Utjecaj zračne luke na onečišćenje okoliša i zdravlje ljudi - primjer grada Velika Gorica

Beliga, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

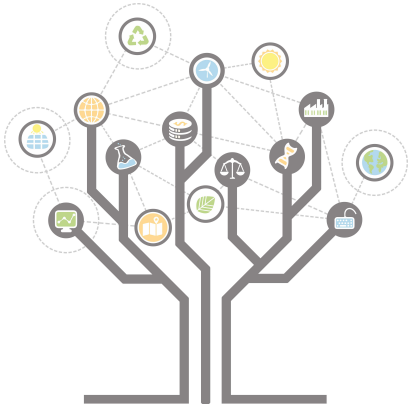
2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:894731

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

PETRA BELIGA

UTJECAJ ZRAČNE LUKE NA ONEČIŠĆENJE OKOLIŠA I ZDRAVLJE LJUDI - PRIMJER GRADA VELIKA GORICA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

UTJECAJ ZRAČNE LUKE NA ONEČIŠĆENJE OKOLIŠA I ZDRAVLJE LJUDI - PRIMJER GRADA VELIKA GORICA

KANDIDAT:
PETRA BELIGA

MENTOR:
Doc.dr.sc. JELENA LOBOREC

VARAŽDIN, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnica: PETRA BELIGA

Matični broj: 2571 - 2015./2016.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

UTJECAJ ZRAČNE LUKE NA ONEČIŠĆENJE OKOLIŠA
I ZDRAVLJE LJUDI - PRIMJER GRADA VELIKA GORICA

Rad treba sadržati: 1. Uvod
2. Utjecaj zračnog prometa na okoliš
3. Tretiranje otpada na zračnoj luci
4. Mjere zaštite na zračnoj luci Franjo Tuđman
5. Zdravlje i okoliš
6. Literatura
7. Dodaci

Pristupnica je dužna predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 27.03.2019. Rok predaje: 05.09.2019.

Mentor:
Jelena Loborec
Doc.dr.sc. Jelena Loborec

Predsjednik Odbora za nastavu:
REPUBLIKA HRVATSKA – GEOTEHNIČKI FAKULTET SVEUČILIŠTE U ZAGREBU – VARAŽDIN
Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad pod naslovom

UTJECAJ ZRAČNE LUKE NA ONEČIŠĆENJE OKOLIŠA I ZDRAVLJE LJUDI – PRIMJER GRADA VELIKA GORICA

(naslov diplomskog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **doc.dr.sc. Jelena Loborec.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 12.09.2019.

Petra Beliga

(Ime i prezime)

Petra Beliga

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

Zračna luka „Franjo Tuđman“, najveća i najznačajnija zračna luka u Hrvatskoj, se nalazi svega sedamnaest kilometara jugoistočno od središta Zagreba, na području grada Velike Gorice. Prostire se na približno tristo hektara terena na kojem su smješteni svi infrastrukturni i prometni objekti. U današnje vrijeme zračni promet je jedan od najčešćih oblika transporta u svijetu. Oko tri milijarde putnika godišnje koristi zračni promet i ta činjenica dovoljno govori o važnosti takvog oblika prijevoza. Zračni promet ima veliku prednost u odnosu na druge oblike transporta, ali se u obzir trebaju uzeti i utjecaji zračnog prometa na okoliš te na zdravlje ljudi. Zaštita okoliša sadrži niz mjera i odgovarajućih aktivnosti kojima je cilj sprječavanje onečišćenja okoliša te vraćanje okoliša u prvobitno stanje prije nastanka štete. Negativne pojave zračnog prometa su buka u zrakoplovstvu, emisije štetnih produkata zrakoplovnih motora te otpadni materijali. Njihov štetan utjecaj na zrak, vodu i tlo, kao i na životinje, biljke i ljude treba smanjiti na najmanju moguću mjeru, kako bi zračni promet s ekološkog aspekta bio održiv.

Ključne riječi: Zračna luka, zračni promet, buka, emisije ispušnih plinova, utjecaj na okoliš, zdravlje

Sadržaj

1. UVOD 1

2. UTJECAJ ZRAČNOG PROMETA NA OKOLIŠ 3

2.1. ONEČIŠĆENJE ZRAKA 4

2.1.1. Kvaliteta zraka na širem području grada Zagreba 5

2.1.2. Emisija štetnih tvari iz zrakoplovnih motora 6

2.1.3. Sustav mjerenja onečišćenja zraka 7

2.2. ONEČIŠĆENJE BUKOM U KOMERCIJALNOM ZRAKOPLOVSTVU 9

2.2.1. Mjerenje buke na području Zračne luke Franjo Tuđman 11

2.2.2. Mjerenje razine buke u naselju Donja Lomnica 13

2.3. KLIMATSKE PROMJENE 15

2.4. ONEČIŠĆENJE VODE I TLA NA PODRUČJU ZRAČNE LUKE I U NJENOJ OKOLICI 16

3. TRETIRANJE OTPADA U MZLZ 17

3.1. ZBRINJAVANJE OTPADNIH DIJELOVA ZRAKOPLOVA RECIKLIRANJEM 18

3.2. UTROŠAK ENERGIJE 18

4. MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA ZRAČNE LUKE FRANJO TUĐMAN 20

4.1. MJERE ZA SMANJENJE BUKE 21

4.2. MJERE ZA SMANJENJE ONEČIŠĆENJA TLA I VODE 23

4.3. MJERE ZA SMANJENJE EMISIJA ŠTETNIH TVARI 24

5. ZDRAVLJE I OKOLIŠ 26

5.1. ONEČIŠĆENJE BUKOM I NJEN UTJECAJ NA ZDRAVLJE LJUDI KAO POSLJEDICA ZRAČNOG PROMETA 26

5.2. ONEČIŠĆENJE ZRAKA I NJEGOV UČINAK NA ZDRAVLJE LJUDI KAO POSLJEDICA ZRAČNOG PROMETA 29

5.3. UTJECAJ ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U VODI I TLU NA ZDRAVLJE LJUDI KAO POSLJEDICA ZRAČNOG PROMETA 31

5.4. UTJECAJ SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA NA ZDRAVLJE LJUDI KAO POSLJEDICA ZRAČNOG PROMETA 32

6. ZAKLJUČAK 34

7. LITERATURA 35

1. UVOD

Zračne luke imaju negativan utjecaj na okoliš koji se može ekološkim propisima, mjerama i kriterijima smanjivati. Gledajući s ekološkog aspekta, zračne luke moraju se držati određenih zahtjeva kako bi bile ekološko održive i kako bi obavljale svoju zadaću tako da ne utječu u velikoj mjeri na okoliš. Zato postoje organizacije koje nadziru rad zračnih luka i doprinose poštivanju ekoloških načela u zračnom prometu, a to su IATA (*eng. International Air Transport Association* - Međunarodna udruga za zračni prijevoz) i ICAO (*eng. International Civil Aviation Organisation* - Organizacija međunarodnog civilnog zrakoplovstva). Ta tijela podržala su inicijativu o donošenju ekoloških kriterija pri izdavanju uvjerenja kojima se potvrđuje da zračni prijevoznici moraju zadovoljiti kriterije buke, emisije štetnih plinova i kemikalija, kako bi se smanjio štetan utjecaj zračnog prometa na okoliš. Zdravlje je prvo na listi prioriteta suvremenog čovjeka te je stoga ključno prepoznavanje niza uzroka koji utječu na zdravlje. Zdravlje čovjeka, njegov okoliš i način života su u stalnom međudjelovanju tijekom kojeg je čovjek u stalnoj prilagodbi i mijenjajući ga, stvara optimalne uvjete za uspješan život i opstanak. Čovjek je svakodnevno pod utjecajem različitih čimbenika okoliša (konzumacija vode, dodir s tlom, otpadom, udisanje zraka, svakodnevnoj izloženosti buci ili zračenjima), primoran je na praćenje, procjenu i promjenu tih štetnih čimbenika iz okoliša, kako bi zaštitio svoje zdravlje. Emisije štetnih tvari iz zrakoplovnih motora, buka koju proizvode zrakoplovi, stvaranje otpada od iskorištenih materijala, djeluju na kakvoću vode, tla, zraka u okolici zračnih luka. Ciljevi zračnog prometa su usmjereni na održivi razvoj zrakoplovstva što znači primjenu novih tehnologija i mjera koje će zračni promet s ekološkog aspekta učiniti prihvatljivijim. To podrazumijeva korištenje alternativnih goriva, razvoj motora nove generacije koji će biti tiši u odnosu na prijašnje, kao nekih od mjera čijom primjenom bi utjecaj zračnog prometa na okoliš bio smanjen.

Cilj ovog rada bio je prikazati utjecaj zračne luke „Franjo Tuđman“ na okoliš i zdravlje ljudi u okolici zračne luke. Zračna luka Franjo Tuđman najveća je i najznačajnija zračna luka u Hrvatskoj. Nalazi se svega sedamnaest kilometara jugoistočno od središta Zagreba, na području grada Velike Gorice. Naziv je dobila 2017. kada je zračna luka Zagreb proširena i otvorena potpuno nova zgrada, opremljena modernim tehnologijama. U javnosti se rijetko

spominje da se u neposrednoj blizini zračne luke nalazi i vojni aerodrom koji također svojim radom sigurno sudjeluje u ukupnim mjerenjima onečišćenja prostora, osobito bukom. U ovome radu istaknute su velike prednosti zračnog prometa u odnosu na druge oblike transporta, ali su još više razmatrani negativni utjecaji zračnog prometa na okoliš te na zdravlje ljudi.

2. UTJECAJ ZRAČNOG PROMETA NA OKOLIŠ

Onečišćenje okoliša jedan je od najvećih problema današnjice koji pogađa sve čimbenike ekosustava naše planete. Pokretač svakog onečišćenja je čovjek koji je svojim fizičkim aktivnostima, urbanizacijom te poljoprivredom davno započeo proces onečišćavanja okoliša, a koji se s vremenom intenzivirao, pogotovo uporabom fosilnih goriva i na posljetku industrijalizacijom. Konstantan razvoja tehnologije te procesa industrijalizacije koji znatno utječu na okoliš, uzrokuje potrebu za razvojem sustava zaštite okoliša u gotovo svim ustanovama i djelatnostima na dnevnoj bazi. Zračni promet nije iznimka. Niz prednosti suvremenog zračnog prometa, kao što su: brzina, udobnost i sigurnost prijevoza, a u budućnosti i smanjenje cijena usluge, znatno će pridonijeti stalnom rastu važnosti zračnog prometa. U sljedećih 20-30 godina očekuje se dodatni razvoj zračnog prometa, što će također uzrokovati porast njegovog utjecaja na okoliš. Zračni promet s jedne strane odgovara sve većim zahtjevima i potrebama prijevoza tereta i putnika, a s druge strane moguće ga je povezati s rastućim trendom onečišćenja u okolišu.

