

---

UDK 801.41 : 534.63-7  
Originalni znanstveni rad

---

Primljeno 23. 9. 1987.

Nataša DESNICA – ŽERJAVIĆ  
Filozofski fakultet, Zagreb

## SLUŠANJE GLASOVA GOVORA NA USKIM KONTINUIRANIM I DISKONTINUIRANIM FREKVENCIJSKIM PODRUČJIMA

### SAŽETAK

Visinske optimalne glasova u dosadašnjim istraživanjima obuhvaćale su kontinuirano područje jedne oktave, što se u ovom radu pokazalo kao odgovarajući oblik za 66% glasova. Međutim, uzmemo li kao dodatne kriterije za određivanje optimalne najmanju potrebnu širinu frekventijskog pojasa te najprecizniju kvalitetu zvuka, nalazimo da širina optimalne može varirati od 1 do 5 terca, i da frekventijski pojas na kojem se glas raspoznaje u najvećem postotku nije uvijek kontinuiran. Čini se da se neki glasovi slušaju isključivo na kontinuiranim, drugi isključivo na diskontinuiranim optimalama, dok većina glasova ima i kontinuirane i diskontinuirane optimalne. Pri tome je u diskontinuiranim optimalama udio dvaju frekventijskih područja nejednak: kod nekih glasova oba područja diskontinuiteta zasebno dopuštaju prepoznavanje glasa, dok kod nekih drugih glasova samo jedno područje njihove diskontinuirane optimalne omogućava identifikaciju glasa, a drugo, premda samo za sebe ne dozvoljava raspoznavanje glasa, u kombinaciji s drugim područjem diskontinuirane optimalne znatno doprinosi njenoj prepoznatljivosti.

---

Ovaj rad iz područja percepcije govora izrađen je tehnikom akustičkog filtriranja glasova kojim se imitiraju inhibitorni procesi u percepciji. Tim se procesima zvučni signali čiste od redundantnih elemenata i ostvaruju analogni modeli slušne percepcije ili *optimale*. U verbotonalnoj teoriji optimala je definirana kao psiho–(fizio)–akustički timbar glasa izražen fizičkom mjerom.<sup>1</sup>

Optimale u obliku kontinuiranog frekvencijskog područja širine jedne oktave sustavno su obrađene za veći broj jezika, a objavljene su za hrvatski ili srpski jezik (I. Škarić<sup>2</sup>, D. Orlandi<sup>3</sup>), za francuski i engleski (B. Vuletić<sup>4</sup>), za talijanski (D. Orlandi<sup>5</sup>), za njemački (D. Gojković<sup>6</sup>), za ruski (D. Horga<sup>7</sup>) te za slovenski i makedonski jezik (D. Orlandi<sup>8</sup>).

Pristupajući ispitivanju analognih modela slušne percepcije, upitali smo se je li širina takvog frekvencijskog područja uvijek ista. Da bismo to provjerali, prišli smo ponovnom određivanju kontinuiranih optimala glasova našeg jezika pomoću većeg broja slušača i uz nešto preciznije kriterije: kontinuiranom optimalom smatrali smo onaj najuži pojas frekvencija koji uz najveći postotak prepoznatljivosti pruža utisak najčišćeg glasa.

Ovako nađene kontinuirane optimalne po svojoj se lokalizaciji na spektru gotovo u potpunosti podudaraju s optimalama I. Škarića i D. Orlandi, ali se, naprotiv, znatno razlikuju po širini optimalnog područja slušanja: optimala 66% glasova obuhvaća širinu jedne oktave, dok širine optimala preostalih glasova variraju od 1 do 5 terca.

Tražeci optimalne glasova, upitali smo se imaju li one nužno oblik kontinuiranog frekvencijskog područja, budući da su i sva prethodna istraživanja, unatoč predodžbi o optimali kao kontinuiranom pojasu širine jedne oktave, navodila diskontinuirane optimalne za nazale, a B. Vuletić<sup>9</sup> i za engleski vokal ə. U ovom smo radu pretpostavili da je diskontinuitet redundantan akustički oblik slušanja i pokušali smo sustavno naći diskontinuirane optimalne za sve glasove.

Početna pretpostavka da svaki glas ima svoju kontinuiranu i diskontinuiranu optimalu pokazala se ispravnom za većinu glasova. Međutim, za jedan manji broj glasova nisu se mogle naći takve kontinuirane optimalne kod ko-

[1] Škarić, I.: Glasovi hrvatskosrpskog jezika u fizio–(psiho)–akustičkoj analizi; Jezik, 2–3, 1964.

[2] Škarić, I.: *ibid.*

[3] Orlandi, D.: Sistem grešaka u izgovoru talijanskog jezika i sistem korekcije kod Hrvata, Srba, Slovenaca i Makedonaca; Magistarski rad, Zavod za fonetiku, Zagreb, 1965.

[4] Vuletić, B.: La correction phonétique par le système verbotonal; Revue de phonétique appliquée, N° 1, 1965.

[5] Orlandi, D.: vidi bilješku br. 3

[6] Gojković, D.: Sistem grešaka i korekcija izgovora osoba koje uče njemački a materinji im je jezik hrvatskosrpski; Magistarski rad, Zavod za fonetiku, 1965.

[7] Horga, D.: Sistem fonetskih grešaka Francuza koji uče ruski; Govor, 3, 1971.

