



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

Návrh a tvorba kalkulátoru emisí pro letecké školy
Emission Calculator for ATO

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Letecká doprava

Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Hospodka, Ph.D.

Ing. Anna Polánecká, Ph.D., MBA

Augustina Raszyková

Praha 2022

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621.....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Augustina Raszyková

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský –LED– Letecká doprava

Název tématu (česky): **Návrh a tvorba kalkulátoru emisí pro letecké školy**

Název tématu (anglicky): **Emission Calculator for ATO**

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je navrhnout aplikaci, která by umožnila leteckým školám a zájemcům o výcvik pilota srovnávat produkci emisí z leteckého výcviku prováděného na jednotlivých letadlech.
- Analyzujte současný trh s komerčními aplikacemi pro výpočet emisí v oboru letectví.
- Navrhněte a zhodnoťte možnosti marketingového využití kalkulátoru emisí v prostředí leteckých škol včetně průzkumu zájmu o takový nástroj mezi leteckými školami.
- Analyzujte mezinárodní standardy a legislativu vztahující se k metodikám výpočtu emisí z dopravy včetně emisí z letecké dopravy a identifikujte možné bariéry v implementaci takové metodiky v leteckých školách.
- Navrhněte a popište funkce emisního kalkulátoru pro letecké školy a zhodnoťte výhody a nevýhody jednotlivých řešení.
- Navrhněte aplikaci pro výpočet emisí z provozu při leteckém výcviku

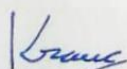


- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Hospodka J., Pleninger S., Vliv letecké dopravy na atmosféru, ČVUT, 2015.
ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology
Jordao, T. C., Ba'ía, R., Rozbor emisí z letecké dopravy dle posuzování životního cyklu, Chemické listy,

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jakub Hospodka, Ph.D.**
Ing. Anna Polánecká, Ph.D., MBA

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **8. srpna 2022**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

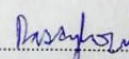


doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


Augustina Raszyková
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 8. října 2021



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Návrh a tvorba kalkulátoru emisí pro letecké školy“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Praze dne 8. srpna 2022

.....

Podpis



Poděkování

Tímto děkuji vedoucím své bakalářské práce Ing. Anně Polánecké, Ph.D., MBA a také děkuji doc. Ing. Jakubu Hospodkovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a cenné rady při psaní této bakalářské práce. Dále bych chtěla bych poděkovat Ing. Petru Hnykovi, bez jehož rad a pomoci z oblasti programování by nebylo možné práci dokončit. Zároveň děkuji svým blízkým, kteří mě při psaní této práce a po celou dobu studia podporovali.



ABSTRAKT

Tato práce se věnuje tvorbě kalkulátoru emisí oxidu uhličitého z provozu letounů v leteckých školách. V začátku práce je analyzován trh s kalkulátory emisí, některé kalkulátory jsou vybrány a mezi sebou porovnány spolu s popisem jejich funkcí. Potenciální zájem o kalkulátor ze strany leteckých škol a jejich klientů je zjišťován dotazníkovým šetřením. Existující metodologie pro výpočet emisí jsou zanalyzovány a porovnány s navrženým řešením metodologie pro letecké školy. Jsou navrženy požadované funkce kalkulátoru a stanoveny postupy výpočtu emisí. Nakonec je naprogramován kalkulátor, ve kterém uživatel může vypočítat emise oxidu uhličitého a tyto emise srovnat s dalšími letouny, které kalkulátor nabízí. Vznikla tedy funkční webová stránka, která slouží k výpočtu emisí z provedeného letu.

Klíčová slova: emise oxidu uhličitého, emise leteckých škol, kalkulátor emisí, metodologie výpočtu emisí



ABSTRACT

This thesis focuses on creating a carbon dioxide emissions from aircraft operations in flight schools calculator. At the beginning of the thesis, the market of emission calculators is analyzed, some calculators are selected and compared with each other along with a description of their functions. The potential interest in the calculator from the aviation schools and their clients is determined by a questionnaire survey. Existing emission calculation methodologies are analysed and compared with the proposed methodology solution for flight schools. The required functions of the calculator are proposed and the procedures for calculating emissions are established. Finally, a calculator is programmed in which the user can calculate carbon dioxide emissions and compare these emissions with other aircraft offered by the calculator. Thus, a functional web page was created to calculate the emissions from the flight performer.

Key words: carbon dioxide emissions, flight school emissions, emissions calculator, emission calculation methodology



Obsah

Úvod	11
1. Kalkulátory emisí v oboru letectví v současnosti	12
2. Potenciál marketingového využití kalkulátoru v leteckých školách	16
3. Standardy a legislativa vztahující se k metodikám výpočtu emisí z dopravy	19
3.1 CORSIA.....	21
3.1.1 Monitorování spotřeby paliva dle předpisu L16	21
3.2 IATA RP 1726	23
3.2.1 Spotřeba paliva.....	23
3.2.2 Základní principy	24
3.2.3 Metodologie výpočtu.....	25
3.3 IATA RP 1678	26
3.3.1 Základní principy	27
3.3.2 Metodologie výpočtu.....	27
3.4 ICAO Carbon Emissions Calculator (ICEC)	28
3.4.1 Základní principy	29
3.4.2 Metodologie výpočtu.....	30
3.5 EU ETS	31
3.5.1 Základní principy	31
3.5.2 Metodologie výpočtu.....	32
3.6 Implementace existujících metodologií na letecké školy	32
3.6.1 Úprava existující metodologie pro použití v leteckých školách	32
4. Přístup leteckých škol a jejich klientů k životnímu prostředí.....	35
4.1 Dotazníkové šetření leteckých škol a aeroklubů	35
4.2 Dotazníkové šetření klientů leteckých škol.....	37
5. Kalkulátor emisí letounů leteckých škol a aeroklubů	39
5.1 Analýza nejčastěji využívaných letadel k výcviku v leteckých školách	40
6. Návrh kalkulátoru a jeho funkcí.....	42
6.1 Spotřeba paliva.....	43
6.2 Doba letu	45



6.3 Technické aspekty webu	47
7. Závěr	48
Seznam použité literatury.....	50



Seznam zkratek

APU	Pomocná energetická jednotka (auxiliary power unit)
AWB	Letecký nákladní list (air waybill)
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
ČAPPO	Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu
DPH	Daň z přidané hodnoty
ETS	Systém pro obchodování s emisemi (emission trading system)
FVE	Fotovoltaická elektrárna
GCD	Ortodromická vzdálenost (great circle distance)
LED	Elektroluminiscenční dioda (light emitting diode)
MAWB	Hlavní letecký nákladní list (master air waybill)
MHD	Městská hromadná doprava
MTOW	Maximální vzletová hmotnost (maximum take-off weight)
RFI	Index radiačního působení (radiative forcing index)
RP	Doporučený postup (recommended practice)
ULD	Palety/kontejnery určené pro leteckou přepravu (unit load device)



Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled kalkulátorů [zdroj: vlastní analýza].....	14
Tabulka 2: Emisní faktory jednotlivých tříd[9]	25
Tabulka 3: Příklad výpočtu emisí[9]	26
Tabulka 4: oprava metody GCD[12].....	29
Tabulka 5: V jaké fázi výcviku jsem? [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]	37
Tabulka 6: Létám za účelem? [zdroj: vlastní dotazníkové šetření].....	38
Tabulka 7: Letouny používané v leteckých školách [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]	40
Tabulka 8: Letouny dále použité v kalkulátoru [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]	41



Seznam obrázků

Obrázek 1: Jsem ochotný/ochotná za kalkulátor platit? Možnost volby více odpovědí. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]	17
Obrázek 2: Se kterým z následujících bodů se letecká škola ztotožňuje? Bylo možno volit více odpovědí. Pouze jedna letecká škola uvedla, že se s žádným z bodů neztotožňuje. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]	35
Obrázek 3: Se kterým z bodů se letecká škola ztotožňuje? Bylo možno volit více odpovědí. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření].....	36
Obrázek 4: Při volbě výcviku pro mne je (bylo) nejdůležitější? Uvedená čísla udávají důležitost jednotlivých sloupců [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]	37
Obrázek 5: Klient letecké školy se ztotožňuje s těmito body. S možností volby více odpovědí. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření].....	38
Obrázek 6: Počítáte si jako letecká škola emise skleníkových plynů? [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]	39
Obrázek 7: Preferovali byste...? Dotazníkové šetření leteckých škol. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]	42
Obrázek 8: Preferovali byste...? Dotazníkové šetření klientů leteckých škol. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]	42
Obrázek 9: Prostředí kalkulátoru, zobrazeno přes počítač [zdroj: vlastní obrázek].....	44
Obrázek 10: Kód kalkulátoru. Volba jednotky a převod z litru na kilogram. [zdroj: vlastní obrázek].....	44
Obrázek 11: Výpočet emisí CO ₂ ze známé spotřeby paliva v kódu kalkulátoru. [zdroj: vlastní obrázek].....	45
Obrázek 12: Prostředí kalkulátoru po volbě „Znám dobu letu“, zobrazeno přes počítač [zdroj: vlastní obrázek].....	46
Obrázek 13: Databáze letounů v kódu kalkulátoru [zdroj: vlastní obrázek].....	46
Obrázek 14: Výpočet emisí CO ₂ ze známé doby letu v kódu kalkulátoru. [zdroj: vlastní obrázek]	47



Úvod

Životní prostředí a zachování jeho obyvatelnosti je čím dál více probírané a aktuální téma, k čemuž emise oxidu uhličitého a jejich snižování neodmyslitelně patří.

Monitorování produkce emisí oxidu uhličitého můžeme vidět v průmyslu i v oboru dopravy. V posledních letech vzniklo z důvodu vzrůstajícího zájmu společnosti několik metodologií k tomu, jak by měly být tyto emise správně spočítány, a to jak v oboru nákladní letecké přepravy, tak při přepravě cestujících. Tyto metodologie vytvořily organizace jako ICAO nebo IATA a jsou veřejně dostupné. Letecké školy jsou těmito metodologiemi opomíjeny a monitorování emisí pro ně sice není povinné, ale ani zakázané.

Mnoho leteckých společností a organizací zabývajících se ochranou životního prostředí využilo standardů a legislativy zavazující letecké společnosti k monitorování emisí ve svých prospěch tak, že cestujícím nabízí kalkulátory emisí na svých webových stránkách. Cestující zde vypočítá své emise a následně má možnost zaplatit určitou částku na jejich kompenzování. Někteří letečtí dopravci nabízí kalkulaci emisí a možnost zakoupení jejich kompenzace již při koupi letenky. V kompenzaci emisí se skrývá potenciál i pro letecké školy, které se do programů pro kompenzaci emisí nezapojují, neboť jejich emise nejsou monitorovány a ani samy letecké školy si emise nepočítají.

Klienty leteckých škol a aeroklubů jsou nejen budoucí piloti, ale i lidé, kteří mají zájem o vyhlídkové lety nebo vyzkoušení si pilotování letounu. Zájemce o výcvik nemá možnost ani orientačně vypočítat své emise, neboť takový nástroj dosud nebyl vytvořen. Tato práce se věnuje tvorbě kalkulátoru, který by umožnil potenciálním zájemcům o výcvik v letecké škole či zájemcům o vyhlídkový let spočítat emise oxidu uhličitého z provedeného letu. Na základě této kalkulace může budoucí pilot zvolit jiný letoun produkující méně emisí nebo své emise kompenzovat.

V této práci je nejprve provedena analýza současného stavu na trhu dostupných kalkulátorů – jaké jsou jejich funkce a co umí. Dotazníkovým šetřením je zjišťován zájem o kalkulátor. Dále je analyzována legislativa a metodologie výpočtu emisí a jsou určeny překážky v aplikaci těchto postupů na letecké školy. Dále jsou navrženy funkce, které by kalkulátoru neměly chybět a na základě dotazníkového šetření jsou zvoleny letouny, pro které bude kalkulátor emise počítat. Závěrem je práce zaměřena na tvorbu kalkulátoru, vysvětlení použitých vzorců a představení vytvořeného prostředí kalkulátoru.



1. Kalkulátory emisí v oboru letectví v současnosti

Analýza současného trhu s komerčními aplikacemi pro sledování emisí v oboru letectví provedena formou průzkumu trhu a jeho nabídky a dostupnosti aplikací a online kalkulátorů sloužících k provedení výpočtu emisí z letecké dopravy odhalila nespočet kalkulátorů. Analýza současného trhu byla zaměřena na veřejně přístupné, bezplatné kalkulátory, které umožňují uživateli provedení výpočtu za účelem zjištění množství emisí vyprodukovaných provozem letounu/participací uživatele v letovém provozu. Analýza je nezbytná pro ucelení obrazu o dostupných kalkulátorech, jejich funkcích a dostupnosti širší veřejnosti. Dostupné kalkulátory jsou zaměřeny na obchodní leteckou dopravu, přičemž existují kalkulátory zaměřené na nákladní leteckou dopravu a kalkulátory zaměřené na přepravu osob.

Kalkulátory zaměřené na přepravu osob zahrnují pouze letouny používané pro přepravu osob a věcí, například kalkulátor EcoPassenger pracuje s průměrnými hodnotami nejčastěji využívaných letadel na německých letištích, především z rodiny B737 a A319-321, uživatel nemá možnost zvolit konkrétní letoun. Kalkulátor Carbon Independent počítá s produkcí 0,25 tuny CO₂ na hodinu letu na jednoho cestujícího. Tato konstanta je zdůvodněná výpočtem průměrných emisí letounu B747-400 při průměrné obsazenosti. Jiné kalkulátory, například kalkulátor Atmosfair, umožňují uživateli zvolit konkrétní letoun, což se může pozitivně projevit na přesnosti výpočtu. Kalkulátory zaměřené na výpočet emisí soukromých letounů nabízí možnost volby z těchto letounů, například kalkulátor Compare Private Planes, který nabízí volbu z letounů používaných pro soukromou leteckou přepravu. Podobně kalkulátory zaměřené na nákladní leteckou přepravu nabízí možnost volby z letounů upravených pro přepravu nákladu nebo určených letecké nákladní dopravě, například kalkulátor EcoTransIT.

