CAAF/3-WP/4
11/10/23

منظمة الطيران المدني الدولي

ورقة عمل

مؤتمر الإيكاو الثالث بشأن الطيران وأنواع الوقود البديل
(CAAF/3)

دبي، الإمارات العربية المتحدة، من ٢٠ إلى ٢٠٢٣/١١/٢٤

البند رقم ٢ من جدول الأعمال: السياسات الداعمة من أجل إنتاج ونشر الطاقة النظيفة في مجال الطيران

المقاييس والتوقعات بشأن الأهداف الكمية المحتملة لاستخدام الطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي

(ورقة مقدَّمة من الأمانة العامة للإيكاو)

الموجز

تعرض هذه الورقة المقاييس الممكنة للأهداف الكمية المحتملة للطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي، بالإضافة إلى التوقعات بالنسبة للمستويات العالمية لاستخدام الطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي، بما في ذلك الإسهامات الفنية من لجنة حماية البيئة في مجال الطيران التابعة لمجلس الإيكاو والمعلومات الأخرى ذات الصلة.

ويرِد الإجراء المعروض على المؤتمر في الفقرة ٥.

١ – المقدمة

١–١ أقر مؤتمر الإيكاو الثاني بشأن الطيران وأنواع الوقود البديل (CAAF/2)، الذي عقد في أكتوبر ٢٠١٧[١]، "رؤية الإيكاو لعام ٢٠٥٠ لوقود الطيران المستدام كمسار حي وملهم، ودعا الدول والقطاع والأطراف المعنية الأخرى إلى استبدال نسبة كبيرة من وقود الطيران التقليدي (CAF) بوقود الطيران المستدام (SAF) بحلول عام ٢٠٥٠، وذلك في عمليات الطيران المدني الدولي بغرض الحد من انبعاثات الكربون بشكل كبير، مع متابعة جميع الإجراءات الأخرى التي تتضمنها سلة تدابير التخفيف للحد من الانبعاثات حسب الضرورة " (انظر الفقرة الأولى من الإعلان الصادر عن مؤتمر الإيكاو الثاني بشأن الطيران (CAAF/2)، والفقرة ٣٠ من ديباجة قرار الجمعية العمومية ٤١–٢١).

١–٢ كما أشار المؤتمر (CAAF/2) إلى أن "هذا المسار يستند إلى افتراض أن استخدام أنواع وقود الطيران المستدام يتزايد بشكل تدريجي، مما يوجب استعراضه دورياً من خلال عملية تقييم مستمر للتقدم المحرز بشأن إنتاج ونشر أنواع وقود الطيران المستدام، بما في ذلك ضرورة النظر في السياسات والإجراءات، وتنظيم حلقات عمل وندوات منتظمة خلال الفترة السابقة

[١] الإعلان الصادر عن مؤتمر الإيكاو الثاني بشأن الطيران وأنواع الوقود البديل (CAAF/2): ICAO Vision

على عقد مؤتمر الإيكاو الثالث بشأن الطيران (CAAF/3) في موعد لا يتجاوز عام ٢٠٢٥، وذلك بهدف تحديث رؤية الإيكاو لعام ٢٠٥٠ من أجل تضمينها حصة محددة من أنواع وقود الطيران التقليدي التي يتعين أن تحل محلها أنواع وقود الطيران المستدام بحلول عام ٢٠٥٠، ومقدار الخفض في انبعاثات الكربون التي حققها استخدام أنواع الوقود المستدام الكربون." (انظر الفقرة الثالثة من الإعلان الصادر عن مؤتمر الإيكاو الثاني بشأن الطيران (CAAF/2).

١-٣ وبناء على ذلك، طلبت الجمعية العمومية للإيكاو في دورتها الحادية والأربعين في أكتوبر ٢٠٢٢ من المجلس أن "يواصل تقييم التقدم المحرز بشأن تطوير ونشر أنواع وقود الطيران المستدام والوقود منخفض الكربون ومصادر الطاقة النظيفة الأخرى لأغراض الطيران، وذلك في إطار عملية التقييم التي تُجريها الإيكاو ، وعقد المؤتمر الثالث للطيران وأنواع الوقود البديل (CAAF/3) في عام ٢٠٢٣ من أجل استعراض رؤية الإيكاو لعام ٢٠٥٠ لوقود الطيران المستدام ووقود الطائرات ذي الانبعاثات الكربونية المنخفضة ومصادر الطاقة النظيفة الأخرى، من أجل تحديد إطار عالمي بما يتماشى مع مبادرة "عدم ترك أي بلد وراء الركب" ومراعاة الظروف والقدرات الوطنية" (انظر الفقرة ٢٨ (و) من قرار الجمعية العمومية ٤١-٢١).

١-٤ من أجل دعم عملية تحديث رؤية الإيكاو لعام ٢٠٥٠ واستعراضها، وتماشياً مع تنفيذ الهدف الطموح الطويل الأجل المتمثل في خفض صافي الانبعاثات الكربونية إلى الصفر بحلول عام ٢٠٥٠ الذي اتفقت عليه الجمعية العمومية للإيكاو، تقدم هذه الورقة المقاييس الممكنة والتوقعات بشأن الأهداف الكمية المحتملة للطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي، الناشئة عن الإسهامات الفنية المقدمة من لجنة حماية البيئة في مجال الطيران التابعة لمجلس الإيكاو.

١-٥ وفي هذا الصدد، طلب مجلس الإيكاو في مارس ٢٠٢٣ من لجنة حماية البيئة القيام بما يلي[٢]:

أ) تحديد المقاييس الممكنة للأهداف الكمية المحتملة للطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي (مثل النسب المئوية (٪) أو القيم المطلقة (الكتلة/الحجم)، من حيث مستويات الإقبال على أنواع وقود الطيران المستدام وأنواع وقود الطيران منخفض الكربون وغيرها من أنواع الطاقة النظيفة، أو من حيث مستويات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مع تسليط الضوء على أي مزايا أو عيوب لكل مقياس من المقاييس الممكنة؛

ب) الاستعانة بالمقاييس الممكنة المحددة بموجب الفقرة (أ) أعلاه، وبتقرير لجنة حماية البيئة عن الجدوى من وضع الهدف الطموح الطويل الأجل، لطرح توقعات بشأن المستويات العالمية لاستخدام الطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي، عند محطات وسيطة مثل عامي ٢٠٣٠ و٢٠٤٠، وحتى عام ٢٠٥٠؛

ج) وفي سياق التوقعات قصيرة الأجل بشأن إنتاج وقود الطيران المستدام، تحديد التوزيع الجغرافي والاتجاهات فيما يخص منشآت إنتاج وقود الطيران المستدام، الموجود منها بالفعل والمقرر إنشاؤه.

