

# Detekcija opasnih predmeta na manevarskoj površini zračne luke

---

**Peraga, Patrik**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*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:119:633113>

*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**

**ZAVRŠNI RAD**  
**DETEKCIJA OPASNIH PREDMETA NA MANEVARSKIM POVRŠINAMA**  
**ZRAČNE LUKE**  
**FOD DETECTION ON THE AIPORT MANEUVERING AREA**

Mentor: doc. dr. sc. Matija Bračić

Student: Patrik Peraga

JMBAG:0135258300

**Zagreb, rujan 2023.**

Zagreb, 5. svibnja 2023.

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

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 7164

Pristupnik: **Patrik Peraga (0135258300)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Detekcija opasnih predmeta na manevarskoj površini zračne luke**

### Opis zadatka:

U uvodnom dijelu rada potrebno je izraditi strukturu rada te napraviti pregled dosadašnjih istraživanja u predmetnoj problematici. U narednim poglavljima potrebno je prikazati karakteristike pojedinih sustava na manevarskoj površini zračne luke te program održavanja zračne luke. Potrebno je analizirati zasebno slučajeve preventivnog i korektivnog održavanja aerodromskih površina te istaknuti pozitivne i negativne aspekte analiziranog procesa sa posebnim osvrtom na opasne predmete na manevarskoj površini. U narednom poglavlju potrebno je prikazati upotrebu geoprostornih alata u svrhu analize opasnih predmeta. U posljednjem dijelu završnog rada dati zaključna razmatranja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

doc. dr. sc. Matija Bračić

## SAŽETAK

Opasni predmeti (*Foreign Object Debris* - FOD) predstavljaju ozbiljnu opasnost na zračnim lukama. Ovaj rad istražuje različite metode detekcije te metode ostalih komponenta sveobuhvatnog programa upravljanja FOD-om. Također, rad analizira vizualni pregled, radarske sustave i elektro-optičke senzore uključujući njihove prednosti i nedostatke. Iako automatizacija sustava detekcije ima prednosti kao što je brza identifikacija, ručna detekcija opasnih predmeta ne može biti u potpunosti zamijenjena. Pravilna dokumentacija detekcije i uklanjanja FOD-a omogućuje analizu trendova za poboljšanja u budućnosti. Fokus rada je sveobuhvatan pristup FOD-u, naglašavajući važnost odgovarajućih metoda i sustava upravljanja sigurnošću kako bi se osigurala zaštita zračnog prometa od potencijalnih opasnosti.

KLJUČNE RIJEČI: opasni predmeti; program upravljanja FOD-om; detekcija; automatizacija; ručna detekcija

## SUMMARY

Foreign Object Debris represents a severe danger at airports. This paper explores different detection methods and methods of other components of a comprehensive FOD management program. Also, the paper analyzes visual inspection, radar systems and electro-optical sensors, including their advantages and disadvantages. Although the automation of the detection system has advantages such as rapid identification, manual detection of dangerous objects cannot be replaced entirely. Proper documentation of FOD detection and removal allows trend analysis for future improvements. The work focuses on a comprehensive approach to FOD, emphasizing the importance of appropriate safety management methods and systems to protect air traffic from potential hazards.

KEY WORDS: foreign object debris; FOD management program; detection; automation; manual detection

## SADRŽAJ

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | <b>UVOD</b> .....   | 1  |
| 2.     | <b>SUSTAV UPRAVLJANJA SIGURNOŠĆU</b> .....                      | 3  |
| 2.1.   | Planiranje .....  | 4  |
| 2.2.   | Izvođenje .....   | 4  |
| 2.2.1. | Identificiranje opasnosti.....                                  | 4  |
| 2.2.2. | Procjena rizika .....   | 5  |
| 2.3.   | Provjera.....   | 8  |
| 2.4.   | Revizija .....  | 8  |
| 3.     | <b>SUSTAV UPRAVLJANJA SIGURNOŠĆU NA ZRAČNOJ STRANI</b> .....    | 9  |
| 3.1.   | Inspekcije na zračnoj strani.....                               | 9  |
| 3.1.1. | Prva razina - rutinska dnevna inspekcija .....                  | 9  |
| 3.1.2. | Druga razina - detaljna dnevna inspekcija .....                 | 9  |
| 3.1.3. | Treća razina - inspekcija upravljanja .....                     | 9  |
| 3.2.   | Zaštita navigacijskim sredstvima .....                          | 10 |
| 3.3.   | Sprječavanje neovlaštenog kretanja na zračnoj strani .....      | 10 |
| 3.4.   | Trenje na uzletno-sletnoj stazi.....                            | 10 |
| 3.5.   | Opasnosti od životinja .....                                    | 10 |
| 4.     | <b>SUSTAV UPRAVLJANJA SIGURNOŠĆU NA STAJANCI</b> .....          | 13 |
| 4.1.   | Raspored i oznake na stajanci.....                              | 13 |
| 4.2.   | Fiksni priključci na stajanci .....                             | 13 |
| 4.3.   | Vizualni sustav navođenja zrakoplova na parkirnu poziciju ..... | 13 |
| 4.4.   | Sigurnosne procedure pri spajanju zračnog mosta .....           | 14 |
| 4.5.   | Oznake na servisnim cestama .....                               | 15 |
| 4.6.   | Upravljanje na stajanci i dodjela parkirnih pozicija .....      | 15 |
| 4.7.   | Čišćenje stajanke.....  | 15 |
| 4.8.   | Sigurnosne procedure pri opskrbi zrakoplova gorivom.....        | 16 |
| 4.9.   | Procedura u slučaju curenja .....                               | 17 |
| 5.     | <b>OPASNI PREDMETI NA MANEVARSKOJ POVRŠINI</b> .....            | 18 |
| 5.1.   | Karakteristike opasnih predmeta.....                            | 18 |

|   |  |
|---|--|
| 5.1.2. Šteta uzrokovana opasnim predmetima .....                            | 19   |
| 5.1.3. Uklanjanje ostataka opasnih predmeta .....                           | 21   |
| 5.2. Inspekcija .....   | 21   |
| 5.2.1. Područja inspekcije.....   | 22   |
| 5.2.2. Inspekcijske tehnike .....   | 23   |
| 5.2.3. Preventivne tehnike .....  | 24   |
| 5.2.4. Oprema i tehnologija dostupna za inspekcije .....                    | 24   |
| 5.2.4.1. Ručna inspekcija.....  | 25   |
| 5.2.4.2. Ručna inspekcija potpomognuta tehnologijom.....                    | 25   |
| 5.3. Detekcija .....  | 26   |
| 5.3.1. Ručna detekcija opasnih predmeta.....                                | 27   |
| 5.3.2. Suplementarna detekcija opasnih predmeta .....                       | 27   |
| 5.3.3. Automatska detekcija opasnih predmeta .....                          | 28   |
| 5.3.3.1. Radarski sustavi.....  | 29   |
| 5.3.3.2. Elektro optički senzori.....                                       | 32   |
| 5.3.3.3. Hibridni senzori .....   | 33   |
| 5.3.4. Proces odluke .....  | 33   |
| 5.3.5. Procjena rizika od opasnih predmeta .....                            | 33   |
| 5.4. Uklanjanje.....  | 36   |
| 5.4.1. Nemehanizirana oprema za uklanjanje.....                             | 37   |
| 5.4.2. Mehanizirana oprema za uklanjanje .....                              | 38   |
| 5.5. Dokumentacija i analiza podataka .....                                 | 39   |
| 5.5.1. Dokumentacija .....  | 39   |
| 5.5.2. Baza podataka .....  | 40   |
| 5.5.3. Ocjenjivanje performansi .....                                       | 40   |
| <b>6. ANALIZA ALATA ZA GEOPROSTORNU ANALIZU .....</b>                       | <b>42</b>  |
| 6.1. Opće karakteristike GIS sustava .....                                  | 42   |
| 6.2. Primjena GIS sustava kao alata za upravljanje opasnim predmetima ..... | 43   |
| <b>7. ZAKLJUČAK .....</b>   | <b>48</b>  |
| Literatura .....  | 49   |
| Popis kratica.....  | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| Popis slika .....   | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |

Popis grafikona..... **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**

## 1. UVOD

U današnjem zračnom prometu, sigurnost i učinkovitost predstavljaju apsolutni prioritet. Unatoč napretku tehnologije i sveobuhvatnim sigurnosnim protokolima, prisutnost opasnih predmeta (*Foreign Object Debris* - FOD) i dalje predstavlja izazov za zračne luke širom svijeta. FOD se može pojaviti u obliku brojnih neželjenih predmeta poput vijaka, kamenčića, alata, dijelova zrakoplova, a koji mogu uzrokovati ozbiljne štete na zrakoplovima i utjecati na operacije, sigurnost i troškove zračnih luka.

U cilju prevencije navedenog problema, zračne luke primjenjuju raznovrsne strategije, tehnologije i programe upravljanja FOD-om. Svrha završnog rada jest razumjeti važnost FOD-a te ispitivanje metode detekcije FOD-a kroz različite tehnike i tehnologije koje se koriste za otkrivanje istih. Svrha rada je također razmotriti primjenu geografskih informacijskih sustava u cilju detekcije i mapiranja FOD-a te posljedično poboljšanja učinkovitosti i sigurnosti operacija na zračnim lukama. Cilj je završnog rada ispitati različite metode i tehnologije koje se koriste za detekciju FOD-a te kako one doprinose sigurnosti operacija zrakoplova na operativnim površinama. Naslov završnog rada jest: Detekcija opasnih predmeta na manevarskim površinama zračne luke. Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Sustav upravljanja sigurnošću
3. Sustav upravljanja sigurnošću na zračnoj strani
4. Sustav upravljanja sigurnošću na stajanci
5. Opasni predmeti na manevarskoj površini
6. Analiza alata za geoprostornu analizu
7. Zaključak.

U prvom poglavlju je napravljen uvod u problematiku istraživanja.

U drugom poglavlju je definiran i opisan sustav upravljanja sigurnošću kao jedan od ključnih aspekata svakog uspješnog programa upravljanja FOD-om. Implementacija navedenog sustava osigurava koordinaciju i dosljednost u svim aspektima zračnih operacija.

U trećem i četvrtom poglavlju navedene su i objašnjene radnje koje se prakticiraju na zračnim lukama u sklopu sustava upravljanja sigurnošću te se odnose na područja zračne strane i stajanke.

Peto poglavlje opisuje opasne predmete, njihove karakteristike, različite izvore opasnih predmeta i radnje vezane uz suzbijanje FOD-a poput inspekcije, detekcije, uklanjanja te dokumentacije i analize podataka. Za svaku navedenu radnju postoje različite metode i tehnike koje se koriste, a iste su opisane u navedenom poglavlju.



Šesto poglavlje se odnosi na opće karakteristike QGIS sustava kao što su osnovni elementi sustava, područje primjene i princip rada sustava. U nastavku je obrađena primjena sustava kao alata za prikupljanje i obradu podataka vezanih uz FOD, te koje su koristi od korištenja sustava.

## 2. SUSTAV UPRAVLJANJA SIGURNOŠĆU

Organizacija međunarodnog civilnog zrakoplovstva (*International Civil Aviation Agency* - ICAO) definira sigurnost kao stanje u kojem je rizik od nanošenja štete osobama ili imovini umanjen i održavan na ili ispod prihvatljive razine rizika, kroz kontinuirani postupak prepoznavanja opasnosti i upravljanja rizikom [1].

Na globalnoj razini, ICAO postavlja standarde za upravljanje sigurnošću zračnog prometa. Svaka zračna luka trebala bi imati napisan i implementiran sustav upravljanja sigurnošću odobrenog od nadležne agencije.

Prema ICAO-u, sustav upravljanja sigurnošću (*Safety Management System* - SMS) je organizirani pristup upravljanja sigurnošću koji uključuje organizacijsku strukturu, nadležnosti, politiku i procedure. SMS je jedan od temeljnih uporišta sigurnosnog pravnog okvira kojim se podupire visoka razina sigurnosti zračnih luka. Primarna svrha SMS-a je osigurati da organizacija postigne svoje poslovne ciljeve na siguran način i da bude usklađena sa sigurnosnim obvezama koje se odnose na nju [2].

Efikasnost sustava upravljanja sigurnošću zračne luke, između ostalog, ovisi o identifikaciji potencijalnih opasnosti i o određivanju vjerojatnosti prema kojoj će se pojedina nesreća dogoditi. Pomoću ovih informacija može se donijeti pravovremena odluka kojom se smanjuje neprihvatljiv rizik. SMS treba biti prilagođen prema prirodi organizacije i složenosti njihovih aktivnosti [3]. Kao što je prikazano slikom 1, SMS se sastoji od četiri elementa:



**Slika 1.** Struktura SMS sustava, [4]

## 2.1. Planiranje

Planiranje je važan element SMS-a koji omogućuje organizacijama da identificiraju, analiziraju i upravljaju sigurnosnim rizicima na strukturiran i koordiniran način. Planiranje je kontinuiran proces koji zahtijeva redovito ažuriranje i prilagodbu. Važno je da organizacija ima dokumentirane planove koji su dostupni svim relevantnim dionicima i koji se koriste kao smjernice za sigurno obavljanje operacija i upravljanje rizicima. Sigurnosni ciljevi trebaju navesti namjeravani ishod, a isti trebaju biti definirani u vremenskim okvirima u kojim će se provoditi.

## 2.2. Izvođenje

Izvođenje je ključna komponenta SMS-a i uključuje dvije temeljne aktivnosti [5]:

- identificiranje opasnosti,
- procjena i ublaženje rizika.

Sustav upravljanja sigurnosnim rizicima (*Safety Risk Management* - SRM) je primarna operativna komponenta SMS-a koja ima za cilj smanjiti ili ukloniti identificirane rizike. Kako bi SRM funkcionirao, svi dionici koji su uključeni u letačke operacije, prihvat i otpremu te održavanje objekata moraju kontinuirano motriti uvjete koji bi mogli poremetiti operacije zrakoplova, protok ljudi i tereta ili uzrokovati bilo kakvu štetu [3].

### 2.2.1. Identificiranje opasnosti

Prema ICAO-u opasnost je: „stanje ili objekt koji potencijalno može dovesti do ozljede osoba, oštećenja opreme ili strukture, gubitka sredstava ili smanjenja sposobnosti za izvođenje definirane funkcije“ [1].

Neke opasnosti su očite, poput istrošene gume koja može rezultirati smanjenom upravljivošću zrakoplova ili smanjiti sposobnost kočenja. Druge vrste opasnosti su „prikrivene“, poput osobe koja na neadekvatan način upravlja putničkim mostom te na taj način može potencijalno prouzrokovati štetu, kako za zrakoplov, tako i za infrastrukturu. Neke opasnosti su zajedničke svim zračnim lukama: rotirajući propeleri, mlaz od zrakoplovnih motora, tekućine kao što su goriva, ulja i hidrauličke tekućine. Svaka zračna luka imati će jedinstvene opasnosti temeljem svoje konfiguracije i procedura, stoga osoblje mora biti upoznato s ovim opasnostima.