Přesnost výpočtu je ovlivněna mnoha faktory a je téměř nepravděpodobné, že by ve skutečnosti dva stejné lety vyprodukovaly stejné množství emisí i přesto, že tento výsledek kalkulátor ukáže. Nepřesnost plyne z aktuálního počasí, obsazenosti letounu, hmotnosti cestujících a nákladu, stáří letounu, uplynuté doby od poslední údržby motorů, množství paliva v nádržích letounu atd. Jak je uvedeno v kapitole 3 *Standardy a legislativy vztahující se k metodikám výpočtu emisí z dopravy*, velké množství těchto faktorů není možné brát v úvahu, neboť by se výpočet velice zkomplikoval a jeho přesnost by se mohla naopak zhoršit. Kalkulátory počítají pro jednoduchost výpočtu především s GCD (ortodromickou vzdáleností, tedy nejkratší spojnicí dvou bodů na kulové ploše) dvou letišť a nezahrnují vyčkávání před přistáním či možné odklony od trasy, což je v doporučených postupech IATA zohledněno formou výpočtu za pomoci průměrů ze spotřeby paliva a vzdálenosti uletěné mezi konkrétními dvěma letišti. Tato data mají dostupná jednotliví provozovatelé.



Vstup uživatele vyžadovaný kalkulátorem poskytuje představu o kvalitě a přesnosti kalkulátoru. Kalkulátor, který požaduje pouze výchozí a cílovou destinaci formou města, bude méně přesný nežli kalkulátor, který počítá se vzdáleností konkrétních letišť. Pokud je od uživatele požadován vstup formou počtu letových hodin, nemusí být tento požadavek pro uživatele jasně specifikován, neboť provozovatel může jako dobu letu uvádět čas včetně pojíždění nebo čas od vzletu po přistání.

Množství emisí přepočtených na jednoho cestujícího se liší v závislosti na cestovní třídě, jak je uvedeno v kapitole 3.2 *IATA 1726*. Pokud má uživatel možnost zvolit cestovní třídu, může přesněji identifikovat své vyprodukované emise oxidu uhličitého.

Sloupec „ostatní způsoby dopravy“ vypovídá o možnosti porovnat emise z letecké dopravy s jiným způsobem dopravy, zejména pokud se uživatel rozhoduje mezi leteckou a například železniční či silniční dopravou.

Kalkulátor Flight free vypočítá, jakou dobu by se musel uživatel stravovat vegetariánsky, aby ušetřil emise vypočtené ke konkrétnímu letu zvolenému uživatelem. Toto porovnání poskytuje uživateli představu podobně jako u potravin bývá zmiňována emisní náročnost jejich přepravy z jednoho místa do druhého až do cílového obchodu.

Transparentnost kalkulátoru poskytuje informaci, zda je pro uživatele k dohledání metodologie kalkulátoru, případně postup výpočtu nebo základní informace k výpočtu. U všech srovnávaných kalkulátorů byla vždy informace k výpočtu, metodologii či použitým koeficientům dohledatelná. Pokud kalkulátor není transparentní, není uživateli zřejmé, jak došel kalkulátor k výsledku. Informace o použití koeficientů, jako je RFI (index radiačního působení, zohledňuje zvýšené působení emisí oxidu uhličitého ve vyšších vrstvách troposféry vlivem letecké dopravy, a tedy rychlejší degeneraci ozonové vrstvy), by měla být uživateli vždy dostupná, neboť tyto koeficienty výrazně mění výslednou hodnotu. Komerční kalkulátory nabízející možnost offsetu emisí s RFI často pracují. Do výpočtu však zahrnují RFI různých hodnot, neboť dosud nebyla stanovena jedna hodnota, která by měla být k výpočtu použita. Některé kalkulátory mohou počítat, že na dálkovém letu letí letoun ve vyšší letové hladině nežli při krátkém, například vnitrostátním letu. RFI je pak při volbě dvou měst/letišť od sebe nepřilíš vzdálených nižší nežli RFI použité při výpočtu vzdálených letišť. Především kvůli RFI bývají výsledky mezi kalkulátory rozdílné a v závislosti na velikosti RFI se liší i výše kompenzace, která je cestujícímu k vyrovnání emisí nabídnuta.

Scandinavian Airlines (SAS) uvádí kalkulátor na svých webových stránkách, což nabídne potenciálnímu zákazníkovi nejen přehled o vyprodukovaných emisích, ale jedná se



i o marketingový tah ze strany Scandinavian Airlines, neboť se jedná o možnost propagace vlastního zájmu provozovatele o ekologii i propagaci koupě doplňků k letence kompenzujících emise či členství ve vlastních klubech, které nabízí členům automaticky kompenzaci vyprodukovaných emisí CO₂.

Tabulka 1 nabízí přehled a srovnání několika komerčních kalkulátorů. Jednotlivé kalkulátory byly mezi sebou porovnány. Každý kalkulátor je transparentní a to tak, že jeho uživatel může dohledat na jednotlivých webových stránkách informace o výpočtu, přinejmenším informaci o použití jednotlivých koeficientů a původu dat, se kterými kalkulátor počítá.

Tabulka 1: Přehled kalkulátorů [zdroj: vlastní analýza]

Název kalkulátoru	Typ	V	L	T	O	RFI
8 billion trees	cestující	km (500/1000/...)	ne	ne	ne	ne
Atmosfair	cestující	letišťe	ano	ano	ne	ano
C level	cestující	letišťe	ne	ano	ne	ano
Carbon Footprint	cestující	letišťe	ne	ano	S Ž	ano
Carbon Independent	cestující	doba letu	ne	ne	S Ž	ne
Cargolux	náklad	letišťe, náklad	ne	ne	ne	ne
Compare Private Planes	soukromé	města	ano	ne	ne	ne
EcoPassenger	cestující	letišťe, datum, čas	ne	ne	S Ž	ne
EcoTransIT	náklad	města, náklad	ano	ne	S Ž Lo	ne
ecotree	cestující	letišťe	ne	ne	S Ž	ne
Flight free	cestující	letišťe	ne	ne	ne	ano
ICEC	cestující	letišťe	ne	ano	ne	ne
myclimate	cestující	letišťe	ne	ano	S Lo	ano
Omni	cestující	doba letu	ne	ne	ne	ano
Ostrom	cestující	města	ne	ano	ne	ano
Paramount	soukromé	doba letu	ano	ne	ne	ne
SAS	cestující	letišťe	ano	ne	ne	ne
Saving Nature	cestující	doba letu/km	ne	ne	ne	ano

Kalkulátory se liší podle cílové skupiny, pro kterou jsou určeny. Některé kalkulátory jsou určeny pro cestující, některé pro spočítání emisí nákladu a některé pro uživatele soukromých letounů, viz sloupec *Typ*. Kalkulátory pro cestující ve většině případů nabízí spolu s výsledkem i možnost kompenzace těchto emisí.

Sloupec V (vstup uživatele) poskytuje informaci o tom, jaké údaje je potřeba, aby uživatel zadal. V některých případech se jedná o vzdálenost – mezi letišti, či pouze mezi městy nebo o dobu letu, případně o hmotnost nákladu či datum a čas.

Sloupec L (volba letounu) uvádí, zda je potřeba/možné, aby uživatel zvolil, ke kterému letounu si přeje emise vypočítat.



Sloupec T (volba třídy) uvádí, zda je možné zvolit cestovní třídu.

Sloupec O (ostatní druhy dopravy) uvádí, zda kalkulátor nabízí kalkulaci i jiných druhů dopravy. Některé kalkulátory tuto možnost nabízí pro srovnání emisí z jednotlivých druhů dopravy na stejné trase.

Silniční doprava je pod **zkratkou S**, železniční **Ž**, lodní **Lo**. Poslední sloupec tabulky 1 uvádí použití RFI v kalkulátoru. Z osmnácti srovnávaných kalkulátorů deset kalkulátorů neuvedlo použití RFI.

Některé kalkulátory počítají emise nejen z dopravy, ale například i z domácnosti – svícení, nákup potravin, oblečení, topení atd. Mezi takovéto kalkulátory patří například kalkulátor Carbon Footprint. Jeho primárním zaměřením tedy není letecká doprava, ale emise obecně, přičemž zahrnuje i emise z letecké dopravy.

Při analýze současného trhu nebyla odhalena aplikace, webová stránka ani metodologie zabývající se emisemi CO₂ leteckých škol nebo aeroklubů a jejich letounů používaných k výcviku nebo vyhlídkovým letům.



2. Potenciál marketingového využití kalkulátoru v leteckých školách

Letecký provozovatel má povinnost vykazovat vlastní produkci emisí oxidu uhličitého, snažit se tyto emise snižovat a kompenzovat každou tunu těchto emisí formou zakoupených či přidělených emisních povolenek (viz kapitola 3.1 *CORSIA*). Tato povinnost se nevztahuje na letecké školy ani na cestující.

Prezentací zájmu o životní prostředí se organizace dostává do povědomí potenciálních klientů a odlišuje se tak od konkurence. Přitom není potřeba téměř žádných investic ze stran leteckých škol/aeroklubů. Kalkulátor umožní letecké škole jeho bezplatné zveřejnění například na webových stránkách letecké školy, a to ať už zveřejněním kalkulátoru přímo na webových stránkách organizace nebo zveřejněním odkazu na kalkulátor. Potenciální klient tak již z tohoto počínu letecké školy snadno vyvodí, že letecké škole není životní prostředí lhostejné.

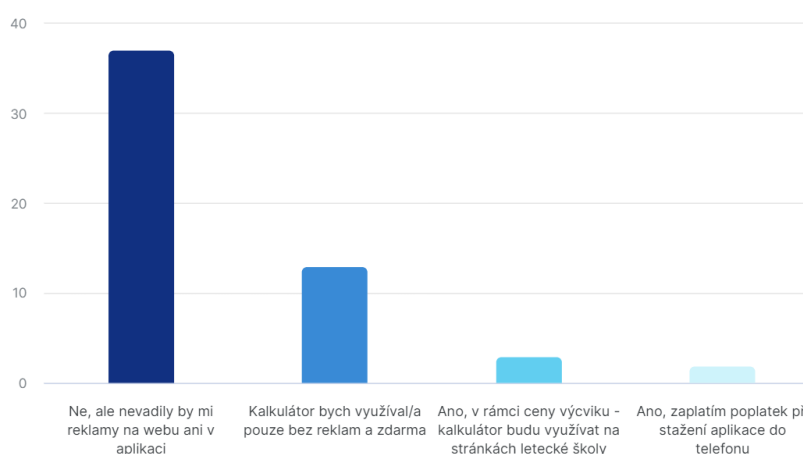
Letecký provozovatel má možnost cestujícím nabídnout zakoupení kompenzování vlastních emisí cestujícího jako dodatečnou službu k letence. Prostředky získány z prodeje této služby může provozovatel použít na pořízení udržitelných paliv či jiné aktivity vedoucí ke snižování emisí v ovzduší. Informace o tom, kam budou finance směřovat, bývají zmíněny již při nákupu této služby, tedy například provozovatel uvede, že vysadí tolik a tolik stromů. Cestující má, kromě možnosti zakoupit tuto službu u leteckého provozovatele, možnost zakoupit tuto službu u nezávislé komerční organizace zabývající se projekty kompenzujícími emise. Zakoupení této služby je ze strany cestujícího dobrovolné. Nutno podotknout, že kompenzováním emisí nedojde k eliminování těchto emisí. Emise je potřeba snižovat u zdroje a teprve emise, které se nepodaří eliminovat, je vhodné kompenzovat.

Nezávislé komerční organizace nabízí nespočet projektů, ze kterých může cestující volit. Mezi tyto projekty patří vysazování stromů a zalesňování, zamezování kácení lesů, podpora výstavby jiných než tepelných elektráren (větrné elektrárny, solární panely), podpora vývoje alternativních udržitelných paliv atd. Za účelem zjištění vlastních emisí z participace v letecké dopravě uvádí některé tyto organizace na svých webových stránkách kalkulátory pro výpočet emisí oxidu uhličitého, jak je uvedeno v kapitole *Kalkulátory emisí v oboru letectví v současnosti*.

Na webových stránkách Aeroweb.cz je k nalezení orientační kalkulace pronájmu letounu Cessna 172 a do jaké míry je pronájem výhodný oproti koupi letounu. Kalkulace je z roku 2011, přičemž počítá s cenou paliva 30 Kč/l a při průměrné tržní ceně 3 850 Kč za pronájem je rozdíl mezi příjmy a náklady 605 Kč. Aktuální cena paliva z webu Letiště Praha Letňany za AVGAS 100LL je 80,11 Kč (ke 4. 8. 2022, včetně DPH a spotřební daně), k této částce se ještě přičítá

2 % poplatek za obsluhu čerpací stanice. Cena za pronájem letounu Cessna 172 se nyní pohybuje výše a pokud by se do ceny promítly například emisní poplatky či kompenzace emisí, snížil by se vzhledem k vysoké ceně zájem o letoun, provozovatel by čelil poklesu zisků a pronájem letounu či jeho provozování by se stalo nerentabilním. Cílem kalkulátoru není zvyšovat cenu výcviku či zvyšovat finanční zátěž ať už letecké školy nebo pilota ve výcviku. Účelem kalkulátoru je naopak umožnit letecké škole propagaci ekologičtějších letounů (i přes výše uvedené se pro tyto letouny zájemce najde a díky kalkulátoru je možné srovnat emisní úsporu s jinými letouny nabízenými leteckou školou), nabídnout možnost reprezentovat se jako moderní firma se zájmem o aktuální dění. Kalkulátor je zajímavým marketingovým tahem, který může mít mnoho přínosů a potenciálního uživatele k ničemu nenutí – není potřeba žádné platby, kalkulátor má informativní charakter.

Dotazníkovým šetřením bylo zjišťováno, zda by klient letecké školy byl ochoten za kalkulátor financovat z vlastních zdrojů. Obrázek 1 zobrazuje vyhodnocení odpovědí. 69,8 % odpovědí připadá prvnímu sloupci v grafu, který říká, že uživateli by nevadily reklamy. Tuto možnost zvolilo 37 ze všech 53 respondentů. Pro leteckou školu nebo jakéhokoli jiného poskytovatele kalkulátoru to znamená, že může nabídnout prostory po stranách webové stránky, na které se kalkulátor nachází, k reklamě a financovat tak provoz kalkulátoru (ať už jeho pořizovací cenu či jeho průběžné aktualizace). Druhý sloupec představuje 24,5 % ze všech odpovědí. Uživatel, jehož volba je zaznamenána ve druhém sloupci, si nepřeje reklamu a nehodlá za užívání kalkulátoru platit.