[٢] انظر الفقرة ٢ ح) في موجز قرارات المجلس C-DEC 229/3.

٢ – المقاييس الممكنة ومزاياها وعيوبها

٢-١ حددت لجنة حماية البيئة عدداً من المقاييس الممكنة للأهداف الكمية للطاقة النظيفة[٣] في مجال الطيران الدولي، وذلك استناداً إلى تحليل مصادر مختلفة: المقاييس المستخدمة في نظام الرصد والإبلاغ والتحقق في إطار كورسيا (انظر ورقتي عمل مؤتمر الإيكاو الثالث للطيران وأنواع الوقود البديل (CAAF/3-WPs/5/6))؛ والمقاييس التي تستخدمها الأطراف المعنية في مجال الطيران في إطار التزاماتهم المتمثلة في خفض صافي الانبعاثات الكربونية الناجمة عن أنشطتهم إلى الصفر؛ والمقاييس الواردة في التقرير عن الجدوى من وضع الهدف الطموح الطويل الأجل؛ والمقاييس المرتبطة بأهداف درجة الحرارة التي حددتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. وترد في المرفق [٤] (A) بهذه الورقة عشرة مقاييس ممكنة، وفيما يلي موجز لها.

#	المقياس	الوحدة
١	كتلة الطاقة النظيفة	كيلو طن (Kt)
٢	كتلة الطاقة النظيفة (المقياس ١) / الكتلة الكلية للوقود	٪
٣	إجمالي مكافئ ثاني أكسيد الكربون المنبعث سنوياً (CO_{2e})	مليون طن (Mt)
٤	إجمالي مكافئ ثاني أكسيد الكربون المنبعث سنوياً (CO_{2e}) / إجمالي كتلة الوقود	طن CO_2 لكل طن من الوقود
٥	الانخفاض في مكافئ ثاني أكسيد الكربون المنبعث (CO_{2e}) نتيجة لاستخدام الطاقة النظيفة	مليون طن (Mt)

#	المقياس	الوحدة
٦	النسبة المئوية (٪) للانخفاض في مكافئ ثاني أكسيد الكربون (CO_{2e}) المنبعث نتيجة لاستخدام الطاقة النظيفة	٪
٧	المتوسط المرجح لكثافة الكربون في الوقود (غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل ميغا جول (CO_{2e})) "لوقود خط الأساس المرجعي"[٥]	غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل ميغا جول (gCO_{2e}/MJ)
٨	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التراكمية خلال الفترة بين عامي ٢٠٢٠ و٢٠٥٠	ميغا طن (Gt)
٩	غرام من ثاني أكسيد الكربون/طن كيلومتري إيرادي	gCO_2/RTK
١٠	غرام من ثاني أكسيد الكربون/طن كيلومتري متاح	gCO_2/ATK

[٣] في سياق هذا التحليل، تشير عبارة "الطاقة النظيفة" إلى فئات الوقود التي تم النظر فيها في التوقعات المتعلقة بالهدف الطموح الطويل الأجل، وهي:

١) **أنواع وقود الطيران المستدام الذي يتسق مع تحقيق الهدف الطموح الطويل الأجل (LTAG-SAF)**، التي تشمل ما يلي:

أ) الوقود المشتق من الكتل الحيوية (محاصيل النباتات الزيتية والمحاصيل الخشبية المولدة للطاقة والمحاصيل النشوية المولدة للطاقة والمحاصيل السكرية المولدة للطاقة).

ب) الوقود المشتق من النفايات:

'١' النفايات الصلبة – مخلفات المحاصيل والنفايات البلدية الصلبة ومخلفات الغابات.

'٢' النفايات السائلة – نفايات الدهون والزيوت والشحوم والمخلفات الثانوية منها المنتجة كمنتج جانبي.

'٣' النفايات الغازية – نفايات ثاني أكسيد الكربون الناجم عن إنتاج: الإيثانول أو الأمونيا أو الحديد والصلب أو الأسمنت.

ج) الوقود المشتق من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي.

٢) **أنواع وقود الطيران ذات الانبعاثات الكربونية المنخفضة التي تتسق مع تحقيق الهدف الطموح الطويل الأجل (LTAG-LCAF)** – الوقود القائم المشتق من المنتجات البترولية الذي يحقق كثافة كربون على مدى دورة حياة الوقود تقل عن ٨٠.١ غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل ميغا جول باستخدام التقنيات وأفضل الممارسات المتعلقة بتخفيف انبعاثات غازات الدفيئة.

٣) **الوقود البديل غير المطابق**، الذي يشمل من الهيدروجين المبرد (LH_2).

[٤] عرض المعلومات الذي أعدته لجنة حماية البيئة عن إسهاماتها الفنية متاح أيضاً على الموقع الإلكتروني المخصص للمشاورات بشأن نتائج المؤتمر الثالث: https://www.icao.int/Meetings/pre-CAAF3/Pages/reference-materials.aspx

[٥] عند حساب متوسط الكتلة، يجب أولاً ضرب كتلة كل نوع من أنواع الوقود (بالطن) بمعدل كثافة الكربون (gCO_{2e}/MJ) في هذا النوع. بعد ذلك يجب قسمة مجموع القيم المرجّحة على إجمالي كتلة الوقود.

٢-٢ وتطبق اللجنة مجموعة المعايير التالية لتقييم مزايا ومساوئ كل مقياس من المقاييس الممكنة:

أ) يقوم مُشغِّل الطائرة بالإبلاغ عن المقياس في إطار شروط خطة كورسيا؛

ب) تقوم الإيكاو بإتاحة المقياس في السجل المركزي لخطة كورسيا، ويمكن حساب قيمته/تتبعه باستخدام المعلومات المتاحة من السجل المركزي لخطة كورسيا؛

ج) أن يسمح المقياس بتتبع التقدم المحرز نحو تحقيق لهدف الطموح الطويل الأجل، على سبيل المثال يمكن استخدام المقياس لتقييم الأهداف الوسيطة القصيرة والمتوسطة والطويلة الأجل؛

د) أن يوفر المقياس يوفر معياراً للمقارنة؛ على سبيل المثال، المقارنة بقيمة مرجعية لا أن يكون مجرد رقم مطلق.