[8] Orlandi, D.: vidi bilješku br. 3

[9] Vuletić, B.: vidi bilješku br. 4

Tabela 1  
OPTIMALNA PODRUČJA

GLAS	KONTINUIRANA	DISKONTINUIRANA
A	800 — 1600	800 — 1024 + 1280 — 1600
E	800 — 2560	512 — 640 + 2560 — 3200
O	400 — 640	400 — 512 + 640 — 800
I	3200 — 4096	200 — 256 + 2560 — 3200
U	200 — 400	160 — 200 + 320 — 400
P	320 — 800	400 — 512 + 1280 — 1600
T	1600 — 3200	512 — 640 + 3200 — 4096
K	800 — 1600	640 — 800 + 1600 — 2048
B	200 — 400	400 — 512 + 1280 — 1600
D	512 — 1600	256 — 320 + 2048 — 3200
G	400 — 800	400 — 512 + 1600 — 2048
S	6400 — 8192	256 — 320 + 5120 — 6400
Š	1600 — 3200	640 — 800 + 2560 — 3200
F	1280 — 2560	640 — 800 + 1600 — 2048
Z	6400 — 8192	400 — 512 + 8192 — 10240
Ž	1280 — 2560	640 — 800 + 1600 — 2560
V	320 — 640	640 — 800 + 1280 — 1600
M	1024 — 2048	256 — 320 + 1280 — 2048
N	1600 — 3200	160 — 320 + 1600 — 3200
Nj	2560 — 3200	200 — 256 + 2560 — 3200
H	800 — 1024	512 — 640 + 2048 — 2560
C	5192 — 10240	640 — 800 + 10240 — 12800
Č	1600 — 3200	640 — 800 + 1600 — 2048
Č	3200 — 6400	640 — 800 + 3200 — 4096
Dž	1280 — 2560	640 — 800 + 2560 — 3200
D	2560 — 5120	512 — 640 + 3200 — 4096
L	640 — 1600	512 — 640 + 1600 — 2048
Lj	1600 — 3200	256 — 320 + 3200 — 4096
R	800 — 1600	512 — 640 + 1280 — 1600
J	2048 — 4096	640 — 800 + 3200 — 4096

jih bi razmak između dva frekvencijska područja bio veći od 1 ili 2 terce. Kad se u obzir uzme kosina gušenja filtera, to znači da je riječ samo o diskontinuiteta intenziteta. Takvi su glasovi A, O i U, pa za njih moramo zaključiti da ih nije moguće slušati na diskontinuitetu. Sličan je i glas K kojemu oba pojasa diskontinuiteta dodiruju područje kontinuirane optimalne, samo što je razmak 3 terce. S druge strane, za neke glasove našli smo vrlo široke kontinuirane optimalne (E, D — terca). Budući da prilikom filtriranja primjećujemo da im središnje terce i nisu prijeko potrebne za prepoznavanje (dakle, ni optimalne), dok krajnje to jesu, moramo zaključiti da ove kontinuirane optimalne postoje samo formalno, jer prilikom slušanja na tim glasovima

obavljamo slušnu selekciju, pa zaključujemo da im je diskontinuitet primaran način slušanja.

Uz ove isključivo ili primarno kontinuirane, odnosno diskontinuirane optimalne navedenih glasova mogu se uočiti neke tendencije u distribuciji kontinuiteta i diskontinuiteta kao optimala:

C	5192 — 10240	640 — 800 + 10240 — 12800	11 t
Z	5400 — 8192	400 — 512 + 8192 — 10240	12 t
S	6400 — 8192	256 — 320 + 5120 — 6400	12 t

*Visoki glasovi* (C, Z, S) imaju vrlo udaljena područja diskontinuiteta od kojih više područje obavezno pada oko terce 6400—8192 (kao i njihova kontinuirana optimala), dok nisko područje varira od 250—800 Hz. Na grafikoni koji pokazuju raspoznatljivost glasova na raznim pojasevima spektra (prilozi I—III) vidimo da i nisko područje diskontinuiteta samo za sebe dopušta jasno prepoznavanje tih glasova; stoga ga možemo smatrati njihovom *sekundarnom* ili *redundantnom kontinuiranom optimalom* (budući da kvaliteta nije tako dobra kao na primarnoj, ali je sigurnost raspoznavanja podjednaka); njihova diskontinuirana optimala predstavljala bi prema tome sumu dviju kontinuiranih.

Š	1600 — 3200	640 — 800 + 2560 — 3200	5 t
Ž	1280 — 2560	640 — 800 + 1600 — 2560	3 t
Č	1600 — 3200	640 — 800 + 1600 — 2048	3 t
Dž	1280 — 2560	640 — 800 + 2560 — 3200	5 t
Ć	3200 — 6400	640 — 800 + 3200 — 4096	6 t
D	2560 — 5192	512 — 640 + 3200 — 4096	7 t
J	2048 — 4096	640 — 800 + 3200 — 4096	6 t

Poluvisoki glasovi (Č, Dž, Š, Ž) imaju dva mnogo bliža kraka diskontinuiteta; gornji zauzima dio kontinuirane optimalne ili graniči s njom ali je zanimljivo da onaj niži (koji sam za sebe ne dopušta prepoznavanje tih glasova (vidi priloge I—III) pada kod njih svih na istu tercu (640—800) pa pretpostavljamo da je taj niski pojas *strukturni element diskontinuirane optimalne* tih glasova. Isto to niže područje zajedničko je i nešto višim Č, D i J, samo što je njihov gornji pojas diskontinuiteta nešto viši (3200—4096). Kako se ni ovi glasovi ne mogu raspoznati na svom donjem području diskontinuiteta zasebno, zaključit ćemo da i njima ono predstavlja *strukturni element diskontinuirane optimalne*.