Načini identificiranja opasnosti su [3]:

- Kontrolne liste – koriste se za provjeru prisutnosti FOD-a, propadanja kolnika i grešaka u sustavu rasvjete i znakova,

- Opažanja i iskustvo – operativni inspektor neprestano traži bilo što što bi moglo predstavljati sigurnosni rizik za operacije zračne luke, čak i za stvari koje nisu navedene u kontrolnim listama. Primjeri opasnosti u ovoj kategoriji uključuju vozila koja voze velikom brzinom po stajanci i oprema parkirana na mjesto koje nije predviđeno za to,
- *Brainstorming* – najčešće korištena metoda koja se koristi tokom procjene sigurnosnih rizika (*Safety Risk Assessment - SRA*). Skupina dionika se sastaje kako bi identificirala opasnosti i analizirala rizike. Tijekom sastanka, grupa sastavlja popis opasnosti povezanih s problemom koji se procjenjuje,
- Istrage nesreća/nezgoda – kada se istražuju nesreće i incidenti, identificiraju se opasnosti i čimbenici koji su pridonijeli tom događaju,
- Analiza opasnosti na poslu – proces koji se koristi za prepoznavanje i analizu potencijalnih opasnosti povezanih s određenim radnim zadacima ili aktivnostima. Primarna zadaća je spriječiti nesreće i ozljede na radnom mjestu proaktivnim prepoznavanjem potencijalnih opasnosti,
- Preliminarni popis opasnosti – dokument koji se koristi kako bi se identificirale potencijalne opasnosti povezane s određenim operacijama ili aktivnostima. Navedeni popis je prvi korak u identifikaciji sigurnosnih rizika i služi kao osnova za daljnje analize i procjene rizika.

### 2.2.2. Procjena rizika

Prema ICAO-u, rizik je „procjena posljedica opasnosti, iskazana kroz termine predviđene vjerojatnosti i ozbiljnosti, koja za referencu uzima najgoru moguću situaciju. Nakon procjene rizika potrebno je definirati radnju ublažavanja (engl. *Mitigation*) rizika s ciljem uklanjanja opasnosti ili smanjenja ozbiljnosti ili vjerojatnosti rizikom“[1].

Matrica rizika je jedan od korisnih alata za procjenu opasnosti. Ukazuje na vjerojatnost pojave rizika i ozbiljnost posljedica. Kao što je prikazano slikom 2, matrica rizika je jednostavna tablica podijeljena u redove i stupce. Redovi prikazuju vrijednosti vjerojatnosti nastanka rizika dok stupci prikazuju veličinu odnosno ozbiljnosti rizika. Neprihvatljivo područje je označeno crvenom bojom, područje koje se tolerira žutom bojom i prihvatljivo područje zelenom bojom [1].

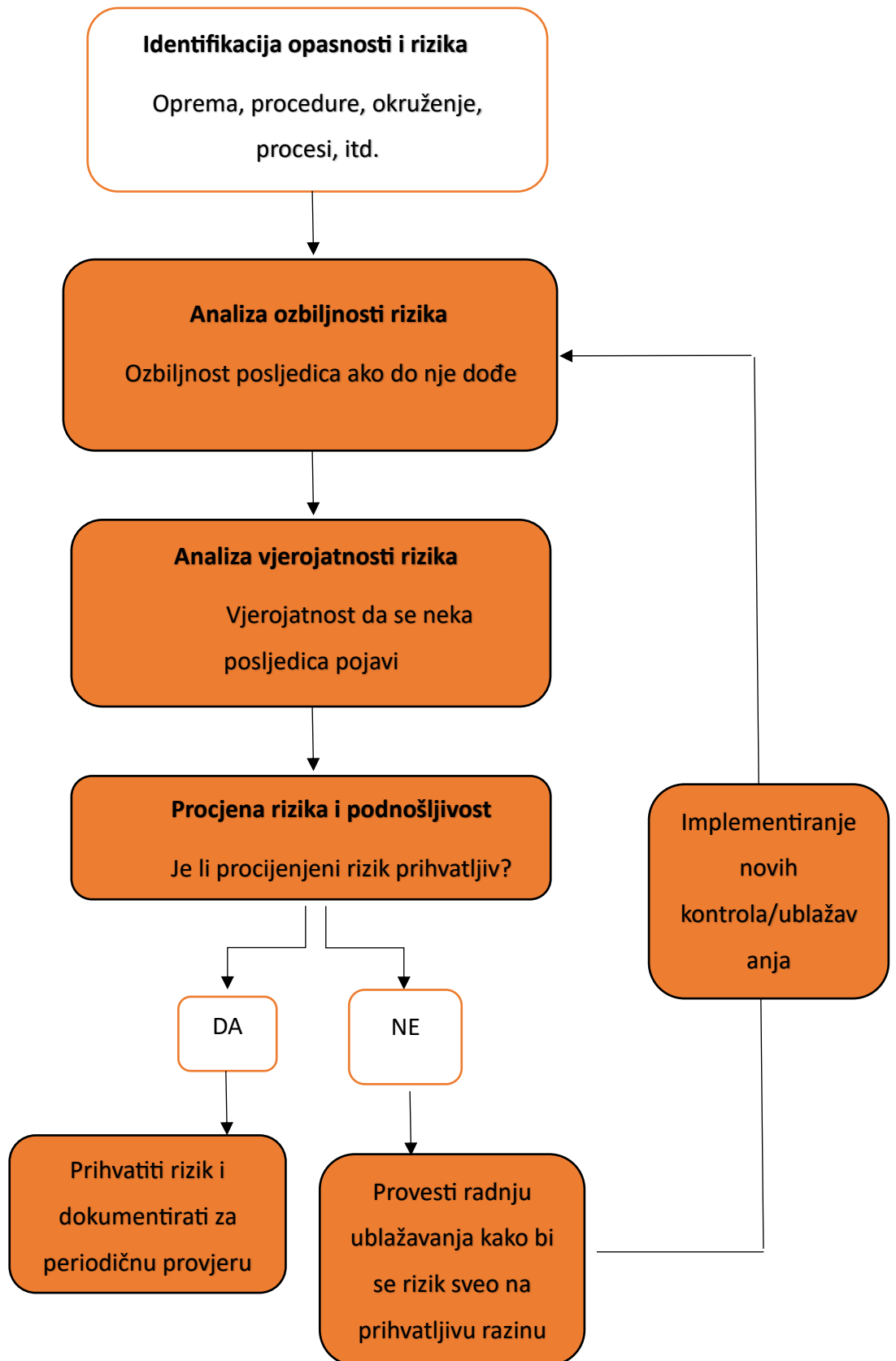
Elementi matrice nužni su za procjenu rizika, odnosno ublažavanja rizika. Rizicima se treba upravljati kako bi ih se zadržalo na prihvatljivoj razini. Razina rizika se može smanjiti umanjujući ozbiljnost događaja ili umanjujući izloženost riziku. Naveden sustav treba biti implementiran na svim razinama kako bi se postigla odgovarajuća razina sigurnosti, a samim time i razina kvalitete usluga [1].

| Vjerojatnost / Probability                     |   |                                 |                             |                           |                                    |  |
|--|---|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|
| 5<br>Učestalo<br><i>Frequent</i>               | 5A  | 5B                              | 5C                          | 5D                        | 5E                                 |  |
| 4<br>Povremeno<br><i>Occasional</i>            | 4A  | 4B                              | 4C                          | 4D                        | 4E                                 |  |
| 3<br>Rijetko<br><i>Remote</i>                  | 3A  | 3B                              | 3C                          | 3D                        | 3E                                 |  |
| 2<br>Neznatno<br><i>Improbable</i>             | 2A  | 2B                              | 2C                          | 2D                        | 2E                                 |  |
| 1<br>Izuzetno neznatno<br><i>Extremely imp</i> | 1A  | 1B                              | 1C                          | 1D                        | 1E                                 |  |
|  | A<br>Katastrofalna<br><i>Catastrophic</i> | B<br>Opasna<br><i>Hazardous</i> | C<br>Znatna<br><i>Major</i> | D<br>Mala<br><i>Minor</i> | E<br>Neznatna<br><i>Negligible</i> |  |
|  | Ozbiljnost / Severity                     |                                 |                             |                           |                                    |  |

**Slika 2.** Matrica rizika, [1]

Procjena rizika kao osnova za sigurno upravljanje uključuje bitne korake prikazane na grafikonu 1. Osnovni koraci su:

- identifikacija opasnosti i rizika – radi se o početnoj fazi u kojoj se identificiraju sve potencijalne opasnosti i rizici koji se mogu pojaviti u određenom kontekstu. To uključuje prepoznavanje svih potencijalnih izvora problema, uključujući vanjske i unutarnje čimbenike
- Analiza ozbiljnosti rizika - nakon identifikacije opasnosti, dolazi faza analize ozbiljnosti rizika. Procjenjuje se ozbiljnost posljedica ukoliko dođe do određene opasnosti.
- Upravljanje rizicima: na temelju procjene rizika, donose se odluke o tome kako upravljati rizicima. Navedena faza uključuje: razvoj strategija za smanjenje rizika, implementaciju sigurnosnih mjera i praćenje njihove učinkovitosti.
- Procjena rizika: podnošljivost rizika je sposobnost organizacije ili pojedinca da prihvati određeni stupanj rizika bez ozbiljnih štetnih posljedica. Ukoliko je rizik prihvatljiv, isti se prihvaća i dokumentira za periodičnu provjeru. Ukoliko rizik nije prihvatljiv, provodi se radnja ublažavanja kako bi se rizik sveo na prihvatljivu razinu. Ako je potrebno, implementiraju se nove metode ublažavanja i kontrole.



**Grafikon 1.** Osnovni koraci upravljanja sigurnosnim rizikom

Izvor: [5]

### **2.3. Provjera**

Provjera ocjenjuje kontinuiranu učinkovitost implementiranih strategija za kontrolu rizika te pomaže u identifikaciji rizika. Pruža uvid i analizu u vezi s mogućnostima za poboljšanje sigurnosti i minimiziranje rizika. Postojeće metode provjere se kontinuirano ocjenjuju kako bi se dodatno poboljšala usluga.

### **2.4. Revizija**

U okviru ICAO SMS strukture, revizija je podijeljena u dva elementa [5]:

1. komunikacija
2. sigurnosna obuka i edukacija.

Učinkovito promicanje sigurnosti potiče svijest i razumijevanje SMS-a u cijeloj organizaciji. Obuka o sigurnosti pruža vještine i znanja, kao i podizanje same svijesti po pitanju rizika. Za održavanje učinkovitog SMS sustava potrebna je stalna komunikacija, od stalnog izvještavanja do podizanja svijesti o sigurnosnim problemima.

### **3. SUSTAV UPRAVLJANJA SIGURNOSĆU NA ZRAČNOJ STRANI**

U ovom poglavlju navedena su i objašnjena tri stupnja inspekcije na zračnoj strani zračne luke. Također je objašnjena: zaštita navigacijskih sustava, sprječavanje neovlaštenog kretanja na zračnoj strani, trenje na uzletno-sletnoj stazi te opasnosti od životinja.

#### **3.1. Inspekcije na zračnoj strani**

Potrebne su redovite inspekcije i provjere kako bi se održala visoka razina sigurnosti na zračnoj strani zračne luke. Praksa ukazuje da je sustav inspekcije podijeljen u tri razine efikasan i učinkovit [6].

##### **3.1.1. Prva razina - rutinska dnevna inspekcija**

Prva razina je prvenstveno dizajnirana da pruži pregled općeg stanja područja kretanja zrakoplova. Zbog velikog područja koje se treba pregledati, učestalo je korištenje cestovnih vozila. Osoblje koje koristi cestovna vozila prilikom inspekcije trebalo bi prilagoditi brzinu vožnje kako bi što temeljitije provelo inspekciju. Preporučeno je da se prva razina inspekcije provodi četiri puta dnevno. Tipični dijelovi dana za inspekciju su u zoru, tijekom jutra, tijekom popodneva i navečer prije početka noćnih operacija [6].

##### **3.1.2. Druga razina - detaljna dnevna inspekcija**

Druga razina inspekcije je temeljitija od prve razine. Inspekcije se provode pješice ili uz pomoć vozila pritom pazeći na brzinu vozila kako bi inspekcija bila što temeljitija. Zone kretanja poput: područja kretanja zrakoplova, uzletno-sletna staza, vozne staze i stajanka trebaju biti podijeljene u određeni broj segmenata ovisno o veličini zračne luke. Različite zone na zračnoj luci trebaju biti redovito pregledane, a učestalost može varirati ovisno o prometu i karakteristikama svake zone [6].

##### **3.1.3. Treća razina - inspekcija upravljanja**

Treća razina inspekcije je u osnovi temeljitija inspekcija druge razine. Treća razina inspekcije se provodi na tjednoj bazi i uključuje pregled površine stajanke i površine za taksiranje. Tim koji je zadužen za provjeru trebao bi prijaviti predmete pronađene na površinama. Ukoliko pronađeni predmeti predstavljaju ozbiljnu opasnost, potrebno ih je odmah prijaviti. Sve provjere na zračnoj strani obavljaju se pješice i trebaju biti koordinirane s nadležnom kontrolom zračne plovidbe [6].



### 3.2. Zaštita navigacijskim sredstvima

Navigacijski sustav je ključan element u odvijanju zračnog prometa. Zato je potrebno zaštititi sustav i osigurati pouzdanost u svim uvjetima, posebice tijekom nepovoljnih meteoroloških uvjeta [6].

Općeniti princip zaštite navigacijskih sustava uključuje [6]:

- udaljavanje vozila, radova i osoblja zračne luke od navigacijskog sustava
- osiguranje potrebnih znakova upozorenja kako ne bi došlo do upada u zonu gdje bi se ometao rad navigacijskih sustava
- planiranje servisnih cesta i puteva tako da ne ometaju rad navigacijskih sredstava
- fizičko postavljanje barijera preko odrađenih zona, itd.

### 3.3. Sprječavanje neovlaštenog kretanja na zračnoj strani

Neovlašteno kretanje zrakoplova i drugih vozila na zračnoj luci predstavlja jednu od najvećih opasnosti u zrakoplovstvu koja može dovesti do fatalnih posljedica. Kako bi se osiguralo poduzimanje primjerenih mjera zaštite, u svakoj zračnoj luci moraju biti jasno definirane i prepoznatljive granice između nadziranog područja, šticećenog područja, zaštitno ograničenih područja i kritičnih zona [6].

### 3.4. Trenje na uzletno-sletnoj stazi

Trenje uzletno-sletne staze je ključan čimbenik prilikom polijetanja i slijetanja zrakoplova. Trenje uzletno-sletne staze se smanjuje zbog ostataka gume, različitih vremenskih uvjeta i prisutnost kontaminata poput kiše, snijega, leda i slično. Novoizgrađene uzletno-sletne staze se grade sa što većim koeficijentima trenja kako bi što duže zadržale prihvatljivu vrijednost koeficijenta trenja [6].

Operator aerodroma obavezan je procijeniti stanje površine USS-e pa tako i trenja te mu dodijeliti odgovarajući kod stanja USS-e (*Runway Condition Code* - RWYCC.) Izvješće se provodi putem globalnog formata izvješćivanja (*Global Reporting Format* - GRF). GRF je globalno usklađena metodologija za procjenu stanja površine USS-e i pruža izvješćivanja koje je izravno povezano s performansama zrakoplova [6].

### 3.5. Opasnosti od životinja

Životinje mogu predstavljati veliku opasnost za zrakoplovne operacije. Najveći problem stvaraju ptice, ali i ostali sisavci i gmazovi koji se mogu naći u okolici zračne luke.

Zračne luke privlače životinje jer im pružaju hranu, vodu i utočište. Kako bi ih se držalo podalje od zračne luke i spriječio ulazak na zračnu stranu potrebno je postaviti adekvatne ograde. Međutim, zaštitna ograda oko zračne luke nije dovoljna preventivna mjera za ptice. Ptice predstavljaju najveći problem zrakoplovima u letu. Na slici 3 prikazana je ozbiljnost štete koje ptice mogu nanijeti zrakoplovu. Prema izvoru [7], 92% udara ptica u zrakoplov se dogodi ispod devetsto metara, 59% ispod trideset metara i manje od 2% iznad tri tisuće metara. Nije moguće garantirati da neće doći do udara ptica u zrakoplov, ali postoje određene aktivnosti pomoću kojih se smanjuje mogućnosti takvih događaja. Takve aktivnosti uključuju [6]:

- prikupljanje podataka o svim udarima ptica u zrakoplov te o kojoj vrsti ptice je riječ
- opservacija vrsta ptica te njihovo ponašanje na zračnoj luci i u okolnim područjima
- identifikacija opasnosti karakterističnu za pojedini tip ptice
- stavljanje fokusa na vrstu ptice koja predstavlja najveću opasnost.