٢-٣ ويسمح المقياس برصد أداء الطاقة النظيفة عند استخدامها في مجال الطيران المدني. وربما تؤثر الخيارات المترية المختلفة في إنتاج الطاقة النظيفة في مجال الطيران بشكل مختلف، إلا أن المقاييس قد تشجع على زيادة حجم إنتاج الطاقة النظيفة، أو تؤدي إلى خفض الانبعاثات نتيجة لاستخدام الطاقة النظيفة أو تؤثر في كل من حجم الإنتاج والانبعاثات.

٢-٤ ويرد تقييم مزايا المقاييس العشرة الممكنة، استناداً إلى المعايير الأربعة المذكورة أعلاه، في المرفق (B) بهذه الورقة. وتجدر الإشارة إلى أن استيفاء جميع المعايير لا يعد شرطاً أساسياً لملاءمة المقياس، بل إن بعض المعايير قد تكون ملائمةً لمقاييس معينة فقط. ويجوز النظر أيضاً في الاستعانة بمجموعة من المقاييس معاً. كما يشير العمود الأخير في الجدول الوارد في المرفق (B) إلى عيوب المقاييس، والتي يرد فيما يلي موجز لها.

موجز مساوئ المقاييس الممكنة

المقياسان ١ و٢	لا يوضحان المزايا البيئية لأنواع الطاقة النظيفة
المقياسان ٩ و١٠	عدم توافر البيانات، أي مثلاً من خلال السجل المركزي في خطة كورسيا لتتبع التقدم المحرز
المقاييس ٣ و٥ و٨	تتأثر بالتدابير الأخرى التي تتجاوز حدود الطاقة النظيفة (التكنولوجيا/العمليات)
المقاييس ١ و٣ و٤ و٥ و٨	ليست سوى رقماً مطلقاً ولا تتيح المقارنة مقابل قيمة مرجعية
لا يتأثر المقياسان ٦ و٧ بهذه المساوئ	

٣- التوقعات بشأن المستويات العالمية لاستخدام الطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي

٣-١ لتوضيح استخدام خيارات المقاييس المذكورة، جرى تطبيقها على توقعات المستويات العالمية لاستخدام الطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي، الواردة في التقرير عن الجدوى من وضع الهدف الطموح الطويل الأجل.[٦] وتستند تلك التوقعات، والتي يمكن الاطلاع عليها في المرفق (C)، إلى المعلومات المتاحة حتى ٢٠٢١. وهي تشكل الجداول التفصيلية التي تسرد التوقعات السنوية لكل مقياس.

٣-٢ وعلاوة على التوقعات المستقاة من التقرير المذكور والواردة في المرفق (C)، أوردت لجنة حماية البيئة أيضاً معلومات عن التوزيع الجغرافي والاتجاهات العامة على المدى القصير (حتى ٢٠٣٠) لمرافق إنتاج وقود الطيران المستدام، الموجود منها بالفعل والمقرر إنشاؤه. وترد هذه المعلومات في المرفق (D). وقد اعتمد هذا التحليل المبدئي الذي أجرته اللجنة على تقييم مستوى جاهزية مرافق إنتاج الوقود المستدام المعلن في ٢٠٢٣/١/٣١، لذا فالمعلومات في المرفق (D) لا تشمل أي بيانات أُعلنت عن مرافق إنتاج وقود الطيران المستدام منذ ذاك الوقت.

٣-٣ وبالإضافة إلى ذلك، ترد في المرفق (E) صورة حديثة عن مرافق إنتاج وقود الطيران المستدام المعلنة حول العالم وذلك من خلال أداة الإيكاو لتتبع هذه المرافق. ولا تتضمن الأداة سوى جميع الإعلانات دون الخوض في أي تقييمات فنية، بما في ذلك ما يتعلق بمستوى جاهزية المرافق.

٣-٤ وستُتاح أثناء المؤتمر الثالث (CAAF/3) أحدث المستجدات عن التوقعات على المدى القصير وآخر المعلومات المستقاة من أداة الإيكاو لتتبع مرافق إنتاج وقود الطيران المستدام.

٤- تحليل مقاييس الأهداف الكمية والتوقعات المحتملة في مجال الطيران الدولي

٤-١ يظهر التقرير عن الجدوى من وضع الهدف الطموح الطويل الأجل أنه من الممكن استخدام وقود الطيران المستدام بنسبة ١٠٠٪ في جميع رحلات الطيران الدولية بحلول عام ٢٠٥٠، وهو ما ينعكس في خيار المقياس ١ "كتلة الطاقة النظيفة". وعلى الرغم من كونه أبسط مقياس يمكن فهمه، إلا أنه لا يعكس الفوائد المناخية لمثل هذه الأنواع من الطاقة النظيفة. وبما أن فوائد أنواع الطاقة النظيفة تتحدد على أساس الانبعاثات خلال دورة حياة الوقود، فستكون هناك خيارات للطاقة ذات فوائد بيئية أفضل على أساس دورة حياة الوقود، وهو ما لن يمكن قياسه باستخدام المقاييس المرتبطة بالكتلة فقط، كما أوضحت اللجنة.

٤-٢ يظهر تحليل المقاييس الممكنة في المرفق (B) أن خيار المقياس ٦ (النسبة المئوية (٪) للانخفاض في مكافئ ثاني أكسيد الكربون (CO_{2e}) المنبعث نتيجة لاستخدام الطاقة النظيفة) وخيار المقياس ٧ (المتوسط المرجح لكثافة الكربون في الوقود) يعكسان الفوائد المناخية المرتبطة باستخدام الطاقة النظيفة. كما يمكن الحصول على هذين المقياسين باستخدام المعلومات التي يتعين أن تكون متاحة في السجل المركزي لخطة كورسيا، كما أن توقعاتهما متاحة في إطار التقرير عن الجدوى من وضع الهدف الطموح الطويل الأجل، الذي يتيح تتبع التقدم المحرز نحو تحقيق أي أهداف محتملة. وتظهر هذه العناصر أن المقياسين ٦ و٧ يمثلان مرشحين جيدين للاستخدام في أي هدف كمي ممكن للطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي.

