CAAF/2-WP/15
14/09/17

منظمة الطيران المدني الدولي

ورقة عمل

المؤتمر الثاني للطيران وأنواع الوقود البديلة

مدينة مكسيكو، المكسيك، من ١١ إلى ٢٠١٧/١٠/١٣

البند ٤ من جدول الأعمال: تحديد رؤية الإيكاو بشأن أنواع وقود الطيران البديلة والأهداف المقبلة

تحويل الطاقة إلى سوائل: أنواع الوقود البديلة المستدامة التي يتم إنتاجها من الكهرباء المتجددة

(ورقة مقدمة من ألمانيا)

موجز

يقتضي اتفاق باريس لعام ٢٠١٥ في إطار اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ تحقيق خفض كبير في انبعاثات غازات الدفيئة في جميع القطاعات بحلول منتصف القرن، من أجل تمهيد الطريق أمام تحقيق حياد غازات الدفيئة عالمياً في النصف الثاني من القرن الحالي. وتمثل أنواع الوقود المتجددة لبِنات رئيسية في تحقيق خفض مُطلق في الانبعاثات الناجمة عن الطيران. وتقدّم ورقة العمل هذه مدخلاً لمفهوم إنتاج أنواع وقود الطيران المستدامة باستخدام الكهرباء المتجدّدة، أو ما يسمى بتحويل الطاقة إلى سوائل (PtL). وترد فيها أيضا شروح لمسارات الإنتاج ومدى سهولة إحلال هذه الأنواع من وقود الطيران البديلة. وبالمقارنة مع أنواع الوقود الحيوي، فإن تقنية تحويل الطاقة إلى سوائل لا تتطلب أراضٍ قابلة للزراعة ولا تحتاج سوى لكمية أقل من المياه. وينطوي تحويل الطاقة إلى سوائل على إمكانات تؤهله لكي يصبح خالياً تقريباً من ثاني أكسيد الكربون في المدى الأبعد. ويمكّنه أن يساعد قطاع النقل الجوي على المساهمة بقوّة في تحقيق الأهداف العالمية المتعلقة بالمناخ.

وترد في الفقرة ٧ الإجراء المعروض على المؤتمر.

١- المقدّمة

١-١ في إطار اتفاق باريس بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ لعام ٢٠١٥، أعلنت الدول الأطراف عن عزمها الإبقاء على ارتفاع الحرارة في العالم في مستوى أقل بكثير من درجتين مئويتين، وتركيز الجهود نحو مواصلة الحد من ارتفاع الحرارة بما لا يتجاوز ١,٥ درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية. ويقتضي هذا الاتفاق تحقيق انخفاض ملموس في انبعاثات غازات الدفيئة في جميع قطاعات ومجالات التطبيق – بما فيها قطاع النقل الجوي – لتحقيق حياد غازات الدفيئة في النصف الثاني من هذا القرن. والواقع أن توقعات الحركة الجوية للإيكاو في المدى الطويل، التي تغطي العقدين المقبلين، تُرجِّح نمو قطاع الطيران العالمي بنسبة ٤,٥٪ سنويا. وتعتبر تدابير الفعالية في قطاع النقل الجوي أساسية ويجب تعزيزها على نحو ملموس. غير أن تحسين جهود الفعالية بمفرده لا يكفي. ومن ثمّ، فإن تحقيق انخفاض طموح في الانبعاثات يتطلب أنواع وقود تسمح بخفض انبعاثات غازات الدفيئة إلى الحد الأدنى وتستند إلى طاقات متجددة مع تجنب استنزاف الموارد الطبيعية. وتبرز سلة إجراءات الإيكاو أهمية تحقيق انخفاضات في انبعاثات غازات الدفيئة عن طريق استخدام أنواع وقود الطيران المستدامة كركيزة هامة. وتبعا لذلك، فإن خطة "التعويض عن الكربون وخفضه في مجال الطيران الدولي" (CORSIA)، التي اعتمدتها الدول الأعضاء في الإيكاو في أكتوبر ٢٠١٦، ورؤية الإيكاو بشأن أنواع

