهيئة الوطنية للنفط والغاز الجهة المسؤولة عن تحديد أسعار الوقود في المملكة. وابتداءً من أبريل 2015، وُحِدَت الهيئة أسعار الغاز الطبيعي لجميع المستهلكين، حيث حُدِد بـ 2.5 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية. من المتوقع أن يرتفع السعر بمقدار 0.25 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية سنوياً حتى عام 2021 (هيئة الماء والكهرباء -مملكة البحرين 2016). لا تستورد البحرين حالياً الغاز الطبيعي ولكنها بدأت في إنشاء محطة استقبال الغاز الطبيعي المسال وإعادة التحويل لتلبية الطلب في المستقبل.

الكويت

تُعد الكويت ثالث أكبر منتج للكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي. ويتكون أسطول التوليد الكويتي من مزيج من التوربينات البخارية (9 جيجا واط) والتوربينات الغازية ذات الدورة المفتوحة (7 جيجا واط)، والتوربينات الغازية ذات الدورات المركبة (2.3 جيجا واط) (وزارة الكهرباء والماء الكويتية 2015). تُشارك جميع المحطات في إنتاج المياه المحلاة باستخدام تقطير الوميض متعدد

شركة الكهرباء والماء القطرية حالياً جنباً إلى جنب مع منتجي الطاقة والمياه المستقلين عمليات توليد الطاقة مع إنتاج المياه. وتمتلك شركة الكهرباء والماء القطرية حصصاً في هذه الشركات، وفي معظم الحالات تزيد عن 50% (شركة الكهرباء والماء القطرية 2015). وهي مسؤولة عن جميع أنشطة توليد الكهرباء وإمدادات المياه تقريباً. يعكس مزيج التوليد توافر الغاز الطبيعي منخفض التكلفة، وتدير شركة الكهرباء والماء القطرية أكثر من 8.6 جيجاواط من محطات توربينات الغاز ذات الدورات المركبة، ثلثها عبارة عن وحدات توليد حراري مشترك. في نهاية عام 2015، بلغت الطاقة الإجمالية لتحلية المياه 1.37 مليون متر مكعب في اليوم الواحد (شركة الكهرباء والماء القطرية 2015). ويعني التنبؤ الكبير لمحطات التحلية الحرارية أن نسبة كبيرة من الطاقة الكهربائية في قطر يجب أن تعمل لإنتاج مياه الشرب. ويحد هذا العائق من مرونة النظام في زيادة إنتاج الطاقة صعوداً وهبوطاً استجابةً للطلب.

يربط قطر بالرابط الكهربائي خط بقدرة 1.2 جيجا واط (شكل 6).

يُمثل الغاز الطبيعي الوقود الرئيس في قطر (مدعوماً بالنفط) بسبب وفرته في البلاد. استهلك منتجو الطاقة والمياه ما يقرب من 1.2 مليار قدم مكعب في اليوم في 2015 (كهرماء 2014). يعتمد السعر المدفوع للغاز الطبيعي على تاريخ توقيع مشغلي المحطات عقودهم مع شركة قطر للبترول. بشكل عام، يدفع منتجو الطاقة والمياه ما بين دولار واحد إلى دولارين لكل مليون وحدة حرارية بريطانية للوقود (ووجان 2017).

يهيمن إنتاج وتصدير الغاز الطبيعي على إنتاج قطر من الهيدروكربون. في عام 2015، بلغ الإنتاج 17.3 مليار قدم مكعب يومياً (منظمة الأوبك 2016). تعالج مصانع التسييل الغاز الطبيعي، الذي يُصدّر بعد ذلك عبر خط أنابيب دولفين المار أسفل سطح البحر، والذي يربط قطر بالإمارات العربية المتحدة عبر محطات استقبال الطويلة في أبو ظبي. بلغ إجمالي صادرات الغاز الطبيعي

طاقاتها الإنتاجية من محطات الطاقة فقط في حين يأتي الثلث الأخر من مرافق التوليد الحراري المشترك. ويُمثل الغاز الطبيعي الوقود الوحيد المستهلك. وتمتلك سلطنة عُمان القدرة على إنتاج حوالي 950 ألف متر مكعب من المياه يومياً، بثلاث محطات تناضح عكسي قادرة على إنتاج أكثر من ربع الإنتاج (الهيئة العامة للكهرباء والمياه بسلطنة عُمان 2015، الشركة العُمانية لشراء الطاقة والمياه 2016).

في عام 2015، أنتجت سلطنة عُمان 358 مليون برميل في اليوم من النفط الخام وصدّرت 287 مليون برميل في اليوم. ونما إنتاج الغاز الطبيعي إلى 3.1 مليار قدم مكعب يومياً (المركز الوطني للإحصاء والمعلومات بسلطنة عُمان 2016). وتم توفير ثلث الغاز لمحطات الطاقة ومحطات التحلية، وأكثر من الربع لمحطة تسييل الغاز الطبيعي العُمان، و10 في المئة لحقول النفط من أجل تعزيز استخراج النفط والباقي للمنازل والصناعات. وتُعد عُمان مستورداً ومُصدراً للغاز الطبيعي. في عام 2015، ووفقاً للتقرير السنوي للشركة العُمانية للغاز الطبيعي المسال، صدّرت الدولة 376 مليار قدم مكعب من الغاز الطبيعي المسال واستوردت 69 مليار قدم مكعب من الغاز الطبيعي من قطر عبر خط أنابيب دولفين. وقد وردت تقارير بأن عُمان تدرس استيراد الغاز الطبيعي المسال لتلبية الطلب المحلي (الشركة العُمانية للغاز الطبيعي المسال عام 2015 وشركة دولفين للطاقة المحدودة).

كانت عُمان الدولة الأخيرة التي انضمت إلى الرابط الكهربائي. وهي لا ترتبط مباشرة بالممر الرئيس ولكنها ترتبط بالشبكة الوطنية لدولة الإمارات العربية المتحدة، التي تزودها بقدرة 400 ميجاوات (شكل 6) (فريزر والأسد 2008).

قطر

أُجريت إصلاحات لقطاع الطاقة في قطر في عام 2000 بفصل توليد الطاقة وإنتاج المياه عن النقل والتوزيع. تُنفذ

تمتلك المملكة العربية السعودية أكثر من 81 جيجاواط من الطاقة الكهربائية الناتجة عن محطات إنتاج الكهرباء فقط، تستحوذ التوربينات الغازية على ما يقرب من نصفها، وتستحوذ التوربينات البخارية وذات الدورات المركبة على الباقي. توجد كمية كبيرة من طاقة التحلية الحرارية (9.4 جيجاوات) في المناطق الثلاث المتاخمة للبحر الأحمر والخليج العربي، مع قدرة مشتركة لتحلية أكثر من 7.2 مليون متر مكعب في اليوم. تأتي المياه المستهلكة في المنطقة الوسطى من مستودعات المياه الجوفية الكبيرة ومحطات التحلية. وتعتمد المنطقة الشرقية في الأساس على المياه المحلاة. يُمثل الإنتاج المزدوج القائم على الحرارة ثلاثة أرباع إنتاج المياه، بينما يأتي الربع المتبقي من التناضح العكسي (هيئة تنظيم الكهرباء والإنتاج المزدوج 2015).

تُعد المملكة العربية السعودية أكبر منتج للنفط الخام في دول مجلس التعاون الخليجي، ففي عام 2015، بلغ إنتاجها 3.7 مليار برميل يومياً (أرامكو السعودية 2015). وفي عام 2015، بلغت صادرات النفط الخام 2.6 مليار برميل يومياً (أوبك 2016). وفي الوقت الحالي، يرتبط كل إنتاج البلاد من الغاز الطبيعي البالغ 2.9 تريليون قدم مكعب بالنفط، وهناك حد أدنى لإنتاج الغاز غير المصاحب، وثمة مشكلة حرجة تتمثل في أن السعر الذي تحدده المملكة للغاز الطبيعي أقل من تكلفة تطوير احتياطيات الغاز غير المصاحبة، وأن الإمدادات محدودة، وأن الغاز الطبيعي المتاح تُحدد نسبته إلى مجموعة من المستخدمين. يحد التخصيص من استخدام الغاز الطبيعي لتوليد الكهرباء، مما يؤدي إلى زيادة استهلاك النفط. وفي الوقت الحالي، يعد إنتاج الغاز المصاحب مربحاً. ويمكن للمملكة العربية السعودية بموجب قواعد منظمة التجارة العالمية أن تُحدد سعرها الحالي لأنها لا تدعم الغاز. ومع ذلك، إذا كانت البلاد ستستورد الغاز بالسعر العالمي، فسيتعين عليها أن تُطبق سعر السوق. ونتيجة لذلك، لا تستطيع المملكة العربية السعودية استيراد الغاز والإبقاء عليه بأسعار أقل من السوق، حيث يتمثل التوجه الحالي للبلاد نحو الاقتصاد في الواردات.

4.6 تريليون قدم مكعب في عام 2015، يُصدّر منها ما يقرب من 700 مليار قدم مكعب عبر خط الأنابيب (أوبك 2016). ومن هذه الكمية استهلكت أبو ظبي 360 مليار قدم مكعب، بينما بلغت حصة دبي من الاستهلاك 260 مليار قدم مكعب، وحصلت عُمان على الكمية المتبقية البالغة 69 مليار قدم مكعب (دولفين للطاقة المحدودة). وبيع أكثر من 3.9 تريليون قدم مكعب كغاز طبيعي مسال بموجب عقود فورية وعقود طويلة الأجل. بلغ إنتاج قطر 230 مليون برميل في اليوم من النفط الخام وبلغ حجم صادراتها 170 مليون برميل في اليوم (أوبك 2016).

المملكة العربية السعودية

تُعد المملكة العربية السعودية أكبر عضو في مجلس التعاون الخليجي جغرافياً ولديها أكبر عدد من السكان وأعلى معدل للطلب على الكهرباء. وبسبب مساحتها الشاسعة، يمكن للكهرباء المنقولة أن تقطع مسافات طويلة وبعد التوزيع الإقليمي للإنتاج والاستهلاك من الأهمية بمكان. ترتبط المملكة العربية السعودية بالرابط الكهربائي عبر خط 1.2 جيجا من المنطقة الشرقية (شكل 6).