T	1600 — 3200	512 — 640 + 3200 — 4096	7 t
D	512 — 1600	256 — 320 + 2048 — 3200	8 t
(N	1600 — 3200	160 — 320 + 1600 — 3200	7 t

Za razliku od prethodne grupe, poluvisoki D i T raspoznaju se dobro i izvan svoje optimalne, naročito na niskim dijelovima spektra (prilozi IV—V). Zbog širine kontinuirane optimalne glasa D pretpostavili smo da se on *primarno sluša na diskontinuitetu*, dok je za T teško reći što je primarno, a što sekundarno, ali je sigurno da je diskontinuitet i njemu pogodan za slušanje.

K	800 — 1600	640 — 800 + 1600 — 2048	3 t
G	400 — 800	400 — 512 + 1600 — 2048	5 t
H	800 — 1024	512 — 640 + 2048 — 2560	5 t

Kompaktni K, G i H imaju karakteristično područje oko 800 Hz na kontinuitetu i oko 1600–2048 na diskontinuitetu. Budući da su ta dva područja blizu, čini se da je *kontinuitet ne samo primaran, nego i jedini način slušanja* (to je naročito uočljivo kod K kojemu je diskontinuitet samo prividan jer okružuje kontinuiranu optimalu). Iako u manjoj mjeri nego na optimali, ovi se glasovi prepoznaju na spektru od poluniskih do poluisokih, dakle uz područje oko optimala.

P	320 — 800	400 — 512 + 1280 — 1600	---	4 t	-
B	200 — 400	400 — 512 + 1280 — 1600	---	4 t	-
(M	1024 — 2048	256 — 320 + 1280 — 2048	-	6 t	---
V	320 — 640	640 — 800 + 1280 — 1600	---	2 t	-
F	1280 — 2560	640 — 800 + 1600 — 2048	-	3 t	---

Niski labijali (P, B, V) imaju uz svoje kontinuirane optimala i karakteristično zajedničko područje izvan svoje optimala (1280–1600) na diskontinuitetima. Kad se to područje izolira, B i V se gotovo uopće ne prepoznaju, dok se P prepoznaje nešto malo kao i na cijelom dijelu spektra od 200–512 Hz (prilozi II–IV–V). Kod M i F ovo područje upada u kontinuiranu optimalu tako da moramo zaključiti da je ono karakteristično za sve labijale, i to za srednje kao *primarna kontinuirana optimala*, a za niske kao *strukturalni element diskontinuirane optimala*. Iako područja koja sačinjavaju diskontinuiranu optimalu nisu međusobno udaljena kod ovih glasova, ona ne okružuju s obje strane njihovu kontinuiranu optimalu kao što je to slučaj kod velara, pa je njihov diskontinuitet pravi, a ne formalan.

M	1024 — 2048	256 — 320 + 1280 — 2048	-	6 t	---
N	1600 — 3200	160 — 320 + 1600 — 3200	---	7 t	---
Nj	2560 — 3200	200 — 256 + 2560 — 3200	-	10 t	---

Nazali su svugdje slabo raspoznatljivi izvan svoje kontinuirane optimala, a gornje područje diskontinuiteta obavezno upada u kontinuiranu optimalu ili je čak cijelu zauzima uz dodatak niskog područja oko 250 Hz za sva tri nazala, što znači da je to područje za njih karakteristično. No budući da se na tom području samom za sebe slabo mogu raspoznati (Prilog VI), zaključit ćemo da je ono *strukturalni dio diskontinuirane optimala*. Ostaje pitanje koja im je od dviju optimala *primarna*, ali skloni smo vjerovati da je to *diskontinuirana optimala* jer uz istu raspoznatljivost pruža bolju kvalitetu zvuka.

L	640 — 1600	512 — 640 + 1600 — 2048	-	4 t	---
R	800 — 1600	512 — 640 + 1280 — 1600	-	3 t	---
Lj	1600 — 3200	256 — 320 + 3200 — 4096	-	10 t	---

Oba apikondentalna likvida imaju područje diskontinuiteta oko kontinuirane optimala pa se može pretpostaviti da se i oni slušaju *isključivo na kontinuitetu*, iako se mogu razaznati na cijelom spektru (Prilog VII). To znači da je njihova percepcija manje ovisna o timbarskoj visini nego o organizaciji tokom trajanja (R), odnosno o sastavu spektra (L). Lj možda ima i sekundarnu diskontinuiranu optimalu s obzirom na udaljenu nisku komponentu diskontinuiteta.

A	800 — 1600	800 — 1024 + 1280 — 1600	---
E	800 — 2560	512 — 640 + 2560 — 3200	- - -7- t- -
I	3200 — 4096	200 — 256 + 2560 — 3200	- - 10 t - -
O	400 — 640	400 — 512 + 640 — 800	---
U	200 — 400	160 — 200 + 320 — 400	- - - -

Kod *vokala* diskontinuirane optimalne glasova A, O i U samo su prividni diskontinuiteti pa smo već zaključili da se ti glasovi slušaju *isključivo na kontinuiranim formama*, dok široka optimala glasa E (i još razmaknutija područja diskontinuiteta) pokazuje da je tom glasu *diskontinuitet primaran oblik slušanja*, dok kontinuitet uključuje i neoptimalno srednje područje. Jedino se kod glasa I može pretpostaviti da se sluša na obje forme, s tim što mu je kontinuitet primaran, a *nisko područje strukturalni element diskontinuirane optimalne*.