وقود الطيران البديلة والمستدامة، ينبغي أن تشمل تحويل الطاقة إلى سوائل ضمن تدابيرها الرامية إلى تحقيق انخفاض كبير في انبعاثات غازات الدفيئة الناجمة عن الطيران. وقد سبق أن قدمت ألمانيا مساهمات بشأن تحويل الطاقة إلى سوائل، وذلك خلال اجتماع الفريق التوجيهي التابع للجنة حماية البيئة في عام ٢٠١٦، كذلك قدمت جهات متعاقدة مع ألمانيا مساهمات خلال منتدى الإيكاو بشأن أنواع الوقود البديلة، الذي انعقد في فبراير ٢٠١٧[١].

٢- ما المقصود بمفهوم "تحويل الطاقة إلى سوائل"؟

٢-١ يشمل تحويل الطاقة إلى سوائل (الذي يشار إليه بالمختصر PtL) أنواع الوقود الهيدروكربونية السائلة المُخلّقة والموجهة إلى محركات الاحتراق في مجال الطيران ووسائل النقل الأخرى. وتشمل أبرز مصادر الطاقة والمواد الخام لإنتاج الوقود عن طريق تحويل الطاقة إلى سوائل الكهرباء المتجددة والماء وثاني أكسيد الكربون.

٢-٢ وهناك مسارات عديدة ممكنة. ويشمل الإنتاج عن طريق تحويل الطاقة إلى سوائل عادة ثلاث خطوات رئيسية[٢]:

١) إنتاج الهيدروجين من الكهرباء المتجددة باستخدام تقنية التحليل الكهربائي للماء؛

٢) إتاحة ثاني أكسيد كربون متجدد[٣] وتحويله؛

٣) عملية التخليق إلى هيدروكربونات سائلة مع ما يستتبعه ذلك من تطوير/تحويل إلى أنواع وقود مكرَّرة.

٢-٣ وتوجد أساليب تخليق متنوعة تتيح إنتاج وقود تحويل الطاقة إلى سوائل، ومنها مثلا التخليق باستخدام تقنية Fischer-Tropsch (FT)، أو تخليق الميثانول (MeOH).

٢-٤ وفي عملية التخليق باتباع تقنية Fischer-Tropsch ينتج العديد من الهيدركربونات الطويلة السلسلة التي يجب أن تخضع لمعالجة إضافية للحصول على وقود الطائرات والغازولين والديزل والمواد الكيميائية الأساسية الأخرى. ويمكن التحكم في ناتج الخليط بحيث يشكل نصيب عناصر وقود الطائرات فيه ٥٠٪ على الأقل بحسب محتوى الطاقة. ويفضي تخليق الميثانول إلى منتوجات عالية النقاء، تُعالج في مرحلة لاحقة لتُحوَّل إلى هيدروكربونات طويلة السلسلة.

٢-٥ ولا تزال تكنولوجيات أخرى لإنتاج أنواع الوقود السائل المتجدد من منشأ غير حيوي قيد البحث والتطوير، من قبيل عملية "تحويل أشعة الشمس إلى سائل"[٤] في إطار برنامج الأبحاث "Horizon 2020" (آفاق عام ٢٠٢٠) الذي ينفذه الاتحاد الأوروبي.

٣- ما الهدف من إنتاج الوقود بتحويل الطاقة إلى سوائل؟

٣-١ يُفترض أن الطيران سيستمر في الاعتماد على أنواع الوقود السائل في الأجلين المتوسط والطويل، ولذلك من الضروري تطوير إنتاج واستخدام أنواع الوقود السائل المحايد من حيث غازات الدفيئة للمساهمة في الأهداف العالمية المتعلقة بالمناخ.