أما خليط عمليات التوليد في المملكة الذي يميل نحو محطات التوليد التي تعمل بالبخار الناتج عن النفط والغاز كمصادر أولية للوقود، فيعكس دعم المملكة للوقود. تستهلك بعض المحطات النفط الخام مباشرةً بينما تستهلك الأخرى النفط المتبقي أو نواتج التقطير. ويتمثل الاتجاه السائد في أحدث المحطات في محطات التوليد الغازية ذات دورات مركبة. تُحدد الحكومة أسعار الوقود للديزل عند 3.60 دولار للبرميل، والنفط المتبقي عند 2.08 دولار لكل برميل في اليوم، سواء أكانت منزوعة الكبريت أم لا، والنفط الخام عند 4.25 دولار لكل برميل، والغاز الطبيعي بسعر 0.75 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية (في عام 2015) (ووجان 2017 والشرافة وآخرون 2017).

الإمارات العربية المتحدة

من الصعب التأكد من أسعار الوقود التي يدفعها قطاع المرافق في الإمارات حيث إن هذه الأسعار غير متاحة للجمهور. تنتج أبوظبي الغاز الطبيعي وتتلقى إمدادات من خط أنابيب دولفين – تُقدر وفقاً للتقارير بـ 1.30 دولار / مليون وحدة حرارية بريطانية (نيوهوف 2013). تستمد دبي الغاز من خط أنابيب دولفين وتتلقى إمدادات الغاز الطبيعي المسال في محطة جبل علي. قد يكون السعر الذي تدفعه المرافق هو متوسط التكلفة من جميع المصادر، أو قد يكون هناك حفاظ على السعر المنخفض، بينما يلحق بقطاع الاستخراج الأولي خسارة مالية عند بيع الوقود. أفادت بوريزما وجيفيسز أن شركة بترول أبوظبي الوطنية تحسب تكلفة إنتاج الغاز المصاحب عند 1 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية (بوريزما وجيفيسز 2016). وقدّرت دراسة حديثة أجرتها لن أن أسعار الغاز الطبيعي تتراوح بين 1 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية و2 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية (لن 2016).

تُعد الإمارات ثاني أكبر منتج للطاقة في دول مجلس التعاون الخليجي بعد المملكة العربية السعودية. وتأتي إمارة أبو ظبي في مقدمة إنتاج الطاقة، حيث يمثل إنتاجها تقريباً كل إنتاج الإمارات وصادراتها. في عام 2015، بلغ إنتاج أبو ظبي 1.07 مليار برميل في اليوم من النفط الخام، وبلغت صادراتها 0.89 مليار برميل في اليوم. وأنتجت الإمارة 2.8 تريليون قدم مكعبة من الغاز الطبيعي في عام 2015، واستُخدمت هذه الكمية لتغذية القطاعات الصناعية، وإنتاج الوقود السائل ومنتجاته للتصدير، وتوريد قطارات التسييل (شركة أبوظبي للماء والكهرباء). بلغت صادرات الغاز 4.4 تريليون قدم مكعبة في عام 2015، منها 720 مليار قدم مكعبة تمر عبر خط أنابيب دولفين (دولفين للطاقة المحدودة؛ أوبك 2016).

وعلى النقيض من ذلك، لا تتمتع إمارة دبي بموارد هيدروكربونية كبيرة. أنتجت دبي كميات صغيرة من النفط الخام (0.01 مليار برميل في اليوم) والغاز الطبيعي (39 مليار قدم مكعبة) في عام 2013. تستقبل محطة جبل علي لاستيراد للغاز الطبيعي المسال الغاز الطبيعي بمعدل (350 مليار قدم مكعبو) (اكسيليريت انبرجي 2016).

يضم قطاع الطاقة في دولة الإمارات العربية المتحدة كيانات مستقلة ذاتياً تتمتع بصلاحياتها بشكل مستقل. ولدى معظم هذه الكيانات الإقليمية بنية قوة متكاملة رأسياً. وتُعد أبو ظبي الاستثناء في مهام التوليد والنقل والتوزيع هذه، حيث تتمتع بالاستقلال وتتبع جهة تنظيمية مستقلة (مكتب التنظيم والرقابة في أبو ظبي 2013). ينتج منتجو الطاقة المستقلون -المملوكون جزئياً من قبل الحكومة- ما يقرب من 96 في المئة من الطاقة الكهربائية في أبوظبي. وتشتري شركة مياه وكهرباء أبوظبي من خلال المناقصات وبموجب اتفاقيات شراء الطاقة. وتنقل شركة أبوظبي للنقل والتحكم الكهرباء والمياه.

ترتبط دولة الإمارات العربية المتحدة بالرابط الكهربائي بين دول مجلس التعاون الخليجي من خلال خط قدرته 1.2 جيجاوات إلى المملكة العربية السعودية وتوفر خط إنتاج بقدرة 400 ميجاوات إلى سلطنة عُمان (شكل 6). وعلى غرار سلطنة عُمان، لا تملك الإمارات العربية المتحدة بنية تحتية مخصصة للربط الكهربائي فيما بين إماراتها. وبدلاً من ذلك، تنقل الطاقة الكهربائية من خلال شبكتها الوطنية (فريزر والأسد 2008).

ومن بين ما يقرب من 29 جيجا واط من قدرة إنتاج الطاقة الكهربائية في الإمارات العربية المتحدة، فإن حوالي 90 في المئة من القدرة الإنتاجية تستخدم لتحلية مياه البحر. ويوجد معظم الطاقة الكهربائية والمياه في أبوظبي ودبي، بما في ذلك 60 ميجاوات من الطاقة الشمسية الكهروضوئية. تشتري الشارقة والهيئة الاتحادية للكهرباء والماء الكهرباء من شبكة الإمارات الوطنية نظراً إلى محدودية القدرة على توليد الطاقة. وتمثل تقنية الإنتاج المزدوج ذات الدورة المركبة ما يقرب من 73 في المئة من الطاقة الانتاجية، يليها الإنتاج المزدوج من التوربينات البخارية (19 في المئة) (وزارة الطاقة والصناعة في الإمارات العربية المتحدة لعام 2017). بينما تمثل تقنية التناضح العكسي نسبة 5 في المئة من الطاقة الانتاجية للمياه في الإمارات (الإمارات العربية المتحدة، 2015).

بوصفها منطقة واحدة على الرغم من اشتغالها على ثلاثة أنظمة كهربائية: نظام الرباط الكهربائي الرئيسي والذي يتضمن مسقط ونظام طاقة ظفار والذي يتضمن صلالة ونظام المناطق الريفية. قُسمت المملكة العربية السعودية إلى أربعة مناطق (الشرقية والغربية والجنوبية والوسطى) بما يُوازي تعريفات منطقة الخدمات بشركة الكهرباء السعودية. ومُثلت الإمارات العربية المتحدة في أربعة مناطق: أبوظبي ودبي والشارقة والهيئة الاتحادية للكهرباء والماء والتي تتضمن بقية الإمارات.

جرى تمثيل نقل الكهرباء بين المناطق باستخدام أسلوب الشحن العابر. جرى دراسة تمثيل تدفق الطاقة فيما يتعلق بالمملكة العربية السعودية ونتج عنها آثار جوهريّة وفقاً لفيزيائيات النقل وعملياته (مطر وآخرون 2017). يُمكن أن يترتب على إعداد نموذج كابسارك للطاقة المعني بدول مجلس التعاون الخليجي بوصفه نموذج للنقل تمثيل فيزيائيات النقل وعملياته بدقة أكثر وسنح فرصاً أخرى لمزيد من الأبحاث.

جمّدت المملكة العربية السعودية وقطر العلاقات الدبلوماسية في وقت النشر، ولهذا السبب، لا تعتبر هذه الدراسة تبادل الكهرباء مع قطر على أنه تحليل مؤثر.

السيناريوهات

وضعت الدراسة أساساً من خلال الاستعانة بالسياسات الحالية لكل دولة ومن ثم قارنت الفائض الاقتصادي مع السياسات الحالية بالإضافة إلى تحرير سعر الوقود بالكامل. عُرف الفائض الاقتصادي بوصفه مكسباً في العائد من صادرات النفط الإضافية والوفورات من استهلاك الوقود المُخفض وتجنب الاستثمارات في بناء القدرات. يتضمن الفائض الاقتصادي عمومًا قياس منافع المُستهلك إلا أن هذه الدراسة افترضت ثبات أسعار الكهرباء وثبات فائد المُستهلك. وترتب على التحرير إتاحة تقدير لأكبر فائض اقتصادي ممكن. بما أن التحرير الكامل أمرًا غير مُحتمل، تطرقت هذه الدراسة إلى اللوائح البديلة وتدابير الفائض المُقدرة التي تُقدم مقايضات بين الكفاءة الاقتصادية ودرجة الرقابة الحكومية.

يستخدم هذا التحليل نموذج كابسارك للطاقة المعني بدول مجلس التعاون الخليجي لاستكشاف المنافع والتكاليف المُحتملة باستخدام الرباط الكهربائي بهدف التبادل الاقتصادي للطاقة الكهربائية. يُعد نموذج كابسارك للطاقة المعني بدول مجلس التعاون الخليجي امتدادًا لنموذج كابسارك للطاقة المعني بالمملكة العربية السعودية الذي جرى وضعه لدراسة الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة في المملكة العربية السعودية. جرى الاستعانة بنموذج كابسارك للطاقة المعني بدول مجلس التعاون الخليجي لدراسة إصلاحات الدعم (مطر وآخرون 2017). وتتمثل الميزة الرئيسية لنموذج كابسارك للطاقة المعني بدول مجلس التعاون الخليجي في القدرة على تمثيل نطاق كبير من اللوائح والتي تسمح بتقدير عواقب سياسات الحكومة والتدخلات في سوق الطاقة. (ميرفي وبيرو وسميرس 2016).

وضعت هذه الدراسة نموذجًا لإعادة إنتاج خليط الوقود والانتفاع من التقنية المذكورة في عام 2015. تتاح التقنيات التالية للاستخدام في النموذج: المحركات البخارية (التوربينية) والمحركات الغازية ذات الدورة المفتوحة (التوربينية) والمحركات الغازية ذات الدورة المركبة (التوربينية) والخلايا الكهروضوئية والطاقة الشمسية المُركزة والطاقة النووية وطاقة الرياح والتحلية الحرارية. يُمكن تحويل المحركات الغازية ذات الدورة المفتوحة (التوربينية) إلى المحركات الغازية ذات الدورة المركبة (التوربينية). تُستخدم تكاليف التقنية من إدارة معلومات الطاقة بالولايات المتحدة الأمريكية في التقنيات الحرارية وتُستخدم تكاليف وكالة الطاقة الدولية في التقنيات المُتجددة (الواردة في المُلحق أ، جدول أ 1) (إدارة معلومات الطاقة بالولايات المتحدة الأمريكية 2017).