Obrázek 1: Jsem ochotný/ochotná za kalkulátor platit? Možnost volby více odpovědí. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

Na základě dotazníkového šetření (viz kapitola 4 *Přístup leteckých škol a jejich klientů k životnímu prostředí*) byla zjištěna ostražitost leteckých škol a aeroklubů v přístupu k emisím



z provozu letounů za účelem výcviku a rekreačních, vyhlídkových či zkušebních letů.¹ Tato ostražitost vychází z vysokých nákladů na provoz letounu a obavy z budoucích možných omezení vztahujících se k emisím z provozu letounů za účelem rekreace. Žádná z oslovených leteckých škol či aeroklubů nezmínila používání nástroje/kalkulátoru k výpočtu emisí a jejich následné kompenzaci i přesto, že tato kalkulace je u leteckých společností běžná a v jisté míře cestujícími využívána. Ze 34 leteckých škol odpovědělo 20,5 % leteckých škol na dotaz, zda by měli zájem o kalkulator emisí, který by bylo možné dále distribuovat klientům, kladně. Stejně množství respondentů v dotazníkovém šetření leteckých škol uvedlo, že se zajímá o množství emisí, které provozem letounů vyprodukuje. 41,5 % respondentů ze strany klientů leteckých škol odpovědělo na otázku, zda se zajímají o to, kolik emisí provozem svého letounu/svým výcvikem vyprodukuje, kladně. 54,72 % respondentů ze strany klientů leteckých škol reagovalo taktéž kladně na otázku, zda by měli zájem o kalkulator emisí. Z těchto hodnot lze vyvodit větší zájem o kalkulator emisí nežli o samotné emise.

Kalkulátor pro leteckou školu může představovat nástroje pro propagaci vlastních projektů, například členství v klubech, jak je tomu v případě Scandinavian Airlines, kde v rámci klubu dochází ke kompenzaci emisí z letů členů klubu. Taktéž se sama letecká škola či aeroklub mohou angažovat ve vysazování stromů ve svém okolí, což je pro klienta mimo jiné viditelnou snahou provozovatele pozitivně ovlivnit klima. Letecká škola či aeroklub mohou využít poplatků z členství v takovém klubu či prostředků vybraných kompenzací emisí oxidu uhličitého klienty na nákup nových, modernějších a ekologicky přátelštějších letadel, případně mohou být prostředky použity na investici do udržitelných paliv nebo na modernější zařízení letiště (od nákupu LED žárovek po úsporné lednice).

¹ Některé letecké školy byly kontaktovány telefonicky, přičemž právě při telefonickém hovoru došlo k vyjádření těchto obav ze strany několika leteckých škol. Obavy byly vyjádřeny i v prostoru pro poznámky při dotazníkovém šetření.



3. Standardy a legislativa vztahující se k metodikám výpočtu emisí z dopravy

Česká republika přijala Kjótský protokol, který vstoupil v platnost 16. 2. 2005 a jako první zavedl právně závazné cíle snížení emisí pro rozvinuté země. Tímto se zavázala snížit emise skleníkových plynů v prvním období, které trvalo od roku 2008 do roku 2012, o 5,2 % oproti roku 1990. Do konce druhého období, které trvalo od roku 2013 do roku 2020, se zavázala snížit emise skleníkových plynů o 20 % oproti roku 1990. Mezi skleníkové plyny se dle úmluvy řadí oxid uhličitý (CO₂), metan (CH₄), oxid dusný (N₂O), hydrogenovaný fluorovodík (HFC_s), polyfluorovodík (PFC_s), fluorid sírový (SF₆) a, fluorid dusitý (NF₃). Každý skleníkový plyn má tzv. potenciál globálního ohřevu. Skleníkové plyny jsou mezi sebou porovnávány za použití hodnoty CO₂ ekvivalentní (CO₂ ekv). [1]

Smluvními stranami Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu byla přijata roku 2015 Pařížská dohoda, která nahradila Kjótský protokol platný do roku 2020. Hlavním cílem Pařížské dohody je ochrana klimatu, udržení pomalého nárůstu globální teploty a snižování emisí skleníkových plynů. Země předloží akční plány v oblasti klimatu zaměřené na snížení emisí, které každých 5 let vyhodnotí a stanoví ambicióznější cíle. [2]

V České republice se akční plán v oblasti klimatu zaměřený na snížení emisí nazývá Politika ochrany klimatu v České republice. Akční plán byl schválen roku 2017 a vyhodnocen roku 2021. Do konce roku 2023 je naplánována jeho aktualizace. Tento akční plán mimo jiné zmiňuje politiky a opatření EU v oblasti emisí produkovaných dopravou, například nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 443/2009 (nové osobní automobily) nebo nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 510/2011 (nová lehká užitková vozidla), avšak tato nařízení nahradilo počátkem roku 2020 nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/631 (nové osobní automobily a nová lehká užitková vozidla). Tato nařízení stanovují emisní limity pro nové osobní automobily a lehká užitková vozidla. [3] Zároveň jsou osobní automobily kontrolovány na emise každé dva roky.

Evropská komise představila roku 2019 Zelenou dohodu, kterou se hlásí k cíli klimatické neutrality do roku 2050. Roku 2021 nabyl účinnosti Evropský právní rámec pro klima, jehož cílem je mimo jiné snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů o 55 % oproti roku 1990, a který činí dosažení uhlíkové neutrality do roku 2050 právně závazným. Strategie k dosažení tohoto střednědobého cíle se nazývá Fit for 55. [4]

V dopravním odvětví (kromě automobilů zmiňovaných výše) jsou uplatňována následující nařízení a standardy. Železniční doprava je jeden z nejekologičtějších druhů dopravy. Je elektrifikována z velké části a ve srovnání s jinými druhy dopravy (silniční, leteckou) jsou emise



z železniční dopravy mnohem nižší. Od roku 1990 jako jediný druh dopravy snižuje emise skleníkových plynů a oxidu uhličitého a zároveň stále více využívá obnovitelné zdroje energie. Zelená dohoda ukládá za cíl udržitelnou mobilitu, která by nebyla možná, pokud by se vnitrozemský náklad, který se nyní ze 75 % převážší za využití silniční dopravy, nezačal převážet pomocí železniční a vodní dopravy. [5]

Emise z námořní dopravy upravuje Nařízení evropského parlamentu a rady (EU) 2015/757 ze dne 29. 4. 2015 o monitorování, vykazování a ověřování emisí oxidu uhličitého z námořní dopravy. Lodě, které vyplouvají z nebo připlouvají do členského státu EU a zároveň přesahuje jejich hrubá prostornost 5 000 rejstříkových tun, se řídí pravidly stanovenými v tomto nařízení za účelem podpoření nákladově efektivního snižování emisí CO₂ z námořní dopravy. Na menší lodě se uplatňování těchto pravidel nevztahuje. Nařízení uvádí 4 metody stanovení emisí CO₂: „Metoda A: Dodací listy paliva a pravidelné kontroly palivových nádrží“, „Metoda B: Monitorování palivových nádrží na lodi“, „Metoda C: Průtokoměry pro příslušné procesy spalování“ a „Metoda D: Přímé měření emisí CO₂“. Dále jsou v předpisu uvedeny emisní faktory pro jednotlivá paliva a výpočet vychází z vynásobení emisního faktoru a spotřebovaného paliva. Metodologie, vzhledem k tomu, že vychází ze spotřeby paliva a emisních faktorů jednotlivých paliv, je podobná metodologii stanovující emise z letecké dopravy. [6]

Z uvedeného vyplývá, že zatímco v automobilovém odvětví jsou emise regulovány i na úrovni jednotlivců – tedy každý nový osobní automobil musí splňovat určité emisní limity, v námořní, železniční a letecké dopravě není jednotlivec povinen splňovat emisní limity dle nyní existujících nařízení a standardů. Kromě splňování emisních limitů z výroby se s osobním automobilem jeho provozovatel každé dva roky (od data pořízení nejprve čtyři roky) dostaví na emisní kontrolu. Co se týká lodní dopravy, oblíbenou destinací pro trávení volného času soukromých uživatelů je Holandsko, kde si jednotlivec či skupina lidí mohou pronajmout obytnou loď, kterou následně využívají libovolně k přepravě mezi zajímavými místy. Sledování vyprodukovaných emisí těmito činnostmi v oblasti lodní dopravy je podobně zajímavé jako sledování emisí produkovaných výcvikem pilotů či rekreačními lety.

Následující podkapitoly uvádí jednotlivé standardy a metodologie používané v oblasti letecké dopravy, a to jak přepravy cestujících, tak i čistě nákladní přepravy.



3.1 CORSIA

Projekt CORSIA (Program kompenzace a snižování emisí oxidu uhličitého v mezinárodním letectví) byl vytvořen organizací ICAO jakožto plán snížení emisí produkovaných leteckou dopravou mezi členskými zeměmi ICAO. Základním bodem celého projektu je do roku 2050 ustálit vyprodukované emise na hodnotách mezi roky 2019-2020. Roku 2010 stanovilo ICAO dva cíle, prvním cílem je roční 2% zlepšení účinnosti paliv, druhým cílem je od roku 2020 dosáhnout růstu uhlíkové neutrality – tedy rovnováhy mezi vyprodukovanými emisemi a emisemi pohlcenými. Této rovnováhy je možné dosáhnout financování projektů podporujících například výsadbu stromů či výstavbu větrných elektráren. Zároveň se ICAO zabývá zavedením alternativních udržitelných paliv, optimalizací postupů a technologickým pokrokem. Samotné technologické pokroky a alternativní paliva však k omezení emisí nestačí, došlo tedy na 39. valném shromáždění ICAO k odsouhlasení projektu CORSIA. CORSIA se skládá z několika fází. Fáze pilotní (2021-2023) a první (2024-2026) se členské státy účastní dobrovolně. Již roku 2016 však 66 států oznámilo svoji participaci v projektu CORSIA od jeho začátku. Ve druhé fázi (2027-2035) je již vyžadována účast všech států s více jak 0,5% podílem v mezinárodní letecké dopravě. [7]

Pokyny pro monitorování spotřeby paliva za účelem vykazování vyprodukovaných emisí CO₂ se vztahují na provozovatele letounu, který ročně produkuje více jak 10 000 tun emisí CO₂ za použití letounů s MTOW větší než 5 700 kg provádějících mezinárodní lety. Pokyny se nevztahují na letouny provedené za zdravotnickými, humanitárními či hasičskými účely. [8]

V České republice jsou požadavky ICAO na životního prostředí vyjádřeny formou předpisu L16, program CORSIA je tématem svazku IV, konkrétně metody monitorování spotřeby paliva jsou předmětem doplňku 2 tohoto svazku.

3.1.1 Monitorování spotřeby paliva dle předpisu L16

Provozovatel předloží státu plán pro monitorování emisí a po jeho schválení je povinen tento plán dodržovat. Letecký provozovatel monitoruje spotřebu paliva jednotlivých letů dle jedné z pěti metod uvedených v Leteckém předpisu L16/IV. Použitá metoda musí být dle předpisu taktéž uvedena v plánu předkládanému státu. První dvě metody, tedy metoda A a metoda B vycházejí ze zaznamenaného množství doplněného paliva pro daný a následující let.



Metoda A

Provozovatel použije vzorec 1, kde F_N se rovná palivu spotřebovanému za daný let (t), T_N se rovná množství paliva obsaženému v nádržích letounu, jakmile jsou ukončeny procesy plnění paliva pro daný let (t), T_{N+1} se rovná palivu obsaženému v nádržích letounu po ukončení procesů plnění paliv pro následující let, U_{N+1} se rovná celkovému množství plněného paliva pro následující let.

$$F_N = T_N - T_{N+1} + U_{N+1} \quad (1)$$

Metoda B

Provozovatel použije vzorec 2, kde F_N se rovná palivu spotřebovanému za daný let (t), R_{N-1} se rovná palivu zbývajcímu v nádržích letounu na konci předešlého letu, jakmile jsou založeny špalky (t), R_N se rovná palivu obsaženému v nádržích letounu po založení špalků na konci daného letu (t), U_N se rovná celkovému množství plněného paliva pro daný let (t).

$$F_N = R_{N-1} - R_N + U_N \quad (2)$$

Od špalků ke špalkům (block-off/block-on)

Vzorec 3 použije provozovatel pro výpočet paliva spáleného za daný let F_N (t), pokud zná T_N , tedy hmotnost paliva obsaženého v nádržích letounu při odstranění špalků před zahájením pojiždění daného letu v tunách a R_N , hmotnost paliva zbývajcího v nádržích letounu po založení špalků po ukončení pojiždění daného letu v tunách.

$$F_N = T_N - R_N \quad (3)$$

Metoda plnění paliva (fuel uplift)

Pokud není doplňováno žádné palivo pro let následující po daném letu, použije provozovatel vzorec 4, kde F_N se rovná hmotnosti spotřebovaného paliva za daný let v tunách a U_N se rovná palivu dotankovanému před daným letem v tunách.

$$F_N = U_N \quad (4)$$



Rozdělení paliva v závislosti na době od špalků ke špalkům (Fuel Allocation with Block Hour)

Provozovatel vypočítá průměrnou rychlost hoření paliva², pokud dokáže rozlišit plnění paliva pro vnitrostátní a pro mezinárodní lety. V opačném případě spočítá provozovatel pro každý typ letounu průměrné rychlosti hoření paliva z mezinárodních i vnitrostátních letů. Průměrné rychlosti hoření paliva provozovatel hlásí ve výkazu emisí. Palivo přidělené danému mezinárodnímu letu (v tunách) provozovatel spočítá vynásobením hodnoty průměrné rychlosti hoření paliva (v tunách za hodinu) a doby od špalků ke špalkům daného letu (v hodinách). [8]

3.2 IATA RP 1726

Metodologie IATA 1726 pro výpočet emisí oxidu uhličitého je doporučený postup pro výpočet emisí oxidu uhličitého na komerčních letech převážejících cestující. Vznikla z důvodu rostoucího zájmu ze strany pasažérů, leteckých společností a cestovních kanceláří o informace ohledně vyprodukovaných emisí oxidu uhličitého jednoho pasažéra za konkrétní let a za účelem poskytnutí jednoho standardního a univerzálního postupu k počítání emisí oxidu uhličitého na jednoho pasažéra. Metodologie vznikla za účelem sjednocení výpočtů emisí oxidu uhličitého a zamezení nepřesným výpočtům.

3.2.1 Spotřeba paliva

Základem pro výpočet emisí CO₂ je spotřeba paliva. Z důvodu různých vlivů, které není možné provozovatelem ovlivnit, a které ovlivňují množství spáleného paliva, jako například počasí nebo hustota provozu a z důvodu sezónnosti služeb některých provozovatelů letadel, IATA doporučuje k výpočtu používat data získaná za uplynulý kalendářní rok nebo posledních 12 měsíců provozu dané linky. Zároveň doporučuje výpočet spotřebovaného paliva provádět v souladu s přílohou Chicagské úmluvy 16 (v ČR předpis L16, viz kapitola 3.1.1 *Monitorování spotřeby paliva dle předpisu L16*). [9]

Výpočet emisí CO₂ je specifický pro jednotlivé typy letadel a jejich kapacitu a odráží průměrné množství spáleného paliva a související emise CO₂ každého typu letadla pro danou cestu, přičemž je potřeba zohlednit každý úsek letu a výchozí/cílová letiště těchto úseků.

