Organization of
Arab Petroleum
Exporting Countries
(OAPEC)

Enppi
Engineering for the Petroleum
& Process Industries (ENPPI)

تقرير حول

ندوة أوابك
حول التطورات العالمية والعربية في مجال الهيدروجين - النسخة الثالثة:
الاتجاهات، التحديات، الفرص

إعداد
المهندس/ وائل حامد عبد المعطي
خبير صناعات غازية
إدارة الشؤون الفنية

دولة الكويت - مايو 2025

ندوة أوابك " التطورات العالمية والعربية في مجال الهيدروجين-النسخة الثالثة"

الاتجاهات، التحديات، الفرص

17 أبريل 2025، القاهرة، جمهورية مصر العربية

تمهيد

في إطار خطة عملها لعام 2025، نظمت الأمانة العامة لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) بالتعاون مع الشركة الهندسية للصناعات البترولية والكيماوية (انبي)، النسخة الثالثة من ندوتها السنوية حول الهيدروجين بعنوان " التطورات العالمية والعربية في مجال الهيدروجين: الاتجاهات، التحديات، والفرص"، وذلك يوم 17 أبريل في مقر شركة انبي-القاهرة-جمهورية مصر العربية.

شارك في الندوة نحو 140 خبير ومتخصص يمثلون وزارات البترول والطاقة والمعادن من سبع دول عربية (مملكة البحرين، المملكة العربية السعودية، جمهورية العراق، دولة الكويت، جمهورية مصر العربية، المملكة الأردنية الهاشمية، الجمهورية الإسلامية الموريتانية) بالإضافة إلى نحو 40 شركة متخصصة في قطاع النفط والغاز والهيدروجين من الدول الأعضاء بالمنظمة، ومراكز بحثية وإقليمية ومؤسسات دولية في مجال الطاقة. وقد شهدت الندوة مشاركة فاعلة من الباحثين والخبراء الذين قدموا أوراقًا علمية متخصصة ومداخلات أثرت النقاشات وساهمت في تعميق الفهم المشترك.

الجلسة الافتتاحية

في مستهل الندوة، رحّب سعادة الدكتور علاء البطل، وكيل أول وزارة البترول والثروة المعدنية في جمهورية مصر العربية، بسعادة المهندس جمال عيسى اللوغاني، الأمين العام لمنظمة "أوابك"، مثمنًا جهود المنظمة المتواصلة في تعزيز التعاون والتكامل بين الدول العربية في مجالي البترول والطاقة، لا سيّما في ظل التحولات الديناميكية التي يشهدها المشهد العالمي للطاقة.

كما رحّب بكبار المسؤولين والوفود المشاركة في الندوة من الأردن والسعودية والكويت والعراق ومصر والبحرين وموريتانيا، مؤكداً اهتمام معالي المهندس كريم بدوي، وزير البترول والثروة المعدنية بموضوع الندوة، وتطلعه إلى مخرجات مثمرة وبنّاءة تسهم في دعم العمل العربي المشترك في هذا القطاع الحيوي.

كما استعرض الدكتور البطل المقومات الأساسية التي تتمتع بها دول المنطقة العربية، والتي تشمل وفرة موارد الطاقة المتجددة، وقواعد صناعية وبنية تحتية متنامية، مما يؤهلها لتكون في طليعة الدول المنتجة والمصدّرة للهيدروجين منخفض الكربون. وفي هذا السياق، أشار إلى الإستراتيجية الوطنية للهيدروجين منخفض الكربون لجمهورية مصر العربية، التي تم الإعلان عنها من قِبل مجلس الوزراء في العام الماضي، ورؤية الدولة للاستفادة من موقعها الجغرافي كمركز إقليمي للطاقة، بهدف التحول إلى مركز إقليمي وعالمي لإنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته. ونوّه إلى جهود وزارة البترول والثروة المعدنية في تنفيذ هذه الاستراتيجية، من خلال المضي قدماً في تنفيذ مشروعات لإنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، موضحاً أنه يتم حالياً تنفيذ مشروع رائد بالتعاون بين الشركات التابعة للوزارة وشركة "سكاتك" النرويجية، لإنتاج 150 ألف طن من الأمونيا الخضراء، باستثمارات تتجاوز 900 مليون دولار.

كما أشار إلى إنجازات مصر في هذا المجال، وعلى رأسها تصدير أول شحنة من الأمونيا الخضراء في العالم عام 2023، ضمن مشروع شركة "مصر للهيدروجين الأخضر"، إلى جانب نجاح أول عملية تموين لسفن الحاويات بالميثانول الأخضر في إفريقيا ومنطقة الشرق الأوسط، والتي جرت في ميناء شرق بورسعيد في العام ذاته. وفي ختام كلمته، أكد الدكتور علاء البطل على أهمية مواصلة وتعزيز التعاون بين الدول العربية تحت مظلة منظمة "أوابك"، بما يسهم في إطلاق الإمكانات الكاملة لمصادر الهيدروجين في المنطقة، وجذب المزيد من الاستثمارات في مجالات إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون ومشتقاته.

من جانبه قال سعادة المهندس جمال عيسى اللوغاني، الأمين العام لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) في كلمته الرئيسية أن الهيدروجين منخفض الكربون يعد من بين الخيارات الدولية المقبولة لتعزيز الاستدامة، لأنه يساعد في نزع الكربون من بعض الصناعات الثقيلة مثل صناعة الصلب، وكذلك في تقليل الانبعاثات من قطاع النقل، كما يوفر مصدر للطاقة يمكن تصديره من المنطقة العربية لتعزيز الاقتصاد الوطني .

وأوضح الأمين العام أن الدول العربية أظهرت استعداد قوي للاستثمار في الهيدروجين وتصديره مستقبلاً إلى الأسواق الراغبة. ومن هذا الاستعداد، إنجاز ست دول لاستراتيجياتها الوطنية للهيدروجين، وتقدم دول عربية أخرى في استكمالها، مع نجاحها في جذب استثمارات فعلية وشراكات دولية لإنجاز مشروعات لإنتاجه وتصديره. وبحسب تقديراتنا في أوابك، بلغ عدد المشروعات المعلنة في مجال إنتاج واستهلاك الهيدروجين داخل المنطقة العربية نحو 127 مشروعاً بنهاية عام 2024.

كما شدد الأمين العام على حرص المنظمة في إطار توجهاتها الجديدة بدعم من الدول الأعضاء، على الاهتمام بالهيدروجين وإعداد دراسات وتقارير متخصصة والتب باتت مرجعاً للهيئات والمؤسسات العربية والدولية، وطرح مبادرات مع الأطراف الدولية الفاعلة، بغية التعرف على ما قد يواجه قطاع الهيدروجين الناشئ من تحديات، وكيفية التغلب عليها، وما قد يوفره من فرص تستفيد منه الدول العربية.

وفي ختام كلمته، أكد الأمين العام على أن الندوة بمثابة منصة فعّالة لتبادل المعرفة والأفكار بين الخبراء، واستعراض التجارب والخطط الوطنية ذات الصلة، متمنياً ان تساهم في صياغة رؤى مشتركة تدعم رؤية ومبادرة أوابك نحو تعزيز التعاون في مجال الهيدروجين وتحقيق التنمية المستدامة.

محاور الندوة

أوضح **المهندس وائل حامد عبد المعطي**، المنسق العام للندوة، أن منظمة أوابك تقوم بشكل دوري بتنظيم ندوات سنوية حول قطاع الهيدروجين وإبراز أهميته في عملية تحول الطاقة. وأشار إلى أن انعقاد النسخة الثالثة هذا العام يأتي في ظل الاهتمام المتزايد من الدول بالاهتمام بالهيدروجين من خلال إعلان خطط واستراتيجيات وطنية والاستثمار في مشاريع إنتاج واستهلاك الهيدروجين، ثم استعرض المحاور الرئيسية للندوة وهي:

1. المشهد الراهن لسوق الهيدروجين.
2. التكامل بين الهيدروجين ومصادر الطاقة المتجددة.
3. دور التقنيات في دعم قطاع الهيدروجين منخفض الكربون (المحللات الكهربائية، التقاط وتخزين الكربون).
4. خطط ومبادرات الشركات الوطنية في الدول الأعضاء للاستثمار في الهيدروجين منخفض الكربون.

وأوضح أن هذه المحاور سيتم تغطيتها من خلال ثلاث جلسات (مرفق البرنامج الزمني) بمشاركة أكثر من 10 متحدثين من عدة جهات إقليمية ودولية.

الجلسة الأولى

المشهد الراهن للهيدروجين، والتكامل مع مصادر الطاقة المتجددة

إدارة الجلسة: المهندس وائل حامد عبد المعطي، خبير صناعات غازية، أوابك

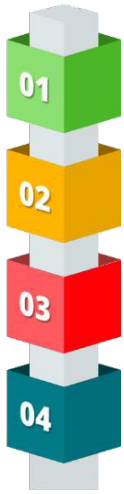
ناقشت الجلسة دور الهيدروجين في عملية تحول الطاقة، وأبرز التطورات عربياً وعالمياً، وتم بحث آفاق التكامل بين الهيدروجين والطاقة المتجددة من منظور المؤسسات والمنظمات الإقليمية بمشاركة **2** متحدثين:

- المهندس وائل حامد عبد المعطي، خبير صناعات غازية، أوابك.
- الدكتور ماجد محمود، المدير الفني، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.