---

[٦] الوصف التفصيلي لتحليل أنواع الوقود في سياق الهدف العالمي الطموح طويل الأجل، بما في ذلك وصف السيناريوهات والتكاليف المرتبطة بها، يرد على الموقع الإلكتروني الذي خصصته الإيكاو للهدف العالمي الطموح طويل الأجل وأنواع الوقود: https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Pages/LTAG-and-Fuels.aspx .

٣-٤ أضف إلى ذلك أن بساطة الفهم تشكل أيضاً عنصراً هاماً يجب مراعاته، إذ يجب أن يسمح المقياس بفهم مدلوله بسهولة من قبل مختلف الجهات المعنية في مجال الطيران ولعموم الناس. وفي هذا الصدد، يوفر المقياس ٧ وحدة علمية إلى حد ما (غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل ميغا جول (gCO_{2e}/MJ)، غير أنه يتطلب شيئا من الخبرة في تقييم دورة حياة الوقود لفهمه بشكل صحيح. وفي هذا الصدد، يوفر المقياس ٦ (النسبة المئوية (٪) للانخفاض في مكافئ ثاني أكسيد الكربون (CO_{2e}) المنبعث نتيجة لاستخدام الطاقة النظيفة) المستوى ذاته من المعلومات في شكل يمكن فهمه بسهولة من قبل أي شخص لديه معرفة أساسية بآثار تغير المناخ. ويظهر الشكلان التاليان المزيد من المعلومات عن المقياسين ٦ و٧ وكيفية حسابهما والصلة التي تربطهما ببعض.

المقياس 6 – النسبة المئوية لخفض ثاني أكسيد الكربون نتيجة استخدام الوقود النظيف

- يمكن الحصول على هذا المقياس باستخدام المعلومات التي يجري بالفعل الإبلاغ عنها في إطار خطة كورسيا ونشرها على الموقع الإلكتروني للخطة.

المقياس 6
النسبة المئوية لخفض ثاني أكسيد الكربون نتيجة استخدام الوقود النظيف

$$= \left(\frac{\text{الخفض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة لاستخدام وقود الطيران المستدام ووقود الطيران منخفض الكربون في خطة كورسيا **}}{\text{إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن الطيران الدولي*}} \right) \times 100\%$$

*يمكن الحصول عليها عن طريق حساب مجموع الانبعاثات بالنسبة لمشغلي الطائرات، وفقاً للاشتراطات الواردة في الجدول أ5-5 في المجلد الرابع من الملحق السادس عشر. **ويمكن الاطلاع على هذه المعلومات عبر**: https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CCR.aspx؛

** كذلك ستُتاح أيضاً معلومات عن المطالبات بالوقود المؤهل لخطة كورسيا على الموقع الإلكتروني ذاته المذكور أعلاه، وفقاً للاشتراطات الواردة في الجدول أ5-6 في المجلد الرابع من الملحق السادس عشر. وتجدر الإشارة إلى أنه لا يُشترط المطالبة بإجمالي الوقود المؤهل بموجب هذه الخطة، فالمشغلون يُتوقع منهم الإبلاغ عن الخفض في الانبعاثات الناشئة عن استخدام الوقود المؤهل، وذلك فقط إن كانت هناك اشتراطات تعويضية مفروضة عليهم.

المقياس 7 – الكتلة المتوسطة لكثافة الكربون في الوقود

- يمكن الحصول على هذا المقياس بسهولة باستخدام المعلومات التي جرى بالفعل الإبلاغ عنها في إطار خطة كورسيا ونشرها على السجل المركزي للخطة.

المقياس 7
الكتلة المتوسطة لكثافة الكربون في الوقود
(gCO_2e/MJ)

$$= 89 \times \left(1 - \frac{\text{الخفض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة لاستخدام وقود الطيران المستدام ووقود الطيران منخفض الكربون في خطة كورسيا**}}{\text{إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن الطيران الدولي *}} \right)$$

هذا هو المقياس 6
النسبة المئوية لخفض ثاني أكسيد الكربون نتيجة استخدام الوقود النظيف

انبعاثات دورة الحياة في سيناريو خط الأساس بخطة كورسيا – المحدد في الفقرة 3-3-1 بالمجلد الرابع من الملحق السادس عشر

٤-٤ إن الهدف الكمي والجماعي من نشر أنواع وقود الطيران المستدام وأنواع وقود الطيران منخفضة الكربون وغيرها من أنواع الطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي، في سياق تنفيذ الهدف الطموح الطويل الأجل، قد يتيح تتبع التقدم المحرز نحو بلوغ الهدف المتوخى بشكل أسهل، واستعراضه بصورة دورية، كما سيدعم الدول في وضع سياساتها بشأن الطاقة النظيفة. ليس ذلك فحسب، بل سيجعل أيضاً مؤسسات التمويل على بينة بشأن الاحتياجات الاستثمارية ويساعد على توجيه الأموال نحو مشاريع إنتاج ونشر أنواع وقود الطيران المستدام وأنواع وقود الطيران منخفضة الكربون وغيرها من أنواع الطاقة النظيفة.

٥- الإجراء المعروض على مؤتمر الإيكاو الثالث بشأن الطيران وأنواع الوقود البديل

٥-١ المؤتمر مدعو إلى القيام بما يلي:

أ) استخدام المعلومات الواردة في هذه الورقة، بما في ذلك الإسهامات الفنية المقدمة من لجنة حماية البيئة بشأن مقاييس الأهداف الكمية المحتملة والتوقعات بالنسبة للمستويات العالمية لاستخدام الطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي، فضلاً عن رصد عملية الهدف العالمي الطموح طويل الأجل، للنظر في نتائج مؤتمر الإيكاو الثالث للطيران وأنواع الوقود البديل (CAAF/3)؛

ب) النظر في إدراج أهداف جماعية لاستخدام الطاقة النظيفة في مجال الطيران الدولي، استناداً إلى أنسب المقاييس وبما يتماشى مع التقرير عن الجدوى من وضع الهدف الطموح الطويل الأجل، وذلك في إطار استعراض "رؤية الإيكاو لعام ٢٠٥٠" وتحديثها.