² Average fuel burn ratio



Provozovatel zaznamenává aktuálně naměřenou hustotu paliva, případně použije standardní hodnoty 0,8 kg/litr. Konkrétní hodnota hustoty paliva musí být zaznamenána v plánu pro měření emisí předloženému státu. Pokud je množství paliva uváděno v litrech, je potřeba toto množství převést na kilogramy za pomoci známé či standardní hustoty.

3.2.2 Základní principy

Výrobní/nepřímé emise (upstream CO₂ emissions), tedy emise vyprodukované v průběhu výroby paliva a jeho distribuce provozovateli, emise produkované zaměstnanci nebo provozem budov nejsou do výpočtu zahrnuty.

RFI není do výpočtu zahrnut, neboť ve vědecké komunitě dosud nedošlo ke shodě, co se týče přesné hodnoty/přesných hodnot, které by měly být do výpočtu zahrnuty.

Všechny emise CO₂ vyprodukované komerčním letem se rozdělí na platící (cestující, náklad, pošta) a neplatící (přesun zaměstnanců, náhradní součástky) zatížení.

Emise CO₂ jsou rozděleny mezi hmotnost cestujících (cestující + odbavená zavazadla) a hmotnost nákladu (náklad + pošta) v odpovídajícím poměru.

Provozovatel, pokud je to možné, použije svá vlastní data týkající se konfigurace sedadel, spotřeby paliva atd. Hmotnost cestujících odpovídá skutečné nebo standardní hmotnosti cestujících a odbavených zavazadel uvedené v provozní dokumentaci provozovatele obsahující veškeré požadované informace o hmotnosti a vyvážení letounu. Je možné počítat se standardní hodnotou 100 kg za každého cestujícího s odbaveným zavazadlem. IATA doporučuje používat průměrné hodnoty za poslední kalendářní rok provozu dané linky. Tato data by neměla zahrnovat období ovlivněná např. situací spojenou s pandemií COVID-19. Pokud se jedná o nově zavedenou linku do nové destinace, pro kterou nejsou data z posledního kalendářního roku známá, lze údaje nahradit daty z letů do jiné destinace v podobné vzdálenosti na stejném typu letounu za posledních 12 měsíců – tento přístup je provizorní a jakmile uplyne 12 měsíců provozu nové linky, budou použita tato data konkrétní linky.

Spotřeba paliva by měla být přezkoumána a validována nezávislou organizací pro zajištění úplnosti a správnosti dat. Nezávislou organizací je myšlen právní subjekt, který provádí ověřování výkazu emisí jako akreditovaná nezávislá třetí strana. V České republice je takovouto nezávislou organizací například VERIFIKACE CZ.



Emisní faktor pro přepočítání leteckého paliva Jet A / Jet A-1 na CO₂ se rovná 3,16 kg na 1 kg paliva a pro paliva AvGas nebo Jet-B se rovná 3,10. [8] Hmotnost emisí CO₂ je vyšší než hmotnost paliva, protože při spalování paliva je zapotřebí velké množství vzduchu. [10]

S ohledem na rozdílnou hmotnost a prostor spojený se sedadlem cestujícího v různých třídách, CO₂ emise jsou přepočteny daným třídním faktorem pro konkrétní sedadlo. Tento faktor se liší pro úzkotrupé a širokotrupé letouny, jak je uvedeno v tabulce 2.

Tabulka 2: Emisní faktory jednotlivých tříd [9]

Typ letounu \ Cestovní třída	Turistická	Turistická Premium	Obchodní	První
Úzkotrupý	1	1	1,5 ³	1,5
Širokotrupý	1	1,5	4	5

3.2.3 Metodologie výpočtu

Provozovatel identifikuje jednotlivé letové úseky, počet cestujících v jednotlivých třídách a hmotnost nákladu, množství spáleného paliva a typ letounu. Dále definuje používanou hustotu paliva a hmotnost cestujících (zda používá standardní nebo skutečnou).

Provozovatel za použití vzorce 5 spočítá celkovou přepravovanou hmotnost. Celkovou hmotnost cestujících vypočítá vynásobením všech platících i neplatících cestujících hmotnostní konstantou 100 kg nebo hodnotou, kterou ke stanovení hmotnosti cestujících používá. Obdobně provozovatel spočítá hmotnost nákladu, tedy součtem hmotností platícího i neplatícího nákladu a pošty.

$$\text{Celková přepravovaná hmotnost} = \text{hmotnost cestujících} + \text{hmotnost nákladu}$$

(5)

Pro určení množství spáleného paliva v přepočtu na cestující využije provozovatel vzorce 6.

$$\text{spálené palivo za cestující} = \frac{\text{celková hmotnost cestujících [kg]}}{\text{celková přepravovaná hmotnost [kg]}} \times \text{spálené palivo [kg]}$$

(6)

³ V případě úzkotrupého letounu v konfiguraci pouze business je potřeba uvažovat faktor 4



Následně určí množství spáleného paliva na jednoho cestujícího dle cestovní třídy podle vzorce 7.

$$emise\ jednoho\ cestujícího = \frac{spálené\ palivo\ všech\ cestujících \times faktor\ dané\ třídy}{\sum(faktor\ třídy \times počet\ cestujících\ v\ dané\ třídě)}$$

(7)

Výslednou hodnotu vynásobí emisním faktorem CO₂, který je 3,16. Výsledkem je hmotnost emisí CO₂ jednoho cestujícího v kilogramech.

Následující tabulka 3 vyobrazuje příklad výpočtu emisí jednoho cestujícího pro úzkotrupý a širokotrupý letoun. Tabulka uvádí dva lety, jeden let úzkotrupým letounem z Ženevy (GVA) do Madridu (MAD) a jeden širokotrupým letounem z Londýna (LHR) do New Yorku (JFK).

Tabulka 3: Příklad výpočtu emisí [9]

Místo vzletu	Cílová destinace	Typ letounu	Celková spotřeba paliva	Cestovní třída				Počet PAX
				T	TP	O	P	
GVA	MAD	A320	6 638	86	/	7	/	93
Úzkotrupý letoun								
LHR	JFK	B777	27 000	140	30	20	5	195
Širokotrupý letoun								

Hmotnost (kg)			Spotřeba paliva (kg)						Spotřeba paliva C
C(standard)	C	Nákladu/pošty	C	Nákladu/pošty	T	TP	O	P	
100	9 300	1 290	5 829	809	60	91	91	91	
Spotřeba paliva podle cestovní třídy:					5 195	/	634	/	5 829
100	19 500	2 100	24 031	2 969	83	124	331	414	
Spotřeba paliva podle cestovní třídy:					11 601	3 729	6 629	2 072	24 031

Místo vzletu	Cílová destinace	Emisní faktor podle cestovní třídy				Emisní faktor CO ₂	Emise 1 C podle cestovní třídy			
		T	TP	O	P		T	TP	O	P
GVA	MAD	1	1	1,5	1,5	3,16	191	286	286	286
LHR	JFK	1	1,5	4	5		262	393	1 047	1 309

(T=Turistická, TP=Turistická Premium, O=Obchodní, P=První, C=Cestující)

3.3 IATA RP 1678

Metodologie IATA 1678 je výsledkem snahy členů IATA dojít ke shodě a zavést sjednocené řešení pro celé odvětví, které se zabývá výzvami spojenými s měřením a vykazováním uhlíkové stopy v letecké nákladní dopravě. Metodologie definuje metodiku měření emisí oxidu uhlíkového vyprodukovaných leteckým nákladem na úrovni zásilky, na kterou se vztahuje jeden



letecký nákladní list (AWB) pro letecké společnosti a všechny třetí strany. Vznikla z důvodu vzrůstající poptávky ze strany objednatelů přepravy po informacích ohledně produkce oxidu uhličitého při přepravě jimi posílaných zásilek. Zároveň vzhledem k existenci mnoha metodologií je tato metodologie jednotným mezinárodním standardem pro měření emisí oxidu uhličitého produkovaných leteckou nákladní dopravou. Metodologií není doporučeno emise počítat před samotnou cestou, neboť předem není známá přesná vzdálenost/doba letu/možná zpoždění a mohlo by tak dojít k nepřesným a neuspokojivým výsledkům.

3.3.1 Základní principy

Provozovatel definuje jednotlivé úseky letu tvořící přepravu nákladu do cílové destinace dle MAWB (Master Air Waybill). Pokud některý úsek tvoří jiná, nežli letecká přeprava (lodní, silniční, železniční), emise se spočítají dle metodologií pro tyto druhy dopravy.

Základem pro výpočet emisí CO₂ je spotřeba paliva za daný let včetně pojiždění a použití pomocné motorové jednotky (APU). Manipulační procesy jako je skladování nákladu ve skladu, emise zařízení a vozidel sloužících pro manipulaci, nakládka a vykládka, fungování budov či zaměstnanců, výrobní emise a jiné emise než emise oxidu uhličitého, nejsou do výpočtu zahrnuty.

Veškeré emise z ryze nákladních letů jsou přiděleny komerčnímu nákladu (náklad, pošta).

Data pro výpočet provozovatel získá stejným způsobem jako v případě RP 1726 a taktéž IATA doporučuje použít vlastní data provozovatele z fungování dané linky za posledních 12 měsíců/6 měsíců atd. [10]

3.3.2 Metodologie výpočtu

Provozovatel spočítá pro každý úsek přepravy emise. Pokud se přeprava skládá z více letů, spočítá provozovatel vyprodukované emise pro každý let zvlášť a hodnoty následně sečte, aby získal výslednou hodnotu vyprodukovaných emisí oxidu uhličitého při přepravě konkrétního nákladu. RP 1678 představuje dva způsoby výpočtu.

S pomocí emisního faktoru daného letu spočítá provozovatel vyprodukované emise následujícím vzorcem 8:



$$emise\ CO_2 = hmotnost\ zásilky\ (t) * emisní\ faktor\ CO_2\ dané\ trasy\ \left(\frac{kgCO_2}{t}\right),$$

(8)

kde hmotnost zásilky odpovídá hmotnosti dle MAWB, zahrnuje hmotnost obalu zásilky, ale ne hmotnost kontejneru (ULD), ve kterém je zásilka v letadle přepravována (ULD). Emisní faktor CO₂ dané trasy je hodnota průměrných emisí CO₂ na dané trase mezi dvěma konkrétními letišti přepočtená na 1 tunu nákladu. Spočítáme ji podle následujícího vzorce 9:

$$\frac{\text{průměrně spálené palivo na dané trase}(t)*1000}{\text{průměrné platící zatížení na dané trase}(t)} * 3,15^4 = emisní\ faktor\ CO_2\ dané\ trasy\ \left(\frac{kgCO_2}{t}\right).$$

(9)

Druhou možností je výpočet s pomocí emisního faktoru celé sítě daného provozovatele. Provozovatel použije vzorec 10:

$$emise\ CO_2 = hmotnost\ zásilky\ (t) * vzdálenost\ (km) * emisní\ faktor\ sítě\ \left(\frac{kgCO_2}{tkm}\right),$$

(10)

kde vzdálenost je vypočtena podle GCD. Emisní faktor sítě (kgCO₂/tkm) je hodnota průměrných emisí CO₂ vyprodukovaných v dané síti přepravou jedné tuny nákladu. Síť je možno definovat dle typu letounu, dělit ji podle obsluhy vnitrostátních/mezinárodních letů, rozlišovat ji podle úzkotrupých či širokotrupých letounů nebo jako celou síť jednoho provozovatele. Emisní faktor je vypočten následovně podle vzorce 11:

$$\frac{\text{Průměrně spálené palivo v celé síti}(t) * 1000 * 3,16}{\Sigma(\text{průměrné platící zatížení letu}(t) * \text{uletěná vzdálenost daného letu}(km))} = emisní\ faktor\ sítě\ \left(\frac{kgCO_2}{tkm}\right).$$

(11)

3,16 je emisní faktor pro přepočet leteckého paliva Jet A/Jet A-1 na CO₂.

3.4 ICAO Carbon Emissions Calculator (ICEC)

ICAO vyvinulo metodologii pro počítání emisí CO₂ z jednoho letu, kterou popisuje v dokumentu ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology. Tento dokument představuje obecnou

⁴ Metodologie RP 1678 uvádí oproti metodologii RP 1726 hodnotu emisního faktoru 3,15



metodologii počítání vyprodukovaných emisí CO₂ z letecké přepravy jednoho cestujícího pro použití v programech pro kompenzaci emisí CO₂.

Přímo na vlastních webových stránkách nabízí ICAO výpočet emisí zpátečního či jednosměrného letu z počáteční do cílové destinace. Uživatel zvolí z možností, zda se jedná o jednosměrný/zpáteční let, zda cestuje v economy/premium třídě, pro kolik cestujících mají být emise vypočítány a počáteční/cílovou destinaci. Destinaci je možno zadat formou IATA kódu letiště, ICAO kód kalkulátor nerozezná. Zároveň je možné počítat pouze přímé lety, pokud se nejedná o přímý let, je možné do kalkulátoru zadat více letů. Po zadání všech vstupů ze strany uživatele kalkulátor dohledá známé dopravce obsluhující zvolenou trasu a jimi využívané letouny, načtež na základě známé průměrné spotřeby paliva a obsazenosti vypočítá produkované emise. ICAO se pokusilo vytvořit nejpřesnější kalkulátor, neboť počítá s různou průměrnou obsazeností pro různá letadla a pro různé linky (s jinou hodnotou počítá při letu z Evropy do Asie a z Evropy do Afriky). Kalkulátor je možno zakoupit formou aplikace ICAO Carbon Emissions Calculator Application Programming Interface (ICEC API) pro další použití, například integraci do různých programů pro výpočet emisí za účelem zjištění odpovídající částky pro kompenzaci těchto emisí (viz Atmosfair kalkulátor). Kalkulátor je zpoplatněn dle ceníku ICEC API Pricing Grid. [11] ICAO předpokládá použití vlastních dat provozovatele pro větší zpřesnění výpočtu.

3.4.1 Základní principy

Metodologie ICAO funguje na principu ortodromické vzdálenosti (viz *IATA RP 1678*) a od uživatele vyžaduje minimum informací. Vzdálenost mezi dvěma letišti podle GCD (ortodromická vzdálenost) je v závislosti na vzdálenosti výchozího a cílového bodu opravena podle tabulky 4.