Zrakoplovi negativno utječu na okoliš zbog sljedećih utjecaja: stvaranje buke, stvaranje emisije štetnih plinova iz zrakoplovnih motora, što najprije narušava kakvoću zraka, utječe na klimatske promjene, a kroz hidrološki ciklus utječe na onečišćenje vode i tla u okolici zračnih luka te tako posredno narušava floru i faunu. Prevencija štetnog djelovanja zračnog prometa na okoliš želi se postići strateškim smjernicama razvoja prometnih grana zajedničke transportne politike EU. Takve mjere su ukidanje subvencija i poreznih olakšica, uvođenje ekoloških naknada i ekološko gospodarenje [1]. Nepovoljni utjecaj prometa na okoliš rezultira onečišćenjem tla, vode i zraka, pojavom buke i vibracija te ukupnim negativnim djelovanjem na okoliš. Iako je izvor emisije stakleničkih plinova u udjelu zrakoplovstva iznimno malen, ipak će utjecaj zračnog prometa na okoliš stalno rasti zbog toga što će zračni promet po predviđanjima stalno rasti u budućnosti.

Povećani razvoj zračnog prometa u nekim je područjima opterećenje na okoliš doveo do toga da je kvaliteta života u blizini zračnih luka snižena. Predviđa se da će se do 2050. god. zračni promet povećati 7 puta, a potrošnja goriva za 3 puta [2]. Uzevši u obzir ova predviđanja jasno je da zračni promet ima veliki utjecaj na klimatske promjene. Onečišćenje okoliša

uzrokovano zračnim prometom najjače je na sjevernoj polutki zemlje, osobito iznad američkog i europskog kontinenta te na zračnim koridorima preko Atlantika i Pacifika. Uzastopnim usavršavanjem tehnologije zrakoplovnih motora smanjuje se proizvodnja buke i potrošnja goriva, a na taj način i emisija štetnih plinova. U cilju smanjenja negativnog ekološkog utjecaja zračnog prometa predviđa se i optimizacija procedure pri polijetanju i slijetanju zrakoplova [1, 2].

2.1. ONEČIŠĆENJE ZRAKA

Onečišćenim zrakom smatra se zrak čija je kvaliteta narušena prisutnošću onečišćujućih tvari u koncentracijama zbog kojih takav zrak može uzrokovati narušavanje zdravlja, smanjenje kvalitete života i može štetno utjecati na bilo koju sastavnicu okoliša. Pojam onečišćujuća tvar u zraku podrazumijeva svaku tvar koja je prisutna u zraku, a koja može imati štetan učinak na ljudsko zdravlje i okoliš u cjelini. Potrebno je razlikovati prirodne od antropogenih izvora onečišćujućih tvari. Prirodnim izvorima onečišćenja zraka smatraju se: erupcija vulkana, seizmičke aktivnosti, geotermalne aktivnosti, snažni vjetrovi ili atmosfersko podizanje ili prenošenje prirodnih čestica iz sušnih prostora (pustinje). Te čestice mogu biti; prašina, čestice morske soli, dim, plinovi i pepeo, mikroorganizmi, meteorska prašina i različita prirodna isparavanja. Antropogene tvari koje onečišćuju zrak i negativno utječu na žive organizme i okoliš u cjelini, a posebno na zdravlje ljudi, mogu se razvrstati u pokretne i nepokretne. U skupini nepokretnih izvora onečišćenja svrstavaju se različita postrojenja unutar kojih se odvijaju tehnološki procesi, industrijski pogoni, uređaji, građevine. Skupinu pokretnih izvora čine prijevozna sredstva koja ispuštaju onečišćujuće tvari u zrak. To su: motorna vozila, šumski poljoprivredni strojevi, dizalice, lokomotive, plovni objekti te zrakoplovi.

Sve onečišćujuće tvari u zraku mogu se razvrstati na sljedeći način [3]:

- Tvari koje se izravno emitiraju u atmosferu (npr. ispuh vozila, dimnjaci) - to su primarne onečišćujuće tvari
- Tvari koje nastaju u atmosferi (npr. oksidacijom) - nazivaju se sekundarnim onečišćujućim tvarima zraka, tzv. lebdeće čestice.

Prekomjerna koncentracija bilo koje od navedenih onečišćujućih tvari u zraku može imati negativan utjecaj na zdravlje ljudi. Onečišćenje zraka na zračnoj luci može potjecati od: ispuha zrakoplovnih motora, otvora za gorivo zrakoplova, motornih vozila putnika, zaposlenika i posjetitelja zračne luke, od zemaljske opreme i građevinske aktivnosti [3, 4].

2.1.1. Kvaliteta zraka na širem području grada Zagreba

Istraživanjima koja su rađena prije proširenja zračne luke Zagreb utvrđeno je prekomjerno onečišćenje česticama PM_{10} (lebdeće čestice manje od 10 mikrometara) koje je zabilježeno na širem području grada Zagreba. Prekoračene granične vrijednosti javljaju se tijekom sezone grijanja kada je razina regionalnog pozadinskog onečišćenja česticama visoka. Analize pokazuju da je za postizanje granične vrijednosti dnevne koncentracije PM_{10} potrebno smanjiti emisiju čestica iz niskih i prizemnih izvora s područja grada Zagreba za najmanje 30 % [6]. Mjere koje su predložene za poboljšanje kvalitete zraka na području grada Zagreba su: smanjenje emisija primjenom mjera energetske učinkovitosti, odnosno poboljšanjem toplinske zaštite zgrada usmjerene na kućanstva, koja su najznačajniji izvori emisija čestica. Također, korištenje naprednih tehnologija, plina kao goriva i uporabom centralnog toplinskog sustava te smanjenje emisija čestica koje proizvodi cestovni promet. Prema podacima Međunarodne zračne luke Franjo Tuđman [5, 6] dokazano je da emisije PM_{10} iz zračnog prometa čine samo 5 % ukupnih emisija, što dovodi do jasnog zaključka kako zračni promet ima manji utjecaj na emisiju štetnih čestica u okolici zračne luke i na području samog grada Zagreba nego izvori iz kućanstava i cestovnog prometa, osobito u zimskom vremenskom periodu.

2.1.2. Emisija štetnih tvari iz zrakoplovnih motora

Tehnološko usavršavanje zrakoplovnih motora doprinijelo je smanjenju potrošnje goriva od 70 % u zadnjih 40 god. Više od 16 tisuća zrakoplova u svijetu godišnje stvara više od 16 milijuna tona ugljičnog dioksida, no to nije jedino onečišćivalo. Prema smjernicama ICAO predmet istraživanja su: ugljični monoksid (CO), sumporov dioksid (SO_2) dušikovi oksidi NO_x, ugljikovodici te koksne čestice. Pritom je važno napomenuti da se vrijeme zadržavanja ovih tvari u zraku znatno razlikuje. Tako se sumporov dioksid (SO_2) zadržava od 1 do 6 dana, čestice od 3 do 7 dana, dušični oksidi od 1 do 3 dana, ugljikovodici od 1 do 2 dana, a ugljikov monoksid zadržava se oko 0,3 godine [3].

Takva onečišćivala na brojne načine ugrožavaju okoliš. Pojedine tvari se s vremenom razgrađuju, druge dolaze na zemlju zajedno s oborinama te je na taj način onečišćuju i druge segmente okoliša, a mnogi vrlo aktivno ugrožavaju važne standardne komponente zraka poput ozona. Iz tablice 1. je vidljivo da ispuštanje određenih plinova koje proizvodi zrakoplovni motor nije jednako za sve faze leta.

Tablica 1. Količina ispušnih plinova u određenim režimima rada motora [9]

Režim rada motora	Faktor opterećenja motora	Prosječno trajanje faza (min)	Koncentracija komponenata ispušnog plina (kg/h), (kg/faza)					
			CO		HC		NO_x	
Rulanje i prazan hod	0.007	15	46,72	(11,7)	38,1	(9,52)	0,45	(0,11)
Polijetanje	1.00	0,7	4,54	(0,05)	5,44	(0,06)	67,1	(0,81)
Penjanje	0,85	2,2	4,54	(1,68)	5,89	(2,18)	42,6	(15,7)
Spuštanje	0,30	4,0	13,15	(0,88)	5,44	(0,36)	9,07	(0,61)
Slijetanje	0.07	7,0	4,54	(0,53)	5,89	(0,70)	42,6	(5,12)
Ukupno		29		(14,82)		(12,82)		(23,22)
Krstarenje			4,54		5,60		45,2	

Prema tome, zrakoplov na zemlji, u fazi rulanja i pri praznom hodu ima visoku emisiju ugljikovog monoksida i ugljikovodika, ali nisku emisiju dušikovih oksida (NO_x). Pri polijetanju zrakoplova, emisija NO_x se povećava čak 15 tisuća puta, a u fazi krstarenja to povećanje iznosi čak 10 tisuća puta. Podaci pokazuju da je emisija NO_x prilikom polijetanja

i horizontalnog leta veća otprilike 100 puta u odnosu na zrakoplov koji je prizemljen. Dušični oksidi u gornjim slojevima troposfere povećavaju količinu ozona koji na ovim visinama stvara efekt staklenika, a u stratosferi gdje lete nadzvučni zrakoplovi izazivaju oštećenje prirodnog ozonskog sloja. Područje djelovanja onečišćujućih tvari koje proizvode zrakoplovni motori najznačajniji su na visinama od 8-12 kilometara. Na tim visinama su zrakoplovi jedini onečišćivači. Jedna petina štetnih zrakoplovnih onečišćivala emitira se u donjim slojevima stratosfere, dok je ostatak emitiran unutar područja troposfere. Tu se javlja i vodena para kao produkt rada zrakoplovnih motora [7].

Razvoj tehnologije proizvodnje zrakoplova i tehnologijom izrade novih, ekološki naprednijih motora nastoje se što više smanjiti štetni utjecaji na okoliš. Ispitivanja koja su provedena u SAD-u i Njemačkoj su pokazala da je razina onečišćenja zraka u zračnoj luci (zbog velikog prostora koji ona obuhvaća) manja od onečišćenja zraka na većoj gradskoj cestovnoj prometnici. Istraživanja su pokazala da udio pojedinih izvora u ukupnoj emisiji ispušnih plinova emitira 45 % glavni motor zrakoplova, 45 % motorna vozila u dolasku i odlasku iz zračne luke i 10 % motorna vozila za prihvat i otpremu putnika, prtljage zrakoplova [8, 9].

2.1.3. Sustav mjerenja onečišćenja zraka

Za kontrolu i mjerenja onečišćenja zraka u okolici zračne luke sklopljen je ugovor između Međunarodne zračne luke Zagreb (u daljnjem tekstu: MZLZ) i Ekonerg-a, Instituta za energetiku i zaštitu okoliša d.o.o. Ekonerg je obvezan izvršiti uslugu održavanja mjerne postaje i mjerenja kvalitete zraka te izvršiti provjeru kvalitete mjerenja i validaciju mjernih podataka na postaji za praćenje kvalitete zraka MZLZ. Slika 1. prikazuje mikro lokaciju postaje za mjerenje kvalitete zraka na području zračne luke. Ekonerg radi mjerenja ozona (O_3), dušikovog oksida (NO_2) i ugljikovog monoksida (CO), dok Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) radi mjerenja PM_{10} čestica.



