

# Prihvat i otprema zrakoplova u zimskim uvjetima

---

**Rajnović, Antun**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:699399>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Antun Rajnović**

**PRIHVAT I OTPREMA ZRAKOPLOVA**  
**U ZIMSKIM UVJETIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2016.**

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet prometnih znanosti**

**ZAVRŠNI RAD**

**PRIHVAT I OTPREMA ZRAKOPLOVA**  
**U ZIMSKIM UVJETIMA**

**AIRCRAFT RAMP HANDLING**  
**IN ADVERSE CONDITIONS**

Mentor: Matija Bračić, mag. ing. traff.

Student: Antun Rajnović, 0135233105

Zagreb, rujan 2016.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI  
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za zračni promet**  
Predmet: **Tehnologija prihvata i otpreme zrakoplova**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 3584**

Pristupnik: **Antun Rajnović (0135233105)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Prihvat i otprema zrakoplova u zimskim uvjetima**

**Opis zadatka:**

U radu je potrebno opisati aktivnosti i prikazati operativne procedure, opremu koje su prisutne u procesu prijvata i otpreme zrakoplova u zimskim uvjetima. Temeljem analize aktivnosti odrediti će se utjecaj na cjelokupan proces.

Zadatak uručen pristupniku: 4. ožujka 2016.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

  
\_\_\_\_\_  
Matija Bračić, dipl. ing.

## **SAŽETAK**

Prije polijetanja zrakoplova u zimskim uvjetima potrebno je osigurati stanje čistog zrakoplova. Kontaminanti na kritičnim površinama zrakoplova moraju biti uklonjeni jer mogu uzrokovati smrzavanje upravljačkih površina, negativno utjecati na aerodinamiku zrakoplova, utjecati na točnost instrumenata potrebnih za let ili oštetiti motor zrakoplova. Odleđivanje zrakoplova obavlja se mehaničkim metodama, fluidima, alternativnim tehnologijama ili kombinacijama navedenih metoda. Zaštita zrakoplova od ponovnog zaleđivanja se obavlja isključivo fluidima. Kako bi se osigurao pravilan proces odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja, osoblje koje sudjeluje u procesu mora biti pravilno osposobljeno, tekućine koje se koriste moraju zadovoljavati određene standarde, a oprema mora biti ispravna. Ispunjenjem tih uvjeta osigurava se sigurnost zrakoplova pri polijetanju u zimskim uvjetima.

**KLJUČNE RIJEČI:** kontaminanti, odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja, tekućine za odleđivanje/zaštitu zrakoplova od zaleđivanja; vrijeme zadržavanja tekućine; kritične površine

## **SUMMARY**

Clean Aircraft Concept should be assured before take-off in winter conditions. Contaminants on critical surfaces must be removed because they can cause freezing on control surfaces, negatively affect the aircraft aerodynamics, affect the accuracy of flight instruments or damage the aircraft engine. De-icing of an aircraft can be performed with mechanical methods, fluids, alternative technologies or combination of this methods. Anti-icing is performed with anti-icing fluids. To assure a correct de/anti-icing process, de/anti-icing personnel must be properly trained, de/anti-icing fluids must meet certain standards and the equipment used must be checked for proper performance. When these requirements are satisfied a safe take off in winter weather conditions is ensured.

**KEYWORDS:** contaminants; de/anti-icing; de/anti-icing fluids; holdover time; critical surfaces

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Prihvat i otprema zrakoplova u zimskim uvjetima .....	2
3. Vrste zaleđivanja i njihov utjecaj na performanse leta .....	4
3.1. Zaleđivanje upravljačkih površina .....	5
3.2. Zaleđivanje instrumenata.....	6
3.3. Zaleđivanje motora i propelera zrakoplova .....	7
4. Metode odleđivanja i zaštite od zaleđivanja.....	8
4.1. Mehaničke metode .....	8
4.2. Fluidi .....	10
4.2.1. Spremanje i kontrola kvalitete fluida .....	12
4.2.2. Vrijeme zadržavanja tekućina.....	15
4.3. Alternativne tehnologije.....	16
4.4. Kombinacije navedenih metoda.....	18
5. Operativne procedure .....	19
5.1. Provjera kontaminiranosti zrakoplova .....	19
5.2. Priprema zrakoplova za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja.....	20
5.3. Postupak odleđivanja i zaštite od zaleđivanja.....	20
5.3.1. Odleđivanje zrakoplova .....	21
5.3.2. Zaštita od zaleđivanja .....	23
5.4. Provjera zrakoplova prije polijetanja .....	25
6. Oprema i površine namijenjene odleđivanju i zaštiti zrakoplova od zaleđivanja .....	27
6.1. Oprema za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja .....	27
6.2. Površine namijenjene odleđivanju i zaštiti zrakoplova od zaleđivanja .....	29
7. Analiza prihvata i otpreme zrakoplova u zimskim uvjetima na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb.....	31
7.1. Let OU414 Zagreb – Frankfurt.....	32
7.2. Let OU654 Zagreb - Split.....	33
7.3. Let OU366 Zagreb – Skopje .....	35
7.4. Let OU664 Zagreb – Dubrovnik .....	36
8. Zaključak.....	38
Literatura .....	40
Popis slika .....	43
Popis tablica .....	44



## 1. Uvod

Tijekom hladnijih, zimskih mjeseci, kada temperatura zraka često pada ispod ništice i kada su oborine poput snijega, leda i mraza česta pojava, potrebno je izvršiti adekvatne radnje odleđivanja zrakoplova i zaštite od zaleđivanja. Postupci odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja su od iznimne važnosti za sigurnost leta u zimskim uvjetima.

Svrha rada je opisati aktivnosti, operativne procedure i opremu koja se koristi u procesu prihvata i otpreme zrakoplova u zimskim uvjetima. Rad je podijeljen u 7 poglavlja:

1. Uvod;
2. Prihvat i otprema zrakoplova u zimskim uvjetima;
3. Vrste zaleđivanja i njihov utjecaj na performanse leta;
4. Metode odleđivanja i zaštite od zaleđivanja;
5. Operativne procedure;
6. Oprema i površine namijenjene odleđivanju i zaštiti zrakoplova od zaleđivanja;
7. Analiza prihvata i otpreme na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb;
8. Zaključak.

U drugom poglavlju definira se pojam kontaminanta te se govori o važnosti pravilnog izvršenja svih zadataka u procesu odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja.

Treće poglavlje definira dijelove zrakoplova osjetljive na pojavu kontaminanta te pojašnjava negativan utjecaj kontaminanta na upravljačkim površinama, instrumentima i motorima zrakoplova.

Odleđivanje zrakoplova mehaničkim metodama, fluidima, alternativnim tehnologijama i kombinacijama objašnjeno je u poglavlju četiri.

U petom poglavlju obrađene su operativne procedure koje se pojavljuju pri odleđivanju i zaštiti zrakoplova od zaleđivanja. Objašnjeno je na koji način se utvrđuje kontaminiranost zrakoplova, proces pripreme zrakoplova za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja, načini i ograničenja u postupku odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja te završne radnje.

U šestom poglavlju obrađena su vozila za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja, osnovni dijelovi vozila, njihove tehničke karakteristike koje moraju zadovoljavati, te površine na kojima se obavlja odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja.

Za kraj je u sedmom poglavlju napravljeno nekoliko analiza primjene tekućina za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb.



## 2. Prihvat i otprema zrakoplova u zimskim uvjetima

Kada na zračnoj luci polaska zrakoplova vladaju zimski meteorološki uvjeti potrebno je, osim uobičajenih radnji prijehata i otpreme zrakoplova, izvršiti i odleđivanje zrakoplova (engl. *de-icing*) i zaštitu od zaleđivanja (engl. *anti-icing*). Navedene aktivnosti produljuju vrijeme opsluživanja zrakoplova, međutim nužne su za sigurnost zrakoplova [1]. Odgovarajuća postrojenja i opremu za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja mora imati svaka zračna luka na kojoj se očekuju zimski uvjeti i svaka zračna luka na kojoj se očekuje opsluživanje zrakoplova na kojem zbog određenih čimbenika može doći do smrzavanja pojedinih dijelova (npr. pojave leda na krilima zbog hladnog goriva u rezervoarima) [2].

Proizvođači zrakoplova proračunavaju i testiraju performanse i letne karakteristike zrakoplova pretpostavljajući da su sve aerodinamične površine zrakoplova glatke i čiste te da su instrumenti u ispravnom stanju. Bilo kakvi kontaminanti na aerodinamičnim površinama, instrumentima zrakoplova i motorima mogu negativno utjecati na performanse zrakoplova [1]. Pojam kontaminanta odnosno zagađenja podrazumijeva naslage:

1. Snijega;
2. Leda;
3. Mraza;
4. Bljuzgavice [3].

Postojanje kontaminanta na zrakoplovu je vrlo opasno zbog toga što može:

- Utjecati na aerodinamične performanse zrakoplova (povećavaju mu masu i otpor, a smanjuju uzgon i narušavaju opstrujavanje zraka);
- Zaglaviti zakrilca, pretkrilca, kormila i ostale površine za upravljanje;
- Utjecati na točnost instrumenata zrakoplova potrebnih za let (ili ih u potpunosti onesposobiti);
- Oštetiti motore zrakoplova;
- Utjecati na vidljivost iz pilotske kabine [4].

Pojava kontaminanta na aerodinamičnim površinama, kao i na instrumentima, može rezultirati smanjenom upravljivošću zrakoplovom, a u krajnjem slučaju potpunim gubitkom kontrole te pad zrakoplova [1]. Mnogo čimbenika utječe na pojavu kontaminanta na zrakoplovu, a neki od njih su:

- Ambijentalna temperatura;
- Temperatura oplata zrakoplova;
- Udio oborina;
- Temperatura tekućine za odleđivanje/zaštitu zrakoplova od zaleđivanja;
- Udio vode u tekućinama za odleđivanje/zaštitu zrakoplova od zaleđivanja;
- Vlažnost zraka;
- Brzina i smjer vjetrova [2].

Ovlaštena osoba koja je prošla odgovarajući trening za rad u zimskim uvjetima (kontrolor *de/anti-icinga*, mehaničar zračnog prijevoznika, predstavnik kompanije ili osoba ovlaštena od vlasnika/operatora zrakoplova) mora pregledati ima li na zrakoplovu kontaminanta. Pregled se obavlja prema pripadajućoj „Knjizi održavanja strukture zrakoplova“ i prema zahtjevima prijevoznika. Odgovornost za donošenje odluke o potrebi i načinu odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja je na kontroloru *de/anti-icinga* i kapetanu zrakoplova, međutim konačnu odluku o tome je li odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja potrebna donosi kapetan zrakoplova [3].

Prema pravilima zračnog prijevoznika *Croatia Airlines* kapetan zrakoplova ne smije uzletjeti ako:

1. Na krilima, stabilizatorima, kontrolnim površinama ima snijega, leda ili bljuzgavice, te ako ima mraza na gornjim površinama krila, stabilizatora i kontrolnih površina;
2. Na propelerima, vjetrobranima, električnim instalacijama, visinomjeru i ostalim instrumentima ima snijega, leda, bljuzgavice ili mraza [4].

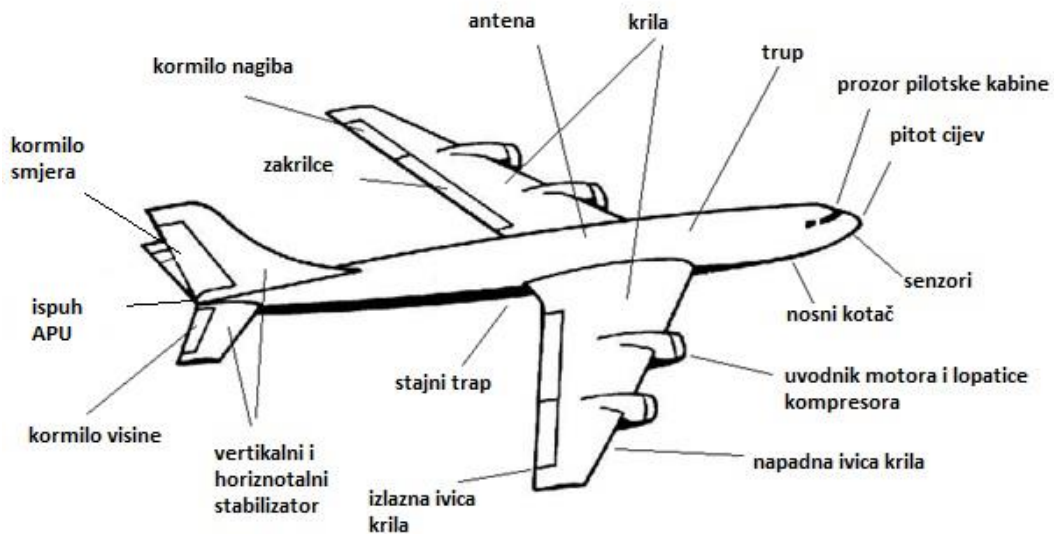
Svi zračni prijevoznici imaju ista ili slična pravila kojih se kapetani zrakoplova moraju pridržavati.

O važnosti pravilnog osposobljavanja osoblja, provođenja odgovarajućih treninga te pravilnog izvršenja procesa odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja svjedoči nekoliko zrakoplovnih nesreća koje su se kroz povijest dogodile. Jedna od njih je nesreća zrakoplova McDonnell Douglas MD-81 prijevoznika *Scandinavian Airlines System (SAS)* koja se dogodila u Stockholmu 1991. godine. Nakon odleđivanja zrakoplova ovlašteni mehaničar koji je pregledavao zrakoplov nije primijetio da se na gornjoj površini krila formirao takozvani prozirni ili čisti led. Tijekom polijetanja i penjanja dio leda se odvojio od krila zrakoplova te su ga motori zrakoplova usisali. Usisom leda došlo je do kvara i zapaljenja oba motora te je kapetan zrakoplova morao prisilno sletjeti nakon 91 sekunde leta. Pilot zrakoplova uspio je sletjeti na livadu u blizini. Zrakoplov je bio uništen od udaraca u stabla i zapalio se, ali svih 122 putnika i 7 članova posade je preživjelo nesreću [5]. Ova nesreća je samo jedan od primjera koji dokazuje da osoblje koje sudjeluje u bilo kojoj fazi odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja mora biti adekvatno školovano i da nema mjesta pogreškama u nijednoj fazi odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja.

### 3. Vrste zaleđivanja i njihov utjecaj na performanse leta

Zrakoplov je vrlo kompleksan sustav te je za njegovo pravilno funkcioniranje potreban normalan i neometan rad svih njegovih podsustava. Pojava kontaminanta na osjetljivim dijelovima zrakoplova može utjecati na rad tih podsustava te nepovoljno utjecati na performanse zrakoplova. Podsustavi osjetljivi na pojavu kontaminanta (slika 1.) su:

- Nos zrakoplova u kojem se nalaze razni senzori;
- Trup zrakoplova, vrata putničke kabine i prozor pilotske kabine;
- Krila i vertikalni i horizontalni stabilizatori;
- Upravljačke površine;
- Pitot cijev i statički otvori;
- Stajni trap, nosni kotač te vrata podvozja;
- Antene;
- Ostale aerodinamične površine;
- Jedinica pomoćnog napajanja (engl. *Auxiliary Power Unit* – APU);
- Motori (uvodnici i lopatice kompresora) [1].



Slika 1. Dijelovi zrakoplova osjetljivi na zaleđivanje

Izvor: [6]

Razlikuju se tri glavne vrste zaleđivanja:

1. Zaleđivanje upravljačkih površina;
2. Zaleđivanje instrumenata za mjerenje parametara leta zrakoplova;
3. Zaleđivanje dijelova motora zrakoplova [1].