ورقة بعنوان "**التطورات العالمية والعربية في مجال الهيدروجين**"

المهندس/ وائل حامد عبد المعطي
خبير صناعات غازية، أوابك

في مستهل حديثه، استعرض المهندس وائل المحاور الرئيسية للعرض وهي:

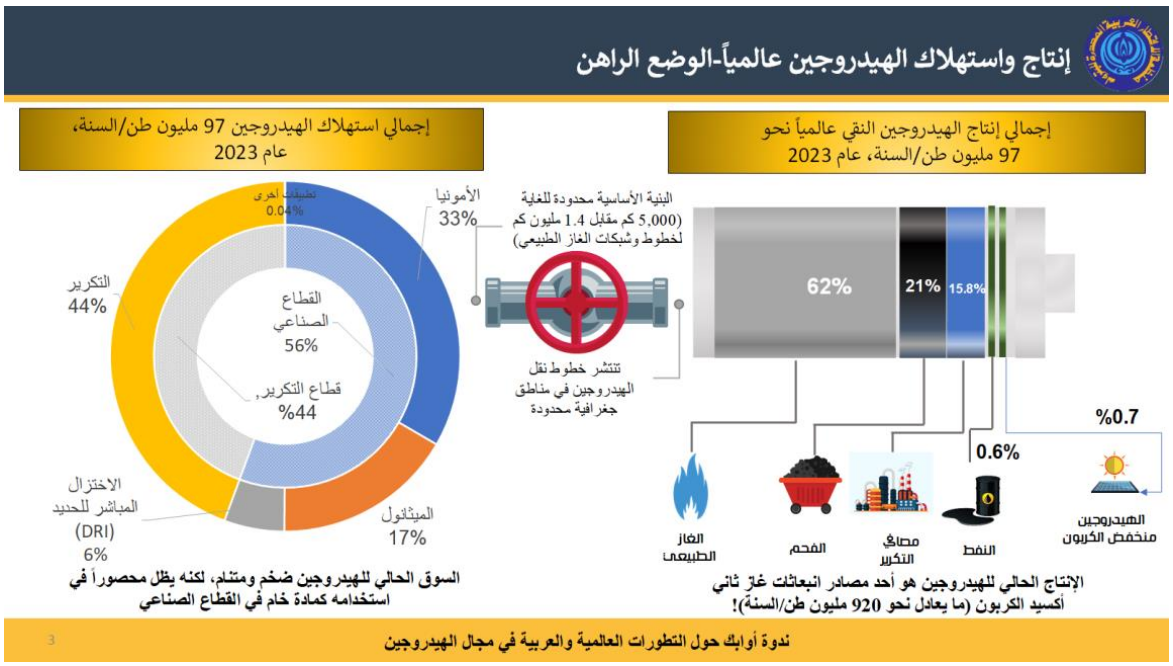


- السوق الحالي للهيدروجين وتوقعات الطلب العالمي
- الهيدروجين في الدول العربية: عوامل النجاح والتحديات
- السياسات والاستراتيجيات العربية
- المشاريع المعلنة للهيدروجين في الدول العربية

تناول العرض في المحور الأول الوضع الراهن لإنتاج واستهلاك الهيدروجين، حيث بلغ إجمالي الإنتاج العالمي من الهيدروجين النقي عام 2023 نحو 97 مليون طن والذي يعتمد في إنتاجه بنسبة 99% على الوقود الأحفوري (الفحم والغاز الطبيعي، والنفط)، بينما تساهم مصادر الطاقة المتجددة بأقل من 1% من الإنتاج العالمي. لذا يعد إنتاج الهيدروجين في الوقت الراهن من المسببات الرئيسية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون بما يصل إلى 920 مليون طن/السنة.

أما من جانب الاستهلاك، فيعد السوق الحالي للهيدروجين سوقاً ضخماً ومتنامياً حيث يصل إجمالي الطلب (**على الهيدروجين النقي**) إلى 97 مليون طن/السنة، لكن استخدامه الرئيسي ينحصر كمادة خام في عدة صناعات مثل تكرير النفط وصناعة الأمونيا والميثانول التي تشكل مجتمعة نحو 94% من إجمالي الطلب العالمي كما هو مبين بالشكل-1.

الشكل-1: إنتاج واستهلاك الهيدروجين عالميا، عام 2023



وتشير التوقعات إلى أن الطلب العالمي على الهيدروجين قد يصل إلى أكثر من **600مليون طن سنويًا بحلول عام 2050**، مما يمثل فرصة استراتيجية للدول العربية لتكون من رواد الإنتاج والتصدير.

أما في المحور الثاني، فقد بين العرض أن الدول العربية لديها فرص قوية للمشاركة في كافة حلقات سلسلة القيمة للهيدروجين، خاصة في مجالي الإنتاج والنقل. فعلى سبيل المثال، يمكن إنتاج الهيدروجين الأخضر- عبر التحليل الكهربائي باستخدام الطاقة الشمسية التي تسجّل معدلات إشعاع تتجاوز **2,200كيلوواط/ساعة لكل متر مربع /السنة** في معظم الدول العربية.. كما أن سرعة الرياح تصل في بعض المناطق إلى 9-11 متر في الثانية. كما أنها الأرخص في تكلفة إنتاج الهيدروجين الرمادي والأزرق التي تتراوح بين 0.9-1.5 دولار لكل كجم وهي تعد الأقل عالميا كما أن إنتاج الأمونيا الخضراء من الهيدروجين يوفر وسيلة فعالة لتخزين ونقل الهيدروجين عبر المحيطات.

أما في المحور الثالث الخاص بجانب السياسات والاستراتيجيات، فقد ارتفع عدد الدول العربية التي أعدت/أعلنت عن الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين إلى 6 دول (دولة الإمارات،

الجمهورية الجزائرية، سلطنة عمان، مصر، تونس الأردن). كما أن الدول العربية تهدف نحو الوصول بإنتاج الهيدروجين منخفض الكربون إلى 8 مليون طن/السنة بحلول 2030 ثم 27.5 مليون طن/السنة بحلول عام 2040.

وفي المحور الرابع من العرض التقديمي، تم استعراض مجموعة من المشاريع الجارية في الدول العربية كما هو مبين بالشكل-2، مثل مشروع "نيوم" في السعودية والذي يستهدف إنتاج 650 طن يوميًا من الهيدروجين الأخضر بحلول عام 2026 باستخدام 4 جيجاواط من الطاقة المتجددة. ومشروع "تعزيز" لإنتاج الأمونيا الزرقاء في دولة الإمارات بطاقة 1 مليون طن/السنة. وفي مصر، تم الإعلان عن عدة مشاريع تصل طاقتها إلى إنتاج 9.2 مليون طن من الهيدروجين سنويًا بحلول 2040. وهذه المشاريع تُظهر مدى جدية المنطقة في الانتقال من التخطيط إلى التنفيذ الفعلي.

الشكل-2: الموقف الراهن لمشاريع مختارة للهيدروجين في الدول العربية

وقد اختتمت العرض بعدة توصيات:

- تحديث خطط الطاقة الوطنية لتأخذ في الاعتبار الدور المستقبلي للهيدروجين في تلبية الطلب على الطاقة وتستطيع الدول العربية الاستناد على ما لديها من خبرة بمصادر الطاقة المتجددة.

- الاســـتفادة من انخفاض تكلفة إنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي بالمنطقة العربية للتوسـع في إنتاج الهيدروجين الأزرق، بما يضـمن اسـتغلال موارد الغاز مسـتقبلا وخلق نافذة تدعم الطلب على الغاز.
- السعي نحو إبرام شراكات استراتيجية مع الأسواق الكبرى للهيدروجين التي ستحتاج إلى استيراده مستقبلاً من خارج أراضيها مثل السوق الأوروبي، والآسيوي.
- إنشاء مراكز للبحوث حول تقنيات إنتاج الهيدروجين وتطبيقاته، ودعم التكامل فيما بينها، وإعداد كوادر مؤهلة للتعامل مع تقنيات الهيدروجين، ونشر الوعي والثقافة حول الهيدروجين وقواعد الأمن والسلامة المرتبطة به.

ورقة بعنوان"دمج الهيدروجين مع الطاقة المتجددة"

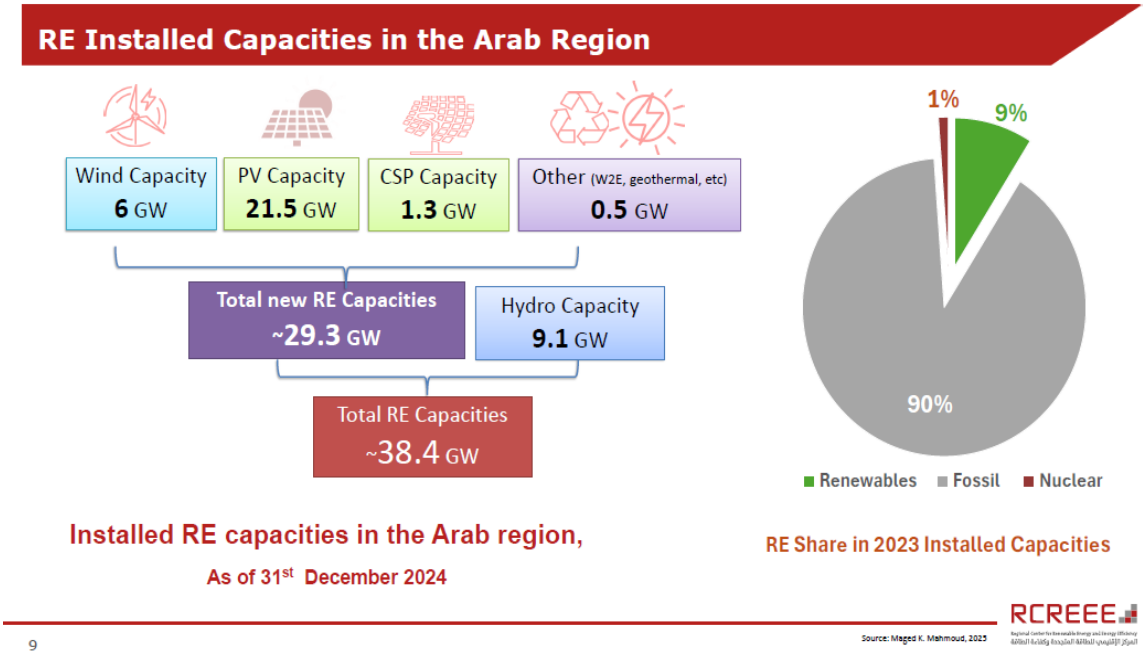
الدكتور ماجد كرم الدين محمود
المدير الفني للمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة
RCREEE

في مستهل حديثه، استعرض الدكتور ماجد الإمكانات الهائلة التي تتمتع بها الدول العربية في مجال إنتاج الهيدروجين الأخضر، استنادًا إلى وفرة موارد الطاقة المتجددة كالشمس والرياح، بالإضافة إلى الموقع الجغرافي الإستراتيجي القريب من الأسواق الأوروبية والآسيوية. موضحاً أن هذه الميزات تمثل فرصة كبيرة لتصدير الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، وتنويع مصادر الدخل في الدول النفطية، والمساهمة في خفض الانبعاثات الكربونية إقليميًا وعالميًا.

كما أوضح أن الهيدروجين يُعد حلاً لتقلبات إنتاج الطاقة المتجددة، خاصة في ظل الطبيعة المتقطعة للرياح والشمس، إذ يُمكن تخزين الكهرباء الزائدة من مصادر الطاقة المتجددة على شكل هيدروجين لاستخدامه لاحقًا. وتم عرض تقنيات متعددة لتحسين التكامل، منها: التحليل الاقتصادي الفني، وتحليل دورة الحياة، وتحسين أنظمة التحكم، وتحسين سلاسل الإمداد.

كما استعرض الوضع الراهن لقدرات الطاقة المتجددة في الدول العربية حتى نهاية 2024، حيث بلغت القدرات المركبة للطاقة المتجددة حوالي 38.4جيجاواط، منها 21.5 جيجاواط خلايا فوتو فولطية، و6 جيجاواط طاقة رياح، و9.1 جيجاواط كهرومائية، كما هو مبين بالشكل-3. وبالرغم من هذا التوسع، لاتزال تكلفة الهيدروجين الأخضر مرتفعة، حيث تتراوح بين 3إلى 4.5 دولار/كجم في المدى القريب، مقارنة بالهيدروجين الرمادي الأرخص بنحو 2 دولار/كجم. الأمر الذي يتطلب دعماً حكومياً وتسهيلات تمويلية لسد الفجوة التنافسية.