Nužno je provoditi procjenu rizika kako bi se bolje uvidjele opasnosti od životinja na zračnim lukama. Pokazalo se da su najveća opasnost velike ptice koje lete u jatima. Uz postavljanje zaštitne ograde, postoje dodatne preventivne mjere koje omogućuju smanjenje populacije ptica u područjima zračne luke. Neke od njih su: uklanjanje stabala na kojim bi ptice mogle napraviti gnijezdo, košenje trave kako bi se smanjila populacija beskralješnjaka, uklanjanje vodenih površina u blizini zračne luke, i slično [6].



**Slika 3.** Oštećenje motora zrakoplova prilikom udara ptice, [7]

Zaštita zračne luke od životinja je zahtjevan proces obzirom na prirodu životinja da se prilagode raznim uvjetima pa tako i zadanim mjerama od strane zračne luke. Zato je vrlo bitno da operatori zračne luke kontinuirano prilagođavaju i ažuriraju mjere. Zračna luka bi trebala proaktivno tražiti nove načine za smanjenje opasnosti od životinja [7].

## **4. SUSTAV UPRAVLJANJA SIGURNOŠĆU NA STAJANCI**

Stajanka je područje zračne luke gdje se odvijaju procesi prihvata i otpreme zrakoplova, putnika, prtljage, tereta i pošte. Određene aktivnosti koje se odvijaju u procesu prihvata i otpreme se nalaze na kritičnom putu. Promjene koje se dogode u kritičnim aktivnostima izravno utječu na trajanje cjelokupnog procesa. Aktivnosti koje se nalaze na kritičnom putu ovise o vrsti i tipu zrakoplova kao i o zahtjevima zračnog prijevoznika, a najčešće su: iskrcaj i ukrcaj putnika, čišćenje putničke kabine, pokretanje i gašenje motora. Identificiranjem opasnosti i provedbom sigurnosnih procedura uspostavlja se visoka razina sigurnosti na stajanci.

### **4.1. Raspored i oznake na stajanci**

Sigurnost operacija na stajanci može se dodatno poboljšati planiranim zonama koje pružaju adekvatan i odgovarajući prostor. Međutim, mnoge zračne luke se razvijaju s vremenom i pritom susreću s problemima planiranja. Faktori koji utječu na raspored i dizajn stajanke uključuju: razmak oko zrakoplova, servisne ceste, čistine i parkirna mjesta za vozila [6].

### **4.2. Fiksni priključci na stajanci**

Fiksni priključci se koriste kako bi smanjili broj potrebnih vozila na stajanci. Iz tog razloga se koristi oprema poput: priključaka za dovod goriva, fiksnih priključaka za napajanje zrakoplova električnom energijom te fiksnih priključaka za osiguravanje dovoljne količine zraka potrebne za pokretanje mlaznih motora.

Korištenje fiksne opreme ima brojne prednosti. Hidranti s gorivom skraćuju vrijeme prihvata i otpreme zrakoplova i sadrže veću količinu goriva. Fiksna električna jedinica je efikasnija i bolja za okoliš od običnih generatora. Prilikom korištenja fiksnih priključaka za opsluživanje zrakoplova klimatizacijskim uslugama, štedi se gorivo te smanjuje buka i emisije štetnih plinova. Iako ovakva vrsta opreme ima brojne prednosti, potrebno je adekvatno školovanje osoblja kako bi se koristila na pravilan i siguran način [6].

### **4.3. Vizualni sustav navođenja zrakoplova na parkirnu poziciju**

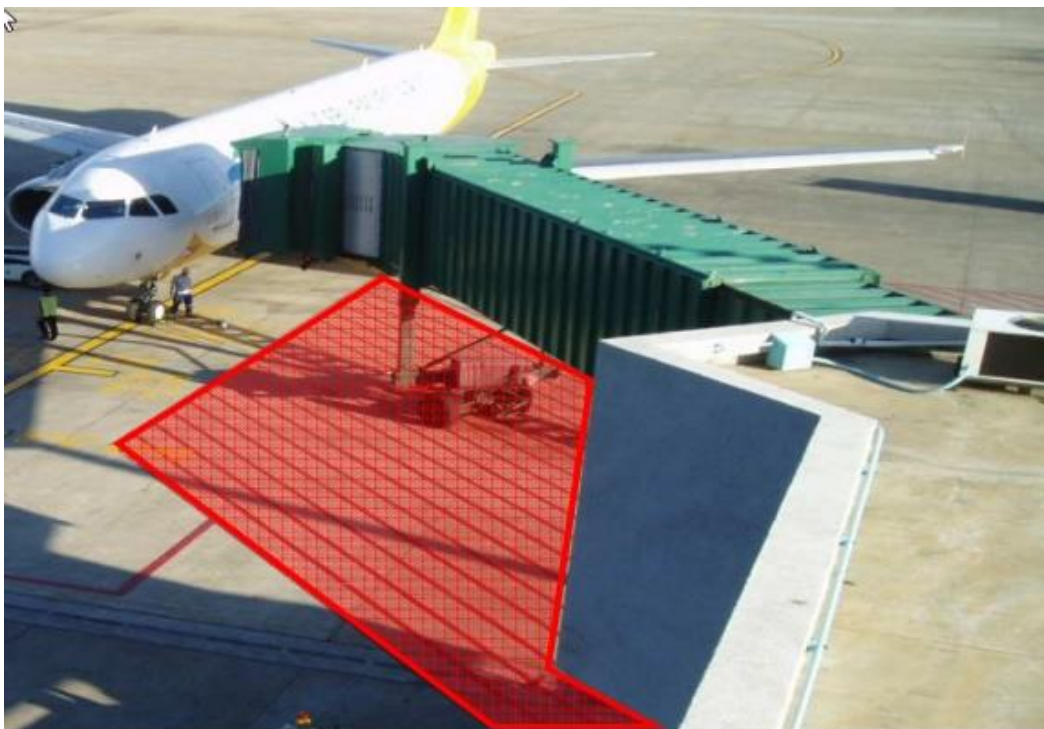
Vizualni sustavi se koriste za precizno navođenje zrakoplova na parkirnu poziciju. Sustav daje informacije pilotu prilikom parkiranja zrakoplova koristeći vizualne metode. Sustav radi na jednostavnom principu tako što navodi zrakoplov lijevo/desno ako je potrebno te daje signal kada zrakoplov treba stati [6].

Ključan faktor kod korištenja ovog sustava su točni podaci o: tipu zrakoplova, pozicija priključaka za gorivo, duljina crijeva koja se spaja na zrakoplov, potreban razmak oko zrakoplova, i drugo [6].

#### 4.4. Sigurnosne procedure pri spajanju zračnog mosta

Zračni mostovi omogućuju brz i efikasan ulaz putnika iz terminala u zrakoplov pritom osiguravajući visoku kvalitetu usluge putnicima [4]. Kako bi se operacije upravljanja zračnim mostom odvijale sigurno potrebna je adekvatna teorijska i praktična obuka osoblja. Obuka uključuje [6]:

- manevriranje, upravljanje i brzinu operacije
- precizno parkiranje
- prilaz zrakoplovu
- procedure u hitnim slučajevima, i drugo.



Slika 4. Sigurnosna zona zračnog mosta, [8]

Zona za korištenje zračnih mostova označena crvenim poljem na slici 4, uvijek mora biti osigurana od prisutnosti vozila, putnika i ostalih sredstava. Prikazana zona je ključna kako bi se omogućilo sigurno odvijanje operacija spajanja i odvajanja zračnog mosta.

#### **4.5. Oznake na servisnim cestama**

Oznake na servisnim cestama imaju istu funkciju kao i oznake na cestovnim prometnicama. Svrha im je osigurati jasna pravila koja olakšavaju njihovo korištenje te izbjegavanje nepotrebnih nejasnoća. Oznake na cestama trebaju uvijek biti vidljive, posebice po noći i u uvjetima smanjene vidljivosti [6].

Označavanje mora biti izvedeno prema definiranom standardu, adekvatne veličine i na lokacijama koje imaju dobru vidljivost. Provjere bi trebale biti redovite kako bi se osiguralo da su oznake na cesti u dobrom stanju ili da nisu prekrivene određenim kontaminatima [6].

#### **4.6. Upravljanje na stajanci i dodjela parkirnih pozicija**

Stajanka je kompleksno područje s visokim intenzitetom aktivnosti i stoga je potrebno upravljati stajankom na pravilan i siguran način. Navedeno uključuje pozicioniranje zrakoplova na pozicije koje su na sigurnijoj udaljenosti od ostalih zrakoplova te od vozila ili objekata [6].

Prilikom dodjele pozicije zrakoplovu, nužno je da veličina pozicije odgovara veličini zrakoplova. Veličina pozicije ovisi o veličini zrakoplova, načinu ulaska i izlaska zrakoplova s pozicije, polumjeru okretanja i drugim čimbenicima. Kod korištenja pozicija gdje se pri izlasku s pozicije zrakoplovi koriste snagom vlastitih motora, potrebno je postaviti deflektore ili ograde za mlaz na kritičnim mjestima. Ispušni plinovi zrakoplova predstavljaju veliku opasnost za ljude te mogu štetno djelovati na susjedne zrakoplove, putnički terminal i vozila [9].

#### **4.7. Čišćenje stajanke**

Kao što je prethodno navedeno, FOD na zračnoj luci predstavlja opasnost na više načina, kako na manevarskim površinama, tako i na stajankama. Iz tog razloga je vrlo bitno održavati stajanku čistom od FOD-a. Edukacija cjelokupnog osoblja zračne luke o opasnostima koje mogu prouzročiti opasni predmeti je od izuzetnog značaja. Potrebno je redovito čišćenje dijelova zračnih luka od FOD-a, a koja bi trebala biti odgovornost svih dionika [4].

Potrebno je osigurati posebne spremnike za FOD na određenim mjestima za odlaganje otpada. FOD spremnik bi trebao biti uočljiv i adekvatno označen kao što je prikazano na slici 5. FOD spremnik ne bi trebao biti korišten za otpatke iz zrakoplova, spremnike ulja ili bilo koji drugi otpad koji ne pripada FOD-u. Također, važno je obratiti pozornost da se FOD spremnik osigura na mjestu kako ne bi došlo do njegova prevrtanja te ispadanja predmeta koji se nalaze u njemu [4]. Na primjeru slike 6, može se vidjeti sredstvo za čišćenje i sakupljanje koje se koristi za održavanje površina čistim od FOD-a.



**Slika 5.** Izgled FOD kontejnera, [6]



**Slika 6.** Sredstvo za čišćenje stajanke, [6]

#### **4.8. Sigurnosne procedure pri opskrbi zrakoplova gorivom**

Opskrba zrakoplova gorivom predstavlja zahtjevan proces, a može se provoditi putem cisterne za opskrbu zrakoplova gorivom ili iz fiksnih priključaka. Sigurna opskrba zrakoplova gorivom zahtijeva adekvatnu obuku, odgovarajuće oznake i detaljnu proceduru [6].

Prilikom opskrbe zrakoplova gorivom, jedna osoba treba koordinirati cijelim procesom. Ta osoba je kontrolor opsluživanja te on određuje kada će opskrba gorivom započeti. Cjelokupno osoblje u području opskrbe zrakoplova gorivom mora biti osposobljeno za izvanredne slučajeve. Prije nego li započne opskrba zrakoplova gorivom, cisterna mora biti povezana sa zrakoplovom pomoću žice koja će izjednačiti statički potencijal cisterne i zrakoplova. Zemaljski izvor za napajanje zrakoplova električnom energijom ne smije se uključivati ili isključivati prilikom opskrbe zrakoplova gorivom kako ne bi došlo do električne iskre. Određene zračne luke dopuštaju proces opskrbe zrakoplova gorivom za vrijeme izlaska/ulaska putnika pod određenim uvjetima [4].

U tim uvjetima letачka posada, zemaljsko osoblje te putnici moraju biti obavješteni o procesu opskrbe, adekvatan broj kabinskog osoblja mora biti prisutan kako bi pomogli u slučaju evakuacije te je nužna komunikacija između letачke posade i člana osoblja zaduženog za opskrbu gorivom. Ako je spojen zračni most na zrakoplovu, vrata moraju ostati otvorena te jasno moraju biti označene oznake za izlaz kao i uključeno upozorenje da se ne smije pušiti [6].

#### **4.9. Procedura u slučaju curenja goriva**

Prilikom opskrbe zrakoplova gorivom može doći do curenja ili izlivanja goriva. U tom slučaju potrebno se držati propisanih procedura te pravilno ukloniti tekućinu. U zračnim lukama koje imaju sustav odvodnje moguće je isprati gorivo s površine, dok kod drugih zračnih luka treba koristiti upijajući materijal kao što je pijesak. Iste procedure su primjenjive i za ostale tekućine kao što su: voda, ulja, hidrauličke tekućine, toaletna voda, itd. Sve vrste tekućina predstavljaju opasnost u pogledu potencijalnog zapaljenja ili smanjenja koeficijenta trenja na manevarskim površinama i zato ih je potrebno sanirati u što kraćem vremenu [6].



## 5. OPASNI PREDMETI NA MANEVARSKOJ POVRŠINI

Kao što je prethodno navedeno, FOD je opasni predmet koji se može pojaviti u raznim formama, a njihov uzrok može biti u različitim izvorima. Odnosno, bilo koji slobodni predmet koji se može pronaći na manevarskoj površini zračne luke se može klasificirati kao FOD. FOD može biti prisutan na uzletno-sletnim stazama, stajankama i voznim stazama, a njegov utjecaj na zrakoplov može se okarakterizirati na više načina. Zbog lokacije na kojoj se FOD obično nalazi, zrakoplovi mogu biti izravno pogođeni tijekom kritičnih faza leta, kao što su polijetanje i slijetanje. Osim što FOD predstavlja opasnost, prisutnost FOD-a predstavlja i veliki trošak. Procjenjuje se da na globalnoj razini troškovi povezani s FOD-om, uključujući i štete uzrokovane udarima ptica iznose 1,26 milijarde američkih dolara (*United States Dollar*- USD) godišnje [10].

### 5.1. Karakteristike opasnih predmeta

Zbog svojih jedinstvenih karakteristika, izuzetno je zahtjevno provoditi mjere ublažavanja za opasne predmete. FOD se mogu generirati iz brojnih izvora kao što su [10]:

- osoblje
- infrastruktura zračne luke (pločnici, svjetla, znakovi)
- okoliš (biljni i životinjski svijet)
- oprema koja radi na zračnoj luci (zrakoplovi, operativna vozila, oprema za održavanje, kamioni za opskrbu gorivom, itd.).

Građevinske aktivnosti na zračnoj luci mogu biti veliki izvor FOD-a ako se ne provode odgovarajuće mjere nadzora i upravljanja. Izgradnja u zračnoj luci prirodno uzrokuje krhotine koje se mogu dospjeti na operativne površine zračne luke.

Još jedna od karakteristika FOD-a je što može promijeniti položaj, budući da se često nalaze na područjima gdje mogu biti otpuhani od mlaznog pogona zrakoplova.

Iako opasni predmeti obuhvaćaju svaki predmet koji se može naći u području zračne luke, neki predmeti su učestaliji od ostalih. Jednogodišnja studija je pokazala da se gotovo dvije trećine FOD-a uklonjenih s aerodromskog kolnika sastoji od metala dok je guma drugi najčešće pronađen materijal [10].

Klasifikacija FOD-a prema ICAO-u se dijeli na [10]:

- razni fragmenti materijala
- komadi odlomljenog betonskog ili asfaltnog kolnika
- plastika
- metalni i drveni dijelovi.