### 3.1. Zaleđivanje upravljačkih površina

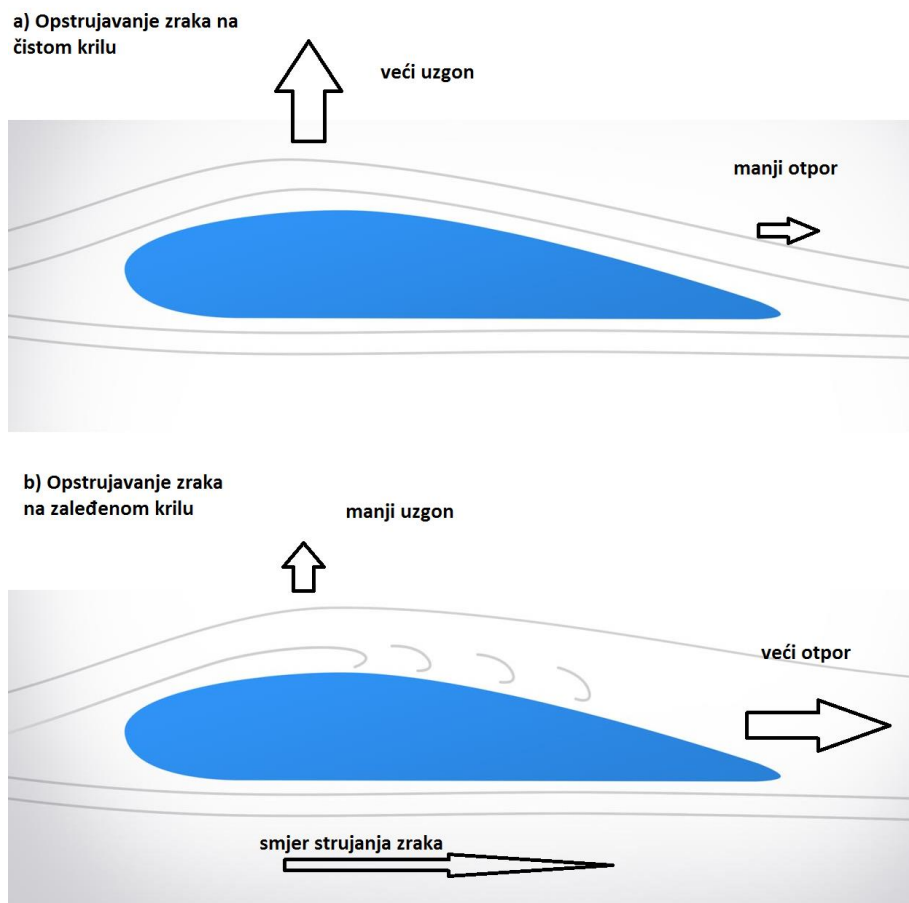
Zaleđivanje upravljačkih površina može se promatrati sa dva stajališta:

1. Zaleđivanje pomičnih upravljačkih površina;
2. Akumulacija kontaminanta u međuprostoru između pomičnih i fiksnih upravljačkih površina [1].

Upravljačke površine podrazumijevaju dijelove zrakoplova poput krila, stabilizatora, kormila, pretkrilca, zakrilca itd. Zaleđivanje tih površina narušava aerodinamična svojstva te povećava ukupnu masu zrakoplova [1].

Krila zrakoplova i odgovarajuće repne površine su dijelovi zrakoplova koji osiguravaju silu uzgona. Pojavom leda na tim površinama dolazi do poremećaja kod opstrujavanja zraka što poremećuje aerodinamiku zrakoplova. Smanjuje se laminarno strujanje, a povećava se turbulentno (slika 2.). Time se smanjuje sila uzgona. Napadne ivice krila te vertikalni i horizontalni stabilizatori su najkritičniji elementi u pogledu protoka zraka oko zrakoplova [1].

Pojava leda na napadnim ivicama krila može uzrokovati zamrzavanje pretkrilca i tako onemogućiti njihovo izvlačenje. Time se smanjuje potrebna površina za opstrujavanje zraka te može doći do smanjenja uzgona ili sloma uzgona. Iste posljedice se javljaju i kod zamrzavanja zakrilaca. Zamrzavanjem kormila smjera, visine ili nagiba dolazi do smanjenja upravljivosti ili do potpunog gubitka kontrole nad zrakoplovom [1].



Slika 2. Opstrujavanje zraka na čistom i zaleđenom krilu

Izvor: [7]

Postoji i mogućnost stvaranja kontaminanta u slobodnom prostoru između pomičnih dijelova upravljačkih površina i nepomičnih što ima isti efekt kao i direktno zamrzavanje samih upravljačkih površina [1].

Osim što zaleđivanje upravljačkih površina utječe na upravljivost zrakoplovom, ono utječe i na povećanje ukupne mase zrakoplova. To rezultira povećanjem potrebne snage motora pri polijetanju te smanjenjem ukupne mase plaćenog tereta [1].

### 3.2. Zaleđivanje instrumenata

Zaleđivanjem mjernih instrumenata poput pitot cijevi, senzora temperature, statičkog otvora i slično, može dovesti do otkaza instrumenta ili davanja netočnih informacija. Osobito su opasne netočne informacije koje instrument može dati (npr. netočna brzina leta zrakoplova ili netočna visina leta) jer na temelju tih informacija pilot može donijeti pogrešnu odluku koja može dovesti do gubitka zrakoplova [1].

### 3.3. Zaleđivanje motora i propelera zrakoplova

Tijekom leta zrakoplova, uvodnik motora i lopatice kompresora zaštićene su od zamrzavanja zbog vrlo visokih temperatura koje se stvaraju unutar mlaznog motora, međutim do zamrzavanja spomenutih dijelova može doći uslijed duljeg stajanja zrakoplova na stajanci u zimskim uvjetima. Led na uvodniku može dovesti do nepravilnog usisavanja zraka u motor zbog čega se javljaju vibracije motora tijekom leta. Opasno je i odvajanje leda sa uvodnika i sa lopatica kompresora. Usisavanje leda tijekom rada motora može za posljedicu imati potpuno uništenje motora [1].

Kod turbo propelerskih motora postoji mogućnost zaleđivanja propelera tijekom duljeg boravka zrakoplova na stajanci. Zaleđivanje propelera nije jednoliko po cijeloj površini propelera već je izraženije na nižim kracima, kao što je prikazano na slici 3. Startanje takvog motora može uzrokovati vibracije motora, pomicanje centra gravitacije što deformira osovinu i u najgorem slučaju dolazi do pucanja propelera [1].



*Slika 3. Zamrznuti propeler motora zrakoplova*

Izvor: [8]

## 4. Metode odleđivanja i zaštite od zaleđivanja

Postupkom odleđivanja zrakoplova uklanjaju se kontaminanti sa zrakoplova kako bi se postigla čista površina [3]. Četiri su osnovna načina uklanjanja kontaminanta sa površina zrakoplova:

1. Mehaničke metode;
2. Fluidi;
3. Alternativne tehnologije;
4. Kombinacije navedenih metoda [9].

Koja metoda će se koristiti ovisi količini kontaminanta na zrakoplovu, raspoloživoj opremi te odluci kapetana i kontrolora *de-icinga* [9].

Postupkom zaštite zrakoplova od zaleđivanja štiti se zrakoplov od stvaranja i zadržavanja kontaminanta na površinama jedno ograničeno vrijeme. Izvodi se isključivo fluidima za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja [3].

Ako na zračnoj luci prilikom otpreme zrakoplova vladaju takvi meteorološki uvjeti da dolazi do zaleđivanja kritičnih dijelova zrakoplova ili nakupljanja kontaminanta, kapetan zrakoplova ne smije poletjeti. Prije polijetanja se mora osigurati tzv. stanje čistog zrakoplova (engl. *Clean Aircraft Concept*) što znači da sve kritične površine moraju biti adekvatnim postupkom odleđene i, ako je potrebno, zaštićene od zaleđivanja adekvatnim fluidom [2]. Nakon polijetanja, sustavi protiv zaleđivanja kojim je zrakoplov opremljen štite zrakoplov od moguće pojave leda zbog niskih temperatura koje vladaju na većim visinama [10].

### 4.1. Mehaničke metode

Mehaničke metode nazivaju se još i ručnim metodama. Ručno čišćenje zrakoplova može se izvršiti pomoću četki, metli, strugala i pomoću kompresora koji puše topli zrak (slika 4.) [11]. Metle, četke i strugala kakva se koriste imaju izrazito duge drške, kako bi radnik lakše dospio do daljih područja. Potrebno je vrlo oprezno pristupiti ručnom čišćenju zrakoplova pogotovo kada se čiste osjetljivi dijelovi poput: pitot cijevi, senzora, navigacijskih antena i sl. Ti dijelovi zrakoplova su vrlo osjetljivi na oštećenja. Također treba pripaziti da se kontaminanti koji se uklanjaju ne guraju u međuprostore. Npr. prilikom uklanjanja snijega sa krila treba paziti da se snijeg ne ugura u međuprostor između pretkrilca i krila i slično [12].



*Slika 4. Metla za ručno čišćenje kontaminanta sa zrakoplova*

Postoje dvije sistema odleđivanja zrakoplova kompresorom koji puše topli zrak. Jedan sistem funkcionira na način da isporučuje veliku količinu toplog zraka pri malom pritisku. Takvi se sustavi često koriste kod odleđivanja lopatica kompresora motora zrakoplova. Drugi sistem funkcionira na principu visokotlačnog toplog zraka. Takav sistem je vrlo učinkovit kod uklanjanja tankih naslaga suhog snijega. Za uklanjanje većih naslaga može se koristiti i u kombinaciji s tekućinama za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja, na način da se tekućine ubrizgaju u protok visokotlačnog zraka. Ovakav način odleđivanja zrakoplova jeftiniji jer se smanjuje ili u potpunosti eliminira potrošnja tekućina za odleđivanje. Neki zračni prijevoznici još uvijek ne dozvoljavaju odleđivanje svojih zrakoplova visokotlačnim toplim zrakom [13].

Nakon svakog ručnog odleđivanja, površine zrakoplova moraju biti pregledane te je potrebno odlučiti da li je potreban daljnji tretman tekućinama za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja. Mehaničko čišćenje zrakoplova ne smije se smatrati postupkom zaštite zrakoplova od zaleđivanja [11].

Za zaštitu od zamrzavanja i nakupljanja kontaminanta još se koriste različite navlake koje se postavljaju preko krila i preko propelera zrakoplova. To nije česta praksa na komercijalnim zrakoplovima, ali često se može vidjeti na manjim zrakoplovima generalne avijacije (slika 5.). Njihovom primjenom smanjuje se nakupljanje kontaminanta na dijelovima zrakoplova što rezultira bržim odleđivanjem zrakoplova.





*Slika 5. Navlaka protiv smrzavanja krila zrakoplova*

Izvor: [14]

#### 4.2. Fluidi

Za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja koriste se i tekućine za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja. Postoje 4 tipa tekućine za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja koja su u upotrebi:

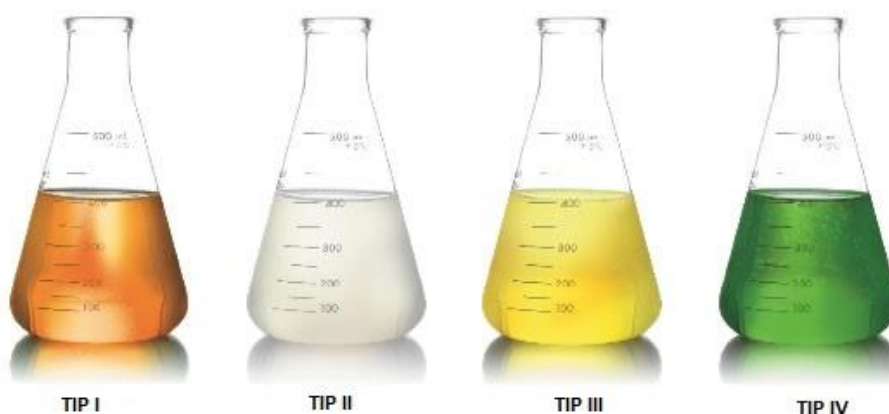
1. Tekućina TIP I;
2. Tekućina TIP II;
3. Tekućina TIP III;
4. Tekućina TIP IV [1].

Navedene tekućine se još mogu podijeliti u dvije skupine:

1. Ne zgusnuti fluidi;
2. Zgusnuti fluidi [3].

Tekućina TIP I pripada skupini ne zgusnutih fluida jer ne sadrži ugušćivač. Oko 80% ukupnog težinskog dijela tekućine TIP I čini glikol (monoetilen glikol, dietilen glikol, monopropilen glikol ili mješavina ovih tipova glikola). Ostatak čine voda i različiti aditivi [2]. S obzirom da je tekućina TIP I rijetka, ona će vrlo brzo iscuriti sa površine zrakoplova na koju na nanesea i ostvaruje malu zaštitu. Iz tog razloga se tekućina ovog tipa koristi prvenstveno za odleđivanje zrakoplova. Za efektivno obavljanje odleđivanja zrakoplova ova tekućina mora biti zagrijana i temperatura na mlaznici raspršivača mora biti minimalno 60 °C. Narančaste je boje [3]. Tekućina TIP I dolazi u obliku koncentrata i ne bi se trebala koristiti ne razrijeđena. Ovisno o proizvođaču, udio ove tekućine u mješavini s vodom bi trebao biti najviše 75% [15].

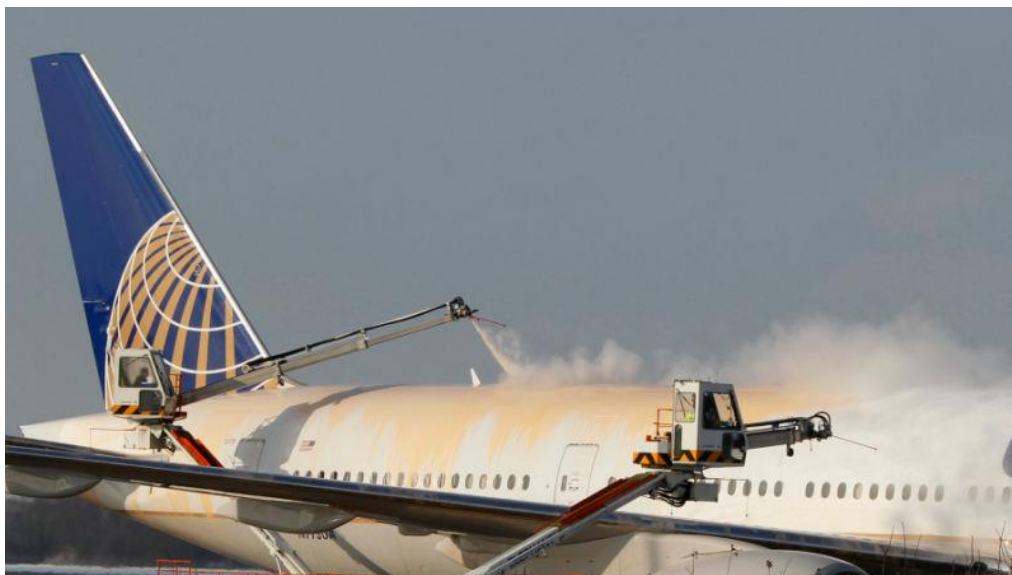
U skupinu zgusnutih fluida pripadaju tekućine TIP II, TIP III, i TIP IV. Oko 50% ukupnog težinskog dijela ovih tekućina čini glikol ili mješavina različitih vrsta glikola, kao i kod tekućine TIP I. Ostatak čine voda, različiti aditivi i ugušćivač [3]. Zgusnuti fluidi pogodni su za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja, ako se upotrebljavaju nerazrijeđeni. Razrijeđeni vodom se koriste za odleđivanje, ali i za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja u slučaju da ambijentalna temperatura nešto viša. Grijanjem ovih fluida smanjuje se njihov viskozitet, pa se za potrebe zaštite zrakoplova od zaleđivanja zgusnuti fluidi ne griju, dok se za odleđivanje primjenjuju zagrijani. Tekućine TIP II, III, i IV su slične, no razlikuju se po kemijskom sastavu, viskoznosti, vremenu zadržavanja i mogu imati različitu najnižu temperaturu primjene [2]. Tekućina TIP IV ima dulje vrijeme zadržavanja nego tekućine TIP II i III, dok tekućina TIP III ima manji viskozitet od ostalih zgusnutih tekućina zbog čega je pogodna za primjenu na turbo propellerskim zrakoplovima [3]. Boje tekućina TIP II, III i IV su također standardizirane. TIP II je bijele boje, TIP III žute dok je tekućina TIP IV zelene boje (slika 6.) [15].