Globalno po kategorijama vidimo da okluzivi i vokali najviše koriste suprotstavljanje između kontinuiteta i diskontinuiteta: dentalnim okluzivima i vokalu E diskontinuitet je sigurno primaran, velarima i vokalima A, O i U nepovoljan, a labijalima i glasu I vjerovatno sekundarna (redundant) oblik slušanja.

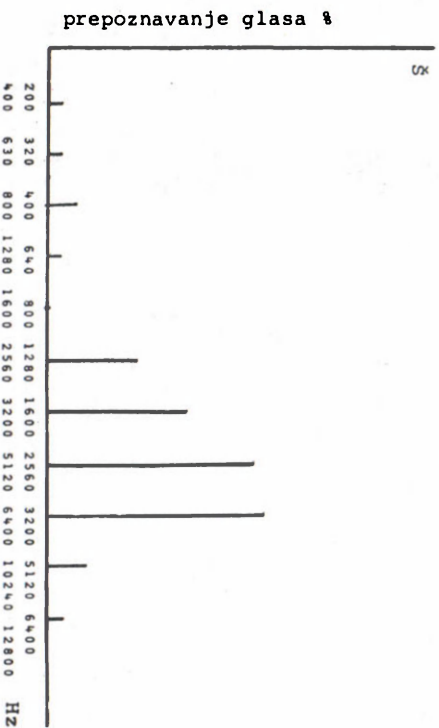
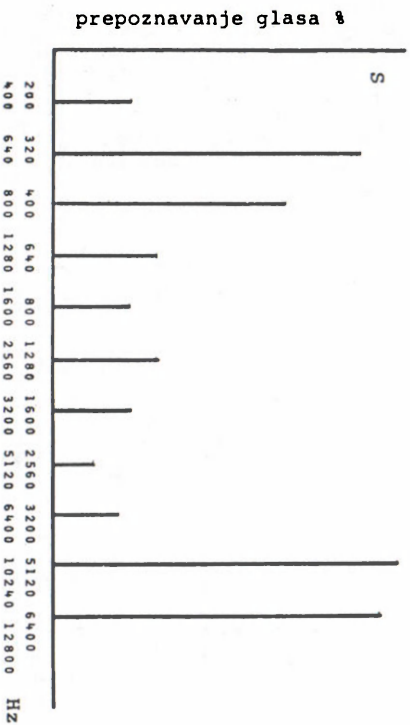
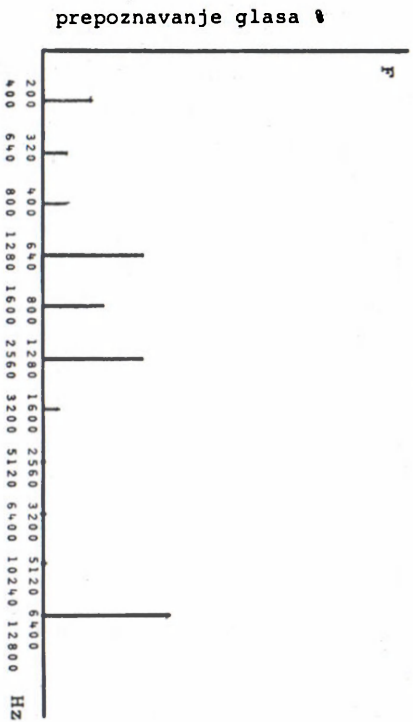
Frikativima i afrikatama slušanje je uvijek moguće i na kontinuitetima i na diskontinuitetima.

Nazalima su pogodna oba oblika, ali im je vjerojatno diskontinuitet primarna, a kontinuitet sekundarna optimala.

