



## РАБОЧИЙ ДОКУМЕНТ

### ТРЕТЬЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ИКАО ПО АВИАЦИИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМ ВИДАМ ТОПЛИВА (CAAF/3)

Дубай, Объединенные Арабские Эмираты, 20–24 ноября 2023 года

Пункт 2 повестки дня. Поддержка политики по содействию развитию и внедрению более чистых источников энергии для авиации

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРОГНОЗЫ В ОТНОШЕНИИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ЦЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛЕЕ ЧИСТЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ АВИАЦИИ

(Представлено Секретариатом)

#### АННОТАЦИЯ

В настоящем документе представлены возможные контрольные показатели для потенциальных количественных целей в области более чистых источников энергии для международной авиации, а также прогнозы в отношении глобальных объемов использования таких источников энергии в международной авиации, включая технические предложения Комитета ИКАО по охране окружающей среды от воздействия авиации (САЕР) и другую соответствующую информацию.

Действия Конференции приводятся в п. 5.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Вторая конференция ИКАО по авиации и альтернативным видам топлива (CAAF/2), состоявшаяся в октябре 2017 года<sup>1</sup>, одобрила "концептуальное видение ИКАО в области устойчиво производимых видов авиационного топлива на период до 2050 года в качестве "живого" стимулирующего документа" и призвала "государства, отрасль и другие заинтересованные стороны к замещению значительной части обычного авиационного топлива (CAF) устойчиво производимыми видами авиационного топлива (SAF) к 2050 году для обеспечения существенного сокращения эмиссии углерода международной гражданской авиацией и использованию по мере необходимости всех возможностей корзины смягчающих мер для сокращения эмиссии" (см. п. 1 декларации CAAF/2 и 30-й абзац преамбулы резолюции A41-21 Ассамблеи).

<sup>1</sup> Декларация CAAF/2: <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/pages/ICAO-Vision.aspx>.

1.2 СAAF/2 также отметила, что "этот документ основан на прогнозах о постепенном увеличении объемов использования SAF и он должен периодически пересматриваться в рамках процесса подведения итогов для постоянной оценки прогресса в деятельности по разработке и внедрению SAF, включающего необходимость рассмотрения политики и действий, а также организацию регулярных практикумов и семинаров перед проведением Конференции СAAF/3 не позднее 2025 года, в целях обновления концептуального видения ИКАО на период до 2050 года путем включения в него количественно выраженной доли SAF, которая должна быть замещена SAF к 2050 году, и показателей сокращения эмиссии углерода за счет SAF" (см. п. 3 декларации СAAF/2).

1.3 Соответственно, на своей 41-й сессии в октябре 2022 года Ассамблея ИКАО поручила Совету "продолжать проводить оценку прогресса в разработке и внедрении SAF, LCAF и других более чистых источников энергии для авиации в рамках процесса обзора, проводимого ИКАО, и созвать СAAF/3 в 2023 году в целях обзора концептуального видения ИКАО в области SAF на период до 2050 года, включая LCAF и другие более чистые источники энергии для авиации, чтобы определить глобальные рамки в соответствии с инициативой "*Ни одна страна не остается без внимания*" (NCLB) с учетом национальных условий и возможностей" (см. п. 28 f) резолюции A41-21 Ассамблеи).

1.4 В поддержку обновления и пересмотра концептуального видения ИКАО на период до 2050 года и деятельности по обеспечению нулевой чистой эмиссии к 2050 году в соответствии с согласованной на Ассамблее долгосрочной желательной целью (LTAG) в настоящем документе приводятся возможные контрольные показатели и прогнозы в отношении потенциальных количественных целей в области более чистых источников энергии для международной авиации, подготовленные на основе технических предложений Комитета по охране окружающей среды от воздействия авиации (CAEP) Совета ИКАО.