*Slika 6. Boje tekućina za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja*

Izvor: [16]

Sastavi tekućina za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja različitih proizvođača variraju, no klasifikacija tekućina mora zadovoljavati standarde propisane od „Udruženja automobilskih inženjera“ (engl. *Society of Automotive Engineers – SAE*). Boje tekućina su također standardizirane, međutim na zahtjev kupca tekućina može biti bezbojna [3]. Razlog bojanja tekućine je lakša vidljivost tijekom procesa prskanja i bolja mogućnost provjere filma tekućine koji se stvara i prekriva površine zrakoplova nakon čišćenja i zaštite od zaleđivanja (slika 7.) [1].



*Slika 7. Odleđivanje zrakoplova obojanom tekućinom TIP I*

Izvor: [17]

Listu ovlaštenih fluida za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja svake godine izdaju „Transport Kanada“ (engl. *Transport Canada* – TC) i „Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo“ (engl. *Federal Aviation Administration* - FAA) [2].

#### 4.2.1. Spremanje i kontrola kvalitete fluida

Za spremanje i pretakanje tekućina za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja koriste se odvojeni spremnici i sustavi za prijenos, kako bi se izbjeglo miješanje s drugim tekućinama. Pravilno označeni spremnik, od nehrđajućeg materijala, za tekućinu TIP IV, kakav se koristi na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb (MZLZ) prikazan je na slici 8. Postrojenje za prijenos tekućina na MZLZ prikazano je na slici 9, a vidljivo je da su i cijevi obojane radi lakšeg snalaženja djelatnika i smanjenja mogućnosti pogreške pri pretakanju tekućina. U cijevima zelene boje nalazi se tekućina TIP IV koja je isto zelene boje, dok je u narančastim cijevima tekućina TIP I. Spremnici moraju biti zatvoreni kako voda, koja je sastavni dio fluida, ne bi hlapila. Spremnici i sustavi za prijenos moraju biti od materijala i konstrukcije kakvu je preporučio proizvođač fluida. Preporučaju se spremnici otporni na koroziju jer korozija može prouzročiti degradaciju fluida TIP II i TIP IV. Spremnici i svi priključci moraju biti propisno označeni kako bi se spriječilo moguće miješanje različitih tipova fluida. Zabranjeno je miješanje različitih tipova tekućina, pa čak i istih tipova tekućina, ali različitih proizvođača. Miješanjem različitih tekućina može doći do kidanja strukture fluida i smanjenja viskoziteta [3].



*Slika 8. Spremnik za tekućinu TIP IV na MZLZ*



*Slika 9. Postrojenje za prijenos tekućina za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja na MZLZ*

Za osiguranje sigurnog i kvalitetnog postupka odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja bitno je da kvaliteta tekućina bude u granicama propisanim od proizvođača. Do smanjenja kvalitete može doći zbog učestalih mehaničkih djelovanja (pretakanja), kemijskog djelovanja korozije, pregrijavanja tekućine itd. Kvaliteta se provjerava na zračnoj luci i u laboratorijima. Za provjeru kvalitete fluida koriste se:

- Refraktometar;
- Uređaj za mjerenje pH vrijednosti ili lakmus papir;
- Metoda „tri kuglice“;
- Viskozimetar [3].

Refraktometar može biti analogni ili digitalni. Njime se očitava refraktni indeks tekućine koja mora biti u granicama propisanim od proizvođača tekućine [3].

Provjera pH vrijednosti tekućine radi se lakmus papirom ili kalibriranim instrumentom za mjerenje pH vrijednosti [3].

Metoda „tri kuglice“ i viskozimetar služe za mjerenje viskoziteta tekućine [3].

Provjera kvalitete tekućina obavezna je u slijedećim slučajevima:

- Prilikom dostave nove tekućine i prije pretakanja u spremnike;
- Neposredno prije početka sezone i u sredini sezone odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja;
- Dnevne kontrole prilikom prskanja;
- Na zahtjev prijevoznika uključenog u proces;
- U izvanrednim slučajevima (u slučaju sumnje na kvalitetu tekućina) [3].

Uzorci za provjeru kvalitete tekućina uzimaju se iz:

- Svih spremnika za skladištenje određenog tipa tekućine;
- Priključka za punjenje vozila;
- Spremnika vozila;
- Svih mlaznica na vozilu [3].

U slučaju bilo kakve sumnje u kvalitetu tekućina za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja, te kada se radi provjera tekućina prije i usred sezone potrebno je poslati uzorke tekućina na laboratorijsko ispitivanje [3]. U prilogu 1 prikazan je rezultat laboratorijskog ispitivanja tekućine TIP IV sa Međunarodne zračne luke Zagreb.

Ako se prilikom dnevne kontrole pomoću refraktometra utvrdi da refraktni indeks nije unutar propisanih granica, preostala tekućina iz testiranog spremnika se ne smije koristiti za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja, ali smije za odleđivanje. Ako se radi o tekućini iz spremnika vozila kojim se obavlja odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja, vozilo se stavlja izvan uporabe te se šalje na popravak, a tekućina iz tog spremnika se smije koristiti samo za

odleđivanje. Mora se utvrditi uzrok koji degradira tekućinu i ukloniti. Nakon popravka mora se ponovno analizirati tekućina iz spremnika vozila [3].

Kontrola tekućina mora biti provedena u skladu s preporukama i standardima „Udruge europskih zrakoplovnih kompanija“ (engl. *Association of European Airlines - AEA*), „Međunarodne organizacije za standardizaciju“ (engl. *International Standardization Organization – ISO*) i SAE [3].

#### 4.2.2. Vrijeme zadržavanja tekućina

Vrijeme zadržavanja tekućine (engl. *Holdover time – HOT*) je procijenjeno vrijeme u kojem će tekućina za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja sprječavati nastanak leda i mraza te zadržavanje i skupljanje snijega na tretiranim površinama. Ova vremena su dobivena na način da su tekućine testirane na različite uvjete koji se mogu javljati u zimskom periodu [2]. Vremena zadržavanja tekućina se upisuju u tablice koje mogu biti generičke (tablica 1.) i originalne. Generičke se koriste za više tipova tekućina, a originalne se koriste za jedan tip tekućine za točno definirane uvjete [1]. Zračni prijevoznici odlučuju koje će se tablice koristiti za procedure na njihovim zrakoplovima. Vremena iz tablica zadržavanja tekućine namijenjena su za općenitu informaciju i treba ih koristiti kao vodilju. U praksi vrijeme zadržavanja tekućine može biti duže ili kraće od vremena navedenih u tablici. Duže vrijeme zadržavanja se računa u uvjetima lakšeg smrzavanja. Kraće vrijeme zadržavanja se računa u težim vremenskim uvjetima. Na smanjenje vremena zadržavanja tekućine utječu:

- Teže naslage kontaminanta;
- Veća koncentracija vlage u zraku;
- Jači vjetar;
- Ispušni mlaz iz motora zrakoplova;
- Niža temperatura oplata zrakoplova od ambijentalne temperature [3].

Tablice vremena zadržavanja tekućine podijeljene su na dva dijela. U prvom dijelu je opisana odgovarajuća procedura i primjena tekućine te omjer smjese s obzirom na odgovarajuću ambijentalnu temperaturu. U drugom dijelu je opisana zavisnost vremena zadržavanja s obzirom na okolnu temperaturu i vrstu oborina [1].

Vrijeme zadržavanja tekućine počinje od trenutka nanošenja tekućine za zaštitu od zaleđivanja na površinu zrakoplova [1].

Tablica 1. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP IV koja vrijedi za metalne i kompozitne površine

① Vanjska temperatura °C	Tip IV mješavina ADF/voda %	Procijenjeno vrijeme trajanja zaštite u različitim vremenskim uvjetima (sat:minuta)					
		Magla koja se ledi	② Snijeg/zrnat snijeg/kuglice snijega	③ Rosa koja se ledi	Laka ledena kiša	Kiša na pothlađeno krilo	④⑤ Ostalo
-3 i iznad	100/0	1:30 - 2:25	0:35 - 1:10	0:50 - 1:30	0:35 - 0:50	⑥ 0:10 - 1:25	<b>OPREZ:</b> Ne postoje procijenjena vremena trajanja zaštite!
	75/25	1:25 - 2:40	0:30 - 1:05	0:50 - 1:15	0:30 - 0:45	⑥ 0:09 - 1:15	
	50/50	0:25 - 0:40	0:09 - 0:15	0:15 - 0:25	0:09 - 0:15		
ispod -3 do -14	100/0	0:20 - 1:20	0:25 - 0:50	⑦ 0:25 - 1:10	⑦ 0:15 - 0:25		
	75/25	0:25 - 0:50	0:20 - 0:40	⑦ 0:15 - 1:05	⑦ 0:15 - 0:25		
ispod -14 do -23 ili LOUT	100/0	0:15 - 0:40	0:15 - 0:30				

- ① Treba se poštivati najniža temperatura primjene (LOUT). Razmotriti uporabu Tip I fluida kada se Tip IV ne može koristiti.  
 ② U uvjetima lakše «kiše i snijega» uotrijebiti vremena «lake ledene kiše».  
 ③ Treba upotrijebiti vremena pod "Laka ledena kiša" ako se "Sitna kiša koja se ledi", ne može točno odrediti.  
 ④ Ostali vremenski uvjeti: Gusti, teški snijeg, tuča, osrednja ili jaka ledena kiša.  
 ⑤ Vremena za mraz u stvaranju prikazana su u Tabeli 1  
 ⑥ Za temperature 0° C i ispod nema procijenjenog vremena trajanja zaštite.  
 ⑦ Za temperature ispod -10°C nema procijenjenog vremena trajanja zaštite.

Izvor: [3]

Za određene meteorološke uvjete (jaka ledena kiša, tuča, gusti i teški snijeg, itd.) ne postoji procijenjeno vrijeme zadržavanja pojedinog tipa tekućine za odleđivanje ili zaštitu zrakoplova. U takvim vremenskim uvjetima fluidi za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja mogu biti potpuno neučinkoviti, pa kapetani zrakoplova ne bi trebali polijetati u takvim uvjetima [18].

Tekućina TIP I zbog svojih svojstava ima vrlo kratko vrijeme zadržavanja te se iz tog razloga najčešće koristi za odleđivanje. Povećanjem koncentracije tekućine TIP I u smjesi neće se dobiti dulje vrijeme zadržavanja. Zgusnuti fluidi TIP I, II i III imaju puno dulje vrijeme zadržavanja jer stvaraju zaštitni film na tretiranim površinama. Sa zgusnutim tipovima fluida najdulje vrijeme zaštite se dobiva uporabom nerazrijeđenih fluida [4].

Da bi tablica vremena zadržavanja tekućina bila važeća, tekućine odnosno mješavine moraju imati dovoljno nisku točku smrzavanja. Kod mješavine tekućine TIP I temperatura smrzavanja mješavine mora biti najmanje 10 °C niža od ambijentalne temperature. Npr. ako je ambijentalna temperatura -3 °C mješavina tekućine TIP I mora imati točku smrzavanja najmanje -13 °C. Kod zgusnutih fluida ta razlika mora iznositi minimalno 7 °C. Točke smrzavanja definira proizvođač fluida u tablicama [15].

#### 4.3. Alternativne tehnologije

Postoji nekoliko alternativnih načina odleđivanja zrakoplova koji su u fazi istraživanja i razvoja ili se koriste na manjem broju zračnih luka. Najpoznatiji alternativni način odleđivanja zrakoplova je odleđivanje infracrvenom tehnologijom. Razvijen je u Sjevernoj Americi i tamo

se pretežito i koristi. Nekoliko zračnih luka je opremljeno ovim sustavom odleđivanja zrakoplova od kojih je najveća Međunarodna zračna luka John F. Kennedy u New Yorku. Zasad jedina europska zračna luka koja je opremljena infracrvenom tehnologijom odleđivanja je Zračna luka Oslo [19]. Razlog zašto više zračnih luka nije implementiralo ovakvu tehnologiju odleđivanja je to što ova tehnologija zahtjeva veliku površinu za hangar u kojem se vrši odleđivanje. Hangar može biti visok i do 30m, pa zato ne smije biti smješten blizu uzletno sletne staze, kao što mogu biti stajanke za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja [20].

Odleđivanje infracrvenom tehnologijom funkcionira na način da se na krovu hangara (s unutarnje strane) nalaze ploče (grijači) koje emitiraju infracrvenu svjetlost (slika 10.). Kada se zrakoplov pozicionira u hangaru, prvo se infracrvenom tehnologijom utvrdi kontaminiranost zrakoplova. Zatim se upale infracrveni grijači koji ne griju zrak, nego prodiru kroz naslage kontaminanta i uzrokuju gibanje njihovih molekula, što stvara toplinu i topi kontaminante. Nakon odleđivanja infracrvenom tehnologijom, zrakoplov se može, ako je potrebno, zaštititi tekućinom za zaštitu od zaleđivanja [19].

Odleđivanje infracrvenom tehnologijom je jeftiniji način odleđivanja u odnosu na odleđivanje fluidom. Troškovi prijevoznika time su manji, a i smanjuje se negativan utjecaj koji ostaci tekućina mogu imati na podzemne vode i tlo [19].

Iako se odleđivanje infracrvenom tehnologijom pokazalo kao jeftin i siguran način odleđivanja još uvijek nije prihvaćen kod svih zračnih prijevoznika [19].



*Slika 10. Hangar za odleđivanje zrakoplova infracrvenom tehnologijom*

Izvor: [20]



#### 4.4. Kombinacije navedenih metoda

Postoje i kombinacije mehaničkih metoda, fluida i alternativnih metoda. One se najčešće koriste ako se na zrakoplovu nalazi velika količina kontaminanta. Prvo se mehaničkim ili alternativnim metodama ukloni veći dio kontaminanta, a zatim se tekućinama za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja vrši daljnje odleđivanje i zaštita zrakoplova. Time se značajno smanjuje količina potrebne tekućine i smanjuje se vrijeme potrebno za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja [11].

## 5. Operativne procedure

Operativne procedure prilikom odleđivanja i zaštite od zaleđivanja zrakoplova su:

1. Provjera kontaminiranosti zrakoplova;
2. Priprema zrakoplova za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja;
3. Postupak odleđivanja i zaštite od zaleđivanja;
4. Provjera zrakoplova prije polijetanja [4].

Neophodno je prije početka odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja provjeriti ispravnost opreme i sredstava uključenih u proces. Provjerava se ispravnost vozila za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja, osobne zaštitne opreme i fluida koji će se koristiti u postupku [3].