لوضع تصور عن التوزيع الجغرافي لإنتاج الكهرباء والمياه واستهلاكهما، صنفت الدراسة دول مجلس التعاون الخليجي الست إلى 12 منطقة حيث وضعت كلاً من البحرين والكويت وقطر بوصفها مناطق فردية نظرًا لصغر حجمهم. لأغراض التبسيط، جرى اعتبار عُمان أيضًا

في جميع السيناريوهات، جرى الحفاظ على مستويات قدرة الرباط الكهربائي والطلب على الطاقة والماء لعام 2015 (اطلع على الجدولين 2 و3). يعكس السيناريو الأساسي وسياسات السيناريوهات البديلة التوازن طويل الأجل الذي يُمكن فيه أن تحل القدرات الجديدة والأكثر فاعلية محل القدرات غير الفعالة (لا توجد مُهل زمنية لتعميم التقنيات). لم يجر اعتبار محطات الطاقة النووية والفحم على أنها طرق بديلة بسبب عدم استخدام أي منها في عام 2015.

استخدمت هذه الدراسة تكلفة رأس المال السنوي للقدرات المبنية حديثاً لحساب المنافع المُقدرة أو تكاليف السياسة؛ إذ تقيس هذه الدراسة قيمة وفرات الوقود والاستهلاك المُضاف باستخدام تكاليف الفرصة. فيما يتعلق بالوقود الذي جرى استيراده أو تصديره، تتمثل التكلفة في السعر الخارجي (الدولي) بينما تتمثل تكلفة الوقود غير المستورد أو المُصدر في السعر الوهمي (يُحدد داخلياً). يحتوي جدول 3 أسعار الوقود المفروضة لكل دولة. ويُعد سعر 55 دولار للبرميل السعر المُفترض للنفط الدولي. يُمكن استيراد الغاز الطبيعي المُسال بسعر 9 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية وتصديره بسعر العائد الصافي المبالغ 7 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية.

الافتقار إلى التنسيق: السيناريو الأساسي: عدم استخدام الرباط الكهربائي وتطبيق دول مجلس التعاون الخليجي جميع الأسعار الحالية وسياسات التقنين.

دعم الصادرات: التحري بشأن مقدار الدعم المُخصص للوقود الذي سيجري تصديره وتطبيق دول مجلس التعاون الخليجي لجميع الأسعار وسياسات التقنين وإمكانية تدفق الكهرباء من خلال الرباط الكهربائي.

رفع القيود عن أسعار الوقود: التحقق من مكاسب الكفاءة من خلال وضع جميع أسعار الوقود على التكاليف الهامشية (أو أسعار الأسواق العالمية). عدم تدفق الكهرباء من خلال الرباط الكهربائي.

التبادل الحر: تقدير المكاسب من خلال وضع جميع الأسعار على التكاليف الهامشية (أو أسعار الأسواق العالمية) والسماح بتدفق الكهرباء من خلال الرباط الكهربائي.

الصادرات المُتجددة: السيناريو الذي يمنع صادرات الدعم المالي من خلال استخدام أسعار الوقود الحالية والسماح فقط للطاقة المُتجددة بالتدفق من خلال الرباط الكهربائي.

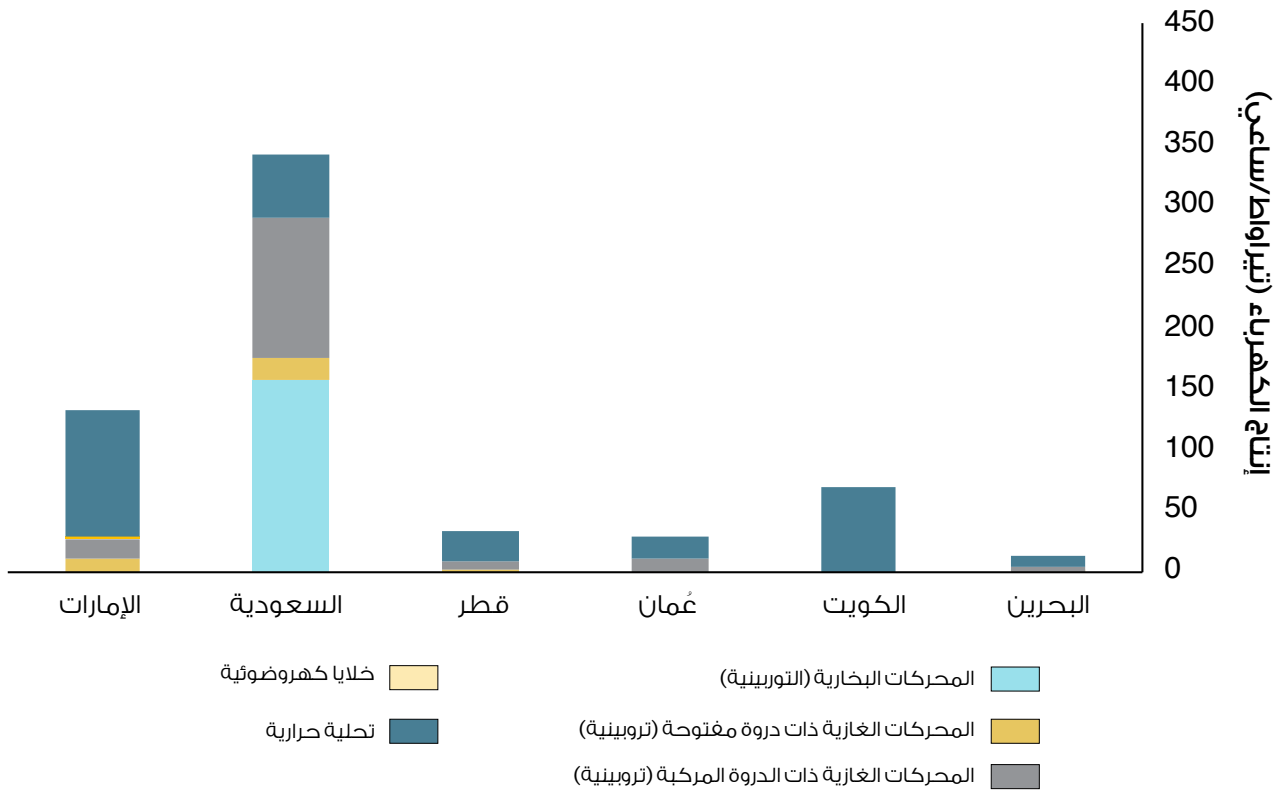
التسعير الهجين: زيادة كمية الطاقة التي يُمكن مبادلتها من خلال تقديم أسعار مُختلفة للاستهلاك المحلي والصادرات. يُحافظ التسعير الهجين على الأسعار الحالية للاستهلاك المحلي والتكاليف الهامشية للرسوم الخاصة بالوقود والمعدات المُستخدمة لتوليد الكهرباء المُرسلة من خلال الرباط الكهربائي. لا تتعدى الكهرباء التي تُرسلها الدولة إلى الرباط الكهربائي الكهرباء التي تولدها من الوقود غير المدعوم.

الافتقار إلى التنسيق: وضع الأساس

في هذا السيناريو، لا تُرسل المرافق الكهربائية من خلال الرابط الكهربائي.

يتحقق في هذا السيناريو التوسع المتواضع للقدرات. تحول المملكة العربية السعودية 3.4 جيجاواط من المحركات الغازية ذات الدروة المفتوحة (التروبينية) إلى المحركات الغازية ذات الدروة المركبة (التروبينية).

وأضافت دولة الكويت 2 جيجاواط من قدرة التحليل الحرارية الجديدة. وبما أن أسعار الوقود بقيت منخفضة، تُعد الطاقات المُتجددة غير اقتصادية ولم يجر إضافة أي قُدرات. يعتمد إنتاج الطاقة، تحديداً في المملكة العربية السعودية، والإمارات العربية المتحدة، على البخار والمحركات الغازية ذات الدروة المفتوحة (التروبينية) بالإضافة إلى التحلية الحرارية الأساسية (شكل 7). جرى تقييم السيناريوهات الواقعية مُقارنةً بهذا السيناريو.



شكل 7. إنتاج الكهرباء من خلال التقنية في سيناريو "الافتقار إلى التنسيق". المصدر: تحليل كابسارك.

تُحتسب قيمة دعم الوقود في الكهرباء المُصدرة من خلال ضرب استهلاك الوقود المتزايد في المملكة العربية السعودية في مختلف أسعار الوقود الدولية والأسعار المُحددة. تُقدم هذه الدراسة تقييماً لتدفق الدعم من المملكة العربية السعودية والبالغ قيمته 2.2 مليار دولار؛ إذ يُعادل هذا المبلغ المُقدر المُنفق على استهلاك المملكة العربية السعودية للوقود في سيناريو "الافتقار إلى التنسيق". وقد شهد استهلاك المملكة العربية السعودية من النفط الخام زيادة بقيمة 115 برميل لليوم في ظل سيناريو "الافتقار إلى التنسيق".

بلغت قيمة الخسارة في الفائض الاقتصادي للمملكة العربية السعودية نحو 4.4 مليار دولار وبالتالي إن قصر استخدام الرابط الكهربائي على حالات الطوارئ مجدياً من الناحية الاقتصادية فيما يتعلق بأسعار الوقود الحالية. ولأغراض جعل التجارة اقتصادية، تبحث الدراسة حالياً عن سيناريوهات بديلة لتسعير الوقود إذ يترتب على تحرير سعر الوقود في الأغراض التجارية زيادة كبيرة في الفائض الاقتصادي إذا عكفت الدراسة أولاً على تقدير المكاسب الاقتصادية المتعلقة بتحرير سعر الوقود دون تجارة وذلك لاستيعاب قيمة التجارة الاقتصادية بعيداً عن تحرير سعر الوقود.

دعم الصادرات: عواقب استخدام الموصل دون إصلاح السعر

في حالة الافتقار إلى إصلاح سعر الطاقة بالكامل، ستنتقل صادرات الكهرباء الدعم من دولة إلى أخرى من خلال الإنتاج باستخدام الوقود المدعوم. يُعد هذا حاجزاً أساسياً في تجارة الكهرباء القائمة على السوق في دول مجلس التعاون الخليجي. لتقدير حجم الدعم المالي المنقول، جرى تعديل سيناريو «الافتقار إلى التنسيق» ليسمح بتدفق الكهرباء بين الدول لتكون أسعار الكهرباء المنتجة هي أسعار الوقود المفروضة ذاتها.

