

# Primjena modela zelene zračne luke u funkciji njezinog održivog razvoja

---

**Brzica, Božo**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:156104>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-16**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

## **DIPLOMSKI RAD**

# **PRIMJENA MODELA „ZELENE ZRAČNE LUKE” U FUNKCIJI NJEZINOG ODRŽIVOG RAZVOJA**

## **IMPLEMENTATION OF THE GREEN AIRPORT MODEL IN THE FUNCTION OF ITS SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

Mentor: doc. dr. sc. Igor Štimac

Student: Božo Brzica

JMBAG: 0135248115

Zagreb, ožujak 2022.

Zagreb, 25. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za zračni promet**  
Predmet: **Planiranje aerodroma**

## **DIPLOMSKI ZADATAK br. 6507**

Pristupnik: **Božo Brzica (0135248115)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Primjena modela zelene zračne luke u funkciji njezinog održivog razvoja**

### **Opis zadatka:**

U radu je potrebno definirati na koji način zračni promet utječe na okoliš, kategorizirati glavne zagađivače te opisati izvore zagađenja prema svakom dioniku. Uz navedeno, potrebno je navesti regulatorni okvir u cilju definiranja dozvoljenih granica u svim segmentima u dijelu gdje zračni promet utječe na zagađenje okoliša. Po provedenom istraživanju, potrebno je definirati pojam zelene zračne luke te opisati sve elemente za realizaciju iste. Na kraju rada, potrebno je opisati barem jednu zračnu luku kao primjer studije slučaja sa statusom zelene zračne luke te detaljno obrazložiti sve benefite takvog koncepta.

**Mentor:**

**Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:**

---

doc. dr. sc. Igor Štimac

## SAŽETAK

Kontinuirani rast zračnog prometa doveo je do značajnog ekološkog zagađenja. Buka, zagađenje zraka štetnim emisijama, zagađenje vode i tla neka su od glavnih ekoloških zagađenja. Svjesni tih problema, sve više zračnih luka okreće se prema ekološki prihvatljivom poslovanju. Takav proces prvenstveno podrazumijeva analizu postojećeg stanja te definiranje potrebnih projekata odnosno mjera koje će se izvršiti u zadanim vremenskim intervalima. Nakon toga slijedi realizacija svih predviđenih aktivnosti uz stalni nadzor u svrhu ispunjavanja predviđenih ciljeva. Neke od aktivnosti koje zračne luke najčešće provode su unapređenje energetske učinkovitosti objekata, nabava suvremene ekološki prihvatljive opreme, primjena novih operativnih procedura, obučavanje osoblja o važnosti ekologije i druge. Svi takvi procesi i planovi moraju biti razrađeni na temelju globalnih i regionalnih zakonskih okvira koji osiguravaju jednake uvjete za svaku zračnu luku. Uz spomenuta ulaganja, zračne luke potiču te uspostavljaju suradnju i s ostalim dionicima u zračnom prometu kao što su zračni prijevoznici, kontrola zračne plovidbe te mnogi drugi. Uspostavom zajedničke suradnje svi dionici razrađuju zajedničke planove kojima postižu puno učinkovitije rezultate u vidu ekoloških poboljšanja kao i financijsku korist.

**KLJUČNE RIJEČI:** ekologija, zelene zračne luke, suvremene tehnologije

## SUMMARY

Continuous air traffic growth has led to significant environmental pollution. Noise, pollution of air with noxious emissions, water, and soil pollution are some of the main environmental pollutions. Aware of these problems, more and more airports are turning to the environmentally friendly business. Such a process primarily implies an analysis of the existing condition and the definition of the necessary projects or measures to be performed in the set time. This is followed by the realization of all the envisioned goals. Some of the activities that airports are most often implemented are the enhancement of the energy efficiency of facilities, procurement of contemporary environmentally-friendly equipment, application of new operational procedures, staff training, and others. All such processes and plans must be developed based on global and regional legal frameworks that ensure equal conditions for each airport. In addition to the investment, the airports encourage and establish cooperation with other stakeholders in air transport, such as airlines, air traffic control, and many others. By establishing cooperation, all stakeholders develop joint plans that achieve much more effective results in terms of environmental improvements as well as financial benefits.

**KEY WORDS:** ecology, green airports, contemporary technologies

## SADRŽAJ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. UTJECAJ ZRAČNOG PROMETA NA OKOLIŠ .....</b>   | <b>3</b>  |
| 2.1. UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA .....   | 3         |
| 2.2. UTJECAJ BUKE .....   | 4         |
| 2.3. OTPAD.....   | 4         |
| 2.4. ZAGAĐENJE TLA I VODE.....  | 5         |
| <b>3. REGULATORNI OKVIR I NAJBOLJA PRAKSA ZAŠTITE OKOLIŠA U PODRUČJU ZRAČNOG PROMETA.....</b> | <b>7</b>  |
| 3.1. MEĐUNARODNO ZAKONODAVSTVO, STANDARDI I PREPORUKE .....                                   | 7         |
| 3.1.1. Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO).....                          | 7         |
| 3.1.2. Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika (IATA).....                                 | 8         |
| 3.1.3. EU Regulatoriva.....   | 9         |
| 3.1.4. Odbor za zaštitu okoliša u zrakoplovstvu (CAEP) .....                                  | 10        |
| 3.1.5. Europski zeleni plan .....   | 10        |
| 3.1.6. Savjetodavno vijeće za aeronautička istraživanja u Europi (ACARE).....                 | 11        |
| 3.1.7. EUROCONTROL.....   | 11        |
| 3.1.8. ISO 14001 NORMA I EMAS .....   | 11        |
| 3.2. NACIONALNI REGULATORNI OKVIR .....   | 14        |
| <b>4. PREGLED DIONIKA ZRAČNOG PROMETA KOJI UTJEČU NA ZAGAĐENJA OKOLIŠA .....</b>              | <b>16</b> |
| 4.1. ZRAČNI PRIJEVOZNICI.....   | 17        |
| 4.1.1. Ispušni plinovi zračnih prijevoznika .....   | 17        |
| 4.1.2. Izvori buke kod zračnih prijevoznika.....  | 18        |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.1.3. Odpad zračnih prijevoznika.....   | 20        |
| 4.2. ZRAČNE LUKE .....   | 20        |
| 4.2.1. Izvori buke i ispušnih plinova na zračnoj luci .....                                  | 21        |
| 4.2.2. Onečišćenje vode i tla .....  | 22        |
| 4.2.3. Ostala onečišćenja zračnih luka.....  | 23        |
| 4.3. KONTROLA ZRAČNE PLOVIDBE .....  | 24        |
| <b>5. DEFINIRANJE MODELA „ZELENE ZRAČNE LUKE“ I REAKCIJA DIONIKA U ZRAČNOM PROMETU .....</b> | <b>25</b> |
| 5.1. REAKCIJA ZRAČNIH LUKA .....   | 26        |
| 5.1.1. Operativno upravljanje zračnom lukom .....  | 26        |
| 5.1.2. Infrastruktura zračne luke.....   | 27        |
| 5.1.3. Unapređenje energetskeg sustava zračne luke .....                                     | 28        |
| 5.1.4. Ostali vidovi energetskeg unapređenja .....   | 30        |
| 5.1.5. Certificiranje objekata na zračnim lukama .....                                       | 34        |
| 5.1.6. Oprema za prihvat i otpremu zrakoplova na zračnoj luci.....                           | 36        |
| 5.1.7. Upravljanje otpadom na zračnoj luci .....   | 43        |
| 5.2. REAKCIJA ZRAČNIH PRIJEVOZNIKA.....  | 45        |
| 5.2.1. Suvremeni zrakoplovi.....   | 45        |
| 5.2.2. Zrakoplovne operacije .....   | 46        |
| 5.3. REAKCIJA KONTROLE ZRAČNOG PROMETA.....  | 47        |
| 5.3.1. Continuous descent approach.....  | 47        |
| 5.3.2. Continuous climb operations .....   | 48        |
| <b>6. PRIMJENA MODELA „ZELENE ZRAČNE LUKE“ U SVIJETU.....</b>                                | <b>50</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| 6.1. ZRAČNA LUKA COPENHAGEN - KASTRUP ..... | 50        |
| 6.2. ZRAČNA LUKA ZURICH .....               | 52        |
| 6.3. ZRAČNA LUKA ARLANDA .....              | 53        |
| 6.4. ZRAČNA LUKA GARDERMOEN .....           | 54        |
| <b>7. ZAKLJUČAK.....</b>                    | <b>55</b> |
| <b>LITERATURA .....</b>                     | <b>56</b> |
| <b>POPIS KRATICA.....</b>                   | <b>62</b> |
| <b>POPIS SLIKA.....</b>                     | <b>63</b> |
| <b>POPIS TABLICA .....</b>                  | <b>65</b> |
| <b>POPIS GRAFIKONA .....</b>                | <b>65</b> |

# 1. UVOD

Zračni promet kao jedan od modela prometa predstavlja važnog dionika u svjetskom gospodarstvu. Brzina prijevoza i udaljenosti koje prelazi, razlozi su radi kojih zračni promet eksponencijalno raste i razvija. Takav prometni rast sa sobom nosi i negativne aspekte među kojima su danas jedni od najzastupljenijih ekološki problemi odnosno utjecaj zračnog prometa na okoliš.

Kroz ovaj diplomski rad prikazani su dionici u zračnom prometu koji predstavljaju ekološke zagađivače te vrste zagađenja koje oni proizvode. Uz zračne prijevoznike, najveći ekološki zagađivači su zračne luke kao mjesto susreta svih dionika zračnog prometa. Cilj rada je predstaviti neke od mnogobrojnih mjera i tehnologija kojim bi zračne luke postale ekološki prihvatljivije čime bi i drugi dionici zračnog prometa usmjerili ekološki prihvatljivijem razvoju. Rad je podijeljen u 7 dijelova a to su:

1. Uvod
2. Utjecaj zračnog prometa na okoliš
3. Regulatorni okvir zaštite okoliša u području zračnog prometa
4. Pregled dionika u zračnom prometu koji utječu na zagađenja okoliša
5. Definiranje modela „zelene zračne luke“
6. Primjena modela „zelene zračne luke“ u svijetu
7. Zaključak

U drugom poglavlju prikazana su glavna onečišćenja prouzročena zračnim prometom te njihov utjecaj na okoliš kao i na ljudsko zdravlje.

U trećem poglavlju navedeni su glavni regulatorni okviri na globalnoj i nacionalnoj razini u kojim su prikazani pravilnici i zakoni kojim bi se smanjio negativan utjecaj zračnog prometa na okoliš.

Četvrto poglavlje predstavlja sudionike u zračnom prometu koji se povezuju sa zagađenjem okoliša.

U petom poglavlju definiran je model „zelene zračne luke“ te prikazane procedure i sustavi za njegovu implementaciju.



Šesto poglavlje prikazuje primjere implementacije „zelenih zračnih luka“ u svijetu na temelju modernih tehnologija i procedura navedenih u petom poglavlju.

U sedmom poglavlju navedeni su zaključci na temu zelenih zračnih luka temeljeni na sadržaju razrađenom kroz rad.

## 2. UTJECAJ ZRAČNOG PROMETA NA OKOLIŠ

Brz razvoj i povećanje zračnog prometa generira i negativne aspekte u vidu povećanog rasta zagađenja okoliša. Iz tog razloga, kroz zadnje desetljeće utjecaj zračnog prometa na okoliš dobiva sve veću pozornost među medijima ali i u politici. Također, onečišćenja koja proizlaze s zračnim prometom sve više predstavljaju i ekonomski problem ponajviše kod zračnih prijevoznika kao jednom od dionika zračnog prometa [1].

Iako se pod zagađenje uzrokovano zračnim prometom najčešće navode zagađenje zraka i zagađenja bukom, tu su i drugi oblici zagađenja kao što su otpad, zagađenja tla te zagađenje vode.

### 2.1. UTJECAJ ISPUŠNIH PLINOVA

Štetnim ispušnim plinovima koje generira zračni promet smatraju se ugljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$ ), vodena para ( $\text{H}_2\text{O}$ ) i sumporovi oksidi ( $\text{SO}_x$ )[5].

Iako su njihove generirane vrijednosti na prvi pogled male, njihov značaj je ipak velik iz slijedećih razloga:

- Utječu na efekt staklenika radi kojih dolazi do klimatskih promjena odnosno podizanja prosječne temperature na Zemlji
  - Pospješuju negativnu promjenu ozonskog sloja omotača s čijim se oštećenjem smanjuje UV zaštita
  - Mijenja oksidacijski kapacitet atmosfere te utječe na cirkulaciju ostalih ekološki važnih supstanci [2].
- **Ugljikov dioksid** - Ugljikov dioksid je glavni staklenički plin. Zračni promet je u 2018. godini proizveo 895 milijuna tona  $\text{CO}_2$  što iznosi oko 2% njegove ukupne proizvodnje. Njihove emisije nastale izgaranjem fosilnih goriva akumuliraju se u atmosferi te se tamo zadržavaju dugi niz godina i nanose štetu ozonskom omotaču [4]. Iako 2% proizvodnje u odnosu na ostale industrijske grane i nije prevelik, podatak da od ukupnih emisija koje proizvodi zračni promet 40% se odnosi na  $\text{CO}_2$  daje odgovor na pitanje zašto se veliki naponi ulažu u njegovo smanjenje [4].
  - **Dušikov oksid** - Dušični oksid je plin koji predstavlja opasnost radi svojih negativnih efekata. Naime u gornjim slojevima troposfere pospješuje dodatne količine ozona što unapređuje efekt staklenika. Isto tako na visinama stratosfere uništava prirodni ozonski sloj [4].

- **Vodena para** - Vodena para koja ostaje u tragovima zrakoplovne putanje na visinama stratosfere stvara cirrus oblake koji povećavaju efekt staklenika, te stvara stratosferske oblake koji razgrađuju ozonski omotač [4].
- **Sumporovi oksidi** - Sumporovi oksidi su plinovi koje generiraju zrakoplovi te također ostavljaju negativan učinak u razgradnji ozona a u zadnjih 20 godina njihova koncentracija u stratosferi povećava se za 5% godišnje [5].

## 2.2. UTJECAJ BUKE

Utjecaj buke u zračnom prometu najistaknutiji je problem u blizini zračnih luka gdje se očituju velike razine buke prilikom operacija zrakoplova odnosno njihovog prilaska te polijetanja.

Svjetska zdravstvena organizacija (eng. *World Health Organization* - WHO) poremećaj u spavanju smatra najvećim negativnim učinkom izloženosti buci iz razloga što nekvalitetan i skraćen san utječe na kvalitetu života.

Nova istraživanja koja se bave analiziranjem buke u okolini sve više ukazuju na njen štetan utjecaj na čovjekovo zdravlje. Ispitivanjima se došlo do zaključka da buka na čovjekovo zdravlje najizraženije utječe u vidu kardiovaskularnih problema. Uz navedene probleme spominju se i utjecaji na ishod rođenja, mentalno zdravlje, metaboličko zdravlje (dijabetes, pretilost). Ipak, za njih su potrebna dodatna istraživanja kojima bi se potvrdila njihova štetnost i odredila mjera u kojima ona djeluje na čovjekovo zdravlje [3].

Istraživanja su također dokazala da postoji negativan učinak buke na dječje učenje odnosno na kognitivne vještine kao što su čitanje, pamćenje te rješavanje određenih testiranja [6].

## 2.3. OTPAD

Zračni promet je veliki proizvođač otpada. Razlog tome je taj što svaki od dionika u zračnom prometu generira barem minimalne količine otpada. U tablici 1. prikazani su neki od dionika u zračnom prometu te vrste otpada koje generiraju. Nažalost i danas u nekim dijelovima svijeta s otpadom se ne gospodari na adekvatan način što rezultira velike količine otpada koje završavaju u prirodi.

**Tablica 1:** Dionici u zračnom prometu i njihove vrste otpada

| DIONICI                             | VRSTE OTPADA   |
|-------------------------------------|--|
| Zračna luka                         | Hrana, papir, plastika, smeće, elektronički otpad, građevinski otpad, masti, ulja                  |
| Zračni prijevoznici                 | Ambalaža od hrane i pića, ostatci hrane, papir, motorno ulje                                       |
| Koncesionari                        | Hrana, smeće, papir, toneri, baterije  |
| Cargo terminal                      | Gume, tekućine, žarulje, drvo i drvene palete, omoti od plastičnih materijala                      |
| Špediteri                           | Papir, toneri, žarulje, limena i plastična ambalaža  |
| Prijevoznici na zemaljskoj strani   | Plastična i staklena ambalaža, papir   |
| Restorani                           | Otpad od hrane i pića, kartonske kutije, papir, plastični predmeti, ambalaža, staklo, ulja i masti |
| Osoblje zaduženo za zelene površine | Zeleni otpad nastao uređenjem travnjaka i ostalog okoliša, motorno ulje, ostatci hrane             |

Izvor: [7]

Kao što je vidljivo iz tablice 1, mnogobrojni dionici koji se nalaze na zračnim lukama svakodnevno generiraju različite vrste otpada. Još jedan proces na zračnoj luci u sklopu kojeg se također stvaraju nezanemarive količine otpada je sigurnosni pregled putnika. Naime, svi putnici prije prelaska u štićeno područje zračne luke odnosno na njenu zračnu stranu obavezni su proći kroz sigurnosni pregled što uključuje i njihovu ručnu prtljagu. S obzirom da putnici nerijetko sa sobom nose predmete koji nisu dozvoljeni za prolaz, djelatnici sigurnosne službe primorani su im takve predmete oduzeti nakon čega ih odlažu u otpad odnosno u predviđene spremnike za reciklažu.