### 5.1. Provjera kontaminiranosti zrakoplova

Prije početka odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja potrebno je provjeriti postojanje leda, mraza, snijega i drugih kontaminanta na zrakoplovu. Provjeravaju se svi dijelovi osjetljivi na pojavu kontaminanta i sve kritične površine. Kapetan zrakoplova je taj koji u konačnici odlučuje o tome da li je potrebno izvršiti odleđivanje/zaštitu zrakoplova ili nije potrebno. Svoju odluku donosi u suradnji s letačkom posadom i kvalificiranim aerodromskim osobljem [1].

Prilikom pripreme za polazak svaki zrakoplov mora biti pregledan, od ovlaštene i kvalificirane osobe, ako na zračnoj luci prevladavaju zimski uvjeti. U slučaju da zrakoplov nije kontaminiran neće biti potrebe za odleđivanjem. U slučaju da se utvrdi postojanje kontaminanta na zrakoplovu, potrebno je uputiti zahtjev za odleđivanjem zrakoplova i bit će primijenjeni odgovarajući postupci [3]. Postojanje određenih kontaminanta, poput inja, je na pojedinim zrakoplovima dozvoljeno prema „Knjizi održavanja zrakoplova“, no samo u određenim količinama i na određenim površinama i nije ih potrebno uklanjati. Postojanje kontaminanta utvrđuje se fizičkim pregledom zrakoplova i dodirnom ako je potrebno. Osoba koja pregledava zrakoplov mora imati jasan i neometan pogled na područja koja pregledava [4]. Razvoj tehnologije omogućio je i primjenu novih načina pregleda zrakoplova. Na nekim zračnim lukama za utvrđivanje postojanja kontaminanta na zrakoplovu koriste se tehnologije bazirane na sensorima i infracrvenim kamerama. Takve tehnologije se najčešće koriste kao pomoćna sredstva pri vizualnom pregledu zrakoplova [21]. Područja koja ovlaštena osoba pregledava su sve aerodinamične površine, trup zrakoplova, motori, pitot cijev i statički otvori, podvozje, vrata podvozja, antene, senzori i ostale površine koje je proizvođač zrakoplova i operater zrakoplova propisao [1]. Ako se utvrdi postojanje leda na lopaticama kompresora motora ili na uvodnicima, mora se ukloniti sav led prije startanja motora. Uklanjanje leda se obavlja vrućim zrakom ili na način kako to preporučuju proizvođač motora i zrakoplova [3].

## 5.2. Priprema zrakoplova za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja

Priprema zrakoplova uključuje zatvaranje svih vrata i prozora kako tekućina za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja ne bi dospjela u unutrašnjost zrakoplova. Ako postoji led ili snijeg oko vrata putničke kabine zrakoplova, on mora biti uklonjen prije zatvaranja vrata kako ne bi došlo do smrzavanja vrata i time se onemogućilo njihovo otvaranje [9]. Prije početka odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja potrebno je postaviti kontrolne površine (kormila visine, smjera, zakrilca itd.) u odgovarajuće položaje kako je propisao proizvođač zrakoplova. To je potrebno učiniti kako bi tekućine za odleđivanje i zaštitu imale čim više efekta na te površine. Priprema zrakoplova također uključuje vuču zrakoplova do stajanke za odleđivanje, ako se zrakoplov već tamo ne nalazi [4].

## 5.3. Postupak odleđivanja i zaštite od zaleđivanja

Prije početka odleđivanja/zaštite zrakoplova *de-icing* operater mora informirati posadu zrakoplova o vrsti postupka koji će se primijeniti, tipu fluida i površinama koje su kontaminirane i koje je potrebno tretirati. *De-icing* operater i kapetan zrakoplova moraju usuglasiti:

- Vrstu postupka (jednostupanjski ili dvostupanjski);
- Tip fluida;
- Površine koje se moraju tretirati;
- Posebne zahtjeve (lokalno odleđivanje/zaštita od zaleđivanja, odleđivanje podvozja, odleđivanje lopatica kompresora itd.) [3].

U slučaju bilo kakvih nesuglasica ili neslaganja oko postupka, konačnu odluku donosi kapetan zrakoplova. Odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja smiju početi tek kada kapetan zrakoplova odobri postupak [3].

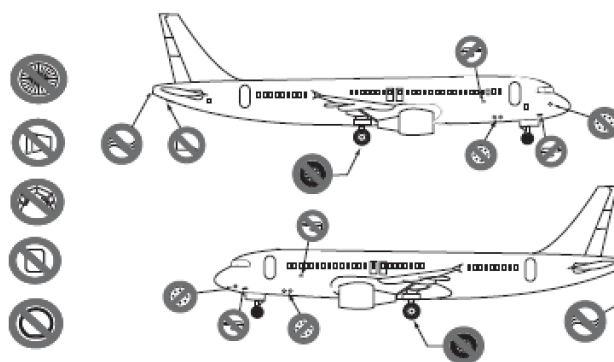
Ako je na zrakoplovu potrebno obaviti i odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja to može biti obavljeno u jednom ili u dva koraka. Odleđivanje/zaštita u jednom koraku podrazumijeva istovremeno odleđivanje zrakoplova te zaštitu od zaleđivanja mješavinom određene tekućine i vode (ili samo tekućinom). Odleđivanje/zaštita u dva koraka podrazumijeva da se prvo izvrši odleđivanje zrakoplova određenom metodom, a zatim da se zrakoplov zaštiti fluidom od ponovnog zaleđivanja [9]. U dvo-stupanjskom postupku, postupak zaštite zrakoplova od zaleđivanja mora početi prije nego dođe do zamrzavanja tekućine korištene u prvom koraku [3]. Koja metoda će se koristiti ovisi o vremenskim uvjetima na zračnoj luci, raspoloživoj opremi, raspoloživim tekućinama, vremenu zadržavanja tekućina, te količini kontaminanta na zrakoplovu. *De-icing* operater je osoba odgovorna za pravilno izvođenje odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja [9].

Vremenski razmak između odleđivanja/zaštite zrakoplova od zaleđivanja i polijetanja bi trebao biti čim manji kako ne bi došlo do eventualnog prekoračenja vremena zadržavanja tekućine [4].

Postoje općenita pravila i smjernice za odleđivanje svakog dijela zrakoplova kojih se osoblje za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja treba pridržavati. Općenita pravila su:

1. Nanijeti dovoljno tekućine za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja;
2. Na krila i horizontalne stabilizatore treba nanositi tekućinu od napadne prema izlaznoj ivici, početi na najvišoj točki krila te krenuti od korijena krila prema vrhu;
3. Tekućinu na vertikalnom stabilizatoru treba nanositi od vrha prema dolje;
4. Trup zrakoplova špricati od gornje uzdužne linije prema van;
5. Osoblje i oprema koja ne sudjeluje u operacijama odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja mora biti na dovoljnoj udaljenosti od zrakoplova;
6. Motori zrakoplova i klimatizacijski uređaj su u pravilu ugašeni;
7. Ne prskati tekućinu direktno na kotače i kočnice zrakoplova, ispuh, usisnik motora, električne komponente i sl. (slika 11) [4].

### Airbus A-320



*Slika 11. Zone zabranjene za prskanje tekućina za odleđivanje/zaštitu od zaleđivanja na zrakoplovu Airbus 320*

Izvor: [3]

#### 5.3.1. Odleđivanje zrakoplova

Za odleđivanje zrakoplova primjenjuje se jedna od metoda opisanih u poglavlju 4. Zrakoplov se smije odlediti i vrućom vodom. Odleđivanje vrućom vodom nije dozvoljeno u jedno-stupanjskom postupku, ali je u dvo-stupanjskom [3].

Ponekad se može dogoditi da se led pojavljuje samo na pojedinim dijelovima zrakoplova. To se najčešće događa na napadnim ivicama krila i stabilizatora, te na gornjim i donjim površinama krila i stabilizatora. Do pojave leda ispod krila dolazi najčešće zbog veoma hladnog goriva u spremnicima koji se nalaze u krilu. U takvim slučajevima nije potrebno izvršiti odleđivanje cijelog zrakoplova, nego samo zamrznutih dijelova. Za takve situacije za odleđivanje se primjenjuje grijani fluid, odnosno mješavina fluida s vodom, koja je primjerena

za odleđivanje u jednom koraku. Da bi grijane tekućine bile čim učinkovitije potrebno ih je nanositi iz blizine na površinu zrakoplova kako ne bi došlo do gubitka topline. Vrijeme zadržavanja tekućine se u takvim situacijama ne primjenjuje [9].

Važno je da se tekućina nanese ravnomjerno i simetrično na oba krila ili oba stabilizatora. To znači da iako se led možda pojavljuje samo na jednom krilu, potrebno je nanijeti mješavinu za odleđivanje i na suprotno krilo, ravnomjerno i u istoj količini kao i na zamrznuto krilo [9].

Procedura uklanjanja snijega sa površine zrakoplova ovisit će o količini snijega na zrakoplovu te o tome da li je snijeg suh ili mokar. Općenito, suhi snijeg je lakše ukloniti sa zrakoplova nego mokri. Za razbijanje naslaga snijega također se koristi mješavina grijane tekućine za odleđivanje i vode. Snagom mlaza tekućine uklanjaju se naslage snijega. U slučaju da se na zrakoplovu nalazi vrlo velika količina snijega, najbolje je prvo mehanički ukloniti dio snijega, pa zatim izvršiti odleđivanje i uklanjanje snijega mješavinom grijane tekućine [9].

Naslage leda uklanjaju se sa metalnih dijelova zrakoplova na način da se grijana mješavina tekućine za odleđivanje i vode nanosi na zaleđenu površinu. Mješavina se usmjerava na jedno mjesto pod kutom manjim od 90°. U jednom trenutku led će na tom mjestu puknuti te će oplata zrakoplova biti izložena vrućoj tekućini za odleđivanje. Tekućina će grijati oplatu, a toplina će se širiti oplatom te će led početi pucati. Led se zatim može jednostavno ukloniti snagom mlaza tekućine. Ovaj postupak se koristi i za dijelove zrakoplova koji nisu metalni, međutim odleđivanje takvih površina može trajati dulje jer nemetalni dijelovi nemaju toliku toplinsku vodljivost kao metalni [9].

Važno je obratiti pozornost na dijelove zrakoplova poput stajnog trapa, motora i vjetrobranskog stakla pilotske kabine. Na stajnom trapu treba koristiti čim manje tekućine za odleđivanje. Ako je moguće ukloniti led i snijeg mehaničkim čišćenjem, a ako je nužno onda koristiti i tekućinu za odleđivanje. Tekućinom se ne smiju direktno prskati kotači zrakoplova te kočnice [9]. Tekućina za odleđivanje na vjetrobranskom staklu pilotske kabine može uzrokovati smanjenu vidljivost iz kabine. Vjetrobransko staklo i nos zrakoplova iz tog razloga treba odmrzavati vrućim zrakom ili tekućinom TIP I i krpom. Ako je primjena tekućine za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja neophodna onda ju treba primijeniti pod niskim tlakom i led ukloniti četkom. Ostatke tekućine sa nosa zrakoplova treba ukloniti spužvom [3].

Motori zrakoplova su također vrlo osjetljiv dio zrakoplova za odleđivanje. Led se sa uvodnika motora i lopatica kompresora uklanja mehanički odnosno vrućim zrakom (slika 12.). Nije dozvoljeno prskati sredstvo za odleđivanje (kao ni sredstvo protiv zamrzavanja) u motor zrakoplova. Kod turbo propelerskih motora uklanjanje leda sa propelera se vrši odgovarajućom tekućinom, ali potrebno je paziti da tekućina ne dospije u usisnike motora [1].



*Slika 12. Odleđivanje lopatica kompresora motora vrućim zrakom*

Izvor: [22]

Nakon svakog odleđivanja zrakoplova potrebno je pomno pregledati zrakoplov kako bi se utvrdilo ima li još kontaminanta na površinama zrakoplova. Posebno je opasan čisti (prozirni) led. Čisti led se često zna pojaviti ispod sloja snijega ili bljuzgavice, najčešće u blizini rezervoara za gorivo te na i ispod krila. Pojavljuje se u slijedećim uvjetima:

- 1) Kada je temperatura oplata krila značajno ispod ništice;
- 2) Ambijentalna temperatura između  $-2\text{ °C}$  i  $+15\text{ °C}$ ;
- 3) Velika vlažnost zraka [9].

Prozirni led je opasan iz razloga što ga je vrlo teško vizualno otkriti. Iz tog razloga treba nakon svakog odleđivanja zrakoplova detaljno pregledati zrakoplov da bi se osiguralo da je zrakoplov u potpunosti očišćen od kontaminanta [9].

### 5.3.2. Zaštita od zaleđivanja

Zaštita zrakoplova od zaleđivanja obavlja se odgovarajućim tekućinama, odnosno mješavinom tekućine za zaštitu i vode. Prskanjem te tekućine po površini zrakoplova sprečava se akumulacija kontaminanta na zrakoplovu [9]. Tekućina djeluje na način da snižava točku smrzavanja i na taj način odgađa nakupljanje kontaminanta na zaštićenim površinama [1].

Korištenje tekućine za zaštitu od zaleđivanja je obavezno u slučaju da na zračnoj luci polaska, u bilo kojem trenutku otpreme zrakoplova, pada kiša koja se smrzava u dodiru s površinom zrakoplova, snijeg ili druge oborine koje mogu uzrokovati smrzavanje dijelova zrakoplova ili se takvi uvjeti očekuju za vrijeme penjanja zrakoplova. U nekim situacijama tekućine za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja se mogu koristiti i neposredno nakon slijetanja

zrakoplova. Primjer takve situacije bi bio transferni ili tranzitni let s vrlo kratkim vremenom opsluživanja (engl. *Turnaround Time*). Ponekad se u takvim situacijama zrakoplov zaštićuje tekućinom za zaštitu od zaleđivanja odmah nakon pozicioniranja na parkirnu poziciju i prije samog istovara tereta i iskrcaja putnika, naravno ako na zračnoj luci vladaju takvi meteorološki uvjeti da postoji mogućnost smrzavanja dijelova zrakoplova. Time će se smanjiti eventualna akumulacija kontaminanta na zrakoplovu koju treba ukloniti prije polijetanja. Također ako meteorološka služba izda upozorenje za mogućom pojavom ledene kiše, snijega i sličnih padalina ili u slučaju da zrakoplov u zimskim uvjetima ostaje preko noći parkiran na stajanci, ponekad se zaštićuje tekućinom protiv zaleđivanja, kako bi se čim manje kontaminanta skupilo na zrakoplovu i samim time se olakšalo odleđivanje [9].

Ako se za zaštitu od zaleđivanja koristi tekućina TIP I, potrebno je nanijeti minimalno jednu litru tekućine po m<sup>2</sup> površine zrakoplova i temperatura tekućine na mlaznici bi trebala biti minimalno 60 °C. Za tekućine TIP II, III i IV dovoljna količina je ona u trenutku kada tekućina ravnomjerno pokrije površinu zrakoplova i počne kapati sa rubova. Preporučene količine za kvalitetnu zaštitu zrakoplova tekućinom protiv zaleđivanja mogu se pronaći u publikacijama koje izdaje AEA i priručnicima koje izdaju operatori zrakoplova [15].

Da bi zaštita od zaleđivanja zrakoplova bila čim efikasnija, proces zaštite od zaleđivanja mora biti detaljan, neprekidan i čim brži. Tekućina mora biti nanosena u dovoljnoj količini, jednoliko i simetrično po površinama zrakoplova. Općenita pravila koja vrijede za nanošenje tekućine za odleđivanje vrijede i za nanošenje tekućine za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja [15].