1.5 В этой связи в марте 2023 года Совет ИКАО поручил CAEP<sup>2</sup>:

- a) определить возможные контрольные показатели для потенциальных количественных целей в области более чистых источников энергии для международной авиации (например, процентные показатели (%) или абсолютные значения (масса/объем), касающиеся увеличения объемов потребления SAF, LCAF и других более чистых источников энергии для авиации или сокращения объемов эмиссии CO<sub>2</sub>), подчеркнув любые преимущества и недостатки каждого возможного контрольного показателя;
- b) исходя из возможных контрольных показателей, определенных в соответствии с п. а) выше, а также доклада CAEP об осуществимости LTAG, представить прогнозы в отношении глобальных объемов использования более чистых источников энергии для международной авиации с указанием промежуточных показателей, например на период до 2030, 2040 и 2050 года;
- c) в контексте краткосрочных прогнозов в отношении производства SAF определить принципы географического распределения и тенденции развития существующих и планируемых к созданию предприятий по производству SAF.

---

<sup>2</sup> Решение Совета (см. п. 2 с) документа [C-DEC 229/3](#)).

## 2. ВОЗМОЖНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ИХ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

2.1 На основе результатов анализа информации, полученной из различных источников, САЕР определил ряд возможных контрольных показателей для потенциальных количественных целей в области более чистых источников энергии<sup>3</sup> для международной авиации: показатели, используемые в системе MRV CORSIA (см. CAAF/3-WP/5 и CAAF/3-WP/6); показатели, используемые авиационными заинтересованными сторонами в целях оценки выполнения их обязательств по обеспечению нулевой чистой эмиссии; показатели, предусмотренные в докладе об осуществимости LTAG; показатели, связанные с температурными целями МГЭИК. Как указано в добавлении А к настоящему документу<sup>4</sup> и сводной таблице ниже, было определено десять возможных показателей.

№	Показатели	Единицы измерения
1	Масса более чистых энергоносителей	Килотонны (кТ)
2	Отношение массы более чистых энергоносителей ( <i>показатель 1</i> ) к общей массе топлива	%
3	Общий годовой объем эмиссии CO <sub>2e</sub>	Миллионы тонн (Мт)
4	Отношение общего годового объема эмиссии CO <sub>2e</sub> ( <i>показатель 3</i> ) к общей массе топлива	Тонны CO <sub>2e</sub> /тонны топлива
5	Сокращение эмиссии CO <sub>2e</sub> в результате использования более чистых источников энергии	Миллионы тонн (Мт)

№	Показатели	Единицы измерения
6	% сокращения эмиссии CO <sub>2e</sub> в результате использования более чистых источников энергии	%
7	Среднемассовая углеродоемкость (CI) топлива (гCO <sub>2e</sub> /МДж) <sup>5</sup>	Граммы CO <sub>2e</sub> /мегаджоули энергии (гCO <sub>2e</sub> /МДж)
8	Совокупный объем эмиссии CO <sub>2</sub> за период с 2020 по 2050 год	Гигатонны (Гт)
9	гCO <sub>2</sub> /РТК	Граммы CO <sub>2</sub> / коммерческие тонно-километры
10	гCO <sub>2</sub> /АТК	Граммы CO <sub>2</sub> / располагаемые тонно-километры

<sup>3</sup> В контексте данного анализа термин "более чистые источники энергии" означает виды топлива, рассматриваемые в прогнозах относительно LTAG, а именно:

- 1) отвечающие параметрам LTAG устойчиво производимые виды авиационного топлива (LTAG-SAF), к которым относятся:
  - a. топливо на основе биомассы (растительные масличные культуры, лигноцеллюлозные энергетические культуры, крахмалистые энергетические культуры, сахаристые энергетические культуры);
  - b. топливо на основе отходов:
    - i. твердые отходы – растительные остатки, твердые бытовые отходы, отходы лесного хозяйства;
    - ii. жидкие отходы – отходы и побочные продукты производства жиров, масел и смазочных материалов (FOG);
    - iii. газообразные отходы – выбросы CO<sub>2</sub> при производстве этанола, аммиака, железа, стали и цемента;
  - c. топливо на основе атмосферного CO<sub>2</sub>.
- 2) отвечающие параметрам LTAG виды авиационного топлива с более низким содержанием углерода (LTAG-LCAF) – топливо на нефтяной основе, углеродоемкость которого со времени начала производства до отгрузки составляет < 80,1 гCO<sub>2e</sub>/МДж при использовании технологий и передового опыта в области уменьшения эмиссии парниковых газов (ПГ).
- 3) несмесевые виды топлива, содержащие криогенный водород (LH<sub>2</sub>).