Slika 1. Mikro lokacija postaje Međunarodne zračne luke Franjo Tuđman [10]

Obveza koncesionara zračne luke je kontinuirano ispunjavanje ACA programa (*eng. Airport Carbon Accreditation* - Nezavisni program smanjenja emisija CO_2) te je sukladno tome tijekom 2015. god. obnovljen ACA certifikat za MZLZ (Slika 2.). U posljednjim izvještajima sve europske zračne luke u sklopu ACA programa zabilježile su poboljšanje u smanjenju emisije štetnih plinova. Ovim certifikatom zračna luka potvrđuje doprinos očuvanju okoliša [10].



Slika 2. ACA certifikat MZLZ [11]

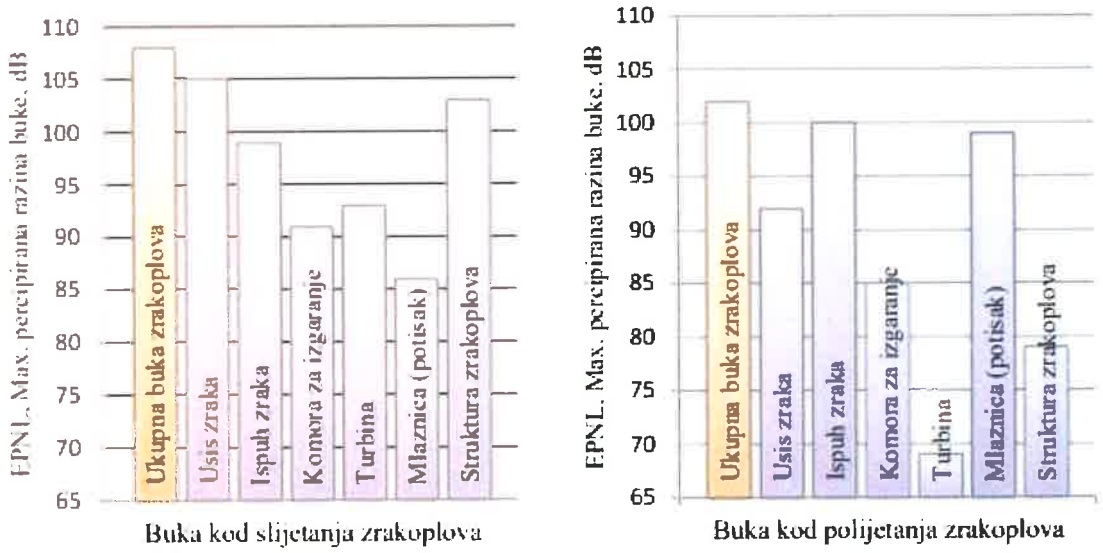
2.2. ONEČIŠĆENJE BUKOM U KOMERCIJALNOM ZRAKOPLOVSTVU

Buka kao element utjecaja na uvjete čovjekova života sve je prisutnija. Zbog stalnog povećanja umjetnih izvora buke promet se preko prometnih sredstava pojavljuje kao jedan od najznačajnijih izvora buke u čovjekovoj okolini. Buka je složeni fenomen ugrožavanja čovjeka i njegove okoline, a isto tako i njeno posredno djelovanje na objekte uslijed stvaranja vibracija. Pri pojavi buke važno je ustanoviti jačinu, učestalost i vrijeme trajanja buke. Jačina buke mjeri se decibelima (dB). U prometu su najjači izvori buke pogonski agregati, osobito

u zračnom prometu. Postoji također i pojava izuzetno snažne specifične buke koja se javlja u zračnom prometu, kad zrakoplov probije „zvučni zid“, ali ona se javlja rjeđe [12].

Zrakoplovstvo je u današnje vrijeme osobito beneficirana transportna djelatnost. Financijska podrška zračnom prometu od strane fondova EU iznosi 45 milijardi eura godišnje, zato su i veliki troškovi koji se koriste za smanjenje onečišćenja, a oni iznose 16,4 milijarde eura godišnje. To pokazuje da se značajno žele poboljšati uvjeti zaštite okoliša u smislu smanjenja razine buke koje proizvode zrakoplovi. Zato se stalno radi i na poboljšanju zrakoplovnih motora čijom bi se uporabom smanjila razine buke za daljnjih 50 % - 70 %. Usprkos znatnim unaprjeđenjima tehnologije, ostaje zabrinutost da će učinak tehnološkog napretka biti ugrožen velikim brojem povećanja zrakoplovnih aktivnosti u budućnosti [7].

Zrakoplov kao izvor buke koja se odražava na zemlji stvara buku u nekoliko etapa: polijetanje, slijetanje i vožnja zrakoplova po tlu. Najveća razina buke je u blizini zračnih luka te u području iznad prilaznih i odlaznih putanja. Slika 3. prikazuje grafičku raspodjelu razine buke kod polijetanja i slijetanja zrakoplova.



Slika 3. Distribucija razine buke po pojedinim komponentama zrakoplova pri slijetanju i polijetanju [15]

Krajem 50-ih godina prošlog stoljeća prepoznat je utjecaj buke od zračnog prometa na okoliš i ljude. Tada počinju i sustavna istraživanja izvora buke te razvoj mjera za prevenciju buke koju proizvode zrakoplovi. Buka postaje sve veći problem zbog sve većeg broja zrakoplova te naglog širenja i porasta zračnih luka.

Problem buke može se razmatrati kroz tri osnovna načina stvaranja buke u zračnom prometu:

- Buka koju proizvodi pogonska grupa zrakoplova
- Uzajamni utjecaj između motora i strukture zrakoplova
- Oblik zrakoplova

Buka zrakoplova može nastati u fazi polijetanja i slijetanja te na zemlji prilikom kretanja zrakoplova po tlu, servisiranja i testiranja motora. Kod polijetanja zrakoplova najčešći izvor buke nastaje miješanjem potisnog zraka te buka lopatica i komora za izgaranje, dok kod slijetanja glavne izvore buke čine: buka turbine, lopatica i buka strukture koja nastaje zbog otpora.

2.2.1. Mjerenje buke na području Zračne luke Franjo Tuđman

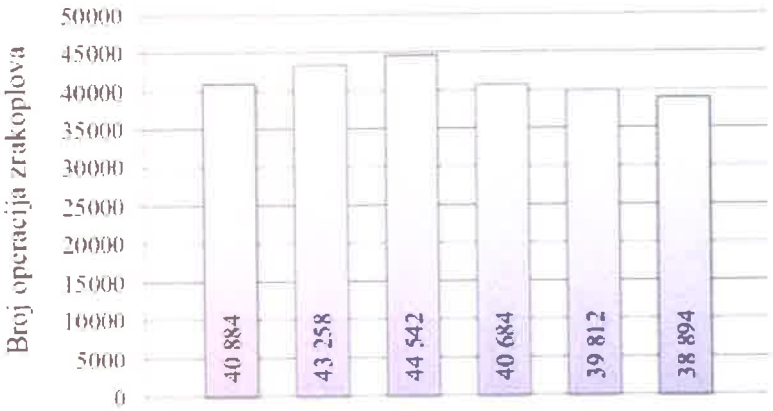
Osnovni cilj postavljanja sustava za mjerenje buke zrakoplova je mjerenjima dobiti vrijednosti buke te utvrditi kako ona utječe na stanovništvo koje živi u neposrednoj blizini. Drugi je cilj vezan za ispunjavanje domaćih i međunarodnih regulativa vezanih za praćenje buke na zračnim lukama. Sustav instaliran u zračnoj luci Franjo Tuđman sastoji se od tri fiksne i jedne mobilne stanice koje su prilagođene za rad na vanjskom prostoru u svim klimatskim uvjetima. Predviđene pozicije fiksnih stanica za mjerenje buke nalaze se u zoni same zračne luke (*Slika 4.)* na područjima koja su najizloženija buci (blizina praga uzletno sletne staze). Druga mjerna postaja se nalazi bočno uz trafostanicu, a treća se nalazi uz bok zida kontrolnog tornja. Četvrta mjerna stanica je prenosiva, nema stalno mjesto, već se njezina lokacija određuje ovisno o potrebi za prikupljanje podataka sa više različitih pozicija.

Trenutačno se ova stanica nalazi u području naselja Donja Lomnica s ulogom stalnog praćenja razine buke u naselju [13, 14].

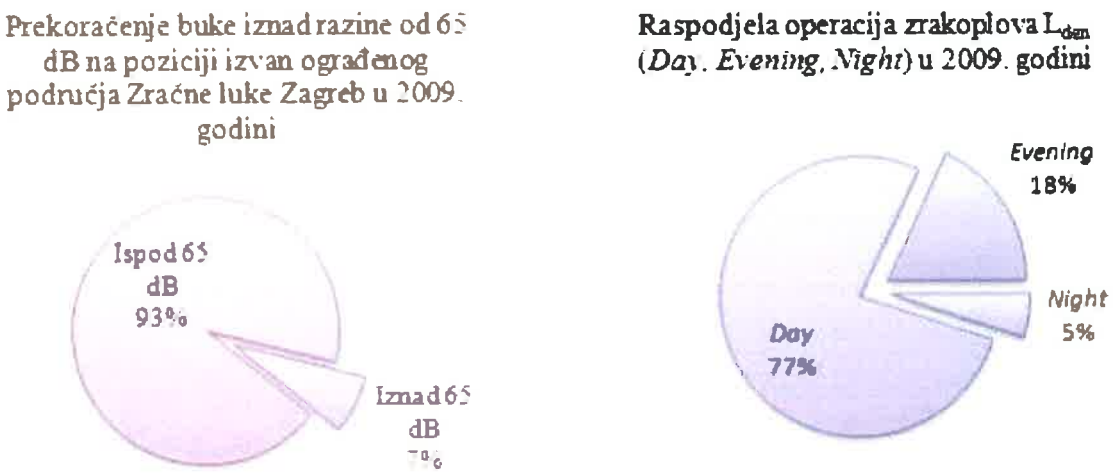


Slika 4. Prikaz pozicija mjernih stanica [13]

Na Slici 5. i Slici 6. prikazani su obrađeni rezultati provedenih ispitivanja buke u periodu prije proširenja MZLZ. Takvi grafički prikazi služe kako bi se utvrdili razni aspekti utjecaja buke na okoliš [13, 14].