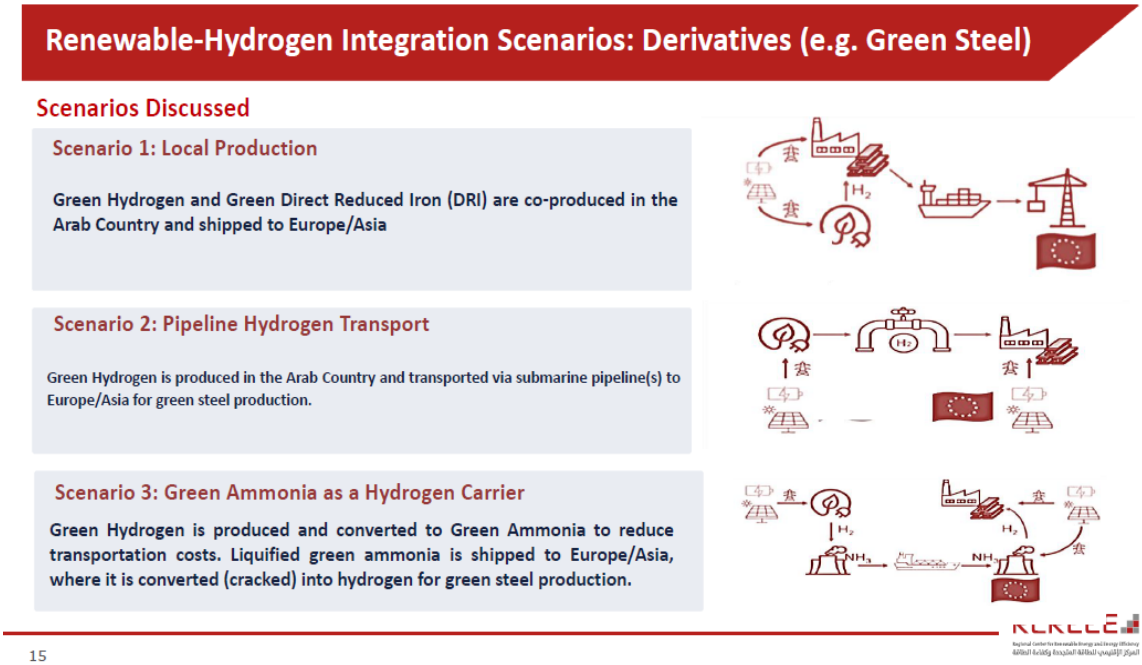
الشكل-3: الوضع الراهن لقدرات الطاقة المتجددة في الدول العربية حتى نهاية 2024



أما عن التكامل بين الهيدروجين ومشـــتقاته والطاقة المتجددة، **فقد** تم اســـتعراض ثلاث سيناريوهات محتملة كما هو مبين بالشكل-4.

1. استخدامه في إنتاج الحديد الأخضر وتصديره إلى أوروبا (عبر استخدام الهيدروجين الأخضر في عملية الاختزال المباشر للحديد).
2. تصدير الهيدروجين مباشرة عبر خطوط الأنابيب إلى أوروبا.
3. تحويله إلى أمونيا خضراء وتصديرها لتقليل التكاليف، ومن ثم يعاد تفكيك الأمونيا مجدداً في الأسواق المستقبلة.

الشكل-4: سيناريوهات تصدير الهيدروجين ومشتقاته



وفي الختام، وضعت الورقة مجموعة من التوصيات للإسراع ببناء اقتصاد للهيدروجين تتضمن:

- تبني أطر تنظيمية واضحة تشمل تعريفات ومعايير للهيدروجين الأخضر.
- تعزيز الحوافز المالية كالمناقصات التنافسية، والدعم الضريبي، وضمانات التمويل.
- إقامة شراكات تصديرية مع الاتحاد الأوروبي والدول المستوردة لتأمين الأسواق.
- تطوير بنية تحتية مرنة تشمل الأنابيب، والخزانات، ومرافق التسييل.
- تشجيع الابتكار ونقل التكنولوجيا من خلال التعاون بين القطاعين العام والخاص.
- بناء قدرات بشرية محلية من خلال التدريب والتعليم في مجالات الطاقة والهيدروجين.
- تعزيز التكامل الإقليمي من خلال إنشاء أسواق عربية مشتركة للهيدروجين ومنتجاته.

الجلسة الثانية

التحديات التقنية والاقتصادية للهيدروجين وسبل التغلب عليها

إدارة الجلسة: المهندس وائل حامد عبد المعطي، خبير صناعات غازية، أوابك

ناقشت الجلسة أبرز التحديات التقنية والاقتصادية في مجال الهيدروجين، والتحديات التي تواجه سلاسل التوريد، وأهمية الابتكار في الإسراع ببناء اقتصاد للهيدروجين، والتعرف على التجارب الأوروبية في استغلال شبكات الغاز، بمشاركة **3** متحدثين:

- الدكتورة Barbara Jinks، مديرة مبادرة Ready4H2.
- المهندس هشام توفيق، مستشار رئيس مجلس الإدارة والعضو المنتدب، شركة انبي.
- المهندس محمد عطية، مهندس عمليات، الشركة المصرية للتكرير.

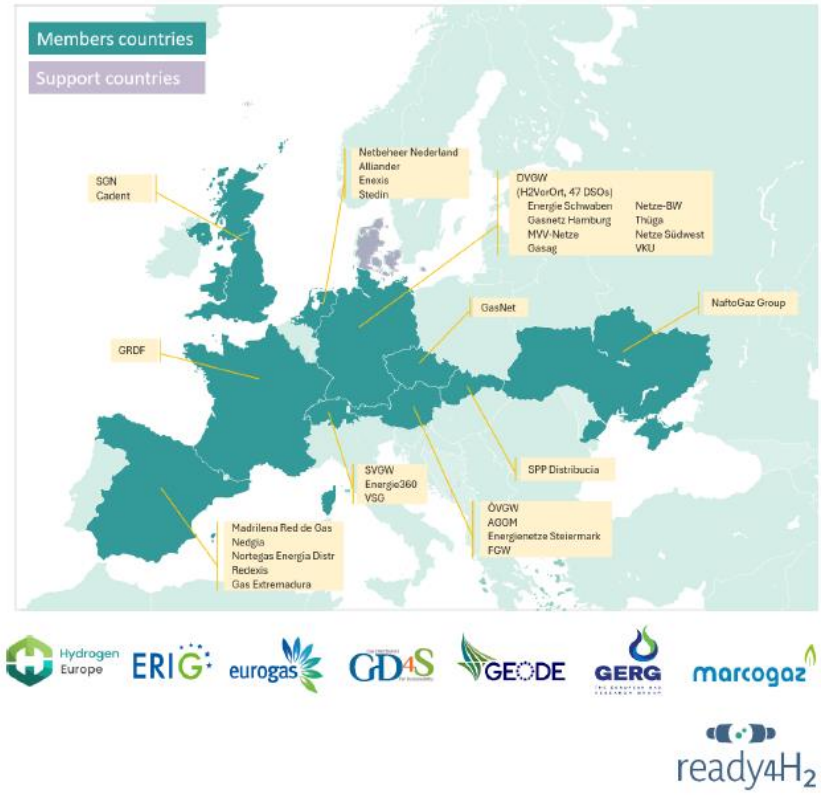
ورقة بعنوان" مبادرة Ready4H2 ودورها في التحول الطاقي الأوروبي"

Dr. Barbara Jinks
Director, Ready4H2

أوضحت الدكتورة Jinks أن مبادرة (Ready4H2)هي المبادرة الأوروبية الوحيدة التي تركز حصريًا على عملية نقل وتوزيع الهيدروجين، حيث تضم أكثر من 70 من مشغلي شبكات توزيع الغاز في عشر دول أوروبية، كما هو مبين بالشكل-5. وهي تهدف إلى دعم الانتقال إلى سوق للهيدروجين كطاقة نظيفة، من خلال تحويل شبكات توزيع الغاز الأوروبي الحالية إلى شبكات قادرة على نقل الهيدروجين.

وفي هذا الصدد، أوضحت الورقة أن شبكات توزيع الغاز تشكل مكونًا أساسيًا في منظومة الطاقة الأوروبية، حيث تخدم أكثر من 90 مليون مستهلك عبر قطاعات مختلفة تشمل الصناعة، والنقل، وتوليد الطاقة، والتدفئة. وتشير البيانات إلى أن 99% من العملاء الصناعيين والتجاريين يعتمدون على شبكات التوزيع. ويبلغ طول شبكات التوزيع حوالي 1.6 مليون كيلومتر، أي ما يمثل أكثر من نصف إجمالي الشبكات عموماً في أوروبا.

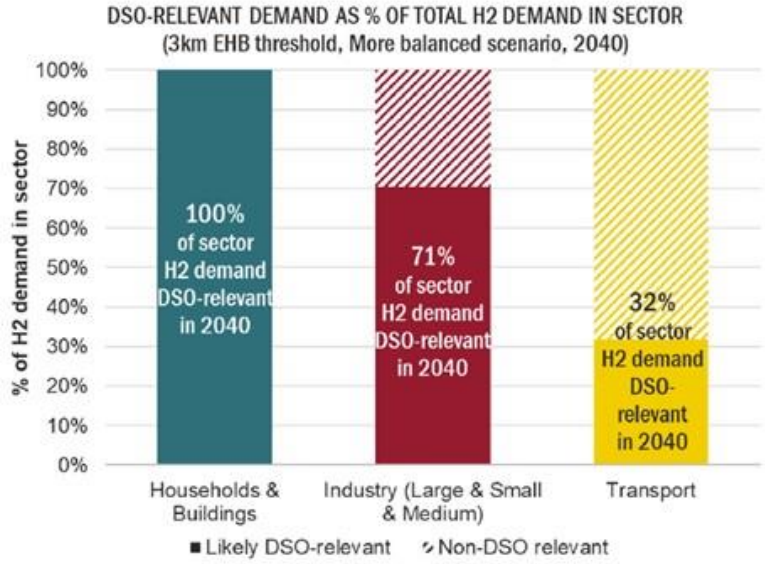
الشكل-5: الدول الأوروبية المشاركة في مبادرة Ready4H2



ولتقدير الطلب المستقبلي على الهيدروجين في القطاعات المختلفة حتى عام 2050، تم إجراء دراسة تحليلية جغرافية، وفقًا لعدة سيناريوهات لإزالة الكربون، تشمل مصادر الإنتاج، التوزيع الإقليمي، ومدى التوافق بين مواقع الطلب وشبكات النقل. وتُظهر النتائج أن هناك فجوات في البنية التحتية تتطلب توسيع شبكات التوزيع لسد احتياجات الاستهلاك، خاصة في القطاعات الصناعية والنقل والمباني.