<sup>4</sup> Презентация САЕР, включающая его технические предложения, размещена также на веб-сайте мероприятия по обсуждению ожидаемых результатов в рамках подготовки к CAAF/3: <https://www.icao.int/Meetings/pre-CAAF3/Pages/reference-materials.aspx>.

<sup>5</sup> При расчете среднемассового показателя масса каждого вида топлива (в тоннах) умножается на CI (гCO<sub>2e</sub>/МДж) данного вида топлива. Затем сумма рассчитанных с учетом весового коэффициента значений делится на общую массу топлива.

2.2 Для оценки преимуществ и недостатков каждого возможного показателя САЕР применял следующие критерии:

- a) показатель содержится в отчетности, представляемой эксплуатантами самолетов согласно требованиям CORSIA;
- b) показатель размещается ИКАО в Центральном реестре CORSIA или может рассчитываться/отслеживаться с помощью размещенной в CCR информации;
- c) показатель позволяет отслеживать прогресс в реализации LTAG (например, может использоваться для оценки краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных промежуточных целей);
- d) показатель представляет собой элемент сравнительного анализа (например, сопоставляется с контрольным значением, а не выражает абсолютную величину).

2.3 Контрольные показатели позволяют отслеживать эффективность внедрения более чистых источников энергии в гражданской авиации. Различные показатели могут оказывать различное влияние на разработку более чистых источников энергии для авиационного сектора. Показатели могут содействовать увеличению объемов потребления более чистых энергоносителей, способствовать уменьшению эмиссии от таких источников энергии или оказывать влияние на обе этих переменных.

2.4 В добавлении В к настоящему документу представлена оценка преимуществ десяти возможных показателей, подготовленная САЕР на основе четырех приведенных выше критериев. Соответствие всем критериям не является обязательным условием приемлемости показателя, поскольку некоторые критерии могут иметь отношение только к определенным показателям. Может рассматриваться также возможность сочетания различных показателей. В последнем столбце таблицы, содержащейся в добавлении В, а также в сводной таблице ниже отмечены недостатки отдельных показателей.

#### **Сводная информация о недостатках возможных показателей**

Не отражают климатические преимущества более чистых источников энергии	Показатели 1 и 2
Отсутствие доступных данных для отслеживания прогресса, например с помощью Центрального реестра CORSIA	Показатели 9 и 10
Подвержены влиянию других (технических/эксплуатационных) мер, помимо внедрения более чистых источников энергии	Показатели 3, 5 и 8
Выражают абсолютную величину и не сопоставимы с контрольным значением	Показатели 1, 3, 4, 5, 8
Показатели 6 и 7 не подвержены этим недостаткам	

### **3. ПРОГНОЗЫ В ОТНОШЕНИИ ГЛОБАЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛЕЕ ЧИСТЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ АВИАЦИИ**

3.1 Для того чтобы проиллюстрировать использование соответствующих показателей, они были применены в отношении прогнозов, касающихся глобальных объемов использования более чистых источников энергии для международной авиации, представленных в докладе об осуществимости LTAG<sup>6</sup>. Эти прогнозы, воспроизведенные в добавлении С, основаны на имеющейся информации за период до 2021 года включительно. Эта информация включает подробные таблицы с прогнозами на каждый год, подготовленные с использованием всех контрольных показателей.

3.2 Помимо прогнозов, представленных в докладе об осуществимости LTAG и воспроизведенных в добавлении С, САЕР представил также информацию о географическом распределении и тенденциях развития существующих и планируемых к созданию предприятий по производству SAF в краткосрочной перспективе (до 2030 года включительно). Эта информация приводится в добавлении D. В рамках этого первоначального анализа, проведенного САЕР, оценивался уровень развития предприятий по производству SAF, объявленных по состоянию на 31 января 2023 года; следовательно, информация, представленная в добавлении D, не включает информацию о предприятиях по производству SAF, объявленных после этой даты.