Tabulka 4: oprava metody GCD [12]

GCD	Oprava (+)
GCD < 550 km	50 km
550 ≤ GCD < 5 500 km	100 km
5 500 km ≤ GCD	125 km

Vzhledem k tomu, že emise cestujících v letecké dopravě jsou ovlivňovány neustále se měnícími proměnnými specifickými pro každý let, metodologie používá k výpočtu průměrná data z celého odvětví.



Uživatelé zadaná výchozí a cílová destinace je porovnána se zveřejněným letovým řádem, díky čemuž jsou známy typy letadel obsluhujících danou trasu, jejich průměrná obsazenost (load factor) a poměr náklad/cestující. Následně je vypočítána průměrná spotřeba paliva, která je přepočítána na jednoho cestujícího.

Průměrná obsazenost uvažovaná pro účely výpočtu je získána z databáze Traffic by Flight Stage, která shromažďuje údaje o provozu podle typu letadla. Tyto údaje jsou zpracovávány každoročně. Spotřebu paliva příslušného typu letounu kalkulátor získá z ICAO Fuel Consumption Formula. [12]

3.4.2 Metodologie výpočtu

Pro výpočet emisí CO₂ jednoho cestujícího použijeme následující vzorec 12:

$$emise\ CO_2 = 3,16 * \frac{palivo * faktor \frac{cestující}{náklad}}{počet\ economy\ sedaček * obsazenost}$$

(12)

kde palivo se rovná průměrnému spálenému palivu daného typu letounu na zvolené trase, faktor cestující/náklad je vypočítán na základě dat z ICAO databáze obsahujících přepravený náklad a počty přepravených cestujících. Počet economy sedaček vychází z plánu každého typu letadla v konfiguraci pouze economy sedadel, ve výpočtu představuje hodnotu veškerých economy sedadel dostupných na všech typech letounu na dané trase. Díky plánu economy konfigurace letounu je možné stanovit, kolik emisí by připadalo na cestující letící v jiné než economy třídě v případě jiné konfiguraci letounu. V závislosti na volbě uživatele a na trasách obsluhovaných letouny s jinou než pouze economy konfigurací, vstupuje do výpočtu faktor pro přepočet emisí na konkrétní třídu (jinou než economy). Tento faktor je stanoven pro economy a premium třídu v poměru 1:2.

Celková přepravená hmotnost je vypočítána následujícím vzorcem 13:

$$Celkem(t) = \left[\frac{(cestující * 100kg) + (sedačky * 50kg)}{1000} \right] (t) + náklad(t) + pošta(t),$$

(13)



kde 100 kg je hmotnost cestujícího s odbaveným zavazadlem, 50 kg je hmotnost sedačky, toalet a vybavení letounu v přepočtu na jednu sedačku. [12]

3.5 EU ETS

Evropský systém pro obchodování s emisemi (EU ETS) je plán EU v oblasti klimatu pro snížení emisí skleníkových plynů, který funguje na základě emisních povolenek a obchodování s nimi. Byl přijat 1. ledna 2005 a zasahuje do mnoha oblastí jako je výroba elektřiny a různá průmyslová odvětví. Aktuálně je projekt ve 4. fázi, která běží od roku 2021 do roku 2030. Roku 2012 byl systém EU ETS rozšířen o sektor civilního letectví.

Jedna emisní povolenka představuje 1 tunu vypouštěného CO₂. Provozovatel zařízení (v letecké dopravě je zařízením myšlen letoun) musí na každou tunu CO₂ předložit povolenku. Pokud tak neučiní, je pokutován s tím, že povolenku doloží dodatečně. Část povolenek provozovatel získá bezplatně, ostatní je potřeba získat vydražením či nákupem od provozovatele, který má emise nižší, než kolik získal povolenek, a jejich přebytek nabízí k prodeji. Množství emisních povolenek se ročně snižuje, což vytváří tlak na provozovatele ke snižování vlastních emisí. Ročně se mění i cena jedné povolenky i výše pokuty za nedoložení příslušných povolenek k vypuštěným emisím. Podle EU ETS mají členské státy povinnost alespoň polovinu zisků z obchodování s emisními povolenkami investovat do snižování emisí skleníkových plynů. [13]

Pro leteckou dopravu ve čtvrté fázi platí roční snižování množství emisních povolenek na trhu o 2,2 %. 82 % emisních povolenek v letecké dopravě je distribuováno zdarma, 3 % jsou rezervou pro nové provozovatele a zbylých 15 % je draženo. [13]

3.5.1 Základní principy

V České republice směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/87/ES uvádí ve své čtvrté příloze, části B, zásady pro monitorování a podávání zpráv o emisích z činností v oblasti letectví. V letectví se emise oxidu uhličitého monitorují pomocí výpočtu, na rozdíl od stacionárních zařízení, jejichž emise jsou monitorovány dle části A této přílohy za použití výpočtu či měření. [14]



3.5.2 Metodologie výpočtu

Emise oxidu uhličitého jsou vypočteny za použití následujícího vzorce 14:

$$emise\ CO_2 = spotřeba\ paliva * emisní\ faktor,$$

(14)

kde je do spotřeby paliva započítáno i palivo spotřebované provozem APU. Skutečná spotřeba paliva pro každý let je vypočtena součtem paliva v nádržích letadla po dokončení plnění paliva pro daný let a paliva doplněného pro následující let, od čehož je odečteno palivo obsažené v nádržích letadla po dokončení plnění paliva pro následující let. Tento způsob výpočtu odpovídá metodě A pro výpočet spotřeby paliva uvedené v předpisu L16.

3.6 Implementace existujících metodologií na letecké školy

Vzhledem k absenci legislativy zavazující letecké školy ke snižování emisí je potřeba v případě snahy představit leteckým školám metodologii výpočtu emisí či aplikaci k takovému výpočtu brát ohled na složitost takových pokynů, časovou náročnost při práci s metodologií či kalkulátorem a dbát na zachování kalkulátoru/metodologie jako bezplatného a snadno dostupného.

Potenciální zahrnutí leteckých škol do systému EU ETS je z hlediska životního prostředí správným krokem, avšak mnoho leteckých škol by v případě začlenění do tohoto systému mohlo finančně neprospívat. Letouny v leteckých školách bývají staršího data výroby, což se projevuje na emisích motorů, a tedy i na množství emisních povolenek, které by letecká škola musela vykázat, což by vedlo ke zvyšování cen výcviku. Metodologie EU ETS a vzorec 14 je však způsob, kterým je možné počítat vzhledem ke své jednoduchosti i emise v leteckých školách.

Metodologie IATA RP 1678 je, vzhledem ke svému zaměření na nákladní leteckou přepravu, k užití v leteckých školách nevhodná.

3.6.1 Úprava existující metodologie pro použití v leteckých školách

Metodologie ICEC a IATA RP 1726 je aplikovatelná po provedení úprav i na letecké školy. Obě metodologie vycházejí především z množství spotřebovaného paliva. Dále je důležitým



faktorem obsazenost, která v případě leteckých škol nenajde ve vzorci využití. Používaná data jsou za uplynulý rok provozu provozovatele a k výpočtu jsou používány průměry těchto dat, aby byla zajištěna jejich co největší přesnost. Hmotnost je vhodné znát za účelem přerozdělení emisí na náklad a na cestující.

V pilotní kabině letounu při výcviku je standardně přítomen pilot-instruktor a pilot-žák, není potřeba vstupu hmotnosti nákladu do výpočtu. Hmotnost nákladu je rovna nule. Pokud nejdříve upravíme vzorec 5 uvedený v metodologii IATA RP 1726, která by byla emisnímu kalkulátoru pro letecké školy ze všech uvedených metodologií nejbližší, tak, abychom neuvažovali hmotnost nákladu, zjistíme, že podle vzorce 15

$$\text{celková přepravovaná hmotnost} = \text{hmotnost cestujících},$$

(15)

přičemž vzhledem k absenci cestujících je za cestujícího považován v tomto vzorci žák letecké školy.

Ze vzorce 6 uvedeného v kapitole věnované metodologii IATA RP 1726 po začlenění úpravy vzorce pro použití v letecké škole výše vychází, že veškeré spálené palivo letounu za daný let připadá na žáka letecké školy, který let absolvuje/absolvoval.

Hmotnost žáka není potřeba pro výpočet jeho emisí znát, jak je dokázáno úpravou vzorců. Pokud by v kabině cestoval další cestující, poté by hmotnost do výpočtu vstoupila. V případě dvou a více cestujících (například při vyhlídkovém letu) není nezbytně nutné používat k výpočtu standardní hmotnosti (100 kg), neboť skutečnou hmotnost může každý cestující uvést. Zároveň, za předpokladu, že cestující necestují se zavazadly, je skutečná hmotnost pravděpodobně nižší oproti standardní hodnotě právě z důvodu absence zavazadla. Přerozdělení hmotnosti mezi cestující za použití hmotnosti je více komplikované a vyžaduje uvedení hmotnosti pro výpočet, tedy více vstupů od uživatele. Přerozdělit emise CO₂ je možné vydělením emisí letounu počtem cestujících bez uvádění jejich hmotností.

Dále je v případě cestujících u jednotlivých metodologií a používaných kalkulátorů faktorem vstupujícím do výpočtu cestovní třída, neboť prostor náležící k sedadlu v různých cestovních třídách se liší. Cestující v první třídě na základě výpočtu vyprodukuje více emisí za jeden stejný let, nežli cestující v ekonomické třídě (viz faktory cestovních tříd). Toto v případě leteckého výcviku neplatí, kabina letounů užívaných k leteckému výcviku není dělena do cestovních tříd. Jako faktor cestovní třídy je vždy uvažována hodnota 1.



Podobně jako se v uvedených metodologiích neuvažuje pilot a jeho produkce emisí za daný let, nejsou emise pilota uvažovány ani ve výpočtu emisí výcvikového letu letecké školy. Na letoun je v případě výcviku pohlíženo jako na celek, žák je zodpovědný za emise celého letounu. Podobně, v případě, kdy se pilot rozhodne pro vlastní potřebu vykonat vyhlídkový let a je jedinou osobou v letounu, sám zodpovídá za vyprodukované emise oxidu uhličitého a měl by znát jejich hodnotu a mít možnost tyto emise adekvátně kompenzovat. Tvrzení, že pilot, pokud letí sám, neprodukuje žádné emise, by bylo z logického hlediska chybné.

Do výpočtu emisí leteckých škol tedy vstupuje množství spotřebovaného paliva, které je pro výpočet emisí CO₂ zcela zásadní a od nějž se dále odvíjí vzorce použité pro výpočet emisí v kalkulátoru.

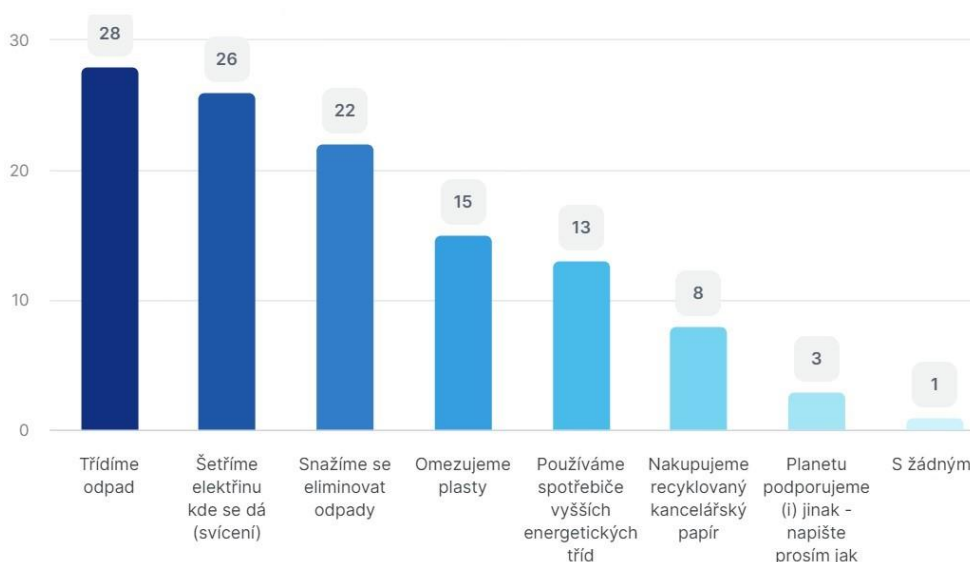
4. Přístup leteckých škol a jejich klientů k životnímu prostředí

Za účelem zjištění bližších a aktuálních informací ohledně přístupu leteckých škol a aeroklubů k emisím oxidu uhličitého produkovaného jimi provozovanými letouny bylo v období mezi únorem a červencem roku 2022 provedeno dotazníkové šetření (dotazníky viz *Příloha A* a *Příloha B*).

4.1 Dotazníkové šetření leteckých škol a aeroklubů

Dotazníkové šetření probíhalo formou zaslání odkazu jednotlivým leteckým školám a aeroklubům na webovou stránku Survio.com, kde byl dotazník následně respondentem vyplněn. Za účelem oslovení pokud možno co největšího množství aeroklubů a leteckých škol byla využita databáze leteckých škol z webových stránek Aeroweb.cz. Díky této databázi bylo osloveno 98 organizací, přičemž dotazník vyplnilo 34 z nich (tedy téměř 35 %).

Obecný zájem leteckých škol a aeroklubů o životní prostředí byl zjišťován dvěma otázkami. Jakou formou se letecké školy snaží zatěžovat životní prostředí co nejméně interně – v rámci každodenního fungování letecké školy a druhou otázkou – zda se potenciální zájem o životní prostředí promítá do firemní ekonomiky. Obrázek 2 a obrázek 3 jsou vyhodnocením odpovědí na obě tyto otázky. Čísla v obrázku 2 i v obrázku 3 vyjadřují, kolikrát byla jaká odpověď zvolena, přičemž jeden respondent mohl zvolit více odpovědí.