Površine zrakoplova koje moraju biti tretirane tekućinom za zaštitu od zaleđivanja su:

1. Krila (gornja površina) i upravljačke površine na gornjoj strani krila;
2. Horizontalni stabilizatori (gornja površina) uključujući kormilo visine;
3. Vertikalni stabilizator i kormilo smjera;
4. Trup zrakoplova [15].

Napadne ivice krila, te vertikalne i horizontalne stabilizatore treba posebno provjeriti nakon tretiranja tekućinom za zaštitu od zaleđivanja jer se zbog njihove zakrivljenosti tekućina ne razlijeva jednoliko po površini, pa postoji mogućnost da nisu dovoljno dobro zaštićeni [15].

Ni u kojem slučaju se ne smije prskati novi sloj tekućine za zaštitu od zaleđivanja preko zaštitnog filma koji je stvorila tekućina za zaštitu. Ako je potrebno ponoviti tretman zaštite zrakoplova od zaleđivanja, prvo je potrebno ponovo obaviti kompletan postupak odleđivanja tekućinom, pa tek onda zaštitu zrakoplova [9].

Učestalom primjenom tekućina TIP II, III i IV mogu se pojaviti zgusnuti ostaci tih tekućina kao što je prikazano na slici 13. Takvi ostaci se pojavljuju na takozvanim aerodinamičnim mirnim površinama i u šupljinama. U skladu sa uputama proizvođača zrakoplova treba

pregledati takve površine u kojima se može pojaviti zgusnuta masa tekućine za odleđivanje te ih ukloniti [9].



*Slika 13. Zgusnuta nakupina tekućine za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja*

Izvor: [23]

#### 5.4. Provjera zrakoplova prije polijetanja

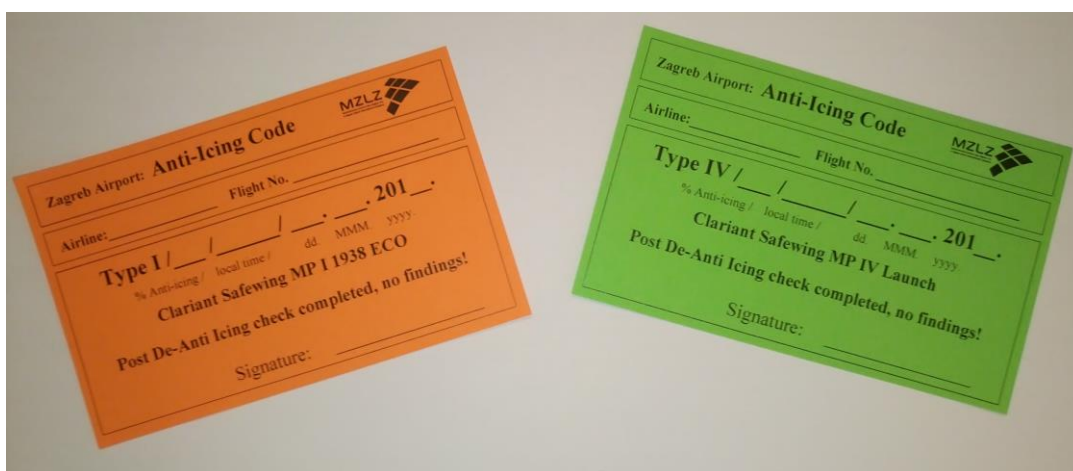
Nakon obavljenog odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja *de-icing* operater mora pregledati zrakoplov vizualno i dodirnom. Neovisno o tome jesu li tretirane fluidima, obavezno se pregledavaju osjetljive površine poput krila, vertikalnog i horizontalnog stabilizatora i trupa. Ostale površine koje su tretirane fluidima također moraju biti pregledane. Provjerene površine moraju biti čiste od kontaminanta. Naneseni fluid na površinama mora biti u tekućem stanju, bez gubitka sjaja i izbjeljivanja boje, bez pojave leda i bez gubitka viskoznosti. Ako *de-icing* operater utvrdi postojanje fluida na osjetljivim površinama (pitot cijev, kočnice i sl.) ili bilo kakvo zagađenje, mora to prijaviti kapetanu zrakoplova. Postupak odleđivanja/zaštite od zaleđivanja i kontrola se u slučaju pojave zagađenja ponavljaju [3].



Nakon završene provjere kapetanu zrakoplova se mora predati *anti-icing* „KOD“ (slika 14). To je podatak koji posadi daje informacije o:

- Tipu tekućine koja je korištena u procesu;
- Postotku tekućine za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja u mješavini s vodom;
- Lokalno vrijeme početka odleđivanja u jedno-stupanjskom procesu ili zaštite zrakoplova od zaleđivanja u dvo-stupanjskom procesu;
- Datum;
- Puno ime primijenjenog fluida;
- Izjava: „Post De-Anti Icing check completed, no findings“ [3].

*Anti-icing* „KOD“ potpisuje i prosljeđuje osoba koja je napravila kontrolu zrakoplova nakon odleđivanja i zaštite od zaleđivanja. Njime se potvrđuje da je obavljen pregled zrakoplova i da je zrakoplov čist [3].



Slika 14. *Anti-icing* „KOD“ na MZLZ

Odgovornost kapetana zrakoplova je da nakon obavljenog odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja promatra meteorološke uvjete na zračnoj luci i obavi pregled kritičnih površina iz kabine. Također mora procijeniti da li je vrijeme zadržavanja tekućine još uvijek prikladno i može li doći do zagađenja na eventualno ne zaštićenim površinama s obzirom na vremenske uvjete. U slučaju da pilot ne može kvalitetno pregledati i procijeniti zagađenje kritičnih površina i ako je isteklo procijenjeno vrijeme zadržavanja tekućine, kapetan mora pregledati zrakoplov izvana i odlučiti može li sigurno poletjeti ili će biti potrebno ponoviti postupak odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja [4].

## 6. Oprema i površine namijenjene odleđivanju i zaštiti zrakoplova od zaleđivanja

### 6.1. Oprema za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja

Za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja se, osim već spomenute opreme za ručno odleđivanje, koriste i vozila za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja odnosno *deicer* vozila (slika 15.). Osnovna namjena ovih vozila je odleđivanje površina zrakoplova ugrijanom mješavinom fluida i vode te zaštita površina zrakoplova od zaleđivanja primjenom odgovarajućeg tipa fluida [3].



Slika 15. Vozilo za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja

Izvor: [24]

Osnovni dijelovi vozila za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja su:

- Prikladno podvozje;
- Potrebne nadogradnje;
- Spremnici za fluide;
- Sustav crpki za fluide;
- Sustav miješanja fluida;
- Sustav grijanja fluida;
- Košara (otvorena ili zatvorena);
- Mlaznice;
- Kontrole za upravljanje košarom [3].

Sustav prskanja mora biti dizajniran tako da može doseći sve vanjske rubove svih tipova zrakoplova za koje je namijenjen. Stepenice, ljestve i platforme vozila moraju biti napravljene od ne klizajućeg materijala koji ne zadržava vodu. Sustav isporuke fluida mora omogućiti protok od najmanje 150 l/min pod tlakom 690 kPa na mlaznicama u potpunoj uzdignutoj košari. Temperatura fluida na mlaznicama, ovisno o postupku, mora biti i do 85 °C. Mlaznice moraju biti podesive tako da omogućavaju raspon mlaza fluida od raspršenog do kontinuiranog odnosno „grubog“ i moraju imati kontrolu za otvaranje i zatvaranje protoka fluida. Sustav manipulacije fluidima mora biti kompatibilan sa svim SAE/ISO fluidima. Kontrole, instrumenti, mlaznice, sklopovi i mjesta punjenja moraju biti pravilno označene i imati oznaku s opisom namjene [3].

Spremnici i sustav isporuke fluida moraju biti izrađeni od odgovarajućih nekorozivnih materijala te imati odgovarajuću izolaciju, ventile i mjerač količine fluida. Pregrade unutar spremnika moraju spriječiti nepotrebno gibanje fluida tijekom manevriranja vozilom. Na gornjem dijelu spremnika moraju se nalaziti zaštićeni otvori za ručnu nadopunu fluida, kontrolu i čišćenje spremnika. Grijač fluida u vozilu mora imati zaštitni sustav za sprječavanje nesigurnih uvjeta koji bi mogli oštetiti opremu i mora moći podići temperaturu fluida sa 2 °C na 82 °C u sat vremena [3].

Vozilo mora imati zatvorenu i grijanu kabinu vozača, te brisače na vjetrobranskom staklu i krovnom prozoru. Sa spuštenom mehaničkom rukom i košarom vozilo mora moći doseći operativnu brzinu od minimalno 32 km/h, dok je brzina sa podignutom košarom ograničena na maksimalno 6 km/h. Kuka za vuču vozila mora postojati sa prednje i stražnje strane vozila [3].

Košara mora biti stabilna i sigurna. Pokretanje mehaničke ruke treba biti jednostavno i bez trzaja, a košara mora bezuvjetno držati svoj okomiti položaj. Oblik košare mora omogućiti učinkovitu primjenu fluida na sve površine zrakoplova. Košara može biti dizajnirana za jednu ili dvije osobe s minimalnom visinom stranica od 1,1 m. Njena nosivost ne smije biti premašena. Vrata za ulaz i izlaz iz košare se moraju automatski zabraviti. Sve kontrole u košari moraju biti zaštićene od vremenskih neprilika. Košara mora biti opremljena sigurnosnim

pojasom za djelatnika u košari, interfonskom vezom za komunikaciju s vozačem vozila i reflektorima koji osvjetljavaju površinu koja se tretira u uvjetima lošije vidljivosti. U slučaju kvara glavnog sustava, košara i sustav njenog podizanja i spuštanja moraju ostati u zatečenom položaju. Spuštanje košare se tada obavlja pomoćnim sustavom (električnim ili ručnim). Prekidači za zaustavljanje rada u slučaju opasnosti moraju se nalaziti u košari, u kabini vozača te na pristupačnom mjestu izvan vozila. Aktiviranjem prekidača za slučaj opasnosti zaustavlja se kretanje košare i gase se svi izvori energije, međutim ne utječe se na rad pomoćnog sustava u slučaju opasnosti i na sustav komunikacija [3].

Minimalan broj potrebnih vozila za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja u procesu odleđivanja/zaštite zrakoplova nije propisan. On ovisi o broju raspoloživih vozila, intenzitetu prometa na zračnoj luci, veličini zrakoplova i dr. Preporuka je koristiti dva vozila po zrakoplovu, a u slučaju većih zrakoplova poput Boeinga 747 preporučaju se 4 vozila [15].

## 6.2. Površine namijenjene odleđivanju i zaštiti zrakoplova od zaleđivanja

Odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja može se obavljati na:

- Stajanci za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja;
- Stajanci za prihvat i otpremu zrakoplova;
- Izdvojenoj poziciji [2].

Velike zračne luke sa velikim intenzitetom prometa, poput Zračne luke Frankfurt, imaju zasebne stajanke za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja, kao što je prikazano na slici 16. Nakon završetka procesa prijehva i otpreme, zrakoplov dolazi na stajanku za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja, te se podvrgava odleđivanju i zaštiti od zaleđivanja [25].

Manje zračne luke, poput Međunarodne zračne luke Zagreb, često nemaju stajanku za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja. Kod takvih zračnih luka proces odleđivanja i zaštite od zaleđivanja se može obavljati na stajanci za prihvat i otpremu [25].

Pojedine zračne luke koriste sistem izdvojenih pozicija na kojima se obavlja odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja. Takve izdvojene pozicije se najčešće nalaze pred kraj voznih staza ili uzduž voznih staza, čim bliže uzletno sletnoj stazi [2].

Poželjno je da su stajanke za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja i izdvojene pozicije smještene čim bliže uzletno sletnoj stazi, međutim one moraju biti dovoljno udaljene kako bi se zadovoljili sigurnosni propisi Međunarodne organizacije civilnog zrakoplovstva (engl. *International Civil Aviation Organization* – ICAO) [2].



*Slika 16. Stajanka za odleđivanje/zaštitu zrakoplova od zaleđivanja na Zračnoj luci Frankfurt*

Izvor: [26]

Na zračnim lukama s velikim intenzitetom prometa preferira se upotreba stajanke za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja iz nekoliko razloga. Prije svega iz razloga što je stajanka za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja najčešće odmaknuta od putničke zgrade ili od stajanke za prihvata i otpremu zrakoplova. Kada je proces prihvata i otpreme zrakoplova gotov i kada zrakoplov krene na stajanku za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja, on oslobađa mjesto drugom zrakoplovu u dolasku i tako ne zadržava nepotrebno promet. Zračne luke su također zagušene velikim brojem vozila koje sudjeluju u procesu prihvata i otpreme. Iz tog je razloga lakše obavljati odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja na za to predviđenoj stajanci jer se na njoj nalaze samo vozila i oprema za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja zrakoplova, pa imaju veću mogućnost manevriranja [17]. Stajanka za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja bi trebala biti pozicionirana tako da vrijeme vožnje zrakoplova od stajanke do uzletno sletne staze bude što kraće, kako ne bi došlo do prekoračenja vremena zadržavanja tekućine [2].

Tekućine za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja čine stajanku vrlo skliskom, pa to predstavlja sigurnosni rizik za ljude koji se kreću i koji rade u tom području [17].

Tekućine za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja štetno djeluju na podzemne vode. Upravo zato bi površine na kojima se obavlja odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja trebale biti opremljene sustavom za odvodnju koji će odvoditi tekućinu koja je dospjela na tlo u spremnike koji se najčešće nalaze ispod stajanke [17].

## 7. Analiza prihvata i otpreme zrakoplova u zimskim uvjetima na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb

Za potrebe analize konkretnih slučaja prihvata i otpreme zrakoplova na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb primijenjene su generičke tablice vremena zadržavanja tekućina [9] koje se nalaze u prilogima 2, 3, 4 i 5. S obzirom da se velika većina operacija polijetanja zrakoplova na MZLZ izvodi sa praga 05, pretpostavljeno je da su analizirani letovi operaciju polijetanja obavljali sa praga 05. Za proračun je upotrijebljeno prosječno vrijeme taksiranja zrakoplova od stajanke za prihvata i otpremu do praga 05 od 7 minuta. Vrijeme taksiranja dobiveno je prema statističkim podacima sa Internet stranice „*Fligh Radar 24*“ za pet slučajno odabranih letova. Podaci su prikazani u tablici 2. Prognozirani vremenski uvjeti na MZLZ za pojedine slučajeve prikazani u su prilogima 6, 7, 8 i 9. Minimalna potrebna temperaturna razlika između ambijentalne temperature (ili temperature oplata zrakoplova ovisi koja je niža) i točke smrzavanja tekućina nije prekoračena ni u jednom slučaju. Za jedno-stupanjski postupak se koristi tekućina TIP I. Za dvo-stupanjski postupak se za odleđivanje koristi tekućina TIP I (ili voda na zahtjev pilota) dok se za drugi korak zaštite od zaleđivanja koriste tekućine TIP II, III ili IV. Na MZLZ zbog nemogućnosti postizanja mješavine tekućine TIP I u omjeru 70/30, koristi se mješavina u omjeru 60/40 [3]. Također, na MZLZ su dostupne samo tekućine TIP I i TIP IV, međutim za analizu su uzeti svi tipovi tekućina. Na MZLZ odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja se obavlja na stajanci za prihvata i otpremu zrakoplova.