3.3 Кроме того, актуальная информация об объявленных во всем мире предприятиях по производству SAF предоставляется с помощью [Инструмента ИКАО для отслеживания результатов деятельности предприятий по производству SAF](#), как указано в добавлении E. Этот инструмент отражает все объявления без какой-либо дополнительной технической оценки, в частности по уровню развития.

3.4 На рассмотрение CAAF/3 будут представлены обновленные краткосрочные прогнозы и последняя информация, полученная с помощью Инструмента ИКАО по отслеживанию результатов деятельности предприятий по производству SAF.

### **4. АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЦЕЛЕЙ ДЛЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ АВИАЦИИ**

4.1 В докладе об осуществимости LTAG отмечена возможность обеспечения 100-процентного использования устойчиво производимых видов авиационного топлива на всех международных авиарейсах к 2050 году, что отражено в контрольном показателе 1 "масса более чистых энергоносителей". Этот показатель является самым наглядным, однако он не отражает климатические преимущества таких более чистых источников энергии. Как отметил САЕР, поскольку преимущества более чистых источников энергии реализуются в течение всего их жизненного цикла, будут существовать такие варианты источников энергии, экологические преимущества которых не будут учитываться показателями, связанными исключительно с массой.

4.2 Анализ возможных показателей, представленных в добавлении В, позволяет сделать вывод о том, что показатели 6 (% сокращения эмиссии CO<sub>2e</sub> в результате использования более чистых источников энергии) и 7 (Среднемассовая углеродоемкость (CI) топлива) отражают вышеупомянутые климатические преимущества, связанные с использованием более чистых

---

<sup>6</sup> Подробный разбор анализа LTAG по топливу, включая обзор сценариев и соответствующих расходов, размещен на веб-сайте ИКАО в разделе LTAG and Fuels ("LTAG и виды топлива"): <https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Pages/LTAG-and-Fuels.aspx>.

источников энергии. Оба этих показателя также можно будет получить с помощью информации, размещенной в Центральном реестре CORSIA, а прогнозы в отношении этих показателей также приводятся в докладе об осуществимости LTAG, что позволит отслеживать прогресс в достижении любых потенциальных целей. Как свидетельствуют эти элементы, показатели 6 и 7 могут стать перспективными вариантами, которые будут использоваться в отношении любой потенциальной количественной цели в области более чистых источников энергии в международной авиации.

4.3 Еще одним важным элементом, который необходимо учитывать, является наглядность, поскольку показатель должен отражать информацию таким образом, чтобы ее было легко понять авиационным заинтересованным сторонам и широкой общественности. В этой связи показатель 7 включает довольно сложные научные единицы измерения (гСО<sub>2e</sub>/МДж), для правильного понимания которых могут потребоваться некоторые экспертные знания в области оценки жизненного цикла топлива. Вместе с тем показатель 6 (% сокращения эмиссии СО<sub>2e</sub> в результате использования более чистых источников энергии) позволяет получить аналогичный объем информации в наглядном формате, который позволит легко понять эту информацию любому, кто обладает базовыми знаниями о последствиях изменения климата. На рисунках ниже представлена дополнительная информация о методах расчета показателей 6 и 7 и их взаимосвязи.

**Показатель 6.** Процент сокращения эмиссии СО<sub>2</sub> в результате использования более чистых источников энергии

- Этот показатель можно получить с использованием информации, которая **уже представляется в рамках CORSIA и публикуется на веб-сайте CORSIA.**