قَدّرت هذه الدراسة أن ما يزيد عن 31 تيراواط ساعي سيجري تصديره (جدول 4). في هذا السيناريو، تُعد المملكة العربية السعودية أكبر مُصدر لصافي الكهرباء (24.1 تيراواط ساعي) وذلك بصفتها الدولة ذات أسعار الوقود الأقل ضمن دول مجلس التعاون الخليجي (جدول 3). تُعد الكويت المُتلقي الأكبر لكهرباء المملكة العربية السعودية (11.7 تيراواط ساعي) وترتب على ذلك خفض استهلاكها من زيت الوقود الثقيل بنسبة 40%. وخفضت الإمارات العربية المتحدة من وارداتها من الغاز الطبيعي المُسال بنسبة 75% من خلال استيراد الكهرباء.

جدول 4. تدفقات الكهرباء العابرة للحدود مع تسرب الدعم.

إلى	من	البحرين	الكويت	عُمان	قطر	السعودية	الإمارات	إجمالي الصادرات
البحرين					-	0.05		0.1
الكويت					-			0.0
عُمان					-		2.44	2.4
قطر					-	-	-	-
السعودية		5.8	11.7		-		8.3	25.8
الإمارات				1.44	-	1.58		3.0
صافي الواردات		5.8	11.7	1.4	-	1.6	10.8	31.3
صافي الصادرات		-5.7	-11.7	1.0	-	24.1	-7.7	

المصدر: تحليل كابسارك.

تحرير سعر الوقود دون تجارة

فيما يتعلق بهذا السيناريو، لم تُعد أسعار الوقود محددة وبدلاً من ذلك تُحدد قيمتها من خلال العرض والطلب. ويربح النظام، الذي يُمثل جميع دول مجلس التعاون الخليجي، 41 مليار دولار في الفائض الاقتصادي من الكفاءات الناجمة عن أسعار الوقود المرتفعة.

نتج عن ارتفاع أسعار الوقود استخدام 67 جيجاواط تقريباً من المحركات الغازية ذات الدورة المركبة (التوربينية) و7.8 ألف متر مكعب يومياً من تحلية التناضح العكسي (جدول 5). وترتب على ارتفاع أسعار الوقود جعل الخلايا الكهروضوئية فعالة من حيث التكلفة بالنسبة للمملكة العربية السعودية التي حققت منفعة اقتصادية بلغت 31 مليار دولار.

وفرت المحركات الغازية ذات الدورة المفتوحة (التوربينية) 80% من إنتاج الكهرباء (شكل 8). تُستخدم المحركات البخارية (التوربينية) والمحركات الغازية ذات الدورة المفتوحة (التوربينية) خلال شرائح الحمل الذروي. حلت المحركات الغازية ذات الدورة المفتوحة (التوربينية) محل قرابة نسبة 50% من القدرة القائمة ونتاج عن ذلك إظهار مقدار عدم الكفاءة في النظام الكهربائي القائم؛ إذ أصبحت قدرة كلاً من المحرك البخاري (التوربيني) والمحرك الغازي ذي الدورة

المفتوحة (التوربيني) مُكلفة للغاية بسبب معدلات الحرارة المرتفعة وتكاليف الوقود المرتفعة.

أصبح نظام الطاقة أكثر مرونة مع تقديم قدرة التناضح العكسي والتي فصلت بين توليد الطاقة والماء. سمح هذا التغيير بزيادة توليد الطاقة دون زيادة في إنتاج الماء. ويُمكن أن تزيد أو تخفض قدرة التناضح العكسي المُخرجات لتلبية الطلب على الماء دون الالتزام باتباع إنتاج الطاقة.

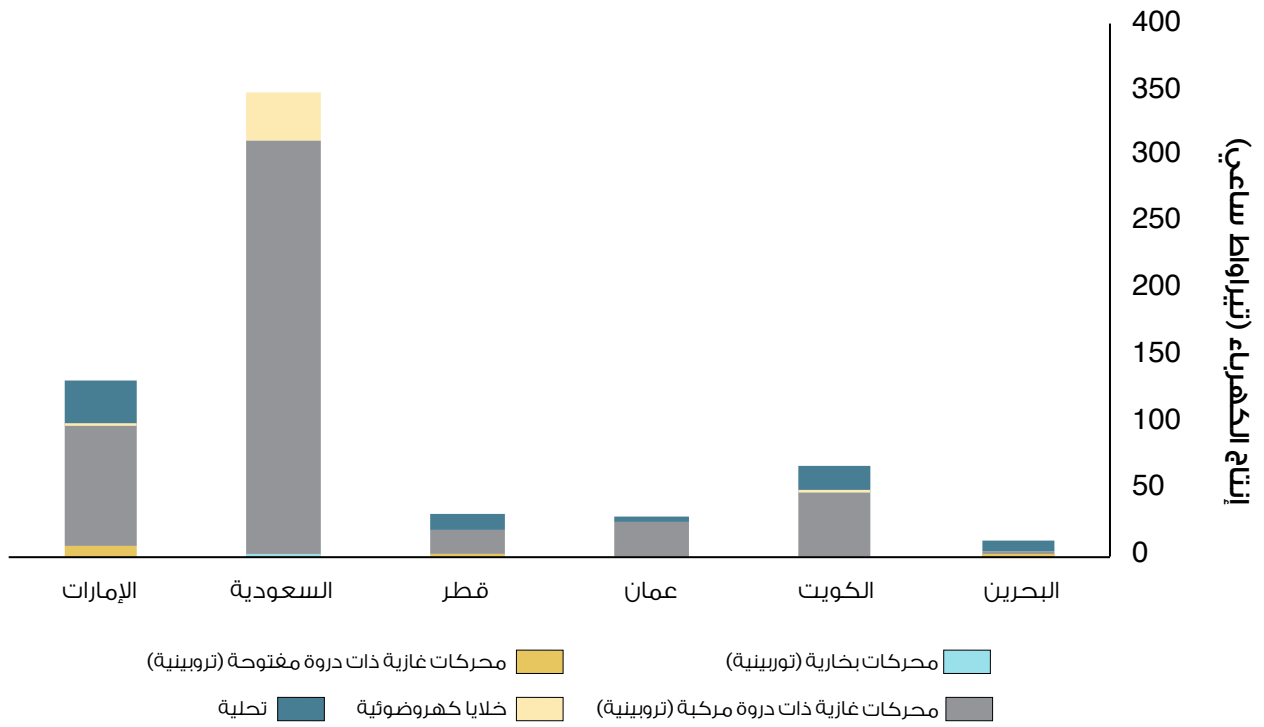
أصبح إنتاج الطاقة أكثر فاعلية وانخفض إجمالي استهلاك دول مجلس التعاون الخليجي للوقود بنسبة 29% بسبب تفعيل المحركات الغازية ذات الدورة المفتوحة (التوربينية) واستبدال الغاز الطبيعي بالنفط ومنتجات النفط. وترتب على وفرة الوقود زيادة في صادرات عُمان وقطر والمملكة العربية السعودية (جدول 6).

وازنت الكويت استهلاك النفط الخام الثقيل من خلال زيادة واردتها من الغاز الطبيعي المُسال وترتب على إلغاء حصص الوقود في المملكة العربية السعودية زيادة استهلاك الغاز. لم تعد ثمة حاجة في الإمارات العربية المتحدة إلى واردات الغاز الطبيعي المُسال بسبب وفرة الوقود حيث تستهلك المملكة العربية السعودية طاقة أقل بنسبة 38% بينما تُنتج كمية الكهرباء ذاتها، كما كانت من قبل.

جدول 5. إضافات القدرات في "سيناريو تحرير سعر الوقود" لمحطات الطاقة (جيجاواط) ومحطات التناضح العكسي (مليون متر مكعب في اليوم).

التناضح العكسي	إجمالي الطاقة	الخلايا الكهروضوئية	بناء محركات غازية ذات دروة مركبة جديدة	تحويل المحركات الغازية ذات الدورة المفتوحة (التوربينية)	
0.1					البحرين
0.8	7.5		7.5		الكويت
0.2	3.5		3.5		عمان
0.7	1.8		1.7	0.1	قطر
3.6	56.8	13.2	40.2	3.4	السعودية
2.3	10.6		10.5	0.1	الإمارات
7.8	80.2		63.4	3.5	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.



شكل 8. إنتاج الطاقة من خلال التقنية في سيناريو "تحرير سعر الوقود" (تيراواط ساعي).
المصدر: تحليل كابسارك.

جدول 6. التغيير في تحرير أسعار الغاز الطبيعي والنفط الخام المُتعلق بسيناريو "الافتقار إلى التنسيق".

نفط خام (مليون برميل)		غاز طبيعي (مليار قدم مكعب)			
الصادرات	الاستهلاك	الصادرات	الواردات	الاستهلاك	
				-0.1	البحرين
0.1	-0.1		66.2	65.5	الكويت
		52.3		-51.7	عمان
		41.3		-40.9	قطر
78.3	-78.3			11.8	السعودية
			-210.9	-208.8	الإمارات
78.4	-78.4	93.5	-144.8	-224.3	الإجمالي
1%	٪-7	2%	-34%	٪-7	التغيير

المصدر: تحليل كابسارك.

ساعي) بينما أصبح كلاً من الكويت وقطر مُصدرين صافيين.

ترتّب على محطات التحلية من خلال التناضح العكسي زيادة الطلب على الكهرباء في المملكة العربية السعودية. وتُلبى كلاً من المحركات الغازية ذات الدورة المركبة (التوربينية) والقدرة البالغة 13 جيجاواط لنظام الخلايا كهروضوئية المُفعل حديثاً بالإضافة إلى وراثة الكهرباء هذا الطلب (جدول 8 وشكل 9). ووفقاً لسيناريو «تحرير سعر الوقود»، يوفر تفعيل المحركات الغازية ذات الدورة المركبة (التوربينية) وما يليه من إنتاج للكهرباء نظام كهربائي أكثر مرونة من خلال الفصل بين إنتاج الطاقة والماء. وترتّب على التحرير دون مبادل الكهرباء وجود إضافات في القدرات في قطر.