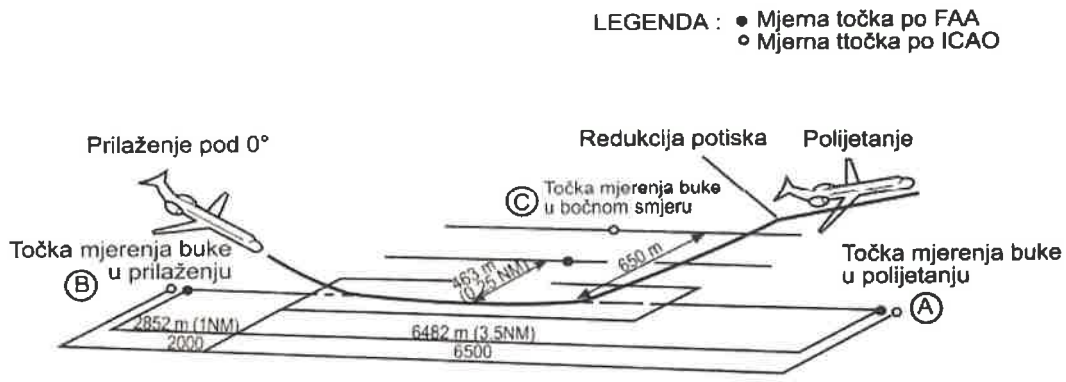
Slika 5. Prikaz broja operacija (polijetanje + slijetanje) zrakoplova na MZLZ (period od 2006. do 2013.godine) [15]



Slika 6. Prikaz razine buke na području Zračne luke Zagreb u 2009. godini [15]

2.2.2. Mjerenje razine buke u naselju Donja Lomnica

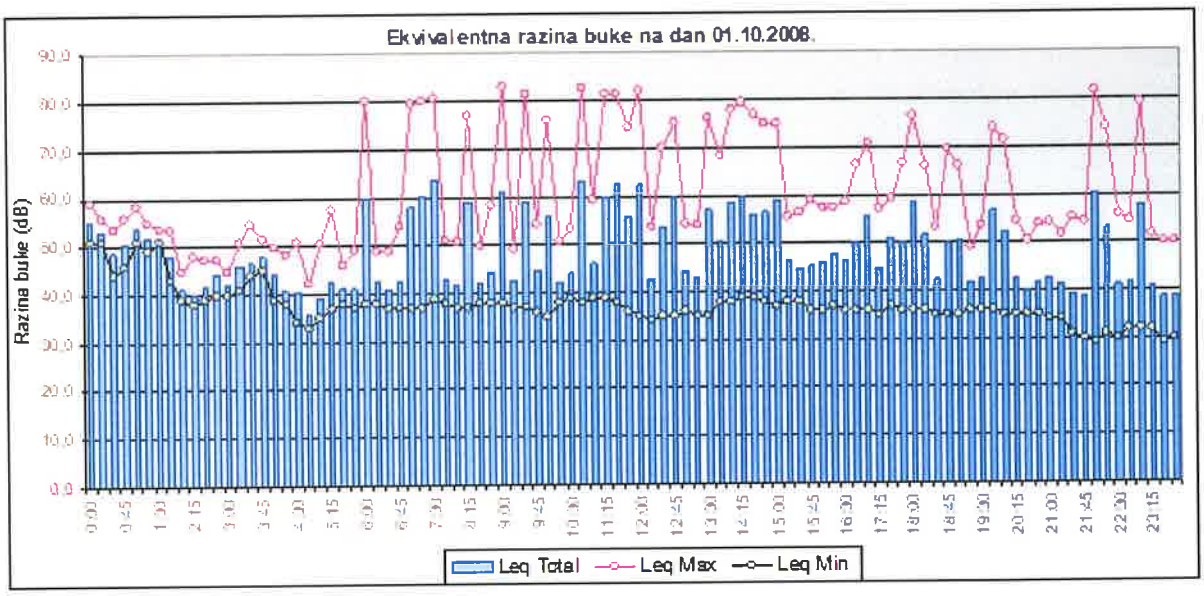
Najveća razina buke je u blizini zračnih luka te u području iznad prilaznih i odlaznih putanja (*Slika 7.*). Naselja na koridoru slijetanja zrakoplova, zbog manjeg kuta prilaza u odnosu na kut polijetanja posebno su ugrožena bukom.



Slika 7. Točke mjerenja buke [3]

Naselje Donja Lomnica nalazi se na udaljenosti oko 3 km jugo-zapadno praga uzletno-sletne staze 0,5. Preko ove uzletno-sletne staze odvija se 90 % prometa. Visina na kojoj bi se

zrakoplov trebao nalaziti je oko 200 m iznad naseljenog područja Donja Lomnica. Nakon proširenja zračne luke i povećanja zračnog prometa došlo je do pojava većih vibracija kod slijetanja zrakoplova iznad već spomenutog naselja, tako da su uočena i oštećenja na višim objektima. Jedan vrlo indikativan događaj zbio se u rano proljeće ove godine (2019.), kada je iznad naselja Donja Lomnica zrakoplov u niskom preletu doveo do oštećenja krova na osnovnoj školi u samom naselju. Mještani koji su nakon događaja bili intervjuirani izjavili su da je buka bila nesnosna i prouzročila veliku štetu. Iz tog razloga u naselju Donja Lomnica postavljena je mobilna stanica NMT4 na lokaciji vatrogasnog doma. Slika 8. prikazuje vrijednosti dobivene mjerenjem buke na toj lokaciji u jednom danu. Na njoj se može vidjeti dnevni raspored buke, tj. niža razina buke preko noći, a povećanje prema kasnijim dijelovima jutra, tijekom podneva i večeri [13].



Slika 8. Ekvivalentna razina buke za 01. 10. 2008. u periodu od 00:00 do 23:45 [13]

2.3. KLIMATSKE PROMJENE

U današnje vrijeme svijet je suočen s dva ključna globalna problema zaštite okoliša. To je uništavanje ozonskog omotača i klimatske promjene. Klimatske promjene vezane su uz učinak staklenika, odnosno povećanu koncentraciju stakleničkih plinova u atmosferi. Ugljični dioksid (CO_2) je najpoznatiji stakleнički plin, a nastaje izgaranjem fosilnih goriva. Znanstvenici su otkrili kako povećana koncentracija stakleničkih plinova uzrokuje povećanu apsorpciju topline u atmosferi što dovodi do promjene temperature zraka, količine oborina i ostalih klimatoloških elemenata. Stakleнički plinovi nastaju ljudskim djelovanjem i utječu na cijeli sustav dovodeći do dodatnog zagrijavanja atmosfere što pokazuju i podaci da je u proteklih 100 god. globalna temperatura porasla u prosjeku 0,4 °C -0,8 °C [16]. Koncentracija stakleničkih plinova u stalnom je porastu, još od industrijske revolucije kada je došlo do veće uporabe fosilnih goriva. Svjetske velesile nastoje novim mjerama djelovati na smanjenju stakleničkih plinova, najpoznatiji su potpisani protokoli koji su doneseni u Rio de Janeiru na konferenciji Ujedinjenih naroda o okolišu 1992. god. i Kyoto protokol. Očekivani porast zračnog prometa od 300 % do 2025. god u odnosu na 1992. god. kada su donesene prve mjere o održivom razvoju ne doprinosi poboljšanju situacije. Također se smatra da će zrakoplovni promet doprinositi sa 66 % svih emisija CO_2 u Europi. Neke europske zemlje su na putu smanjenja CO_2 za 60 % do 2050. god. što klimatolozi smatraju da je minimalni stupanj koji je potreban kako bi se spriječilo daljnje povećanje temperature. Svojim načinom rada zračna luka Franjo Tuđman doprinosi spomenutim mjerama [3, 16].

2.4. ONEČIŠĆENJE VODE I TLA NA PODRUČJU ZRAČNE LUKE I U NJENOJ OKOLICI

Onečišćenje tla i voda može potjecati od perioda gradnje ili za vrijeme rada zračne luke. Kod gradnje zračne luke može doći do erozije zemljišta i građevnog materijala kao i do taloženja erodiranog materijala. Za vrijeme rada zračne luke najčešće je onečišćenje okoliša sanitarnim otpadom, oborinskim vodama i kanalizacijom, otpadom od punjenja gorivom i čišćenja zrakoplova te otpadom od remonta i održavanja zrakoplova. Upotrebljavaju se i štetne kemikalije koje mogu dospjeti u okoliš na području zračne luke i na taj način onečistiti pojedine sastavnice okoliša, kao na primjer kloroform, freoni, perkloretilen i dr. To su kemikalije koje se koriste u rashladnim sustavima za održavanje zrakoplova, čišćenje putničkih kabina, pranje zrakoplova, odleđivanje zrakoplova, punjenje protupožarnih aparata i dr. Veliki problem predstavlja i odlaganje rabljenog ulja. Iz tog razloga zračne luke i zrakoplovne kompanije osnivaju različite komisije koje nadziru uporabu kemijskih sredstava.

Vodocrpilišta iz kojih se vodom opskrbljuje grad Velika Gorica i okolica nalaze se u neposrednoj blizini zračne luke. Prostor je bogat podzemnim vodama te izuzetno važnim pitkim vodama, a posebno područje vodocrpilišta *Črnkovec*. Nedavnom rekonstrukcijom vodoopskrbnog sustava grada Velike Gorice crpilište je proširivano tako da pitkom vodom opskrbljuje i grad Zagreb. Tom prilikom izvršena su opsežna istraživanja koja su pokazala da je voda odgovarajuće kakvoće za ljudsku upotrebu, bez obzira na blizinu zračne luke i ostalih izvora onečišćenja. Veliku važnost za kakvoću vode i tla na području zračne luke ima kvalitetna odvodnja oborinskih i otpadnih voda (kanalizacija) [17, 18].

3. TRETIRANJE OTPADA U MZLZ

Prilikom tehnološkog procesa rada u zračnoj luci koji obuhvaća sve aktivnosti vezane uz održavanje, servisiranje i opskrbu zrakoplova (cettering i cargo) nastaju i različite vrste otpada i opasnih tvari koji se trebaju zbrinuti na odgovarajući način. U skupinu otpadnih tvari spadaju boje, lakovi, razna otapala, otpad od ulja, tekuća goriva, sintetska maziva, ulja za motore i zupčanike, zatim ambalaža od papira i kartona, tkanine i sredstva za brisanje te zaštitna odjeća koja je onečišćena opasnim tvarima. Veliki dio otpada proizvedenog u zračnoj luci čini i komunalni otpad koji u najvećoj mjeri može biti ambalaža dijelova zrakoplova. Komunalni otpad u zračnoj luci čine i muljevi iz septičkih jama, fluorescentne cijevi, otpad koji sadrži živu te miješani komunalni otpad. U zračnoj luci također se mogu naći i razni otpadni materijali kao što su tekućine za kočnice, antifriz, filtri za ulje, olovne baterije. Svaka vrsta otpada se na mjestu nastanka odlaže u prepoznatljivu ambalažu, karakterističnu za određenu vrstu otpada:

- komunalni otpad - u kontejnerima od 1100 L
- papir i karton - Press kontejner 10 m^3
- otpadna ulja - posude za otpadna ulja kategorije 1 i 2.
- filtri za ulja - u posebno označenim spremnicima
- olovne baterije - u posebno označenim spremnicima
- otpadni toneri i boje - u posebno označenim spremnicima.

Skladište otpada je opremljeno spremnicima koji su otporni na utjecaj opasnog otpada i izgrađeni su za sigurno rukovanje i transport. Vrlo je važno sigurno odlaganje otpada u posebno određeni prostor jer se na taj način sprječava ugrožavanje prometa. Budući da veća količina otpada privlači različite životinjske vrste, glodavce i ptice koje predstavljaju najveću opasnost za zračni promet, posebice u fazi uzlijetanja zrakoplova [19].

