

Igor Zorić  
 Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, Pierottijeva 6  
 Bojan Ivančević  
 Elektrotehnički fakultet, Zagreb  
 Momir Vujnović  
 Elektrotehnički fakultet, Zagreb

## PROMJENA RAZINE BUKE ZRAČNOG PROMETA ZBOG PROMJENE SASTAVA FLOTE

### AIR TRAFFIC NOISE LEVEL CHANGES DUE TO AIR FLEET CHANGES

#### SADRŽAJ:

Tokom posljednjih godina u svijetu je u zračnom prometu došlo do značajnih promjena u strukturi flote koja se upotrebljava. Promjena strukture uzrokovana je potrebom za ekonomičnijim poslovanjem, sigurnijim i lakšim upravljanjem avionima te i potrebom za zadovoljavanjem sve većeg broja propisa kojima je cilj ograničavanje razine buke uzrokovane zračnim prometom. Takav trend primjećuje se i kod nas te je zbog toga i obavljena ova analiza s ciljem da se ustanovi koliki utjecaj na ekvivalentnu zamjenu razinu buke zračnog prometa ima promjena strukture flote koja saobraća s Aerodroma Zagreb.

#### ABSTRACT:

During the last years there have occurred changes in the use of different air fleet models. The changes have been induced due to the need for more economic flights, safer and easier running of the planes as well as the need to satisfy the growing number of noise abatement regulations. Thus this analysis has been done to estimate the influence of the above mentioned changes on the equivalent perceived noise level for planes landing and taking off from the Zagreb Airport.

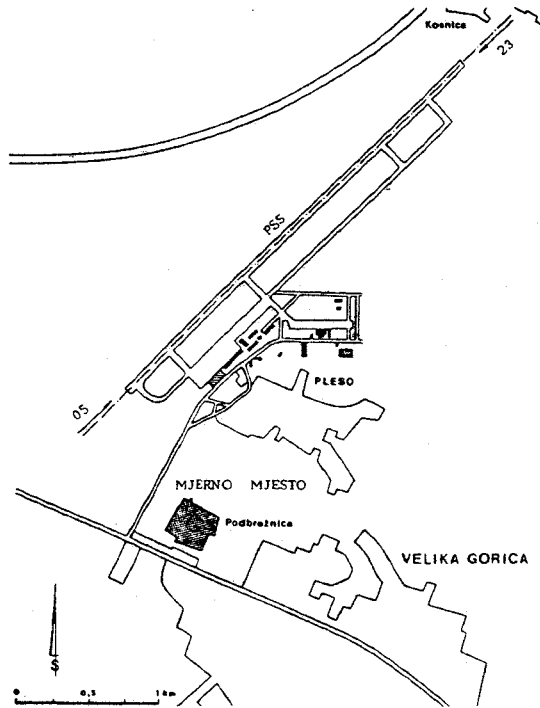
#### 1. UVOD

Razina buke zračnog prometa, osim o broju aviona koji slijeću i polijeću s nekog aerodroma, ovisi i o razini buke koju stvara svaki pojedini tip aviona te u ukupnoj masi svakog aviona. U ukupnom civilnom prometu koji se odvija s Aerodroma Zagreb u posljednjih je pet godina došlo do značajne promjene strukture flote. Ta činjenica bila je povod za analiziranje utjecaja promjene strukture flote na ukupnu razinu buke uzrokovane zračnim prometom. Mjerenja i analize obavljena su za područje naselja Podbrežnica, koje se nalazi u neposrednoj blizini Aerodroma. Za promatranje je odabrana ista ona točka u kojoj su obavljena opsežna mjerenja 1983. godine (2, 3), koja su imala su za cilj potpuniju analizu utjecaja buke zračnog prometa na područje na kojem je smješteno naselje Podbrežnica. Položaj mjerne točke prikazan je na slici 1, na kojoj su također

prikazane i oznake obaju smjerova u kojima se koristi poletno-sletna staza Aerodroma Zagreb.

Zbog upotrebe poletno-sletne staze u oba moguća smjera, postoji osam *standardnih operacija* aviona koje uzrokuju buku. Sve *standardne operacije* međutim ne uzrokuju podjednaku buku na mjestu mjerne točke. Analiza izmjerenih razina buke dobivenih mjerenjem obavljenim 1983. godine ukazala je na mogućnost eliminiranja četiriju *standardnih operacija* iz daljnje analize, jer je razina buke koja je njima uzrokovana potpuno zanemariva na mjernom mjestu. Zahvaljujući tome, postupak kojeg je trebalo provesti znatno je skraćen i pojednostavljen.