Osim prethodno navedenih vrsta FOD-a, postoje i prirodni materijali koji predstavljaju opasne predmete kao što su biljni i životinjski fragmenti. U nastavku su navedeni primjeri prirodnih materijala koji predstavljaju opasne predmete [10]:

- kamenje i šljunak: prirodno kamenje i šljunak mogu se naći na uzletno-sletnoj stazi, voznim stazama ili drugim površinama zračne luke. Ovi materijali mogu biti rizik za zrakoplove jer mogu uzrokovati oštećenje guma ili ometati pravilan rad motora.
- tlo i pijesak: tlo i pijesak i drugi oblici tla mogu se javiti na operativnim površinama zbog utjecaja vjetra. Ovi materijali mogu biti opasni ako dospiju u motore ili druge osjetljive dijelove zrakoplova.
- lišće i grane: tijekom jeseni ili za vrijeme jakih vjetrova, lišće i grane s drveća mogu pasti na površine zračne luke.
- trava i korov: predstavljaju sigurnosni rizik jer se mogu zaplesti u kotače zrakoplova ili mogu biti usisani u motore zrakoplova.

#### **5.1.2. Šteta uzrokovana opasnim predmetima**

Šteta uzrokovana opasnim predmetima može varirati od malog oštećenja na lopaticama ventilatora do napuknutog vjetrobranskog stakla ili u rjeđim slučajevima može uzrokovati zrakoplovnu nesreću. Motori zrakoplova su izloženi najvećem riziku od oštećenja u uvjetima velikog usisa ili pri malim brzinama. Sukladno s navedenom, najveća opasnost od FOD-a je u kritičnim fazama leta kao što su polijetanje i slijetanje [10]. Jedna od značajnijih nesreća povezana s FOD-om je let Air France 4590, redovnoj liniji između Zračne luke Charles de Gaulle i Zračne luke John F. Kennedy. Nesreća je bila rezultat FOD-a koji je otpao sa zrakoplova DC-10 koji je poletio pet minuta prije zrakoplova Concorde. Prilikom uzlijetanja zrakoplova Concorde metalni komad prodro je u spremnike goriva koji su se nakon toga zapalili te se je zrakoplov srušio nekoliko minuta nakon uzlijetanja. Kasnije je utvrđeno da nije provedena odgovarajuća inspekcija USS-e nakon polijetanja zrakoplova DC-10, što je ujedno i protokol za Concorde pripremnu fazu za polijetanje [11]. Studija iz 2008. godine je otkrila da se svake godine dogodi više od 60.000 incidenata na tristo najprometnijih zračnih luka. Studija je također procijenila da štete vezane uz FOD uzrokuju trošak od dvadeset milijuna USD godišnje za svaku zračnu luku. U troškove pripadaju i aktivnosti zračne luke koje uključuju prevenciju, detekciju i uklanjanje FOD-a s površina zračne luke [10].

Ukoliko dođe do oštećenja zrakoplova kao što je prikazano slikom 7, potrebno je adekvatno servisirati motor ovisno o vrsti oštećenja. Ako je trup oštećen kao što je prikazano na slici 8, potrebno je ukloniti udubine i rupe.

Također, ako dođe do oštećenja guma, što rezultira gubitak tlaka u gumama ili potpuni kvar, iste je potrebno zamijeniti. Na primjeru slike 9, može se vidjeti oštećenje gume prouzrokovane FOD-om.



**Slika 7.** Oštećenje lopatice zrakoplova, [10]



**Slika 8.** Oštećenje trupa zrakoplova, [10]



**Slika 9.** Oštećenje gume, [10]

Na temelju priloženog, jasno je da FOD predstavlja izravni rizik sa značajnim posljedicama. FOD ne doprinosi samo smanjenju sigurnosti operacije u zračnom prometu, već uzrokuje kašnjenja i otkazivanje letova, što za posljedicu rezultira velikim troškovima zračnih prijevoznika i zračnih luka [10].

### **5.1.3. Uklanjanje ostataka opasnih predmeta**

Kako bi se učinkovito ublažila opasnost od FOD-a, zračne luke implementiraju programe upravljanja sigurnošću. Iako operator zračne luke ima odgovornost za program upravljanja FOD-om, zračni prijevoznici, građevinske firme i druge agencije koje imaju pristup operativnim područjima mogu imati svoje vlastite programe upravljanja FOD-om. Neovisno ima li neki dionik svoj vlastiti program upravljanja, glavni cilj je smanjiti rizik od FOD-a u operativnom okruženju zračne luke [10].

Princip na kojem zračne luke ostvaruju svoje primarne ciljeve sigurnosti mogu varirati, ali učinkovit program upravljanja FOD-om sastavni je dio postizanja tog cilja. Četiri glavne komponente programa upravljanja FOD-om su:

1. prevencija FOD-a
2. detekcija FOD-a
3. uklanjanje FOD-a
4. evaluacija FOD-a.

Iako postoje brojne varijacije kako strukturirati FOD program upravljanja, u nastavku rada razmatrano je pet glavnih područja:

1. inspekcija
2. detekcija
3. uklanjanje
4. dokumentacija
5. trening i promocija.

## **5.2. Inspekcija**

Prvi korak u adekvatnom kontroliranju FOD-a na površinama zračne luke je provođenje redovite inspekcije. Definicija inspekcije je: pomno ispitivanje nečega, obično radi procjene stanja ili otkrivanja bilo kakvih nedostataka. U ovom slučaju, inspekcija se odnosi na vrstu proaktivnog provođenja inspekcije u svrhu praćenja i ublažavanja FOD-a s površina zračne luke. Inspekcije su najbolje priznata praksa na svim zračnim lukama, od manjih zračnih luka generalne avijacije pa do onih najvećih [10].

### 5.2.1. Područja inspekcije

Ključni aspekt kod inspekcije FOD-a uključuje poznavanje najčešćih područja u kojim se nalaze opasni predmeti. Ta se područja razlikuju između zračnih luka i pod utjecajem su mnogih faktora kao što su [10]:

- starost zračne luke
- prakse zračnih prijevoznika na stajankama
- tipovi zrakoplova
- udaljenost do hangara za popravak zrakoplova
- građevinske aktivnosti
- blizine zgrada
- praksa prihvata i otpreme zrakoplova
- kombinacija putničkog i teretnog prometa
- vrste tereta
- upotreba zemaljskih vozila
- vrste kolnika
- režimi čišćenja površine
- vrijeme i broj zimskih operacija
- praksa održavanja površina.

Najkritičnije inspeksijsko područje na operativnim površinama zračne luke je područje kretanja zrakoplova (engl. *Movement area*) koje obuhvaća uzletno-sletnu stazu i vozne staze. Jedan od izvora FOD-a na konstruktivnim površinama su napuknuti i usitnjeni komadi pločnika te bi zbog tog razloga stariji pločnici trebali biti podvrgnuti češćim inspekcijama. Također, komadi pločnika koji se nalaze na rubovima uzletno-sletne staze ili voznih staza mogu biti odneseni na područja kretanja pomoću mlaznih motora ili samim prelaskom zrakoplova preko istih. Primjeri najbolje prakse ukazuju da je pomno praćenje servisnih cesta koje presijecaju vozne staze efektivna metoda jer postoji velika vjerojatnost da se nađe FOD na tim dijelovima. Ako ramena USS-e nisu asfaltirana, ona također mogu biti izvor FOD-a dok popločana ramena uzletno-sletne staze u velikoj mjeri ublažavaju ovaj problem [10].

Stajanka predstavlja drugi segment zračne luke na kojem se provodi kontinuirana inspekcija FOD. Inspekcijom stajanki, osobito na većim zračnim lukama koje nude brojne usluge zračnim prijevoznicima, mogu se otkriti i ukloniti opasni predmeti koji bi uzrokovali štetu. Također sva područja na stajanci na kojim operiraju zemaljska vozila predstavljaju potencijalni izvor FOD-a [10].

Treće područje na kojem se provodi inspekcija u svrhu detekcije FOD-a obuhvaća područja na kojim se obavljaju operacije servisa zrakoplova. Iako se veliki dio operacija servisiranja zrakoplova odvija na stajanci zračne luke, ove aktivnosti su značajne jer imaju sposobnost stvaranja znatnih količina FOD-a. Prilikom rukovanja prtljagom na stajanci, FOD se može generirati u obliku cijelog komada prtljage, prtljažne oznake, kotača prtljage, i drugo. Operacije punjenja goriva također mogu generirati FOD u obliku neosiguranih čepova za gorivo, ljestava, prometnih čunjeva. Također catering usluge mogu prouzročiti FOD na način da se hrana koja se poslužuje često u kartonskim i plastičnim pakiranjima te ukoliko nije pravilno zbrinuta, može završiti na područjima kretanja zrakoplova [10].

Važno je redovito pregledavati operacije utovara i istovara tereta kako bi se otkrio FOD. U teretnom zračnom prometu, javljaju se znatne količine tereta koje mogu doći pakirane na različite načine. Ambalaža tereta predstavlja opasnost ukoliko bude otpuhana u obliku plastičnih omota, plastike, trake za vezivanje i kartona. Stoga je potreban kontinuiran nadzor i postavljanje zaštitne ograde kako bi se minimizirale ovakve opasnosti, osobito u teretnom prometu [10].

Područje koje se smatra značajnim u svrhu inspekcije FOD-a odnosi se na područja održavanja i servisiranja zrakoplova. Veliki broj alata koji se koristi za servisiranje zrakoplova može nenamjerno završiti u zrakoplovu te posljedično završiti na stajanci ili voznim stazama. Unutar hangara postoje određene mjere čišćenja kao što su: rutinsko usisavanje i skupljanje metala, svakodnevni sigurnosni brifinzi i istrage nesreća na temelju FOD-a. Također se koriste kontrolne liste koje olakšavaju praćenje svih potrebnih procedura [10].

### **5.2.2. Inspekcijske tehnike**

Na zračnim lukama mogu se razlikovati proaktivne i reaktivne inspekcije. Proaktivne inspekcije su one koje se provode redovito, jednom dnevno ili svakih 6 sati. Reaktivne inspekcije su inspekcije koje se provode nakon prijave FOD-a. Navedeno uključuje reakciju na događaj s FOD-om i izlazak na operativnu površinu zračne luke te uklanjanje predmeta. Popratno s reakcijskom radnjom, potrebno je provesti i adekvatno dokumentiranje. Kada se provodi reaktivni pregled kao odgovor na izvješće o FOD-u, svrsishodno je provjeriti područja blizu mjesta gdje su prijavljeni ostaci jer postoji mogućnost da se FOD premjestio od trenutka prijave. Ukoliko inspekcijsko osoblje odgovori na izvješće o FOD-u, ali ne otkriju ništa na prijavljenom području, važno je proširiti pregled na dodatna područja kako bi se pronašli eventualni ostaci. Navedeni pristup može rezultirati prelaskom iz reaktivne inspekcije u proaktivnu, jer inspekcijsko osoblje počinje aktivno tražiti dodatni FOD koji možda nije prijavljen [10].

Kada se razmatra vrijeme za provođenje inspekcija, zračne luke često uzimaju u obzir razdoblja kada je promet rijedak, tj. periode prije ili poslije vršnog sata. Prilikom provođenja inspekcija tijekom noći, fokus inspeksijskog osoblja može biti usmjeren na aktivne USS-e, dok neaktivne USS-e mogu biti pregledane prije prvog slijedećeg leta. Također bilo bi korisno integrirati inspeksijske preglede s dolascima i odlascima zrakoplova kako bi se smanjio utjecaj na operacije zrakoplova [10].

### 5.2.3. Preventivne tehnike

Osim provođenja inspekcija, pravilno održavanje predstavlja ključnu ulogu u sprječavanju FOD-a na uzletno-sletnoj stazi. Pravilno održavanje uključuje održavanje čistih i urednih operativnih područja, redovitu provjeru i nadzor inventara alata te pravilno zbrinjavanje otpada. Osoblje treba biti educirano o važnosti održavanja čistog radnog okruženja i odgovarajućeg rukovanja materijalima kako bi se smanjio rizik od FOD-a [10].

Europska organizacija za sigurnost zračne plovidbe (engl. *European Organisation for the Safety of Air Navigation*) predlaže europskim zračnim lukama da se pridržavaju sljedećih mjera [10]:

- ukloniti predmete koji nisu čvrsto povezani s površina koje se nalaze uz područja kretanja
- očistiti gume servisnih vozila prije nego im se dopusti ulazak u operativnu zonu
- održavanje svih vozila u dobrom i čistom stanju
- osigurati spremnike za FOD
- osigurati da je svo osoblje na zračnoj luci adekvatno obučeno i upoznato s FOD-om.

### 5.2.4. Oprema i tehnologija dostupna za inspekcije

Na zračnim lukama se koristi široki spektar opreme i tehnologije za pregled FOD-a, od vozila s ručnim kontrolnim listama pa sve do vozila sa sustavim za inspekciju temeljenim na modelima koji koriste globalni pozicijski sustav (*Global Navigation System* - GPS) i globalni informacijski sustav (*Global Information System* - GIS). Vozila s ručnim kontrolnim listama se koriste za fizički pregled površina kako bi se otkrili i uklonili FOD objekti. Ova vozila često imaju tim inspektora koji vizualno pregledavaju područja i ručno bilježe pronađene objekte.

S druge strane, naprednija tehnologija koristi vozila za inspekciju temeljena na GPS/GIS-u i aplikacijama baze podataka. Ova vozila imaju integrirane sustave koji koriste GPS/GIS tehnologiju kako bi pratili položaj vozila i bilježili informacije o otkrivenom FOD-u. Podaci se često pohranjuju u bazu podataka koja omogućuje daljnju analizu i praćenje promjena [10].

Kao i kod svih tehnologija, cijene ovih sustava variraju ovisno o veličini zračne luke i razini tehnologije koja se koristi.

Ukoliko se tehnologija koristi na ispravan način, ista omogućuje efikasnije i produktivnije operativno osoblje. Tehnologija doprinosi smanjenju potrebnog osoblja za inspeksijske operacije, čime se također povećava stopa otkrivenih FOD-ova na uzletno-sletnoj stazi [10].

#### **5.2.4.1. Ručna inspekcija**

U većini zračnih luka se i dalje koristi ručna inspekcija kao način prevencije od FOD-a. Ručna inspekcija je postupak u kojem se osoblje ili inspektori na zračnoj luci koriste vizualnim pregledom i fizičkim pretraživanjem površina kako bi otkrili i uklonili opasne predmete.

Tijekom ručne inspekcije, inspektori pažljivo pregledavaju USS-u, vozne staze, i druge kritične površine na zračnoj luci. Ova vrsta inspekcije se obično provodi pješice ili uz pomoć vozila kako bi inspektori mogli obaviti temeljit pregled površina. Pronađeni FOD se pažljivo dokumentira i uklanja kako bi se osigurala sigurnost operacija zrakoplova [10].

Iako tehnologija potpomaže inspekciji FOD-a, ručna inspekcija je i dalje relevantna jer omogućuje inspektorima da detaljno pregledaju područja koja nisu vidljiva na drugi način. Ova metoda ostaje ključna u održavanju sigurnosti na zračnim lukama [10].

Uz navedenu ručnu inspekciju, neke zračne luke su usvojile razne oblike tehnologije za poboljšanje ovog procesa te poboljšanje učinkovitosti ljudskih opažanja. Osim ispunjavanja kontrolne liste u papirnatom obliku, zračne luke mogu implementirati elektronički popis za provjeru, koji se obično učitava na tabletu ili prijenosnom računalu. Ova tehnologija omogućuje pojedincu da elektronički ispuni popis za dnevnu inspekciju ili FOD obrazac za prijavu, obično iz vozila [10].