## 2.4. ZAGAĐENJE TLA I VODE

S porastom broja dnevnih operacija zrakoplova pa samim time i sve većim brojem putnika, zračne luke su primorane ulagati u širenje svoje infrastrukture kako u vidu zračne strane odnosno operativnih površina tako i putničkih i cargo terminala te infrastrukture na zemaljskoj strani. Takvo širenje za sobom nosi i negativne posljedice a to su zagađenje vode i tla [8].

Kao najveći uzroci zagađenja tla pa samim time i vode smatra se loše upravljanje procesima skladištenja goriva, transport i punjenje gorivom, zimske operacije odleđivanja zrakoplova te održavanje zelenih površina [8]. Uz to, svaka operativna površina napravljena je s određenim nagibom kako se na njoj ne bi skupljale oborine i na taj način ugrozile zrakoplovne operacije na zemlji.

Oborine s navedenih površina zagađene su naslagama goriva i ulja s površine. Dok se oborine s uzletno-sletnih staza te vozni staza najčešće usmjeravaju prema zelenim površinama, oborine sa stajanke prikupljaju se u izgrađene kanale te zatim dalje odvede također u tlo ukoliko zračna luka ne provodi njeno daljnje pročišćavanje u svrhu ponovne upotrebe. U takvim okolnostima, oborinske vode isto tako predstavljaju ozbiljno onečišćenje vode i tla. Također, aktivnost označavanje horizontalne signalizacije predstavlja još jednu vrstu zagađenja.

Vrlo čest razlog radi kojeg dolazi do većine navedenih neželjenih zagađenja je taj što za većinu zračnih luka nije postojao dugoročni plan izgradnje i unapređenja sveukupne infrastrukture kojim bi se omogućili potrebni preuvjeti za izvođenje potrebnih sustava za provođenje ekološki prihvatljivih procedura [8].

### **3. REGULATORNI OKVIR I NAJBOLJA PRAKSA ZAŠTITE OKOLIŠA U PODRUČJU ZRAČNOG PROMETA**

Mnoge organizacije, udruge i agencije donijele su mnoge regulative, pravilnike te preporuke na temu ekologije u zračnom prometu. Njihov cilj je smanjenje negativnih ekoloških posljedica koji su s porastom zračnog prometa proporcionalno rasle.

#### **3.1. MEĐUNARODNO ZAKONODAVSTVO, STANDARDI I PREPORUKE**

Među njima neke od istaknutijih tijela koja su donijela dokumente vezano uz tu temu su Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva (eng. *International Civil Aviation Organization - ICAO*) i Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika (eng. *International Air Transport Association - IATA*), EUROCONTROL, Odbor za zaštitu okoliša (eng. *Committee on Aviation Environmental Protection - CAEP*), Savjetodavno vijeće za aeronautička istraživanja u Europi (eng. *Advisory Council for Aeronautics Research in Europe – ACARE*) i mnogi drugi.

##### **3.1.1. Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO)**

Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (ICAO) sadrži 19 Dodatak (eng. *Annex*) od kojih se Dodatak 16 naziva Zaštita okoliša (eng. *Environmental protection*)

Dodatak 16 sastoji se od 4 dijela a to su:

1. BUKA ZRAKOPLOVA - prvi dio Dodatka 16 koji se odnosi na buku zrakoplova definiran je u cilju provođenja jednolikih postupaka u provođenju mjera odnosno pružanja smjernica tijelima za izdavanje certifikata. Standardi i preporučene prakse u skladu su s odredbama članka 37. Konvencije o međunarodnom civilnom zrakoplovstvu (Chicago, 1944. godine) [10].
2. EMISIJE ZRAKOPLOVNIH MOTORA - Emisije zrakoplovnih motora drugi su dio Dodatka 16 koji se odnosi na certificiranje zrakoplova vezano uz njihove produkte izgaranja goriva odnosno ispušne plinove. Dokument se sastoji od 4 dijela i dodatke od čega se prvi dio sastoji od definicija i simbola. Drugi dio definira standarde vezane uz ispušne plinove dok se treći dio odnosi na certifikaciju ispušnih plinova podijeljenih u skupine s obzirom na vrstu pogona zrakoplova. Četvrti dio navodi preporuke vezano uz procjenu neizbrisivih lebdećih čestica radi budućih istraživanja i modeliranja pogonskih sustava [11].

3. CO<sub>2</sub> EMISIJE ZRAKOPLOVA - Treći dio Dodatka 16 vezanu uz emisije CO<sub>2</sub> koje ispuštaju zrakoplovi dijeli se na dva dijela te na dodatke. Prvi dio sadrži definicije i simbole dok se drugi dio odnosi na standarde i preporučene prakse za certificiranje emisija CO<sub>2</sub> iz zrakoplova na temelju potrošnje goriva s obzirom na kategorizaciju zrakoplova po njihovoj pogonskoj skupini [12].
4. SHEMA ZA NADOKNADU I SMANJENJE EMISIJA UGLJIKA U MEĐUNARODNOM ZRAKOPLOVSTVU - Zadnji dio Dodatka 16 koji se bavi nadoknadom i smanjenjem emisija ugljika sastoji se od 2 dijela i dodataka. U prvom dijelu su prikazane definicije, kratice i simboli. Drugi dio definira standarde, preporučene prakse i smjernice za praćenje, izvještavanje i provjeru CO<sub>2</sub> emisija. Nakon toga definirani su standardi i preporučene prakse za nadoknadu CO<sub>2</sub> emisija zrakoplova koje se mogu uskladiti pomoću prihvatljivih programa vezanih uz emisija CO<sub>2</sub> [13].

Uz četiri glavna dijela, Dodatak 16 sadržava i četiri tehnička priručnika:

1. dio - Postupci za certificiranje buke zrakoplova – priručnik navodi smjernice namijenjene državama u vidu tehničkih postupaka koji će se koristiti za certificiranje buke i promiče jedinstvenu provedbu tehničkih postupaka iz Dodatka 16,
2. dio - Ovjera emisija zrakoplovnih motora – priručnik navodi smjernice državama kako bi jednakim kriterijima i jednakom strogoćom provodile certificiranje emisija ispušnih plinova zrakoplovnih motora,
3. dio - Ovjera emisija CO<sub>2</sub> iz zrakoplova – priručnik prikazuje standarde kako bi se provodili jednoliki kriteriji pri ovjeri CO<sub>2</sub> emisija. Priručnik ujedno pruža: smjernice tijelima za ovjeru te podnositeljima zahtijeva vezanih za trenutno izdanje standarda i preporučenih praksa, smjernice o određenim metodama koje se smatraju prihvatljivim u dokazivanju sukladnosti s tim standardima te postupke koji rezultiraju jednako kvalitetnim rezultatima procjene zrakoplovnih CO<sub>2</sub> emisija a nisu navedeni u Dodatku 16.
4. dio - Usklađivanje postupaka vezanih uz Shemu za nadoknadu i smanjenje emisija ugljika u međunarodnom zračnom prometu - priručnik sadrži smjernice državama i operaterima zrakoplova kojim bi se postigla ujednačenost u primjeni tehničkih postupaka provođenja četvrtog dijela Dodatka 16 [9].

### **3.1.2. Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika (IATA)**

Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika (IATA) sačinjava oko 290 zračnih prijevoznika odnosno oko 82% svih svjetskih zračnih prijevoznika. Bavi se glavnim pitanjima u zračnom prometu kao što su budućnost zračnog prometa, prava potrošača i putnika, oporezivanjem, unapređenjem regulacija pa tako i ekologijom u zračnom prometu gdje su definirani glavni ciljevi i područja djelovanja [22].

Glavni ciljevi IATA-e u njenom ekološkom aspektu su:

- Informiranje zračnih prijevoznika i zakonodavnih tijela o ekološkim rješenjima
- Podržavanje razvoja ICAO standarda i preporučenih praksi na temu ekologije
- Suradnja sa zrakoplovnim prijevoznicima u vidu smanjenja negativnih ekoloških utjecaja
- Doprinos međunarodnim pregovorima [22].

Glavna područja djelovanja su:

- Klimatske promjene
- Buka zrakoplova
- Lokalna kvaliteta zraka
- Program nadoknade i smanjenja ugljika u međunarodnom zrakoplovstvu (eng. *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation - CORSIA*)[22].

### **3.1.3. EU Regulatorika**

Europska unija putem Europske komisije kao njenog izvršnog tijela provodi mjere putem direktiva u cilju unapređenja okoliša. Nijedna direktiva nije uspostavljena za stalno već se svaka konstantno izmjenjuje te unapređuje prema potrebama [23].

Cilj direktiva je:

- Smanjenje emisija štetnih stvari
- Povećanje energetske učinkovitosti
- Povećavanje osviještenosti svih sudionika o očuvanju okoliša [23].

U nastavku su navedene neke od glavnih dokumenata vezanih uz ekologiju kao što su:

- Direktiva 2008/50/EZ – kvaliteta zraka i čišći zrak
- Uredba 2037/2000/EZ – tvari koje oštećuju ozonski sloj
- Direktiva o vodama 2000/60/EZ
- Direktiva 2006/218/EZ – zaštita podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće
- Direktiva 2002/49 EZ – procjena i upravljanje bukom
- Direktiva 598/2014 EZ– operativna ograničenja na zračnim lukama [23].

Uz navedene dokumente, Europska Unija provodi i druge radnje kao što su:

- praćenje ekološkog učinka zračnog prometa kroz „European Aviation Environmental Report“



- suradnja s ICAO-om na razvoju sustava smanjenja CO<sub>2</sub> emisija
- poticanje istraživanja i razvoja „zelenih tehnologija“
- dovršavanje Jedinog europskog neba (eng. *Single European sky - SES*) u suradnji s Eurocontrolom [25].

### 3.1.4. Odbor za zaštitu okoliša u zrakoplovstvu (CAEP)

Odbor za zaštitu okoliša u zrakoplovstvu (CAEP), tehnički je odbor Vijeća ICAO-a osnovan 1983. godine. Zadatak odbora je provođenje posebnih studija na zahtjev Vijeća. U studijama se najčešće razrađuju teme vezane uz buku, lokalnu kvalitetu zraka i smanjenje emisija CO<sub>2</sub> u zrakoplovstvu što uključuje definiranje moderne zrakoplovne tehnologije i operativna poboljšanja.

Procjene i prijedloge koje dostavlja Vijeću, CAEP donosi uzimajući u obzir:

- Djelotvornost i pouzdanost certificiranja sa stajališta tehničke izvedivosti i ekonomske opravdanosti
- Razvoj na drugim poljima kao što su operativne mjere za smanjenje buke i planiranje zemljišta zračne luke
- Nacionalne i međunarodne programe istraživanja utjecaja buke i ispušnih plinova
- Potencijalne međuovisnosti mjera koje se odnose za buku s mjerama vezanim uz ispušne plinove[14].

### 3.1.5. Europski zeleni plan

Europski zeleni plan (eng. *European Green Deal*) prvi je sporazum sklopljen između Europske komisije i stručnjaka o ekologiji. Cilj plana je smanjenje utjecaja zračnog prometa na okoliš s posebnim naglaskom na poboljšanje kvalitete zraka te smanjenje razine buke u područjima zračne luke. Potaknuti Europskim zelenim planom, 14. Zrakoplovni forum Florence (eng. *Florence Air Forum*) nastavio je aktivnosti u smislu poticanja promjena već postojećeg Europskog zakonodavstva kao što su:

- Direktiva o europskim pristojbama
- Uredba o slotovima
- Direktiva o zemaljskom upravljanju [23].

Isto tako na forumu su predložene nove mjere koje bi mogle voditi prema ekološki prihvatljivijem zračnom prometu kao što je financiranje Istraživačkih fondova ili Fonda za oporavak i podršku otpornosti [23].

### **3.1.6. Savjetodavno vijeće za aeronautička istraživanja u Europi (ACARE)**

Savjetodavno vijeće za aeronautička istraživanja u Europi (ACARE) predstavljeno je 2001. godine na Pariškom zračnoj sajmu gdje je privukao više od 40 organizacija i udruga uključujući predstavnike država članica, Europske komisije i dionika iz zrakoplovne industrije, zračnih prijevoznika, zračnih luka, pružatelja usluga, regulatornih tijela i istraživačkih ustanova. Iako je ACARE u početku bio formiran za potrebe predviđenih planova do 2001. godine, njegovi članovi su proveli izmjene unutra planova na način da su se stvorili uvjeti za predstavljanje planova za budući vremenski interval odnosno planova do 2050. godine [26].

### **3.1.7. EUROCONTROL**

EUROCONTROL je organizacija s glavnim ciljem ostvarivanja Jedinog europskog neba (eng. *Single European Sky - SES*). Također, podržava sve svoje članice i dionike u zajedničkim naporima da zrakoplovstvo u Europi učini sigurnijim, učinkovitijim te ekološki prihvatljivijim [27].

EUROCONTROL je na temu ekološke održivosti u zračnom prometu naveo 5 zadataka kojim bi zrakoplovstvo postalo ekološki neutralno do 2050. godine a to su:

- Podupirati brzi prijelaz na široku upotrebu alternativnih zrakoplovnih goriva, posebno za duge rute
- Razviti visoko učinkovite zrakoplove s velikim putničkim kapacitetima za kratke rute
- Poduzeti potpunu obnovu zrakoplovne flote do 2050. godine kojom bi na kraćim rutama letjeli potpuno ili djelomično električni zrakoplovi
- Razvijati tehnologiju i infrastrukturu vodikovih gorivih ćelija i elektro goriva
- Promijeniti europsku mrežu upravljanja zračnim prometom u vidu osiguravanja kraćih ruta [28].

### **3.1.8. ISO 14001 NORMA I EMAS**

Upravljanje ekologijom i shema auditiranja (eng. *Eco Management and Audit Scheme - EMAS*) i ISO 14001 norma predstavljaju sustave upravljanje okolišem koji se često implementiraju u zračnom prometu a cilj im je postignuti upravljanje organizacijom čiji će rad generirati minimalne ekološka zagađenja [15].

Međunarodno priznata ISO 14001 norma nastala je prema britanskoj normi BS7750, francuskoj normi NF X30-200 te španjolskoj normi UNE 77-801. Navedena norma jedna je od najpoznatijih svjetski priznatih normi za upravljanje okolišem također vrlo često korištene u zračnom prometu [15].

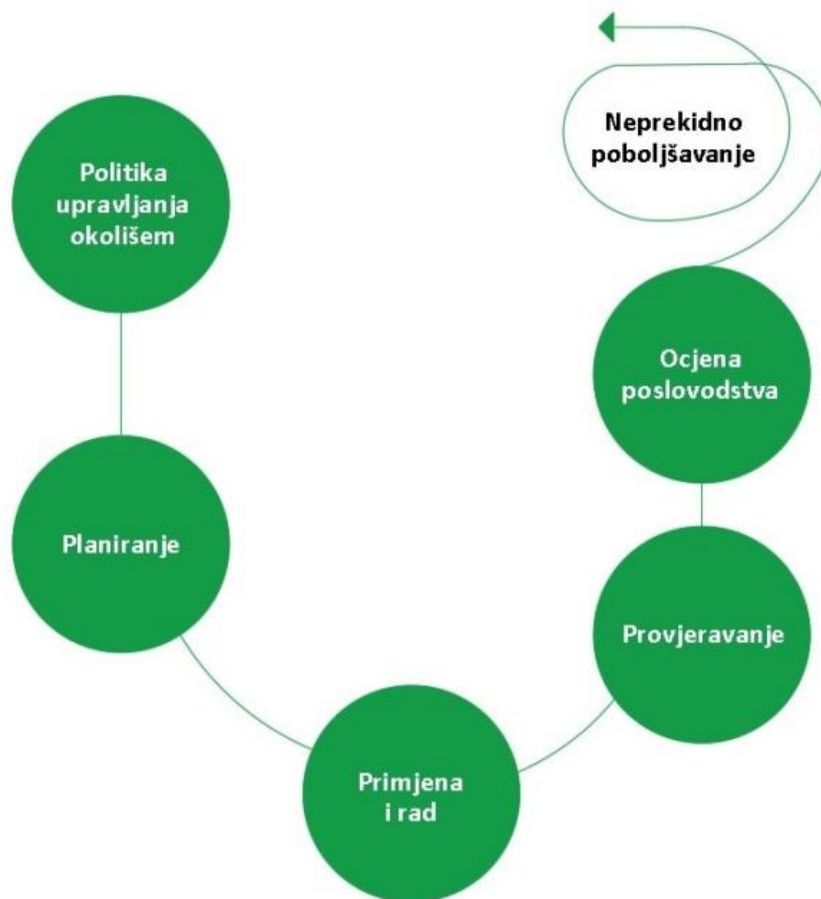
Ciljevi norme su:

- Sprečavanje ekološkog onečišćenja u znaku smanjenja troškova
- Integracija sustava upravljanja okolišem kroz cijelu organizaciju
- Osvještavanje zaposlenika na temu ekologije
- Usklađivanje sa zakonskim propisima i zahtjevima
- Unapređenje sustava očuvanja okoliša [16].

U cilju dobivanja norme, svaka organizacija mora ispuniti određene korake a to su:

1. Izrada plana upravljanja okolišem – definiranje ciljeva kojim bi se postiglo pravilno i održivo upravljanje okolišem i usklađivanje planova sa zakonskom regulativom
2. Planiranje – definiranje mjera i zadataka prema postizanju planiranih ciljeva te njihovo usklađivanje sa zakonskom regulativom
3. Primjena i rad – izrada organizacijske strukture, dodjeljivanje zadataka, edukacija osoblja, upravljanje dokumentacijom
4. Provjeravanje – provođenje internih audita u određenim vremenskim intervalima te identificiranje odstupanja od predviđenih mjera
5. Ocjene posloводства – ocjenjivanje ukupnih dosadašnjih rezultata na temelju provjera s kojima se uviđaju stvarni rezultati plana u odnosu neplanirane rezultate
6. Kontinuirano poboljšanje – unapređenje dijelova plana koji nisu pokazali potrebnu razinu kvalitete, investiranje u dodatno školovanje osoblja, nove programe i zahtjevnije ciljeve [15].