3.1. ZBRINJAVANJE OTPADNIH DIJELOVA ZRAKOPLOVA RECIKLIRANJEM

S obzirom na veličinu zrakoplova kao prijevoznog sredstva, njegovim prestankom korištenja nastaje mnogo otpadnog materijala. Zato je važno da svaki novo nabavljeni proizvod bude napravljen od materijala koji se može reciklirati. Recikliranje i ponovna upotreba sekundarnih sirovina je imperativ modernog društva. Airbus je prvi počeo projekt ekološkog zbrinjavanja otpisanih zrakoplova. 25 % - 35 % zrakoplova su nemetalni dijelovi (plastika, izolacije, staklo, guma, drvo) i oni se zbrinjavaju na način koji je općenito propisan za određenu vrstu reciklažnog otpada. Aluminij sačinjava 85 % metalnog dijela zrakoplova, čelik 10 %, titan 3 % i bakar 2 %. Čak 85 % - 95 % dijelova zrakoplova moguće je uspješno reciklirati. Recikliranje se provodi kroz nekoliko faza:

1. **FAZA**: uklanjanje tekućina, baterija koje sadrže otrovne komponente i kočnice.
2. **FAZA**: odvajanje metalnih dijelova i usitnjavanje na manje dijelove.
3. **FAZA**: odvajanje legura aluminija, bakra, titana koji se smještavaju u posebne kontejnere i odvoze se na specijalizirana mjesta za reciklažu tih vrsta materijala.
4. **FAZA**: odstranjivanje guma, elektroničke opreme, hidrauličnih ulja kroz kontrolirani proces tako da postanu ne štetnima za okoliš [3, 19].

3.2. UTROŠAK ENERGIJE

Zračna luka koristi velike količine energije za obavljanje svih funkcija. To su električna energija, toplinska energija i goriva. U današnje vrijeme svaka djelatnost, pa tako i poslovanje zračne luke poduzima mjere za veću energetsku učinkovitost kako bi njen rad bio financijski isplativiji. Sadašnji zrakoplovi po pitanju energetske učinkovitosti su 70 %

efikasniji u odnosu na razdoblje od prije 40-tak god. Zrakoplovni prijevoznici poboljšali su efikasnost potrošnje goriva za 20 % što pokazuju brojne analize izvršene u posljednjih 10 godina [19]. Sadašnji zrakoplovni prijevoznici žele svoju djelatnost obavljati uz što nižu potrošnju goriva. Kod izgradnje novih zrakoplova ugrađuju se motori koji sadrže komoru za izgaranje kod koje se smanjuje potrošnja goriva, a time i emisija štetnih čestica. Prilikom proizvodnje zrakoplova koriste se novi kompozitni materijali kao što su: plastika ojačana vlaknima, staklena vlakna, legure bazirane na niklu, kobaltu i željezu. Ovi materijali predstavljaju napredak u zrakoplovnoj industriji jer su lagani, a ujedno i jako čvrsti te se potrošnja goriva na taj način značajno smanjuje što doprinosi energetskoj učinkovitosti i financijskoj isplativosti zračnog prometa. Osnovno načelo zračnog prometa u budućnosti je da postane ekološki održivo. Značajnija alternativna goriva u današnje vrijeme su tekući metan i vodik koji znatno manje onečišćuju okoliš [19].

4. MJERE ZAŠTITE OKOLIŠA ZRAČNE LUKE FRANJO TUĐMAN

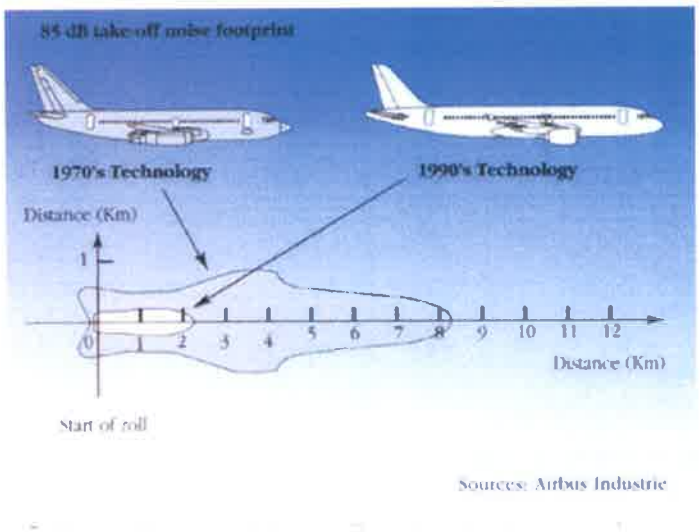
Zrakoplovni promet i zračne luke bukom, emisijom štetnih plinova i čestica utječu na okoliš i doprinose klimatskim promjenama. Niti jedna zračna luka ne može sama utjecati na poboljšanja u cilju zaštite okoliša, već se trebaju međusobno udruživati te pružati pomoć u određivanju prioriteta, provedbi ili odobravanju priznanja za svako poboljšanje koje može ublažiti negativni utjecaj na okoliš. Takva međunarodna organizacija je CEM (*eng. Collaborative Environmental Management* – Zajedničko donošenje odluka na području okoliša). Partnerstvo koje potiče CEM pokazalo je da zajedničko djelovanje može poboljšati učinkovitost okoliša zračne luke, a time i sam ugled zračne luke. Pristupanje CEM-u predstavlja poslovni plan za poboljšanje zaštitnih mjera, a one se odnose na financijske uštede, smanjenje opterećenja i kapaciteta onečišćenja i na taj način utjecati na daljnji razvoj zračne luke. Za poboljšanje zaštitnih mjera u pojedinim zračnim lukama, pa tako i zračne luke Franjo Tuđman potrebna je stalna komunikacija svih članova CEM-a koji moraju postići međusobno povjerenje kako bi postigli poboljšanja vezana uz okoliš. CEM se tako zalaže za koncept programa „Green Airport". Uz ovaj koncept vežu se tri osnovne djelatnosti koje se odnose na: slijetanje i polijetanje zrakoplova u kojem sudjeluje kontrola i zračni prijevoznik, poslovanje zračne luke s obzirom prihvata i otpreme zrakoplova, onečišćenja vezana uz zračnog prijevoznika. Korištenjem operativnih mjera i novih tehnologija zajedničkim snagama proizvođači zrakoplova, zračne luke i kontrola zračnog prometa uspijevaju smanjiti negativni utjecaj zračnog prometa na okoliš. Primjenom spomenutih mjera smanjen je utjecaj buke na naselja prilaznih i krajnjih putanji (Donja Lomnica, Črnkovec, Kosnica). Na primjer, CDO mjera (*eng. Continuous Descent Operations* - operacije kontinuiranog poniranja) pokazala se kao vrlo pozitivna za smanjenje buke i štetnih plinova kako u zračnoj luci Franjo Tuđman tako i u ostalim zračnim lukama na području RH. Fakultet prometnih znanosti u suradnji sa zračnom lukom i Hrvatskom kontrolom zračne plovidbe provedbom istraživanja [10] ustanovio je da je smanjenje potrošnje goriva, a time i smanjenje emisije CO_2 pozitivan pomak u očuvanju okoliša što se tiče zrakoplovstva. Dosadašnji rezultati uvođenja brojnih mjera, novih tehnologija i obrazovanja stručnog kadra ukazuju da zrakoplovna industrija ide prema održivom razvoju [20].

4.1. MJERE ZA SMANJENJE BUKE

Buka u zoni zračne luke predstavlja ozbiljan problem za lokalno stanovništvo. Stambena naselja se sve više približavaju području zračne luke pa je i buka u tim područjima intenzivnija. Postoje dvije glavne metoda za smanjenje buke: 1. metoda odnosi se na tehnički pristup koji uključuje utišavanje motora, izmjenom motora i zamjenom bučnih zrakoplova novim modelima. Tipični zrakoplovi koji su se uveli u proteklih 30 god. tiši su u odnosu na ranije zrakoplove za 20 decibela, što znači smanjenje buke za 75 %.

Druga metoda je organizacijsko-tehnološkog karaktera, a odnosi se na reguliranje lokalne gustoće prometa ovisno o dobu dana te racionalizacija uzlijetanja i slijetanja na zračnim lukama. Kao jedan od oblika za smanjenje buke svaka zračna luka definira vremensku granicu kada zrakoplovi smiju letjeti te gornju granicu dopuštene buke. Tako i zračna luka „Franjo Tuđman" ima zadatak praćenja smanjenja razine buke, kao praćenje trenda ekološke osviještenosti. Uloga sustava koje kontinuirano prati razine buke u zoni zračne luke, a prema izmjerenim podacima i kartama buke planira i poduzima niz akcija u svrhu smanjenja negativnog utjecaja na lokalno stanovništvo i korisnike zračne luke.

Briga za zdravlje ljudi od onečišćenja bukom započinje još 1990. god. kada je ICAO donio rezoluciju da će se iz prometa povući svi jako bučni zrakoplovi. Naime, napretkom tehnologije došlo je do značajnog smanjenja širenja buke kod polijetanja zrakoplova (*Slika 9.)*. S obzirom da je širenje zračne luke generator gospodarskog rasta koji je od interesa i države i lokalne samouprave, korištenje spomenutih procesa doprinijelo je usklađivanju operativnosti zračne luke sa povećanjem kvalitete života lokalnog stanovništva [3, 13, 14, 21].



Slika 9. Usporedba tlocrta buke u polijetanju zrakoplova stare i nove tehnologije [7]

Zakon o zaštiti od buke sadrži odredbe o procjeni i upravljanju bukom u okolišu. Sukladno navedenom Zakonu, buka okoliša definirana je kao neželjen ili po ljudsko zdravlje i okoliš štetan zvuk u vanjskome prostoru izazvan ljudskom djelatnošću, uključujući buku koju emitiraju:

- prijevozna sredstva (cestovni, željeznički, pomorski, riječni i zračni promet)
- postrojenja i zahvati za koje se prema posebnim propisima iz područja zaštite okoliša pribavlja rješenje o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša [22].

U skladu tim Zakonom propisane su mjere koje zračni promet mora usvojiti:

- utvrđivanjem izloženosti buci i to izradom karata buke na temelju metoda za ocjenjivanje buke u okolišu
- osiguravanjem dostupnosti podataka javnosti o utjecaju buke na okoliš
- izradom i donošenjem akcijskih planova koji se temelje na podacima korištenim u izradi karata buke [22].

4.2. MJERE ZA SMANJENJE ONEČIŠĆENJA TLA I VODE

Izgradnjom i proširenjem zračne luke MZFT povećao se broj letova. Povećani broj kretanja zrakoplova predstavlja potencijalni, veći rizik od velikih izlijevanja i ostalih nesreća koje bi mogle onečistiti oborinske vode. Kao zaštita podzemnih i površinskih voda određuju se mjere za sprječavanje i smanjivanje onečišćenja:

- izgradnja nepropusne kanalizacijske mreže zasebno za sanitarnu odvodnju i odvodnju oborinskih voda,
- prikupljanje oborinskih voda u više zasebnih sustava i odvodnih punktova,
- ugradnja separatora u odvodnim cijevima servisnih radionica, garaža i skladišta goriva,
- za odleđivanje koristiti biorazgradiva i bezfosfatna sredstva (čišćenje piste od leda i snijega) [19].