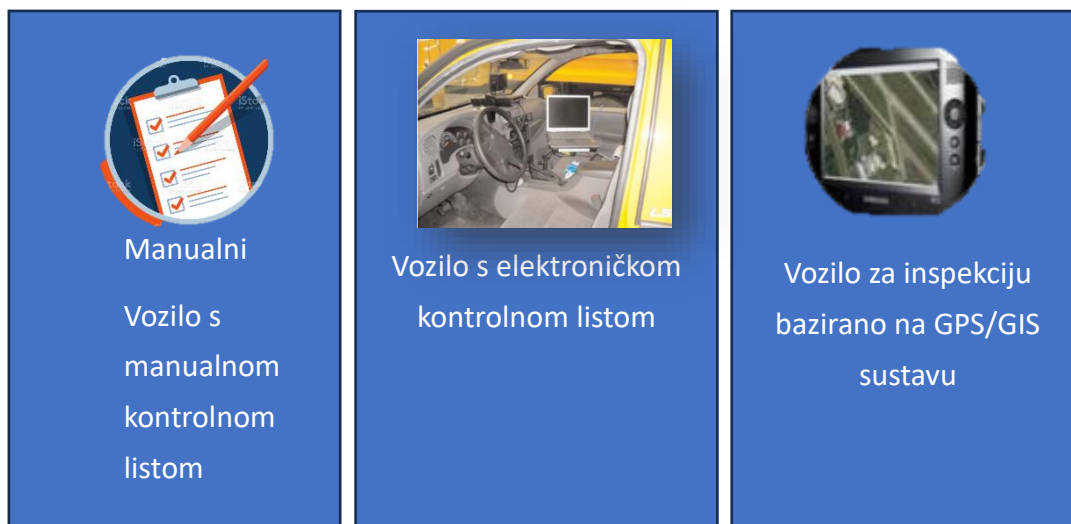
#### **5.2.4.2. Ručna inspekcija potpomognuta tehnologijom**

Ručna inspekcija potpomognuta tehnologijom se odnosi na kombinaciju ručnih procesa s upotrebom tehnologije kako bi se poboljšala učinkovitost. Tehnologija uključuje inspekciju temeljenu na korištenju GPS-a i GIS-a. Ova tehnologija pruža korisniku mogućnost preciznog utvrđivanja koordinata FOD-a kao i ostalih nedosljednosti zračne luke pomoću GPS koordinata.

Inspektori koriste ove uređaje tijekom vizualne provjere, a istovremeno bilježe svoja opažanja i lokacije. Tehnologija bi potom automatski ažurirala bazu podataka, pratila povijest inspekcija i generirala izvješća za analizu.

Ova kombinacija ručne inspekcije i tehnologije osigurava da inspektori imaju benefite učinkovitosti i preciznosti koje pruža tehnologija, dok zadržavaju ključne vizualne i praktične aspekte ove radnje. Treba naglasiti da tehnologija pomaže i poboljšava ručni proces, ali ga ne zamjenjuje u potpunosti [10].





**Grafikon 2.** Kontinuum opreme koja se koristi za inspekciju

Izvor: [10]

### 5.3. Detekcija

Druga komponenta sveobuhvatnog programa upravljanja FOD-om uključuje detekciju. Ako se nakon pregleda površina ne pronađe nikakav opasan predmet, detekcija FOD-a se smatra završenom obzirom da nema potrebe za daljnjim koracima. Detekcija opasnih predmeta predstavlja najkritičniji aspekt svakog programa upravljanja FOD-om. Ako FOD postoji, ali nije otkriven od strane zaposlenika na zračnoj luci, isključuje se mogućnost za naknadno uklanjanje ili dokumentiranje tog FOD-a. Vrijeme ima ključnu ulogu u ovoj aktivnosti, to jest što se prije FOD otkrije, ranije je moguće poduzeti akciju uklanjanja, samim time i saniranje potencijalnog rizika. Detekcija FOD-a zahtijeva pažljivo i temeljito pregledavanje različitih područja zračne luke kako bi se osiguralo da nema nepoželjnih predmeta. Brza i učinkovita detekcija pomaže u očuvanju sigurnosti na USS-i i na ostalim područjima zračne luke, čime se smanjuje potencijalni utjecaj FOD-a na zrakoplovne operacije i potencijalna opasnost za zrakoplove i osoblje. Kao što je vidljivo u slučaju nesreće Concorde, FOD može biti prisutan na površini zračne luke u bilo koje vrijeme, što može dovesti do fatalnih nesreća ako se odmah taj isti opasni predmet ne otkrije i ukloni. Stoga, jednostavno pregledavanje FOD-a u određeno vrijeme tijekom dana nije dovoljno. Sustav stalnog nadziranja ima ključnu ulogu u otkrivanju FOD-a u svako doba dana [10].

Uzimajući u obzir troškove osoblja i obuke, ručna detekcija FOD-a može biti financijski isplativiji način u usporedbi s drugim načinima detekcije. Ručna detekcija je važan dio svakog programa upravljanja FOD-om, bez obzira na to koristi li se najsuvremenija tehnologija i oprema. Učinkovita ručna detekcija FOD-a uvelike ovisi o zaposlenom osoblju na zračnoj luci koje redovito nadzire svoje okruženje kako bi otkrilo prisutnost opasnih predmeta.

Potrebne su radnje koje uključuju: izvođenje dnevnih inspekcija, nadgledavanje građevinskih zona, pregled stajanki, terminala i svih operativnih područja na zračnoj luci. Iako tehnologija, kao što su automatski senzori i sustavi nadzora, može dopuniti ručne inspekcije i poboljšati aktivnosti detekcije FOD-a, ljudski faktor i dalje predstavlja nezamjenjivi element.

Uz ručnu metodu, postoje brojne vrste tehnologije koje se koriste kako bi pomogle operateru zračne luke u otkrivanju FOD-a, odnosno uređaji koji znatno olakšavaju detekciju opasnih predmeta. Obzirom da se na većini zračnih luka dnevno obavlja jedna ili dvije ručne inspekcije, postoji još mnogo prostora za napredak. Prema navedenom, većina tehnologije za FOD usmjerena je na detekciju. Automatizirana tehnologija za detekciju FOD-a omogućuje neprekidno nadgledanje i otkrivanje u svim vremenskim uvjetima i vremenskim prilikama. Za razliku od ručnih inspekcija koje su ograničene brojem pregleda i prisutnosti osoblja, sustavi detekcije mogu raditi neprestano, što povećava šanse za otkrivanje čak i najmanjih predmeta ili ostataka na USS-i i drugim površinama zračne luke [10].

### **5.3.1. Ručna detekcija opasnih predmeta**

Kao i kod inspekcije, detekcija također može biti ručna. Bilo da se radi o proaktivnoj detekciji koja uključuje upravljanje vozilom na uzletno-sletnoj stazi kako bi se otkrio mogući FOD tijekom inspekcije ili o reaktivnoj detekciji gdje FOD prvo uoče piloti ili kontrola zračnog prometa. Ručna detekcija također ima svoje mane, ako se uzme u obzir ljudski faktor koji možda neće otkriti vrlo male opasne predmete, osobito u uvjetima smanjene vidljivosti. Unatoč svemu, ručna detekcija FOD-a je važan dio sveobuhvatnog programa upravljanja FOD-om na zračnim lukama. Iako tehnologija za detekciju može dopuniti ovaj postupak, ručna detekcija ostaje ključna jer omogućuje brzu i preciznu provjeru, a ta dva faktora su ključna za otkrivanje FOD-a u svim vremenskim uvjetima i situacijama. Redovita i temeljita ručna detekcija pomaže osigurati visoku razinu sigurnosti i sprječavanje potencijalnih nesreća i šteta na zračnoj luci [10].

### **5.3.2. Suplementarna detekcija opasnih predmeta**

Suplementarna metoda detekcije je smještena između ručnog i automatiziranog načina detekcije. Ovaj pristup koristi tehnologiju, obično u obliku kamere, kako bi poboljšao ljudsku sposobnost u otkrivanju FOD-a. Učinkovitost inspekcije može se poboljšati kombinacijom vizualnog promatranja koje provodi osoblje zračne luke uz pomoć tehnoloških alata.

Kamere i drugi senzori mogu se postaviti na inspeksijsko vozilo ili fiksne lokacije. Pod fiksne lokacije se podrazumijevaju ključna mjesta u zračnoj luci na kojima je bio zabilježen veći broj FOD-a. Kamera postavljena na inspeksijsko vozilo može biti infracrveni uređaj koji omogućuje preciznije otkrivanje FOD-a tijekom noći i u uvjetima smanjene vidljivosti.

Kamere su često najučinkovitije nakon prijave FOD-a, tako što omogućuju operateru bolji pregled na njegovu lokaciju i vrstu. Ove tehnološke alate mogu koristiti obučeni inspektori kako bi bolje pratili velika područja, identificirali potencijalne opasnosti i brže reagirali na pojavu FOD-a [10].

Navedeni hibridni pristup spaja prednosti ručnog otkrivanja, kao što su stručnost i ljudska procjena, s prednostima tehnologije, kao što su kontinuirano nadziranje i brza obrada podatka. Kombinacija ljudskih i tehnoloških sposobnosti može značajno poboljšati mogućnost otkrivanja FOD i osiguranja veće razine sigurnosti na zračnoj luci.

Suplementarna detekcija pruža rješenje koje koristi najbolje elemente iz dva pristupa, a to je posebno korisno na velikim i prometnim zračnim lukama gdje je potrebna dodatna podrška kako bi se učinkovito upravljalo FOD-om.

### **5.3.3. Automatska detekcija opasnih predmeta**

Automatska detekcija FOD-a je postupak u kojem se koristi tehnološka oprema i sustavi za automatsko otkrivanje opasnih predmeta. Sistemi za automatsku detekciju mogu biti financijski puno skuplja opcija naspram ručne detekcije, ali isto tako su učinkoviti. Za automatsku detekciju se koriste različiti senzori, kamere, radari ili drugi tehnološki alati pomoću kojih se postiže neprekidan nadzor područja zračne luke. Automatska detekcija FOD-a postala je ključni element na mnogim međunarodnim zračnim lukama, a zračna luka Vancouver je prva na svijetu koja je usvojila automatizirani tip tehnologije. Podaci iz zračne luke Vancouver pokazuju da je FOD detektiran na uzletno-sletnoj stazi prosječno jednom u dva dana, što potvrđuje učinkovitost tehnologije u otkrivanju opasnih predmeta. Navedeni podaci ukazuju na značajno poboljšanje učinkovitosti kada se koristi automatizirana detekcija FOD-a naspram samostalnih vizualnih pregleda na zračnim lukama [10].

Sustavi kontinuirane detekcije koriste kombinaciju radarskih i elektro optičkih senzora koji omogućavaju cjelodnevnu detekciju FOD-a u svim vremenskim uvjetima. Ovi sustavi se koriste u nekim od najvećih zračnih luka na svijetu kao što su Heathrow, Dubai, Vancouver, Doha i ostale. Značajke i karakteristike ovih sustava su [12]:

- stalni nadzor, čak i u noćnim uvjetima i uvjetima smanjene vidljivosti,
- detekcija FOD-a je brža i pouzdanija,
- učinkovitije reguliranje prometa (neometano inspekcijama),
- smanjeni rizik od udara ptica (optički senzori prepoznaju ptice).

Može se navesti da mnogi od tih automatiziranih sustava zapravo zahtijevaju ljudski faktor za tumačenje dobivenih materijala, što ih čini automatiziranim, ali ne i potpuno automatskim. Ovi sustavi kontinuirano nadziru površine zračne luke i daju izvješća o mogućim FOD-ovima, ali konačnu procjenu i akciju za uklanjanje još uvijek obavlja operativno osoblje.

#### 5.3.3.1. Radarski sustavi

Prvi tip automatiziranog sustava obično koristi radar u obliku radara milimetarskih valova. Radi se o tehnologiji koja koristi izuzetno visoke frekvencije u rasponu od 30 do 300 GHz. Navedeni pojas ima valnu duljinu od deset do jednog milimetra, zbog čega se i naziva milimetarski val. Trenutno postoje i fiksni i mobilni sustavi radara milimetarskih valova. Kao što prikazuje slika 10, mobilni sustav ima senzor frekvencije 78-81 GHz postavljen na klipnoj platformi na vrhu vozila, omogućujući skeniranje područja od oko 80 stupnjeva ispred prednjeg dijela vozila. Ovakav sustav pruža jeftino, ali efektivno rješenje u suzbijanju FOD-a. Kao što se može vidjeti sa slike 11, sustav ima mogućnost skeniranja do 180 metara u širinu, odnosno mogu skenirati cijelu širinu USS-e, voznih staza i izlaznih staza [10].



**Slika 10.** Mobilni sustav radarske detekcije, [11]



**Slika 11.** Polje skeniranja mobilnih radarskih sustava, [11]

Fiksni sustav koji je trenutačno dostupan na tržištu koristi naprednu kombinaciju tehnologije senzora i digitalne obrade signala kako bi automatizirao detekciju FOD-a. U ovom sustavu, radar milimetarskih valova koristi se za neprekidno pokrivanje USS-e, dok snažan sustav kamera automatski identificira predmete danju i noću. Tehnologija omogućuje precizno skeniranje i detekciju potencijalnih opasnosti, uključujući FOD i životinja na površinama zračne luke. Visoka frekvencija radara milimetarskih valova omogućuje visoku rezoluciju i točnost čime se osigurava pouzdanost u otkrivanju i praćenju opasnosti na zračnoj luci [10].

Jedan od primjera fiksnih sustava je razvijen je od strane tvrtke Xsight systems koja se bavi razvojem naprednih tehnologija za nadzor i upravljanje na zračnim lukama. Jedna od inovacija tvrtke Xsight je uređaj FODetect koji koristi visoku rezolucijsku kameru i milimetarski valni radar za detekciju opasnih predmeta. Slika 12 prikazuje izgled FODetect uređaja te se može vidjeti da se isti postavlja uz rubna svjetla uzletno-sletne staze. Uređaj radi na principu radiosignala pomoću kojih prepozna FOD bez ikakve potrebe za interferencijom čovjeka. Kad je predmet identificiran, sustav šalje upozorenje konzoli operatera, pritom ukazujući na točnu lokaciju predmeta te njegove karakteristike. Operater zatim koristi kameru na uređaju kako bi detaljnije istražio predmet i ustanovio jesu li potrebne daljnje radnje [13].

Značajke i mogućnosti Xsight FODetect uređaja su [13]:

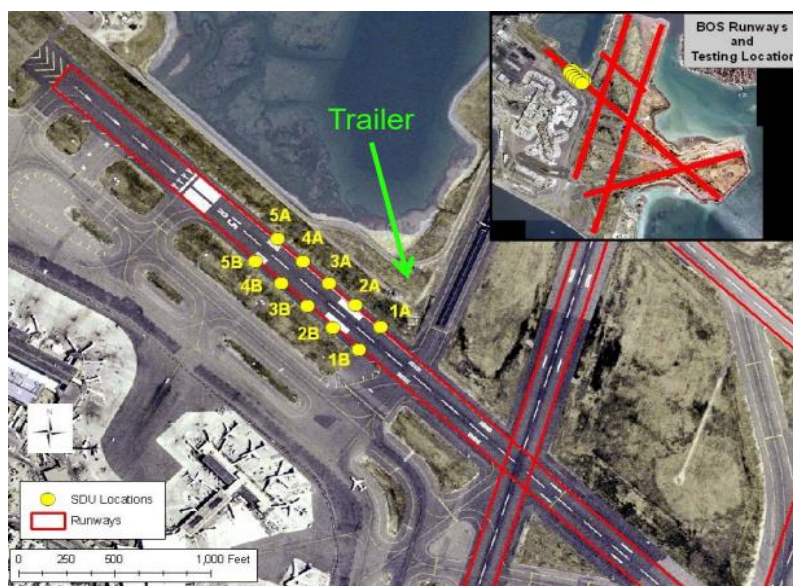
- cjelodnevna automatska i kontinuirana detekcija FOD-a (uključujući noćne uvjete i u uvjetima smanjene vidljivosti),
- skeniranje površine uzletno-sletne staze za manje od 60 sekundi,
- nema mrtvih točaka - površine USS-e skeniraju se u potpunosti,

- operatori mogu analizirati slike i ručno upravljati kamerom senzora sustava kako bi vizualno potvrdili da se radi o FOD-u, a ne o lažnom FOD alarmu,
- osoblje koje je poslano da ukloni FOD je vođeno pomoću laserske zrake do lokacije FOD-a koja se može aktivirati sa senzora sustava do otkrivenog FOD-a,
- svaki incident se dokumentira radi daljnje istrage.