Za opisivanje buke uzrokovane zračnim prometom odabrana je ekvivalentna zamijećena razina buke LPNeq, jer je na mjestu koje je odabrano za promatranje buka zračnog prometa dominantna buka [1, 4].



Slika 1. Pregledna karta Aerodroma Zagreb i bliže okolice uz označene smjerove korištenja poletno sletne staze i položaj mjernog mjesta

## 2. STRUKTURA FLOTE I PROMETA

Tokom proteklih pet godina najvažnije promjene do kojih je došlo u strukturi flote sadržane su u izrazitom smanjenju udjela u ukupnom prometu aviona DC-9 s jedne strane, te velikog povećanja udjela u ukupnom prometu aviona B-737 i pojave novih tipova aviona s druge strane. Avion DC-9 je 1983. godine sudjelovao sa 69 % u ukupnom prometu, a 1987. godine sa samo 51 %. U istom vremenskom razdoblju porasao je u ukupnom prometu udjel aviona B-737 sa 6 % u 1983. godini na 23 % u 1987. godini. Dva potpuno nova tipa aviona koji počinju sudjelovati u prometu Aerodroma Zagreb su AIRBUS i DASH-7. Detaljan pregled udjela pojedinih tipova aviona koji su u ukupnom prometu sudjelovali s više od 1 % u razdoblju od 1983. do 1987. godine dan je u tablici 1 [5].

Tablica 1. Udjel pojedinih tipova aviona u ukupnom prometu te ukupno sudjelovanje navedenih osam tipova aviona u ukupnom prometu po godinama

Tip aviona	Udjel u %				
	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.
AIRBUS	0	1,24	0,4	1,0	0,7
B-707	1,7	2,3	0,7	0,4	0,3
B-727	16,3	13,1	15,8	15,3	12,5
B-737	6,2	5,5	8,5	20,0	23,2
DC-9	69,3	69,1	65,1	54,1	50,7
DC-10	1,6	1,9	3,2	3,5	3,9
DA-7	0	2,4	1,6	1,2	1,7
TU-134	3,2	2,7	3,0	1,8	1,8
Ukupno	98,5	98,24	98,3	97,3	94,8

Iz tablice 1. također je vidljivo da navedenih osam tipova aviona obuhvaća između 95 i 98,5 % ukupnog prometa koji se odvija s Aerodroma Zagreb te predstavlja uzorak koji dovoljno točno može dati uvid o utjecaju promjene strukture flote na razinu buke uzrokovane zračnim prometom.

Četiri *standardne operacije* koje sudjeluju u stvaranju buke na promatranom mjestu su polijetanje u smjeru 05, slijetanje u smjeru 05, vožnja po tlu prema zaletnoj točki za polijetanje u smjeru 05 i slijetanje u smjeru 23. Operacije u smjeru 05 koriste se u 95 % slučajeva, a u smjeru 23 u 5 % slučajeva. Da bi se točnije uočio utjecaj promjene strukture flote odlučeno je da se pretpostavi stalan ukupan promet tokom svih promatranih godina, odnosno da se sve promatra za neku "standardnu godinu" (1983.). Uz takvu pretpostavku određen je ukupan broj četiriju *standardnih operacija* koje moraju biti obuhvaćene proračunom za prosječan dan u "standardnoj godini". U tablici 2. prikazani su ti podaci.

Tablica 2. Broj operacija za pojedinu *standardnu operaciju* u prosječnom danu "standardne godine"

<i>Standardna operacija</i>	Polijetanje 05	Slijetanje 05	Vožnja po tlu polijetanje 05	Polijetanje 23
Broj op.	32,15	1,69	32,15	32,15

### 3. ODREĐIVANJE RAZINE LPNeq

Za određivanje ekvivalentne zamijećene razine buke LPNeq koja se javlja na promatranom mjestu prvo je bilo potrebno odrediti srednju efektivnu vrijednost zamijećene razine buke  $\overline{LEPN}$  za svaki tip aviona koji sudjeluju u stvaranju buke i za sve operacije pojedinog tipa aviona za koje je ocijenjeno da utječu na stvaranje buke na promatranom mjestu. Uz odabranu analizu sudjelovanja navedenih osam tipova aviona bilo je potrebno odrediti ukupno 32 različite razine  $\overline{LEPN}$ . Ovaj najopsežniji dio posla bio je podijeljen na dva dijela. U prvom dijelu u više navrata obavljena su mjerenja na odabranom mjestu radi prikupljanja dovoljnog broja podataka za određivanje razine  $\overline{LEPN}$  pojedinih tipova aviona za sve četiri *standardne operacije*. U drugom dijelu obavljena je standardna obrada rezultata mjerenja [2, 4], a dobiveni rezultati ovog postupka prikazani su u tablici 3.