Onečišćenje vode u zračnim lukama i okolici predstavlja važan ekološki problem te je iz tog razloga potrebno poduzeti niz mjera kako bi utjecaj na vodu i tlo bio što manji:

- utvrditi postupke za sprječavanje da ostaci goriva dospiju u kanalizacijski sustav,
- kontrolirati bacanje starog ulja i maziva u kanalizacijski sustav,
- kontrolirati ispuštanje pjene za gašenje požara u kanalizacijski sustav,
- koristiti sredstva za pranje zrakoplova s niskim udjelom sulfata,
- ograničiti količinu i vrste kemikalija koje se koriste za uništenje korova i insekata.

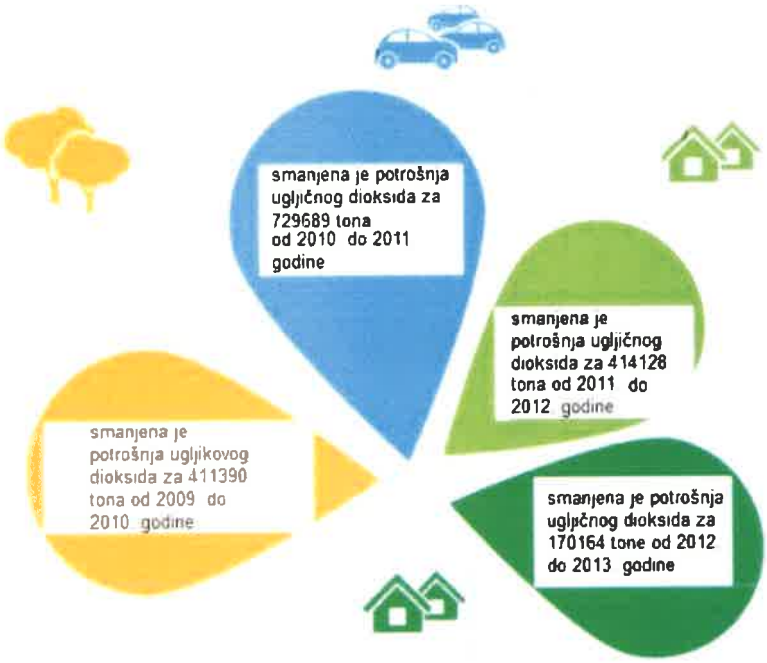
Redovnim funkcioniranjem zračne luke nastaju i druge otpadne vode npr. sanitarna otpadna voda (sanitarni čvorovi), otpadne vode iz restorana i sl. Zbog novoizgrađenih pristupnih cesta i prilaza samoj zračnoj luci te velikih površina koje će u budućnosti biti zelene površine sa travom i raslinjem, a sada su tek u fazi kultiviranja, tlo je dodatno izloženo štetnim utjecajima prašine i lebdećih čestica koje utječu na floru [19].

4.3. MJERE ZA SMANJENJE EMISIJA ŠTETNIH TVARI

U današnje vrijeme većina zrakoplovnih prijevoznika posjeduje zrakoplove 3. generacije ili tzv. tihe zrakoplove čije korištenje smanjuje onečišćenje štetnim tvarima iz zrakoplovnih motora. Da bi se emisije što više smanjila poduzimaju se različite mjere, a to su:

- Tehnološke mjere - podrazumijevaju tehnološka poboljšanja zrakoplova u dva smjera - najprije kako bi se smanjila težina zrakoplova, a time i potrošnja goriva što će dovesti do manje emisije CO_2, a zatim i razvojem novih motora koji će ispuštati znatno manje štetnih plinova u okoliš.
- Ekonomske mjere - veliki rast zračnog prometa povećava štetni utjecaj na okoliš, prema tome same tehnološke mjere nisu dovoljne. Jedna od takvih ekonomskih mjera je uvođenje zrakoplovnih ekoloških naknada (naknada od 0,20 dolara po litri goriva bi smanjila rast zrakoplovne emisije štetnih plinova za čak 30 %). Takvo oporezivanje avionskog goriva bilo bi pozitivna mjera.
- Operativne mjere - obuhvaćaju učinkoviti sustav upravljanja zaštite okoliša u operativi zračnog prometa, što znači smanjenje vremena rada motora zrakoplova na mjestu prije polijetanja, uvođenjem vozila na elektropogon (vozila koja opslužuju zrakoplove), fiksna oprema za prihvat i opremu zrakoplova (zračni most).

MZFT provodi mjere zaštite u skladu s održivim razvojem kao pročišćavanje otpadnih voda, reciklažu materijala, kraće zadržavanje zrakoplova na poziciji za polijetanje te uporabu zračnih mostova te na taj način doprinosi ukupnom smanjenju negativnog utjecaja zračnog prometa, kao što je prikazano na Slici 10. [19]. Također, djeluje u skladu sa Zakonom o zaštiti zraka [23] i Zakonom o zaštiti okoliša [24].



Slika 10. Podaci o smanjenju emisije ugljičnog dioksida općenito od zračnog prometa od 2009. do 2013. godine [19]

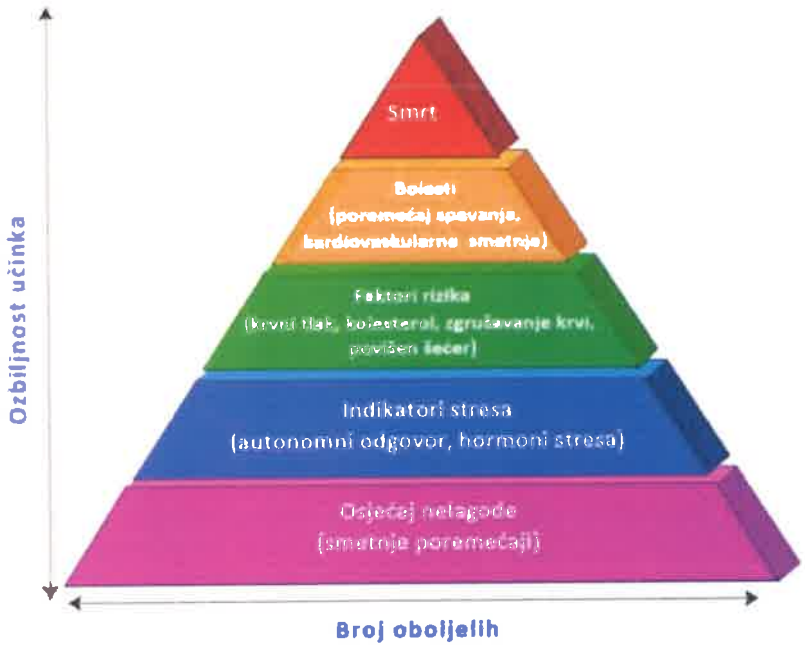
5. ZDRAVLJE I OKOLIŠ

Čovjek je svakodnevno pod utjecajem različitih čimbenika okoliša prilikom obavljanja osnovnih radnji kojima osigurava svoj opstanak. Primoran je na praćenje, procjenu i promjenu štetnih čimbenika okoliša kako bi zaštitio svoje zdravlje. Na neke čimbenike koji mogu izravno utjecati na zdravlje ljudi može se djelovati. Iz tog razloga potrebno je istraživati čimbenike koji mogu biti štetni po zdravlje ljudi i pridržavati se mjera zaštite okoliša kako bi kvaliteta prirodnog okruženja pružala više pogodnosti za zdravlje i dobrobit ljudi.

5.1. ONEČIŠĆENJE BUKOM I NJEN UTJECAJ NA ZDRAVLJE LJUDI KAO POSLJEDICA ZRAČNOG PROMETA

Onečišćenje bukom nastaje kada se uho izloži jačini zvuka koja je uznemirujuća, stresna ili oštećuje uši. Zvukovi su sastavni dio prirode koji su u posljednjih 100 godina postali i određena opasnost za ljudsko zdravlje. Još 1970. godine na razini Europske unije donesen je Zakon o buci [22], no unatoč tom Zakonu, izloženost stanovništva buci se od tada nije smanjila nego povećala zbog određenih napredaka u industrijalizaciji i urbanizaciji. Tako je buka jedan od najraširenijih okolišnih problema u Europi sa velikim štetnim posljedicama po zdravlje ljudi. Prema Zakonu o zaštiti od buke [22], buka okoliša je neželjen i po ljudsko zdravlje i okoliš štetan zvuk u vanjskom prostoru izazvan ljudskom aktivnošću.“ Buku u okolišu emitiraju prijevozna sredstva, cestovni promet, pomorski promet, zračni promet, željeznički promet kao i industrijska i dr. postrojenja. Nepovoljni učinci buke na ljudsko zdravlje dijele se na direktne i indirektne. Direktni učinci buke na zdravlje ljudi odnose se na oštećenje sluha u smislu nagluhosti i gluhoće, dok indirektno buka utječe na vegetativni i endokrini sustav čovjeka što se manifestira kroz umor, smanjenu koncentraciju i radne sposobnosti.

Dugotrajna izloženost buci (60-70 dB) može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih smetnji ili pogoršanja već postojeće bolesti (Slika 11.). Stanovništvo u blizini zračne luke osim buke zrakoplova prilikom slijetanja i polijetanja osjetljivo je i na buku zrakoplova prilikom boravka na površini zračnih luka (Tablica 2.). Briga za zdravlje ljudi od onečišćenja bukom započinje još 1990. god. kada ICAO donosi rezoluciju da će se iz prometa povući svi zrakoplovi koji se po razini buke svrstavaju u kategoriju 2 (jako bučni zrakoplovi). Zakonima koji su kasnije doneseni na snagu predviđeno je da se do 31. prosinca 2020. god. izmijeni kompletna kvota bučnih zrakoplova.