Navedeni koraci za postizanje ISO14001 norme prikazani su na slici 1.



**Slika 1.** Koraci za postizanje ISO 14001 norme, [15]

EMAS predstavlja sustav upravljanje okolišem napravljen prema britanskoj normi BS7750. U početku je EMAS obuhvaćao samo industrijska poduzeća dok kasnije izlazi nova verzija EMAS II koja obuhvaća i sva ostala poduzeća. Iako je EMAS sustav sadrži mnoge komponente kao i ISO 14001 norma postoje određene razlike prikazane u tablici 2.

**Tablica 2:** Usporedba ISO 14001 te EMAS norme

| KRITERIJ USPOREDBE                                    | EMAS  | ISO14001  |
|---|---|---|
| <b>PODRUČJE PRIMJENE</b>                              | Članice EU-preporuka za članice EU zemalja  | Cijeli svijet – globalna međunarodna priznata norma   |
| <b>OBJAVLJIVANJE</b>                                  | Obavezno  | Nije obavezno   |
| <b>ASPEKTI OKOLIŠA</b>                                | Sveobuhvatno razmatranje  | Samo važni s mogućnošću utjecaja  |
| <b>VALIDACIJA</b>                                     | Obavezna  | Nije obavezna   |
| <b>MJERILO USPJEHA</b>                                | Najbolja raspoloživa tehnika  | Relevantna regulativa   |
| <b>POKRETANJE PRIMJENE SUSTAVA ZA ZAŠTITU OKOLIŠA</b> | Početna snimka stanja u okolišu je obavezna kao i registracija utjecaja aspekata okoliša      | Preporuča se snimiti početno stanje u okolišu prije implementacije norme                      |
| <b>PRIMJENA ZAKONSKE REGULATIVE</b>                   | Organizacija mora osigurati usuglašenost s mjerodavnom zakonskom regulativom                  | Organizacija se mora usmjeriti na usuglašavanje s mjerodavnom zakonskom regulativom o okolišu |
| <b>PROVEDBA AUDITA</b>                                | Audit se mora provesti najmanje jednom u tri godine   | Učestalost audita nije specijalizirana  |
| <b>IZJAVA ZA ZAŠTITU OKOLIŠA</b>                      | Zahtijeva se priprema izjave za zaštitu okoliša, eksterno verificiranje i dostupnost javnosti | Ne postoji izjava za zaštitu okoliša koja bi bila obavezna                                    |

Izvor: [15]

### 3.2. NACIONALNI REGULATORNI OKVIR

U Republici Hrvatskoj glavni zakon vezan uz zračni promet je Zakon o zračnom prometu koji se provodi na teritoriju Republike Hrvatske ali i izvan njega za zrakoplove koji su registrirani u Republici Hrvatskoj.

Uz Zakon o zračnom prometu, neki od značajnijih zakona i pravilnika Republike Hrvatske koji su povezani sa zračnim prometom i ekologijom su:

- Zakon o zaštiti okoliša NN 118/18
- Zakon o zaštiti zraka NN 127/19
- Zakon o zaštiti od buke NN 14/21

- Pravilnik o uspostavljanju pravila i postupaka u svezi uvođenja operativnih ograničenja vezanih uz buku zrakoplova na zračnim lukama na teritoriju Republike Hrvatske NN 39/13 [23]
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka NN 143/21
- Pravilnik o mjerama zaštite od buke izvora na otvorenom prostoru NN 156/08
- Pravilnik o zonama rasvijetljenosti, dopuštenim vrijednostima rasvjetljavanja i načinima upravljanja rasvjetnim sustavima NN 128/20
- Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova te o načinu izračuna dopuštenih indikatora buke NN 117/18.

## 4. PREGLED DIONIKA ZRAČNOG PROMETA KOJI UTJEČU NA ZAGAĐENJA OKOLIŠA

Zračni promet je složen sustav koji se sastoji od više međusobno zavisnih dionika pod koje spadaju zračne luke, zračni prijevoznici, kontrola leta ali i drugih organizacija odobrenih za aktivnosti na zračnoj luci kao i špeditera, koncesionara u vidu trgovina, ugostiteljskih objekata, sigurnosnih služba, prijevoznika na zemaljskoj strani i ostali. Pregled dionika prikazan je na slici 2. Svi navedeni dionici predstavljaju određeno zagađenje s manjim ili većim utjecajem na ekologiju.



**Slika 2.** Dionici u zračnom prometu, [48]

U ovom poglavlju rada prikazat će se glavni dionici zračnog prometa te zagađenja koja pojedini od njih stvaraju.

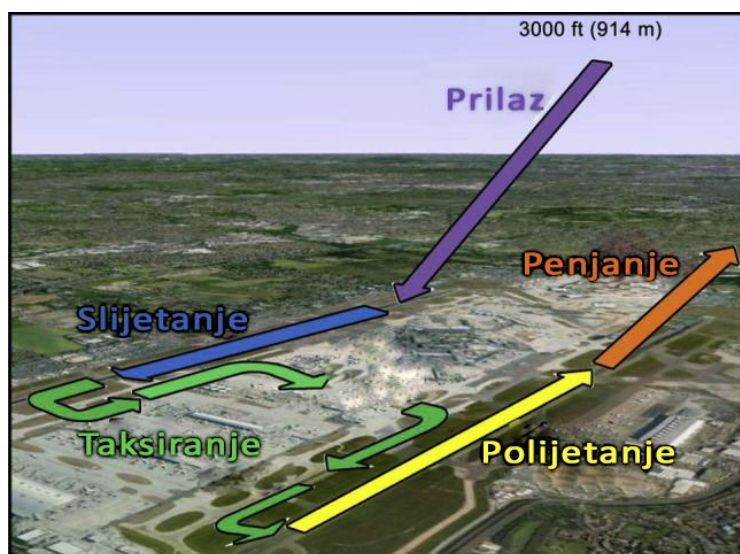
## 4.1. ZRAČNI PRIJEVOZNICI

Zračni prijevoznici nose naziv kao jedni od najvećih ekoloških zagađivača u zračnom prometu. Pod njihova glavna zagađenja spadaju ispušni plinovi i buka ali i otpad koji proizvode u velikim količinama.

### 4.1.1. Ispušni plinovi zračnih prijevoznika

Kako je navedeno u prvom poglavlju, glavni štetni ispušni plinovi iz zrakoplovnih motora su CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>. U počecima zračnog prijevoza nije se predavala velika pozornost utjecaju ispušnih plinova na okoliš. S porastom prometa počela su se uviđati oštećenja ozonskog omotača, odnosno oštećenja prouzročena na visinama krstarenja. Zadnjih 40 godina se počinje razmatrati i zagađenje zraka u blizini zračnih luka.

Emisije štetnih plinova zrakoplovnih motora mjere se nakon operacija polijetanja i slijetanja na zračnoj luci te moraju biti u skladu s ICAO standardima. Pod operacije polijetanja i slijetanja u ovom kontekstu se smatraju sve aktivnosti u krugu zračne luke ispod 3.000 ft odnosno 915 metara te se dijele na četiri faze. Prva faza je prilaz te slijetanje na zračnu luku, druga faza se odnosi na operacije zrakoplova na zemlji među koje spada kretanje zrakoplova po voznim stazama prema stajanci, boravak zrakoplova na stajanci prilikom prihvata i otpreme te vožnja zrakoplova prema uzletno-sletnoj stazi. Treću fazu definira polijetanje te zadnju četvrtu fazu uspon do visine od 3.000 ft. Četiri faze zrakoplovnih operacija prikazane su na slici 3. Analiziranjem štetnih emisija koje se emitiraju kroz navedene četiri faze došlo se do zaključka da operacije zrakoplova na zemlji ostavljaju ne zanemariv utjecaj na kvalitetu zraka [17].



Slika 3. Prikaz četiri faze zrakoplovnih operacija u blizini zračne luke, [17]



#### 4.1.2. Izvori buke kod zračnih prijevoznika

Buku koju proizvode mogu se podijeliti prema operacijama zrakoplova na:

- Polijetanje
- Slijetanje
- Vožnju zrakoplova po zemlji
- Testiranje motora [18].

Polijetanje zrakoplova predstavlja vrlo bučnu zrakoplovnu operaciju na zračnoj luci odnosno u njenoj blizini. Nakon poravnavanja zrakoplova na uzletno-sletnoj stazi te odobrenja za polijetanje kapetan zrakoplova pokreće zrakoplovne motore. Kako bi se postigla potrebna brzina za uzlet nužan je veliki potisak što rezultira visokom razinom buke pogonske jedinice zrakoplova. S ubrzanjem zrakoplova stvara se i sve veći otpor zraka radi same strukture zrakoplova što u značajnoj mjeri također stvara buku.

Fazu operacije slijetanja prethodi operacija prilaza zračnoj luci. U toj fazi zrakoplovni motori i dalje generiraju potreban čija se buka čuje u mjestima preko kojih zrakoplovi prelijeću u prilazu. Međutim, znatan izvor buke predstavljaju i upravljačke površine zrakoplova koje se postavljaju pod većim kutom u svrhu povećavanja otpora te smanjenja brzine. U fazi samog slijetanja taj kut je još veći pa samim time i razina buke. Uz to, neposredno nakon slijetanja zrakoplova na uzletno-sletnu stazu mlazni zrakoplovi uz standardni kočioni sustav koriste „reverse thrust“ odnosno obrnuti potisak motora što predstavlja dodatan izvor buke. Za slučaj elisno-mlaznih zrakoplova karakteristična je promjena kuta lopatica elise čime se također postiže usporavanje zrakoplova ali i povećavanje buke.

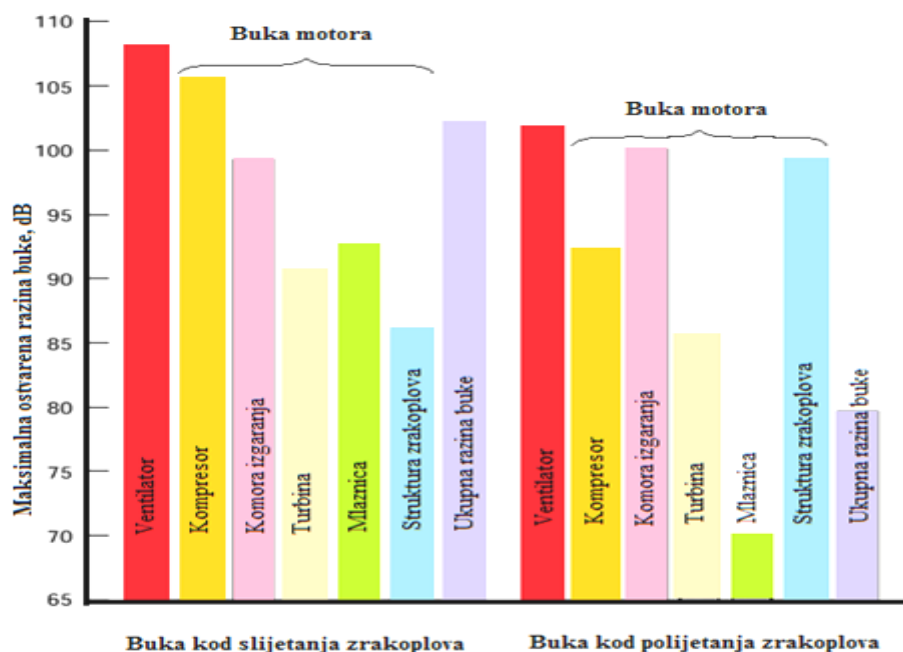
Taksiranje odnosno vožnja zrakoplova po operativnoj površini značajna je operacija na velikim i razvijenim zračnim lukama gdje je sustav voznih staza složen i razgranat. Iako snaga motora potrebna za kretanje po manevarskoj površini nije značajna kao u ostalim operacijama, s obzirom na blizinu objekata zračne luke razina buke je visoka te stvara neugodu i opasnost za zdravlje.

Testiranje zrakoplovnih motora odvija se prije ponovnog puštanja zrakoplova u rad nakon potrebnih radova na njima odnosno nakon svih aktivnosti nakon kojih se smatra ili je nužno i propisano njihovo ispitivanje. Takve radnje odvijaju se na zemlji pri čemu se najčešće testira puni potisak zrakoplovnih motora što rezultira visoku razinu buke. Iz tog razloga takve vrste testiranja odvijaju se isključivo po danu i po mogućnosti na izoliranim lokacijama kako bi utjecaj buke bio što manji.

Nadalje, druga podjela buke je prema:

- Strukturi zrakoplova,
- Pogonskoj grupi [18].

U pogonskoj skupinu spadaju mlazni te elisni motori. Elisni motori slave kao dosta tiši od mlaznih odnosno turbo-mlaznih motora koji danas prevladavaju u komercijalnom zračnom prometu. Kod takvih motora najveću buku stvaraju kompresor, vibracije kućišta motora te buka izlaznog mlaza. Ipak, jačina buke ponajprije ovisi o operacijama zrakoplova odnosno da li se radi o operacijama polijetanja ili slijetanja [19]. U slici 4, prikazane su jačine buke koji određeni dijelovi motora generiraju s obzirom na operacije polijetanja ili slijetanja.



**Slika 4.** Jačina buke određenih dijelova zrakoplovnog motora u operacijama polijetanja i slijetanja, [20]

Iz slike 4 vidljivo je da su maksimalne ostvarene razine buke u decibelima općenito veće u fazi slijetanja zrakoplova u odnosu na fazu polijetanja tako da ukupna maksimalna razina buke u slijetanju iznosi malo više od 100 dB dok je u polijetanju 80 dB. U obje operacije najveću buku proizvode ventilator, kompresor te komora izgaranja. Iako većina stavki predstavlja veću razinu buke kod faze slijetanja dvije stavke su ipak izraženije kod polijetanja zrakoplova a to su spomenuta komora za izgaranje i struktura zrakoplova.

Buka koju proizvodi struktura zrakoplova smatra se onom koja nije prouzročena pogonskom skupinom zrakoplova. Pod strukturalne dijelove zrakoplova koji proizvode buku smatraju se: stajni trap, predkrilca, zakrilca, pomične površine krila i vertikalni stabilizator zrakoplova [18]. Navedeni dijelovi zrakoplova prikazani su na slici 5.



Slika 5. Strukturalni dijelovi zrakoplova koji stvaraju buku, [20]

#### 4.1.3. Otpad zračnih prijevoznika

S porastom zračnog prometa odnosno s njegovom većom dostupnošću prema putnicima rasla je i količina otpada koja je ostajala zračnim prijevoznicima nakon leta. Prema istraživanju IATA-e, svaki putnik na letu prosječno ostavi oko 1.4 kg otpada što na godišnjoj razini ispada ukupno 6,7 milijuna tona smeća. Pod otpad se najčešće podrazumijeva hrana i piće u postotku od 33%, njihova ambalaža, neupotrebljiva posteljina s dugolinijskih letova te toaletne potrepštine. Iako se dio otpada kao što su papir i plastika mogu reciklirati, veliki dio otpada i dalje završi na odlagalištima ili spalionicama posebno kad govorimo o neiskorištenoj hrani [21].

## 4.2. ZRAČNE LUKE

Uz zračne prijevoznike najvećim zagađivačem u zračnom prometu smatraju se zračne luke. Neki od glavnih razloga su: velike površine koje zauzimaju zračne luke, centralno mjesto sastajanja svih sudionika u zračnom prometu, brojna zagađivanja i drugih vidova prometa koji gravitiraju zračnim lukama, različite radnje vezane uz prihvat i otpremu zrakoplova i ostale radnje koje nisu ekološki prihvatljive.

Svaka zračna luka dijeli se na dva dijela: zemaljsku te zračnu stranu kako je i prikazano je u tablici 3.

**Tablica 3:** Podjela zračne luke na zemaljsku i zračnu stranu

| ZEMALJSKA STRANA ZRAČNE LUKE | ZRAČNA STRANA ZRAČNE LUKE |
|------------------------------|---------------------------|
| Putnička zgrada              |                           |
| Zgrada teretnog prometa      |                           |
| Prilazne ceste               | Stajanka                  |
| Parkirališta                 | Sustav voznih staza       |
|                              | Uzletno-sletna staza      |

Iako se na zračnu luku i sve njene dijelove na zemaljskoj i zračnoj strani gleda kao na cjelinu, ipak u vidu zagađivača unutar zračne luke nalaze se i drugi sudionici koji pridonose negativnom utjecaju na okoliš kao što su koncesionari, putnici, prijevoznici i drugi.

#### **4.2.1. Izvori buke i ispušnih plinova na zračnoj luci**

Za normalno i nesmetano odvijanje svih aktivnosti na zračnoj luci od čega najprije prihvat i otprema zrakoplova, potrebna je mnogobrojna i raznovrsna oprema. Jedan dio od opreme koja se služi u svakodnevnim aktivnostima na zračnoj strani su: autobusi, automobili, traktori, stepenice, trake za utovar prtljage, agregati, vozilo s pitkom vodom, vozilo za fekalije, vozilo za vuču zrakoplova i drugi. Na slici 6 prikazan je dio opreme koja se koristi prilikom prihvata i otpreme zrakoplova. Isto tako na zemaljskoj strani mnogobrojna su kretanja osobnih automobila, taxi vozila, autobusa ispred putničkih zgrada kao i kamiona ispred zgrade cargo prometa. Svi navedeni posjeduju motore s unutarnjim izgaranjem goriva u većini slučajeva dizel gorivom. To je upravo razlog zašto zajedno predstavljaju i izvore buke ali i izvore štetnih ispušnih plinova.