وقد توقعت الدراسة أن يزداد الاعتماد على شبكات التوزيع لنقل الهيدروجين بشكل كبير بحلول عام 2040، حيث من المتوقع أن يتم تلبية 44% إلى 50% من الطلب الإجمالي من خلال هذه الشبكات. ويشمل ذلك أكثر من 70% من الطلب الصناعي، ونسبة كبيرة من الطلب في قطاعي النقل، بينما تصل النسبة إلى 100% من الطلب في القطاع السكني كما هو مبين بالشكل-6، الأمر الذي يبرز أهمية دور شبكات التوزيع في تلبية الطلب المستقبلي على الهيدروجين.

الشكل-6: دور شبكات النقل في تلبية الطلب المستقبلي على الهيدروجين في أوروبا بحلول 2040 وفق القطاعات



أما عن دراسة الجدوى المالية والفنية لإعادة استخدام الشبكات، فقد أظهرت الدراسات أن تحويل شبكات توزيع الغاز القائمة لاستخدام الهيدروجين بدلاً من بناء شبكات جديدة هو خيار مجدٍ اقتصاديًا، ويوفر تكاليف كبيرة تصل إلى 91% في البنية التحتية و50% في محطات القياس والتنظيم. كما تبيّن أن إعادة التهيئة ممكنة من الناحية الفنية في جميع الدول التي شملتها الدراسة.

كما تطرقت الورقة إلى قاعدة بيانات مبادرة Ready4H2 التي باتت تضم أكثر من 50 مشروعًا في مراحل متعددة، منها ما هو ميداني ومنها ما زال في مرحلة الدراسة. وتشير النتائج إلى أن 74% من هذه المشاريع تعتمد على شبكات أعيد تهيئتها، و68% منها تعمل على نقل الهيدروجين النقي. وقد أُنجز 32% من هذه المشاريع بنجاح.

وفي الختام، خلصت الورقة إلى أن نجاح التحول الطاقوي في أوروبا غير ممكن دون الاعتماد على شبكات توزيع الغاز لنقل الهيدروجين. ويمثل تحويل هذه الشبكات فرصة لتوفير طاقة نظيفة ومرنة في المناطق التي يصعب فيها الاعتماد على مصادر بديلة كالغاز الحيوي. كما توفر هذه الشبكات وسيلة فعالة لربط مواقع إنتاج الهيدروجين الخضراء بالمستهلكين، وتُعد أحد أبرز الأدوات لتحقيق أهداف خفض الانبعاثات الكربونية في القارة الأوروبية.

ورقة بعنوان
" دور الابتكار التكنولوجي في دعم الهيدروجين منخفض الكربون"

المهندس هشام توفيق
مستشار رئيس مجلس الإدارة والعضو المنتدب، شركة انبي

قدم المهندس هشام توفيق تحليلًا شاملًا لتحديات سلاسل الإمداد للهيدروجين الأخضر في إطار التحول الطاقي من الاعتماد على الهيدروكربونات إلى مصادر الطاقة النظيفة. وفي مستهل حديثه، أبرز إمكانات الهيدروجين الأخضر كبديل خالٍ من الكربون، وتطبيقاته في الصناعات المختلفة كوقود ومادة خام للعمليات الكيميائية. مع التأكيد على أهمية تقليل انبعاثات غازات الدفيئة ودعم جهود إزالة الكربون العالمية، والتركيز على الدور الحاسم للطاقة المتجددة في إنتاج الهيدروجين عبر التحليل الكهربائي باستخدام المياه والكهرباء النظيفة.

كما تطرقت الورقة إلى ما يواجه سلاسل إمداد الهيدروجين الأخضر من تحديات تقنية واقتصادية متعددة تشمل إنتاجه، تخزينه، نقله، واستخدامه. حيث يتطلب إنتاج كجم واحد من الهيدروجين الأخضر حوالي 50-55 كيلوواط ساعة من الكهرباء و9 لترات من المياه. وهو الأمر الذي يثير تحديات تتعلق بتوافر الطاقة المتجددة المتقطعة، وكيفية إدارة مخلفات تحلية المياه، وكفاءة المحللات الكهربائية (مثل القلوية وغشاء تبادل البروتونات). أما التخزين والنقل، فيواجهان عقبات مثل ارتفاع تكاليف الضغط (350-700 بار) أو التسييل (-253 درجة مئوية)، وفقدان الطاقة أثناء النقل عبر خطوط الأنابيب أو الشحن كأمونيا أو حاملات عضوية. بالإضافة إلى ذلك، يتطلب استخدام الهيدروجين في الصناعات تعديل البنية التحتية الحالية، مما يزيد من التعقيد والتكلفة.

ولتجاوز هذه التحديات، وتعزيز دور الهيدروجين في دعم التحول الطاقي وتحقيق أهداف الاستدامة العالمية، أوصت الورقة بما يلي:

- إقامة مرافق إنتاج الهيدروجين بالقرب من المستهلكين الرئيسيين لتقليل تكاليف النقل، والاستثمار في تطوير البنية التحتية وتحديث المنشآت القائمة.
- أهمية التطوير المستمر لتقنيات سلسلة الإمداد، مثل تحسين كفاءة المحللات وتخزين الهيدروجين.
- تعزيز التعاون الدولي لتطوير أطر سياسية، وحوافز داعمة، وتشريعات تسهل نشر الهيدروجين الأخضر.

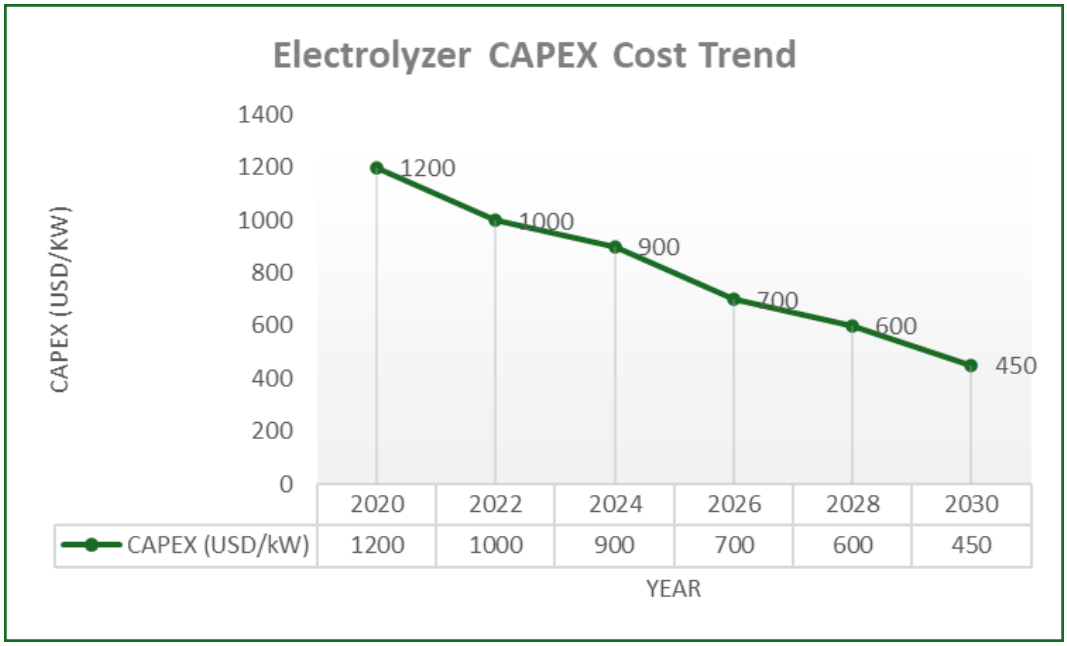
ورقة بعنوان
" دور الابتكار التكنولوجي في دعم الهيدروجين منخفض الكربون"

المهندس محمد عطية
مهندس عمليات، الشركة المصرية للتكرير

قدم المهندس محمد عطية عرضاً تناول أحدث التطورات التقنية التي تساهم في تسريع الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون، مركّزًا على الابتكار في المحللات الكهربائية، تقنيات احتجاز وتخزين الكربون(CCS) ، وسائل نقل وتخزين الهيدروجين، وتقنيات تسييله، مع تسليط الضوء على فرص التكامل الإقليمي لتعزيز مكانة الدول العربية في هذا القطاع.

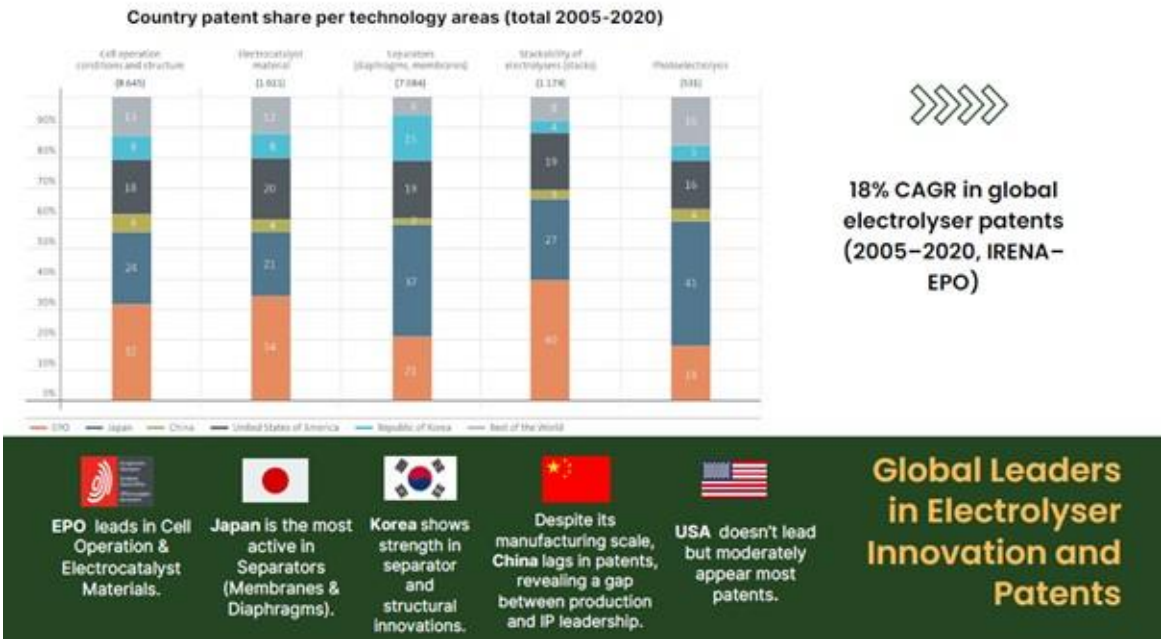
أوضحت الورقة أن المحللات الكهربائية تُشكّل ما بين 30% إلى 50% من تكلفة إنتاج الهيدروجين الأخضر. وقد انخفضت تكلفة تصنيعها من 1500 دولار/كيلوواط في 2015 إلى 900 دولار حاليًا، مع توقعات بالوصول إلى أقل من 500 دولار بحلول 2030، كما هو مبين بالشكل-7. وساهمت الابتكارات التقنية في تطوير أنواع متقدمة المحللات الكهربائي مثل AEM التي تجمع بين الكفاءة العالية وانخفاض التكاليف، وتقنية SOEC التي تحقق كفاءة تتجاوز 80% خاصة عند استغلال الحرارة المهدرة.