**Slika 12.** FODetect uređaj, [11]

Slika 13 prikazuje kako se lokacijski postavljaju uređaji na primjeru zračne luke Boston gdje su senzori označeni žutom bojom.



**Slika 13.** Lokacije senzora, [11]



Još jedan primjer fiksnih radara su radari tvrtke QinetiQ. Također se radi o radaru milimetarskih valova koji se postavljaju na toranj kao što je prikazano na slici 14.



**Slika 14.** QinetiQ radar na zračnoj luci Heathrow, [11]

### **5.3.3.2. Elektro optički senzori**

Elektro-optički senzori se također mogu koristiti kao jedan od alata koji pripada sustavima za automatiziranu detekciju. Senzori koriste optičku tehnologiju kako bi skenirali površine zračnih luka i detektirali prisutnost opasnih predmeta. Senzori mogu biti opremljeni kamerama koji koriste vidljivu svjetlost ili infracrveno zračenje kako bi snimile površinu zračne luke. Senzori se postavljaju fiksno na uzletno-sletnoj stazi ili na mobilne platforme koje se mogu kretati duž USS-e kako bi pokrili što veću površinu. Daljinski postavljeni elektro-optički senzori pružaju neprekidan nadzor uzletno-sletne staze. Jedna od prednosti sustava je što može otkriti objekte čak i noću bez potrebe za daljnjim osvjetljenjem [10].

Međutim, važno je napomenuti da određene vrste meteoroloških uvjeta mogu nepovoljno utjecati na optičke sposobnosti detekcije ovog sustava. Na primjer, smanjena vidljivost tijekom kiše, magle ili snijega može utjecati na preciznost detekcije. Stoga prilikom ugradnje elektro-optičkih senzora, treba pažljivo uzeti u obzir različite meteorološke uvjete i osigurati adekvatno funkcioniranje sustava u svim vremenskim uvjetima [10].

Svakako, ova tehnologija pruža napredan i kontinuiran nadzor površina zračne luke, što pomaže u otkrivanju opasnih predmeta i osiguravanju visoke razine sigurnosti i operativne učinkovitosti na zračnim lukama.

#### **5.3.3.3. Hibridni senzori**

Hibridnom tehnologijom se smatra tehnologija koja koristi radarske i elektro-optičke senzore. Kombinacija elektro-optičkih kamera i radara omogućuje se nadzor površina zračne luke u vidljivom i infracrvenom spektru svjetlosti kao i detekciju objekata pomoću radarskih valova. Ovakav tip omogućuje detekciju predmeta u različitim vremenskim uvjetima i uvjetima osvjetljenja [10].

#### **5.3.4. Proces odluke**

Sva prethodno navedena tehnologija može biti skup izbor za većinu zračnih luka, zato je bitno odabrati tehnologiju koja je adekvatna i optimalna za specifičnu zračnu luku. Prilikom odlučivanja koji sustav detekcije FOD-a nabaviti, zračne luke se potiču da uzmu u obzir različite čimbenike koji mogu utjecati na uspjeh sustava u njihovom specifičnom okruženju. Federalna uprava za civilno zrakoplovstvo (*Federal Aviation Administration - FAA*) putem dokumenta AC 150/5220-24 daje smjernice operaterima zračnih luka kako bi razmotrili sljedeće čimbenike [10]:

- veličina i oblik USS-e,
- promet i operativno opterećenje,
- klimatski uvjeti,
- prilazne i odlazne rute,
- troškovi implementacije i održavanja,
- integracija s postojećom infrastrukturom,
- operativne potrebe i zahtjeve.

Pristup odabiru sustava detekcije FOD-a trebao bi biti temeljit i obuhvatiti sve relevantne čimbenike kako bi se osiguralo optimalno rješenje koje zadovoljava potrebe i zahtjeve specifične za određenu zračnu luku.

#### **5.3.5. Procjena rizika od opasnih predmeta**

Trenutak kada je FOD detektiran, predstavlja ključan trenutak u programu upravljanja FOD-om, obzirom da se tada mora donijeti odluka o daljnjim koracima. Odluka uključuje procjenu rizika i neovisna je o tome je li FOD otkriven ručno ili preko automatiziranih sustava.



U praksi, procjena rizika u programu upravljanja FOD-om sastoji se od dva dijela.

Prvo, trenutak detekcije FOD-a pokreće proces odlučivanja kod osobe koja je otkrila opasan predmet. Navedena osoba mora brzo procijeniti kako najbolje postupiti s FOD-om koji je otkriven. To uključuje odluku o tome kako premjestiti i zbrinuti predmet, je li potrebno zatvoriti određena područja zračne luke radi daljnjeg uklanjanja ili inspekcije te kako najbolje dokumentirati otkriveni FOD. Prva odluka se često donosi brzo i ima ključnu ulogu u trenutnoj reakciji na otkriveni FOD [10].

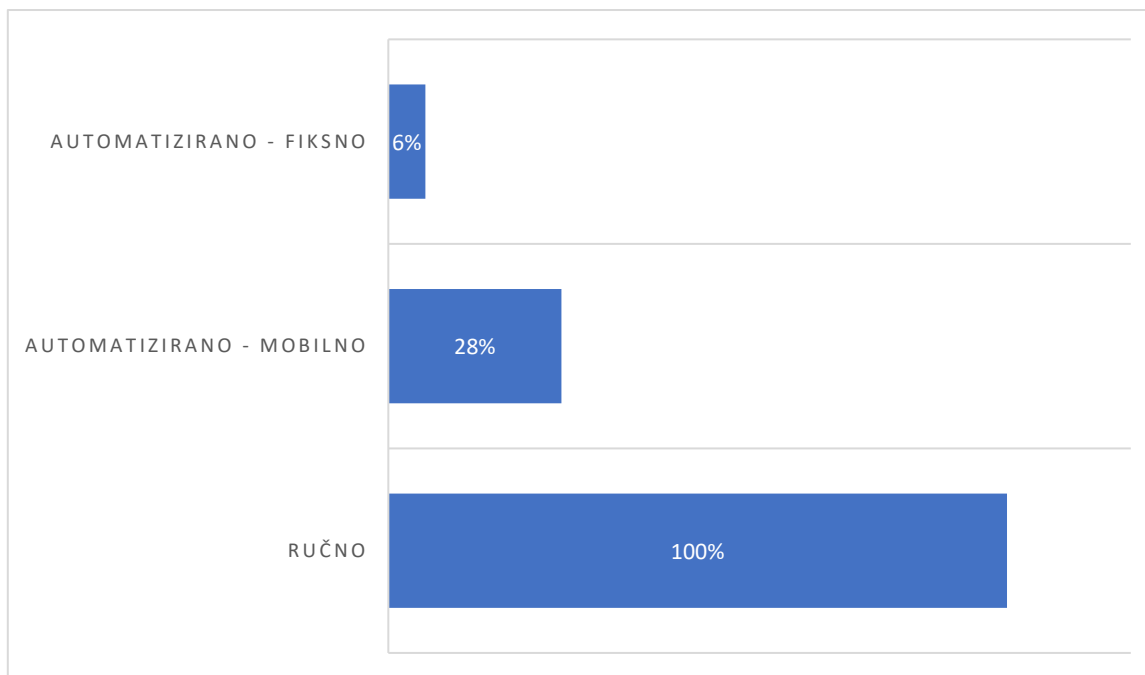
Drugi dio procjene rizika odnosi se na inspektora FOD-a ili odgovorne osobe koje imaju zadaću održavanja sigurnosti na zračnoj luci. Inspektor također mora donijeti odluku o postupanju s otkrivenim FOD-om. Postupak može uključivati daljnje provjere, analize i eventualno zatvaranje određenih područja iz sigurnosnih razloga. Ova faza procjene rizika može se temeljiti na standardima, smjernicama ili procedurama uspostavljenim u programu upravljanja FOD-om [10].

Sve certificirane zračne luke trebaju provoditi SMS i procjenu rizika. Pod certificirane zračne luke pripadaju one zračne luke koje su zadovoljile određene sigurnosne i operativne standarde utvrđene od strane nadležnih zrakoplovnih vlasti ili agencija. Agencije postavljaju standarde i provode inspekcije kako bi osigurale da zračne luke ispunjavaju određene zahtjeve u pogledu sigurnosti, operativnost i upravljanja.

Prema smjernicama upravljanja sigurnosnim rizicima (FAA 2010b), zračna luka bi trebala [10]:

- identificirati sigurnosne opasnosti,
- osigurati provođenje mjera,
- redovito procjenjivati razinu sigurnosti,
- stalno poboljšavati ukupnu razinu sigurnosti,
- uspostaviti i održavati dokumentacijski proces.

Usvajanjem ovakvog sustava upravljanja sigurnosnim rizikom, zračne luke stvaraju strukturiran i organiziran pristup identifikaciji, analizi i upravljanju sigurnosnim rizicima, čime se osigurava visoka razina sigurnosti i zaštite putnika, osoblja i zrakoplova na zračnoj luci.



**Grafikon 3.** Sistemi u uporabi za detekciju FOD-a

Izvor: [10]

Prema [10], provedeno je istraživanje kako bi se utvrdilo koje vrste sustava zračne luke koriste za otkrivanje FOD-a. Ispitanici, koji su bili osoblje zračnih luka ili stručnjaci iz industrije, su dobili pitanje o vrsti sustava koji koriste za identifikaciju potencijalno opasnih predmeta na zračnim lukama. Kao što je vidljivo s grafikona 3, rezultati istraživanja su pokazali sljedeće:

- Ručni sustavi (100%): svi ispitanici izjavili su da koriste ručne sustave za otkrivanje FOD-a. Ručni sustavi uključuju metode poput ljudske intervencije i vizualne detekcije, što znači da osoblje aktivno sudjeluje u identificiranju i detekciji opasnih predmeta.
- Automatizirani mobilni sustavi (28%): nadalje, 28% ispitanika izjavilo je da koristi mobilne automatizirane sustave. Navedeni sustavi uključuju tehnologiju poput vozila opremljenih sensorima i kamerama koja se automatski kreću po zračnoj luci i skeniraju površine kako bi identificirali potencijalno opasne predmete.
- Automatizirani fiksni sustavi (6%): samo 6% ispitanika je izjavilo da koristi automatizirane fiksne sustave. Sustavi obuhvaćaju senzore i kamere postavljene na fiksne lokacije unutar zračne luke.

#### 5.4. Uklanjanje

Uklanjanje predstavlja ključni aspekt svakog uspješnog programa upravljanja FOD-om. Brzo i sigurno uklanjanje FOD-a s operativnih površina je presudno kako bi se minimizirao rizik te kako bi se osigurale nesmetane operacije na zračnoj luci.

U izradi plana uklanjanja FOD-a, zračne luke bi trebale razmotriti sljedeće faktore [10]:

1. Provođenje politike: zračne luke bi trebale uspostaviti jasnu politiku koja definira odgovornosti, postupke i metode uklanjanja FOD-a. Politika bi trebala odgovarati na pitanja: tko će biti odgovoran za uklanjanje FOD-a, kada će biti potrebno, kako će se provesti uklanjanje i koja oprema će se koristiti. Ovo osigurava dosljednost i strukturu u postupku uklanjanja FOD-a.
2. Proces procjene rizika: plan uklanjanja FOD-a treba uključiti procjenu rizika vezanih uz samo uklanjanje. Procjena rizika će pomoći identificirati potencijalne opasnosti i rizike koji se mogu pojaviti tijekom postupka uklanjanja i omogućiti odgovarajuće mjere za smanjenje tih rizika. Integracija takvog procesa procjene rizika s SMS-om zračne luke pridonijet će sveobuhvatnom pristupu sigurnosti.
3. Implementacija s naglaskom na rizik, operativnost i sigurnost: plan uklanjanja FOD-a treba biti osmišljen s osjetljivošću prema različitim razinama rizika, različitim prometnim razdobljima i općenito sigurnosti svih na zračnoj luci. To uključuje uzimanje u obzir prioriternih područja koja zahtijevaju posebnu pozornost te osiguranje da uklanjanje FOD-a ne ometa normalne operacije zračne luke.

Postupak uklanjanja FOD-a može varirati ovisno o vrsti i složenosti pronađenih predmeta. Na primjer, oznaka prtljage koja se pronađe na površini stajanke, može se relativno brzo i jednostavno ukloniti. Međutim, drugi komadi FOD-a, posebno metali koji se nađu na uzletno-sletnoj stazi, mogu predstavljati veći izazov i zahtijevati složenije postupke uklanjanja.

Iako se od svake zračnog prijevoznika ili dionika može tražiti da održava svoje područje, konačna odgovornost je na operateru zračne luke. Za postizanje cilja smanjenja FOD-a, zračne luke mogu koristiti ručnu i mehaniziranu opremu za uklanjanje opasnih predmeta. Najefikasnija sredstva za uklanjanje FOD-a su oprema specijalno dizajnirana za tu svrhu. Oprema za uklanjanje FOD-a je komercijalno dostupna i često može biti korištena u kombinaciji s ručnim metodama uklanjanja kako bi se osigurala brza i učinkovita radnja uklanjanja FOD-a.

Međutim, važno je istaknuti negativan aspekt ovisnosti o isključivoj upotrebi mehanizirane opreme za uklanjanje FOD-a. Naime, ako se zaposlenici prekomjerno oslanjaju na mehaniziranu opremu i prestanu aktivno sudjelovati u procesu uklanjanja FOD-a, može se smanjiti njihova svijest i angažiranost u obavljanju posla. Stoga je ključno da zaposlenici zadrže svijest o važnosti ručnih metoda uklanjanja FOD-a te pravilnom i pravovremenom korištenju mehanizirane opreme za maksimalnu učinkovitost [10].

#### 5.4.1. Nemehanizirana oprema za uklanjanje

Dvije glavne vrste opreme za uklanjanje FOD-a koje su kategorizirane kao nemehanizirane jednostavno se pričvršćuju ili vuku iza vozila. Nemehanizirane jedinice su vrlo fleksibilne i mogu se pričvrstiti na različite tipove vozila, poput tegljača, operativnih vozila zračne luke ili kamiona za održavanje. Zbog svoje jednostavne konstrukcije bez složenih mehanizama, nemehanizirane jedinice su jeftinije za rad i rijetko se kvare [10].

Na slici 15 prikazan je primjer nemehanizirane opreme, prostirke koja se pričvrsti za stražnji dio vozila i skuplja opasne predmete s površine kojom prolazi. Prostirke su opremljene s četkama pomoću kojih pometu opasne predmete te sadržava mrežicu koja zadržava sakupljeni otpad i sprječava njegovo ponovno rasipanje.



**Slika 15.** Prostirka za uklanjanje FOD-a, [10]

Dodatni primjer nemehanizirane opreme može se vidjeti na slici 16. Radi se o magnetskoj šipci koja je pričvršćena za prednji kraj vozila i dizajnirana za skupljanje metalnih predmeta.



**Slika 16.** Magnetska šipka, [10]

#### **5.4.2. Mehanizirana oprema za uklanjanje**

Mehanizirana oprema može biti skuplja od nemehanizirane, budući da zahtijeva veće investicije za nabavu i održavanje pa tako i za troškove obuke osoblja koja će koristiti tu opremu. Koriste se motorni čistači koji služe za grubo čišćenje predmeta (slika 17). Navedeno podrazumijeva čišćenje kako bi se površina temeljito očistila od velikih predmeta i prljavštine. Međutim, strojevi mogu ostaviti prljavštinu i sitne čestice na površini ili u pukotinama kolnika.