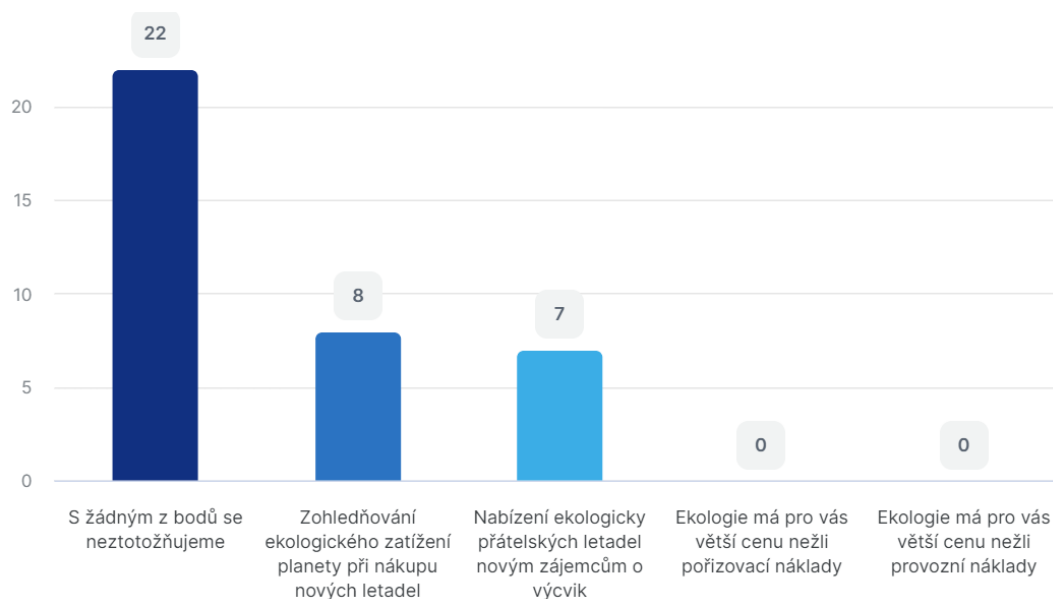
Obrázek 2: Se kterým z následujících bodů se letecká škola ztotožňuje? Bylo možno volit více odpovědí. Pouze jedna letecká škola uvedla, že se s žádným z bodů neztotožňuje.

[zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

Prostředky získané kompenzováním emisí mohou být investovány do kteréhokoli z bodů uvedených v grafu, čímž by se letecká škola zasloužila o menší zátěž klimatu. Z obrázku 2 je zřejmé, že největší oblíbenosti se těší třídění odpadu, šetření elektřiny a eliminace odpadu (tedy omezení odpadů). Další cestou snižování emisí z provozu letecké školy je zavedení navijákových startů kluzáků namísto vlečení vlečným letounem.⁵

Bod Planetu podporujeme (i) jinak vyplnili tři respondenti následovně: „snažíme se využívat termických proudů – máme 80 bezmotorových letců“, „sbírám odpadky v přírodě, šetřím vodou – sbíráme dešťovku, máme FVE⁶, zachraňuju zvířata“, „ekologická likvidace motorových olejů“.

Kalkulátor emisí letecké školy umožní propagovat ekologicky přátelská letadla, klient si před zahájením výcviku spočítá, kolik emisí na kterém letadle vyprodukuje a potenciálně tak ovlivní volbu letecké školy/letounu pro vlastní letecký výcvik, pokud letecká škola nabízí více letounů. 7 leteckých škol (20,6 %) uvedlo, že novým zájemcům o výcvik nabízí ekologicky přátelská letadla (viz obrázek 3). Tuto činnost by podpořil kalkulátor, který by srovnal letouny využívané konkrétní leteckou školou.



Obrázek 3: Se kterým z bodů se letecká škola ztotožňuje? Bylo možno volit více odpovědí.

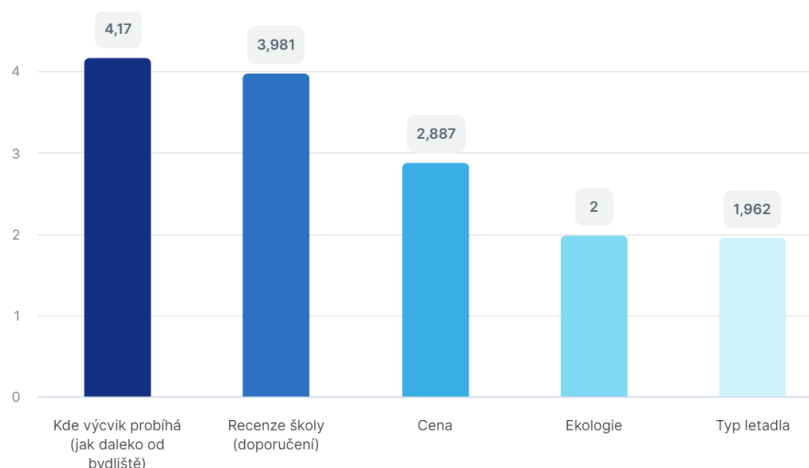
[zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

⁵ Navijákové starty byly zmiňovány leteckými školami při jejich oslovování za účelem získání odpovědí v dotazníkovém šetření

⁶ Fotovoltaická elektrárna – solární panely

4.2 Dotazníkové šetření klientů leteckých škol

Ve stejném období, kdy probíhal sběr odpovědí do dotazníkového šetření leteckých škol, probíhalo druhé dotazníkové šetření, které bylo zaměřené na klienty leteckých škol, a to jak budoucí piloty, tak zájemce o vyhlídkové lety. Účelem tohoto druhého dotazníkového šetření bylo nejen zjistit zájem o kalkulátor, ale pro získání ucelené představy zjistit i zájem klientů leteckých škol o životní prostředí. Díky tomuto dotazníkovému šetření bylo nasbíráno 53 odpovědí.



Obrázek 4: Při volbě výcviku pro mne je (bylo) nejdůležitější? Uvedená čísla udávají důležitost jednotlivých sloupců [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

Graf z obrázku 4 ukazuje které faktory jsou pro klienty leteckých škol nejdůležitější a nejvíce ovlivňují rozhodování. Do ekologie může být počítána například doprava k letecké škole – zda je možné se k výcviku dopravit hromadnou dopravou nebo je zapotřebí osobní automobil.

Tabulka 5 zobrazuje jaký podíl respondentů se nachází v jaké fázi výcviku. 41,50 % respondentů buďto je ve/po výcviku, nebo výcvik plánuje. Respondent, který je bez výcviku a výcvik neplánuje může být klientem letecké školy, jehož oblibou jsou vyhlídkové nebo zkušební lety.

Tabulka 6, jako doplnění tabulky 5, uvádí, za jakým účelem klient letecké školy létá.

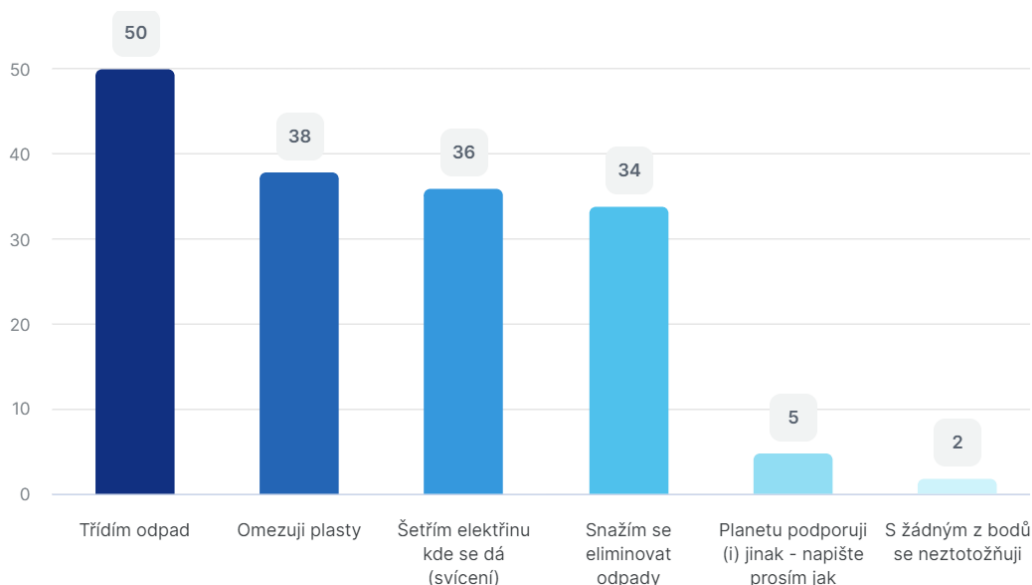
Tabulka 5: V jaké fázi výcviku jsem? [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

Bez výcviku a výcvik neplánuji	31	58,50 %
Po výcviku a prozatím další neplánuji	10	18,90 %
V průběhu výcviku	7	13,20 %
Mezi výcviky	3	5,70 %
Před zahájením prvního výcviku	2	3,80 %

Tabulka 6: Létám za účelem? [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

Rekreace	39	73,60 %
Výkonu povolání	5	9,40 %
Zisku licence pro budoucí výkon povolání	4	7,50 %
Jiná...	5	9,40 %

Obrázek 5 zobrazuje (podobně jako u dotazníkového šetření leteckých škol) zájem o jiné oblasti šetření životního prostředí.



Obrázek 5: Klient letecké školy se ztotožňuje s těmito body. S možností volby více odpovědí. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

5 respondentů uvedlo, že planetu podporují i jinak. Uvedli následující: „netopím“, „volím politické strany a kandidáty, co podporují jádro“, „nejím maso, kupuji lokální potraviny, co nejvíce využívám MHD/chodím pěšky“, „snažím se jíst méně masa“ a „raději opravuji, než nakupuji nové, pokud to jde“. Vzhledem k tomu, že pouze 2 respondenti se s žádným bodem neztotožnili, je možné dojít k závěru, že zájem o šetření životního prostředí je velice rozšířen a každý přispívá, jak může/jak mu to vyhovuje.

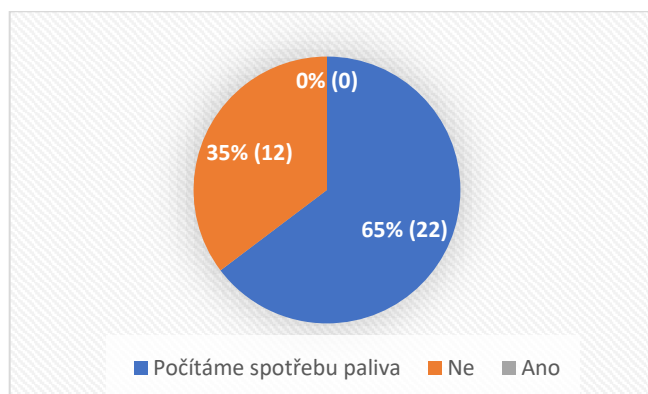
Dotazníková šetření jsou zcela anonymní, není možné dohledat, kdo psal jakou odpověď. Zbylé otázky z obou dotazníkových šetření jsou vyhodnoceny dále v textu.

5. Kalkulátor emisí letounů leteckých škol a aeroklubů

Při tvorbě kalkulátoru bylo dbáno na to, aby byl uživatelsky přátelský (tedy omezení vstupu od uživatele na nejnútnější informace a jednoduché vyplnění políček s informacemi uživatelem) a pokud možno poskytoval co nejpřesnější informaci o vyprodukovaných emisích.

Metodologie IATA RP 1726 pro cestující, IATA RP 1678 pro nákladní leteckou dopravu, CORSIA, EU ETS i ICAO Carbon emissions calculator vycházejí ve svém základu ze znalosti množství spotřebovaného paliva za daný let. Z tohoto důvodu vychází i kalkulátor pro letecké školy z množství spotřebovaného paliva.

Přesná hodnota spáleného paliva není snadno přístupný údaj, pokud žák výcvik teprve plánuje nebo ho právě ukončil a nemůže si tuto hodnotu sám ověřit či zjistit (například pokud žák počítá emise po ukončení letu a nemá zpětně možnost získat informaci o spotřebovaném palivu nebo pokud je výpočet prováděn zájemcem o výcvik, který o spotřebě paliva nemá představu). V dotazníkovém šetření některé letecké školy a aerokluby uvedly, že spotřebu paliva nemonitorují, viz obrázek 6.



Obrázek 6: Počítáte si jako letecká škola emise skleníkových plynů? [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

Z výše uvedených důvodů je vhodné výpočet založit i na letových hodinách. Údaj o minimálních letových hodinách potřebných k absolvování výcviku je veřejně dostupný údaj, což umožňuje provedení orientačního výpočtu i zájemcům o výcvik. Monitorování doby probíhajícího letu je činnost přístupná komukoli, kdo právě let absolvuje za účelem výcviku či rekreace a vychází ze zaznamenání času vzletu a času přistání nebo měření této doby.



5.1 Analýza nejčastěji využívaných letadel k výcviku v leteckých školách

Za účelem identifikace letounů, o které je v leteckých školách největší zájem, byla v rámci dotazníkového šetření leteckým školám pokládána otázka, které letouny z jejich nabídky se těší největší oblibě/ jsou nejvíce používány. Možné bylo vyplnit 1–5 letounů. Po vyhodnocení odpovědí a jejich úpravě vznikla tabulka 7, kde je uveden název letounu v prvním/třetím sloupci a počet, kolikrát byl daný letoun zapsán respondenty, ve sloupci druhém/čtvrtém. Letouny jsou seřazeny nejprve podle oblíbenosti a poté abecedně.

Tabulka 7: Letouny používané v leteckých školách [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

Název	Počet ⁷	Název	Počet
Cessna 172	14	Diamond DA42 Diesel	1
Cessna 152	7	Diamond HK 36 Super Dimona	1
EV97 Eurostar	6	EOL2 Racek	1
Cessna 150	4	JA 400 SKYLEADER	1
Zlín Z-43	4	JA 600 SKYLEADER	1
Cessna 182	3	Piper PA28	1
Cora Allegro	2	Robin DR 300/180	1
Decathlon	2	Robin DR 400	1
L 13SE Vivat	2	Skyleader GP one	1
Skyleader 400	2	Sluka LK-2	1
Tecnam P2008JC	2	Tecnam P92	1
Zlín Z-226	2	Tecnam P96	1
Antonov An-2	1	TL2000 Sting S4	1
Autogyro	1	UFM-10 Samba	1
Bristell NG 5	1	WT9 Dynamic	1
Cessna 150 Rotax motor	1	Zenair CH601	1
Cirrus SR-20	1	Zlín Z-142	1
Cirrus SR-22	1	Zlín Z-526F	1

Jednoznačně nejvíce zmiňovaným letounem je Cessna 172, kterou uvedlo 14 respondentů. Z nejčastěji využívaných letounů bylo následně sedm zvoleno pro další použití v samotném vytvářeném kalkulátoru, viz tabulka 8. U letounů je v prvním sloupci uveden jejich název, ve druhém sloupci počet zmínění v dotazníkovém šetření a v posledním (třetím) sloupci zaznamenána jejich průměrná spotřeba.