الشكل-7: تطور التكاليف الرأسمالية للمحللات الكهربائية بحلول عام 2030



أما من جانب الابتكار وبراءات الاختراع (الشكل-8)، فتتصدر الولايات المتحدة واليابان والاتحاد الأوروبي تتصدر المشهد العالمي، بينما تركز الصين على القدرات التصنيعية دون تحقيق تقدم مماثل في تسجيل براءات الاختراع.

الشكل-8: توزيع الابتكار وبراءات الاختراع في التقنيات المختلفة للهيدروجين حسب الدولة



أما من جانب الابتكار في نقل وتخزين الهيدروجين، فيعتبر النقل عبر الأنابيب الخيار الأمثل للمسافات القصيرة والمتوسطة، بتكلفة تتراوح بين 0.1 إلى 0.3 دولار لكل كيلوغرام لكل 100 كيلومتر. بينما تعتمد المسافات الطويلة على النقل عبر الأمونيا والنواقل العضوية السائلة (LOHCs)، التي توفر حلولًا آمنة وفعالة للتخزين والنقل .

أما تسييل الهيدروجين، فهو يساهم في تسهيل نقله وتخزينه بكميات كبيرة، رغم أن العملية تستهلك ما بين 30% إلى 35% من محتوى الطاقة. لكن من الممكن عبر الابتكارات التقنية أن يتم خفض هذا الاستهلاك إلى حدود 18% إلى 20% بحلول عام 2030، عبر تحسين دورات التبريد.

في سياق آخر، أوضحت الورقة أنه من المتوقع أن يحتاج الهيدروجين منخفض الكربون إلى استثمارات تقدر بنحو 300 مليار دولار سنويًا بحلول 2030، مقارنة بـ 9 مليار دولار فقط في عام 2023. ومن ثم فإن تفعيل أسواق شهادات الكربون يسهم في سد الفجوة التمويلية

وتحقيق عوائد مالية إضافية لمشاريع الهيدروجين، خاصة عبر بيع شهادات خفض الانبعاثات في الأسواق الطوعية والتنظيمية.

وفي القسم الأخير من العرض، تطرق المتحدث إلى أهمية التكامل الإقليمي لتعزيز موقع الدول العربية في سوق الهيدروجين العالمي، من خلال تطوير بنية تحتية إقليمية متكاملة تشمل خطوط أنابيب وموانئ تصدير متخصصة، وتوحيد المعايير الفنية والتشريعية لدعم تنافسية المنتج العربي في الأسواق العالمية. موضحاً أن الجزائر يمكن أن تمثل ممرًا استراتيجيًا لتصدير الهيدروجين إلى أوروبا، بينما تمتلك مصر مقومات لتكون مركزًا لوجستيًا عالميًا بفضل موقع قناة السويس ومواردها المتجددة. كما تركز السعودية على مشروعات كبرى مثل نيوم لإنتاج الهيدروجين الأخضر، وتُسهم سلطنة عمان والإمارات وقطر في دفع عجلة تطوير هذا القطاع عبر استثمارات ضخمة وخبرات فنية متقدمة.

وقد أوصت الورقة بأهمية تكثيف التعاون الإقليمي لتأسيس سوق عربية موحدة للهيدروجين منخفض الكربون، والعمل على توحيد المعايير الفنية والتشريعية لدعم تنافسية المنتج العربي وتحقيق التنمية المستدامة للأجيال القادمة.

الجلسة الثالثة

التحديات التقنية والاقتصادية للهيدروجين وسبل التغلب عليها

إدارة الجلسة:

الدكتور ماجد كرم الدين محمود، المدير الفني، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة

المهندس وائل حامد عبد المعطي، خبير صناعات غازية، أوابك

استعرضت الجلسة تجارب عدداً من الدول العربية في بناء سياسات واستراتيجيات وطنية للهيدروجين، ودراسة البنية التحتية، والمقومات المحلية، والتوجهات المستقبلية، بمشاركة 6 متحدثين:

- سعادة المهندسة أماني محمد العزام، أمين عام وزارة البترول والثروة المعدنية الأردنية.
- المهندسة ياسمين الأدغم، وزارة النفط - دولة الكويت.
- المهندس أحمد الزواوي، مهندس عمليات-جاسكو.
- المهندس مصطفى بشير، المستشار الفني الأول لعمليات استكشاف وإنتاج النفط والغاز وزارة البترول والمعادن والطاقة في موريتانيا.
- المهندس محمد أشكناني -مهندس إنشاءات، شركة نفط الكويت.
- السيدة نهال منصوري، قائدة إقليمية- شبكة نساء في الهيدروجين الأخضر.

ورقة بعنوان

" استراتيجية الهيدروجين الأخضر في الأردن"

المهندسة أماني محمد العزام

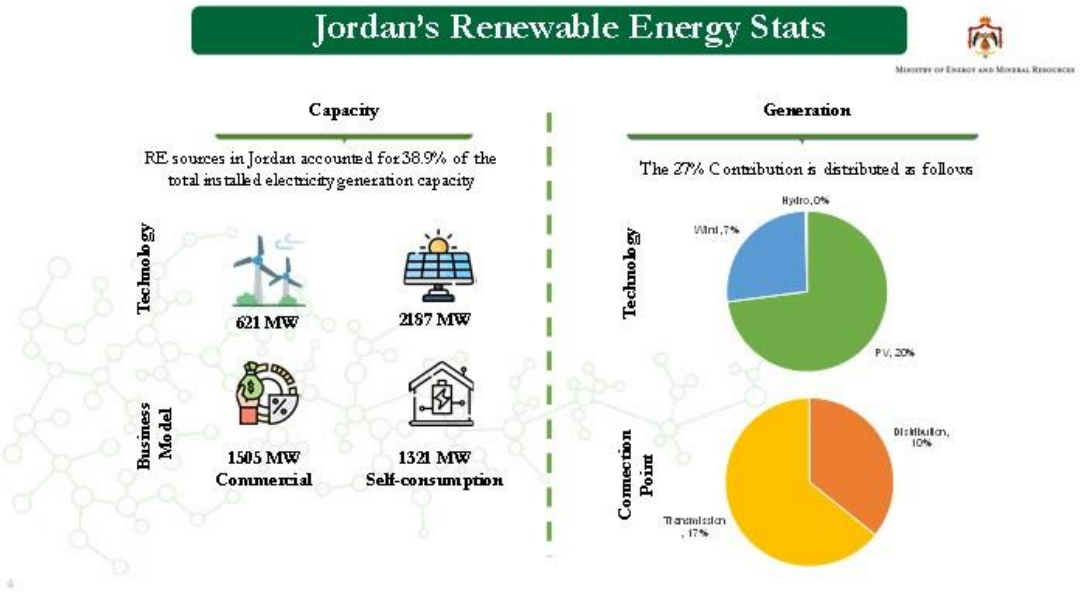
أمين عام وزارة البترول والثروة المعدنية الأردنية

أوضحت المهندسة أماني، أن الأردن يتمتع بمزايا فريدة تدعم تطوير الهيدروجين الأخضر، تشمل وفرة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، مما يتيح إنتاج الهيدروجين بتكلفة تنافسية. كما يعزز موقعه الجغرافي، في قلب المنطقة العربية، من قدرته على تصدير الهيدروجين إلى الأسواق العالمية.

في سياق متصل، يحتل الأردن المرتبة الأولى إقليميًا في سعة الطاقة المتجددة المركبة (باستثناء الطاقة الكهرومائية) وفقًا لتقرير مؤشر الطاقة المستقبلية العربية (AFEX) لعام 2022، حيث شكلت مصادر الطاقة المتجددة 38.9% من إجمالي سعة توليد الكهرباء في عام

2022، بإجمالي 2187 ميجاواط، منها 1321 ميجاواط للاســـتخدام التجاري، كما هو مبين بالشكل-9.

الشكل-9: وضع الطاقة المتجددة في الأردن (السعة المركبة، توليد الكهرباء)



وفي سياق الحديث عن الهيدروجين، وضع الأردن خارطة طريق للهيدروجين الأخضر بالتعاون مع شركاء ألمان وهولنديين، تحدد الأهداف الرئيسية حتى عام 2050 على النحو التالي:

- **المرحلة الأولى (2030-2035)**

إنتاج 0.59 مليون طن من الهيدروجين الأخضر (0.5 مليون طن للتصدير، 0.09 مليون طن للاستخدام المحلي)، مع تجنب 4.2 مليون طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، استثمارات بقيمة 2.8 مليار دولار، وخلق أكثر من 11,228 فرصة عمل .

- **المرحلة الثانية بحلول عام 2040**

إنتاج 1.5 مليون طن (1 مليون طن للتصدير، 0.5 مليون طن محلياً)، مع تجنب 6.1 مليون طن من الانبعاثات، استثمارات بقيمة 7.8 مليار دولار، وخلق 30,163 فرصة عمل .

- **المرحلة الثالثة بحلول عام 2050**

إنتاج 3.4 مليون طن (2.3 مليون طن للتصدير، 1.1 مليون طن محلياً)، مع تجنب 8.2 مليون طن من الانبعاثات، استثمارات بقيمة 17.5 مليار دولار، وخلق 65,479 فرصة عمل.

ولدعم تلك الخطة، خصصت وزارة الطاقة والثروة المعدنية مساحات واسعة لتطوير الطاقة المتجددة، تشمل 9000 كم² لطاقة الرياح و1000 كم² للطاقة الشمسية. كما خصصت هيئة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة 5.2 كم² في المنطقة الصناعية لإقامة منشآت الهيدروجين الأخضر، مع موقع مخصص لتزويد المياه المحلاة. كما يجري التعاون مع البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية (EBRD) لتطوير بنية تحتية مشتركة (CUI) تشمل خطوط نقل وتسهيلات تخزين، ومحطة تصدير، لتقليل التكاليف وضمان الوصول العادل. كما وقّعت الوزارة 14 مذكرة تفاهم واتفاقية إطارية واحدة مع مستثمرين دوليين لإجراء دراسات جدوى، مما يعكس اهتمامًا عالميًا بمشاريع الهيدروجين الأخضر في الأردن. كما حددت الوزارة عملية استثمار واضحة تتضمن ثلاث مراحل:

- **المرحلة التحضيرية** (سنة واحدة) :يقدم المستثمر خطاب نوايا، يتبعه توقيع مذكرة تفاهم وإجراء دراسات مكتبية تشمل تقريرًا فنيًا وتفاصيل الأراضي المطلوبة (غير ملزمة) .
- **مرحلة التطوير** (2-3 سنوات) :تشمل اتفاقية استخدام الأرض ودراسات جدوى تفصيلية (ما قبل الجدوى والبنكية)، وهي مشروطة بنجاح الدراسات .
- **مرحلة التنفيذ** (مدى عمر المشروع) :تتضمن اتفاقية استثمار ملزمة، اتفاقيات إيجار الأرض، اتفاقيات مع المقرضين، واتفاقيات استخدام الميناء وسحب مياه البحر.