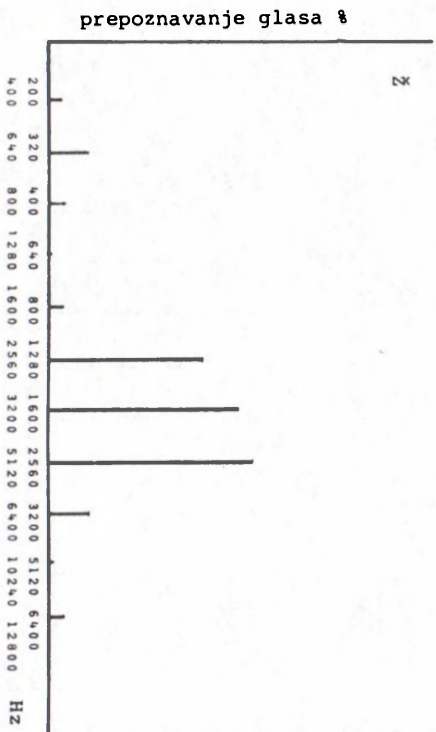
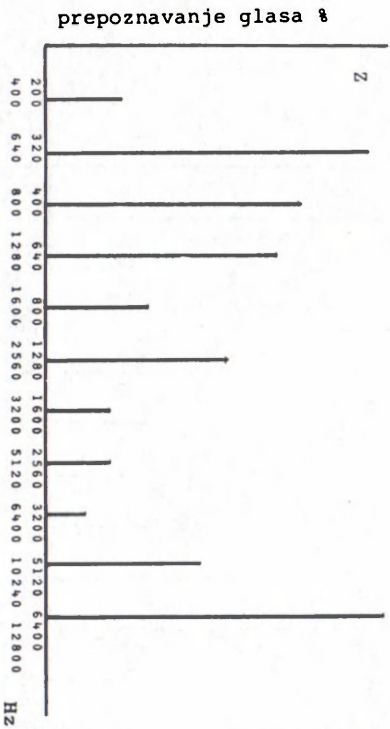
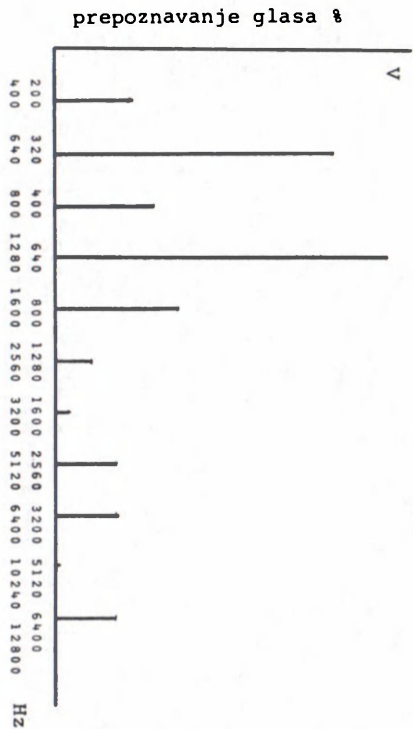
Likvidi L i R slušaju se vjerojatnije na kontinuitetima, a Lj pored toga i na diskontinuitetu.

Promatrajući glasove po visini, može se uočiti da *visokim glasovima* (C, Z, S) nisko područje njihova diskontinuiteta predstavlja u stvari *redundantnu kontinuiranu optimalu*. Poluvisokim glasovima (Č, D, J; Ć, Dž, Š, Ž) *diskontinuitet je sekundarna optimala*, a za poluvisoke D i E *primarna*. Za srednje i poluniske glasove diskontinuitet je nepovoljan (R, L; K, G, H; A, O). Niski glasovi slušaju se *primarno na kontinuitetu*, dok je diskontinuitet za P, B i V *sekundarna optimala*, a za U nepovoljan način slušanja.

Prilog I

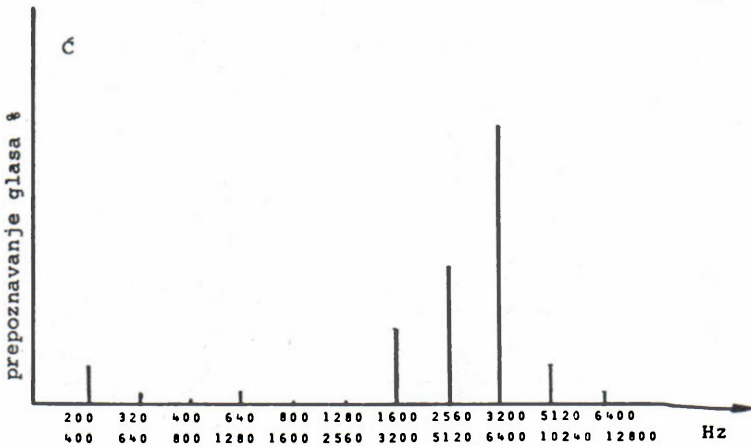
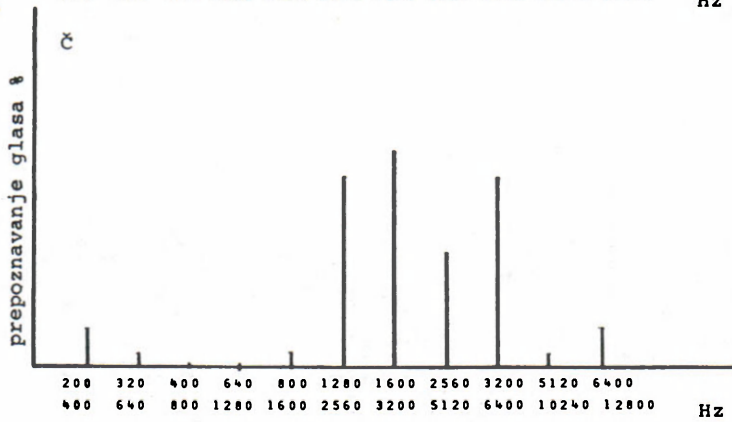
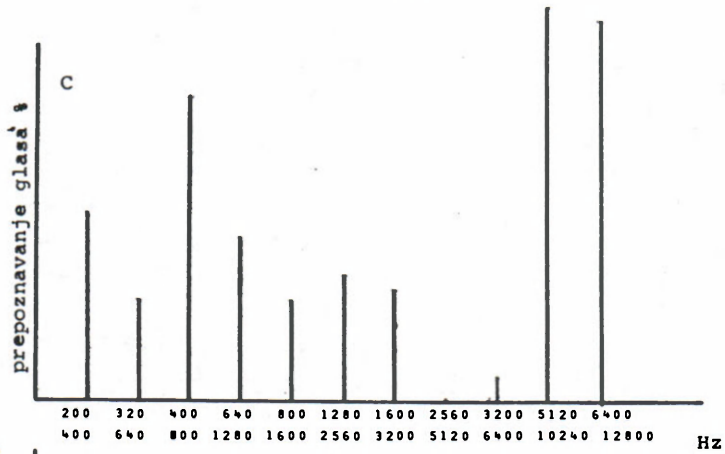