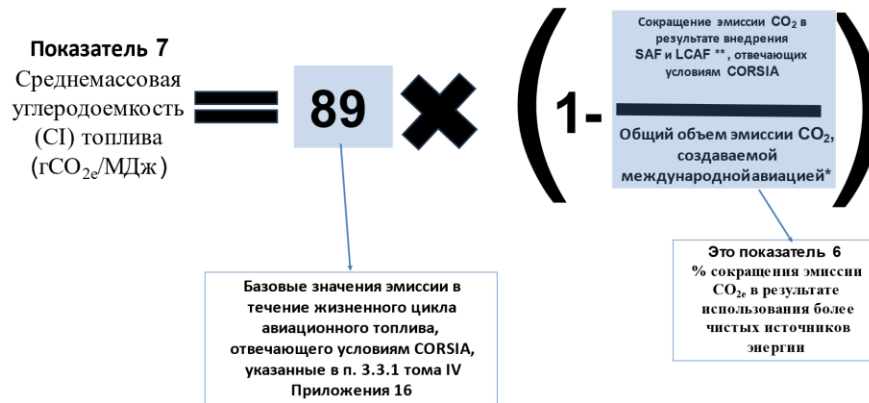
$$\begin{array}{l}
 \text{Показатель 6} \\
 \% \text{ сокращения эмиссии} \\
 \text{СО}_2 \text{ в результате} \\
 \text{использования более} \\
 \text{чистых источников} \\
 \text{энергии}
 \end{array}
 =
 \left(
 \frac{
 \begin{array}{c}
 \text{Сокращение эмиссии СО}_2 \text{ в результате внедрения} \\
 \text{SAF и LCAF}^{**}, \text{ отвечающих условиям CORSIA}
 \end{array}
 }{
 \begin{array}{c}
 \text{Общий объем эмиссии СО}_2 \text{, создаваемой} \\
 \text{международной авиацией}^*
 \end{array}
 \right)
 \times 100\%$$

\* Может быть получен путем суммирования сообщаемых объемов эмиссии эксплуатантов самолетов в соответствии с требованиями таблицы А5-5 тома IV Приложения 16. Эта информация размещена на веб-сайте по адресу: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CCR.aspx>.

\*\* Информация о заявлениях по CEF будет размещена также на вышеуказанном веб-сайте в соответствии с требованиями таблицы А56 тома IV Приложения 16. Следует отметить, что не все CEF будут в обязательном порядке заявлены в рамках CORSIA; ожидается, что эксплуатанты будут сообщать о сокращении эмиссии за счет CEF только в том случае, если они подпадают под действие компенсационных обязательств.

### Показатель 7. Среднемассовая углеродоемкость (CI) топлива

- Этот показатель можно получить с использованием информации, которая уже представляется в рамках CORSIA и публикуется на веб-сайте CORSIA.



4.4 Количественная коллективная цель в отношении SAF, LCAF и других более чистых источников энергии в международной авиации в контексте реализации LTAG могла бы позволить упростить процесс отслеживания результатов деятельности в области достижения LTAG и проведения периодического пересмотра LTAG для оказания поддержки государствам в разработке соответствующей политики в области более чистых источников энергии. Она также обеспечила бы более четкое понимание финансовыми учреждениями существующих потребностей в инвестициях и помогла бы привлечь средства на проекты по внедрению SAF, LCAF и других более чистых источников энергии.

## 5. ДЕЙСТВИЯ СAAF/3

### 5.1 СAAF/3 предлагается:

- использовать представленную в настоящем документе информацию, включая технические предложения САЕР по возможным контрольным показателям для потенциальных количественных целей и прогнозов в отношении глобальных объемов использования более чистых источников энергии в международной авиации, а также для мониторинга хода реализации LTAG, при рассмотрении итогов СAAF/3;
- рассмотреть в рамках пересмотра и обновления концептуального видения ИКАО на период до 2050 года вопрос о включении коллективных целей в области использования более чистых источников энергии в международной авиации на основе наиболее приемлемых контрольных показателей и в соответствии с докладом об осуществимости LTAG.