⁷ Počet udává, kolikrát byl daný letoun v dotazníkovém šetření respondenty zadán



Tabulka 8: Letouny dále použité v kalkulátoru [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]

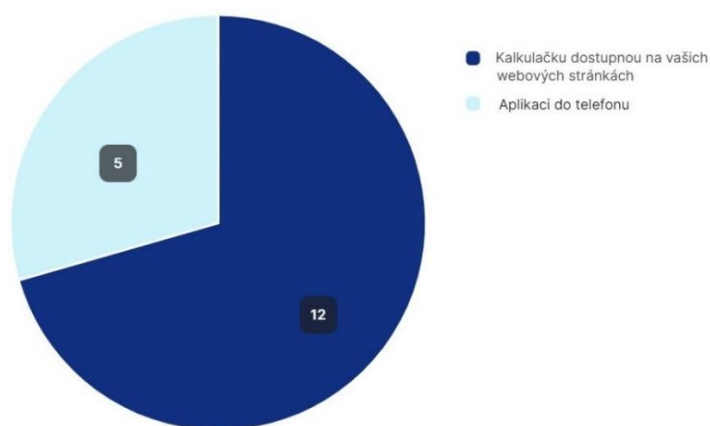
Název	Počet	Spotřeba
Cessna 172	14	31,80 l/h [15]
Cessna 152	7	23,09 l/h [16]
EV97 Eurostar	6	14,00 l/h [17]
Cessna 150	4	21,20 l/h [18]
Zlín Z-43	4	40,00 l/h [19]
Cessna 182	3	53,00 l/h [20]
Decathlon	2	33,31 l/h [21]

Průměrná spotřeba byla získána z internetových zdrojů (webů). K použití a uvedení průměrné spotřeby v kalkulátoru bylo přistoupeno z důvodu velké náročnosti stanovit skutečnou spotřebu vzhledem k ovlivnění spotřeby paliva mnoha faktory (počasí, stáří motoru, nastavení směsi, režim letu atd.). Při snaze zohlednit ve výpočtu skutečnou spotřebu v závislosti na výcvikových fázích by kalkulátor ztratil svoji univerzálnost/možnost být použit pilotem ve výcviku i zájemcem o vyhlídkový let. Při přistání je spotřeba nižší, při vzletu vyšší, obě fáze letu jsou procentuálně vzhledem k celkové době letu zanedbatelné. Uvedené průměrné spotřeby v tabulce 8 vychází převážně z množství paliva spáleného při 75% výkonu motorů.

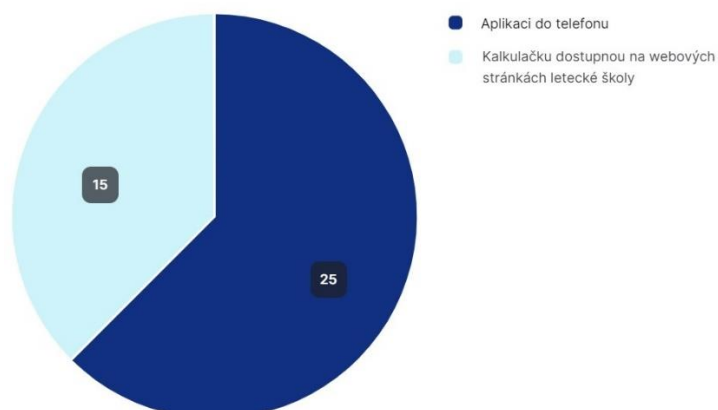
6. Návrh kalkulátoru a jeho funkcí

Při návrhu kalkulátoru bylo přihlíženo k potřebě být uživatelsky přátelský, funkční a dostatečně přehledný. Vstupy od uživatele jsou omezeny na minimum, aby bylo co možná nejvíce zamezeno nepřesným výsledkům.

Za účelem zjištění preference webové stránky před aplikací ke stažení byla možnost zaznamenání své preference uvedena v dotazníkovém šetření leteckých škol (viz obrázek 7) i klientů leteckých škol (viz obrázek 8). Tato otázka byla v dotazníkovém šetření dobrovolná, nebyla tedy vyplněna všemi respondenty dotazníkového šetření. Čísla v obrázku 7 i v obrázku 8 vyjadřují počet respondentů.



Obrázek 7: Preferovali byste...? Dotazníkové šetření leteckých škol. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]



Obrázek 8: Preferovali byste...? Dotazníkové šetření klientů leteckých škol. [zdroj: vlastní dotazníkové šetření]



Zatímco letecké školy (viz obrázek 7) preferují kalkulátor dostupný na vlastních webových stránkách, jejich klienti volili možnost aplikace do telefonu. Letecké školy volily webovou stránku ze 70,6 %, klienti volili aplikaci ze 62,5 %. Zájem leteckých škol o možnost uvedení kalkulátoru na vlastních webových stránkách je možné vysvětlit zájmem využít kalkulátor jako marketingový nástroj, který prezentuje zájem letecké školy o životní prostředí a zároveň díky kalkulátoru se bude klient vracet na webové stránky letecké školy (viz kapitola 2 *Potenciál marketingového využití kalkulátoru v leteckých školách*). Zájem klientů leteckých škol o aplikaci může být vysvětlen především jednoduchostí přístupu k takovému kalkulátoru. Kalkulátor uživatel jednou stáhne a následně ho může opakovaně používat, není potřeba pokaždé navštívit webové stránky letecké školy.

Kalkulátor vznikl jako webová stránka. Takto je dostupný komukoli s přístupem k internetu bez potřeby stahování aplikace. Je možné ho zobrazit i na mobilním telefonu (i v menším zobrazení oproti počítačové obrazovce si zachovává přehlednost).

Kalkulátor vypočítá emise CO₂ dvěma způsoby v závislosti na volbě uživatele. Prvním způsobem vychází z uživatelem zadané spotřeby paliva. Druhý způsob vychází z doby letu, kterou uživatel zadá a zvoleného letounu, který uživatel vybere z databáze. Následně je v obou způsobech proveden výpočet a uživateli se na obrazovce zobrazí výsledek.

6.1 Spotřeba paliva

Jednotlivé letecké benzíny se mezi sebou liší oktanovým číslem (například Avgas 100⁸LL⁹ a Avgas 91 UL). Ovlivnění emisního faktoru leteckého benzínu oktanovým číslem či obsahem olova bylo ověřováno u ČAPPO. Pan Ing. Václav Loula, tiskový mluvčí ČAPPO se k dotazu vyjádřil následovně: „*Nespojoval bych, ani jsem nenalezl vazbu na oktanové číslo. Vše vychází ze složení benzínu, resp. jeho obsahu uhlíku (85,5 % hm.), a ten se se složením prakticky nemění, takže by koeficient měl být konstantní.*“

Obrázek 9 ukazuje prostředí, které se uživateli zobrazí, pokud kalkulátor vyhledá. Jako první se v nabídce ukazuje výpočet v případě známé spotřeby paliva, níže pod touto možností je výpočet v případě známé doby letu.

⁸ Oktanové číslo

⁹ Obsah olova

Kalkulátor

Kalkulátor vypočítá emise CO₂ letounů používaných k výcviku pilotů nebo k provádění vyhlídkových letů

Znám spotřebu paliva

Zadej spotřebu paliva a vyber jednotku Vyber jednotku ↓

Spočítat

Znám dobu letu

Obrázek 9: Prostředí kalkulátoru, zobrazeno přes počítač [zdroj: vlastní obrázek]

Uživatel do políčka zadá spotřebu paliva, pokud ji zná, a vedle políčka zvolí jednotku. V nabídce jednotek se nachází litr (l) nebo kilogram (kg). Kalkulátor vypočítá emise v kilogramech CO₂. Pokud uživatel zadá spotřebu paliva v litrech, je tato hodnota vynásobena průměrnou hustotou Avgasu, tedy 0,71 kg/l. Průměrná hustota byla určena z údajů uvedených na webových stránkách společnosti TWIN TRANS s.r.o. zabývající se distribucí a dopravou pohonných hmot se specializací na letecká paliva, kde je pro Avgas 100LL uvedena hustota 700-720 kg/m³. [22] Pro palivo Avgas 91UL je uvedena hodnota 775-840 kg/m³ [23]. Pokud by letecká škola projevila o kalkulátor zájem, a uvedla preferenci leteckého benzínu Avgas 91 UL, hodnota hustoty v kódu kalkulátoru by mohla být změněna. Volba jednotky a úprava z litru na kilogram v kódu kalkulátoru je zobrazena na obrázku 10.

```
<select class="custom-select" id="jednotka">  
  <option selected disabled value="0">Vyber jednotku</option>  
  <option value="0.71">l</option>  
  <option value="1">kg</option>  
</select>
```

Obrázek 10: Kód kalkulátoru. Volba jednotky a převod z litru na kilogram. [zdroj: vlastní obrázek]

Kalkulátor následně vypočítá emise oxidu uhličitého vynásobením zadané spotřeby a emisním koeficientem 3,10 pro Avgas. Výpočet je zobrazen na obrázku 11¹⁰. Pokud uživatel nezadá žádnou nebo zadá zápornou spotřebu paliva nebo nezvolí jednotku a zvolí tlačítko „Spočítat“, zobrazí se upozornění „Vyplňte spotřebu (kladné číslo) a vyberte jednotku!“. Po zadání kladné nenulové spotřeby paliva, volbě jednotky a zakliknutí tlačítka „Spočítat“ je proveden výpočet

¹⁰ Výpočet ze známé spotřeby je v kódu kalkulátoru nazýván „vypocet1“



vynásobením emisního faktoru a zadané spotřeby. Uživatel uvidí na obrazovce pod vyplněnými vstupy oznámení: „Emise budou (výsledek, zaokrouhlený na dvě desetinná místa) kg CO₂“.

```
var vypocet1 = function (str) {  
  
    var spotreba = $("#spotreba").val();  
    var jednotka = $("#jednotka").val();  
  
    if (!jednotka || !spotreba || spotreba<=0) {  
        $("#vysledek1").html("Vyplňte spotřebu (kladné číslo) a vyberte jednotku!");  
    } else {  
        var vysledek1 = 3.1 * spotreba * jednotka;  
        $("#vysledek1").html("Emise budou " + vysledek1.toFixed(2) + " kg CO<sub>2</sub>");  
    }  
};
```

Obrázek 11: Výpočet emisí CO₂ ze známé spotřeby paliva v kódu kalkulátoru. [zdroj: vlastní obrázek]

6.2 Doba letu

Obrázek 12 ukazuje prostředí, které se uživateli zobrazí, pokud v kalkulátoru zvolí (tedy klikne na) políčko „Znám dobu letu“. Jako první se v nabídce pro výpočet emisí ze známé doby letu ukazuje políčko pro zadání doby letu, kam uživatel zadá číselný údaj v minutách nebo hodinách. Na pravé straně vedle tohoto políčka se nachází políčko, ve kterém uživatel zvolí, v jaké jednotce časový údaj zadal, buďto v hodinách (hod) nebo v minutách (min). Pokud uživatel zvolí dobu letu v minutách, je tato doba převedena ve výpočtu na hodiny (je vydělena hodnotou 60).

Kalkulátor

Kalkulátor vypočítá emise CO₂ letounů používaných k výcviku pilotů nebo k provádění vyhlídkových letů



Obrázek 12: Prostředí kalkulátoru po volbě „Znám dobu letu“, zobrazeno přes počítač [zdroj: vlastní obrázek]

Uživatel z databáze v políčku „Vyber typ letounu“ vybere letoun, pro který si přeje emise spočítat. Databáze byla vytvořena z letounů a jejich průměrných spotřeb uvedených v tabulce 8 v kapitole 5.1 *Analýza nejčastěji využívaných letadel k výcviku v leteckých školách*. Letouny spolu s jejich průměrnými spotřebami vložené do kódu jsou vyobrazeny v obrázku 13.

```
<div class="input-group">
  <select class="custom-select" id="spotrebaLetounu">
    <option selected disabled value="0">Vyber typ letounu</option>
    <option value="21.20">Cesna 150</option>
    <option value="23.09">Cesna 152</option>
    <option value="31.80">Cesna 172</option>
    <option value="53.00">Cesna 182</option>
    <option value="33.31">Decathlon</option>
    <option value="14.00">EV-97 Eurostar</option>
    <option value="40.00">Z-43</option>
  </select>
</div>
```

Obrázek 13: Databáze letounů v kódu kalkulátoru [zdroj: vlastní obrázek]

Průměrná spotřeba vkládána do kalkulátoru je uváděna v l/hod, z tohoto důvodu je vynásobena hustotou 0,71 kg/l a výsledkem je spotřeba v kg/hod, se kterou je dále počítáno. Pro převod je použito vzorce 16:

$$\text{spotřeba} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hod}} \right) = \text{spotřeba} \left(\frac{\text{l}}{\text{hod}} \right) * 0,71 \left(\frac{\text{kg}}{\text{l}} \right).$$

(16)



Pokud uživatel nezadá žádnou nebo zadá zápornou dobu letu nebo nezvolí jednotku času a zvolí tlačítko „Spočítat“, zobrazí se hláška „Vyplňte dobu letu (kladné číslo), vyberte jednotku času a vyberte typ letounu!“. Po zadání kladné nenulové doby letu, volbě jednotky a letounu a zakliknutí tlačítka „Spočítat“ je proveden výpočet. K výpočtu je použit vzorec 17:

$$emise\ CO_2 = spotřeba \left(\frac{kg}{hod} \right) * doba\ letu\ (hod) * 3,1.$$

(17)

Vložení vzorce 17 do kódu kalkulátoru a výpočet vyprodukovaných emisí z uživatelem zadané doby letu a zvoleného letounu zobrazuje obrázek 14¹¹.

```
var vypocet2 = function (str) {  
  
    var dobaLetu = $("#dobaLetu").val();  
    var jednotkaCasu = $("#jednotkaCasu").val();  
    var spotrebaLetounu = $("#spotrebaLetounu").val();  
  
    if (!dobaLetu || !jednotkaCasu || !spotrebaLetounu || dobaLetu<=0) {  
        $("#vysledek2").html("Vyplňte dobu letu (kladné číslo), vyberte jednotku času a vyberte typ letounu!");  
    } else {  
        var vysledek2 = (spotrebaLetounu * 0.71) * (dobaLetu/jednotkaCasu * 3.1);  
        $("#vysledek2").html("Emise budou " + vysledek2.toFixed(2) + " kg CO<sub>2</sub>");  
    }  
};
```

Obrázek 14: Výpočet emisí CO₂ ze známé doby letu v kódu kalkulátoru. [zdroj: vlastní obrázek]

Po provedení výpočtu uživatel uvidí na obrazovce pod vyplněnými vstupy oznámení: „Emise budou (výsledek, zaokrouhlený na dvě desetinná místa) kg CO₂“.