## Prilog II

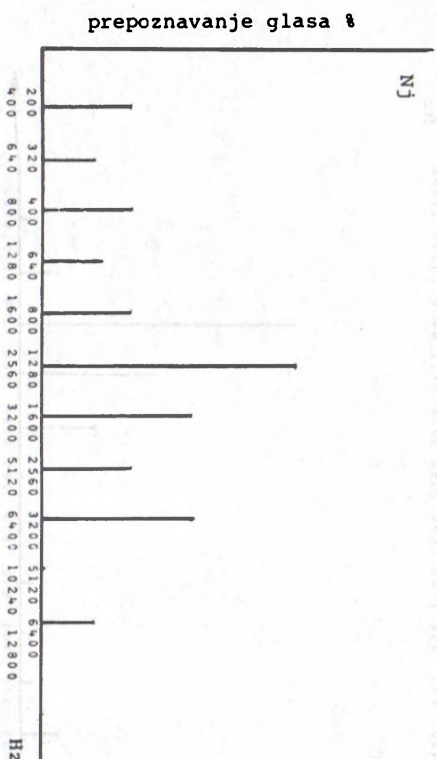
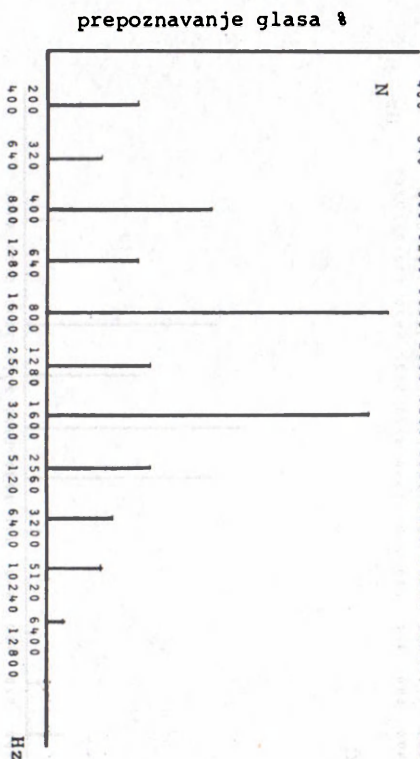
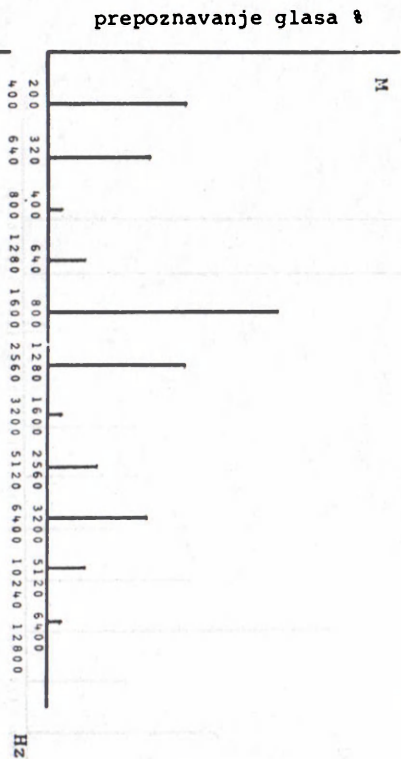




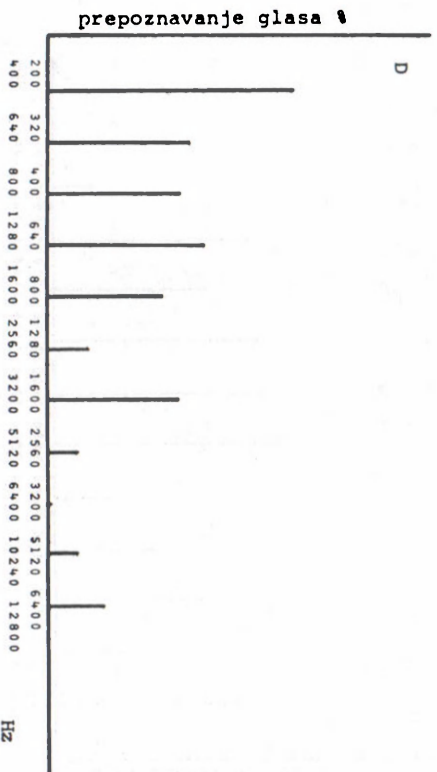
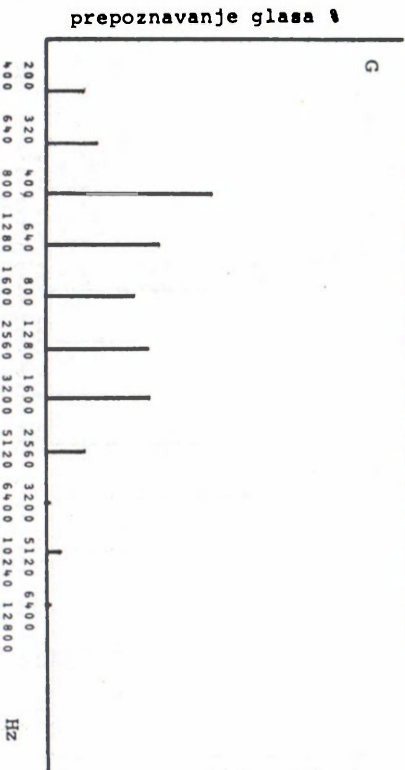
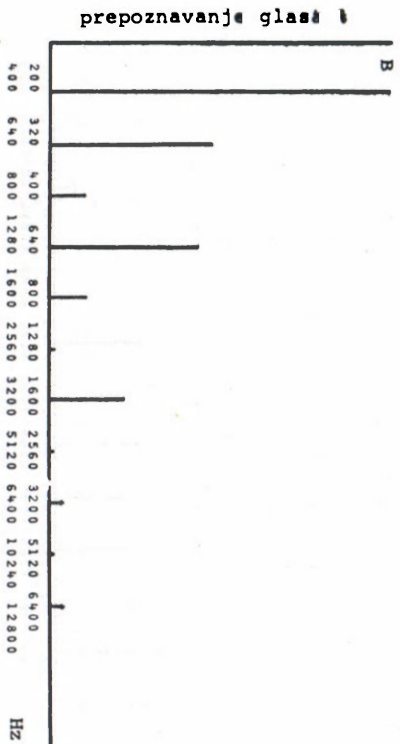
Prilog III