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

	<b>Metric Option</b>	<b>Metric description</b>	<b>Unit</b>	<b>Examples of Metric use [reference number]<sup>7</sup></b>
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 ( <i>Metric 1</i> ) 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 <sub>2e</sub> emitted per year	Total mass of CO <sub>2</sub> 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 <sub>2e</sub> emitted per year ( <i>Metric 3</i> ) per total mass of fuel	Mass proportion of total CO <sub>2</sub> equivalent emitted to total fuel use	Tonne CO <sub>2e</sub> /Tonne of fuel	CORSIA MRV [1, 7] ICF (UK industry SAF roadmap) [2] ATAG Waypoint 2050 [3] EASA environmental report [9]
5	CO <sub>2e</sub> reduction from the use of cleaner energy	Total mass of CO <sub>2</sub> 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 <sub>2e</sub> emissions reduction from the use of cleaner energy	Percentage of CO <sub>2</sub> 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 <sub>2e</sub> /MJ) <sup>8</sup>	Carbon intensity of total fuel mix based on weighted sum of carbon intensities of cleaner energy and fossil jet fuel	Grams of CO <sub>2e</sub> /MegaJoule of energy (gCO <sub>2e</sub> /MJ)	CORSIA MRV [1, 7]
8	Cumulative total CO <sub>2</sub> emissions over the period between 2020 and 2050	Cumulative total mass of CO <sub>2</sub> emissions from international aviation	GigaTonne (Gt)	CORSIA MRV <sup>9</sup> [1, 7] LTAG report [9] IPCC
9	gCO <sub>2</sub> /RTK	CO <sub>2</sub> emissions intensity, whilst accounting for changes in traffic volumes	gram CO <sub>2</sub> / Revenue Tonne Kilometer	IATA Net zero monitoring [15]
10	gCO <sub>2</sub> /ATK	CO <sub>2</sub> emissions intensity, whilst accounting for changes in available capacity	gram CO <sub>2</sub> / Available Tonne Kilometer	IATA Net zero monitoring [15]

<sup>7</sup> 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 CO<sub>2</sub> rather than CO<sub>2e</sub>

<sup>8</sup> In calculating the mass average, the mass of each type of fuel (in tonne) is multiplied by the CI (gCO<sub>2e</sub>/MJ) of the type of fuel. The sum of the weighted values is then divided by the total mass of fuel.

<sup>9</sup> CORSIA MRV covers CO<sub>2</sub> 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.

	<b>Metric Option / Criteria</b>	Metric is reported by aeroplane operators as part of CORSIA requirements <sup>10</sup>	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 ( <i>Metric 1</i> ) / Total mass of fuel)		✓		✓	Does not capture environmental benefits of cleaner energy or non drop in fuels.
3	Total CO <sub>2e</sub> emitted per year	✓	✓	✓		Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
4	Total CO <sub>2e</sub> emitted per year ( <i>metric 3</i> ) / per total mass of fuel		✓	✓		
5	CO <sub>2e</sub> reduction from the use of cleaner energy	✓	✓	✓		Affected by factors beyond cleaner energy (e.g. Tech, Ops, Demand).
6	% CO <sub>2e</sub> emissions reduction from the use of cleaner energy		✓	✓	✓	
7	Mass average carbon intensity (CI) of fuel (gCO <sub>2e</sub> /MJ)		✓	✓	✓	

<sup>10</sup> 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		✓ <sup>11</sup>	✓		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).

-----

---

<sup>11</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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 <sub>2e</sub> emitted	Mt	816.61	1024.25	1155.97	742.62	756.18	599.62	672.94	465.14	242.65
4	Total CO <sub>2e</sub> emitted per year/Total mass of fuel	t CO <sub>2</sub> /t of fuel	3.75	3.51	3.08	3.44	2.64	1.68	3.17	1.69	0.72
5	CO <sub>2e</sub> 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 <sub>2e</sub> 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 <sub>2e</sub> /MJ)	gCO <sub>2e</sub> /MJ	87.30	81.62	71.60	80.03	61.41	39.03	73.72	39.21	16.81
8	Cumulative CO <sub>2</sub> emissions over the period between 2020 and 2050	GtCO <sub>2</sub>	23			17			12		
9	gCO <sub>2</sub> /RTK		Can't be obtained from LTAG fuels data								
10	gCO <sub>2</sub> /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 CO<sub>2</sub>reduced.
- 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**