فيما يتعلق بالمملكة العربية السعودية، وازن استيراد الكهرباء استهلاك النفط الخام مما أتاح إمكانية تصدير 296 ألف برميل يومياً. وتفوقت الإيرادات الناتجة عن تصدير المزيد من النفط الخام على تكاليف الفرصة البديلة لاستهلاك الغاز، من منظور نظام مجلس التعاون الخليجي.

التبادل الحر: تقدير احتمال استخدام الرابط الكهربائي بأسعار السوق للوقود

يترتب على اقتران التبادل الكهربائي وإلغاء دعم الوقود إضافة منافع إضافية بقيمة 560 مليون دولار سنوياً بإجمالي مكاسب اقتصادية بقيمة 42 مليار دولار. ويُعد هذا السيناريو مثاليًا من حيث نتائج السوق من الناحيتين التقنية والاقتصادية؛ إذ تُدمج أنظمة الطاقة المُستقلة الخمسة بفاعلية ليُصبحوا نظام واحد متكامل يُلبى الطلب في كل منطقة بأقل تكلفة من خلال تنسيق قرارات الاستثمار ونقل الكهرباء من خلال إشارات التسعير.

لاحظت هذه الدراسة أن الكمية ذاتها من الطاقة يُمكن مبادلتها عند التعامل مع مجلس التعاون الخليجي بصفته نظام مُدمج مكون من خمس أعضاء، باستثناء قطر، بسعر محرر للوقود في سيناريو «دعم الصادرات» (جدول 7). مع عكس التدفقات، أصبحت المملكة العربية السعودية مستورد صافي للكهرباء (27.7 كيلوواط

جدول 7. نقل الكهرباء عبر الحدود (تيراواط ساعي) في سيناريو «التبادل المُحرر».

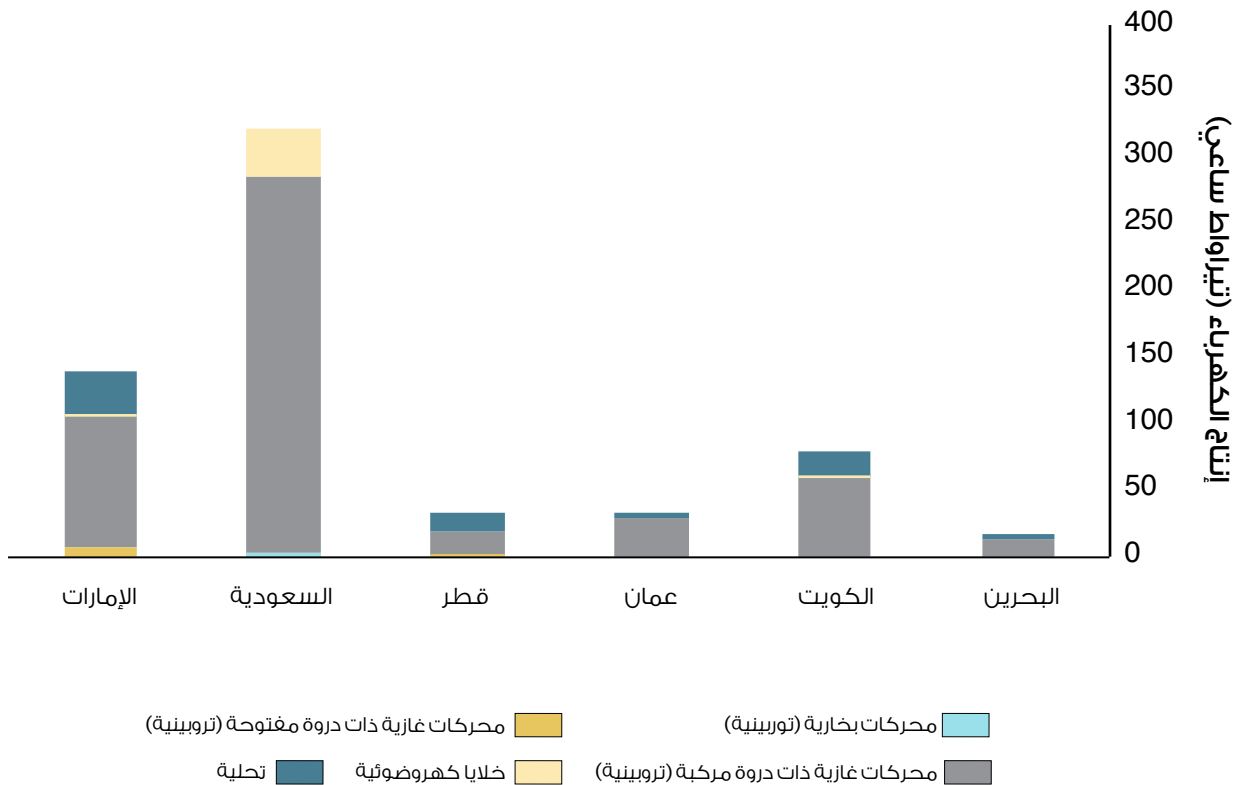
من	إلى
البحرين	إجمالي الصادرات
البحرين	5.3
الكويت	11.4
عُمان	3.7
قطر	
السعودية	0.1
الإمارات	0.7
صافي الواردات	11.8
صافي الصادرات	32.9
	3.7
	8.1
	-27.7
	3.5
	11.3
	4.8

المصدر: تحليل كابسارك.

جدول 8. إضافات في القدرات في سيناريو "التبادل المُحرر" لمحطات الطاقة (جيجاواط) ومحطات التناضع العكسي (مليار متر مكعب)

التناضع العكسي (مليار متر مكعب)	الإجمالي (جيجاواط)	الخلايا الكهروضوئية	بناء المحركات الغازية ذات الدورة المركبة الجديدة	تحويل المحركات الغازية ذات الدورة المفتوحة (التوربينية)	
0.2	0.9		0.9		البحرين
0.8	8.5		8.5		الكويت
0.2	3.8		3.8		عُمان
0.7	1.8		1.7	0.1	قطر
3.6	53.8	13.3	37.1	3.4	السعودية
2.3	11.8		11.7	0.1	الإمارات
7.9	80.6	13.3	63.8	3.5	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.



شكل 9. إنتاج الكهرباء من خلال التقنية في سيناريو "التبادل الحر" (تيراواط ساعي).

المصدر: تحليل كابسارك.

جدول 9. التغيير في استخدام الغاز الطبيعي والنفط الخام بين سيناريوهين "الافتقار إلى التنسيق" و"التبادل المُحرر".

نفط خام (مليون برميل)		غاز طبيعي (مليار قدم مكعب)			
الصادرات	الاستهلاك	الصادرات	الواردات	الاستهلاك	
-2.7	2.7			1.9	البحرين
0.1	-0.1		130.1	128.8	الكويت
		32.4		-32.1	عُمان
		41.3		-40.9	قطر
108.3	-108.3			10.1	السعودية
			-169.7	-168.0	الإمارات
105.8	-105.8	73.7	-39.5	-100.1	الإجمالي
2%	-10%	1%	-9%	-3%	التغيير

المصدر: تحليل كابسارك.

التبادل المُحرر بما في ذلك قطر

يأخذ هذا التحليل بعين الاعتبار تجارة الكهرباء بما في ذلك قطر. ارتفع إجمالي التبادل لما يزيد عن 44 تيراواط ساعي – زيادة بنسبة 35% من التبادل الحر دون قطر. تُعد المملكة العربية السعودية مستوردًا صافيًا للكهرباء (39 تيراواط ساعي) بينما أصبحت كلاً من الكويت وقطر والإمارات العربية المتحدة مصدريين صافيين. أرسلت قطر 11.7 تيراواط ساعي من الغاز عبر الأسلاك إلى المملكة العربية السعودية (جدول 10).

جدول 10. نقل الكهرباء عبر الحدود بالتيراواط ساعي عند تحرير أسعار الوقود والسماح بالتبادل بين جميع دول مجلس التعاون الخليجي.

من		إلى				
البحرين	الكويت	عُمان	قطر	السعودية	الإمارات	إجمالي الصادرات
				5.3		5.3
				11.4		11.4
					3.7	3.7
				11.7		11.7
	0.1		0.0		0.1	0.7
					0.2	11.8
	0.5		0.0	40.1	3.7	44.6
	4.8		11.7	-39.3	8.1	

المصدر: تحليل كابسارك.

جدول 10. نقل الكهرباء عبر الحدود بالتيراواط ساعي عند تحرير أسعار الوقود والسماح بالتبادل بين جميع دول مجلس التعاون الخليجي

نفط خام (مليون برميل)		غاز طبيعي (مليار قدم مكعب)			
الصادرات	الاستهلاك	الصادرات	الواردات	الاستهلاك	
-2.7	2.7			1.9	البحرين
0.1	-0.1		130.1	128.8	الكويت
		32.4		-32.1	عُمان
		-22.7		22.4	قطر
120.9	-120.9			9.0	السعودية
			-169.7	-168.0	الإمارات
118.3	-118.3	9.8	-39.5	-37.9	الإجمالي
2%	-11%	-	-10%	%-1	التغيير

المصدر: تحليل كابسارك.

يزداد إجمالي المكاسب الاقتصادية بقيمة 240 مليون دولار إضافية عند إضافة قطر لتصل إلى 810 مليون دولار مقارنة بسييناريو «الافتقار إلى التنسيق». يُقرب هذا الشكل التقدير الصادر عن هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي بقيمة 1.3 مليار دولار تقريباً في الوفورات السنوية من تجارة الكهرباء (هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي 2017).

تُشير هذه النتائج إلى أن إدراج قطر في مجال توزيع الكهرباء سيحقق مكاسب اقتصادية صافية لجميع البلدان.

تمكين النقل لدول مجلس التعاون الخليجي بالأسعار المحررة مع الإبقاء على الأسعار المحددة للمبيعات المحلية

نظاماً للأسعار الوقود ذي مستويين حيث تُنتج الكهرباء للاستهلاك المحلي بأسعار متدنية وتُنتج الكهرباء للتصدير بأسعار السوق. ثم تُصدر الكهرباء مع تحديد الأسعار للتكاليف الهامشية. ويُمثل هذا النهج المختلط حل وسط بين الإبقاء على التحويلات الإيجابية من الدولة إلى المواطنين في شكل خدمات طاقة منخفضة التكلفة وإيجاد استخدامات أعلى قيمة لموارد الوقود من خلال صادرات الكهرباء.