٣-٢ ولأنواع الوقود الناتجة عن تحويل الطاقة إلى سوائل مقومات تؤهلها لكي تستخدم تقريبا دون التسبب في انبعاثات إضافية من غازات الدفيئة، شريطة أن تُشتقّ من الكهرباء المتجددة وثاني أكسيد الكربون المتجدّد. وينبغي لمعامل إنتاج

---

[١]- https://www.icao.int/Meetings/altfuels17/Documents/20170208_ROTH_V1-0_submitted.pdf

[٢]- وفي مسار آخر، وهو التحليل الكهربائي لأكسيد الكربون، يحوّل الماء وثاني أكسيد الكربون بالتزامن، وتلي ذلك المرحلة الثالثة.

[٣]- مثل ثاني أكسيد الكربون المستخرج من المصادر الحيوية أو ثاني أكسيد الكربون المستخرج من الهواء.

[٤]- انظر ورقة العمل التي قدّمها الاتحاد الأوروبي بشأن الآراء الأوروبية ودعم تطوير واستخدام أنواع وقود الطيران البديلة المستدامة [CAAF2/17-WP/14]: تحويل أشعة الشمس إلى سوائل في إطار مشروع برنامج الأبحاث "Horizon 2020" (آفاق عام ٢٠٢٠) (مساهمة بمبلغ ٤,٥ مليون يورو). وقد أجري مؤخرا أول اختبار تجريبي لإنتاج وقود للطائرات بالطاقة الشمسية، وتتواصل الجهود الرامية إلى إنجاز سلسلة متكاملة لإنتاج الوقود ومن المقرر المصادقة عليها في مرحلة ما قبل التسويق التجاري.

الوقود بتحويل الطاقة إلى سوائل أن تقتصر في الحصول على طاقتها على موارد الطاقة المتجددة الإضافية وينبغي ألاّ تتسبب في توليد مزيد من الكهرباء من مصادر أُحفورية، وإلاّ فلن يتحقق أثر إيجابي على المناخ[٥].

٣-٣ ويحقق تحويل الطاقة إلى سوائل عائداً أعلى من الطاقة مقابل المساحة عندما تُشتق الطاقة من مصادر طاقة متجددة مثل طاقة الرياح وطاقة الألواح الضوئية أو الطاقة الشمسية[٦]. كما أن الحجم المطلوب من المياه للإنتاج في تحويل الطاقة إلى سوائل متدنٍ جدا بالمقارنة مع إنتاج أنواع الوقود الحيوي. ولذلك يمكن أن يُنظر إلى تحويل الطاقة إلى سوائل باعتباره تكنولوجيا رئيسية ستمكِّن من تزويد قطاع الطيران بالوقود ما بعد الأُحفوري والمستدام والقابل للتوليد بشكل كامل، مع تجنب المخاطر المحتملة والتأثيرات الجانبية الوخيمة عن طريق استخدام الكتلة الحيوية المزروعة استخداماً يمكّن من توليد الطاقة (انظر الفقرة ٢-١).[٧]

٤-٣ وفي الأجل المتوسط، لابدّ من تسليط الضوء على أنواع وقود مخلَّقة مثل تلك الناتجة عن تحويل الطاقة إلى سوائل. ونظرا لأن تخليق الوقود بتحويل الطاقة إلى سوائل يقتضي كميات كبيرة من الطاقة المتجددة، فإن استخدامها ينبغي أن يركِّز على القطاعات التي لا تُستخدم فيها الكهرباء استخداماً مباشراً. ويشمل ذلك المشاريع التجريبية والاستعراضية لإنتاج الوقود بتحويل الطاقة إلى سوائل، التي تهدف إلى الحدّ من تكاليف الإنتاج عن طريق وفورات الحجم، وتمكّن من عملية التسويق والمساهمة في ضمان تمتع هذه التكنولوجيا بالسعة الكافية في الأجل الطويل[٨].

٤- المزايا مقارنة بأنواع الوقود الحيوي

١-٤ قد ينطوي استخدام أنواع الوقود الحيوي (لا سيّما أنواع الوقود الحيوي القائم على المحاصيل الزراعية) على عدد من المشكلات، بما فيها زيادة التنافس على الأراضي القابلة للزراعة وإدخال تغييرات غير مباشرة على استخدام الأراضي والمشكلات الاقتصادية والاجتماعية الناجمة عن الارتباط بأسعار الغذاء وحقوق الأراضي.