أما من الجانب التشريعي، فقد أدخل الأردن تعديلات تشريعية رئيسية:

- تعديل قانون الكهرباء :يسمح لمنتجي الطاقة المتجددة ببيع الكهرباء مباشرة لمنتجي الهيدروجين، ويسمح بإنشاء خطوط نقل/توزيع مستقلة كبنية تحتية مشتركة، ويجعل تخزين الكهرباء نشاطًا مرخصًا .
- قانون الغاز الجديد :يعترف بالهيدروجين الأخضر كوقود غازي، ويجعل جميع الأنشطة المتعلقة بالغاز (نقي أو مختلط) مرخصة، ويسمح بالملكية الخاصة لخطوط أنابيب الغاز، مع تنظيم التعرفة والضرائب.

وفي الختام أوصت المتحدثة بما يلي:

- تعزيز الشراكات الدولية لجذب الاستثمارات وتبادل الخبرات .
- الاستثمار في البحث والتطوير لخفض تكاليف الإنتاج
- توفير حوافز مالية وتنظيمية إضافية لتشجيع المستثمرين.

ورقة بعنوان

" استراتيجية دولة الكويت في تعزيز استخدام الهيدروجين الأخضر للوقود"

المهندسة ياسمين الأدغم، وزارة النفط - دولة الكويت

في مستهل حديثها، أوضحت المهندسة ياسمين أن الكويت تسعى إلى تعزيز مكانتها في قطاع الطاقة النظيفة من خلال الاستثمار في الهيدروجين كمصدر طاقة مستدام، وذلك في إطار رؤية "كويت جديدة 2035". يُعتبر الهيدروجين، خاصة الهيدروجين الأخضر المنتج باستخدام الطاقة المتجددة، حلاً واعدًا لتقليل الانبعاثات الكربونية وتنويع مصادر الطاقة في البلاد.

واستعرضت المبادرات المختلفة التي قامت بها عدة جهات وطنية داخل الكويت وهي:

- **مؤسسة البترول الكويتية**: تقوم المؤسسة بدراسة إنتاج الهيدروجين الأزرق، الذي يتم إنتاجه من الغاز الطبيعي مع تقنية التقاط وتخزين الكربون.
- **شركة البترول الوطنية الكويتية**: تقوم بإعداد دراسات نحو تطبيقات الهيدروجين في مختلف المجالات مثل الطاقة المتجددة، النقل النظيف، والصناعات الثقيلة.
- **معهد الكويت للأبحاث العلمية**: يركز المعهد على دراسة إمكانية إنتاج الهيدروجين الأخضر ودراسات متعمقة لاستخدام الهيدروجين في القطاعات الصناعية المختلفة مثل البتروكيماويات، الطاقة، والنقل.

وفي هذا الصدد، استعرضت المتحدثة مشروع بحثي بعنوان "تقييم إمكانية استهلاك الهيدروجين والأمونيا الزرقاء والخضراء في قطاع توليد الطاقة في الكويت، يقوم به معهد الكويت للأبحاث العلمية كما يلي:

أهداف المشروع

- مقارنة حرق الوقود الخالي من الكربون بالوقود التقليدي في محطات توليد الطاقة بالكويت من منظور الطاقة والاقتصاد والبيئة.
- التحقق في العائد والتكلفة لاستهلاك الهيدروجين الأزرق والأخضر والأمونيا كبديل للوقود الأحفوري.

- تحديد التكلفة الموزونة للهيدروجين والأمونيا الأزرق والأخضر في الكويت ومقارنتها بالدول الأخرى.
- تحديد الوقود الخالي من الكربون الأكثر موثوقية والذي يمكن أن يحد من استهلاك الوقود الأحفوري في صناعة توليد الطاقة.

العوائد التنموية

- يعتبر هذا المشروع الأول من نوعه في الكويت من حيث النتائج الفنية المتوقعة في مجال الوقود البديل
- سيعمل هذا المشروع على تعزيز بناء قدرات الباحثين والمهندسين والمهنيين في معهد الكويت للأبحاث العلمية في مجال ذات أهمية حديثة.
- التعاون والتوسع والنشر التجاري. سيكون المشروع في نهاية المطاف كمساهمة لبرنامج تقنيات كفاءة الطاقة في إيجاد حلول مجدية بيئيا واقتصاديا لتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة.

وفي الختام، طرحت المتحدثة مجموعة من التوصيات الاستراتيجية تهدف الى تعزيز فرص نجاح الكويت في تنفيذ خطتها في مجال الطاقة المتجددة والهيدروجين الأخضر وهي:

- تسريع وتيرة تنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة والهيدروجين.
- تطوير خطة وطنية شاملة للطاقة النظيفة حتى عام 2025.
- دعم الابتكار والبحث العلمي في مجالات الطاقة والهيدروجين.
- تأهيل وتدريب الكوادر الوطنية للعمل في هذا القطاع الحيوي.
- تهيئة البنية التحتية المناسبة لإنتاج ونقل الطاقة النظيفة.
- تعزيز التعاون الخليجي والدولي في مشاريع الطاقة المتجددة والهيدروجين.

ورقة بعنوان
" الهيدروجين في مصر "

المهندس أحمد الزواوي، مهندس عمليات-جاسكو

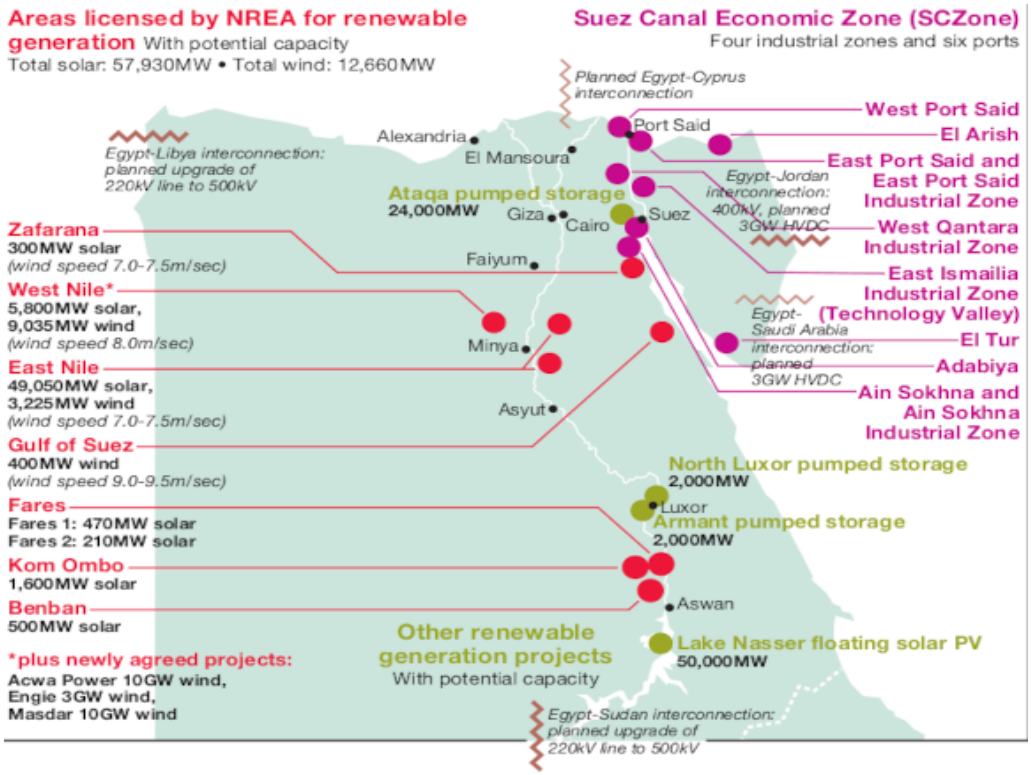
في مستهل حديثه، أوضح المهندس أحمد، أن مصر تعتمد تقليديًا على الوقود الأحفوري، خاصة الغاز الطبيعي، لتلبية احتياجاتها الطاقوية، لكنها بدأت منذ عام 2019 في التحول نحو الطاقة المتجددة لتقليل الانبعاثات. وأبرز أن مصر تسعى لتصبح مركزًا عالميًا للهيدروجين الأخضر، مستفيدة من مواردها المتجددة الوفيرة، واحتياطيات الغاز الطبيعي، وموقعها الاستراتيجي.

وفي هذا الصدد، تخطط مصر لإنتاج 3.2 مليون طن من الهيدروجين بحلول 2030 و9.2 مليون طن بحلول 2040، بهدف الاستحواذ على 8% من السوق العالمية القابلة للتداول بحلول 2040. وقد أطلقت الحكومة 32 مشروعًا بقيمة 5.4 تريليون جنيه مصري (175 مليار دولار) لتحقيق هذا الهدف.

أما من جانب السياسات والحوافز فقد أقرت الحكومة المصرية في يناير 2024، قانونًا جديدًا (رقم 2 لعام 2024) لدعم مشاريع الهيدروجين الأخضر من خلال حوافز مالية وتنظيمية. تشمل الحوافز المالية استرداد ضريبي بنسبة 33-55%، وإعفاء من ضريبة القيمة المضافة على الواردات (باستثناء سيارات الركاب)، وضريبة صفرية على الصادرات، وإعفاءات من الضرائب العقارية. كما تشمل الحوافز التنظيمية اعتماد رخصة واحدة لجميع مراحل المشروع، وتسهيلات في الاستيراد والتصدير، وإمكانية توظيف عمالة أجنبية بنسبة 30%، وتخفيض رسوم الموانئ بنسبة 30% ورسوم الأراضي بنسبة 25%.

وفي سياق الحديث عن المشروعات المعلنة في مجال الهيدروجين، فقد وقّعت مصر 29 مذكرة تفاهم لتطوير الهيدروجين الأخضر، حُوّلت 12 منها إلى اتفاقيات إطارية، تتركز معظمها في منطقة قناة السويس لتصدير الهيدروجين إلى أوروبا، كما هو مبين بالشكل-10.