تقتصر كمية النقل عبر الحدود على كمية الكهرباء الناتجة من مصادر الطاقة المتجددة أو الوقود بسعر السوق، وهذا يمنع تصدير الكهرباء المدعومة. من المستحيل

قد ترغب دول مجلس التعاون الخليجي في الحفاظ على أسعار الطاقة المحلية المنخفضة أثناء تصدير الكهرباء لبعضها بعضاً، تحافظ صادرات الكهرباء على الموثوقية (هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي 2017). ومن خلال هذه الوثيقة، نسعى لاستكشاف خيارين. أولاً السماح بتصدير الكهرباء الناتجة من مصادر الطاقة المتجددة فقط. أما الطريقة الثانية فتدرج

1,5 مليار دولار. أما التأثير على استهلاك الوقود والواردات فهو هامشي.

التسعير الهجين

تُعد المملكة العربية السعودية مرة أخرى المُصدِّر الرئيس الوحيد للكهرباء حيث بلغت صادراتها 11,7 تيراواط ساعة (من إجمالي 11,8 تيراواط ساعة). في حين أن الكويت هي المستورد الأكبر (11.7 تيراواط ساعة). يقلل نظام التسعير الهجين من إجمالي صادرات الكهرباء بأكثر من الثلث مقارنة بسيناريو «تسرب الدعم» (جدول 11).

تتبع أو إدارة الإلكترونيات الفردية بيد أن هذه الآلية كافية للتمييز بين الإنتاج بأسعار الوقود المختلفة والمتجددة.

صادرات الكهرباء المتجددة

تُصدر المملكة العربية السعودية 4,4 تيراواط ساعة من الطاقة المتجددة للكويت سنويًا. تستثمر المملكة العربية السعودية في 1,3 جيجاواط من الطاقة الكهروضوئية على نطاق واسع، بيد أن أسعار الوقود المدعومة تُقلل من الآفاق الاقتصادية لتوليد المزيد من الطاقة المتجددة، وتؤدي تكاليف الاستثمار إلى خسارة اقتصادية قدرها

جدول 11. تدفقات الكهرباء العابرة للحدود مع التسعير الهجين.

		من						إلى
		البحرين	الكويت	عُمان	قطر	السعودية	الإمارات	إجمالي الصادرات
البحرين								
الكويت								
عُمان								
قطر								
السعودية			11.7				0.1	11.8
الإمارات						0.04		
صافي الواردات			11.7				0.1	11.8
صافي الصادرات			-11.7			11.7	-0.1	

المصدر: تحليل كابسارك.

لتلبية الطلب المحلي على الكهرباء ويستخدم على الهامش في التوربينات البخارية والتوربينات الغازية ذات الدورة المفتوحة الأقل كفاءة (جدول 12).

تحل واردات الكهرباء محل استهلاك زيت الوقود الثقيل والديزل في الكويت، وتزداد واردات الغاز الطبيعي المسال أيضًا.

يتناقص الفائض الاقتصادي بمقدار 1,4 مليار دولار مقارنةً بسيناريو «عدم التنسيق» -فائض اقتصادي يزيد بـ100 مليون دولار عن تبادل المقتصر على الطاقة المتجددة.

لا تُنشر الطاقة المتجددة، بالنظر إلى انخفاض أسعار الكهرباء المحلية. ولا يحدث انفصال كبير بين قطاعي الطاقة والمياه لأن محطات التحلية الحرارية لا تزال اقتصادية عند استهلاك الوقود المدعوم.

يكشف هذا السيناريو أنه حتى مع مستويين من التسعير، يُصدّر الدعم بشكل غير مباشر في صورة طاقة كهربائية. يزيد استهلاك الغاز والنفط الخام في المملكة العربية السعودية. يستهلك التوربين الغازي ذو الدورات المركبة غاز طبيعي بأسعاره الهامشية لتصدير الكهرباء. وتصبح إمدادات الطاقة والغاز للتوربين الغازي ذو الدورات المركبة مستخدمة بالكامل. يزداد استهلاك النفط الخام

جدول 12. التغيير في استخدام الغاز الطبيعي والنفط الخام بين سيناريوهات "التسعير الهجين" و "عدم التنسيق".

	نفط خام (مليون برميل)		غاز طبيعي (مليار قدم مكعب)		
	الصادرات	الاستهلاك	الصادرات	الواردات	الاستهلاك
البحرين					
الكويت	0,1	- 0,1		74,3	73,6
عُمان					
قطر					
السعودية	-21,1	21,1			3,8
الإمارات	0,0	0,0		-0,2	-0,2
الإجمالي	-21	21		74,1	77,1

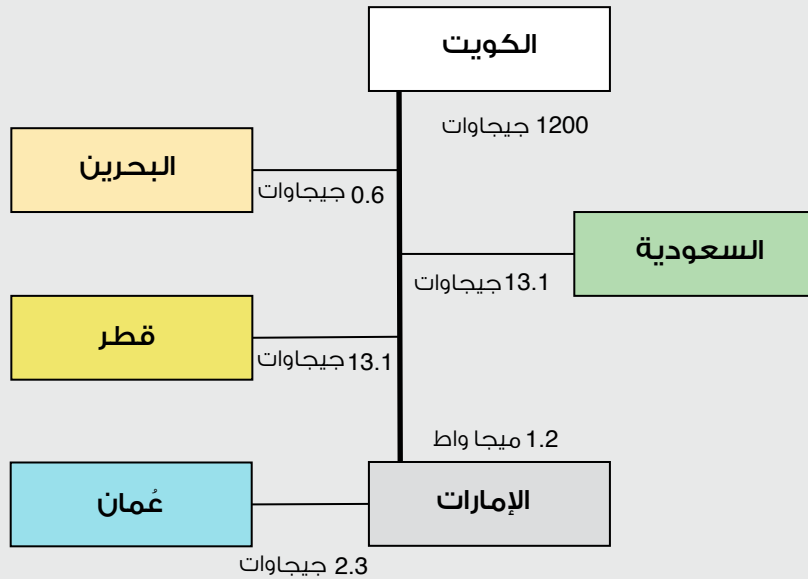
المصدر: تحليل كابسارك.

توسيع الرباط الكهربائي

استنادًا إلى نمذجة هذه الدراسة، من الممكن تبادل 5% فقط من إجمالي الطلب على الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي بسعة الرباط الكهربائي الحالي في سيناريو «التبادل المحرر». وتزداد هذه الكمية إلى 27% (168 تيراوات في الثانية) عند السماح بزيادة السعة (بافتراض تحرير أسعار الوقود ودمج قطر). يصبح تحرير سعر الغاز الذي تدفعه المولدات القطرية أكبر من سعر العائد الصافي البالغ 7 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية. وأصبحت المملكة العربية السعودية أكبر مستورد للغاز عن طريق الأنابيب من قطر (126 تيراوات)، الأمر الذي يتطلب طاقة إضافية قدرها 11.9 جيجاوات بين قطر والمملكة العربية السعودية (شكل 10)، أو عشرة أضعاف الطاقة الحالية.

تعتبر واردات الكهرباء بديلًا لإنتاج الكهرباء في المملكة العربية السعودية باستخدام زيت الوقود الثقيل والديزل والنفط الخام. ونتيجة لذلك، تزيد صادرات النفط بمقدار 600 مليون برميل في اليوم. في حين أن الرباط الكهربائي بين الإمارات العربية المتحدة وسلطنة عُمان ليس خطًا مخصصًا لهيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، حيث يُمكن إضافة سعة إضافية تبلغ 1.9 جيجاوات.

تمكّن إضافة قدرة إلى الرباط الكهربائي وتصدير الغاز القطري عن طريق الأنابيب من تحقيق أكبر مكاسب اقتصادية لدول مجلس التعاون الخليجي: 42.5 مليار دولار.



شكل 10. قدرات الرباط الكهربائي بعد التوسع (بالجيجاوات).
المصدر: تحليل كابسارك.

إجمالي تكاليف النظام

مركبة (توربينية) التي أستخدمت مؤخرًا مكاسب في الكفاءة التي تقلل من تكاليف الإنتاج وتساهم في زيادة عائدات التصدير.

على سبيل المقارنة، يُعد إجمالي المكاسب الاقتصادية المقدر أكبر بكثير من القيمة التي نشرتها هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، والتي تتوقع أن يبلغ متوسط وفورات سنوي يقدر بـ 1.3 مليار دولار على مدى الـ 25 سنة القادمة. يتمثل أحد التفسيرات المحتملة في أن تقديرات هيئة الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية لا تستوعب بالكامل المكاسب الناتجة عن رفع الدعم، والتي تعتبر كبيرة، كما هو موضح في هذا التحليل. ويدرس هذا التحليل التحولات الهيكلية الناجمة عن إلغاء دعم الوقود، ويتضمن على وجه التحديد تكلفة الفرصة البديلة للوقود في حسابها.

يمثل التغيير التزايدى أمرًا إيجابيًا، مما يوحى بقيمة حزمة السياسة التي تتداخل مع تحرير أسعار الوقود مع التنسيق. تشهد كل بلد تغييرًا إيجابيًا، وهو المفتاح لجدوى السياسة الإقليمية. وبالنظر إلى أن النتائج تتعلق بتصورات مناقضة للواقع متوازنة مدتها سنة واحدة، فمن الممكن تحقيق مكاسب أكبر على مدى أفق متعددة السنوات.

كما يتضح من النتائج السابقة، تكسب بعض البلدان اقتصاديًا من تصدير الكهرباء أو استيرادها. يحسب هذا التحليل التكاليف والمكاسب لكل بلد في كل سيناريو. يُحسب الربح الصافي كإيرادات من صادرات الوقود الصافي من استثمار رأس المال وواردات وقود أقل وتكاليف التشغيل والصيانة. تُخصم تكاليف رأس المال على مدى عمر المعدات. تُدرج الإيرادات وتكاليف تصدير الكهرباء واستيرادها في الحساب. يُلاحظ التأثير الصافي على مستوى الدولة ويُسجل على مستوى النظام الإقليمي. يوضع جدول 13 المكاسب الإضافية لكل سيناريو بالنسبة إلى سيناريو «عدم التنسيق».

يعتبر الجزء الأكبر من المكاسب (41.4 مليار دولار) نتيجة لإلغاء الدعم، الأمر الذي يدفع إلى الاستثمار في تقنيات أكثر كفاءة وتشغيلها. يصبح الربح الإضافي المتمثل في إضافة التبادل الكهربائي على رأس تحرير سعر الوقود 810 مليون دولار (عند إدراج قطر)، بما يعادل 42 مليار دولار من الفائض الاقتصادي السنوي. تحقق المملكة العربية السعودية أكبر مكاسب لأنها تستبدل إنتاج الكهرباء المكلف من النفط الخام (من حيث تكلفة الفرصة البديلة) بواردات الكهرباء والاستخدام الأكثر كفاءة للغاز الطبيعي. تصدر دولة الإمارات العربية المتحدة الكهرباء أيضًا وتوفر محركات غازية ذات دورة

جدول 13. المكاسب الإضافية المتعلقة بسيناريو «عدم التنسيق» (بمليارات الدولار الأمريكي لعام 2015).