٢-٤ بالإضافة إلى ذلك، فإن العائدات من الطاقة المتولدة عن أنواع الوقود الحيوي بالنسبة للمساحة تُعتبر متدنية بشكل كبير مقارنة مع مصادر الطاقة المتجددة الأخرى.

٣-٤ وتطرح أنواع الوقود الحيوي التي تُنتج من بقايا حيوية مشكلات أقل فيما يتعلق بالاستخدام المستدام للموارد الطبيعية، غير أنها تستخدم جزئيا بالفعل في قطاعات أخرى[٩].

٥- مستوى الاستعداد للتكنولوجيا الجديدة

١-٥ يمكن إنتاج الوقود عن طريق تحويل الطاقة إلى سوائل من مصادر مركزة من ثاني أكسيد الكربون المتجدد باستخدام عمليات صناعية قائمة لها حيث مستويات الاستعداد للتكنولوجيا تتراوح ما بين ٨ و ٩ (من أصل ٩). ولئن كانت عمليات فردية قد طبقت على نطاق واسع، فإن الإدماج الكامل لتكنولوجيا تحويل الطاقة إلى سوائل في المنظومة برمّتها يتقدم حاليا بفضل معامل الاستعراض في كل من آيسلندا وفنلندا وألمانيا وعمّا قريب في النرويج[١٠]. أما العمليات المحسنة

---

[٥] – تنطوي الطاقة المتجددة، وهي بديل للطاقة المستخرجة من مصادر أحفورية، على إمكانات كبيرة تؤهلها للاستعاضة عن غازات الدفيئة. وفي حالة تحويل الطاقة المتجددة عن طريق تقنية تحويل الطاقة إلى سوائل، فإن هذه الإمكانات تتضاءل إلى حد كبير. الوكالة الألمانية للبيئة/Umweltbundesamt – UB : إدماج الطاقة في الغاز/تحويل الطاقة إلى سوائل ضمن عملية التحويل الجارية". ورقة موقف، يونيو ٢٠١٦.
https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/integration-of-power-to-gas-power-to-liquids-into

[٦] – انظر الشكل ٣-١٢ في الصفحة ٨٢ في الرابط: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Studien/studie-langfristszenarien.pdf;jsessionid=CE4153CFA38BCBF287D242AD39BA2635?__blob=publicationFile&v=4
("Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global", مارس ٢٠١٢، باللغة الألمانية فقط. دراسة لوزارة البيئة الألمانية.

[٧] – الوكالة الألمانية للبيئة/Umweltbundesamt – UB : تحويل الطاقة إلى سوائل – إمكانات وآفاق إمدادات أنواع وقود الطيران المتجددة في المستقبل" ورقة معلومات، سبتمبر ٢٠١٦.
https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/power-to-liquids-potentials-perspectives-for-the .

[٨] – الوكالة الألمانية للبيئة/Umweltbundesamt – UB : "مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من حدة تغير المناخ". تقرير خاص عن الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. نُشر في ٢٠١٢. http://www.ipcc.ch/report/srren/

[٩] - الوكالة الألمانية للبيئة/Umweltbundesamt – UB : الاستخدام المستدام للأراضي وموارد الكُتل الأحيائية على المستوى العالمي". ورقة موقف، يونيو ٢٠١٣.
https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sustainable-use-of-global-land-biomass-resources

[١٠] - http://soletair.fi/news/finnish-demo-plant-produces-renewable-fuels/; http://carbonrecycling.is/comercial-scale/;
http://www.sunfire.de/en/company/press/detail/sunfire-produces-sustainable-crude-oil-alternative;
http://www.sunfire.de/en/company/press/detail/first-commercial-plant-for-the-production-of-blue-crude-planned-in-norway

لاستخراج ثاني أكسيد الكربون من الهواء وبتقنية التحليل الكهربائي العالي الحرارة، وهي حاليا لا تزال قيد الاستعراض/التطوير، فستزيد من إمكانيات الإنتاج وفعاليتها، تباعا.