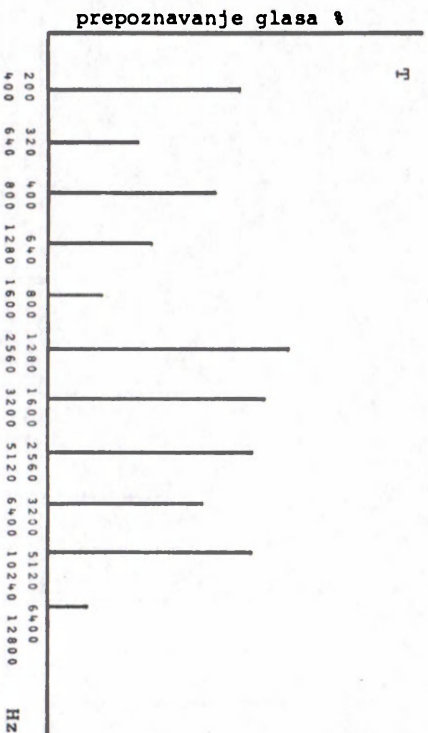
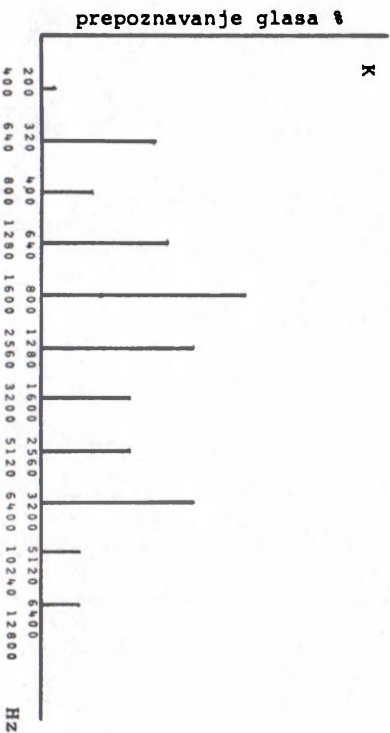
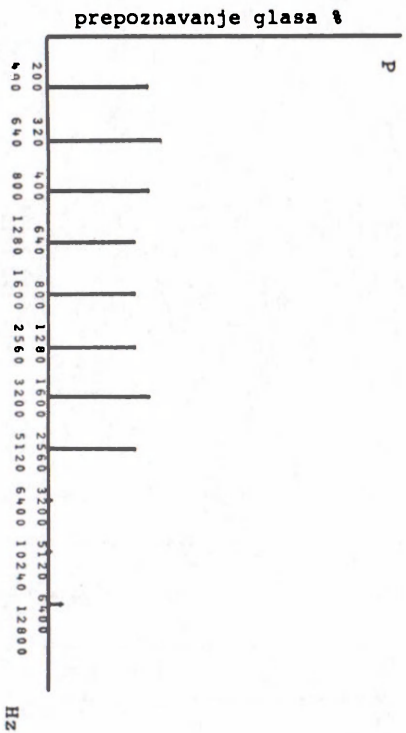
## Prilog IV