Tablica 2. Statistički podaci vremena taksiranja zrakoplova na MZLZ između pozicija 10, 8, 7, 5 i 4 na prag 05

Zrakoplov	Let	Datum	Vrijeme taksiranja	Prosječno vrijeme taksiranja
A319	OU416	21.08.2016.	8 min	34/6 = 6.8 min <b>(približno 7 min)</b>
A319	OU450	18.08.2016.	7 min	
A319	OU470	21.08.2016.	7 min	
A320	BA849	21.08.2016.	6 min	
A319	OU656	22.08.2016.	6 min	

Izvor: [27]

### 7.1. Let OU414 Zagreb – Frankfurt

Prema zimskom redu letenja, Croatia Airlines je 2. siječnja 2016. u 17:55 imala zakazan let zrakoplovom A320 za Frankfurt [28]. Meteorološka služba je u 13 sati izdala vremensku prognozu koja se nalazi u prilogu 1. Prema vremenskoj prognozi očekivao se snijeg te je postojala velika vjerojatnost za poledicom. U 18 sati na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb padao je snijeg i temperatura zraka je bila -1 °C [29].

Na zrakoplovu su se nalazili kontaminanti, pa je bilo potrebno izvršiti odleđivanje zrakoplova. Za spomenuti slučaj, temeljem generičkih tablica u prilogima, dobivena su slijedeća vremena zadržavanja tekućina:

Tip tekućine	Mješavina	Procijenjeno vrijeme zadržavanja
TIP I	60/40	0:03 – 0:06
TIP II	100	0:20 – 0:45
	75/25	0:15 – 0:30
	50/50	0:05 – 0:15
TIP III	100	0:10 – 0:20
	75/25	0:08 – 0:15
	50/50	0:04 – 0:08
TIP IV	100	0:35 – 1:10
	75/25	0:30 – 1:05
	50/50	0:09 – 0:15

S obzirom da je prosječno vrijeme taksiranja zrakoplova 7 minuta, zrakoplov je trebao odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja jer tekućina TIP I ne pruža dovoljno dugu zaštitu. Dakle u prvom koraku za odleđivanje zrakoplova se koristila mješavina tekućine TIP I i vode u omjeru 60/40. Temperatura mješavine na raspršivaču trebala je biti minimalno 60 °C.

Nakon odleđivanja zrakoplova, zrakoplov je trebalo zaštititi od zaleđivanja jednim od zgusnutih fluida. Iz tablice je vidljivo da svi nerazrijeđeni zgusnuti fluidi pružaju zadovoljavajuće vrijeme zaštite (vremena su označena zelenom bojom). Mješavina fluida TIP II u omjeru 75/25 također pruža zadovoljavajuću zaštitu, dok mješavina 50/50 pruža zaštitu 5

do 15 minuta, ovisno o intenzitetu padalina i drugim čimbenicima koji umanjuju vrijeme zadržavanja tekućina. Takva granična vremena će biti označena narančastom bojom i smatrat će se da za zadane uvjete ne pružaju dovoljno dugu zaštitu. Mješavina 50/50 tekućine TIP III pruža zaštitu 4 do 8 minuta. To se također moglo smatrati nedovoljnom zaštitom za tadašnje uvjete. Vrijeme zadržavanja mješavine 75/25 tekućine TIP III iznosi 8 do 15 minuta. Iako je vrijeme zadržavanja tekućine zadovoljavajuće, poželjno je bilo izbjeći korištenje ove mješavine jer bi procijenjeno vrijeme taksiranja zrakoplova vrlo lako moglo biti premašeno zbog pojave poledice, većeg intenziteta prometa na zračnoj luci i drugih čimbenika.

U obzir je trebalo uzeti da se radi o mlaznom zrakoplovu, a tekućina TIP III je zbog svoje viskoznosti pogodnija za turbo propelerske zrakoplove. Iz tog razloga tekućina TIP III se ne bi trebala koristiti za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja.

Nerazrijeđena tekućina TIP II i njena mješavina 75/25, kao i nerazrijeđena tekućina TIP IV i njena mješavina 75/25 pružaju adekvatnu zaštitu. Koja tekućina se koristila ovisi o dostupnosti tekućina na zračnoj luci i odluci pilota. Najriscantnije je bilo koristiti mješavinu 50/50 tekućine TIP IV jer ona pruža zaštitu od 9 do 15 minuta. Ako bi iz bilo kojeg slučaja prosječno vrijeme taksiranja zrakoplova od 7 minuta bilo prekoračeno, postojala bi mogućnost da će doći do pojave kontaminanta na zrakoplovu i bilo bi potrebno ponoviti postupke odleđivanja i zaštite od zaleđivanja. Iz tog razloga najbolje je bilo izbjeći korištenje te mješavine za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja.

Zrakoplov je bilo najbolje zaštititi od ponovnog zaleđivanja nerazrijeđenim tekućinama TIP II ili IV, ili mješavinama u omjeru 75/25 kako bi se uštedjelo na tekućinama. Na MZLZ je dostupna tekućina TIP IV, pa se njome izvršila zaštita zrakoplova od zaleđivanja.

## 7.2. Let OU654 Zagreb - Split

Prema zimskom redu letenja Croatia Airlines je 6. siječnja 2016. u 15:05 imala zakazan let zrakoplovom A319 za Split [28]. Meteorološka služba je tog dana u 13 sati izdala vremensku prognozu prema kojoj se poslijepodne na zračnoj luci očekivao snijeg i postojala je velika vjerojatnost za pojavom poledice (prilog 2.). U 15 sati na MZLZ je padao snijeg i temperatura zraka je bila -1 °C te je puhao vjetar.

Pregledom zrakoplova bilo je utvrđeno postojanje kontaminanta na kritičnim površinama, pa je zrakoplov morao biti odleđen. Za navedeni slučaj, pomoću generičkih tablica, dobivena su slijedeća vremena zadržavanja tekućina:



Tip tekućine	Mješavina	Procijenjeno vrijeme zadržavanja
TIP I	60/40	0:03 – 0:06
TIP II	100	0:20 – 0:45
	75/25	0:15 – 0:30
	50/50	0:05 – 0:15
TIP III	100	0:10 – 0:20
	75/25	0:08 – 0:15
	50/50	0:04 – 0:08
TIP IV	100	0:35 – 1:10
	75/25	0:30 – 1:05
	50/50	0:09 – 0:15

Dobivena vremena zadržavanja tekućina identična su vremenima iz prethodnog slučaja jer se radilo o sličnim vremenskim uvjetima.

Na ovom zrakoplovu je također bio potreban dvo-stupanjski tretman. Odleđivanje zrakoplova izvršilo se mješavinom tekućine TIP I (u slučaju MZLZ mješavina je bila u omjeru 60/40). Zaštita zrakoplova od zaleđivanja se mogla obaviti jednim od zgusnutih fluida. Zrakoplov A319 je mlazni zrakoplov, pa se tekućina TIP III nije koristila za zaštitu od zaleđivanja.

Zbog niske temperature i hladnog vjetra koji je povećavao osjećaj hladnoće, postojala je mogućnost da je temperatura oplata zrakoplova bila niža od ambijentalne temperature. U tom slučaju za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja najsigurnije je bilo koristiti nerazrijeđene tekućine TIP II ili IV. Mješavine 75/25 ovih tekućina također pružaju adekvatnu zaštitu, no potreban je oprez ako je temperatura oplata zrakoplova zaista bila niža od ambijentalne temperature.

Mješavinu 50/50 tekućine TIP IV najbolje je bilo izbjeći u ovom slučaju zbog kratkog vremena zadržavanja koje je lako moglo biti prekoračeno, a i zbog mogućnosti da je temperatura oplata zrakoplova niža od ambijentalne temperature, pa bi vrijeme zadržavanja ove mješavine moglo biti još kraće.

### 7.3. Let OU366 Zagreb – Skopje

Prema redu letenja Croatia Airlines je 28. prosinca 2014. godine imala zakazan let iz Zagreba za Skopje. Prema rasporedu zrakoplov DASH 8-Q400 je trebao poletjeti u 21 sat i 10 minuta [30]. Vremenskom prognozom koju je meteorološka služba izdala taj dan bile se najavljene niske temperature i vrlo velika vjerojatnost za pojavom snijega i poledice. U 21 sat na MZLZ je padao snijeg, temperatura je bila -4 °C te je puhao jak vjetar [29].

Zrakoplov je bio kontaminiran, te je na zrakoplovu bilo potrebno izvršiti dvo-stupanjski proces odleđivanja i zaštite od zaleđivanja. Za navedeni slučaj dobivena su slijedeća vremena zadržavanja tekućina:

Tip tekućine	Mješavina	Procijenjeno vrijeme zadržavanja
TIP I	60/40	0:02 – 0:05
TIP II	100	0:15 – 0:30
	75/25	0:08 – 0:20
TIP III	100	0:09 – 0:15
	75/25	0:07 – 0:10
TIP IV	100	0:25 – 0:50
	75/25	0:20 – 0:40

Za odleđivanje zrakoplova primijenjena je mješavina tekućine TIP I.

DASH 8-Q400 je turbo propelerski zrakoplov. Za takve zrakoplove tekućina TIP III je zbog svoje viskoznosti najpogodnija tekućina za zaštitu od zaleđivanja. U ovom slučaju, ako se tekućina TIP III koristila za zaštitu zrakoplova, najbolje ju je bilo koristiti nerazrijeđenu. Mješavina 75/25 je mogla pružati adekvatnu zaštitu u slučaju da su vremenski uvjeti dovoljno dobri, no sigurnije je bilo koristiti nerazrijeđeni fluid. Ako se željelo postići dulje vrijeme zaštite, bilo je potrebno koristiti nerazrijeđene fluide TIP II i TIP IV ili mješavinu 75/25 fluida tip IV.

Vrijeme zadržavanja mješavine 75/25 fluida TIP II također je bilo zadovoljavajuće ako su meteorološki uvjeti bili dovoljno dobri. Vjetar je jedan od čimbenika koji smanjuje vrijeme

zadržavanja tekućine na površini zrakoplova. S obzirom da je puhao jak vjetar, postojala je mogućnost da ova mješavina ipak neće zadovoljiti vrijeme zadržavanja.

Za ovakvu situaciju najpogodnije tekućine za zaštitu od zaleđivanja su bili nerazrijeđeni fluidi TIP II, III i IV ili mješavina 75/25 fluida TIP IV. S obzirom da je od navedenih tekućina na MZLZ dostupna samo tekućina TIP IV, ona se koristila za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja.

#### 7.4. Let OU664 Zagreb – Dubrovnik

Petog siječnja 2016. Croatia Airlines je imala zakazan let u 21:10 za Dubrovnik, zrakoplovom A319 [28]. Meteorološka služba je izdala prognozu prema kojoj se tijekom noći očekivala poledica zbog pothlađene kiše ili rosulje (prilog ). U 21 sat na MZLZ je temperatura zraka iznosila -2 °C te je padala slaba kiša koja se leđi [29].

Na zrakoplovu je bilo potrebno izvršiti odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja. Očitana vremena zadržavanja tekućina su:

Tip tekućine	Mješavina	Procijenjeno vrijeme zadržavanja
TIP I	60/40	0:02 – 0:05
TIP II	100	0:15 – 0:30
	75/25	0:10 – 0:25
	50/50	0:05 – 0:10
TIP III	100	0:08 – 0:10
	75/25	0:06 – 0:10
	50/50	0:04 – 0:06
TIP IV	100	0:35 – 0:50
	75/25	0:30 – 0:45
	50/50	0:09 – 0:15

Za konkretan slučaj bio je primijenjen dvo-stupanjski postupak. U prvom koraku zrakoplov je bio odleđen i očišćen od kontaminanta zagrijanom mješavinom tekućine TIP I.

Za zrakoplov ovog tipa nije uobičajeno koristiti tekućinu TIP III kao zaštitu od zaleđivanja, pa u obzir dolaze samo tekućine TIP II i IV. Najdulju zaštitu pružaju nerazrijeđene tekućine TIP

II i IV, te mješavina 75/25 tekućine TIP IV. S obzirom da se radilo o slaboj kiši koja se ledi, dovoljnu zaštitu je mogla pružiti i mješavina 50/50 tekućine TIP IV.

Ako se utvrdilo da je temperatura oplata zrakoplova niža od ambijentalne temperature, potrebno je bilo koristiti mješavine sa većom koncentracijom glikola ili nerazrijeđene tekućine.

Na MZLZ se u ovoj konkretnoj situaciji zrakoplov zaštitio od zaleđivanja ili nerazrijeđenom tekućinom TIP IV ili njenom mješavinom u omjeru 75/25.

## 8. Zaključak

Led, snijeg, bljuzgavica i mraz koji se mogu pojaviti na dijelovima zrakoplova mogu ozbiljno ugroziti sigurnost zrakoplova. Kontaminanti negativno utječu na aerodinamične osobine zrakoplova. Mogu zaleđiti i zaglaviti upravljačke površine i time drastično umanjiti ili potpuno onemogućiti upravljanje zrakoplovom. Pojava kontaminanta na instrumentima zrakoplova može utjecati na njihovu točnost, što može rezultirati pogrešnim odlukama pilota. Led na lopaticama kompresora mlaznog motora i na usisnicima može se odvojiti za vrijeme polijetanja te biti usisan od motora, što za posljedicu može imati potpuno uništenje motora.

Uklanjanje kontaminanta sa zrakoplova može se obaviti na više načina: mehanički, fluidima, alternativnim tehnologijama poput odleđivanja infracrvenom tehnologijom ili kombinacijama navedenih metoda. Zaštita zrakoplova od zaleđivanja obavlja se odgovarajućim fluidima. Najzastupljeniji način odleđivanja zrakoplova je odleđivanje fluidima. Postoje četiri tekućine koje se koriste za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja: tekućina TIP I, TIP II, TIP III i TIP IV. Različiti su karakteristika, no sve moraju zadovoljavati određene standarde i pružati zaštitu određeni vremenski period u skladu s vremenima zadržavanja tekućina. Tekućine moraju biti pravilno skladištene te redovito testirane kako bi se osigurao visok stupanj kvalitete fluida.

Određene operativne procedure moraju biti obavljene kako bi se osiguralo sigurno polijetanje zrakoplova. Prilikom otpreme, ovlaštena osoba mora dodiranjem fizički ili infracrvenim kamerama pregledati zrakoplov i utvrditi postojanje kontaminanta. *Deicing* operater mora sa kapetanom zrakoplova usuglasiti postupak odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja i zrakoplov se mora pripremiti za proces. Odleđivanje i zaštita od zaleđivanja se može obaviti u jednom ili u dva koraka, ovisno o količini kontaminanta na zrakoplovu. Važno je da su djelatnici koji obavljaju odleđivanje i zaštitu zrakoplova adekvatno školovani i da poštuju ograničenja i procedure propisane od proizvođača zrakoplova i operatera zrakoplova prilikom tretiranja zrakoplova fluidima. *Deicing* operater mora pregledati zrakoplov nakon obavljenog odleđivanja i zaštite zrakoplova te predati kapetanu zrakoplova *anti-icing* „KOD“.

Zračne luke, na kojima se obavlja odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja, opremljene su posebnim vozilima kojima se vrši odleđivanje i zaštita zrakoplova fluidima. Također, različite zračne luke definiraju različita mjesta obavljanja procesa odleđivanja i zaštite zrakoplova. Odleđivanje i zaštita zrakoplova od zaleđivanja na stajanci za prihvat i otpremu zrakoplova može uzrokovati zadržavanje prometa, pa su stajanke za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja kao i izdvojene pozicije za odleđivanje i zaštitu od zaleđivanja dobar odabir za zračne luke sa velikim intenzitetom prometa.