٥-٢ وقد تراجعت تكاليف الكهرباء المتجددة بصورة كبيرة في السنوات الأخيرة ويُتوقع أن تواصل تراجعها بفضل التحسينات التقنية.

٥-٣ ويملك وقود الطائرات الناتج عن تحويل الطاقة إلى سوائل قدرات تؤهله ليكون وقوداًسهل الإحلال. وقد سمح بالفعل معيار وقود الطيران الذي اعتمدته الجمعية الأمريكية الدولية لاختبار المواد مزيجاً قدره ٥٠٪ من الوقود المُخلّق بواسطة Fischer-Tropsch. غير أن تحويل الطاقة إلى سوائل عن طريق مسار الميثانول لم يحظَ بالموافقة بعد.

٦- الاقتصاديات وقابلية التوسّع

٦-١ تمثل الجدوى الاقتصادية أحد الجوانب الحاسمة لاستخدام وقود تحويل الطاقة إلى سوائل على نطاق واسع. وتمثل تكاليف الإنتاج مقارنة بوقود الطائرات التقليدي أبرز القيود التي تعيق نشر استخدام التخليق بتحويل الطاقة إلى سوائل واستخدامها في المدى القصير. ويمكن تحقيق خفض في التكاليف عن طريق خفض تكاليف الكهرباء المتجددة (طاقة الرياح والطاقة الشمسية)، وزيادة أوجه الفعالية بتحسين عمليات إنتاج الوقود بتحويل الطاقة إلى سوائل (كالتحليل الكهربائي العالي الحرارة، واستخراج ثاني اكسيد الكربون وغير ذلك مثلا)، ووفورات الحجم.

٦-٢ وسيستفيد تطوير تكنولوجيا تحويل الطاقة إلى سوائل من الإمكانيات الكبيرة التي تزخر بها بعض المناطق فيما يتعلق بتوليد الطاقة المتجددة بكميات تتجاوز الطلب العالمي على الطاقة. ومن ثم يستلزم تحويل الطاقة إلى سوائل زيادة أمان إمدادات الطاقة، والقيمة المضافة محليا، واستدامة آفاق الأعمال في المناطق التي تتميز بوفرة إمكانات الطاقة المتجددة.

٦-٣ وليست عملية تحويل الطاقة إلى سوائل مجرد تكنولوجيا موجهة للاستجابة للطلب على الوقود في مجال الطيران. بل إن عملية إنتاج الوقود بتحويل الطاقة إلى سوائل عن طريق مسار التخليق بتقنية Fischer-Tropsch، تتولد عنها مجموعة متعددة من الهيدروكربونات كمنتجات وسيطة. ولذلك ينبغي أن تتعاون القطاعات وتتظافر جهودها مع الصناعة الكيميائية لتيسير نشر استخدام التكنولوجيا إلى حين تطور أسواقها.

٧- الإجراء المعروض على المؤتمر الثاني المعني بالطيران وأنواع الوقود البديلة (CAAF2)

٧-١ المؤتمر مدعوٌّ إلى القيام بما يلي:

أ) التشديد في إطار رؤية الإيكاو بشأن أنواع وقود الطيران البديلة على الحاجة الملحة إلى تقييم أثر إطلاق أنواع الوقود البديلة المنتجة من الكهرباء المتجددة استناداً إلى مصادر طاقة غير حيوية؛

ب) التشجيع في إطار رؤية الإيكاو المذكورة على تطوير استراتيجية لتسويق أنواع الطيران البديلة التي يتم إنتاجها من الكهرباء المتجدّدة استناداً إلى مصادر طاقة غير حيوية؛

ج) النظر في إطار رؤية الإيكاو المذكورة في استخدام الوقود الناتج عن تحويل الطاقة إلى سوائل كمساهمة في سلة إجراءات الإيكاو.

– انتهى–