الشكل-10: توزيع مشاريع الهيدروجين في مصر حتى مطلع 2025



ومن أبرز المشاريع المعلنة للاستثمار في الهيدروجين في مصر:

- مشروع مصر للهيدروجين الأخضر :أول مصنع متكامل في إفريقيا، يعتمد على 290 ميجاوات من الطاقة الشمسية والهوائية لتشغيل محطة تحليل كهربائي بقدرة 100 ميجاوات، لإنتاج 13,000 طن من الهيدروجين و74,000 طن من الأمونيا الخضراء سنويًا، مع اتفاقية شراء لمدة 20 عامًا مع شركة Hintco الألمانية .
- مشروع دمياط للأمونيا الخضراء :يهدف إلى إنتاج 150,000 طن من الأمونيا سنويًا باستثمارات 890 مليون دولار، بالتعاون مع شركات مثل SCATEC و Yara
- مشروع :DAI Infrastructure يشمل تخصيص 780 كم² لتطوير مزارع رياح وطاقة شمسية، مع اتفاقيات شراء لـ 800,000 طن من الأمونيا سنويًا بداية من 2028. كما تعاونت مصر مع السعودية في صفقات استثمارية بقيمة 7.7 مليار دولار لتطوير الهيدروجين الأخضر والبنية التحتية.

وتهدف مصر من خلال هذه المشاريع إلى زيادة الناتج المحلي الإجمالي بقيمة 10-18 مليار دولار بحلول 2050 من خلال الهيدروجين الأخضر، وخفض تكلفة إنتاجه إلى 1.7 دولار/كجم، لتكون الأرخص عالميًا. ومن المتوقع أن تولد هذه المشاريع أكثر من 100,000 فرصة عمل، مما يساهم في خفض البطالة إلى 5% بحلول 2030..

لكن لايزال هناك عدة تحديات في تطوير سوق الهيدروجين، منها:

- **التحديات الاقتصادية** :ارتفاع تكلفة إنتاج الهيدروجين باستخدام إصلاح الميثان بالبخار أو التحليل الكهربائي مقارنة بالوقود التقليدي .
- **التحديات التقنية** :الحاجة إلى تقنيات إنتاج أكثر كفاءة وتوسيع نطاق الإنتاج لخفض التكاليف .
- **التحديات التنظيمية والبنية التحتية** :نقص البنية التحتية للإنتاج والنقل، وصعوبات التمويل للمشاريع الأولية .
- **عدم اليقين في السوق** :مخاوف بشأن كفاية الإنتاج، تكاليف الاستثمار، ومحدودية مشاركة الشركات الصغيرة، مما قد يعيق التعاون.

وللتغلب على هذه التحديات وتوسيع صناعة الهيدروجين، أوصى العرض التقديمي بما يلي:

- دمج الهيدروجين في استراتيجيات الطاقة طويلة الأجل، مع وضع أهداف واضحة للقطاعات الصعبة مثل التكرير والصناعات الكيميائية والصلب .
- تحفيز الطلب التجاري من خلال سياسات تخلق أسواقًا مستدامة للهيدروجين النظيف، مع دعم التكاليف .
- تقليل مخاطر الاستثمار من خلال تقديم قروض مضمونة ومحدودة المدة لدعم المستثمرين الأوائل .
- الاستثمار في البحث والتطوير لتطوير تقنيات إنتاج أكثر كفاءة وخفض التكاليف .
- تعزيز التعاون الدولي مع الدول والشركات العالمية لتبادل الخبرات والتمويل، مع الاستفادة من الموارد المحلية مثل الطاقة المتجددة والغاز الطبيعي.

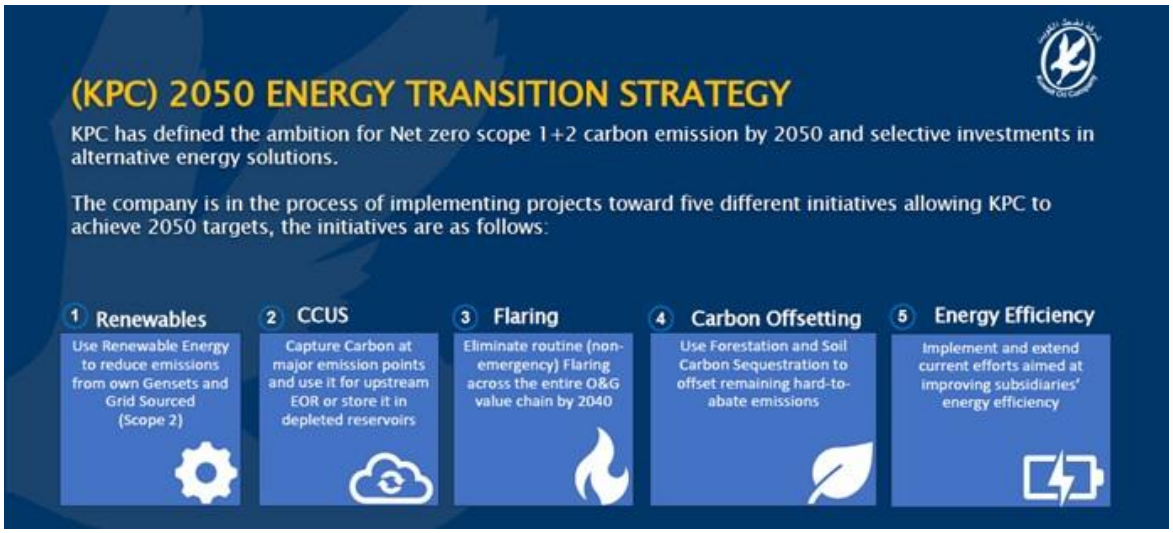
ورقة بعنوان

" الهيدروجين منخفض الكربون ومشتقاته في غرب الكويت"

المهندس محمد أشكناني -شركة نفط الكويت

في مستهل حديثه، استعرض المهندس أشكناني، استراتيجية مؤسسة البترول الكويتية لتحول الطاقة بحلول عام 2050، والتي تتضمن خمس مبادرات رئيسية كمـــا هو مبين بالشـكل-11، تشمل تطوير الطاقة المتجددة، احتجاز واستخدام وتخزين الكربون(CCUS) ، القضاء على الحرق الروتيني للغاز بحلول 2040، التعويض الكربوني عبر التشجير وتخزين الكربون في التربة، وتحسين كفاءة الطاقة.

الشكل-11: المبادرات الخمس في استراتيجية مؤسسة البترول الكويتية لتحول الطاقة بحلول عام 2050

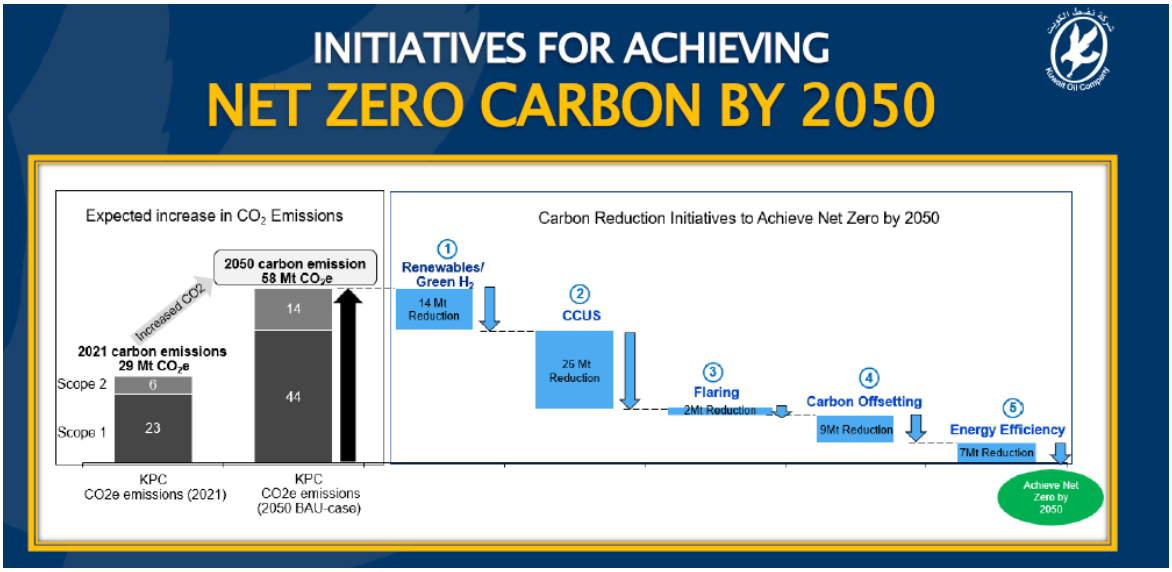


ويبرز الهيدروجين منخفض الكربون كعنصر أساسي في هذه الاستراتيجية، مدعوماً بالطاقة المتجددة وتقنيات احتجاز الكربون، لتقليل البصمة الكربونية للقطاع النفطي وتعزيز الاستدامة.

وبحسب استراتيجية المؤسسة، فإن تحقيق سيناريو صفر انبعاثات بحلول عام 2050، سيتطلب تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في كل عنصر من الاستراتيجية كما هو مبين

بالشكل-12، علماً بأن الانبعاثات قد تصل إلى نحو 58 مليون طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون في حالة سيناريو العمل كالمعتاد (BAU 2050).

الشكل-12: مبادرات مؤسسة البترول الكويتية لتحقيق صفر انبعاثات بحلول عام 2050



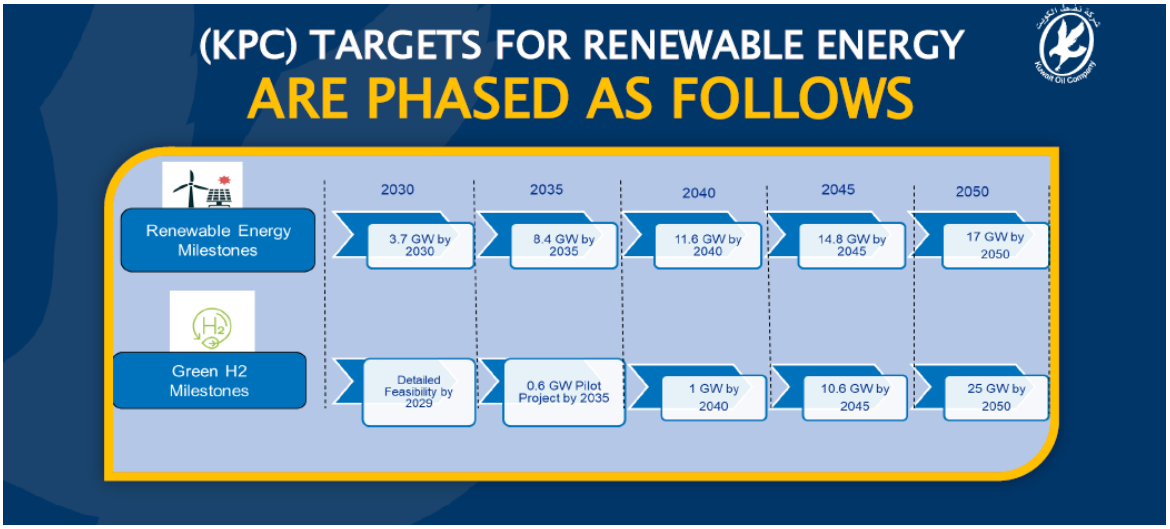
وفي هذا الصدد، تستهدف مؤسسة البترول الكويتية تطوير الطاقة المتجددة لدعم إنتاج الهيدروجين الأخضر وتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري بنحو 29% (بما يعادل نحو 14 مليون طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون) بحلول عام 2050، من خلال خطة لإنشاء شبكة طاقة متجددة بسعة 17 جيجاوات من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، و25 جيجاوات مخصصة للهيدروجين الأخضر، و3 جيجاوات لتخزين الطاقة بحلول 2050.