Analizom su prikazani dvo-stupanjski postupci odleđivanja i zaštite zrakoplova od zaleđivanja na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb u različitim vremenskim uvjetima. Iz analize je vidljivo da vremenski uvjeti koji vladaju na zračnoj luci u trenutku otpreme zrakoplova i ambijentalna temperatura utječu na odabir odgovarajuće tekućine za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja. Na odabir odgovarajućeg fluida utječe i vrijeme taksiranja

zrakoplova od mjesta na kojem se obavlja odleđivanje/zaštita od zaleđivanja do uzletno sletne staze. U obzir je potrebno uzeti i čimbenike koji mogu umanjiti vrijeme zadržavanja tekućine i zbog kojih je potrebno primijeniti mješavine sa većom koncentracijom glikola kako bi se pružila adekvatna zaštita. Važno je da kapetan zrakoplova i *deicing* operater ne temelju tih uvjeta odaberu ispravnu tekućinu (ili mješavinu) koja će pružati zaštitu dovoljno dugo da zrakoplov sigurno uzleti.

Daljnjim poboljšavanjem svojstava fluida, razvojem sadašnjih i novih tehnologija odleđivanja/zaštite zrakoplova te adekvatnim školovanjem osoblja zaduženog za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja osigurat će se sve veća sigurnost pri polijetanju zrakoplova u zimskim uvjetima te će se nesreće, koje su se kroz povijest događale, svesti na minimum.

## Literatura

- [1] Bračić, M., Pavlin, S.: *Tehnologija prihvata i otprema zrakoplova*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
- [2] International Civil Aviation Organization, *Manual of Aircraft Ground De-icing/Anti-icing Operations, Doc 9640-AN/940, Second edition*, Montreal, 2000.
- [3] Tomas, D.: *DAI\_MZLZ*, 2015.
- [4] Croatia Airlines, *De/Anti-icing Manual*, 2011.
- [5] Aviation Safety Network,  
<https://aviation-safety.net/database/record.php?id=19911227-0>, (13. srpanj 2016.)
- [6] Coloringmania.pw, <http://coloringmania.pw/simple-airplane-coloring-pages/airplane-coloring-pages-transportation-coloring-pages-tocoloring-simple-airplane-coloring-pages/>, (13. srpanj 2016.)
- [7] boldmethod.com, <http://www.boldmethod.com/learn-to-fly/aerodynamics/polishing-frost/>, (18. kolovoz 2016.)
- [8] National Oceanic and Atmospheric Administration,  
[http://www.star.nesdis.noaa.gov/star/news2010\\_201001ChangNewfoundland.php](http://www.star.nesdis.noaa.gov/star/news2010_201001ChangNewfoundland.php), (15. srpanj 2016.)
- [9] Association of European Airlines, *Recommendations for De-icing/Anti-icing Aeroplanes on the Ground, 30th Edition*, Bruxelles, 2015.
- [10] Transport Canada, <http://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/publications/tp14052-chapter8-312.htm>, (1. kolovoz 2016.)
- [11] Federal Aviation Administration, *Standardized International Ground Deice Program*, Washington, 2010.
- [12] Transport Canada, <https://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/publications/tp10643-chapter4-manual-1747.htm>, (1. kolovoz 2016.)
- [13] Transport Canada, <https://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/publications/tp10643-chapter4-forced-212.htm>, (1. kolovoz 2016.)

- [14] aviationsupplies.com,  
<http://www.aviationsupplies.tzo.com/cox/Winter%20Prep.htm>., (30. srpanj 2016.)
- [15] Association of European Airlines, *Training Recommendations and Background Information for De-Icing /Anti-Icing of Aeroplane on the Ground, 12th edition*, Bruxelles, 2015.
- [16] Boeing, [http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2010\\_q4/2/](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2010_q4/2/)., (10. kolovoz 2016.)
- [17] Flight club, <http://flightclub.jalopnik.com/how-and-why-we-de-ice-aircraft-before-takeoff-1657914108>., (19. kolovoz 2016.)
- [18] Joint Aviation Authorities, *JAA Administrative & Guidance Material, Leaflet No. 44*.
- [19] McCormick, C.: *Wings*, 28 ožujak 2008.,  
<https://www.wingsmagazine.com/operations/infrared-deicing-giving-glycol-a-run-for-its-money-1325>., (12. kolovoz 2016.)
- [20] Rosenlof, K.: *AInonline*, 2 listopad 2013., <http://www.ainonline.com/aviation-news/aviation-international-news/2013-10-02/infrared-de-icing-speeds-process-and-reduces-cost>., (8. kolovoz 2016.)
- [21] Transport Canada, <https://www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/publications/tp10643-chapter4-ground-1717.htm>., (14. kolovoz 2016.)
- [22] Deicing Innovations, [http://training.deicinginnovations.com/?page\\_id=648](http://training.deicinginnovations.com/?page_id=648)., (15. kolovoz 2016.)
- [23] Boeing,  
[http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_1\\_07/images/photo\\_03\\_1\\_4.jpg](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_1_07/images/photo_03_1_4.jpg)., (16. kolovoz 2016.)
- [24] Omega Aviation,  
[http://omegaaviation.com/deicer\\_airport\\_ground\\_support\\_equipment/trump2000ii.html](http://omegaaviation.com/deicer_airport_ground_support_equipment/trump2000ii.html)., (13. kolovoz 2016.)
- [25] Pavlin, S.: *Aerodromi I*, Fakultet Prometnih Znanosti, Zagreb, 2006.
- [26] Born-Ermel, <http://born-ermel.eu/projects-details/.192.html>., (15. kolovoz 2016.)
- [27] flightadar24, [www.flightadar24.com](http://www.flightadar24.com)., (24. kolovoz 2016.)



- [28] Croatia Airlines, <http://www.croatiaairlines.com/hr/Planiranje-i-rezervacije/red-letenja/Red-letenja-zima-2015-2016.>, (21. kolovoz 2016.)
- [29] Weather Underground,  
[https://www.wunderground.com/history/airport/LDZA/2015/12/20/CustomHistory.html?dayend=27&monthend=3&yearend=2016&req\\_city=&req\\_state=&req\\_state\\_name=&reqdb.zip=&reqdb.magic=&reqdb.wmo=&MR=1.](https://www.wunderground.com/history/airport/LDZA/2015/12/20/CustomHistory.html?dayend=27&monthend=3&yearend=2016&req_city=&req_state=&req_state_name=&reqdb.zip=&reqdb.magic=&reqdb.wmo=&MR=1.), (21. kolovoz 2016.)
- [30] Croatia Airlines, <http://www.croatiaairlines.com/hr/Planiranje-i-rezervacije/red-letenja/Red-letenja-zima-2014-2015.>, (21. kolovoz 2016.)
- [31] Association of European Airlines, *Recommendations for De-icing / Anti-icing Aeroplanes on the Ground, Annex A Guidelines for Holdover Times, 30th Edition*, Bruxelles, 2015.

## Popis slika

Slika 1. Dijelovi zrakoplova osjetljivi na zaleđivanje .....	4
Slika 2. Opstrujavanje zraka na čistom i zaleđenom krilu .....	6
Slika 3. Zamrznuti propeler motora zrakoplova .....	7
Slika 4. Metla za ručno čišćenje kontaminanta sa zrakoplova .....	9
Slika 5. Navlaka protiv smrzavanja krila zrakoplova.....	10
Slika 6. Boje tekućina za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja .....	11
Slika 7. Odleđivanje zrakoplova obojanom tekućinom TIP I .....	12
Slika 8. Spremnik za tekućinu TIP IV na MZLZ .....	13
Slika 9. Postrojenje za prijenos tekućina za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja na MZLZ .....	13
Slika 10. Hangar za odleđivanje zrakoplova infracrvenom tehnologijom.....	17
Slika 11. Zone zabranjene za prskanje tekućina za odleđivanje/zaštitu od zaleđivanja na zrakoplovu Airbus 320.....	21
Slika 12. Odleđivanje lopatica kompresora motora vrućim zrakom .....	23
Slika 13. Zgusnuta nakupina tekućine za zaštitu zrakoplova od zaleđivanja .....	25
Slika 14. Anti-icing „KOD“ na MZLZ .....	26
Slika 15. Vozilo za odleđivanje i zaštitu zrakoplova od zaleđivanja .....	27
Slika 16. Stajanka za odleđivanje/zaštitu zrakoplova od zaleđivanja na Zračnoj luci Frankfurt .....	30

## Popis tablica

Tablica 1. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP IV koja vrijedi za metalne i kompozitne površine.....	16
Tablica 2. Statistički podaci vremena taksiranja zrakoplova na MZLZ između pozicija 10, 8, 7, 5 i 4 na prag 05 .....	31

## Popis priloga

Prilog 1. Laboratorijsko izvješće analize kvalitete fluida TIP IV sa MZLZ.....	46
Prilog 2. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP I za metalne i kompozitne površine.....	47
Prilog 3. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP II za metalne i kompozitne površine.....	48
Prilog 4. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP III za metalne i kompozitne površine.....	49
Prilog 5. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP IV za metalne i kompozitne površine.....	50
Prilog 6. Vremenska prognoza za MZLZ dana 2. siječnja 2016. ....	51
Prilog 7. Vremenska prognoza za MZLZ dana 6. siječnja 2016. ....	52
Prilog 8. Vremenska prognoza za MZLZ dana 28. prosinca 2014.....	53
Prilog 9. Vremenska prognoza za MZLZ dana 5. siječnja 2016. ....	54

Clariant Produkte (Deutschland) GmbH  
 BU ICS, Technical Application EMEA,  
 Industrial Application / Aviation



**De-icing / Anti-icing Fluid Analysis Results**

Airport: Zagreb Airport  
 Handling Agent: Parka Distribucija  
 Contact Person: info.hr@parkagroup.com  
 e-mail:

Report No: 261 / 2015  
 Date: 19.10.2015  
 Prepared by: Radbrunner

Fluid Name: Safewing MP IV LAUNCH

Sampling Date	Sample Origin	Analysis Date	Viscosity* (mPa.s)	Refractive Index	pH	Appearance Remarks	Decision	Brookfield Spindle #	Comment
12.10.2015	Storage tank Nr. 2	19.10.15	19800	1,391	7,1	green	Acceptable	LV 1	--
12.10.2015	EFI 2000 Nr. 4 - Tank	19.10.15	17420	1,390	7,1	green	Acceptable	LV 1	--
12.10.2015	EFI 2000 Nr. 4 - Nozzle	19.10.15	15040	1,391	7,1	green	Acceptable	LV 1	--
12.10.2015	EFI 2000 Nr. 4 - Nozzle	19.10.15	25300	1,363	7,1	green	Acceptable	LV 2	--
12.10.2015	EFI 2000 Nr. 5 - Tank	19.10.15	17740	1,391	7,2	green	Acceptable	LV 1	--
12.10.2015	EFI 2000 Nr. 5 - Nozzle	19.10.15	12940	1,390	7,2	green	Acceptable	LV 1	--
12.10.2015	EFI 2000 Nr. 6 - Tank	19.10.15	18540	1,391	7,2	green	Acceptable	LV 1	--
12.10.2015	EFI 2000 Nr. 6 - Nozzle	19.10.15	14180	1,391	7,2	green	Acceptable	LV 1	--
12.10.2015	EFI 2000 Nr. 6 - Nozzle	19.10.15	26100	1,363	7,1	green	Acceptable	LV 2	--

\*Dynamic viscosity in mPa.s according to manufacturer method, that is:  
 - LV 1, big sample adapter (BSA), 55 mL, 20 °C, 0.3 rpm, 10 minutes  
 - LV 2, big sample adapter (BSA), 60 mL, 20 °C, 0.3 rpm, 10 minutes

	100%		75/25		50/50	
	Generic	Brand name	Generic	Brand name	Generic	Brand name
Viscosity min.	7550	7550	6060	18000	4760	17800
Viscosity max.		20500		47800		63000
pH value	7,0 - 7,5		6,5 - 7,5		6,5 - 7,5	
RI (20°C)	1,389 - 1,392		1,377 - 1,381		1,363 - 1,367	

This report does not require a signature.

Prilog 2. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP I za metalne i kompozitne površine

Izvor: [31]

OAT <sup>(1)</sup>		Approximate Holdover Times under various weather conditions (hours:minutes)						
°C	°F	Freezing Fog	Snow/ Snow Grains/ Snow Pellets <sup>(2)</sup>	Freezing Drizzle <sup>(3)</sup>	Light Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing	Other <sup>(4) (5)</sup>	
-3 and above	27 and above	00:09 - 0:16	0:03 - 0:06	0:08 - 0:13	0:02 - 0:05	0:01 - 0:05 <sup>(6)</sup>		
below -3 to -6	below 27 to 21	0:06 - 0:08	0:02 - 0:05	0:05 - 0:09	0:02 - 0:05		<b>CAUTION:</b> No Holdover Time Guidelines exist	
below -6 to -10	below 21 to 14	0:04 - 0:08	0:02 - 0:05	0:04 - 0:07	0:02 - 0:05			
below -10	below 14	0:04 - 0:07	0:02 - 0:04					

<sup>(1)</sup> Ensure that the LOUJ is respected.

<sup>(2)</sup> In light "Rain and Snow" conditions use "Light Freezing Rain" holdover times

<sup>(3)</sup> If positive identification of "Freezing Drizzle" is not possible use "Light Freezing Rain" holdover times

<sup>(4)</sup> Other conditions are: Heavy snow, ice pellets, hail, moderate freezing rain and heavy freezing rain

<sup>(5)</sup> For holdover times under active frost conditions see the separate frost table (Table 1)

<sup>(6)</sup> No holdover time guidelines exist for this condition for 0 °C (32 °F) and below

Type I Fluid/water Mixture is selected so that the Freezing Point of the mixture is at least 10 °C (18 °F) below actual OAT

**CAUTION:** The time of protection will be shortened in heavy weather conditions. Heavy precipitation rates or high moisture content, high wind velocity or jet blast may reduce holdover time below the lowest time stated in the range. Holdover time may also be reduced when the aeroplane skin temperature is lower than OAT. Therefore, the indicated times should be used only in conjunction with a pre-takeoff check.

Prilog 3. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP II za metalne i kompozitne površine

Izvor: [31]

OAT <sup>(1)</sup>		Type II Fluid Concentration Neat-Fluid/ Water (Vol %/Vol %)	Approximate Holdover Times under various weather conditions (hours:minutes)					
°C	°F		Freezing Fog	Snow/ Snow Grains/ Snow Pellets <sup>(2)</sup>	Freezing Drizzle <sup>(3)</sup>	Light Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing <sup>(6)</sup>	Other <sup>(4) (5)</sup>
-3 and above	27 and above	100/0	0:35 - 1:30	0:20 - 0:45	0:30 – 1:00	0:15 - 0:30	0:07 - 0:40 <sup>(6)</sup>	<b>CAUTION:</b> No Holdover Time Guidelines exist
		75/25	0:25 - 1:00	0:15 - 0:30	0:20 - 0:45	0:10 - 0:25	0:05 - 0:25 <sup>(6)</sup>	
		50/50	0:15 - 0:30	0:05 - 0:15	0:10 - 0:20	0:05 - 0:10		
below -3 to -14	below 27 to 7	100/0	0:20 - 1:05	0:15 - 0:30	0:20 - 0:45 <sup>(7)</sup>	0:10 - 0:20 <sup>(7)</sup>		
		75/25	0:25 - 0:50	0:08 - 0:20	0:15 - 0:30 <sup>(7)</sup>	0:08 - 0:15 <sup>(7)</sup>		
below -14 to -23 or LOU	below 7 to -9 or LOU	100/0	0:15 - 0:35	0:15 - 0:30				

<sup>(1)</sup> Ensure that the LOU is respected. Consider the use of Type I fluid when Type II fluid cannot be used.