U današnjici mnogobrojne zračne luke uz električnu struju koriste i druge energente. Najčešće su u primjeni dizel gorivo te lož ulje za pokretanje postrojenja najčešće za grijanje unutarnjih objekata zračne luke. Takva postrojenja kroz izgaranje energenata povećavaju ekološko onečišćenje ispušnim plinovima među kojima je najznačajniji CO<sub>2</sub>.



**Slika 6.** Oprema korištena prilikom prihvata i otpreme zrakoplova, [24]

#### **4.2.2. Onečišćenje vode i tla**

Zračne luke također generiraju onečišćenje tla i voda. Zračne luke ovisno o svojim kapacitetima zahtijevaju velike površine na zemaljskoj i na zračnoj strani zračne luke. Sve površine a posebno one na zračnoj strani moraju imati dobru oborinsku odvodnju kako bi se operacije zrakoplova po manevarskoj površini odvijale na siguran i propisan način. Međutim, navedene površine su izložene stalnom prolasku vozila odnosno opreme za prihvata i otpremu zrakoplova nakon čega površine postaju onečišćene uljima i mastima potrebnim za normalno funkcioniranje istih. Iz tog razloga velika količina vode koja se odvodnjava zagađuje tlo pa samim time i podzemnih voda.

Jedna od aktivnosti na zračnim lukama koja je izraženija kod onih zračnih luka s izraženijim zimskim uvjetima je odleđivanje zrakoplova uslijed skupljanja snijega i leda na površinama zrakoplova. Ta aktivnost se obavlja na stajanci zračne luke na način da se zrakoplov tretira s jednom od četiri vrste tekućina ovisno o zaleđenosti zrakoplovnih površina. Aktivnost odleđivanja zrakoplova prikazan je na slici 7.

Ukoliko se te aktivnosti ne provode na posebno predviđenim pozicijama na stajanci koje su planirane za takve aktivnosti što podrazumijeva i riješenu odvodnju spomenutih tekućina, tada također dolazi do dodatnog zagađivanja tla.



**Slika 7.** Proces odleđivanja zrakoplovnih površina, [29]

Uz zagađivanje putem velikih otvorenih površina na zračnoj luci, zagađenje vode i tla predstavljaju i putničke te ostale zgrade zračne luke. S obzirom da se zračne luke uglavnom nalaze izvan urbanih područja, često ne postoji kanalizacijski sustav s kojim bi one bile povezane. To je razlog da neke zračne luke ili neki od njihovih objekata nemaju adekvatno riješen kanalizacijski sustav pa se nerijetko povezuju na oborinske odvodnje.

#### **4.2.3. Ostala onečišćenja zračnih luka**

Zračne luke se mogu smatrati najvećim proizvođačem otpada u zračnom prometu. U ukupnoj količini otpada koje se akumuliraju na zračnoj luci ne spada samo onaj otpad koje proizvedu putnici tijekom boravka na zračnoj luci te osoblje zračne luke već i sav otpad drugih službi koje u njoj borave kao što su policija, carina, sigurnosna služba ili koncesionari u vidu ugostiteljskih objekata ili trgovina. Uz to, zračne luke su mjesto gdje i zračni prijevoznici odlažu svoj otpad prikupljen tijekom leta. Svi navedeni faktori dovode do velikog zagađivanja otpadom ako zračne luke nemaju razrađene sustave i procedure gospodarenja otpadom što također podrazumijeva njegovo razvrstavanje.

### **4.3. KONTROLA ZRAČNE PLOVIDBE**

Kontrola leta kao jedan od dionika u zračnom prometu na prvi pogled ne predstavlja zagađivača okoliša gledano sa strane direktno zagađivanja zraka, proizvodnje buke ili proizvodnje otpada i onečišćenja tla. Ipak, kontrola leta ima utjecaj u zagađivanju okoliša pogotovo zagađenje zraka i zagađenje bukom. Razlog tome su operativne procedure naročito u operacijama prilaza, slijetanja te polijetanja zrakoplova gdje uz pomoć dobro isplaniranih procedura te ruta značajno se mogu skratiti zrakoplovne operacije pa samim time i smanjiti izgaranja pogonske skupine zrakoplova odnosno smanjenju buke i zagađivanje zraka.

## 5. DEFINIRANJE MODELA „ZELENE ZRAČNE LUKE“ I REAKCIJA DIONIKA U ZRAČNOM PROMETU

Zračne luke koje su se gradile u prošlom stoljeću težile su funkcionalnosti, isplativosti i financijskoj isplativosti. Eksponencijalnim rastom i razvojem zračnog prometa zračne luke su također morale odgovoriti potrebnim zahtjevima u vidu svog proširenja. Na taj način sve više se počela uviđati potreba i za ekološki prihvatljivim i održivim zračnim lukama odnosno njenom infrastrukturom te načinima upravljanja njom.

„Zelena zračna luka” je zračna luka koja je dizajnirana i kojom se upravlja na način da se njen utjecaj na okoliš svodi na minimum. Takav rezultat postiže koristeći modernu tehnologiju kojom će osigurati sama sebi dio potrebnih resursa i čiji će negativni učinci na okoliš biti zanemarivi. Za takvu zračnu luku se osim ekološki prihvatljiva koristi i naziv održiva zračna luka [30].

Zelena zračna luka ne podrazumijeva samo novo izgrađene zračne luke već i adaptaciju odnosno prilagodbu već postojećih zračnih luka prema suvremenim ekološkim idejama.

Kako bi zračna luka postala maksimalno usmjerena ekologiji odnosno održiva potrebno joj je postavljanje zadataka odnosno osnovnih koraka kojima će se voditi a to su:

1. Stvaranje vizije održivosti – stvaranje idejnog plana kao vodič zračnoj luci pri usmjeravanju prema bitnim aktivnostima s ciljem provođenja plana
2. Određivanje ključnih pokazatelja uspješnosti – postavljanje parametara na temelju kojih zračna luka provodi svoje aktivnosti
3. Otisak održivosti – praćenje aktivnosti kroz određene vremenske intervale kako bi se uvidio pomak u realizaciji održivosti
4. Strategija – stvaranje strategije na temelju dosadašnjeg upravljanja održivošću
5. Implementacija – provođenje rješenja na temelju postavljene strategije
6. Praćenje i izvještavanje – redovito praćenje provođenja programa održivosti s ciljem analiziranja postignuća te planiranje mjera za dodatna poboljšanja [31].



Glavni cilj „Zelene zračne luke” je uspostaviti 3 glavna koncepta, a to su:

1. Ultra-zeleni koncept - ostvarivanje zračne luke koja je maksimalno samostalna u vidu proizvodnje potrebne energije te koja stvara minimalna ekološka zagađenja
2. Koncept vremenski učinkovite zračne luke - vremensko optimiziranje operacija na zračnim lukama
3. Isplativ koncept zračne luke - stvaranje zračne luke s minimalnim operativnim troškovima i visokim prihodima[30].

S obzirom da provođenje sustava ekološki prihvatljivih odnosno održivih zračnih luka iziskuje velika financijska sredstva te se izrađuje na duži vremenski period, potrebno je sustave planirati uzevši u obzir prvenstveno promet koji određena zračna luka očekuje u budućnosti ali i promjenu u tehnologija te načinima odrađivanja raznih operacija na zračnim lukama.

## **5.1. REAKCIJA ZRAČNIH LUKA**

### **5.1.1. Operativno upravljanje zračnom lukom**

#### AIRPORT CARBON ACCREDITATION PROGRAMME

U današnjici, zračne luke postaju svjesne svjetskog problema prevelike proizvodnje CO<sub>2</sub> emisija gdje i one same kao dionik zračnog prometa sudjeluju u njegovoj proizvodnji. Iz tog razloga, kroz zadnje godine sve više zračnih luka se okreće modelima smanjenja CO<sub>2</sub> emisija.

Najznačajniji među modelima je program Airport Carbon Accreditation Programme kao jedini globalni, odobreni program certificiranja upravljanja CO<sub>2</sub> emisijama na zračnim lukama. Cilj programa je omogućiti zračnim lukama da smanje proizvodnju CO<sub>2</sub>, povećaju učinkovitost kroz smanjenu potrošnju energije te svoje rezultate i znanja razmijene s drugim zračnim lukama s ciljem unapređenja samog programa. Prije dobivanja certifikata, zračne luke prolaze proces ocjenjivanja kroz 6 kategorija a to su:

**1. Mapiranje** – određivanje štetnih CO<sub>2</sub> emisija unutar zračne luke te računanje njihovih godišnjih emisija i sastavljanje izvješća na temelju dobivenih podataka



**2. Smanjenje** – navođenje dokaza o učinkovitim mjerama kojim se smanjuju CO<sub>2</sub> emisije te prikazati njihova evidentirana smanjenja



**3. Optimizacija** – proširenje dosadašnjih mjera uključujući specijalizirane tvrtke



**4. Neutralnost** – nadoknađivanje preostalih emisija koje su značajne



**5. Transformacija** – definiranje dugoročne strategije upravljanja CO<sub>2</sub> emisijama s ciljem potpune neutralnosti u njenoj proizvodnji



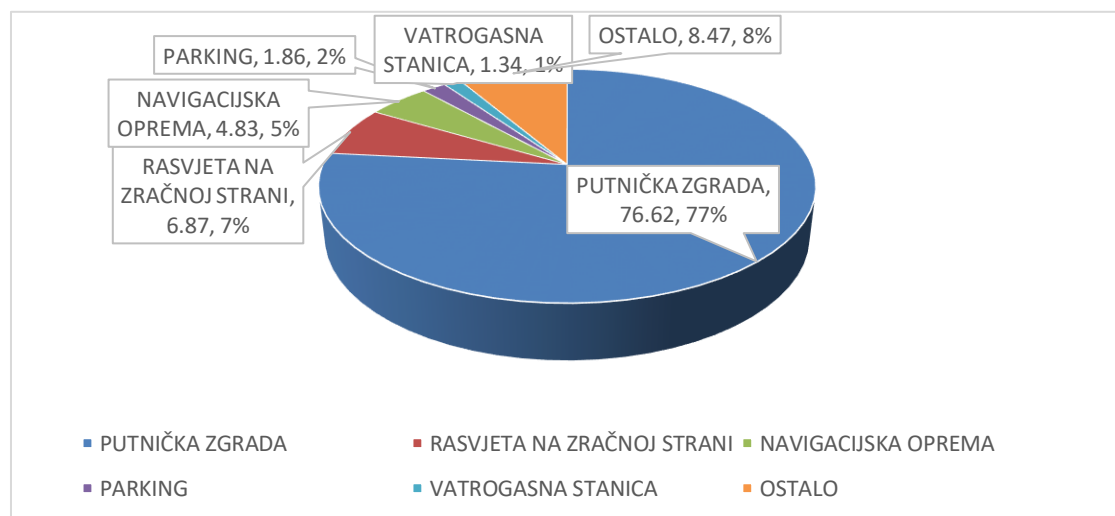
**6. Tranzicija** - nadoknađivanje preostalih emisija koje su značajne [38].



### 5.1.2. Infrastruktura zračne luke

Svaka zračna luka neovisno o svojoj veličini, kapacitetu i namijeni sadrži barem osnovnu potrebnu infrastrukturu koja joj je bitna za svakodnevno obavljanje operacija vezanih za zračni promet. U infrastrukturu zračne luke spadaju: putnička zgrada, zgrada robnog prometa, objekti kontrole leta, vatrogasne i policijske službe, objekti za skladištenje opreme na zračnoj luci te mnogi drugi. Od svih navedenih objekata, putnička zgrada koja i inače predstavlja simbol svake zračne luke zahtijeva najveću površinu i složenost objekta. Isto tako, putnička zgrada predstavlja i najvećeg potrošača energije kao i zagađivača okoliša.

Pod glavne infrastrukturne potrošače energije na zračnim lukama podrazumijevaju se sustavi rasvjete objekata i vanjskih površina te klimatizacijski sustavi u vidu grijanja i hlađenja unutrašnjosti objekata. Izvori energije koji se uglavnom koriste na zračnim lukama su električna energija te goriva (najčešće dizel ili benzin). U grafikonu 1 prikazan je omjer potrošnje električne energije po dijelovima zračne luke. Iz njega je vidljiv najveći udio potrošnje od strane putničkih zgrada s gotovo 77% što je realan podatak s obzirom na veličinu i kompleksnost tih objekata. Nakon putničkih zgrada, u manjim postocima slijede osvjetljivanje infrastrukture na zračnoj strani zračne luke, napajanje navigacijske opreme, osvjetljenje zemaljske strane zračne luke te ostali manji potrošači.



**Grafikon 1.** Omjer potrošnje električne energije po dijelovima zračne luke,

Izvor: [32]

### 5.1.3. Unapređenje energetskeg sustava zračne luke

U nastavku su prikazani primjenjivi modeli proizvodnje energije na zračnim lukama koje bi dugoročno smanjile troškove a povećali energetske neovisnost.

- **Kogeneracijska postrojenja**

Kogeneracijska postrojenja u današnjici predstavljaju sve češće tehnologije kojom se proizvodi električna energija prilikom čega se toplina nastala u tom procesu ne odbacuje nego koristi za potrebe grijanja ili čak hlađenja kod suvremenijih postrojenja. Na taj način postiže se velika iskoristivost utrošenog energenta odnosno povećava se učinkovitost koja se smatra da tad dostiže do 85% [32].

Takve male samostalne elektrane mogu biti pogonjene na razna kruta goriva kao što su:

- biomasa (drvo, slama...)
- otpad (kontaminirano drvo)
- komunalni otpad (kanalizacijski mulj) [33].

S obzirom na aktivnosti i lokacije zračnih luka, od nabrojanih sirovina za rad postrojenja najrealnije bi bilo korištenje komunalnog otpada odnosno kanalizacijskog mulja.

Takva postrojenja i njegovi sustavi izgaranja predstavljaju:

- niže emisije NO<sub>x</sub> čestica
- visoku efektivnost
- nisku potrošnju
- niske operativne troškove [33].

Nedostatak ovakvih postrojenja je veća površina potrebnih za postrojenje koju treba odvojiti u blizini zračnih luka.

- **Solarna energija**

Solarna odnosno sunčeva energija dobiva se ugradnjom solarnih panela na vanjske površine objekata. S obzirom na veličinu objekata odnosno njihove velike vanjske površine, zračne luke su odlična mjesta za njihovu implementaciju. Primjena solarne energije je primarno stvaranje električne energije ali i grijanje vode što uvelike može pridonijeti energetske samostalnosti zračne luke. Što se tiče instaliranja solarnih ploča na vanjske površine objekata zračnih luka, studije su pokazale kako njihova refleksija ne predstavlja nikakvu opasnost kod zrakoplovnih operacija. Nedostatak ovakvih sustava se očituje kod zračnih luka koji nemaju veliki broj osunčanih sati u godini odnosno dovoljnog dnevnog svjetlost. U tom slučaju električna energija proizvedena putem solarnih postrojenja dovoljna je samo za jedan dio dana što ne udovoljava zračnim lukama koje svoje vršne sate imaju i u večernjim satima [32].

Ipak, one zračne luke koje se nalaze na područjima pogodnim za korištenje solarne energije mogu imati uvelike korisnost. Primjer za to je Međunarodna zračna luka Cochin smještena na jugu Indije. Ona je naime 2015. godine postala prva zračna luka oslonjena potpuno na solarnu energiju. Postavljeno je 46.000 solarnih panela na ukupno 47 hektara raznih površina u krugu zračne luke što joj daje 12MW s čime se osigurava dovoljno energije i za noćne uvjete ali i prodaju viška energije ugovorenim partnerima. Bitna karakteristika ovog projekta je da bi se nakon 25 godina od početka puštanja sustava u rad trebalo uštedjeti 300.000 tona CO<sub>2</sub> [34]. Sustav solarnih panela na zračnoj luci Cochin prikazan je na slici 8.



**Slika 8.** Sustav solarnih panela na zračnoj luci Cochin, [35]

Korištenje solarne energije uz postavljanje solarnih ploča može se koristiti i na jednostavniji način primjenom velikih ostaklenih površina objekata na zračnim lukama. Novo projektirane putničke zgrade često su dizajnirane na način da se glavna nosiva struktura sastoji od čelične konstrukcije dok je sama oplata prekrivena sa staklom. Na taj način sunčeve zrake prolaskom kroz staklenu stijenu zagrijavaju unutarnje prostore. Takve konstrukcije nisu najbolje rješenje za zračne luke koje se nalaze na geografskim lokacijama s visokim temperaturama zraka odnosno jakim sunčevim svjetlom tijekom cijele godine.

#### **5.1.4. Ostali vidovi energetskeg unapređenja**

Uz kogeneracijska postrojenja te solarnu energiju kao najzastupljenije vidove izvora energije na zračnim lukama postoje i drugi potencijalni, manje poznati izvori kao što su: energija vjetra, hidroelektrična energija te geotermalna energija.

- Energija vjetra ima veliki potencijal kao obnovljivi izvor energije na zračnoj luci ukoliko zračna luka posjeduje dovoljno velike i udaljene površine za njihovu implementaciju. Naime, vjetrenjače kao sustav koji snagu vjetra pretvara u električnu energiju postavljaju operativni problem zračnoj luci iz razloga što njihove dimenzije odnosno visina bi mogle ući unutar zona ograničenja prepreka što nije dopustivo [32].
- Hidroelektrična energija je vrsta energije dobivena korištenjem snage vode. S obzirom da je rijetkost da se zračna luka nalazi u neposrednoj blizini vode s brzim protokom odnosno kinetičkom energijom, hidroelektrična energija nije zastupljena kao izvor energije zračnih luka [32].