— — — — — — — —

APPENDIX A: POSSIBLE METRICS FOR POTENTIAL QUANTIFIED GOALS FOR CLEANER ENERGY FOR INTERNATIONAL AVIATION

	Metric Option	**Metric description**	**Unit**	**Examples of Metric use [reference number][7]**
1	Mass of cleaner energy	Total mass of cleaner energy use	KiloTonne (kt)	CORSIA MRV [1, 7] , ICF (UK industry SAF roadmap) [2] , ATAG Waypoint 2050 [3] EASA Environmental Report [4] , Delta airlines [14] , JetBlue [10]
2	Mass of cleaner energy (*Metric 1*) per Total mass of fuel	Mass proportion of total cleaner energy use to total fuel use	%	CORSIA MRV [1, 7], EASA Environmental Report [4], AirFrance KLM [11]; Japan Airlines [12]; Delta Airlines [14] ; JetBlue [10] ; World Bank [13]; ATAG Waypoint 2050 [3]
3	Total CO_{2e} emitted per year	Total mass of CO_2 equivalent emitted per year	MillionTonne (Mt)	CORSIA MRV [1, 7], ICF (UK industry SAF roadmap) [2], ATAG Waypoint 2050 [3] EASA Environmental Report [4], US Action Plan [5], ICCT [6], IATA Net zero monitoring [10], Japan Airlines [12]; One World carbon roadmap [16]
4	Total CO_{2e} emitted per year (*Metric 3*) per total mass of fuel	Mass proportion of total CO_2 equivalent emitted to total fuel use	Tonne CO_2e/Tonne of fuel	CORSIA MRV [1, 7] ICF (UK industry SAF roadmap) [2] ATAG Waypoint 2050 [3] EASA environmental report [9]
5	CO_{2e} reduction from the use of cleaner energy	Total mass of CO_2 equivalent emissions reductions generated by cleaner energy use	MillionTonne (Mt)	CORSIA MRV [1 ,7] ICF (UK industry SAF roadmap) [2] ATAG Waypoint 2050 [3] US Action Plan [5]
6	% CO_{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	Percentage of CO_2 equivalent emissions reductions resulting from cleaner energy use compared to baseline scenario with zero cleaner energy use	%	CORSIA MRV [1, 7] ICF (UK industry SAF roadmap) [2] ATAG Waypoint 2050 [3] EASA Environmental Report [4]
7	Mass average carbon intensity (CI) of fuel (gCO_{2e}/MJ)[8]	Carbon intensity of total fuel mix based on weighted sum of carbon intensities of cleaner energy and fossil jet fuel	Grams of CO_2e/MegaJoule of energy (gCO_{2e}/MJ)	CORSIA MRV [1, 7]
8	Cumulative total CO_2 emissions over the period between 2020 and 2050	Cumulative total mass of CO_2 emissions from international aviation	GigaTonne (Gt)	CORSIA MRV[9] [1, 7] LTAG report [9] IPCC
9	gCO_2/RTK	CO_2 emissions intensity, whilst accounting for changes in traffic volumes	gram CO_2 / Revenue Tonne Kilometer	IATA Net zero monitoring [15]
10	gCO_2/ATK	CO_2 emissions intensity, whilst accounting for changes in available capacity	gram CO_2 / Available Tonne Kilometer	IATA Net zero monitoring [15]

[7] Note that these are examples of use of the same or similar metrics. They cannot be directly applied to LTAG as is. For example, some may report based on CO2 rather than CO2e

[8] In calculating the mass average, the mass of each type of fuel (in tonne) is multiplied by the CI (gCO_{2e}/MJ) of the type of fuel. The sum of the weighted values is then divided by the total mass of fuel.

[9] CORSIA MRV covers CO_2 emissions up to 2035.

APPENDIX B: ASSESSMENT OF POSSIBLE METRIC OPTIONS FOR CLEANER ENERGY FOR INTERNATIONAL AVIATION

Possible metrics for potential quantified goals associated with using cleaner energy sources for international aviation are identified below, together with the identified criteria, to assess the advantages and disadvantages of each possible metric. Checkmarks indicate advantages of each metric. Disadvantages are highlighted in the last column.

	Metric Option / Criteria	Metric is reported by aeroplane operators as part of CORSIA requirements[10]	Metric is made available by ICAO in the CORSIA Central Registry, or can be calculated/ tracked with the use of available CCR information	Metric Allows tracking progress toward the LTAG, e.g. can be used to assess short, mid, and long-term intermediate goals	Provides a benchmark for comparison;eg. the metric compares against a reference value instead of being an absolute number.	Disadvantages
1	Mass of cleaner energy	✓	✓			Does not capture environmental benefits of cleaner energy or non drop in fuels. Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
2	Mass of cleaner energy *(Metric 1)* / Total mass of fuel)		✓		✓	Does not capture environmental benefits of cleaner energy or non drop in fuels.
3	Total CO_{2e} emitted per year	✓	✓	✓		Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
4	Total CO_{2e} emitted per year (*metric 3*) / per total mass of fuel		✓	✓		
5	CO_{2e} reduction from the use of cleaner energy	✓	✓	✓		Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
6	% CO_{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy		✓	✓	✓	
7	Mass average carbon intensity (CI) of fuel (gCO_{2e}/MJ)		✓	✓	✓	

[10] Information provided by CORSIA is not fully comprehensive due to the scope of CORSIA

8	Cumulative CO2 emissions over the period between 2020 and 2050		✓[11]	✓		Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
9	gCO2/RTK			✓	✓	Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand). Restricted to commercial aviation.
10	gCO2/ATK			✓	✓	Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).

— — — — — — — —

[11] CCR information covers up to 2035.

APPENDIX C: DETAILED PROJECTIONS ON THE GLOBAL LEVELS OF CLEANER ENERGY USE FOR INTERNATIONAL AVIATION

The projections below on the global levels of cleaner energy use for international aviation, using the identified possible metrics in Appendix A, are based on the fuels data using the medium traffic scenario in the LTAG Report (data spreadsheet available at https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Pages/LTAG-data-spreadsheet.aspx).