Unit	Scenario F1						
	Mass of Cleaner energy	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	Total CO <sub>2e</sub> emitted	Total CO <sub>2e</sub> emitted per year/Total mass of fuel	CO <sub>2e</sub> reduction from the use of cleaner energy	% CO <sub>2e</sub> emissions reduction from the use of cleaner energy	Mass average CI of fuels (gCO <sub>2e</sub> /MJ) <sup>b</sup>
	kt	%	Mt	t CO <sub>2</sub> /t of fuel	Mt	%	gCO <sub>2e</sub> /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

Unit	Scenario F2						
	Mass of Cleaner energy	Mass of cleaner energy/Total mass of fuel	Total CO <sub>2e</sub> emitted	Total CO <sub>2e</sub> emitted per year/Total mass of fuel	CO <sub>2e</sub> reduction from the use of cleaner energy	% CO <sub>2e</sub> emissions reduction from the use of cleaner energy	Mass average CI of fuels (gCO <sub>2e</sub> /MJ) <sup>b</sup>
	kt	%	Mt	t CO <sub>2</sub> /t of fuel	Mt	%	gCO <sub>2e</sub> /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 <sub>2e</sub> emitted	Total CO <sub>2e</sub> emitted per year/Total mass of fuel	CO <sub>2e</sub> reduction from the use of cleaner energy	% CO <sub>2e</sub> emissions reduction from the use of cleaner energy	Mass average CI of fuels (gCO <sub>2e</sub> /MJ) <sup>b</sup>
Unit	kt	%	Mt	t CO <sub>2</sub> /t of fuel	Mt	%	gCO <sub>2e</sub> /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](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](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](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](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](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>



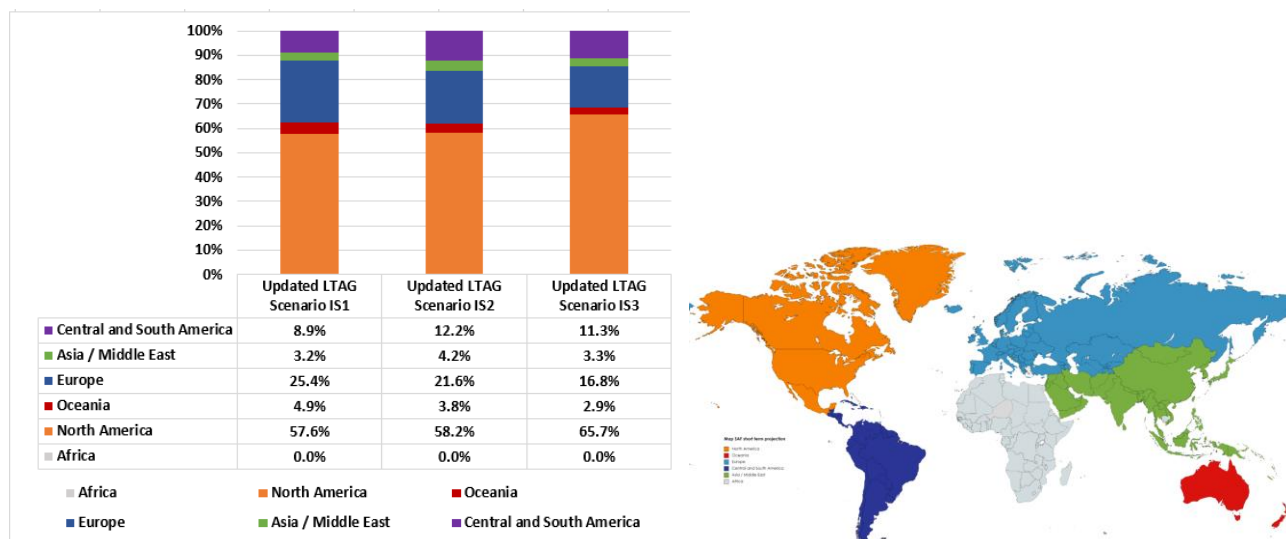
**APPENDIX D**

**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.



*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](https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Production-Facilities.aspx), 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.