- Primjena geotermalne energije kao i hidroelektrične energije isključivo ovisi o području odnosno terenu na kojem se zračna luka nalazi. Razlog tome je što se za njenu proizvodnju koristi toplina iz zemlje što često podrazumijeva nedovoljno stabilan teren za izgradnju infrastrukture zračne luke. Ipak, zračne luke koje imaju pristup geotermalnoj energiji to mogu vrlo kvalitetno iskoristiti prvenstveno kroz sustave za grijanje putničkih zgrada kao i drugih objekata [32]. Također, geotermalna energija se može iskoristiti i u sustavima za odleđivanje manevarske površine na zračnoj strani na način da se ispod površine implementira cjevovod kojim bi cirkulirala topla tekućina te na taj način održavala površinu čistom od snijega i leda. Primjeri zračnih luka koje su poznate po iskorištavanju geotermalne energije su zračne luke Gardermoen - Oslo i zračna luka Arlanda u švedskom gradu Stockholm čija su energetska postrojenja detaljnije opisana u poglavlju 6.

Uz sustave za proizvodnju energije kao što su kogeneracijska ili solarna postrojenja, postoje i manji odnosno manje kompleksni sustavi kao što su sustavi za ventilaciju, klimatizaciju i grijanje (eng. *Heating, Ventilation and Air Conditioning* – HVAC) i LED rasvjeta. Takve sustave karakterizira manja potrošnja energije što ih čini ekološki prihvatljivijim i financijski isplativijim.

- **Sustavi za ventilaciju, klimatizaciju i grijanje (HVAC)**

Sustavi za ventilaciju, klimatizaciju i grijanje velikih objekata (HVAC) su sustavi koji djeluju kao decentralizacijski sustavi odnosno sustavi kojih se nalazi više unutar objekta jer djeluju kao samostalna mala postrojenja. Prednost HVAC sustava je ta što funkcioniraju na principu povrata topline gdje povratni topli zrak uz pomoć pločastog ili rotacijskog izmjenjivača topline predaje veći dio svoje toplinske energije koja ponovno služi za zagrijavanje vanjskog svježeg zraka. Na taj način sustav zahtijeva puno manje količine energije za svoj rad što smanjuje financijske troškove i opravdava veća početna financijska ulaganja [36]. Primjer HVAC sustava prikazan je na slici 9. HVAC sustavi pogodni su naročito za starije objekte na zračnim lukama gdje nije izvodljiva implementacija većih i složenijih postrojenja.



**Slika 9.** HVAC sustav, [36]

- **LED rasvjeta**

LED rasvjeta je relativno nova tehnologija kao izvor svjetlosti. Karakterizira je čista bijela svjetlost nalik dnevnom svjetlu. Pogodna je za osvjetljenje i većih unutrašnjih prostora kao i velikih vanjskih površina koje su karakteristične za zračne luke. Za razliku od žarulja sa žarnom niti čiji je prosječni životni vijek oko 1.000 sati, LED svjetla pri maksimalnom intenzitetu prosječno traju 56.000 sati. Također, halogena svjetla čiji je vijek trajanja od 6.000 do 15.000 sati dosta su dugotrajnija opcija od žarulja sa žarnom niti ali ni približno efikasna kao LED svjetla. Uz to, LED svjetla koriste do 25% manje energije od tradicionalnih svjetala što ih čini energetski učinkovitijim i prihvatljivijim [46]. Navedeni životni vijek LED rasvjete kao i njeno jeftino te rijetko potrebno održavanje čini je puno učinkovitije kao financijski ali i ekološki isplativije radi stvaranje manjih količina otpada od istrošenih sijalica. Primjer Zračne luke Vancouver i njene stajanke osvijetljene LED rasvjetom prikazan je na slici 10.



**Slika 10.** LED osvjetljenje Zračne luke Vancouver, [64]

Uz osvjetljivanje unutrašnjosti objekata kao i vanjskih površina na zemaljskoj strani te stajanke na zračnoj strani zračne luke, sve češća je implementacija LED rasvjeta na uzletno - sletnim stazama te voznim stazama. Navedene staze odnosno manevarsku površinu karakteriziraju nepovoljni uvjeti za rad njenu signalizaciju kao što su loši meteorološki uvjeti, vibracije koje proizvode zrakoplovi svojim kretanjima, snažna strujanja zraka pogonske skupine zrakoplova. Upravo u takvim uvjetima LED rasvjeta se pokazala vrlo povoljna naročito iz razloga što njen životni vijek te smanjena potreba za održavanjem zahtijeva smanjen broj izlazaka osoblja na manevarsku površinu.

Pojedine zračne luke započele su s korištenjem LED rasvjete na manevarskoj površini koja sadrži i mali solarni sustav uz sebe kao što je prikazano na slici 11. Takav sustav jedan dio potrebne energije za napajanje LED sijalice proizvodi samostalno dok ostatak potrebne električne energije crpi iz električnog sustava.





**Slika 11.** LED rasvjeta sa solarnim sustavom, [65]

Jedan od primjera primjene LED rasvjete je i Zračna luka Copenhagen koja uz osvjetljenje unutarnjih prostora svoja sredstva ulaže i u implementaciju LED sustava rasvjete i na manevarsku površinu. S vremenom osoblje je uočilo problem u zimskom periodu gdje se snijeg i led koji se skupljao na svjetlima nije topio. Naime, LED svjetla su hladna odnosno ne zagrijavaju se do te mjere da otope nastali snijeg i led na njima. Iz tog razloga, zračna luka je investirala u implementaciju grijača na LED rasvjetna tijela jer svaki drugi oblik čišćenja snijega s njih poput čišćenja s ralicom bi dovelo do oštećenja rasvjetnih tijela.

### **5.1.5. Certificiranje objekata na zračnim lukama**

Kako bi se procesi implementacije i upravljanja modernim ekološki prihvatljiv tehnologijama provodili na ispravan i funkcionalan način, postoje specijalizirane organizacije koje se bave praćenjem njihovog rada te uz to i certificiranjem istog. U nastavku su prikazane dvije poznatije organizacije a to su Vodstvo u energetske i ekološke dizajnu LEED (eng. *Leadership in Energy and Environmental Design* - LEED) te Ustanova za istraživanje zgrada metodom procjene utjecaja na okoliš (eng. *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* – BREEM).

- **Vodstvo u energetsom i ekološkom dizajnu (LEED)**

Vodstvo u energetsom i ekološkom dizajnu – LEED, najpoznatiji je sustav certificiranja ekološki prihvatljive gradnje u svijetu. Osnovano je od strane američkog Vijeća za zelenu gradnju te pruža mjerljive i praktične metode zdravo, učinkovito i isplativo projektiranje, izgradnju, rad i održavanje zelenih zgrada. Sustav je podijeljen na potkategorije:

- Projektiranje i izgradnja objekata
- Dizajn i izgradnja interijera
- Operacije i održavanje zgrada
- Razvoj okoliša [37].

Za svaku od navedenih potkategorija, LEED sustav prilikom mjerenja njihovog napretka koristi 6 ključnih područja a to su:

- Lokacija i prijevoz
- Održiva mjesta
- Učinkovitost vode
- Energija i atmosfera
- Materijali i resursi
- Kvaliteta okoliša [37].

- **Ustanova za istraživanja zgrada metodom procjene utjecaja na okoliš (BREEM)**

Ustanova za istraživanje zgrada metodom procjene utjecaja na okoliš BREEM uveden je 1990. godine u Ujedinjenom Kraljevstvu. Poznat je kao najkorišteniji sustav certificiranja čiji se proces provodi kroz deset kategorija:

- Upravljanje
- Zdravlje i dobrobit
- Energija
- Transport
- Voda
- Materijali
- Otpad
- Korištenje zemljišta i ekologija
- Onečišćenje i energija
- Inovacija [37].

Svaka od navedenih kategorija se zasebno ocjenjuje te se na temelju ukupne prosječne ocijene ovisno dodjeljuje certifikat od jedne zvjezdice „Prolaz” do pet zvjezdica „Izvanredan” [37].

### 5.1.6. Oprema za prihvat i otpremu zrakoplova na zračnoj luci

Oprema koja se koristi na zračnim lukama mnogobrojna je i najčešće pogonjena na gorivo (pretežno dizel gorivo). Takva oprema svojim unutarnjim izgaranjem proizvodi emisije CO<sub>2</sub> ali i goriva te maziva koja se koriste za njihovo normalno funkcioniranje predstavljaju opasnost za tlo i vodu kao i problem kad sa skladištenjem kad se govori o istrošenim motornim uljima. Alternativu opremi s unutarnjim izgaranjem predstavlja električna oprema.

Operativno gledajući, električna oprema je povoljna radi:

- čestih pokretanja i zaustavljanja opreme
- dužeg mirovanja kod određene vrste opreme
- kratkih vremenskih intervala korištenja [39].

Modernija električna oprema pogonjena je litij-ionskim baterijama, za razliku od starije opreme s olovnim baterija. Stariju električnu opremu bilo je nužno puniti na jednom određenom mjestu specijalno namijenjenom za to kako bi se osigurali potrebni sigurnosni uvjeti dok se moderne litij-ionske baterije mogu puniti na svakom mjestu gdje je dostupan adekvatan punjač. Na taj način oprema na zračnoj luci može biti decentralizirana što smanjuje potrebno vrijeme za vožnju do potrebne pozicije [39].

Neki od još također prednosti električne opreme su:-

- ekološki prihvatljive
- vrlo kratko vrijeme punjenja
- povećana energetska učinkovitost
- rad prilikom loših meteoroloških uvjeta za vrijeme zimske sezone [39].

U nastavku su prikazani primjeri opreme koja se svakodnevno koristi na zračnoj luci prilikom prihvata i otpreme zrakoplova.

- **Oprema za izguravanje zrakoplova**

Oprema za izguravanje zrakoplova je vrlo korištena opreme na zračnim lukama. S obzirom na njenu važnost i čestu primjenu, postoje razne vrste njihove izvedbe ovisno za koju vrstu zrakoplova su namijenjene. Dva suvremena tipa opreme za izguravanje koja su ujedno i ekološki prihvatljiva su EMOVER i MOTOTOK.

- **EMOVER** - EMOVER je moderno potpuno električno push-back vozilo. Vozilo je pogonjeno električnim motorom ukupne snage 720 KW te je opremljen litij-ionskom baterijom i punjačem na izmjeničnu struju koji zahvaljujući odličnim performansama osigurava brzo punjenje. S obzirom na električni pogon, vozilo ne stvara ispušne

plinove odnosno CO<sub>2</sub> emisije te ne proizvodi buku. Još jedna prednost EMOVER-a je ta što konstruiran na način da može upravljati s raznim modelima i veličinama zrakoplova odnosno od tipa zrakoplova Embraer 170 do tipa zrakoplova Airbus 380 [40]. Na taj način ovo vozilo može zamijeniti više push-back vozila specijaliziranih za određene tipove zrakoplova. Na slici 12 prikazan je EMOVER.



**Slika 12.** EMOVER vozilo, [41]

- **MOTOTOK** - Još jedan primjer vozila za izguravanje zrakoplova je MOTOTOK. Kao i EMOVER vozilo, sadrži litij-ionske baterije koje se napajaju putem punjača s naponom od 24V ili 28V. Prosječno vrijeme između dva punjenja vozila je od 2 do 3 dana odnosno oko 25 operacija izguravanja zrakoplova (ovisno o veličini zrakoplova). Najveća prednost MOTOTOK-a u odnosu na EMOVER je ta što se s njim upravlja putem daljinskog upravljača. Na taj način vozilo ne sadrži upravljačku kabinu što njegove dimenzije svodi na minimalne potrebne. Smanjenim dimenzijama vozilo prilikom kretanja zahtijeva minimalan radijus što operativno predstavlja veliku prednost [66]. MOTOTOK vozilo prikazano je na slici 13 .



Slika 13. MOTOTOK vozilo, [66]

- **e-GPU** - Agregat (eng. *Ground Power Unit* - GPU) uređaj je pomoću kojeg se zrakoplov opskrbljuje potrebnom električnom energijom. Donedavno agregati su bili pogonjeni isključivo dizel pogonskim motorima koji su proizvodili potrebnu električnu energiju za što im je trebala velika količina snage. Zadnjih godina dizajnirani su električni agregati koji imaju istu funkciju kao i dizelski uz razliku da su pogonjeni litij-ionskom baterijom. Iz tog razloga maksimalno se smanjuju CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> emisije, ne stvara se buka, a zahtjevi za održavanjem su minimalni. Procjena je da se s e-GPU i prosječnim vremenom rada od 5.5 sati dnevno, godišnje uštedi 120.000 \$ u odnosu na dizelski agregat s istim vremenom rada. Također, smatra se da se za standardni dizelski agregat prilikom prihvata i otpreme zrakoplova veže 42% emitiranih emisija CO<sub>2</sub> dok se ostalih 58% dijeli na svu ostalu mnogobrojnu opremu koja se za to vrijeme nalazi u krugu zrakoplova [42]. Navedeni primjeri najbolji su pokazatelji ekonomske i ekološke opravdanosti investiranja u e-GPU uređaj kakav je prikazan na slici 14.



Slika 14. e-GPU, [42]

Uz prethodno navedene električne agregate i električna vozila za izguravanje postoji i druga oprema nužna za normalno odvijanje operacija prijvata i otpreme zrakoplova. Među osnovniju opremu spadaju traktori, trake za ukrcaj prtljage, stepenice. Uz starije inačice navedene opreme najčešće pogonjene na dizel gorivo, postoje i moderne izvedbe temeljene na električnoj energiji kao što je prikazano u nastavku.

- **Električni traktori** - Traktori na zračnim lukama su vrlo zastupljena vozila jer služe za prijevoz raznolike opreme koja se koristi na zračnoj strani zračne luke a koja ne sadrži vlastiti pogon. S obzirom na vrlo čestu primjenu, mnogobrojne zračne luke okreću se nabavi električnih traktora. Neki od najčešćih primjera korištenja traktora su prijevoz stepenica, prijevoz kolica s prtljagom kao i prijevoz agregata. Njihov tihi rad kao i nepostojanje ispušnih plinova predstavljaju veliku prednost u odnosu na traktore pogonjene na dizel kako na vanjskim površinama tako i unutrašnjosti objekata. Naime, električni traktori posebno su zastupljeni u sortirnicama namijenjenim za razvrstavanje putničke prtljage gdje traktori ulaze i u unutrašnje prostore kako bi dovezli i odvezli prtljagu. Primjer električnog traktora prikazan je na slici 15.



Slika 15. Električni traktor, [67]

- **Električne stepenice** - Zračne luke sve više se okreću električnim stepenicama za prihvat i otpremu zrakoplova. Riječ je o samohodnim odnosno stepenicama s integriranim električnim pogonom i najčešće litij-ionskim baterijama. Određeni modeli s natkrivenim stepeništem imaju ugrađene solarne ploče čime jedan dio električne energije samostalno proizvode.

- **Električne trake za prtljagu** - Među neizbježnu opremu na zračnoj luci spadaju i trake za ukrcaj i iskrcaj putničke prtljage iz zrakoplova. Za razliku od drugih vrsta opreme kao što su stepenice ili traktori, trake najčešće moraju biti upaljene tijekom cijelog vremenskog perioda prihvata i otpreme zrakoplova što predstavlja veliko zagađenje u vidu ispušnih plinova te buke. Iz tog razloga električne traka predstavlja veliko ekološko poboljšanje ali i financijsko jer njihova potrošnja električne energije je znatno manja u odnosu na trake pogonjene na dizel gorivo.
- **Suvremeni autobusi** - Prilikom prihvata i otpreme zrakoplova koji nisu smješteni na pozicijama s avio-mostovima koriste se autobusi kako bi se putnici preveli do ili od putničke zgrade. Takvi autobusi do danas su najčešće pogonjeni relativno jakim dizel motorima koja predstavljaju visoke decibele te štetne ispušne plinove. Suvremena industrija razvila je nove ekološki potpuno neutralne autobuse kao što su električni autobus i autobus pogonjen na ukapljeni biometan.
- **Električni autobus** - Tvrtka Siemens te proizvođač autobusa COBUS razvili su potpuno električni autobus namijenjen obavljanju potrebnih operacija na stajanci zračne luke. Autobus sadrži električni motor snage 160 kW u kompletu s 4 litijske baterije minimalne snage 85 kWh te se proizvodi u četiri modela: e.COBUS2700, e.COBUS2700s te e.COBUS3000 koji je prikazan na slici 16. Takvi autobusi jamče rad bez CO<sub>2</sub> emisija te minimalnu buku. Uz to troškovi u vidu potrošnje energije smanjeni su za 75% u odnosu na autobuse s dizel motorima [68].



**Slika 16.** Električni autobus e.COBUS3000, [68]

- **Autobus na bio-metan** - Zračna luka Munchen započela je 2020. godine pilot projekt testiranja autobusa na plin. Iako su se i prije proizvodili autobusi s pogonom na zemni plin ovo je bio prvi pokušaj s ukapljenim biometanom. Biometan je plin dobiven od organskih tvari kao što je na primjer otpad od hrane ili poljoprivrednih ostataka. Takva vrsta pogona pogodna je za vozila s velikim brojem radnih sati te vozila koja se često zaustavljaju i gase što je karakteristično za autobuse na stajanci zračne luke. Smatra se da autobus s jednim punjenjem ukapljenog plina može prijeći

dvostruko više kilometara od električnog autobusa. Još jedna prednost je ta što se motor s bio-metanskim sustavom može integrirati i u autobuse koji su prije sadržavali dizel motore kao što je i testni primjerak prikazan na slici 17. Na taj način uz manje modifikacije nisu potrebna velika financijska ulaganja u nabavku potpuno novih autobusa [69].