Projections for cumulative CO2 emissions (metric 8) are provided in the LTAG report, Appendix R3, Table 1.

The projections used 43 MJ/kg as fuel energy content (heating value), and values are given for milestones for 2030, 2040 and 2050 and for three fuel-related scenarios (F1, F2 and F3).

It is important to highlight that volume results from the LTAG report for 2030 were based on announcements made up to 2021.

	Metric Option	Unit	Scenario F1			Scenario F2			Scenario F3		
			2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
1	Mass of Cleaner energy	**kt**	8292	51732	129354	36971	188802	357319	78493	275912	335619
2	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	**%**	3.81	17.73	34.45	17.13	65.94	100.00	36.97	100.00	100.00
3	Total CO_{2e} emitted	**Mt**	816.61	1024.25	1155.97	742.62	756.18	599.62	672.94	465.14	242.65
4	Total CO_{2e} emitted per year/Total mass of fuel	**t CO2/t of fuel**	3.75	3.51	3.08	3.44	2.64	1.68	3.17	1.69	0.72
5	CO_{2e} reduction from the use of cleaner energy	**Mt**	15.95	92.68	280.91	83.24	339.66	767.84	139.53	590.77	1041.77
6	% CO_{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	**%**	1.92	8.30	19.55	10.08	31.00	56.15	17.17	55.95	81.11
7	Mass average carbon intensity (CI) of fuel (gCO_{2e}/MJ)	**gCO_{2e}/MJ**	87.30	81.62	71.60	80.03	61.41	39.03	73.72	39.21	16.81
8	Cumulative CO2 emissions over the period between 2020 and 2050	**$GtCO_2$**	23			17			12		
9	gCO2/RTK		Can't be obtained from LTAG fuels data								
10	gCO2/ATK		Can't be obtained from LTAG fuels data								

Assumptions used in the constrained scenarios of the LTAG report for fuels:

- Under Scenario F1, the scenario prioritization emphasized low cost GHG reduction, and fuels were ordered by minimum selling price (MSP).
- Under Scenario F2, selection prioritized cost effective GHG reduction, using marginal abatement cost as the ordering criterion given in units of $/kg CO2reduced.
- Under Scenario F3, the emphasis was on maximizing GHG reductions, and the fuel LCA value was used as the ordering criterion with lowest LCA value fuels prioritized.

DETAILED TABLE FOR THE SCENARIO F1

	Scenario F1						
	Mass of Cleaner energy	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	Total CO_{2e} emitted	Total CO_{2e} emitted per year/Total mass of fuel	CO_{2e} reduction from the use of cleaner energy	% CO_{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	Mass average CI of fuels ($gCO2e/MJ$)[b]
Unit	**kt**	**%**	**Mt**	**t CO2/t of fuel**	**Mt**	**%**	**gCO_{2e}/MJ**
2030	8292	3.8%	816.61	3.75	15.95	1.92%	87.30
2031	12319	5.5%	833.61	3.74	19.96	2.34%	86.92
2032	16521	7.2%	850.07	3.72	24.51	2.80%	86.51
2033	20934	8.9%	865.90	3.70	29.69	3.32%	86.05
2034	25612	10.7%	880.94	3.68	35.66	3.89%	85.54
2035	30589	12.5%	895.10	3.65	42.52	4.53%	84.96
2036	33747	13.3%	923.23	3.63	49.60	5.10%	84.46
2037	37350	14.2%	950.14	3.61	57.91	5.74%	83.89
2038	41499	15.2%	975.54	3.58	67.73	6.49%	83.22
2039	46248	16.4%	999.28	3.55	79.20	7.34%	82.46
2040	51732	17.7%	1024.25	3.51	92.68	8.30%	81.62
2041	57955	19.3%	1040.64	3.47	108.28	9.42%	80.61
2042	65126	21.1%	1054.41	3.42	126.50	10.71%	79.47
2043	73316	23.1%	1065.39	3.36	147.52	12.16%	78.18
2044	82658	25.4%	1073.20	3.30	171.70	13.79%	76.72
2045	91413	27.4%	1083.19	3.25	193.71	15.17%	75.50
2046	97509	28.5%	1101.35	3.22	207.55	15.86%	74.89
2047	104367	29.8%	1117.66	3.19	223.24	16.65%	74.18
2048	111951	31.2%	1132.21	3.16	240.68	17.53%	73.40
2049	120288	32.8%	1144.96	3.12	259.93	18.50%	72.53
2050	129354	34.5%	1155.97	3.08	280.91	19.55%	71.60

DETAILED TABLE FOR THE SCENARIO F2

	Scenario F2						
	Mass of Cleaner energy	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	Total CO_{2e} emitted	Total CO_{2e} emitted per year/Total mass of fuel	CO_{2e} reduction from the use of cleaner energy	% CO_{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	Mass average CI of fuels ($gCO2e/MJ$)[b]
Unit	**kt**	**%**	**Mt**	**t CO2/t of fuel**	**Mt**	**%**	**gCO_{2e}/MJ**
2030	36971	17.1%	742.62	3.44	83.24	10.08%	80.03
2031	48440	21.9%	745.97	3.38	99.81	11.80%	78.50
2032	60348	26.7%	747.96	3.31	117.74	13.60%	76.90
2033	72795	31.5%	748.29	3.23	137.32	15.51%	75.20
2034	85837	36.3%	746.80	3.16	158.73	17.53%	73.40
2035	99568	41.2%	743.20	3.07	182.24	19.69%	71.47
2036	115473	46.1%	749.91	2.99	208.46	21.75%	69.64
2037	132317	51.1%	754.06	2.91	237.24	23.93%	67.70
2038	150115	56.1%	755.61	2.82	268.61	26.23%	65.66
2039	168910	61.1%	754.45	2.73	302.69	28.63%	63.52
2040	188802	65.9%	756.18	2.64	339.66	31.00%	61.41
2041	204402	69.7%	744.17	2.54	378.83	33.73%	58.98
2042	220824	73.5%	729.89	2.43	420.27	36.54%	56.48
2043	237918	77.3%	713.76	2.32	463.57	39.37%	53.96
2044	255480	81.2%	696.31	2.21	508.18	42.19%	51.45
2045	273300	84.9%	678.11	2.11	553.54	44.94%	49.00
2046	291103	88.5%	659.84	2.01	598.97	47.58%	46.65
2047	308576	91.8%	642.39	1.91	643.58	50.05%	44.46
2048	325566	94.9%	626.20	1.82	686.94	52.31%	42.44
2049	341863	97.6%	611.81	1.75	728.49	54.35%	40.63
2050	357319	100.0%	599.62	1.68	767.84	56.15%	39.03