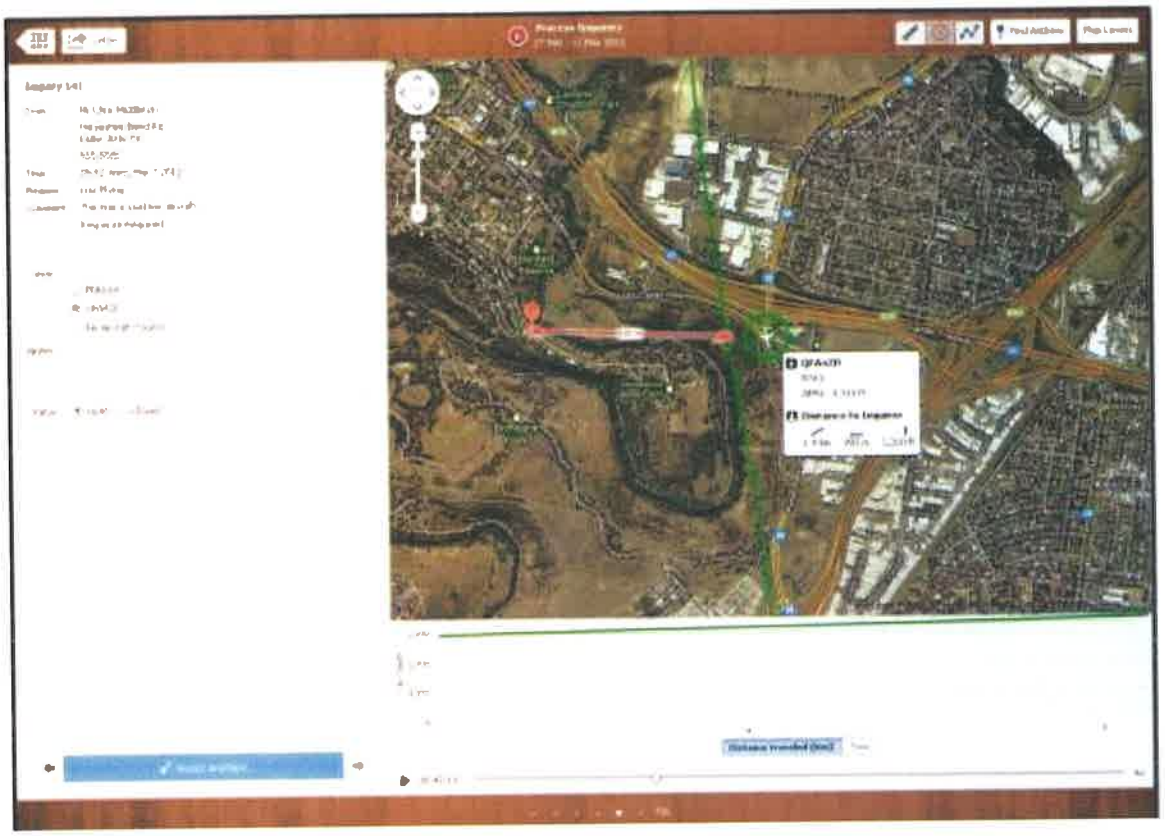


Slika 11. Piramida učinaka buke na zdravlje ljudi [4]

Tablica 2. Učinci buke na stanovništvo u blizini zračnih luka [26]

L_{dn} razina (dB)	Gubitak sluha	% populacije s visokom smetnjom	Tipična reakcija stanovništva	Opći stav zajednice/stanovništva
75 ili više	Mogućnost pojavljivanja	37%	Vrlo stroga	Buka je vjerojatno najbitniji faktor okoliša zajednice
70	Mala vjerojatnost pojave	22%	Stroga	Buka je jedan od najvećih oblika štetnog djelovanja na okoliš zajednice
65	Nema pojave	12%	Značajna	Buka je jedan od najbitnijih faktora okoliša zajednice
60	Nema pojave	7%	Umjerena do slaba	Buka se smatra kao oblik štetnog djelovanja na okoliš zajednice
55	Nema pojave	3%	Umjerena do slaba	Buka se smatra jednako važna kao i svaki drugi oblik štetnog djelovanja na okoliš zajednice

Briga za smanjenje onečišćenja bukom pokazuje se i kroz postavljanje novih mjernih instrumenata (NoiseDesk) koji rezultate mjerenja prikazuje on-line javno dostupno građanima. Na taj način omogućeno je stanovništvu koje živi u blizini zračne luke da pošalju pritužbe putem aplikacije zbog niskog preleta zrakoplova i velike razine buke koja se pritom proizvode (Slika 12.). Na taj način dobiju se potpuni podaci o datumu i vremenu preleta zrakoplova te visina na kojoj je zrakoplov bio u datom trenutku, kao i točnom razinom buke koju je zrakoplov u trenutku preleta navedenog mjesta imao.



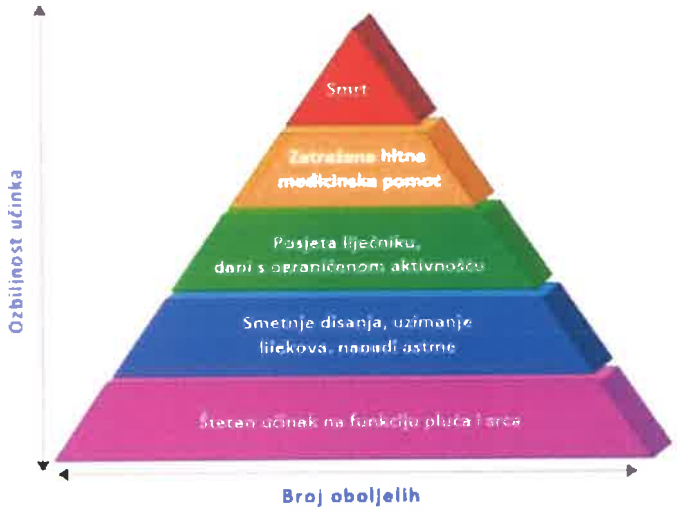
Slika 12. Prikaz odgovora na pritužbu unutar NoiseDesk sustava [15]

U zračnoj luci Franjo Tuđman se vodi redovita kontrola i mjere zaštite od buke kako stanovništvo u okolici same zračne luke ne bi bilo ugroženo i izloženo opasnosti. Također su propisane osobne mjere zaštite od buke za zaposlenike na MZLZ (tehničko osoblje na pisti, mehaničare, kontrolore...) koji obavezno koriste zaštitne slušalice kad god je to moguće u samom procesu rada. [4, 15, 25,].

5.2. ONEČIŠĆENJE ZRAKA I NJEGOV UČINAK NA ZDRAVLJE LJUDI KAO POSLJEDICA ZRAČNOG PROMETA

Statistički pokazatelji niza provedenih znanstvenih istraživanja o učincima lebdećih čestica, ozona i dušikovih oksida štetno utječu na zdravlje ljudi [4]. Spomenuta onečišćenja dovode

do promjena u respiratornom i kardiovaskularnom sustavu čovjeka. Štetnost izlaganja onečišćenom zraku u različitoj životnoj dobi utječe na različite oblike poremećaja zdravlja (Slika 13.). Onečišćujuće tvari ulaze iz zraka u organizam kroz dišni sustav, kožu i probavni sustav. Lebdeće čestice ili ozon smatraju se onečišćujućim tvarima koji najviše ugrožavaju zdravlje ljudi. Najopasnijima za zdravlje čovjeka smatraju se čestice koje imaju promjer manji od 10 μm (PM_{10}) stoga je to pokazatelj koji je uključen u redovna mjerenja kvalitete zraka. Republika Hrvatska u cilju zaštite ljudskog zdravlja priključila se pravnoj regulativi EU i preporukama svjetske zdravstvene organizacije u kojima su propisane granične vrijednosti onečišćujućih tvari u zraku. Prema rezultatima kontinuirane kontrole kvalitete zraka Europske agencije za okoliš u Europi je došlo do značajnog napretka emisije lebdećih čestica posebno između 2000.-2010. god., ali su još uvijek razine njihovih koncentracija posebno u urbanim sredinama previsoke [4].



Slika 13. Piramida učinka onečišćenosti zraka na zdravlje ljudi [4]

5.3. UTJECAJ ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U VODI I TLU NA ZDRAVLJE LJUDI KAO POSLJEDICA ZRAČNOG PROMETA

Voda ima veliko značenje za ljudsko zdravlje što se može ilustrirati činjenicom da ljudsko tijelo može izdržati tjednima bez hrane, ali bez vode samo nekoliko dana, stoga je voda neophodna za ljudski opstanak. Iz tog je razloga voda kao sastavnica okoliša u središtu pozornosti održivog razvoja. Voda trajno kruži planetom i s obzirom na to da je voda vrlo pogodno otapalo za niz tvari koje susreće na svom putu kružeći prirodom, u vodi se mogu naći različite onečišćujuće tvari koje u okoliš dospijevaju otpadnim vodama iz kućanstava, industrije, sa odlagališta otpada, poljoprivrednog zemljišta i prometa. Voda je sredstvo u kojem se odvijaju svi metabolički procesi u našem organizmu, voda održava tjelesnu temperaturu, čuva kosu, kožu, ublažava udarce i čini nas radno sposobnima. Onečišćenje vode kao posljedica zračnog prometa najčešće je preko oborina koje ispiru atmosferu, otapaju plinove i povlače lebdeće čestice u svoj sastav. Takva voda predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje jer može dovesti do trovanja, hidričnih bolesti kao i do razvoja malignih bolesti u slučaju dugotrajne konzumacije.

Tlo je površinski sloj zemljine kore kojeg čine mineralne čestice, organske tvari, voda, zrak i živi organizmi u njemu. Tlo je prirodni i uvjetno obnovljivi resurs što znači da je moguća vrlo brza degradacija tla, a regeneracija je vrlo spora. Iz tog razloga treba voditi brigu oko načina korištenja tla. Tlu se tek nedavno počela pridavati veća pažnja za njegovo očuvanje, kasnije nego za vodu i zrak. Čovjek svojom djelatnošću onečišćuje i oštećuje, a ponegdje i ugrožava život u/na tlu, a time i ekosustav u cjelini. Onečišćenje tla je posljedica razvoja modernog društva u svim ljudskim djelatnostima, pa tako i kroz promet. Kroz taloženje metala, otpadnih voda, korištenje kemijskih sredstava u čišćenju cjelokupnog prostora zračne luke (zgrada, pista, prilazni prostor), kao i čišćenje vanjskih i unutarnjih dijelova zrakoplova i zračni promet utječe na onečišćenje tla.

U okolici zračne luke ne nalaze se velike poljoprivredne površine, ali u naseljima u njezinoj blizini se stanovništvo bavi uzgojem povrtnih kultura i stoke na što negativno utječe onečišćenje vode i tla. Najčešća su onečišćenja teškim metalima ili organskim

komponentama. Štetne tvari iz tla uključuju se u lanac ishrane ljudi pa mogu uzrokovati akutna i kronična oboljenja. Onečišćenje vode ima značajan utjecaj na naše zdravlje na način da može poremetiti osjetljivu ravnotežu između prirode i čovjeka, zato se poduzimaju izuzetni napori u cilju sprječavanja i otklanjanja onečišćenja vode kroz uređenu vodoopskrbu na širem području grada Velike Gorice što obuhvaća i područje zračne luke [4, 18, 27].

5.4. UTJECAJ SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA NA ZDRAVLJE LJUDI KAO POSLJEDICA ZRAČNOG PROMETA

Svjetlosno onečišćenje danas se smatra velikim problemom koje ima vrlo široke posljedice i djelovanja te se mnogo pažnje usmjerava na utjecaj svjetlosnog onečišćenja na okoliš i zdravlje ljudi. Nezasjenjena i nestručno postavljena vanjska rasvjeta uzrokuje različite štetne učinke na okoliš koji imaju za posljedicu dezorijentaciju u prostoru ptica i nekih drugih životinjskih vrsta što izravno utječu na njihov opstanak, a često su i uzrok promjene njihovog staništa. Svjetlosno onečišćenje je promjena razine prirodne svjetlosti u noćnim uvjetima uzrokovana unošenjem svjetlosti proizvedene ljudskim djelovanjem (Slika 14.). Ni okoliš u našoj zemlji nije pošteđen od svjetlosnog onečišćenja pa su i kod nas zabilježeni njegovi štetni utjecaji. Izmjena dana i noći vrlo je važna za ljudsko zdravlje, prekomjerna svjetlost noću izaziva poremećaje spavanja, koji je jedan od glavnih uzroka depresije.