**Slika 17.** Autobus s pogonom na bio-metan, [69]

- **Električni bicikli i romobili** - Zračne strane zračnih luka najčešće se protežu preko velikih površina. Iz tog razloga osoblje zračne luke koje radi na stajanci uglavnom je primorana koristiti automobile kako bi došli do potrebne lokacije. Zamjenu za automobile može se pronaći u električnim biciklima i romobilima. S obzirom na električni pogon navedene vozila su ekološki maksimalno prihvatljiva i dovoljno brza, a napor za njihovo upravljanje je minimalan odnosno ne postoji kad je riječ o električnim romobilima. Europski projekt Kopneni pristup zračnoj luci (eng. *Landside Airport Accessibility- LAiRA*) osmišljen je s ciljem smanjenja potrošnje energije i utjecaja s promjenom ponašanja putnika i zaposlenika zračne luke. Projekt je trajao od svibnja 2017. do listopada 2019. godine a sudjelovale su mnogobrojne europske zračne luke kao i Zračna luka Dubrovnik [43]. Putem tog projekta, Zračna luka Dubrovnik je nabavila električna bicikla te električne romobile koji su raspoređeni po službama zračne luke. Na slici 18 prikazani su električni bicikli na Zračnoj luci Dubrovnik.





**Slika 18.** Električni bicikli, [44]

- **Sustavi za odleđivanje zrakoplova** - Iako proces odleđivanja zrakoplovnih površina nije karakterističan za zračne luke s blagim zimama, zračnim lukama s nepovoljnim vremenskim uvjetima tijekom zimske sezone taj proces je neophodan i učestao. Kako je već spominjano u radu, taj proces se odvija pomoću raznih tekućina koje predstavljaju svojevrsno zagađenje tla i vode. Kako bi se ta aktivnost provodila bez štete za okoliš moguće je odvojiti poseban dio stajanke na kojoj bi se odvijao proces odleđivanja zrakoplova s čime bi se moglo osigurati sakupljanje svih tekućina korištenih u procesu odleđivanja te njeno skladištenje u posebne spremnike. Postoji još jedan način odleđivanja zrakoplovnih površina a to je zagrijavanje zrakoplova pomoću infracrvenog zračenja unutar posebnih hangara kao što je prikazano na slici 19. Na taj način se izbjegava korištenje ikakvih tekućina za odleđivanje. S obzirom da ovakvi hangari zahtijevaju dosta veliku električnu energiju, cjelokupan sustav bi bio ekološki još prihvatljiviji ako bi izvor napajanja bio solarni ili neki slični sustav.



**Slika 19.** Hangar za odleđivanje zrakoplovnih površina, [45]

### 5.1.7. Upravljanje otpadom na zračnoj luci

Zračna luka prilikom svog normalnog funkcioniranja susreće se sa mnogobrojnim i raznovrsnim otpadom koji se može podijeliti na 6 kategorija:

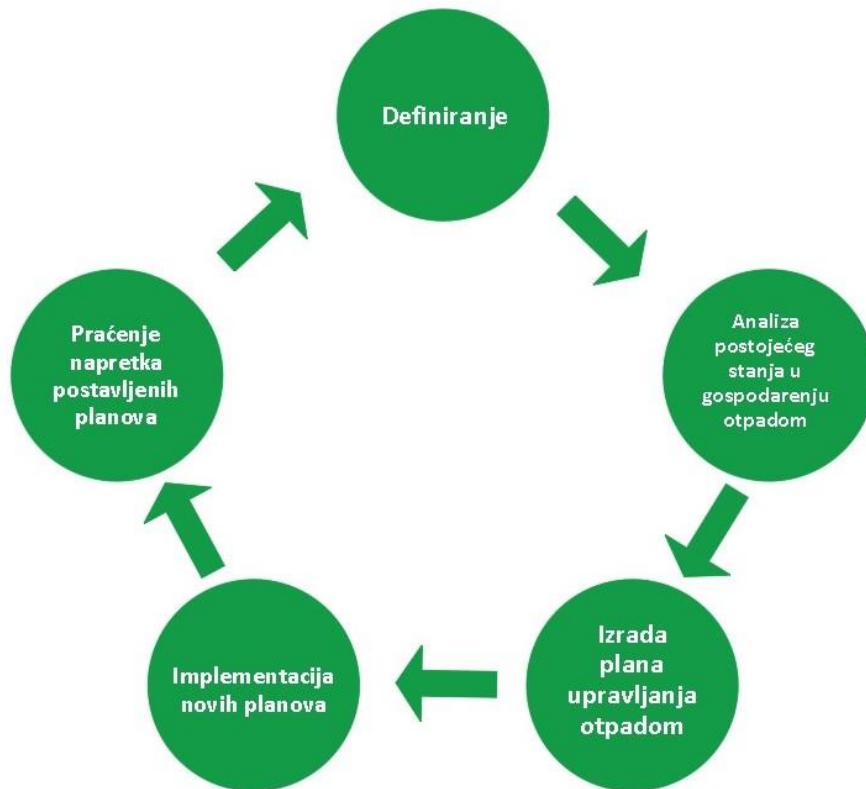
1. Kruti komunalni otpad
2. Građevinski otpad
3. Otpad od zrakoplovnih prijevoznika
4. Kompostabilni otpad
5. Opasni i industrijski otpad
6. Toaletni otpad [47].

Od navedenih vrsta otpada najzastupljeniji je kruti komunalni otpad. Pod njega spadaju svakodnevni predmeti koji se odbacuju kao što su plastične vrećice i boce, staklene boce i spremnici, kartonski i papirnati proizvodi te mnogobrojni ostali otpad. Prema lokaciji gdje se prikuplja, tvrdi komunalni otpad nadalje se može dijeliti na:

- Terminalni otpad
- Otpad koncesionara – najčešće u obliku ugostiteljskih objekata te trgovina
- Otpad zračnih prijevoznika
- Teretni otpad – ostaci od djelatnosti vezanih uz cargo djelatnosti [47].

Iako je kruti komunalni otpad na zračnim lukama najzastupljeniji, njegova karakteristika je da se s njim može relativno jednostavno gospodariti najprije u vidu odvajanja te recikliranja što kod drugih vrsta otpada nije uvijek moguće.

Kako bi gospodarenje otpadom predstavljalo ekološki, ekonomski i operativni napredak zračne luke, potrebno je razraditi dugoročni plan kojim će se definirati ciljevi te uključiti cijeli menadžment zračne luke kao i podijeliti uloge i odgovornosti svakog pojedinog dionika unutar zračne luke. Kako bi se ti rezultati postigli, ICAO je formirao sustav s 5 koraka kao što je prikazano na slici 20 [47].



**Slika 20.** ICAO koraci za postizanje zelene zračne luke, [47]

U nastavku su pojašnjeni koraci za postizanje zelene zračne luke prema ICAO-u prikazani na slici 14.

1. **DEFINIRANJE** - Prvim korakom definira se otpad, njegov utjecaj na okoliš odnosno važnost smanjenja njegovih količina te pravilnog gospodarenja s njim [47].
2. **REVIZIJA OTPADA** - U drugom koraku izrađuje se studija kojom se definiraju vrste otpada, njihove količine, odakle proizlaze te gdje završavaju. Na temelju toga, definiraju se nove mogućnosti gospodarenja otpadom (ponajprije recikliranje) te se procjenjuje učinkovitost projekta tijekom dužeg vremenskog perioda [47].
3. **PLAN GOSPODARENJA OTPADOM** - Nakon razrađene revizije, izrađuje se plan kojim bi se otpad trebao izbjegavati te smanjivati odnosno reciklirati. Plan mora sadržavati ciljeve gospodarenja otpadom, popis bitnih dionika, karakteristike otpada kojim raspolažu, strategije za smanjenje otpada te popis postrojenja i opreme koju je potrebno implementirati. Svi planovi moraju biti usklađeni s nacionalnim i regionalnim regulatornim okvirom [47].
4. **IMPLEMENTACIJA PLANA** - Implementacija plana upravljanja otpadom najprije bi trebala uključivati koordinaciju svih službi zračne luke kao i ostalih dionika.

Također, potrebni su naponi za osvještavanje svih za poslenika kao i putnika o provedbi plana. S početima provedbe plana vrlo često se prikažu nedostaci koji se mogu trebaju korigirati tijekom procesa implementacije [47].

5. PRAĆENJE I EVALUACIJA - Sustav praćenja i evaluacije trebao bi omogućiti menadžmentu zračne luke praćenje kretanje programa odnosno uvidi položaj do kojeg je provođenja plana došlo [47].

## 5.2. REAKCIJA ZRAČNIH PRIJEVOZNIKA

Uz zračne luke najvećim ekološkim zagađivačima smatraju se zračni prijevoznici. Glavna zagađenja koja se vežu uz njih zagađenje bukom te ispušnim plinovima. U vidu njihovog smanjenja, zračni prijevoznici moderniziraju svoje flote ili provode određene postupke tijekom zrakoplovnih operacija.

### 5.2.1. Suvremeni zrakoplovi

Prilikom dizajniranja novih zrakoplova naglasak se stavlja na moderniju pogonsku skupinu, nove vrste goriva te nove materijale izrade strukture zrakoplova. Iako nema još konkretnijih zračnih prijevoznika koji su pogonsku skupinu svojih zrakoplova zamijenili nekim od alternativnih ekološki prihvatljivijih goriva, ispitana su mnogo rješenja te već provedi testni letovi u svrhu smanjenja potrošnje goriva te štetnih emisija CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>.

Primjer tome je:

- Probni let Boeing 747 zrakoplova kojem je jedan motor bio pogonjen s kombinacijom od 20% palminog i kokosovog ulja
- Probni let Boeing 747-300 zrakoplova kojem je jedan motor koristio podjednaku mješavinu JETA1 goriva te sintetičkog goriva
- Komercijalni let zrakoplova B757-200 s jednim motorom pogonjen isključivo na biokerozin [48].

Uz alternativna goriva, današnji moderni zrakoplovi konstruirani su od suvremenih kompozitnih materijala koji su lakši a zadovoljavaju sve strukturalne zahtjeve. Na taj način smanjuje se ukupna masa zrakoplova što rezultira manju potrebnu snagu pogonske skupine odnosno manju potrošnju goriva [48].

Proizvođač zrakoplova Airbus započeo je s razvojem zrakoplova pogonjenih isključivo na vodik. Takvi zrakoplovi bi bili ugljično neovisno odnosno ne bi emitirali ni najmanje emisije štetnog CO<sub>2</sub>.

Nadalje, prednost vodika je ta što generira tri puta veću energiju po jedinici mase od danas korištenog kerozinskog goriva što ga čini prikladnim za pogon zrakoplova [71].

Ipak, nedostatak vodika je ta što isporučuje mnogo manje energije po volumenu što znači da za jednaku količinu energije vodik je potreban puno veći volumen u odnosu na kerozin. Ta karakteristika vodika predstavlja problem u njegovoj implementaciji kod zrakoplova zbog njegovog ograničenog prostora. Ipak inženjeri ispituju razne opcije smanjivanja kao što je stlačivanje plina na 700 bara čime bi se nadoknadio veliki dio volumena. Drugo rješenje kojem su inženjeri skloniji je hlađenje vodika na  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$  čime vodik prelazi iz plinovitog stanja u tekuće te povećava svoju energetska gustoću. Održavanje tako niskih temperatura zahtijeva posebne metalne spremnike s višeslojnom oblogom između koje je vakuum u cilju minimalnog prijenosa topline. Iako takvi spremnici ponovno povećavaju ukupnu masu zrakoplova, nova istraživanja već provode ispitivanja na određenim kompozitnim materijalima koji su mnogo lakši a mogli bi ispunjavati sve potrebne uvjete za skladištenje ukapljenog vodika [71].

Airbus-ov plan je do 2023. godine završiti s ispitivanjem cjelokupnog sustava na vodik uključujući nove spremnike odnosno do 2025. godine započeti s njegovim testiranjem tijekom leta. Ukoliko se sva ispitivanja postave ostave pozitivne zaključke, plan je do 2035. godine proizvesti prvi komercijalni zrakoplov pogonjen isključivo na vodik. Proizvodnja bi se tada nastavila kod mlaznih zrakoplova ali i turbo-prop te u budućnost zamišljenih blenden-wing body zrakoplova [71].

### 5.2.2. Zrakoplovne operacije

Zračni prijevoznici koji nisu u financijskog mogućnosti pristupiti financiranju modernijih zrakoplova ili pogonske skupine uštedu na potrošnji goriva mogu ostvariti primjenjujući određene postupke i procedure.

Operacije koje se mogu provoditi tijekom boravka zrakoplova na zračnoj luci, odnosno prilikom taksiranja te stajanja na poziciji stajanke prilikom prihvata i otpreme su:

- minimiziranje korištenja zrakoplovne pogonske jedinice (eng. *Air Power Unit* - APU)
- optimiziranje brzine taksiranja po manevarskoj površini
- korištenje jednog zrakoplovnog motora prilikom taksiranja [49].

APU zrakoplovni pogon zrakoplovi tijekom boravka na zračnoj luci koriste kao izvor opskrbljivanja električnom energijom svih svojih potrebnih sustava. Takav pogon predstavlja izgaranje goriva te buku. Zamjena za njega su izvori električne energije koje omogućavaju zračne luke a to je najčešće agregat odnosno GPU.

Agregati su u najvećem broju slučajeva pogonjeni dizelskim motorom što opet predstavlja određenu buku te štetne emisije putem izgaranja goriva. Iz tog razloga, električni agregati koji su predstavljeni u poglavlju 5.6.2. odlično su ekološki prihvatljivo rješenje s kojim se mogu osigurati uvjeti zahtijevani od strane zračnih prijevoznika. Uz agregate, zračne luke koje posjeduju aviomostove uz njih vrlo često imaju integrirane priključke za spajanje sa zrakoplovima što im omogućava direktnu opskrbu električnom energijom iz putničke zgrade.

Uz smanjenje korištenja APU uređaja, uštedu na potrošnji goriva zračni prijevoznici mogu postići korištenjem jednog motora prilikom taksiranja. Naime, taksiranje čini 10-30% ukupnog vremena leta u Europi. Procjenjuje se da zrakoplovi obitelji Airbus A320 kao i Boeing B737 troše između 10 i 13 kg goriva po minuti taksiranja. Uzevši u obzir da njihovim motorima do potpunog zaustavljanja treba približno 180 sekundi, procjenjuje se da takvi zrakoplovi štede oko 5 kg goriva svake minute [49]. Iako rezultat na prvi pogled ne prikazuje veliku razliku u potrošnji, s obzirom na dnevni broj operacija polijetanja i slijetanja koji takvi tipovi zrakoplova odrade dobije se nezanemariva ušteda.

S takvim načinom taksiranja, smanjenje potrošnje goriva sa sobom uzrokuje i smanjenje emitiranja štetnih emisija. Procjena je da se emitirane emisije CO<sub>2</sub> smanjuju 20-40% dok emisije NO<sub>x</sub> 10-30% [49].

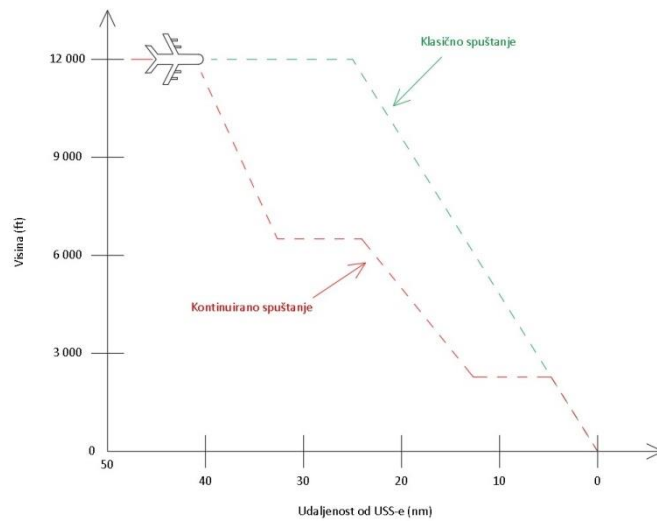
### **5.3. REAKCIJA KONTROLE ZRAČNOG PROMETA**

Uz navedene procedure koje provode zračni prijevoznici tijekom boravka na zračnoj luci, postoje mjere za vrijeme leta zrakoplova koje također imaju pozitivan učinak na smanjenje ekološkog onečišćenja. Zračnim prijevoznicima takve procedure omogućuje služba kontrole leta. Uz dodjeljivanje optimalnih zrakoplovnih ruta s kojima se skraćuje duljina odnosno vrijeme leta još dvije značajne procedure su kontinuirano spuštanje zrakoplova te kontinuirana operacija uspona.

#### **5.3.1. Continuous descent approach**

Tehnika kontinuiranog spuštanja zrakoplova (eng. *Continuous Descent Approach* - CDA) je operativna tehnika spuštanja zrakoplova pomoću posebno dizajniranog zračnog prostora, odobrenih procedura te dopuštenja od strane službe kontrole zračnog prometa. Kao što je prikazano na slici 21, tehnika omogućava spuštanje zrakoplova optimiziranog prema njegovim operativnim sposobnostima čime se korištenje potiska motorne svodi na minimum.

Na taj način uvelike se smanjuju štetne emisije koje proizlaze kao produkt izgaranja goriva kao i razina buke [50].