**Slika 17.** Motorni čistač, [10]

Uz prethodno navedeno postoje i vakuumski sustavi koji se koriste za uklanjanje FOD-a. Isti mogu biti korišteni tako da osoba hoda zajedno s opremom te mogu biti i pogonjeni kao što je prikazano na slici 18.



**Slika 18.** Vozilo s četkom i vakuumskim sustavom, [10]

## **5.5. Dokumentacija i analiza podataka**

Nakon uklanjanja FOD-a, sljedeća faza procesa je da se taj isti FOD pravilno dokumentira. Dokumentacija pruža važne informacije o prethodnim FOD događajima, što omogućuje zračnoj luci da analizira i prepozna trend te identificira najkritičnije točke gdje je prisutnost FOD-a najveća. Na temelju analize tih podataka, zračna luka može proaktivno poduzeti mjere kako bi minimizirala buduće FOD incidente i povećala ukupnu sigurnost. Općenito, faza dokumentiranja se sastoji od procesa zapisivanja podatka na papiru ili elektroničkim putem te pohranjivanja sljedećih podataka o FOD-u: otkrivena vrsta FOD-a, lokacija, opasnost koju predstavlja i kako se postupalo sa situacijom.

### **5.5.1. Dokumentacija**

Dokumentacija je važna komponenta upravljanja FOD-om obzirom da pruža operateru zračne luke povijesne podatke o prethodnim FOD događajima. Analizom tih prošlih događaja, moguće je poduzeti odgovarajuće mjere kako bi se smanjila vjerojatnost budućih FOD incidenata.

Važno je napomenuti da se ne treba provoditi dokumentiranje FOD-a uklonjenog s područja stajanke, iako zračne luke mogu provjeriti količinu prikupljenog FOD-a u kontejnerima namijenjenim na područjima gate-a i oko njega. Na taj način procjenjuju ozbiljnost problema povezanim s FOD-om. FOD se generalno dokumentira kada je uklonjen sa USS-e i voznih staza.

Prema preporukama FAA, postoji sedam specifičnih stavki koje treba dokumentirati u slučaju događaja s FOD-om kojeg zračna luka rješava [10]:

- način na koji je FOD otkriven,
- datum i vrijeme uklanjanja FOD-a,
- opis FOD-a koji je uklonjen (kategorija, veličina i boja i/ili slika),
- lokacija FOD objekta (koordinate i referenca na lokaciju na operativnoj površini),
- mogući izvor FOD-a,
- ime osoblja koje je otkrilo/istražilo FOD,
- podaci o operacijama zračne luke i vremenskim uvjetima tijekom događaja otkrivanja FOD-a.

Navedeni podaci su od izuzetnog značaja za dokumentiranje svakog FOD događaja kako bi se analizirali i razumjeli uzroci, trendovi i mjere za smanjenje budućih FOD incidenata.

### **5.5.2. Baza podataka**

Zračne luke bi trebale razviti bazu podataka za evidentiranje kako bi se učinkovito bilježile FOD pojave i omogućila analiza podataka. Baza podataka bi trebala sadržavati informacije o pojedinačnim FOD slučajevima, uključujući sedam prethodno navedenih stavki. Navedeni zapisi mogu biti potrebni u slučaju službene istrage nesreće ili ozbiljnog incidenta, ali također se koriste za prepoznavanje trendova, ukoliko se isti slučaj ponovio, itd.

Dodatno, zračna luka može prikupiti podatke preko analiza ili inspekcija i preko povratih informacija ostalih dionika kao što su zračni prijevoznici. Vođenjem FOD evidencije tijekom najmanje dvije godine, zračne luke mogu dobiti vrijedne informacije koje će pomoći u otkrivanju, uklanjanju i prevenciji budućih FOD događaja [10].

### **5.5.3. Ocjenjivanje performansi**

Ocjenjivanje performansi pomaže zračnim lukama u određivanju učinkovitosti implementiranog programa upravljanja FOD-om. Kako bi se ocijenila učinkovitost, zračne luke mogu koristiti različite metode [10]:

- analiza povijesnih podataka - pregledavanje FOD događaja iz prošlosti kako bi se mogao utvrditi napredak u smanjenju FOD-a tijekom vremena,
- procjena učestalosti i ozbiljnosti FOD incidenata - redovita analiza učestalosti i ozbiljnosti FOD događaja omogućuje zračnim lukama da identificiraju trendove i prate smanjenje ili povećanje problema povezanih s FOD-om,

- povratne informacije osoblja - osoblje koje sudjeluje u programu upravljanja FOD-om može pružiti vrijedne povratne informacije o učinkovitosti programa, poteškoćama u primjeni tehnika prevencije i mogućim poboljšanjima,
- evaluacija revizora ili inspektora - inspektori mogu provesti revizije kako bi ocijenili usklađenost s protokolima, kvalitetu dokumentacije i implementaciju tehnika prevencije,
- praćenje trendova na nacionalnoj razini - praćenje trendova na nacionalnoj razini omogućuje zračnim lukama da usporede svoje rezultate s drugim zračnim lukama i identificiraju najbolje prakse.

Kombinacija ovih metoda pomoći će zračnim lukama da utvrde učinkovitost svog programa upravljanja FOD-om te poduzmu odgovarajuće mjere kako bi minimizirali događaje vezane uz FOD [10].

Uspješni programi prevencije FOD-a redovito provode analizu trendova kako bi identificirali uzorke i poboljšali svoje operacije detekcije FOD-a. Nakon što je proces dokumentacije FOD-a završen, ključno je pohraniti dokumente najmanje 24 mjeseca. Analiza trendova uključuje pregled svakog pojedinačnog slučaja FOD-a u zračnoj luci, što obuhvaća: učestalost svake vrste opasnog predmeta koji je pronađen, lokacije na kojima je najviše opasnih predmeta pronađeno, veličinu predmeta, vremenske uvjete i drugo. Analiza trendova može obuhvaćati i druge varijable zabilježene tijekom dokumentacije FOD-a [10].

Svrha analize svakog pojedinačnog slučaja FOD-a je identificirati trendove koji bi mogli pomoći u poboljšanju inspekcija, otkrivanja i tehnika uklanjanja FOD-a. Na temelju dobivenih saznanja, mogu se poduzeti koraci kako bi se smanjila učestalost i ozbiljnost FOD događaja. Analiza trendova također može ukazati na potrebu za poboljšanjem preventivnih mjera i edukacije osoblja kako bi se spriječio nastanak FOD-a [10].

Redovita analiza trendova omogućuje zračnoj luci da bude proaktivna u rješavanju potencijalnih problema s FOD-om i kontinuirano poboljšava svoj program upravljanja FOD-om. Učenje iz prošlih događaja i primjena ispravnih korektivnih mjera ključno je za održavanje visoke razine sigurnosti na zračnoj luci i smanjenje potencijalnih rizika povezanih s FOD-om [10].



## 6. ANALIZA ALATA ZA GEOPROSTORNU ANALIZU

Analiza podataka za geoprostornu analizu je ključan korak u razumijevanju prostornih uzoraka i odnosa unutar kompleksnih geografskih sustava. Geoprostorna analiza koristi GIS sustav za prikupljanje, organiziranje i interpretaciju podataka na temelju njihovih prostornih koordinata. Proces omogućuje dublje razumijevanje prostornih odnosa, identifikaciju uzoraka i obrazaca, te pronalaženje skrivenih informacija unutar podataka.

### 6.1. Opće karakteristike GIS sustava

Geografski informacijski sustav je informacijski sustav koji omogućuje prikaz različitih podataka na geografskoj podlozi. Odnosno, omogućava vizualizaciju, manipulaciju i analizu raznolikih podataka uz njihovu povezanost s konkretnim geografskim položajima. Bazni koncept GIS-a je mogućnost slojevitog prikaza podataka, gdje se različiti skupovi informacija kombiniraju unutar istog sustava. GIS sadržava inicijalnu podlogu s prikazanim osnovnim podacima i omogućava dodavanje neograničene količine podataka na inicijalnu podlogu [14].

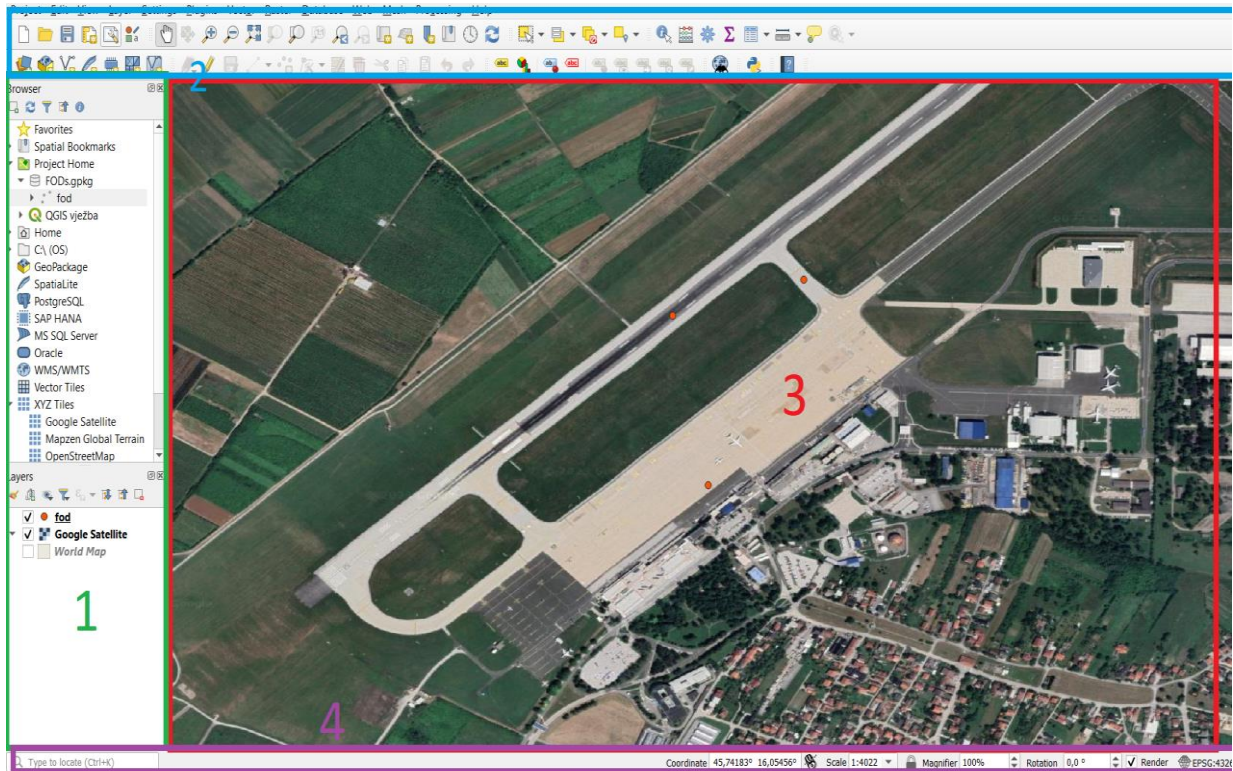
GIS se sastoji od nekoliko ključnih elemenata [15]:

1. Podaci: radi se o informacijama o lokacijama i atributima objekata. Mogu uključivati geografske podloge (karte) poput topografskih karata i satelitskih snimaka, te atributskih podataka kao što su popis stanovništva, ekonomske statistike i druge informacije koje se odnose na određeno područje.
2. Softver: GIS softver omogućuje korisnicima da upravljaju i analiziraju svoje prostorne podatke.
3. Hardver: računalna oprema potrebna za pohranu, manipulaciju i analizu velikih količina prostornih podataka.
4. Analiza: GIS omogućuje različite analize, uključujući prostorne upite, analize rute, modeliranje terena, interpolaciju i još mnogo toga. Navedeno pomaže donositeljima odluka da razumiju složene odnose između različitih prostornih faktora.
5. Vizualizacija: jedna od glavnih prednosti GIS-a je mogućnost vizualizacije podataka putem karata, grafikona i dijagrama koja omogućuje brže razumijevanje i komunikaciju prostornih informacija.

GIS ima široku primjenu u različitim sektorima kao što su: urbanizam, upravljanje okolišem, geodezija, prostorno planiranje, promet i drugo.

## 6.2. Primjena GIS sustava kao alata za upravljanje opasnim predmetima

Primjenom GIS sustava u detekciji i dokumentiranju FOD-a na zračnim lukama, omogućuje se bolje razumijevanje, praćenje i ublažavanje rizika. GIS se koristi kako bi se prostorni podaci povezali s informacijama o FOD-u i omogućilo učinkovito upravljanje s istim. U nastavku će biti navedena primjena GIS sustava na simulaciji slučaja prikupljanja i obrade podataka o FOD-u na zračnoj luci Zagreb.



Slika 19. Izgled sučelja programa GIS

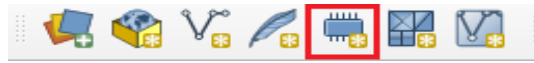
Izvor: [16]

Na slici 19 je prikazano sučelje programa GIS s glavnim elementima podijeljenim u 4 dijela. Ti elementi su:

1. Izbornik/lista slojeva: sadrži različite opcije za manipulaciju projektima, slojevima, analizama i postavkama programa. Lista slojeva omogućuje dodavanje, upravljanje i organiziranje različitih slojeva prostornih podataka.
2. Alatna traka: sadrži alate za manipulaciju i analizu prostornih podataka, kao i alate za stvaranje i uređivanje elemenata karte.
3. Karta: prikazuje prostorne podatke u obliku karte. Omogućava uvećavanje, pomicanje i interakciju s podacima.
4. Statusna traka: pruža informacije o mjerilu i orijentaciji karte.

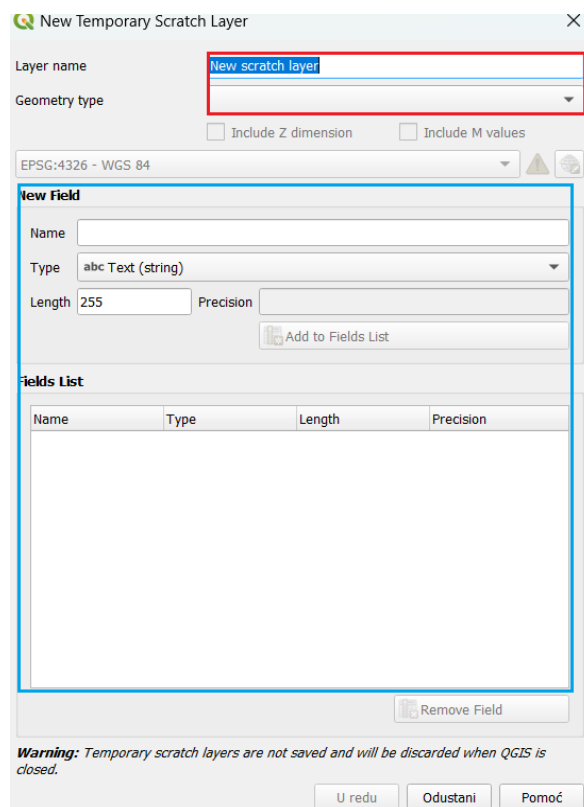
Na primjeru zadatka završnog rada, simulirane su tri koordinate gdje su pronađeni FOD-ovi. Pomoću statusne trake u GIS programu, dobivene koordinate se pronalaze te se bilježe.

Prethodno ovoj radnji, korisnik treba napraviti novi sloj (engl. *layer*) klikom na opciju koja je prikazana crvenim poljem na slici 20. Naziv opcije je novi privremeni sloj.