Umjetna rasvjeta utječe na ljude tako da dolazi do poremećaja životnog ritma, a neke studije pokazuju čak mogućnost hormonalnog poremećaja koje mogu uzrokovati niz oboljenja. Prejaka svjetlost noću prekida stvaranje hormona melatonina što uzrokuje karcinom dojke, prostate i debelog crijeva. Dugotrajan rad u noćnim smjenama koji je karakterističan za rad zaposlenika na zračnoj luci također povećava rizik od spomenutih karcinoma. Velike površine koju zauzima sama zračna luka te potreba za intenzivnim osvjetljenjem ukazuje na znatnu količinu umjetne rasvjete noću koja posebice utječe na orijentaciju ptice, a zatim i na zdravlje ljudi (Slika 15.) [4].



Slika 14. Primjer intenzivnog osvjetljenja prilikom spuštanja zrakoplova na MZFT [28]



Slika 15. MZFT noću, kao primjer svjetlosnog onečišćenja [29]

6. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme napredak zrakoplovstva je očit, zato što zračni promet predstavlja jedan od najsigurnijih i najbržih oblika prijevoza. Zračni promet ima mnoge prednosti, ali je izuzetno važno shvatiti njegov štetan utjecaj na okoliš. Problem zaštite okoliša u domeni zračnih luka očituje se kroz: buku zrakoplova, emisije štetnih čestica iz zrakoplovnih motora, planiranje namjene i uporaba okolnog zemljišta, tretiranje otpada, onečišćenje tla i vode u zračnoj luci i njezinoj okolici te svjetlosno onečišćenje. Svi navedeni problemi moraju biti riješeni na način da se postojeći negativni utjecaji svedu na najmanju moguću razinu štete po okoliš i zdravlje ljudi. Pozitivno je da su ekološki problemi prepoznati u dovoljnoj mjeri da utječu na poslovanje zračnih luka, zrakoplovnih prijevoznika i proizvođača zrakoplova. Niz ovdje spomenutih međunarodnih organizacija koje upravljaju radom zračnih luka potiču uvođenje i korištenje novih tehnologija da zračni promet što manje negativno utječe na okoliš.

Proširenjem zračne luke Zagreb (Franjo Tuđman) povećao se broj zrakoplovnih operacija što je dovelo do povećanja utjecaja na okoliš, prvenstveno razina buke i štetnih emisija, ali ne u tolikoj mjeri da bi se ugrozio okoliš i zdravlje stanovništva u okolici zračne luke. Važno je također istaknuti da je povećanje zračnog prometa donijelo pozitivan učinak na gospodarstvo Velike Gorice, u prvom redu zapošljavanje, a povećana je i prometna povezanost s gradom Zagrebom (nova autobusna linija na istočni dio grada). Ipak, u skladu s konceptom Održivog razvoja, ostaje trajni zadatak na Ministarstvu prometa i zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj da odgovorno upravljaju djelatnostima i resursima kako bi utjecaj na okoliš i ljude sveo na najmanju moguću mjeru.

7. LITERATURA

[1] Utjecaj zračnog prometa. Dostupno na: https://www.ekologija.com.hr/utjecaj-zracnog-prometa-na-okolis/. Datum pristupa: 8.5.2019.

[2] Utjecaj prometa na okoliš. Dostupno na: https://www.ekologija.com.hr/utjecaj-prometa-na-okolis/. Datum pristupa: 8.5.2019.

[3] Zračni promet i okoliš. Dostupno na: http://estudent.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija_u_prometu/Materijali/Nastavni_materijal_zracni_promet_sve.pdf. Datum pristupa: 8.5.2019.

[4] Zdravlje i okoliš. Dostupno na: file:///C:/Users/Beliga/Downloads/783913.Tahir_Sofili_ZDRAVLJE_I_OKOLI_recenziranо.pdf Datum pristupa: 8.5.2019.

[5] Novi putnički terminal međunarodne zračne luke Zagreb. Dostupno na: file:///C:/Users/Beliga/Downloads/13112018_-_elaborat_zastite_okolisa_mzlz.pdf. Datum pristupa: 8.5.2019.

[6] Vitaprojekt: Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš za izmjenu zahvata Novi putnički terminal Zračne luke Zagreb, Zagreb, 2015.

[7] Steiner, S.; Božičević, J.; Kaštela, S.: Ekološki aspekti zračnog prometa // Naučni skup" Ekološki problemi suvremenog prometa"- Zbornik radova / Čekić, Šefkija(ur.). Sarajevo: Saobraćaj i komunikacije, Društvo za izdavačku djelatnost, 2003. 33-40(pozvano predavanje, međunarodna recenzija, objavljeni rad, znanstveni), str. 2.

[8] Pavlin, S.: Aerodormi 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., str. 330. 9 Dostupno na: http://aviationbenefits.org/media/50198/ATAGAviationBenefits2014_SUMMARY_web.pdf, Datum pristupa: 8.5.2019.

[9] Golubić, J.: Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999., str.180.

[10] Ekološka održivost zračne luke. Dostupno na: https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz:1016/preview. Datum pristupa: 9.5.2019.

[11] Zračna luka Franjo Tuđman. Dostupno na:

http://www.zagreb-airport.hr/. Datum pristupa: 9.5.2019.

[12] Adolf Malić, Geoprometna obilježja svijeta. Knjiga. Zagreb 1995. Biblioteka GEOGRAPHICA CROATICA, knjiga 2. Str. 79

[13] Štimac, I.: Implementacija sustava praćenja i analiza buke na Zračnoj luci Zagreb,magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.

[14] Zorić, I.: Mjerenje i ocjenjivanje buke zračnog prometa, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Elektrotehnički fakultet, Zagreb; 1984.

[15] Buka zrakoplova. Dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/720504.0135214452_RZT.pdf. Datum pristupa: 10.5.2019.

[16] Klimatske promjene. Dostupno na: https://www.ekologija.com.hr/klimatske-promjene/. Datum pristupa: 9.5.2019.

[17] Promet i ekologija. Dostupno na: https://www.veleri.hr/files/datotekep/nastavni_materijali/k_promet_1/Promet_i_ekologija_predavanje_0010.pdf. Datum pristupa: 9.5.2019.

[18] Zaštitne zone vodocrpilišta Velika Gorica. Dostupno na: file:///C:/Users/Beliga/Downloads/22102018__elaborat_zastite_okolisa_velika_gorica.pdf. Datum pristupa: 9.5.2019.

[19] Utjecaj izgradnje zračne luke na okoliš. Dostupno na: file:///C:/Users/Beliga/Downloads/krilanovic_bozo_fpz_2015_zavrs_sveuc.pdf. Datum pregleda: 8.5.2019

[20] Zračna luka Zagreb. Dostupno na: http://www.zagreb-airport.hr/, Velika Gorica, 2016. Datum pristupa: 30.8.2019.

[21] Steiner, S., Vidović, A., Bajor, I., Pita, O., Štimac, I.: Zrakoplovna prijevozna sredstva 1, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

[22] Zakon o zaštiti od buke, Zagreb: NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16, 114/18

[23] Zakon o zaštiti zraka, Zagreb: NN 130/11, 47/14, 61/17, 118/18

[24] Zakon o zaštiti okoliša, Zagreb: NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18

[25] Buka kao ekološki problem. Dostupno na: https://www.ekologija.com.hr/zagadenjebukom/. Datum pristupa: 10.5.2019.

[26] de Neufville R., A. Odoni: Airport Systems, Planning, Design and Management, Aviation Week Books, October, 2003., p. 179.

[27] Posljedice onečišćenja vode. Dostupno na:

https://www.ekologija.com.hr/posljedice-oneciscenja-vode/. Datum pristupa: 10.5.2019.

[28] MZFT noću. Dostupno na: https://www.google.com/search?q=zra%C4%8Dna+luka+franjo+tu%C4%91man+no%C4%87u&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjx9O-ljJHiAhXokosKHUIMAKsQ_AUIDigB&cshid=1557496011169118&biw=1517&bih=730#imgrc=KfrwrJjgI-1jWM:. Datum pristupa: 10.5.2019.

[29] Zračna luka Franjo Tuđman noću.Dostupno na: https://www.google.com/search?q=zra%C4%8Dna+luka+franjo+tu%C4%91man+no%C4%87u&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjx9O-ljJHiAhXokosKHUIMAKsQ_AUIDigB&cshid=1557496011169118&biw=1517&bih=730#imgrc=Xg03VkA_UQd5YM:. Datum pristupa: 10.5.2019.

Popis slika

Slika 1. Mikro lokacija postaje Međunarodne zračne luke Franjo Tuđman [10]

Slika 2. ACA certifikat MZLZ [11]

Slika 3. Distribucija razine buke po pojedinim komponentama zrakoplova pri slijetanju i polijetanju [15]

Slika 4. Prikaz pozicija mjernih stanica [13]

Slika 5. Prikaz broja operacija (polijetanje + slijetanje) zrakoplova na MZLZ (period od 2006. do 2013.godine) [15]

Slika 6. Prikaz razine buke na području Zračne luke Zagreb u 2009. godini [15]

Slika 7. Točke mjerenja buke[3]

Slika 8. Ekvivalentna razina buke za 01. 10. 2008. u periodu od 00:00 do 23:45 [13]

Slika 9. Usporedba tlocrta buke u polijetanju zrakoplova stare i nove tehnologije [7]

Slika 10. Podaci o smanjenju emisije ugljičnog dioksida na zračnim lukama od 2009. do 2013. godine [19]

Slika 11. Piramida učinaka buke na zdravlje ljudi [4]

Slika 12. Prikaz odgovora na pritužbu unutar NoiseDesk sustava [15]

Slika 13. Piramida učinka onečišćenosti zraka na zdravlje ljudi [4]

Slika 14. Primjer intenzivnog osvjetljenja prilikom spuštanja zrakoplova na MZFT [28]

Slika 15. MZFT noću, kao primjer svjetlosnog onečišćenja [29]

Popis tablica

Tablica 1. Količina ispušnih plinova u određenim režimima rada motora [9]

Tablica 2. Učinci buke na stanovništvo u blizini zračnih luka [26]

Popis i objašnjenje kratica korištenih u radu

ACA (Airport Carbon Accreditation) Nezavisni program smanjenja emisija CO_2

CDO (Continuous Descent Operations) Operacije kontinuiranog poniranja

CEM (Collaborative Environmental Management) Zajedničko donošenje odluka na području okoliša

IATA (International Air Transport Association) Međunarodna udruga za zračni prijevoz

ICAO (International Civil Aviation Organisation) Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo

IMI (Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada)

ISO (International Organization for Standardization) Međunarodna organizacija za normizaciju MZLZ (Međunarodna zračna luka Zagreb) Naziv koji se koristio do izgradnje nove zgrade te od tada (2017.god.) nosi naziv Međunarodna zračna luka Franjo Tuđman Zagreb (MZFT)

PM (Particulate Matter) lebdeće čestice

PM10 (Particulate Matter) – lebdeće čestice manje od 10 mikrometara