DETAILED TABLE FOR THE SCENARIO F3

	Scenario F3						
	Mass of Cleaner energy	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	Total CO_{2e} emitted	Total CO_{2e} emitted per year/Total mass of fuel	CO_{2e} reduction from the use of cleaner energy	% CO_{2e} emissions reduction from the use of cleaner energy	Mass average CI of fuels (gCO2e/MJ)[b]
Unit	**kt**	**%**	**Mt**	**t CO2/t of fuel**	**Mt**	**%**	**gCO_{2e}/MJ**
2030	78493	36.97%	672.94	3.17	139.53	17.17%	73.72
2031	98093	45.22%	658.90	3.04	171.30	20.63%	70.64
2032	118606	53.53%	641.90	2.90	206.02	24.30%	67.38
2033	140136	61.95%	621.60	2.75	244.05	28.19%	63.91
2034	162844	70.55%	597.47	2.59	285.91	32.37%	60.19
2035	186690	79.29%	569.52	2.42	331.58	36.80%	56.25
2036	202486	83.26%	553.00	2.27	377.72	40.58%	52.88
2037	219487	87.47%	533.10	2.12	427.22	44.49%	49.41
2038	237536	91.83%	510.28	1.97	479.65	48.45%	45.88
2039	256385	96.24%	485.23	1.82	534.32	52.41%	42.36
2040	275912	100.00%	465.14	1.69	590.77	55.95%	39.21
2041	281882	100.00%	412.02	1.46	666.75	61.81%	33.99
2042	287853	100.00%	359.47	1.25	742.15	67.37%	29.04
2043	293824	100.00%	308.19	1.05	816.28	72.59%	24.39
2044	299795	100.00%	258.87	0.86	888.45	77.44%	20.08
2045	305765	100.00%	254.51	0.83	915.65	78.25%	19.36
2046	311736	100.00%	252.72	0.81	940.29	78.82%	18.85
2047	317707	100.00%	250.64	0.79	965.23	79.39%	18.35
2048	323678	100.00%	248.27	0.77	990.45	79.96%	17.84
2049	329648	100.00%	245.60	0.75	1015.96	80.53%	17.33
2050	335619	100.00%	242.65	0.72	1041.77	81.11%	16.81

REFERENCES

[1] ICAO, Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation, Volume IV, 2018. https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/SARPs-Annex-16-Volume-IV.aspx (accessed March 28, 2023).

[2] ICF, Roadmap for the development of the UK SAF industry, 2023. https://www.sustainableaviation.co.uk/wp-content/uploads/2023/04/Sustainable-Aviation-SAF-Roadmap-Final.pdf (accessed June 27, 2023).

[3] Air Transportation Action Group (ATAG), Waypoint 2050, 2020. https://aviationbenefits.org/media/167187/w2050_full.pdf.

[4] European Union Aviation Safety Agency., European Environment Agency., European aviation environmental report 2022, 2022. https://www.easa.europa.eu/eco/sites/default/files/2023-02/230217_EASA%20EAER%202022.pdf (accessed June 27, 2023).

[5] Federal Aviation Administration, United States 2021 Aviation Climate Action Plan, 2021. https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2021-11/Aviation_Climate_Action_Plan.pdf (accessed June 27, 2023).

[6] ICCT, CO2 Emissions from Commercial Aviation, B. Graver, D. Rutherford, S. Zheng, 2020.

[7] ICAO, CORSIA Eligible Fuels - Life Cycle Assessment Methodology - V5, 2022. https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA_Eligible_Fuels/CORSIA_Supporting_Document_CORSIA%20Eligible%20Fuels_LCA_Methodology_V5.pdf (accessed April 30, 2023).

[8] L. Jing, H.M. El-Houjeiri, J.C. Monfort, J. Littlefield, A. Al-Qahtani, Y. Dixit, R.L. Speth, A.R. Brandt, M.S. Masnadi, H.L. MacLean, W. Peltier, D. Gordon, J.A. Bergerson, Understanding variability in petroleum jet fuel life cycle greenhouse gas emissions to inform aviation decarbonization, Nat Commun. 13 (2022). https://doi.org/10.1038/s41467-022-35392-1.

[9] https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/ICAO_LTAG_Report_AppendixM5.pdf

[10] JetBlue, Sustainability | JetBlue

[11] AirFrance-KLM, Environment | AIR FRANCE KLM

[12] Japan Airlines, Addressing Climate Change | Sustainability | JAPAN AIRLINES Corporate Information (jal.com)

[13] World Bank, Report on the Role of Sustainable Aviation Fuels in Decarbonizing Air Transport, 2022

[14] Delta Airlines, Our Decarbonization Pathway (delta.com)

[15] IATA Net Zero monitoring, Net Zero 2050 (iata.org)

[16] One World Carbon roadmap https://www.oneworld.com/news/2021-08-31-oneworld-outlines-path-to-net-zero-emissions-by-2050

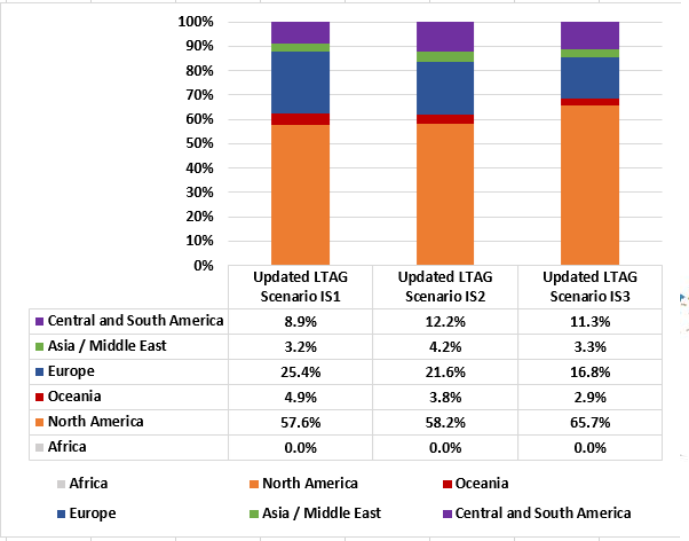
APPENDIX D

GEOGRAPHIC DISTRIBUTION AND TRENDS OF EXISTING AND PLANNED SAF PRODUCTION FACILITIES IN 2030

The short-term scenarios for 2030 were originally developed by CAEP in 2021, and included 5 short-term scenarios based on publically-available announcements of SAF production: "low", "moderate", "high", "high+", and "max". Such information **in 2021** was incorporated in the LTAG report in 2022, in which the three short-term scenarios "moderate", "high" and "high+" were associated with the LTAG scenarios IS1, IS2 and IS3, respectively.