التسعير الهجين	الصادرات المتجددة	تحرير التبادل	تحرير أسعار الوقود	دعم الصادرات	
		0.4	0.4	0.1	البحرين
0.4	0.2	1.5	1.4	0.5	الكويت
	31.9	1.3	1.3	-0.1	عُمان
	-31.9	1.6	1.6	0.0	قطر
-1.8	-1.7	31.0	30.6	-4.3	المملكة العربية السعودية
		6.1	6.0	1.0	الإمارات العربية المتحدة
-1.4	-1.5	42.0	41.4	-2.8	إجمالي النظام

المصدر: تحليل كابسارك.

المئة من إنتاج الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي بأسعار السوق. تعد الإمارات العربية المتحدة والكويت وقطر أكبر المصدرين الصافيين، بينما أصبحت المملكة العربية السعودية أكبر مستورد صافي للكهرباء (28 تيراوات في الساعة) - أي ما يعادل 8 في المئة من طلبها على الكهرباء.

ثمة استثمار ضخم يصحبه نظام إقليمي متكامل للكهرباء. سيحل المزيد من كفاءة التوربينات الغازية ذات الدورة المركبة والطاقة الكهروضوئية على نطاق المرافق محل ما يقرب من 50 في المئة من السعة الحالية بتكلفة تبلغ 7.3 مليار دولار. يُمكن تطبيق الدعم المقدم على فواتير المستهلك، مما ينتج عنه نفس القدر من تحويل الدخل مع تحقيق فوائد تجارية.

بالنظر إلى أن النتائج تتعلق بسيناريو بديل لسنة واحدة، فمن الممكن تحقيق مكاسب أكبر على مدى سنوات عدة. ستستكشف المرحلة التالية من هذا التحليل إمكانية تبادل الكهرباء على مدار عدة سنوات. وسيوفر ذلك نظرة ثاقبة لتطور نظام الطاقة في دول مجلس التعاون الخليجي من خلال النظر في وقت تنفيذ التقنية والنمو في الطلب على الطاقة والمياه. وستتضمن هذه الدراسة القدرة النووية التي تبلغ طاقتها الإنتاجية 5.6 جيجاوات في أبوظبي وعمليات النشر النووية المخطط لها في المملكة العربية السعودية ودورها في نظام كهرباء إقليمي مترابط.

استكشف هذا التحليل الاستغلال المحتمل لتبادل الطاقة باستخدام الرابط الكهربائي والتكاليف والفوائد المقدره لدول مجلس التعاون الخليجي ككل والدول الأعضاء في دول مجلس التعاون الخليجي. وتتمثل الفوائد المتوقعة لتنسيق إنتاج الكهرباء وتوزيعها بين الدول الأعضاء في انخفاض تكاليف النظام من خلال تجنب القدرة على الاستثمار وخفض استهلاك الوقود وزيادة صادرات الوقود.

يشكل دعم الوقود العنقبة الرئيسة أمام تبادل الكهرباء الإقليمية. وبدون إصلاح كامل لأسعار الطاقة، ستنقل صادرات الكهرباء الدعم من دولة إلى أخرى على شكل وقود مدعوم. يُمثل هذا العائق الرئيس أمام تجارة الكهرباء القائمة على السوق في دول مجلس التعاون الخليجي. وتقدر هذه الدراسة أن المملكة العربية السعودية تُصدر ما يقرب من ثمانية أضعاف ما تنتجه سلطنة عُمان أو الإمارات العربية المتحدة (26 تيراوات في الساعة) حيث أنها تفرض أسعار فائدة أقل على أسعار الوقود في دول مجلس التعاون الخليجي.

توصلت هذه الدراسة إلى أن إلغاء دعم الوقود يوفر أكبر مكاسب اقتصادية في دول مجلس التعاون الخليجي - أكثر من 41 مليار دولار سنويًا - من خلال الاستثمار في قدرة أكثر كفاءة. سيرفع ربط تبادل الكهرباء مع عمليات إلغاء الدعم الأرباح الاقتصادية السنوية إلى 42 مليار دولار. سيُتبادل أكثر من 32 تيراوات في الساعة أو 5 في

Abu Dhabi RSB (Abu Dhabi Regulation & Supervision Bureau). 2013. "Water and Electricity Sector Overview: 2010-2013."

ADWEC (Abu Dhabi Water and Electricity Company). 2014. "Statistical Leaflet."

Al-Ibrahim, Ahmed. 2015. "GCC Interconnection: Opportunities and Challenges Working towards an Electricity Trade Price."

Bahrain Information & eGovernment Authority. 2018. "Bahrain Open Data Portal." <http://www.data.gov.bh/> Accessed February 19.

Boersma, Tim, and Steve Griffiths. 2016. "Reforming Energy Subsidies: Initial Lessons from the United Arab Emirates."

DEWA (Dubai Electricity and Water Authority). 2014. "DEWA Sustainability Report 2014."

Dolphin Energy Ltd. 2016. "Marketing and Distribution - Natural Gas." <http://home.dolphinenergy.com/en/17/marketing-and-distribution/natural-gas> Accessed November 1.

ECRA (Electricity & Cogeneration Regulatory Authority). 2014. "Activities and Achievements of the Authority."

— — —. 2015. "Annual Statistical Booklet for Electricity and Seawater Desalination Industries."

Elshurafa, Amro, Noura Mansouri, Walid Matar, Axel Pierru, Shreekar Pradhan, and David Wogan. 2017. "Transitioning to Liberalized Energy Markets."

Excelerate Energy. 2016. "Mina Al-Ahmadi Gasport." <http://excelerateenergy.com/project/mina-al-ahmadi-gasport/>

Fraser, Hamish, and Hassan Al-Assad. 2008. "Engaging in Cross-Border Power Exchange and Trade via the Arab Gulf States Power Grid." *The Electricity Journal* 21 (10): 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2008.10.015>

Gulf Cooperation Council Interconnection Authority. 2017. "Annual Report 2016." Dammam: Gulf Cooperation Council Interconnection Authority, Saudi Arabia.

International Energy Agency. 2015. "Development Prospects of the ASEAN Power Sector."

KAHRAMAA (Qatar General Electricity & Water Corporation). 2014. "Statistics Report."

Kingdom of Bahrain Electricity and Water Authority. 2016. "Annual Report."

Kingdom of Bahrain EWA (Kingdom of Bahrain Electricity and Water Authority). 2016. "Electricity and Water Tariff 2016."

Kingdom of Bahrain NOGA (Kingdom of Bahrain National Oil and Gas Authority). 2015a. "Annual Report."

— — —. 2015b. "Annual Report 2015."

Kingdom of Saudi Arabia Vision 2030. 2016. "National Transformation Program 2020."

Kuwait MEW (Kuwait Ministry of Electricity and Water). 2015. "2015 Statistical Yearbook."

— — —. 2016. "Statistical Year Book – Electrical Energy."

Lahn, Glada. 2016. "Fuel, Food, and Utilities Price Reforms in the GCC: A Wake-up Call for Business." London.

- Matar, Walid, and Amro M Elshurafa. 2017. "Electricity Transmission Formulations in Multi-Sector National Planning Models: An Illustration Using the KAPSARC Energy Model Electricity Transmission Formulations in Multi-Sector National Planning Models."
- Matar, Walid, Frederic Murphy, Axel Pierru, Bertrand Rioux, and David Wogan. 2017. "Efficient Industrial Energy Use: The First Step in Transitioning Saudi Arabia's Energy Mix." *Energy Policy* 105 (June 2017): 80–92. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.029>
- Murphy, Frederic, Axel Pierru, and Yves Smeers. 2016. "A Tutorial on Building Policy Models as Mixed-Complementarity Problems." *Interfaces* 46 (6): 1–17. <https://doi.org/10.1287/inte.2016.0842>
- Napoli, Christopher, David Wogan, Ben Wise, and Lama Yaseem. 2018. "Policy Options for Reducing Water for Agriculture in Saudi Arabia." In *Assessing Global Water Megatrends*, edited by Asit K Biswas, Cecilia Tortajada, and Philippe Rohner, 211–30. Singapore: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6695-5_12
- NCSI Oman (National Centre for Statistics and Information – Sultanate of Oman). 2016. "Development at Glance."
- Neuhof, Florian. 2013. "Dolphin Energy Works with Qatar on Gas Expansion." *The National AE*, April 3.
- Oman LNG (Oman Liquefied Natural Gas). 2015. "Annual Report."
- Oman PAEW (Oman Public Authority for Electricity and Water). 2015. "Annual Report."
- OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries). 2016. "OPEC Annual Statistical Bulletin." Vienna.
- — —. 2017. "OPEC Annual Statistical Bulletin."
- OPWP (Oman Power and Water Procurement Company). 2015. "Annual Report."
- — —. 2016. "Annual Report."
- QEWC (Qatar Electricity and Water Company). 2015. "Annual Report."
- Saudi Aramco. 2015. "Annual Report."
- SEC (Saudi Electricity Company). 2015. "Annual Report." Riyadh.
- SEWA (Sharjah Electricity & Water Authority). 2012. "Statistics." <https://www.sewa.gov.ae/en/contentZ.aspx?P=8Endvpatc3gylpBOCSt6ng%3D%3D&mid=RPiloTtgd4cwoW0%2BUAoBQ%3D%3D>
- U.S. Energy Information Administration. 2017. "Assumptions to the Annual Energy Outlook 2016."
- UAE FEWA (United Arab Emirates Federal Electricity & Water Authority). 2015. "Electricity Statistics."
- UAE Ministry of Energy. 2015. "Statistical Data for Electricity and Water 2013-2014."
- United Arab Emirates Ministry of Energy & Industry. 2017. "Statistical Data for Electricity and Water 2014-2015."
- Wogan, David. 2017. "GCC Energy System Overview – 2017."
- Wood, Michael, and Osamah AISayegh. 2012. "Electricity and Water Demand Behavior in Kuwait." In *Latest Trends in Environmental and Manufacturing Engineering*, 251–56. Vienna: WSEAS.