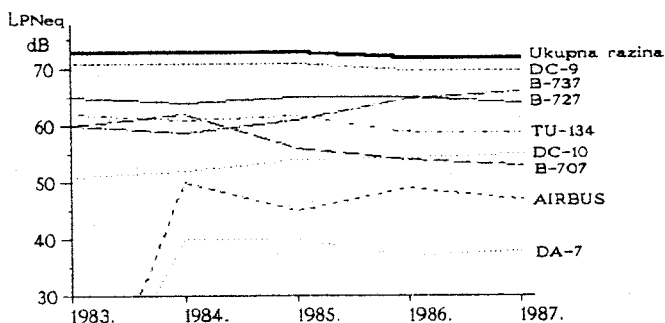
Tablica 3. Razine  $\overline{LEPN}$  za sve promatrane *standardne operacije* i sve obuhvaćene tipove aviona na području naselja Podbrežnica

Operacija	$\overline{LEPN}$	Airbus	B-707	B-727	B-737	DC-9	DC-10	DA-7	TU-134
polijet. 05	dB	93	102	97	96	97	93	80	101
slijet. 05	dB	74	81	77	76	77	74	64	80
tlo za 05	dB	76	83	79	78	79	76	65	82
polijet. 23	dB	90	99	94	93	94	91	78	98

Uzimajući u obzir podatke o broju *standardnih operacija* pojedinih tipova aviona (tablice 1. i 2.) te ustanovljene razine  $\overline{LEPN}$  određene su ekvivalentne zamijećene razine buke LPNeq [2, 4] (za prosječni dan u godini), koju stvara svaki od promatranih tipova aviona na području naselja Podbrežnica, te ukupna ekvivalentna zamijećena razina buke izazvana svim navedenim avionima. Rezultat ovog proračuna prikazan je u tablici 4. te na dijagramu na slici 2.

Tablica 4. Ekvivalentna zamijećena razina buke LPN<sub>eq</sub> svakog pojedinog tipa aviona i ukupna zamijećena razina buke svih promatranih aviona u prosječnom danu tokom proteklih pet godina

Tip aviona	Razina LPN <sub>eq</sub> u dB				
	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.
AIRBUS	0	50	45	49	47
B-707	60	62	56	54	53
B-727	65	64	65	65	64
B-737	60	59	61	65	66
DC-9	71	71	71	70	70
DC-10	51	52	54	54	55
DA-7	0	40	40	37	38
TU-134	62	61	62	59	59
Ukupno	72,9	72,8	72,8	72,5	72,5



Slika 2. Promjena ekvivalentne zamijećene razine buke LPN<sub>eq</sub> svakog pojedinog tipa aviona i ukupna zamijećena razina buke svih promatranih aviona u prosječnom danu tokom proteklih pet godina

#### 4. ZAKLJUČCI

Ukupna ekvivalentna zamijećena razina buke uzrokovana zračnim prometom vrlo malo se mijenja promjenom strukture flote, do koje je došlo u posljednjih pet godina. Smanjenje razine buke pretežno je posljedica smanjenja sudjelovanja u ukupnom prometu aviona DC-9. Ostali tipovi aviona kojima se također smanjuje ekvivalentna zamije-

čena razina buke imaju relativno niske razine u odnosu na razinu avona DC-9 te praktički ne utječu na ukupnu vrijednost ekvivalentne zamijećene razine buke, što se lijepo vidi iz dijagrama na slici 2. Na slici 2. i u tablici 4. primjećuje se da je ukupno smanjenje ekvivalentne zamijećene razine buke manje od smanjenja razine za avion DC-9. Razlog tome je veliko povećanje razne buke uzrokovane avionom B-737.

Iz svega dosada navedenoga moguće je utvrditi da, zasada, ni novi tipovi aviona koji se sve više koriste u zračnom prometu Aerodroma Zagreb ne smanjuju ukupnu buku uzrokovanu zračnim prometom. To je i potpuno logično jer je vrlo često upotrebljavani novi avion B-737 samo za 1 dB tiši nego još uvijek najčešće upotrebljavani avion DC-9.

## 5. POPIS LITERATURE

- [1] Harris C.M., Handbook of Noise Control, New York, McGraw Hill, 1979.
- [2] Zorić I., "Mjerenje i ocjenjivanje buke zračnog prometa", Magistarski rad, ETF, Zagreb, 1984.
- [3] Zorić I., "Buka zračnog prometa", Zbornik radova, V svezak, XXVII ETAN, Split, 1984.
- [4] ISO 3891, Acoustics, "Procedure for describing aircraft noise heard on the ground", 1978.
- [5] Godišnji statistički pregledi za 1983. - 1987, Aerodrom Zagreb.