The results shown in this Appendix reflect a further update of the short-term projections for 2030, as compared to the LTAG scenarios IS1, IS2 and IS3. The updates to the short term projections include further announcements of SAF production facilities **by 31 January 2023**. Therefore, fuel volumes from the short-term projections out to 2030 outlined in this Appendix are not the same volumes reported in the LTAG-report, given the different points in time in which the different analyses have been prepared.

Based on the updated SAF short-term projection in 2030, the geographical distribution by world-region (in %) in 2030 is provided in the Figure below.



	Updated LTAG Scenario IS1	Updated LTAG Scenario IS2	Updated LTAG Scenario IS3
Central and South America	8.9%	12.2%	11.3%
Asia / Middle East	3.2%	4.2%	3.3%
Europe	25.4%	21.6%	16.8%
Oceania	4.9%	3.8%	2.9%
North America	57.6%	58.2%	65.7%
Africa	0.0%	0.0%	0.0%

Notes – There are efforts ongoing in other world regions that could lead to SAF production by 2030 but have not reached the maturity level yet for inclusion in these projections at the time the database was frozen as of 31 January 2023. This analysis was developed by CAEP in a short period of time and should be reviewed in the future to ensure its accuracy and to use the definition of ICAO regions.

The database used by the CAEP analysis was frozen on 31 January 2023 and information above does not include any SAF facility announcements made since then.

Details on the methodology

Diffusion modelling was used to more accurately project later years' production beyond the 4-5 years typical for project announcements. However, the diffusion approach does not yield world-region-specific projections but rather global projections. Therefore, the analysis rely on scenario-adjusted announcements from the database for reporting world-region-specific SAF volumes in 2030.

The database used in the analysis includes 108 facilities, including 25 with a maturity level of A, 20 with a maturity level of B, and 27 with a maturity level of C, while other 36 facilities received a maturity level of D and were, therefore, not used in the analysis.

Although SAF activities are in its early stages and are evolving very rapidly in different parts of the world, when analyzing the current results by region of production, it is found that across all scenarios, the majority of SAF production is forecasted to be in the US, followed by the EU (see Figure above). The following essential aspects are highlighted:

a) The analysis used the SAF database that was frozen on 31 January 2023, and announcements made since then are not included in the data;

b) Facility announcements made later, as well as policy developments that could support the SAF production scale-up, are not included in the regional breakdown;

c) Updating the database is a continuous task with additional announcements being captured, and therefore the output from database analyses in the future will change;

d) Given the relatively small global SAF volumes, small volume changes in one world region can have a significant impact on the share of this world region in total production;

e) Many facility announcements have incomplete data, and assumptions had to be made with regard to product slate; and

f) The regional breakdown is based on scenario-adjusted announcements and does not include any diffusion-modelling. The assessment results and methodology can be found in the ICAO public website (https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF-Projections.aspx).

— — — — — — — —

APPENDIX E

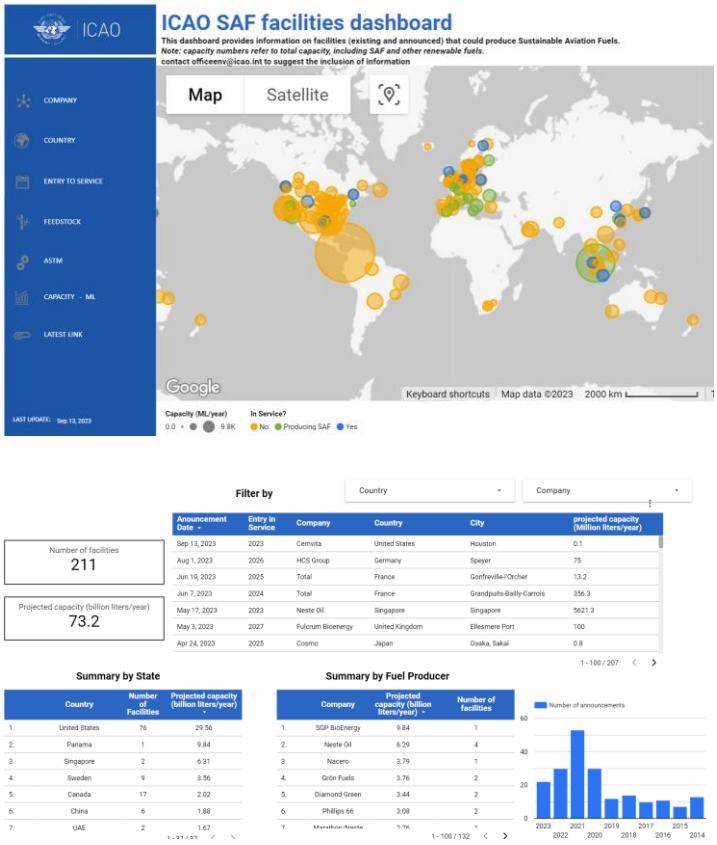
ICAO TRACKER ON SAF PRODUCTION FACILITIES

An up-to-date snapshot of SAF production facilities announcements worldwide is provided through the ICAO Tracker on SAF production facilities, which is illustrated below and available for consultation at https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Production-Facilities.aspx.

The tracker reflects all announcements without further technical assessments, including on maturity levels.

The capacity numbers refer to the total capacity of the facilities (including ground transportation fuels). There is significant uncertainty on the share of this capacity that will be directed to SAF compared to other fuels.

Information is based on publically-available announcements. ICAO does not actively verify the situation of announcements made in the past.



— END —