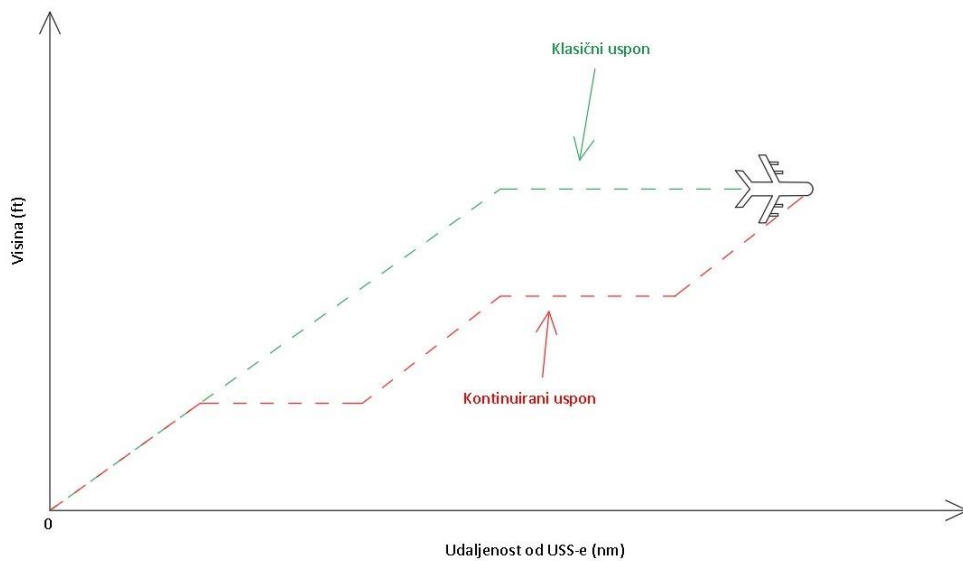
**Slika 21.** Prikaz kontinuiranog i klasičnog spuštavanja zrakoplova, [51]

### 5.3.2. Continuous climb operations

Potrošnja goriva svakog zrakoplova raste s porastom visine leta. Kad se govori o zrakoplovima malog i srednjeg doleta, faza polijetanja i početnog penjanja zrakoplova smatra se značajnim dijelom ukupno potrošenog goriva tijekom leta. Iz tog razloga osmišljene su operacije kontinuiranog uspona (eng. *Continuous climb operations* - CCO) putem koje se omogućuje zrakoplovu postizanje početne razine krstarenja pri optimalnoj brzini s optimalnim potiskom motora [52]. Slika 22 prikazuje operaciju kontinuiranog uspona i standardne procedure uspona.

Smatra se da bi raširena implementacija korištenja kontinuiranog spuštavanja kontinuiranog uspona zrakoplova u Europi ostavilo značajan trag na ekološkom zagađenju zraka. Procjena je da bi se na području Europe uštedjelo 340.000 tona goriva i 1 milijun tona CO<sub>2</sub> [53].

S obzirom da se obje navedene operacije provode u blizinama zračnih luka, njihova važnost je velika u pogledu podizanja kvalitete života u okolnim mjestima zračnih luka. Osim smanjenja štetnih emisija iz zrakoplovnih motora, smanjuje se i buka koja u tim područjima relativno visoka.



**Slika 22.** Prikaz kontinuiranog i standardnog uspona, [54]

Uz opisane operacije prilagođenog uspona i prilaza zrakoplova postoje i mnoge druge procedure koje se primjenjuju na zračnim lukama s ciljem maksimalne ekološke prihvatljivosti kao što su:

- Modificirani kut prilaza
- Low power/low drag
- Krivo linijski prilaz
- Pomaknuti prag
- Preferencijalna USS-a
- Preferirane prilazne rute
- Preferencijalne odlazne rute [48].



## 6. PRIMJENA MODELA „ZELENE ZRAČNE LUKE“ U SVIJETU

Problem narušavanja ekologije raste proporcionalno s porastom zračnog prometa. Svjesni toga, svi dionici u zračnom prometu pa tako i zračne luke okreću se ekološki prihvatljivijem poslovanju. U nastavku će biti opisan primjer dobre prakse upravljanja ekološki prihvatljivom zračnom lukom.

### 6.1. ZRAČNA LUKA COPENHAGEN - KASTRUP

Jedna od zračnih luka koja je dobar primjer napretka u vidu očuvanja okoliša je zračna luka Copenhagen - Kastrup. U poslovanju zračne luke veliki naglasak se stavlja na ekologiju odnosno na smanjenje svih ekoloških onečišćenja kao što su štetne emisije CO<sub>2</sub>, buka i otpad.

Među najznačajnijim ulaganjima su projekti vezani uz primjenu novih izvora energije čime se i njena potrošnja smanjuje. Primjer tome je solarni sustav na površini od 9.300 m<sup>2</sup> pomoću kojeg su smanjili potrošnju električne energije unutar objekata. Razvoj solarnog sustava nastavljaju i dalje s ciljem postizanja njihovog kapaciteta od 9 MW. Nakon toga otvorit će se mogućnost daljnjeg investiranja u električna vozila i opremu koju će samostalno moć opskrbljivati jednim dijelom potrebne energije. Uz solarna postrojenja značajna su ulaganja i u implementaciju LED rasvjete te suvremenih postrojenja za hlađenje i grijanje sustava koja funkcioniraju na temelju pročišćenih oborinskih voda i električne struje iz solarnih postrojenja. Navedene tehnologije za rezultat daju smanjenu potrošnju energije te smanjenu potrošnju najčešće dizel goriva koji generira štetne emisije ispušnih plinova naročito CO<sub>2</sub> [70].

Zračna luka Copenhagen ukupne emisije CO<sub>2</sub> koje se prikazuju u tonama dijeli na dvije stavke a to su:

1. emisije CO<sub>2</sub> nastale direktno od strane zračne luke kao što je korištenje vozila, opreme i postrojenja potrebnih za infrastrukturu
2. emisije CO<sub>2</sub> nastale potrošnjom energije ostalih dionika u zračnom prometu kao što su koncesionari u sklopu zračne luke i zračni prijevoznici [70].

**Tablica 4:** Potrošnje CO<sub>2</sub> na zračnoj luci

|  | 2018. godina | 2019. godina | 2020. godina |
|--|--------------|--------------|--------------|
| <b>CO<sub>2</sub> potrošnja zračne luke u tonama</b>     | 28.970 t     | 27.013 t     | 21.702 t     |
| <b>CO<sub>2</sub> potrošnja ostalih dionika u tonama</b> | 357.603 t    | 347.882 t    | 126.833 t    |
| <b>Ukupna potrošnja u tonama</b>                         | 386.573 t    | 374.895 t    | 148.535 t    |

Izvor: [70]

U tablici 4 vidljiva je velika razlika između emisija CO<sub>2</sub> koje generira zračna luka i emisija od strane drugih dionika u zračnom prometu. Takav rezultat je očekivan s obzirom da su zračni prijevoznici najveći zagađivač CO<sub>2</sub> emisijama u zračnom prometu. Ipak, kroz godine uočljivo je smanjenje tona CO<sub>2</sub> kako u ukupnoj potrošnji tako i pojedinačno po potrošnji zračne luke kao i ostalih dionika. Značajan pad koji se dogodio u 2020. godini rezultat je globalne pandemije COVID-19 što je dovelo do velikog pada prometa u zračnom prometu stoga podaci za tu godinu u normalnim uvjetima poslovanja ne bi bili smanjeni u ovolikoj mjeri [70].

Zračna luka Copenhagen velike napore ulaže i u gospodarenjem otpadom. U 2019. godini prestali su s korištenjem jednokratne ambalaže kako bi započeli s uporabom biorazgradive ambalaže. Veliki napor ulažu i u recikliranje otpada s idejom da do 2023. godine udio recikliranog otpada podignu na 60% [70].

**Tablica 5:** Količine otpada zračne luke Copenhagen

|  | 2017. godina | 2018.godina | 2019. godina | 2020. godina |
|--|--------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>Postotak recikliranog otpada</b>    | 28           | 21          | 27           | 25           |
| <b>Reciklirani otpad u tonama</b>      | 1.354 t      | 1.134 t     | 1.140 t      | 1.309 t      |
| <b>Ukupna količina otpada u tonama</b> | 4.877 t      | 5.366 t     | 5.385 t      | 2.089 t      |

Izvor: [70]

Kao što je prikazano u tablici 5, zračna luka Copenhagen reciklira oko 25% ukupnog otpada te taj postotak stagnira kroz godine. Također vidljiv je pad ukupne količine otpada s 2017. godine na 2018. godinu nakon čega i ta brojka stagnira ako se zanemari pandemijska 2020. godina.

## 6.2. ZRAČNA LUKA ZURICH

Zračna luka Zurich svoje upravljanje ekologijom svodi na više skupina a to su: kvaliteta zraka, klima i energija, prirodu i krajolik, tlo i vodu te otpad.

Menadžment zračne luke Zurich još je 1997. godine uveo naknade za CO<sub>2</sub> zrakoplovne emisije. Uz to, kao izvor napajanja električnom energijom u velikom postotku koristi vlastiti solarni sustav postavljen na objekte i parkirališta zračne luke. Za sustave grijanja i hlađenja unutrašnjih prostora koriste se moderne toplane koje kao resurs koriste geotermalnu energiju. Također, 30% vozila odnosno sve opreme na zračnoj luci je pogonjeno na električnu struju. Na taj način, zračna luka je od 1991. godine do danas smanjila emisije CO<sub>2</sub> za od prilike 50%. Plan za budućnost joj je do 2030. godine smanjiti CO<sub>2</sub> emisije na 20.000 tona a do 2050. godine postići nulte emisije CO<sub>2</sub> [55].

Uz smanjenje zagađenja zraka, zračna luka Zurich prikazana na slici 23, veliki trud ulaže i u gospodarenje vodom. Kroz zadnje godine uspjeli su znatno smanjiti potrošnju vode po putniku. Naime, zračna luka je razvila sustav prikupljanja kišnice s njenih objekata koju koristi kao toaletnu vodu. Oborinska voda sa stajanke kao i sa zemaljske strane zračne luke također se prikuplja te koristi za navodnjavanje zelenih površina zračne luke. S obzirom na veći broj operacija odleđivanja zrakoplova, razvijen je sustav posebnog pročištača za tekućine koje se koriste tijekom odleđivanja zrakoplova. Na taj način i te količine tekućine se mogu koristiti kao i ostatak oborinskih voda [55].

Zračna luka Zurich također je velika financijska sredstva uložila u odvajanje otpada. Uz investiranje u opremu i prilagođavanje infrastrukture, veliki naponi su uloženi i u educiranje te osvještavanje zaposlenika.



**Slika 23.** Zračna luka Zurich, [56]

### 6.3. ZRAČNA LUKA ARLANDA

Zračna luka Arlanda u Švedskom gradu Stockholm još je jedan od primjera zelene zračne luke. Nizom provedenih mjera uspjela je smanjiti CO<sub>2</sub> emisije za 50% [57]. Najveći njen projekt bio je implementacija sustava korištenja energije iz ogromnog podzemnog vodospremnika u blizini zračne luke. Vodospremnik odnosno „podzemno skladište energije na bazi vode” kako se često naziva, funkcionira na bazi „termo posude”. Temperatura vode u vodospremniku je stalna te se ljeti ispumpava i koristi za rashlađivanje. Voda koja se zagrije prilikom prolaska kroz rashladne sustave zračne luke ponovno se vraća u vodospremnik gdje se zimi koristi za postupak grijanja zračne luke. Uz grijanje objekata zračne luke, topla voda se koristi i za odleđivanje operativne površine uslijed snijega i leda [58]. Na slici 24 prikazan je sustav hlađenja i grijanja korištenjem vodospremnika.



**Slika 24.** Sustav grijanja i hlađenja zračne luke Arlanda, [59]

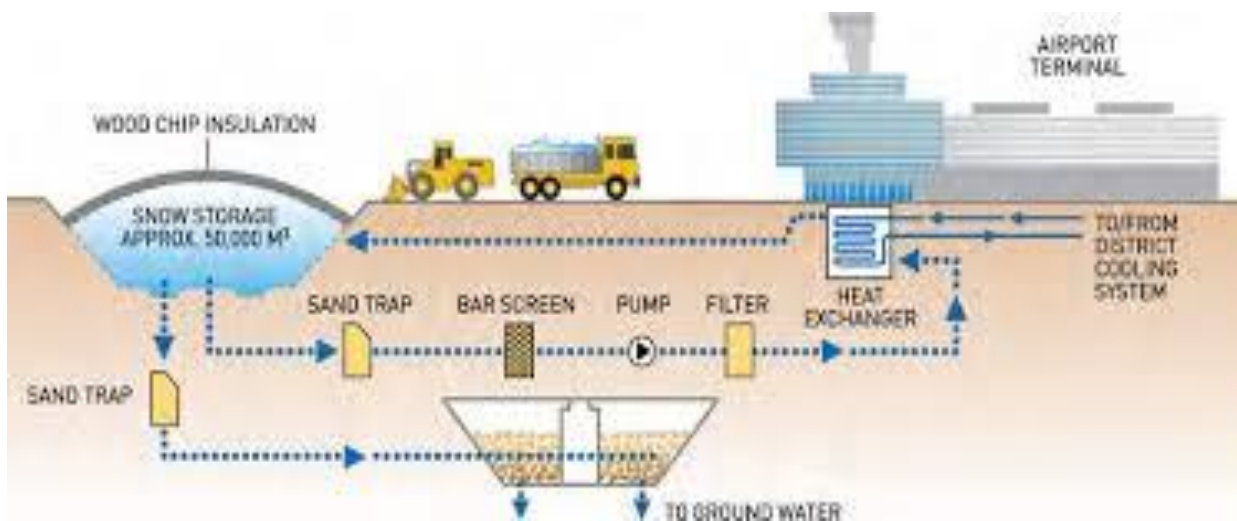
Uz korištenje termalnog izvora za potrebe grijanja, zračna luka je uspjela i potrošnju električne energije smanjiti za 30%. Takav rezultat postigli su zahvaljujući implementaciji LED učinkovitije rasvjete te elektromotora s regulacijom broja okretaja [60].

## 6.4. ZRAČNA LUKA GARDERMOEN

Zračna luka Gardermoen u norveškom gradu Oslo još jednom je potvrdila svoj naziv zelene zračne luke prilikom izgradnje nove putničke zgrade. Zgrada je izgrađena od recikliranih i ekološki prihvatljivih materijala odnosno od recikliranog čelika te ekološki prihvatljivog betona pomiješanog s vulkanskim pepelom. Unutarnje grede su sve od drva a cjelokupna unutrašnjost je kvalitetno izolirana zahvaljujući staklenim stijenama koje smanjuju gubitak topline kao i solarni sustav koji štiti objekte od jakih sunčevih zraka tijekom ljetnih mjeseci. Osim putničke zgrade, zračna luka investirala je i u adaptaciju dijelova manevarske površine gdje se stari beton zdrobio i iskoristio za izgradnju novih površina [61],[62].

Sustav grijanja zračne luke temelji se na crpljenju podzemnih voda koje su dovoljan izvor topline za održavanje topline. Sustav hlađenja je specifičan iz razloga što se temelji na velikim količinama snijega. Prilikom zimskih uvjeta, zračna luka potreban dio snijega sklonjenog iz manevarske površine deponira na specijalne lokacije te se pokriva s drvenom piljevinom. Na taj način snijeg se zadržava do ljetnih temperatura.

Posebno postrojenje snijeg uzima kao izvor za proizvodnju hladnog zraka i rashlađivanja svih potrebnih objekata kao što je prikazano na slici 25 [62].



Slika 25. Sustav hlađenja zračne luke Oslo, [63]

## 7. ZAKLJUČAK

Negativan učinak na okoliš generiran od strane zračnog prometa postao je vidljiv problem zadnjih 20 godina. Najvećim zagađivačima u zračnom prometu smatraju se zračni prijevoznici u smislu zagađivanja zraka te proizvodnje prekomjerne buke. Uz zračne prijevoznike, drugim najvećim zagađivačem smatraju se zračne luke. Zračne luke čine jednu cjelinu u kojoj se nalaze svi ostali dionici zračnog prometa kao što su kontrola leta, koncesionari u vidu ugostiteljskih objekata i trgovina, sigurnosne službe i mnogi drugi. Uz buku i ispušne plinove, na zračnim lukama se nalaze i druge vrste ekološkog zagađenja kao što su zagađenje otpadom i zagađenje vode i tla.

Svjesni velikih ekoloških problema, zračne luke su započele s mijenjanjem svog poslovanja u smjeru ekološki prihvatljivih zračnih luka s ciljem dobivanja naziva „zelena zračna luka“. Kako bi uspjela u svojim idejama, svaka zračna luka prvenstveno mora razraditi Plan upravljanja zračnom lukom s naglaskom na ekologiju. Takav plan mora sadržavati uvid u trenutno stanje te planove za određene vremenske intervale kako bi se mogao pratiti napredak zamišljenih planova. Također, u početku je bitno staviti naglasak na educiranje i osvještavanje osoblja kako bi plan bio pozitivno prihvaćen i efektivan. Osim investiranja u osoblje, plan upravljanja sadrži i unapređenje infrastrukture, tehnoloških sustava, opreme te operativnih procedura. Investiranje u infrastrukturu najčešće provode zračne luke kojima je potrebno proširenje kapaciteta ili čija je infrastruktura zastarjela. Iz tog razloga više se zračnih luka okreće implementaciji modernih ekološki prihvatljivih sustava kao što HVAC sustavi ili solarni sustavi. Na taj način uz manje izmjene na infrastrukturi postižu se veliki energetske odnosno ekološki napredci. Mnogobrojna oprema pogonjena na unutarnje izgaranje također predstavlja sve većeg ekološkog zagađivača. Električna oprema predstavlja budućnost za svaku zračnu luku u vidu ekološkog ali i financijskog poboljšanja poslovanja.

Važno je naglasiti da svi planirani programi i ulaganja prema postizanju zelene zračne luke moraju biti u dogovoru i suradnji sa svim dionicima zračnog prometa. To je jedini ispravan način kojim će se provođenje programa zelene zračne luke provoditi u optimalnim parametrima.