6.3 Technické aspekty webu

Byla zvolena tvorba kalkulátoru formou programování v jazyku HTML (JavaScript, framework jQuery a UI framework Bootstrap ve verzi 4.0) a následné uvedení na webové stránce oproti tvorbě aplikace v nástroji na tvorbu aplikací. Webová stránka přináší oproti aplikaci výhodu okamžité dostupnosti, neboť není potřeba instalovat kalkulátor do telefonu a kalkulátor je možné zobrazit na počítači i na telefonu. Zároveň při tvorbě kalkulátoru v nástroji pro tvorbu aplikací je uživatel omezován funkcemi tohoto nástroje. Ke dni 8. 8. 2022 je kalkulátor dostupný na následujícím odkazu: <https://www.fd.cvut.cz/personal/raszyaug/>.

¹¹ Výpočet ze známé doby letu je v kódu kalkulátoru nazýván „vypocet2“



7. Závěr

Díky této práci byl navržen postup počítání emisí v leteckých školách a vznikl funkční kalkulátor emisí oxidu uhličitého, který je bezplatný a veřejně dostupný. Použití kalkulátoru vyžaduje od uživatele minimum vstupů, což činí kalkulátor dostupným co největšímu množství uživatelů. Výpočet emisí v kalkulátoru je inspirován existujícími metodologiemi, ve kterých je výpočet založen na spotřebě paliva. V kalkulátoru je vycházeno taktéž ze spotřeby paliva, a to průměrné.

Ke zpřesnění výsledku by bylo vhodné použít co možná nejpřesnějšího údaje o spotřebovaném palivu. Z tohoto důvodu je uživateli nabídnut nejprve výpočet „Spotřeba paliva“, který je sice velice jednoduchý (zadané palivo je pouze vynásobeno emisním faktorem), ale vzhledem k tomu, že emise oxidu uhličitého jsou přímo úměrné spálenému palivu, lze dojít k závěru, že je nejpřesnější. Druhý výpočet užívá průměrné spotřeby, což ho činí méně přesným a pro zpřesnění výsledku by bylo potřeba průměrnou spotřebu uvedenou v kalkulátoru upravit na základě analýzy průměrné spotřeby paliva daných letounů v leteckých školách.

Další zpřesnění výpočtu by vyžadovalo větší složitost kalkulátoru a více vstupů od uživatele – například možnost volby fáze výcviku nebo volby náplně výcviku při konkrétním letu, protože v různých fázích letu se spotřeba paliva liší. Pokud se při konkrétním letu prováděly pouze vzlety a přistání, kalkulátor by počítal s průměrnou spotřebou odpovídající vzletům/přistáním. Uživatel by případně mohl zadat kolik vzletů a kolik přistání bylo provedeno.

Pro použití kalkulátoru k výpočtu emisí z letu, který absolvovalo více osob, by bylo možné do kalkulátoru vložit políčko s volbou počtu osob a kalkulátor by emise letounu vydělil tímto počtem a oznámil emise oxidu uhličitého za jednu osobu.

Kalkulátor má dále potenciál vložení více letounů do své nabídky. Omezený počet letounů byl zvolen pro účely bakalářské práce. Do kalkulátoru je možné vložit jakýkoli letoun s jakoukoli průměrnou spotřebou. Pro jednoduchost úpravy jednotlivých letounů bylo zvoleno jejich vložení přímo do kódu namísto propojování kódu s databází, do které by se kalkulátory vkládaly.

Zajímavou funkcí kalkulátoru by bylo (podobně jako u některých již existujících kalkulátorů) srovnání emisí s emisemi z jiných činností, například z potravin či oblečení, aby mohl uživatel své emise porovnat s jinými a získat tak lepší představu o jejich množstvích a vlivu na životní prostředí.



Kalkulátor může být nabídnut leteckým školám. V této fázi je možné nabídnout školám uvedení odkazu na kalkulátor na svých webových stránkách. Po úpravách lze nabídnout letecké škole umístění kalkulátoru na své webové stránky s možností úpravy nabídky letounů tak, aby letecká škola mohla do nabídky letounů v kalkulátoru vkládat nové letouny, které vlastní. Kalkulátor má rovněž potenciál být leteckým školám prodán, avšak za účelem zisku nebyl vytvořen.

Na práci je možné navázat diplomovou prací. Lze dále zkoumat ovlivnění emisního faktoru leteckého benzínu oktanovým číslem a obsahem olova, průměrnou spotřebu konkrétních letounů při výcviku v leteckých školách nebo dále rozvíjet kalkulátor emisí oxidu uhličitého a rozšiřovat jeho funkce.



Seznam použité literatury

- [1] KJÓTSKÝ PROTOKOL K RÁMCOVÉ ÚMLUVĚ ORGANIZACE SPOJENÝCH NÁRODŮ O ZMĚNĚ KLIMATU. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Kjóto, 2005 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol
- [2] Pařížská dohoda o změně klimatu. In: *Evropská rada Rada Evropské unie* [online]. Brusel: Evropská rada Rada Evropské unie, 2022 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/climate-change/paris-agreement/>
- [3] Politika ochrany klimatu v České republice. In: *Mzp.cz* [online]. Česko: Ministerstvo životního prostředí, 2017 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/politika_ochrany_klimatu_2017
- [4] Co je Fit for 55. In: <https://faktaoklimatu.cz/> [online]. Česko: Fakta o klimatu, 2022 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/fit-for-55#zdroje>
- [5] Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2228 ze dne 23. prosince 2020 o Evropském roku železnice (2021). In: *Zákony pro lidi* [online]. Brusel: Evropský parlament; Rada Evropské unie, 2020 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/pravoEU/dokument?celex=32020D2228&date=0>
- [6] Prováděcí nařízení Komise (EU) 2016/1927 ze dne 4. listopadu 2016 o šablonách pro plány monitorování, výkazy emisí a dokumenty o souladu podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/757 o monitorování, vykazování a ověřování emisí oxidu uhličitého z námořní dopravy. In: *Zákony pro lidi* [online]. Brusel: Evropská komise, 2016 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/pravoEU/dokument?celex=32016R1927&date=0>



- [7] The Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). In: *ICAO - The International Civil Aviation Organization* [online video]. Canada: ICAO, 2017 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=OUfhLkMhc8w>
- [8] LETECKÝ PŘEDPIS L 16 OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ: SVAZEK IV – PROGRAM KOMPENZACE A SNIŽOVÁNÍ EMISÍ OXIDU UHLÍČITÉHO V MEZINÁRODNÍM CIVILNÍM LETECTVÍ (CORSIA). In: *AIM ŘLP* [online]. Česko: Ministerstvo dopravy, 2019 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [9] IATA RECOMMENDED PRACTICE 1726: Passenger CO2 Calculation Methodology. In: *Passenger CO2 Standard Methodology* [online]. Geneva: IATA, 2022 [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: <https://www.iata.org/en/programs/environment/passenger-emissions-methodology/>
- [10] HOSPODKA, Jakub a Stanislav PLENINGER. *Vliv letecké dopravy na atmosféru: problematika začlenění leteckých společností do EU ETS*. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2015. ISBN 978-80-01-05824-4. (str. 72)
- [11] IATA RECOMMENDED PRACTICE 1678: CO2 EMISSIONS MEASUREMENT METHODOLOGY. In: *IATA: Air Cargo Carbon Footprint* [online]. Geneva: IATA Cargo Services Conference, 2014 [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: <https://www.iata.org/contentassets/34f5341668f14157ac55896f364e3451/rp-carbon-calculation.pdf>
- [12] ICEC API Pricing Grid. In: *ICAO ENVIRONMENT* [online]. Canada: ICAO, 2022 [cit. 2022-07-02]. Dostupné z: <https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/ICEC-API-Pricing-Table.aspx>
- [13] ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology: Version 11. In: *ICAO: Carbon Emissions Calculator* [online]. Canada: ICAO, 2018 [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: <https://www.icao.int/environmental->



protection/CarbonOffset/Documents/Methodology%20ICAO%20Carbon%20Calculator_v11-2018.pdf

- [14] EU Emissions Trading System (EU ETS): Questions and Answers - Emissions Trading – Putting a Price on carbon. In: *European Commission: Climate Action* [online]. Belgium: European Commission, 2022 [cit. 2022-07-02]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
- [15] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/87/ES. In: *Eur-lex.europa.eu* [online]. Brusel: Evropský parlament a Rada, 2021 [cit. 2022-07-23]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02003L0087-20210101&from=CS>
- [16] Cessna 172 Review: Specifications. In: *Cessna Owner Organization* [online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://cessnaowner.org/172-skyhawk/>
- [17] Cessna 152 Specifications. In: *AOPA* [online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://www.aopa.org/go-fly/aircraft-and-ownership/aircraft-fact-sheets/cessna-152>
- [18] EV 97 Eurostar Flight Performance. In: *LZ* [online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: http://www.lz.pl/english_eurostar.htm
- [19] Cessna 150 specifications. In: *AOPA* [online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://www.aopa.org/go-fly/aircraft-and-ownership/aircraft-fact-sheets/cessna-150>
- [20] Zlín Z 43 Základní technická data. In: *Aeroklub Bratislava* [online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: http://www.test.aeroklub-ba.sk/data_sk/dataokno_08.html
- [21] How much fuel does a Cessna 182 burn per hour?. In: *Theburningofrome.com: NEW EMPIRE OF KNOWLEDGE* [online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://www.theburningofrome.com/trending/how-much-fuel-does-a-cessna-182-burn-per-hour/>



[22] AMERICAN CHAMPION DECATHLON SPECIFICATIONS. In: *AOPA* [online]. [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://www.aopa.org/go-fly/aircraft-and-ownership/aircraft-factsheets/american-champion-decathlon>

[23] *AVGAS 100LL specifikace: hustota* [online]. In: . [cit. 2022-08-06]. Dostupné z: <https://www.twintrans.cz/avgas-100ll/>

[24] *AVGAS 91UL specifikace: hustota* [online]. In: . [cit. 2022-08-06]. Dostupné z: <https://www.twintrans.cz/avgas-ul-91/>



Seznam příloh

Příloha A: Dotazníkové šetření leteckých škol

Příloha B: Dotazníkové šetření klientů leteckých škol



Příloha A: Dotazníkové šetření leteckých škol

Dobrý den,

věnujte prosím několik minut svého času vyplnění následujícího dotazníku. Výstupy z tohoto dotazníku budou použity jako podklady pro bakalářskou práci zabývající se tvorbou emisního kalkulátoru.

Děkuji za Váš čas

1., Zajímá se vaše letecká škola o to, kolik emisí provozem letadel produkuje?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Ano
- Spíše ano
- Spíše ne
- ne

2., Se kterým z následujících bodů se ztotožňujete?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

- Zohledňování ekologického zatížení planety při nákupu nových letadel
- Nabízení ekologicky přátelských letadel novým zájemcům o výcvik
- Ekologie má pro vás větší cenu nežli provozní náklady
- Ekologie má pro vás větší cenu nežli pořizovací náklady
- S žádným z bodů se neztotožňujeme

3., Počítáte si jako letecká škola emise skleníkových plynů?

- Ne
- Počítáme pouze spotřebu paliva
- Ano (popište prosím jak)

4., Se kterým z následujících bodů se v letecké škole ztotožňujete?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

- Omezujeme plasty
- Šetříme elektřinu, kde se dá (svícení)
- Nakupujeme recyklovaný kancelářský papír
- Používáme spotřebiče vyšších energetických tříd
- Snažíme se eliminovat odpady
- Třídíme odpad
- S žádným z bodů se neztotožňujeme
- Planetu podporujeme (i) jinak – napište prosím jak



5., Vypište letouny, o které je ve vaší letecké škole největší zájem (3-5 letadel používaných pro výcvik)

Nápověda k otázce: *Např.: Zlín Z-142, Cessna 150, Cessna 152, Tecnam P92 Echo, atd.*

6., S rostoucím zájmem o ekologii v populaci, měla by vaše letecká škola zájem o kalkulačku emisí, kterou by mohla dále distribuovat svým klientům?

Nápověda k otázce: *Kalkulátor na základě volby letounu a počtu letových hodin vypočítá vyprodukované emise skleníkových plynů. Vyberte jednu odpověď.*

- Ano
- Spíše ano
- Spíše ne
- Ne

7., Pokud ano, preferovali byste:

- Kalkulačku dostupnou na vašich webových stránkách
- Aplikaci do telefonu

8., Prostor pro vaše poznámky a připomínky



Příloha B: Dotazníkové šetření klientů leteckých škol

Dobrý den,

věnujte prosím několik minut svého času vyplnění následujícího dotazníku. Výstupy z tohoto dotazníku budou použity jako podklady pro bakalářskou práci zabývající se tvorbou emisního kalkulátoru.

Děkuji za Váš čas

1., V jaké fázi výcviku jsem:

- Bez výcviku a výcvik neplánuji
- Před zahájením prvního výcviku
- V průběhu výcviku
- Mezi výcviky
- Po výcviku a prozatím další neplánuji

2., Létám za účelem:

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Rekreace
- Zisku licence pro budoucí výkon povolání
- Výkonu povolání
- Jiná...

3., Při volbě výcviku pro mne je (bylo) nejdůležitější:

Nápověda k otázce: *Změňte pořadí položek dle svých preferencí (1.-nejdůležitější, poslední-nejméně důležitá)*

- Kde výcvik probíhá (jak daleko od bydliště)
- Cena
- Typ letadla
- Ekologie
- Recenze školy (doporučení)

4., Zajímá mne, kolik emisí provozem letadla/svým výcvikem produkuji

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Ano
- Spíše ano
- Spíše ne
- ne



5., Ztotožňuji se s následujícími body?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

- Omezují plasty
- Šetřím elektřinu, kde se dá (svícení)
- Snažím se eliminovat odpady
- Třídím odpad
- S žádným z bodů se neztotožňuji
- Planetu podporuji (i) jinak – napište prosím jak

6., S rostoucím zájmem o ekologii v populaci, bych měl/a zájem o kalkulátor na výpočet mnou produkováných emisí

Nápověda k otázce: *Kalkulátor na základě volby letounu a počtu letových hodin vypočítá vyprodukované emise skleníkových plynů. Vyberte jednu odpověď.*

- Ano
- Spíše ano
- Spíše ne
- Ne

7., Pokud ano, preferuji:

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

- Kalkulačku dostupnou na webových stránkách letecké školy
- Aplikaci do telefonu

8., Jsem ochotný/ochotna za kalkulátor platit?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

- Ano, zaplatím poplatek při stažení aplikace do telefonu
- Ano, v rámci ceny výcviku – kalkulátor budu využívat na stránkách letecké školy
- Ne, ale nevadily by mi reklamy na webu ani v aplikaci
- Kalkulátor bych využíval/a pouze bez reklam a zdarma

9., Prostor pro vaše poznámky a připomínky