<sup>(2)</sup> In light "Rain and Snow" conditions use "Light Freezing Rain" holdover times

<sup>(3)</sup> If positive identification of "Freezing Drizzle" is not possible use "Light Freezing Rain" holdover times

<sup>(4)</sup> Other conditions are: Heavy snow, ice pellets, moderate and heavy freezing rain, hail

<sup>(5)</sup> For holdover times under Active Frost conditions see the separate frost table (Table 1)

<sup>(6)</sup> No holdover time guidelines exist for this condition for 0 °C (32 °F) and below

<sup>(7)</sup> No holdover time guidelines exist for this condition below -10 °C (14 °F)

**CAUTION:** The time of protection will be shortened in heavy weather conditions. Heavy precipitation rates or high moisture content, high wind velocity or jet blast may reduce holdover time below the lowest time stated in the range. Holdover time may also be reduced when the aeroplane skin temperature is lower than OAT. Therefore, the indicated times should be used only in conjunction with a pre-takeoff check.

Prilog 4. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP III za metalne i kompozitne površine

Izvor: [4]

OAT (°C)	Type III Fluid Concentration Neat-Fluid/ Water (Vol %/Vol %)	Approximate holdover times under various weather conditions (hours : minutes)						
		Active frost	Freezing fog	Snow / Snow grains/ Snow Pellets <sup>(1)</sup>	Freezing drizzle <sup>(2)</sup>	Light freezing rain	Rain on cold soaked wing	Other <sup>(3)</sup>
-3 and above	100/0	<sup>(2)</sup>	0:20 - 0:40	0:10-0:20	0:10-0:20	0:08-0:10	0:06-0:20 <sup>(4)</sup>	
	75/25	<sup>(5)</sup>	0:15-0:30	0:08-0:15	0:08-0:15	0:06-0:10	0:02-0:10 <sup>(4)</sup>	
	50/50	<sup>(5)</sup>	0:10-0:20	0:04-0:08	0:05-0:09	0:04-0:06	CAUTION:	
Below -3 to -10	100/0	<sup>(2)</sup>	0:20-0:40	0:09-0:15	0:10-0:20	0:08-0:10	No holdover time guidelines exist	
	75/25	<sup>(5)</sup>	0:15-0:30	0:07-0:10	0:09-0:12	0:06-0:09		
below -10	100/0	<sup>(5)</sup>	0:20-0:40	0:08-0:15				
Type III fluid may be used below -10 °C, provided the freezing point of the fluid is at least 7 °C below OAT and aerodynamic acceptance criteria are met. Consider use of Type I fluid if Type III fluid cannot be used (see Table 4).								
<sup>(1)</sup> In light "Rain and Snow" conditions use "Light Freezing Rain" holdover times <sup>(2)</sup> If positive identification of "Freezing Drizzle" is not possible use "Light Freezing Rain" holdover times <sup>(3)</sup> Other conditions are: Heavy snow, ice pellets, moderate and heavy freezing rain, hail <sup>(4)</sup> No holdover time guidelines exist for this condition for 0 °C and below <sup>(5)</sup> For holdover times under active frost conditions see the separate frost table (Table 3)								
<b>CAUTION:</b> The time of protection will be shortened in heavy weather conditions. Heavy precipitation rates or high moisture content, high wind velocity or jet blast may reduce holdover time below the lowest time stated in the range. Holdover time may also be reduced when the aeroplane skin temperature is lower than OAT. Therefore, the indicated times should be used only in conjunction with a pre-takeoff check. De-icing/anti-icing fluids used during ground de-icing/anti-icing are not intended for and do not provide protection during flight.								



Prilog 5. Generička tablica vremena zadržavanja tekućine TIP IV za metalne i kompozitne površine

Izvor: [31]

OAT <sup>(1)</sup>		Type IV Fluid Concentration Neat Fluid/ Water (Vol %/Vol %)	Approximate Holdover Times under various weather conditions (hours:minutes)					
			Freezing Fog	Snow/ Snow Grains/ Snow Pellets <sup>(2)</sup>	Freezing Drizzle <sup>(3)</sup>	Light Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing	Other <sup>(4) (5)</sup>
°C	°F	100/0	1:30 - 2:25	0:35 - 1:10	0:50 - 1:30	0:35 - 0:50	0:10 - 1:25 <sup>(6)</sup>	<b>CAUTION:</b> No Holdover Time Guidelines exist
		75/25	1:25 - 2:40	0:30 - 1:05	0:50 - 1:15	0:30 - 0:45	0:09 - 1:15 <sup>(6)</sup>	
		50/50	0:25 - 0:40	0:09 - 0:15	0:15 - 0:25	0:09 - 0:15		
below -3 to -14	27 and above	100/0	0:20 - 1:20	0:25 - 0:50	0:25 - 1:10 <sup>(7)</sup>	0:15 - 0:25 <sup>(7)</sup>		
		75/25	0:25 - 0:50	0:20 - 0:40	0:15 - 1:05 <sup>(7)</sup>	0:15 - 0:25 <sup>(7)</sup>		
below -14 to -23 or LOU	below 7 to -9 or LOU	100/0	0:15 - 0:40	0:15 - 0:30				

(1) Ensure that the LOU is respected. Consider the use of Type I fluid when Type IV fluid cannot be used.

(2) In light "Rain and Snow" conditions use "Light Freezing Rain" holdover times

(3) If positive identification of "Freezing Drizzle" is not possible use "Light Freezing Rain" holdover times

(4) Other conditions are: Heavy snow, ice pellets, moderate and heavy freezing rain, hail

(5) For holdover times under Active Frost conditions see the separate frost table (Table 1)

(6) No holdover time guidelines exist for this condition for 0 °C (32 °F) and below

(7) No holdover time guidelines exist for this condition below -10 °C (14 °F)

**CAUTION:** The time of protection will be shortened in heavy weather conditions. Heavy precipitation rates or high moisture content, high wind velocity or jet blast may reduce holdover time below the lowest time stated in the range. Holdover time may also be reduced when the aeroplane skin temperature is lower than OAT. Therefore, the indicated times should be used only in conjunction with a pre-takeoff check.

De-icing/anti-icing fluids used during ground de-icing/anti-icing are not intended for - and do not provide - protection during flight.

*Prilog 6. Vremenska prognoza za MZLZ dana 2. siječnja 2016.*

**1. Prognoza vremena za MZL Zagreb od danas u 13:00 LT do sutra u 13:00 LT**

Općenita prognoza:

Oblačno. Vjetar slab sjeveroistočni u jačanju. Snijeg.

Tablica s prognozom meteoroloških pojava:

*Vjerojatnost za pojavu se iskazuje slijedećim oznakama:*

*NE – pojava se ne očekuje*

*A – mala vjerojatnost za pojavu*

*B – umjerena vjerojatnost za pojavu*

*C – velika vjerojatnost za pojavu*

*D – vrlo velika vjerojatnost za pojavu*

*Vrsta poledice se iskazuje brojkama:*

*1 – poledica zbog padanja „pothlađene“ kiše (ili rosulje);*

*2 – poledica pri smrzavanju „tople“ kiše (ili rosulje) u dodiru s tlom ili predmetima na tlu temperature niže od 0°C;*

*3 – poledica zbog zaleđivanja mokrog tla pri padu temperature zraka ispod 0°C;*

*4 – poledica nastala ponovnim smrzavanjem ugaženog ili otopljenog snijega;*

*5 – poledica pri neposrednom padanju snijega ili susnežice pri niskim temperaturama.*

*Vrijeme je iskazano opisno (ujutro, tijekom noći, prije padne ,...).*

<b>Snijeg:</b>	<i>vjerojatnost</i>	<i>visina u cm</i>	<i>vrijeme</i>
	D	15	Cijeli period
<b>Poledica:</b>	<i>vjerojatnost</i>	<i>vrsta</i>	<i>vrijeme</i>
	D	5	Cijeli period
<b>Temperatura zraka:</b>	<i>najniža</i>	<i>najviša</i>	
	-4 C	0°C	

**2. Izgledi vremena za iduća 3 do 4 dana**

Od ponedjeljka poslijepodne ponovno oborine ( susnežica ili snijeg uz malu vjerojatnost kiše koja se leđi). U srijedu postupno prestanak oborina.

Minimalne temperature do -10 do -6 °C, a maksimalne do 0 do 4°C.

*Prilog 7. Vremenska prognoza za MZLZ dana 6. siječnja 2016.*

**1. Prognoza vremena za MZL Zagreb od danas u 13:00 LT do sutra u 13:00 LT**

Općenita prognoza:

Oblačno . Poslijepodne i u noći povremeno snijeg. Sutra ujutro prestanak oborina i postupno razvedranje. Vjetar slab sjeveroistočni sutra u okretanju na jugozapadni.

Tablica s prognozom meteoroloških pojava:

*Vjerojatnost za pojavu se iskazuje slijedećim oznakama:*

*NE – pojava se ne očekuje*

*A – mala vjerojatnost za pojavu*

*B – umjerena vjerojatnost za pojavu*

*C – velika vjerojatnost za pojavu*

*D – vrlo velika vjerojatnost za pojavu*

*Vrsta poledice se iskazuje brojkama:*

*1 – poledica zbog padanja „pothlađene“ kiše (ili rosulje);*

*2 – poledica pri smrzavanju „tople“ kiše (ili rosulje) u dodiru s tlom ili predmetima na tlu temperature niže od 0°C;*

*3 – poledica zbog zaleđivanja mokrog tla pri padu temperature zraka ispod 0°C;*

*4 – poledica nastala ponovnim smrzavanjem ugaženog ili otopljenog snijega;*

*5 – poledica pri neposrednom padanju snijega ili susnežice pri niskim temperaturama.*

*Vrijeme je iskazano opisno (ujutro, tijekom noći, prije podne, ...).*

<b>Snijeg:</b>	<i>vjerojatnost</i>	<i>visina u cm</i>	<i>vrijeme</i>
	D	10	Poslijepodne i tijekom noći
<b>Poledica:</b>	<i>vjerojatnost</i>	<i>vrsta</i>	<i>vrijeme</i>
	C	5	Poslijepodne, tijekom noći i ujutro
<b>Temperatura zraka:</b>	<i>najniža</i>	<i>najviša</i>	
	-6°	-1°C	

**2. Izgledi vremena za iduća 3 do 4 dana**

Sutra rano ujutro razvedranje i moguća magla veći dio dana. Od petka oblačno uz povremenu kišu i toplije. U petak ujutro vrlo mala mogućnost za kišu koja se ledi.

Minimalne temperature od -3 do 1°C, a maksimalne od 3 do 6 C.

*Prilog 8. Vremenska prognoza za MZLZ dana 28. prosinca 2014.*

**1. Prognoza vremena za MZL Zagreb od danas u 13:00 LT do sutra u 13:00 LT**

Općenita prognoza:

Navečer prestanak snijega, uz jak sjeveroistočni vjetar (mogućnost vijavice). Sutra ujutro razvedranje uz slabljenje vjetra.

Tablica s prognozom meteoroloških pojava:

*Vjerojatnost za pojavu se iskazuje slijedećim oznakama:*

*NE – pojava se ne očekuje*

*A – mala vjerojatnost za pojavu*

*B – umjerena vjerojatnost za pojavu*

*C – velika vjerojatnost za pojavu*

*D – vrlo velika vjerojatnost za pojavu*

*Vrsta poledice se iskazuje brojkama:*

*1 – poledica zbog padanja „pothlađene“ kiše (ili rosulje);*

*2 – poledica pri smrzavanju „tople“ kiše (ili rosulje) u dodiru s tlom ili predmetima na tlu temperature niže od 0°C;*

*3 – poledica zbog zaleđivanja mokrog tla pri padu temperature zraka ispod 0°C;*

*4 – poledica nastala ponovnim smrzavanjem ugaženog ili otopljenog snijega;*

*5 – poledica pri neposrednom padanju snijega ili susnežice pri niskim temperaturama.*

*Vrijeme je iskazano opisno (ujutro, tijekom noći, prije podne, ...).*

<b>Snijeg:</b>	<i>vjerojatnost</i>	<i>visina u cm</i>	<i>vrijeme</i>
	<b>D</b>	<b>10</b>	<b>Poslijepodne/navečer</b>
<b>Poledica:</b>	<i>vjerojatnost</i>	<i>vrsta</i>	<i>vrijeme</i>
	<b>D</b>	<b>4 i 5</b>	<b>Cijeli period</b>
<b>Temperatura zraka:</b>	<i>najniža</i>	<i>najviša</i>	
	<b>-8 °C</b>	<b>-2 °C</b>	

**2. Izgledi vremena za iduća 3 do 4 dana**

Od utorka novo naoblachenje uz mogućnost slabog snijega uz maksimalne temperature od -2°C a minimalne temperature između -13°C i -16°C (noć/jutro).

*Prilog 9. Vremenska prognoza za MZLZ dana 5. siječnja 2016.*

**1. Prognoza vremena za MZL Zagreb od danas u 13:00 LT do sutra u 13:00 LT**

Općenita prognoza:

Oblačno i sumaglica, poslijepodne počinje kiša koja se ledi. Sutra prijepodne će kiša koja se ledi slabiti i početi će zrnati snijeg.

Tablica s prognozom meteoroloških pojava:

*Vjerojatnost za pojavu se iskazuje slijedećim oznakama:*

*NE – pojava se ne očekuje*

*A – mala vjerojatnost za pojavu*

*B – umjerena vjerojatnost za pojavu*

*C – velika vjerojatnost za pojavu*

*D – vrlo velika vjerojatnost za pojavu*

*Vrsta poledice se iskazuje brojkama:*

*1 – poledica zbog padanja „pothlađene“ kiše (ili rosulje);*

*2 – poledica pri smrzavanju „tople“ kiše (ili rosulje) u dodiru s tlom ili predmetima na tlu temperature niže od 0°C;*

*3 – poledica zbog zaleđivanja mokrog tla pri padu temperature zraka ispod 0°C;*

*4 – poledica nastala ponovnim smrzavanjem ugaženog ili otopljenog snijega;*

*5 – poledica pri neposrednom padanju snijega ili susnežice pri niskim temperaturama.*

*Vrijeme je iskazano opisno (ujutro, tijekom noći, prije podne, ...).*

<b>Snijeg:</b>	<i>vjerojatnost</i>	<i>visina u cm</i>	<i>vrijeme</i>
	NE		
<b>Poledica:</b>	<i>vjerojatnost</i>	<i>vrsta</i>	<i>vrijeme</i>
	C	1	poslijepodne, tijekom noći i ujutro
<b>Temperatura zraka:</b>	<i>najniža</i>	<i>najviša</i>	
	-4°	-1°C	

**2. Izgledi vremena za iduća 3 do 4 dana**

Sutra poslijepodne oblačno, povremeno sa snijegom. Prekosutra rano ujutro razvedravanje i moguća magla veći dio dana. Od petka oblačno uz povremenu kišu i toplije.

Minimalne temperature od -6 do -3 °C, a maksimalne od 2 do 5°C.

## METAPODACI

**Naslov rada:** Prihvat i otprema zrakoplova u zimskim uvjetima

**Student:** Antun Rajnović

**Mentor:** Matija Bračić, mag. ing. traff.

**Naslov na drugom jeziku (engleski):** Aircraft Ramp Handling in Adverse Conditions

**Povjerenstvo za obranu:**

- prof. dr. sc. Stanislav Pavlin - predsjednik
- mag. ing. traff. Matija Bračić - mentor
- doc. dr. sc. Ružica Škurla Babić - član
- doc. dr. sc. Andrija Vidović - zamjena

**Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** Zavod za zračni promet

**Vrsta studija:** Preddiplomski

**Studij:** Promet

**Datum obrane završnog rada:** 13.09.2016.



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako 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 rada pod naslovom **Prihvat i otprema zrakoplova u zimskim uvjetima**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 5.9.2016 \_\_\_\_\_

Student/ica:

Antun Rajnović  
(potpis)