## LITERATURA

- [1] David Suzuki. Preuzeto s: <https://davidsuzuki.org/what-you-can-do/air-travel-climate-change/> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [2] Steiner S, Božičević J, Kaštela S. Ekološki aspekti zračnog prometa. U: Čekić, Šefkija (ur.) *Ekološki problemi suvremenog promet.* Sarajevo: 2003.
- [3] Government of Canada. Preuzeto s: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/health-risks-safety/radiation/everyday-things-emit-radiation/health-effects-airplanes-aircraft-noise.html> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [4] Golubić S. *Zračni promet i okoliš* [Prezentacija] Ekologija u prometu. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2018.
- [5] Bazijanac E, Domitrović A. *Zrakoplovne emisije-emisije zrakoplovnih motora.* Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagreb; 2016.
- [6] Sparrow V, Gjestland T, Guski R. *Aviation Noise Impacts - White Paper*; 2019. Preuzeto sa: <https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ScientificUnderstanding/EnvReport2019-WhitePaper-Noise.pdf> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [7] Baxter G, Srisaeng P, Wild G. Sustainable Airport Waste Management: The case of Kansai International Airport; 2018. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/publication/322934698\\_Sustainable\\_Airport\\_Waste\\_Management\\_The\\_Case\\_of\\_Kansai\\_International\\_Airport](https://www.researchgate.net/publication/322934698_Sustainable_Airport_Waste_Management_The_Case_of_Kansai_International_Airport) [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [8] Nunes L, Yhu MY, Stigter YG, Monteiro JP, Teixeira MR: *Environmental impact on soil and groundwater at airports: origin, contaminants of concern and environmental risk*; 2011. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/publication/51719724\\_Environmental\\_Impacts\\_on\\_Soil\\_and\\_Groundwater\\_at\\_Airports\\_Origin\\_Contaminants\\_of\\_Concern\\_and\\_Environmental\\_Risks](https://www.researchgate.net/publication/51719724_Environmental_Impacts_on_Soil_and_Groundwater_at_Airports_Origin_Contaminants_of_Concern_and_Environmental_Risks) [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [9] Službena stranica ICAO. *Applications.* Preuzeto sa: [https://applications.icao.int/postalhistory/annex\\_16\\_environmental\\_protection.htm](https://applications.icao.int/postalhistory/annex_16_environmental_protection.htm) [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [10] Službena stranica ICAO. *Environmental Tehnical Manual. Volume 1.* Preuzeto sa: [https://www.icao.int/environmentalprotection/Documents/Publications/Doc\\_9501\\_Volume\\_1.pdf](https://www.icao.int/environmentalprotection/Documents/Publications/Doc_9501_Volume_1.pdf) [Pristupljeno: rujan 2021.]

- [11] Službena stranica ICAO. *Annex 16. Volume 4; 2017*. Preuzeto sa: <https://ffac.ch/wp-content/uploads/2020/10/ICAO-Annex-16-Environmental-protection-Vol-II-Aircraft-Engine-Emissions.pdf> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [12] Službena stranica ICAO. *Environmental protection. Volume 3; 2017*. Preuzeto sa: [https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/materialFM1/ICAO-2017\\_Annex16\\_Volume3\\_CO2CertificationRequirement.pdf](https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/materialFM1/ICAO-2017_Annex16_Volume3_CO2CertificationRequirement.pdf) [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [13] ICAO store. Preuzeto sa: <https://store.icao.int/en/annex-16-environmental-protection-volume-iv-carbon-offsetting-and-reduction-scheme-for-international-aviation-corsia> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [14] Službena stranica ICAO. Preuzeto sa: <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/caep.aspx> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [15] Kondić V, Piškorić M. Sustav upravljanja zaštitom okoliša prema normi ISO 14001 i razvoj metodologije za njenu implementaciju. Preuzeto sa: <https://hrcak.srce.hr/85938> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [16] Službena stranica FAA government. Preuzeto sa: [https://www.faa.gov/air\\_traffic/flight\\_info/avn/qualitymanagementsystems/](https://www.faa.gov/air_traffic/flight_info/avn/qualitymanagementsystems/) <https://hrcak.srce.hr/85938> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [17] Ncbi. Preuzeto sa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7108289/> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [18] Štimac I, Vidović A, Vince D. *Implementacija sustava praćenja i analize buke na Zračnoj luci Zagreb*. U: Steiner S (ur.) *Međunarodni znanstveni skup Ekološki problemi prometnog razvoja*. Zagreb: 2011.
- [19] Franjić A. *Utjecaj buke zrakoplova na stanovništvo u okruženju zračne luke*. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2020. Preuzeto s: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz:1993> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [20] Sente M. *Operativne procedure slijetanja i polijetanja zrakoplova u funkciji ekološke održivosti zračne luke*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2017. Preuzeto s: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1016/datastream/PDF/view> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [21] Youngzine. Preuzeto sa: <https://youngzine.org/news/our-earth/airline-trash-how-much-do-we-create> [Pristupljeno: rujan 2021.]



- [22] Službena stranica IATA. Preuzeto sa: <https://www.iata.org/en/about/> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [23] World economic forum. Preuzeto sa: <https://www.weforum.org/agenda/2021/07/what-you-need-to-know-about-the-european-green-deal-and-what-comes-next/> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [24] Zagreb Airport. Preuzeto sa: <https://www.zagreb-airport.hr/poslovnib2b-223/zrakoplovstvo/zemaljske-usluge-gh/242> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [25] Transport Europa. Preuzeto sa: [https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment_en) [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [26] ACARE. Preuzeto sa: <https://www.acare4europe.org/about-acare> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [27] Službena stranica EUROCONTROL. Preuzeto sa: <https://www.eurocontrol.int/about-us> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [28] Službena stranica EUROCONTROL. Preuzeto sa: <https://www.eurocontrol.int/editorial/environmental-protection-challenge-opportunity-aviation> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [29] Airside int. Preuzeto sa: <https://www.airsideint.com/primeflight-completes-rebranding-of-ultimate-aircraft-de-icing-business/> [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [30] NLR, DLR, INECO: *The Ultra-Green Airport Concept*. 2011. Preuzeto sa: [file:///C:/Users/BOO~1/AppData/Local/Temp/ap2050-ultra-green-airport-concept-\(d42-nlr\).pdf](file:///C:/Users/BOO~1/AppData/Local/Temp/ap2050-ultra-green-airport-concept-(d42-nlr).pdf) [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [31] Creating sustainable airports. Preuzeto sa: [https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/Green\\_Airports.pdf](https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/Green_Airports.pdf) [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [32] Ortega S. Manana M. *Energy research in Airports*. Cantabria; 2016. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/publication/302776327\\_Energy\\_Research\\_in\\_Airports\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/302776327_Energy_Research_in_Airports_A_Review) [Pristupljeno: rujan 2021.]
- [33] Ddtep Preuzeto sa: <http://www.ddtep.hr/kogeneracijska-postrojenja-epc/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [34] Airport nridigital. Preuzeto sa: [https://airport.nridigital.com/air\\_nov20/solar\\_power\\_airports](https://airport.nridigital.com/air_nov20/solar_power_airports) [Pristupljeno: listopad 2021.]

- [35] Prakati. Preuzeto sa: <https://www.prakati.in/kochi-airport-grows-vegetables-under-solar-power-plant/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [36] Hoval. Preuzeto sa: <https://www.hoval.hr/blog/koncept-i-vrsta-ventilacije> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [37] Službena stranica ICAO. *The Eco Design of Airport Buildings*. Preuzeto sa: <https://www.icao.int/environmentalprotection/Documents/ecoairports/Final%20Airport%20Eco%20Design%20Overview.pdf> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [38] Airport carbon accreditation. Preuzeto sa: <https://www.airportcarbonaccreditation.org/about/6-levels-of-accreditation.html#transition-lightgreen> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [39] Fluxpower. Preuzeto sa: <https://www.fluxpower.com/blog/types-of-electric-airport-ground-support-equipment> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [40] Hydro.aero. Preuzeto sa: <https://www.hydro.aero/en/emover.html> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [41] Edag. Preuzeto sa: <https://www.edag.com/en/emover-emission-free-aircraft-pushback-with-style> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [42] Itwgse. Preuzeto sa: <https://itwgse.com/products/power/itw-gse-7400-egpu/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [43] Interreg-central. Preuzeto sa: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/LAirA.html> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [44] Službena stranica Zračna luka Dubrovnik. Preuzeto sa: <https://www.airport-dubrovnik.hr/poslovnosti/novosti-s32> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [45] Wings magazine. Preuzeto sa: <https://www.wingsmagazine.com/infrared-deicing-giving-glycol-a-run-for-its-money-1325/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [46] Nationalled. Preuzeto sa: <https://www.nationalled.com/the-benefits-of-led-lighting-for-warehouses/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [47] Službena stranica ICAO. *Waste Management at Airports*. Preuzeto sa: [https://www.icao.int/environmentalprotection/documents/waste\\_management\\_at\\_airports\\_booklet.pdf](https://www.icao.int/environmentalprotection/documents/waste_management_at_airports_booklet.pdf) [Pristupljeno: listopad 2021.]

- [48] Štimac I. *Utjecaj aerodromskog prometa na okoliš*. [Prezentacija] Osnove aerodroma, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, svibanj 2019.
- [49] Green Aircraft Taxiing: Single-Engine Taxi-out Evaluations. Preuzeto sa: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/webinars/Guiseppa.pdf> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [50] Službena stranica ICAO. Continuous Descent Operations Manual; 2010. Preuzeto sa: [https://applications.icao.int/tools/ATMiKIT/story\\_content/external\\_files/102600063919931\\_en.pdf](https://applications.icao.int/tools/ATMiKIT/story_content/external_files/102600063919931_en.pdf) [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [51] Alam S, Nguyen M, Abbass H. *A dynamic continuous descent approach methodology for low noise and emission*; 2010. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/figure/A-conceptual-representation-of-step-descent-approach-and-continuous-descent-approach\\_fig1\\_224202131](https://www.researchgate.net/figure/A-conceptual-representation-of-step-descent-approach-and-continuous-descent-approach_fig1_224202131) [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [52] Službena stranica ICAO. Continuous Climb Operations Manual. Preuzeto sa: [https://applications.icao.int/tools/ATMiKIT/story\\_content/external\\_files/10260008117raft\\_en\\_CCO.pdf](https://applications.icao.int/tools/ATMiKIT/story_content/external_files/10260008117raft_en_CCO.pdf) [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [53] Službena stranica Eurocontrol. Preuzeto sa: <https://www.eurocontrol.int/concept/continuous-climb-and-descent-operations> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [54] Research gate. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-flight-sections\\_fig2\\_335141446](https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-flight-sections_fig2_335141446) [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [55] International airport view. Preuzeto sa: <https://www.internationalairportreview.com/article/99310/sustainability-series-how-does-zurich-airport-protect-the-environment/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [56] Puntto mariner. Preuzeto sa: <https://hr.puntomariner.com/zurich-airport-is-the-most/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [57] Ctc-n. Preuzeto sa: <https://www.ctc-n.org/products/arlanda-airport-reduces-its-emissions> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [58] Aktuellhallbarhet. Preuzeto sa: <https://www.aktuellhallbarhet.se/miljo/klimat/sa-funkar-akvifaren-bergvarme-i-gigantformat/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [59] Swedia. Preuzeto sa: <https://www.swedavia.se/arlanda/miljo/akvifaren/#gref> [Pristupljeno: listopad 2021.]

- [60] Swedia. Preuzeto sa: <https://www.swedavia.com/arlanda/environment/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [61] Airport.nridigital. Preuzeto sa: [https://airport.nridigital.com/air\\_may18/mapping\\_the\\_world\\_s\\_most\\_environmentally\\_friendly\\_airports#popup-5](https://airport.nridigital.com/air_may18/mapping_the_world_s_most_environmentally_friendly_airports#popup-5) [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [62] Airport-technology. Preuzeto sa: <https://www.airport-technology.com/features/featuresustainable-success-oslo-airport-opens-worlds-greenest-terminal-5885304/> [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [63] Aviationbenefits. Preuzeto sa: [https://aviationbenefits.org/media/100148/aviation-climate-solutions\\_web-56.pdf](https://aviationbenefits.org/media/100148/aviation-climate-solutions_web-56.pdf) [Pristupljeno: listopad 2021.]
- [64] Airport -technology. Preuzeto sa: <https://www.airport-technology.com/uncategorised/newsyvr-retrofits-airport-with-new-apron-led-lighting-system-5824564/> [Pristupljeno: studeni 2021]
- [65] Solutions4ga. Preuzeto sa: <https://solutions4ga.com/complete-solar-led-runway-lighting/> [Pristupljeno: studeni 2021]
- [66] Mototok. Preuzeto sa: <https://www.mototok.com/tugs/ground-handling-companies-mro-fbo-airlines> [Pristupljeno: studeni 2021]
- [67] Volk. Preuzeto sa: <https://www.volk.de/en/project/volk-baggage-tow-tractor-efz-30-nt-ulr-with-lithium-ion-battery/> [Pristupljeno: studeni 2021]
- [68] Siemens. Preuzeto sa: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:52495109232b1176df25668b35daa19243bf8b58/electric-bus-for-airports-en.pdf> [Pristupljeno: prosinac 2021]
- [69] Real-leaders. Preuzeto sa: <https://real-leaders.com/a-new-bus-at-munich-airport-runs-on-gas-from-our-waste/> [Pristupljeno: prosinac 2021]
- [70] Copenhagen-airport. Preuzeto sa: <https://www.cph.dk/en/about-cph/investor/publications> [Pristupljeno: prosinac 2021]
- [71] Airbus-hidrogen. Preuzeto sa: <https://www.airbus.com/en/newsroom/news/2021-12-how-to-store-liquid-hydrogen-for-zero-emission-flight> [Pristupljeno prosinac 2021]

## POPIS KRATICA

- WHO (World Health Organization) Svjetska zdravstvena organizacija
- ICAO (International Civil Aviation Organization) Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva
- IATA (International Air Transport Association) Međunarodno udruženje zračnih prijevoznika
- CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection) Odbor za zaštitu okoliša u zrakoplovstvu
- CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) Program nadoknade i smanjenja ugljika u međunarodnom zrakoplovstvu
- SES (Single European Sky) Zajedničko europsko nebo
- ACARE (*Advisory Council for Aeronautics Research in Europe*) Savjetodavno vijeće za aeronautička istraživanja u Europi
- EMAS (Eco Management and Audit Scheme) Upravljanje ekologijom i shema auditiranja
- HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) Sustavi za ventilaciju, klimatizaciju i grijanje velikih objekata
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Vodstvo u energetske i ekološkom dizajnu
- BREEM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) Ustanova za istraživanje zgrada metodom procjene utjecaja na okoliš
- GPU (Ground Power Unit) Agregat
- LAIRA (Landside Airport Accessibility- LAiRA) Kopneni pristup zračnoj luci
- APU (Air Power Unit) Zrakoplovna pogonska jedinica
- CDA (Continuous Descent Approach) Kontinuirano spuštanje zrakoplova
- CCO (Continuous climb operations) Kontinuirano spuštanje zrakoplova

## POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Koraci za postizanje ISO 14001 norme, [15] .....  | 13 |
| Slika 2. Dionici u zračnom prometu, [48].....  | 16 |
| Slika 3. Prikaz četiri faze zrakoplovnih operacija u blizini zračne luke, [17] .....                           | 17 |
| Slika 4. Jačina buke određenih dijelova zrakoplovnog motora u operacijama polijetanja i slijetanja, [20] ..... | 19 |
| Slika 5. Strukturalni dijelovi zrakoplova koji stvaraju buku, [20] .....                                       | 20 |
| Slika 6. Oprema korištena prilikom prihvata i otpreme zrakoplova, [24] .....                                   | 22 |
| Slika 7. Proces odleživanja zrakoplovnih površina, [29] .....  | 23 |
| Slika 8. Sustav solarnih panela na zračnoj luci Cochin, [35] .....   | 30 |
| Slika 9. HVAC sustav, [36] .....   | 32 |
| Slika 10. LED osvjetljenje Zračne luke Vancouver, [64] .....   | 33 |
| Slika 11. LED rasvjeta sa solarnim sustavom, [65] .....  | 34 |
| Slika 12. EMOVER vozilo, [41] .....  | 37 |
| Slika 13. MOTOTOK vozilo, [66] .....   | 38 |
| Slika 14. e-GPU, [42] .....  | 38 |
| Slika 15. Električni traktor, [67] .....   | 39 |
| Slika 16. Električni autobus e.COBUS3000, [68].....  | 40 |
| Slika 17. Autobus s pogonom na bio-metan, [69] .....   | 41 |
| Slika 18. Električni bicikli, [44].....  | 42 |
| Slika 19. Hangar za odleživanje zrakoplovnih površina, [45] .....  | 42 |
| Slika 20. ICAO koraci za postizanje zelene zračne luke, [47] .....   | 44 |
| Slika 21. Prikaz kontinuiranog i klasičnog spuštanja zrakoplova, [51] .....                                    | 48 |

|   |    |
|---|----|
| Slika 22. Prikaz kontinuiranog i standardnog uspona, [54] .....     | 49 |
| Slika 23. Zračna luka Zurich, [56].....                             | 52 |
| Slika 24. Sustav grijanja i hlađenja zračne luke Arlanda, [59]..... | 53 |
| Slika 25. Sustav hlađenja zračne luke Oslo, [63] .....              | 54 |

## POPIS TABLICA

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1: Dionici u zračnom prometu i njihove vrste otpada.....  | 5  |
| Tablica 2: Usporedba ISO 14001 te EMAS norme .....                | 14 |
| Tablica 3: Podjela zračne luke na zemaljsku i zračnu stranu ..... | 21 |
| Tablica 4: Potrošnje CO <sub>2</sub> na zračnoj luci .....        | 51 |
| Tablica 5: Količine otpada zračne luke Copenhagen .....           | 51 |

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Omjer potrošnje električne energije po dijelovima zračne luke.... **Error! Bookmark not defined.**



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ **diplomski rad**  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu **diplomskog rada**

pod naslovom **Primjena modela „Zelene zračne luke u funkciji njezinog održivog razvoja“**  
\_\_\_\_\_, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 5.2.2022

Božo Brzica  
(ime i prezime, potpis)