كما تقوم المؤسسة حالياً بإعداد دراسة جدوى تشمل اختيار مواقع مناسبة للطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وتقييم الشبكة الكهربائية، وتحديد متطلبات البنية التحتية لنقل وتخزين وتصدير الهيدروجين ومشتقاته مثل الأمونيا، بالإضافة إلى تقييم التقنيات المستقبلية واحتياجات القوى العاملة.

وبحسب المخطط المبدئي لإنتاج الهيدروجين المبين بالشكل-13، فمن المخطط الانتهاء من دراسة الجدوى التفصيلية بحلول عام 2029، ثم البدء بتنفيذ مشروع تجريبي للهيدروجين الأخضر بقدرة 0.6 جيجاوات بحلول عام 2035 ثم رفعه إلى 1 جيجاوات بحلول

2040، مع التوسع إلى 25 جيجاوات بحلول 2050، الأمر الذي يعكس التزام دولة الكويت بتطوير اقتصاد للطاقة النظيفة.

الشكل-13: أهداف مؤسسة البترول الكويتية الخاصة بالطاقة المتجددة والهيدروجين حلول عام 2050



أما في مجال التقاط واستخدام وتخزين الكربون (CCUS)، فتقوم استراتيجية مؤسسة البترول الكويتية **على ثلاث مراحل:**

- **المرحلة الأولى بحلول 2030 :**

تهدف لاحتجاز 3.22 مليون طن/السنة من ثاني أكسيد الكربون من منشآت شركة نفط الكويت، وشركة البترول الوطنية الكويتية، مع استخدامه لتحسين استخراج الهيدروكربونات أو تخزينه في حقول غرب الكويت.

- **المرحلة الثانية بحلول 2040:**

تستهدف احتجاز 7 مليون طن/السنة من ثاني أكسيد الكربون.

- **المرحلة الثالثة بحلول 2050:**

تهدف لاحتجاز 15.78 مليون طن/السنة من ثاني أكسيد الكربون من مصادر متعددة.

وفي الختام، تعكس استراتيجية مؤسسة البترول الكويتية لعام 2050 التزام الكويت بالتحول نحو طاقة مستدامة وتعزيز مكانتها في سوق الطاقة النظيفة، من خلال التركيز على الهيدروجين منخفض الكربون كجزء من رؤية شاملة لتقليل الانبعاثات، ودمج الطاقة المتجددة، وتطوير مشاريع لاحتجاز الكربون، وتطوير البنية التحتية.

التوصيات

استنادًا إلى ما تم عرضه من أوراق عمل ومداخلات علمية خلال جلسات الندوة، أثنى جميع المشاركون على جهود منظمة أوابك في إنجاح هذا الحدث العلمي الهام، وحسن إدارة الجلسات واختيار الموضوعات ذات الصلة والأهمية.

كما أكدوا على أهمية مواصلة الجهود المشتركة بين الدول العربية والمؤسسات البحثية والقطاعين العام والخاص، من أجل تعزيز مكانة الهيدروجين منخفض الكربون ضمن استراتيجيات الطاقة الإقليمية، وتحقيق التكامل في سلاسل القيمة، وتطبيق التوصيات المستخلصة من جلسات الندوة.

وفي سبيل تحقيق تلك الأهداف، أوصى المشاركون بالحاجة إلى ابتكار شكل أكثر اتساقاً يحمل إطاراً توعوياً يتيح المزيد من التعاون والتكامل بين المنظمة والدول الأعضاء، ويسمح بنقل الخبرات وزيادة الوعي بالهيدروجين، من خلال إطلاق مبادرة إرشادية للهيدروجين "مبادرة أوابك للهيدروجين" تتضمن كافة الجوانب ذات الصلة بالهيدروجين على أن تتولى أوابك التنسيق لها من خلال خمس محاور، كما موضح بالشكل-14.

الشكل-14: المحاور المقترحة لمبادرة أوابك الإرشادية حول الهيدروجين

1. تعزيز التعاون الإقليمي وتبادل المعرفة:

- الدعوة إلى إنشاء منصة عربية مشتركة لتبادل البيانات والتجارب بين الدول الأعضاء.
- تنظيم ورش عمل وملتقيات دورية تضم كافة الأطراف المعنية، من حكومات، قطاع خاص، وباحثين.
- تكوين فريق خبراء مشترك بين الدول الأعضاء وآخرين يتولى متابعة تطورات صناعة الهيدروجين، وتقديم التوصيات الفنية والاستراتيجية، والعمل على إعداد دليل استرشادي يتم تحديثه بشكل دوري حول صناعة الهيدروجين منخفض الكربون، يتضمن أفضل الممارسات والتطورات التكنولوجية والتنظيمية.

2. تعزيز البحث العلمي والابتكار في مجال الهيدروجين منخفض الكربون:

- تشجيع ودعم البرامج البحثية والتطويرية المتعلقة بتقنيات إنتاج الهيدروجين، خاصة التحليل الكهربائي، والتقاط الكربون وتخزينه، واستخدام المياه المحلاة في العمليات الصناعية.

- الدعوة إلى تشـــجيع التعاون بين الجامعات ومراكز البحوث العربية لتطوير حلول تكنولوجية محلية تتناسب مع احتياجات المنطقة.

3. دعم التكامل بين الهيدروجين ومصادر الطاقة المتجددة:

- إعداد توصيات حول تطوير استراتيجيات وطنية لتكامل إنتاج الهيدروجين مع مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

- تهيئة البنية التحتية للطاقة المتجددة بما يدعم اســتقرار الإمدادات ويخفض التكاليف التشغيلية لإنتاج الهيدروجين الأخضر.

4. تجاوز التحديات التقنية والاستثمارية في سلاسل إمداد الهيدروجين:

- إعداد دراسات لتطوير شبكات متخصصة لنقل وتخزين الهيدروجين تراعي أعلى معايير الأمان والفاعلية، وكيفية الاستفادة من شبكات الغاز القائمة.

- الســـعي نحو التعاون مع الهيئات الأوروبية والدولية لنقل الخبرات في مجالي نقل وتخزين الهيدروجين.

5. دعم القدرات الوطنية وبناء الكوادر المتخصصة:

- إطلاق برامج تدريب وتكوين مهني في مجالات إنتاج واستخدام الهيدروجين.

- إدماج موضوعات الطاقة والهيدروجين ضمن المناهج الأكاديمية في الجامعات والمعاهد الفنية.

- تنظيم دورات تدريبية معتمدة بالتعاون بين الدول الأعضاء، لبناء قدرات فنية وإدارية متخصصة في قطاع الهيدروجين.

البرنامج الزمني

Time (Cairo Local Time)		Topic	Speaker
8:00	9:00	Registration and Reception-Enppi HQ*	
9:00	9:10	Welcome Speech	Geo. Alaa AlBatal First Undersecretary , Ministry of Petroleum and Mining Resources-Egypt
9:10	9:20	Opening Speech	H.E. Eng. Jamal Essa Al-Loughani Secretary General - OAPEC
9:30	10:30	Session 1: The Current Hydrogen Landscape and Integration with Renewable Energy Session Chair: Eng. Wael Hamed Abdel Moati, OAPEC	
9:30	9:50	The Current Hydrogen Landscape in the Arab Countries	Eng. Wael Hamed Abdel Moati Gas Industries Expert, OAPEC
9:50	10:10	Integration of Hydrogen with Renewable Energy	Dr. Maged K. Mahmoud Technical Director , Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency (RCREEE)
10:10	10:30	Q & A	
10:30	11:00	Break	
11:00	12:15	Session 2: Technical and Investment Challenges in the Hydrogen Sector and How to Overcome Them Session Chair:Eng. Wael Hamed Abdel Moati, OAPEC	
11:00	11:20	The Role of Gas Ristribution Grids in Europe's Decarbonized Future (online)	Dr. Barbara Jinks Director, Ready4H2
11:20	11:40	Challenges Facing Green Hydrogen Supply Chains	Eng. Hesham Tawfik Chairman& CEO Consultant for Process Technology and Energy Transition – ENPPI
11:40	12:00	The Role of Technological Innovation in supporting Low-Carbon Hydrogen	Eng. Mohamed Atia Process Engineer | Technical Services Egyptian Refining Company
12:00	12:15	Q & A	
12:15	12:30	Break	
12:30	14:40	Session 3: Hydrogen Plans and Initiatives in Arab Countries Session Chair: Dr. Maged K. Mahmoud, Technical Director, RCREEE Session Chair: Eng. Wael Hamed Abdel Moati, OAPEC	
12:30	12:45	Hydrogen in Jordan: Current Status and Future Prospects	H.E. Eng. Amani Mohamed Al Azzam Secretary General- Ministry of Energy and Mineral Resources, Jordan
12:45	13:00	Kuwait's Strategy to Enhance Green Hydrogen Use	Eng. Yasmeen Aladgham Ministry of Oil, Kuwait
13:00	13:20	Hydrogen Industry Evolution: Egypt as a Case Study	Eng. Ahmed El Zawawy Operations Engineer, GASCO
13:20	13:30	Q& A	
13:30	13:50	Hydrogen in Mauritania: Current Developments and Prospects (online)	Eng. Moustapha Bechir Senior Technical Advisor (O & G Upstream) Ministry of Petroleum, Mines and Energy, Mauritania
13.50	14:10	Kuwait Oil Company Plans Toward's Hydrogen & Low Carbon Production	Eng. Mohammad Ashkanani Construction Engineer, KOC
14:10	14:25	Diversifying Energy Exports: Algeria's Perspective for Hydrogen Developments	Ms. Nihal Mansouri Regional Director, Women in Green Hydrogen Network
14:25	14:40	Q& A	
14:40	15:15	Session 4:Open Discussion Session	
15:15	15:30	Closing Session and Recommendations	
15:30		Lunch Break	

الجهات المشاركة