الملحق أ: تكاليف التقنية

جدول أ1. تكاليف التقنية المستخدمة في نموذج طاقة مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية المعني بدول مجلس التعاون الخليجي.

التقنية	تكلفة رأس المال (دولار/ جيجاوات)	العمليات والصيانة المتغيرة (دولار / جيجاوات في الساعة)	العمليات والصيانة الثابتة (دولار / جيجاوات)
توربينات البخار	1026	3420	17.2
توربينات غازية ذات دورة مفتوحة	1026	4430	17.2
توربينات غازية ذات دورات مركبة (بنية جديدة)	911	3420	10.7
توربينات غازية ذات دورات مركبة (محولة)	180	3420	10.7
الطاقة النووية	5288	2250	98.1
الطاقة الكهروضوئية	2360	-	24
الطاقة الشمسية المركزة	5250	-	210
طاقة الرياح	2020	-	50

المصدر: إدارة معلومات الطاقة الأمريكية، وكالة الطاقة الدولية.

الملحق ب: إنتاج الكهرباء بواسطة التقنية

جدول ب1. إنتاج الكهرباء في سيناريو "عدم التنسيق".

الإجمالي	تدلية حرارية	الطاقة الكهروضوئية	التريينة الغازية ذات الدورات المركبة	توربينات غازية ذات دورة مفتوحة	توربينات بخارية	
12.4	8.1		4.1	0.3		البحرين
69.0	69.0					الكويت
29.5	19.4		10.1			عُمان
34.4	25.8		7.5	1.2		قطر
341.9	51.3		115.3	17.7	157.6	المملكة العربية السعودية
133.8	105.6	0.1	15.8	12.3		الإمارات العربية المتحدة
621.1	279.1	0.1	152.8	31.4	157.6	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

جدول ب2. إنتاج الكهرباء في سيناريو "صادرات الدعم".

الإجمالي	تدلية حرارية	الطاقة الكهروضوئية	التريينة الغازية ذات الدورات المركبة	توربينات غازية ذات دورة مفتوحة	توربينات بخارية	
7.3	3.6		3.5	0.1		البحرين
58.4	58.4					الكويت
30.4	19.1		11.3			عُمان
34.4	25.8		7.5	1.2		قطر
363.7	51.3		115.3	24.2	172.9	المملكة العربية السعودية
124.5	99.8	0.1	16.7	7.8		الإمارات العربية المتحدة
618.7	258.1	0.1	154.3	33.4	172.9	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

الملحق ب: إنتاج الكهرباء بواسطة التقنية

جدول ب3. إنتاج الكهرباء في سيناريو "تحرير أسعار الوقود".

الإجمالي	تحتية حرارية	الطاقة الكهروضوئية	التريبنة الغازية ذات الدورات المركبة	توربينات غازية ذات دورة مفتوحة	توربينات بخارية	
12.4	8.0		4.2	0.3		البحرين
69.0	20.2		48.8			الكويت
30.0	3.3		26.7			عُمان
32.1	12.4		18.6	1.2		قطر
347.9		36.1	309.1		2.6	المملكة العربية السعودية
131.6	33.9	0.1	90.5	7.0		الإمارات العربية المتحدة
623.0	77.8	36.3	497.8	8.5	2.6	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

جدول ب4. إنتاج الكهرباء في سيناريو "تحرير التبادل".

الإجمالي	تحتية حرارية	الطاقة الكهروضوئية	التريبنة الغازية ذات الدورات المركبة	توربينات غازية ذات دورة مفتوحة	توربينات بخارية	
16.8	3.6		13.1			البحرين
79.1	20.8		58.3			الكويت
33.1	3.3		29.8			عُمان
32.1	12.4		18.6	1.2		قطر
323.0		36.2	284.1		2.6	المملكة العربية السعودية
138.9	33.9	0.1	98.5	6.3		الإمارات العربية المتحدة
623.0	74.1	36.4	502.4	7.5	2.6	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

الملحق ب: إنتاج الكهرباء بواسطة التقنية

جدول ب5. إنتاج الكهرباء في سيناريو "الصادرات المتجددة".

الإجمالي	تحتية حرارية	الطاقة الكهروضوئية	التريبنة الغازية ذات الدورات المركبة	توربينات غازية ذات دورة مفتوحة	توربينات بخارية	
12.4	8.1		4.1	0.3		البحرين
65.1	65.1					الكويت
29.5	19.4		10.1			عُمان
34.4	25.8		7.5	1.2		قطر
345.8	51.3	3.9	115.3	17.7	157.6	المملكة العربية السعودية
133.8	105.1	0.1	16.0	12.5		الإمارات العربية المتحدة
621.0	274.8	4.0	152.9	31.6	157.6	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

جدول ب6. إنتاج الكهرباء في سيناريو "التسعير الهجين".

الإجمالي	تحتية حرارية	الطاقة الكهروضوئية	التريبنة الغازية ذات الدورات المركبة	توربينات غازية ذات دورة مفتوحة	توربينات بخارية	
12.4	8.1		4.1	0.3		البحرين
58.4	46.2		12.2			الكويت
29.5	19.4		10.1			عُمان
34.4	25.8		7.5	1.2		قطر
352.1	53.8		115.3	19.5	163.4	المملكة العربية السعودية
133.7	103.3	0.1	16.6	13.6		الإمارات العربية المتحدة
620.6	256.7	0.1	165.8	34.6	163.4	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

الملحق ب: إنتاج الكهرباء بواسطة التقنية

جدول ج1. استهلاك الوقود في سيناريو "عدم التنسيق".

الزيت الخام (مليون برميل متري)	الغاز الطبيعي (مليارات من الأقدام المكعبة)	الديزل (مليون طن متري)	زيت الوقود الثقيل (مليون طن متري)	
	92.3			البحرين
0.1	396.0		4.0	الكويت
	245.1			عُمان
	265.7			قطر
203.9	1298.9	10.7	9.4	المملكة العربية السعودية
	1111.0			الإمارات العربية المتحدة
204.0	3408.9	10.7	13.4	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

جدول ج1. استهلاك الوقود في سيناريو "عدم التنسيق".

الزيت الخام (مليون برميل متري)	الغاز الطبيعي (مليارات من الأقدام المكعبة)	الديزل (مليون طن متري)	زيت الوقود الثقيل (مليون طن متري)	
	51.5			البحرين
	396.0		2.4	الكويت
	253.2			عُمان
	265.7			قطر
246.1	1298.9	10.8	9.4	المملكة العربية السعودية
	1021.4			الإمارات العربية المتحدة
246.1	3286.6	10.8	11.8	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

الملحق ج: استهلاك الوقود حسب السيناريو

جدول ج3. استهلاك الوقود في سيناريو "تحرير أسعار الوقود".

البحرين	الكويت	عُمان	قطر	المملكة العربية السعودية	الإمارات العربية المتحدة	الإجمالي
92.2	461.5	193.3	224.8	124.8	902.2	3184.6
0	0	0	0	0	0	0

المصدر: تحليل كابسارك.

جدول ج4. استهلاك الوقود في سيناريو "تحرير التبادل".

البحرين	الكويت	عُمان	قطر	المملكة العربية السعودية	الإمارات العربية المتحدة	الإجمالي
2.7	524.8	213.0	224.8	94.8	0.0	97.4
94.2	1309.0	943.0	3308.8	0	0	0

المصدر: تحليل كابسارك.

الملحق ج: استهلاك الوقود حسب السيناريو

جدول ج5. استهلاك الوقود في سيناريو "الصادرات المتجددة".

الزيت الخام (مليون برميل متري)	الغاز الطبيعي (مليارات من الأقدام المكعبة)	الديزل (مليون طن متري)	زيت الوقود الثقيل (مليون طن متري)	
	92.3			البحرين
	396.0		3.3	الكويت
	244.9			عُمان
	265.7			قطر
223.0	1200.0	10.7	9.4	المملكة العربية السعودية
	1111.1			الإمارات العربية المتحدة
223.0	3310.0	10.7	12.7	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

جدول ج6. استهلاك الوقود في سيناريو "التسعير الهجين".

الزيت الخام (مليون برميل متري)	الغاز الطبيعي (مليارات من الأقدام المكعبة)	الديزل (مليون طن متري)	زيت الوقود الثقيل (مليون طن متري)	
	92.3			البحرين
	469.6			الكويت
	245.1			عُمان
	265.7			قطر
224.2	1302.7	10.7	9.4	المملكة العربية السعودية
	1110.8			الإمارات العربية المتحدة
224.2	3486.0	10.7	9.4	الإجمالي

المصدر: تحليل كابسارك.

عن الباحثين

ديفيد واجن

ديفيد باحث مشارك أول. تركز أبحاثه على نمذجة اقتصاديات نظم الطاقة المتكاملة، مع التركيز على المملكة العربية السعودية ودول الخليج المجاورة. يحمل ديفيد شهادة الماجستير في الهندسة الميكانيكية وشهادة الماجستير في العلاقات العامة من جامعة تكساس في أوستن.



فريدريك ميرفي

فريدريك باحث زائر وزميل باحث أول وأستاذ فخري في جامعة تمبل. يحمل شهادة الدكتوراه في بحوث العمليات و شهادة البكالوريوس في الرياضيات من جامعة ييل.



أكسل بيريو

يقود أكسل برنامج نظم الطاقة والاقتصاد الكلي في كابسارك. عمل سابقًا لمدة 15 عامًا في إف إنيرجيس نوفيلس في فرنسا. حصل أكسل على درجة الدكتوراه في الاقتصاد من جامعة بانثون-سوربون في باريس، ونشر أكثر من 30 بحثًا في المجلات المحكمة.



عن المشروع

يتبنى هذا المشروع وجهة نظر إقليمية لقطاعي الطاقة الكهربائية والمياه للإجابة على السؤال البحثي التالي: مالتأثار الاقتصادية والتقنية والبيئية المحتملة للتنسيق الإقليمي لنظام الكهرباء؟ تم تطوير نموذج كابسارك للطاقة لدول مجلس التعاون الخليجي للإجابة على هذه الأسئلة. وهو نموذج لقطاعي الطاقة الكهربائية والمياه في دول مجلس التعاون الخليجي الست ممثلة في 12 منطقة فرعية لديها القدرة على التجارة بالكهرباء والوقود.

رابط البحث:

[التكاليف والمكاسب الناتجة عن تنسيق توليد الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي باستخدام الرابط الكهربائي](#)



www.kapsarc.org