**Slika 20.** Opcija *new temporary layer*  
Izvor: [16]

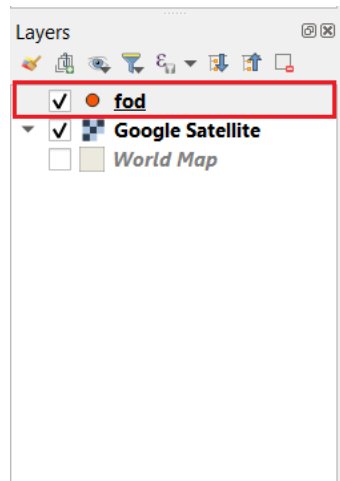
Važno je napomenuti da navedeni sloj je privremeni sloj što znači da ga korisnik mora spremiti kako bi postao trajan. Nakon što korisnik odabere opciju novi sloj, pojavljuje se prozor u kojem korisnik dodjeljuje ime sloju te mu pridaje njegove osnovne atribute. Izgled prozora može se vidjeti na slici 21.



**Slika 21.** Izgled prozora novog sloja  
Izvor: [16]

Prilikom ispunjavanja prikazanog prozora, dva su glavna segmenta koje korisnik ispunjava. Prvi segment je prikazan crvenim poljem u kojem korisnik unosi ime i geometrijski tip sloja. Na primjeru zadatka završnog rada, ime sloja je *FOD*, dok je geometrijski tip podatka *geometry point*.

Drugi dio prikazan plavom bojom se odnosi na atribute navedenog sloja. S obzirom da se radi o FOD-u kao tipu sloja, pod stavkom atributi su navedene dvije karakteristike. Te karakteristike su: tip FOD-a i izvor FOD-a. Nakon što korisnik unese sve potrebne podatke, na sučelju programa, pod listom slojeva se pojavljuje novi sloj, u ovom slučaju pod nazivom *FOD* kao što je vidljivo na slici 22.



**Slika 22.** Novi sloj u prozoru Layers

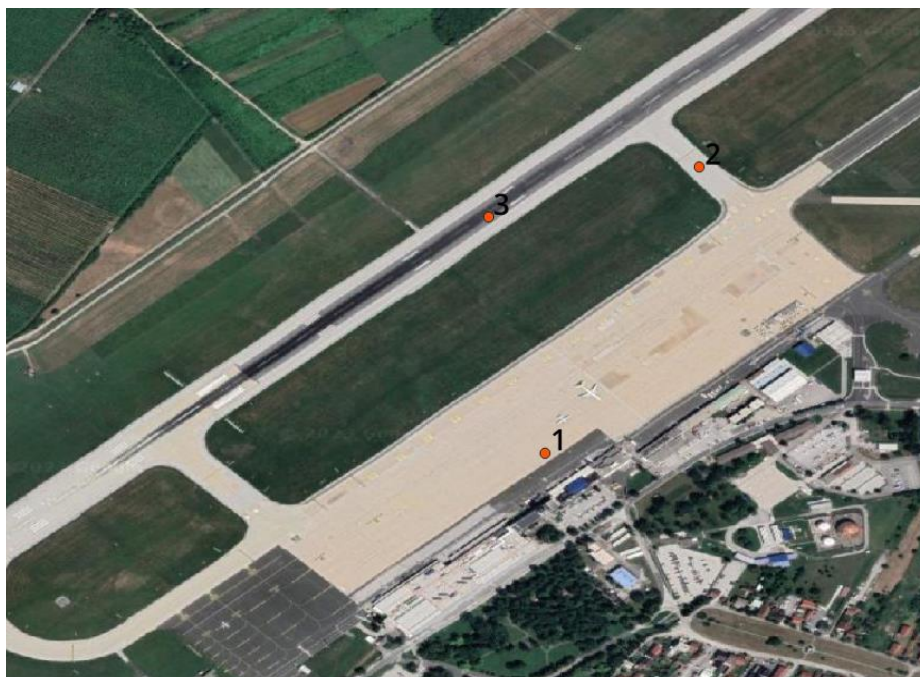
Izvor: [16]

Nakon što je korisnik izradio novi sloj, sljedeća radnja je označavanje na karti. Korisnik se treba koristiti statusnom trakom koja je prikazana brojem 4 na slici 20, kako bi točno znao odrediti lokaciju FOD-a na osnovu dobivenih koordinata. Pritiskom na opciju prikazanu crvenim kvadratom na slici 23, korisnik može početi s označavanjem FOD-a na karti. Navedena opcija se nalazi na alatnoj traci sučelja QGIS programa. Nakon što korisnik unese FOD na njegovu koordinatu, za taj isti mora unijeti njegove attribute, odnosno tip i izvor FOD-a. Na slici 24 se može vidjeti izgled karte nakon unosa svih potrebnih podataka. Radi lakše klasifikacije, FOD su numerirani od broja jedan do broja tri.



**Slika 23.** Opcija označavanja

Izvor: [16]



**Slika 24.** Unos i klasifikacija FOD-a na karti  
Izvor: [16]

Svaki FOD ima različite atribute te se to može vidjeti klikom na opciju *attribute table* kao što je prikazano slikom 25.

| fid | Type            | Izvor          |
|-----|-----------------|----------------|
| 1   | 1 Vijak         | Cargo terminal |
| 2   | 2 Matica        | Cargo terminal |
| 3   | 3 Metalna traka | Zrakoplov      |

**Slika 25.** Lista atributa  
Izvor: [16]

Također se može vidjeti da FOD identificiran pod brojem 1 i 2 dijele isti izvor. Radi se o teretnom terminalu, koji zbog svojih aktivnosti može značajno pridonijeti generiranju opasnih predmeta. Isto tako, FOD označen brojem 3, se nalazi na uzletno-sletnoj stazi na kojoj se odvijaju ključne faze leta, te može predstavljati veliku opasnost. Korištenjem QGIS sustava za prikupljanje i obradu podataka vezanih za FOD ostvaruju se značajne koristi za korisnika.

QGIS, kao snažan geografski informacijski sustav, omogućava precizno prikupljanje, analizu i upravljanje prostornim podacima povezanim s FOD kao što se može vidjeti iz prethodnog primjera.

Korisnici dobivaju:

- preciznost i preglednost: QGIS omogućava korisnicima da vizualiziraju FOD podatke na geografskoj podlozi, što olakšava identifikaciju potencijalno opasnih područja i izvora FOD-a. Na primjeru prethodnog zadatka, korisnik može utvrditi da je teretni terminal veliki izvor FOD-a, te sukladno tome povećati broj inspekcija na tom području, bolje osigurati teret, i drugo.
- Bolju detekciju: integracija s raznim detekcijskim uređajima omogućava korisnicima da pouzdano identificiraju i označe prisutnost FOD-a na uzletno-sletnoj stazi, stajanci, voznim stazama, terminalima, i drugo.
- Učinkovita analiza: QGIS omogućava bolju analizu trendova, te se preciznije mogu utvrditi uzroci i izbori FOD-a. Shodno s navedenim se mogu poduzeti korektivni koraci.
- Sustavno praćenje: korisnici mogu jednostavno pratiti i dokumentirati svaki slučaj FOD-a, uključujući detalje o lokaciji, vremenu i atributima.
- Planiranje i upravljanje: QGIS omogućava korisnicima kreiranje strategija za uklanjanje FOD-a, optimiziranje inspeksijskih ruta i izradu preventivnih mjera.

U konačnici, korištenje QGIS-a za prikupljanje i obradu podatka vezanih za FOD pridonosi boljoj sigurnosti zračnih operacija, efikasnom upravljanju rizicima i održavanju visoke razine operative učinkovitosti u zračnim lukama.

## 7. ZAKLJUČAK

Štetni objekti predstavljaju kontinuiranu prijetnju sigurnosti zračnog prometa. Raznovrsne metode detekcije poput vizualnih pregleda, radarskih sustava i elektro-optičkih senzora nude veliki broj rješenja pri čemu svaka metoda ima svoje prednosti i mane. Automatizirani sustavi detekcije su se pokazali kao najbolje rješenje jer pružaju stalan nadzor, ali i dalje nisu dovoljno prihvaćeni i implementirani na zračnim lukama zbog svoje visoke cijene. Automatizacija je ključna za brzu identifikaciju, što je jedan od ključnih faktora prilikom detekcije opasnih predmeta. Pritom treba naglasiti da se ne umanjuje vrijednost ručne metode detekcije, već bi se trebalo poticati zračne luke na razvoj i implementaciju koherentnog sustava koji koristi automatizirane sustave zajedno s ručnim metodama.

Pravilna dokumentacija FOD-a omogućuje analizu trendova i potiče poboljšanja u budućim strategijama upravljanja. Sustavi upravljanja sigurnošću igraju ključnu ulogu u zaštiti zračnih luka od nepredvidivog rizika kao što je FOD. Učinkovita prevencija i detekcija FOD-a zahtijeva cjelovit pristup koji uključuje sveobuhvatne metode i suradnju među zračnim lukama.

Primjena QGIS-a kao alata za prikupljanje, analizu i obradu podataka vezanih uz FOD donosi brojne prednosti zračnim lukama. Sustav omogućava precizno mapiranje lokacija na područjima zračne luke, te jednostavno praćenje povijesti detekcije FOD-a.

Neprestano istraživanje i unaprjeđenje tehnika detekcije od velikog su značaja za pružanje adekvatne razine sigurnosti i pouzdanosti zračnog prometa. U konačnici, kontinuirano podizanje svijesti o FOD-u i njegovim rizicima nužno je za očuvanje sigurnosti svih uključenih dionika u operacijama zrakoplova.



## LITERATURA

- [1] Narodne Novine. *Odluka o donošenju Nacionalnog programa sigurnosti u zračnom prometu*. Preuzeto s: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_12\\_141\\_2632.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_12_141_2632.html) [Pristupljeno: 16. srpnja 2023.]
- [2] Skybrary. *Safety Managment System*. Preuzeto s: <https://skybrary.aero/articles/safety-management-system> [Pristupljeno: 16. srpnja 2023.]
- [3] Kenneth Neubauer, Dave Fleet, Manuel Ayres. *A Guidebook for Safety Risk Management for Airports*. Washington, D.C: National Academies; 2015. Preuzeto s: <http://nap.nationalacademies.org/22138> [Pristupljeno: 19. srpnja 2023.]
- [4] Bračić, M. *Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, radni materijali; 2018.
- [5] Safety Managment System Basics. 3. Izdanje. Civil Aviation Safety Authority; 2022. Preuzeto s: [SMS 1 - Safety management system basics \(casa.gov.au\)](https://www.casa.gov.au/sms-1-safety-management-system-basics) [Pristupljeno: 19. srpnja 2023.]
- [6] ACI World. *Airside Safety Handbook*. 4. Izdanje. Geneva: ACI World; 2010. Preuzeto s: <https://skybrary.aero/bookshelf/aci-airside-safety-handbook-4th-edition> [Pristupljeno: 19. srpnja 2023.]
- [7] BDR. *Wildlife hazard managment*. Preuzeto s: <https://www.icao.int/MID/Documents/2018/WHMC-December/2-4%20Wildlife%20Hazards%20Management.pdf> [Pristupljeno: 24. srpnja 2023.]
- [8] Manuel D. Lopez. *Apron, Road Markings & Safety Signs*. Preuzeto s: <https://www.mciaa.gov.ph/Images/Images/SMS/Ramp%20Safety%20Procedures.pdf> [Pristupljeno: 24. srpnja 2023.]
- [9] Pavlin S. *Aerodromi 1*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2006.
- [10] C. Daniel Prather. *Current Airport Inspection Pratices Regarding FOD*. Washington, DC: National Academies of Science; 2011. Preuzeto s: [Current Airport Inspection Practices Regarding FOD \(Foreign Object Debris/Damage\) | The National Academies Press](https://www.nationalacademies.org/pubs/current-airport-inspection-practices-regarding-fod-foreign-object-debris-damage/) [Pristupljeno: 25. srpnja 2023.]
- [11] Federal Aviation Administration. *Assessing risk*. Preuzeto : <https://www.icao.int/mid/documents/2014/wildlife%20and%20fod%20workshop/assessing%20risk%20faa.pdf> [Pristupljeno: 28. srpnja 2023.]
- [12] Egamaster. *FOD*. Preuzeto s: <https://www.egamaster.com/uploads/media/doc/0001/02/4e61558bf300eb462edca9496ae40dbf8a8a0ca.pdf> [Pristupljeno: 29. srpnja 2023.]



[13] Xsight. *FODetect*. Preuzeto s: <https://xsightsys.com/fodetect/> [Pristupljeno: 19. srpnja 2023.]

[14] Geospatial World. *An Overview of GIS History*. Preuzeto s: <https://www.geospatialworld.net/blogs/overview-of-gis-history/> [Pristupljeno: 22. kolovoza 2023.]

[15] Infosys. *The five essential components of GIS*. Preuzeto s: <https://www.infosysbpm.com/blogs/geospatial-data-services/gis-five-essential-components.html> [Pristupljeno: 22. kolovoza 2023.]

[16] Esri GIS Mapping Software

## POPIS KRATICA

- FOD (Foreign Object Debris) strani štetni objekt
- SRM (Safety Risk Management) sustav upravljanja sigurnosnim rizicima
- SRA (Safety Risk Assessment) procjena sigurnosnih rizika
- USS Uzletno-sletna staza
- GPS (Global Navigation System) globalni pozicijski sustav
- GIS (Global Information System) globalni informacijski sustav
- FAA (Federal Aviation Administration) federalna uprava za civilno zrakoplovstvo
- USD (United States Dollar) američki dolar
- RWYCC (Runway condition code) kod stanja uzletno-sletne staze

## POPIS SLIKA

|   |  |
|---|--|
| <b>Slika 1.</b> Struktura SMS sustava .....                           | 3  |
| <b>Slika 2.</b> Matrica rizika .....                                  | 6  |
| <b>Slika 3.</b> Oštećenje motora zrakoplova prilikom udara ptice..... | 11   |
| <b>Slika 4.</b> Sigurna zona.....                                     | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 5.</b> Izgled FOD kontejnera.....                            | 16   |
| <b>Slika 6.</b> Sredstvo za čišćenje stajanke .....                   | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 7.</b> Oštećenje lopatice zrakoplova .....                   | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 8.</b> Oštećenje trupa zrakoplova .....                      | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 9.</b> Oštećenje gume .....                                  | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 10.</b> Mobilni sustav radarske detekcije.....               | 29   |
| <b>Slika 11.</b> Polje skeniranja mobilnih radarskih sustava.....     | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 12.</b> FODetect uređaj.....                                 | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 13.</b> Lokacije senzora .....                               | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 14.</b> QinetiQ radar na zračnoj luci Heathrow ....          | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 15.</b> Prostirka za uklanjanje FOD-a .....                  | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 16.</b> Magnetska šipka .....                                | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 17.</b> Motorni čistač.....                                  | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 18.</b> Vozilo s četkom i vakuumskim sustavom .....          | 39   |
| <b>Slika 19.</b> Izgled sučelja programa GIS.....                     | 43   |
| <b>Slika 20.</b> Opcija new temporary layer .....                     | 44   |
| <b>Slika 21.</b> Izgled prozora novog sloja .....                     | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 22.</b> Novi sloj u prozoru Layers.....                      | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 23.</b> Opcija označavanja .....                             | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 24.</b> Unos i klasifikacija FOD-a na karti.....             | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |
| <b>Slika 25.</b> Lista atributa .....                                 | <b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b> |

POPIS GRAFIKONA

**Grafikon 1.** Osnovni koraci upravljanja sigurnosnim rizikom **Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.**

**Grafikon 2.** Kontinuum opreme koja se koristi za inspekciju ..... 26

**Grafikon 3.** Sistemi u uporabi za detekciju FOD-a..... 35

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad

(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega 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 završnog/diplomskog rada pod naslovom Detekcija opasnih predmeta na manevarskim površinama zračne luke, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, 1. rujna 2023.

Student/ica:  
  
\_\_\_\_\_  
(ime i prezime, potpis)