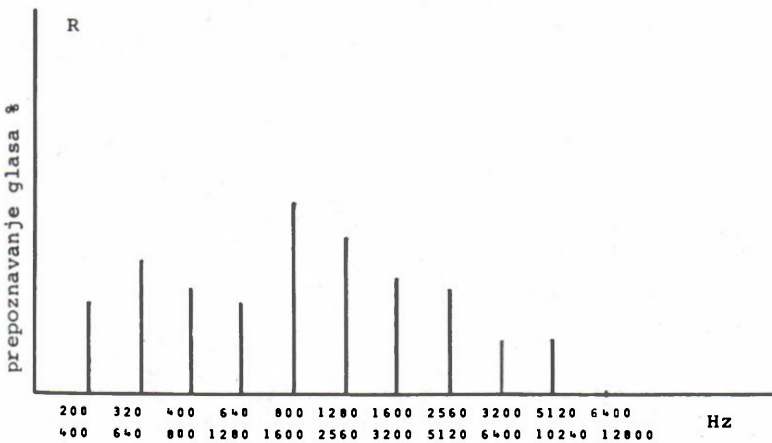
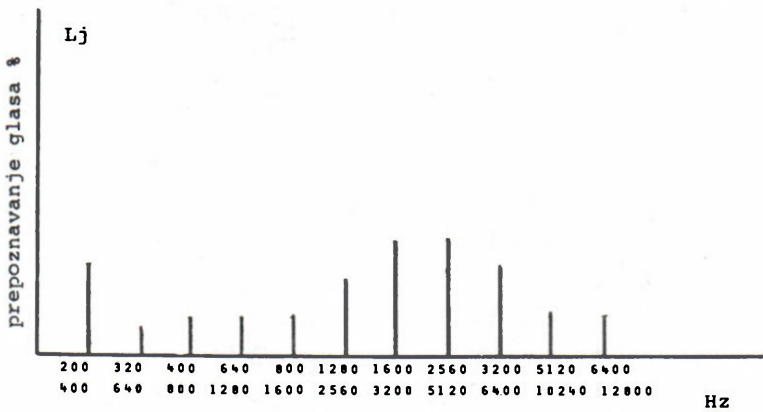
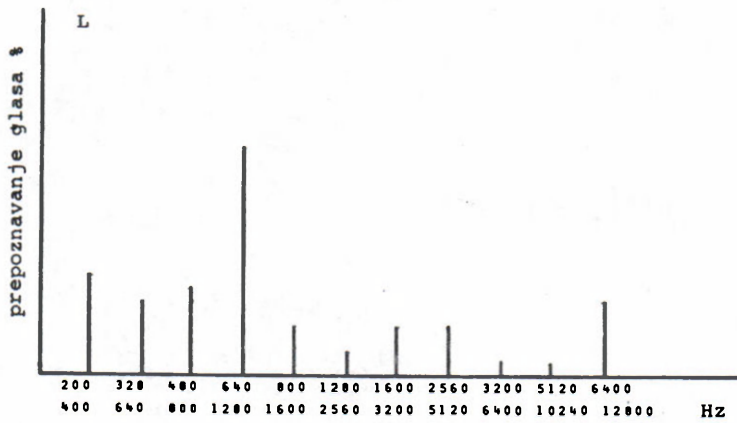
Prilog V



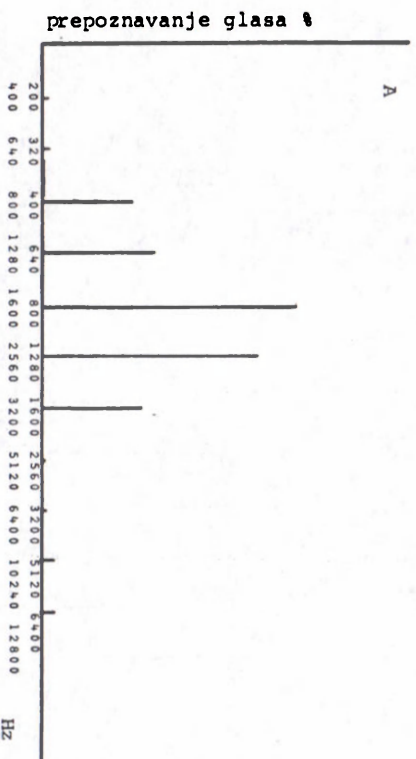
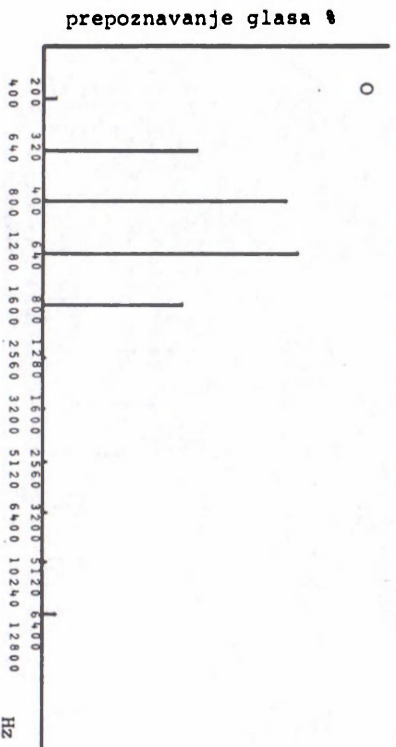
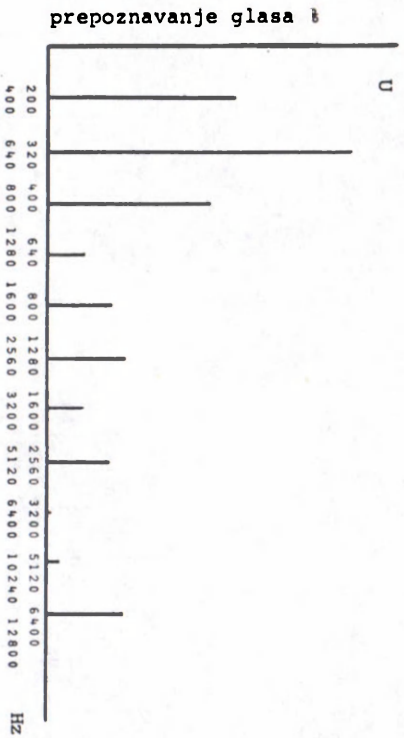
## Prilog VI



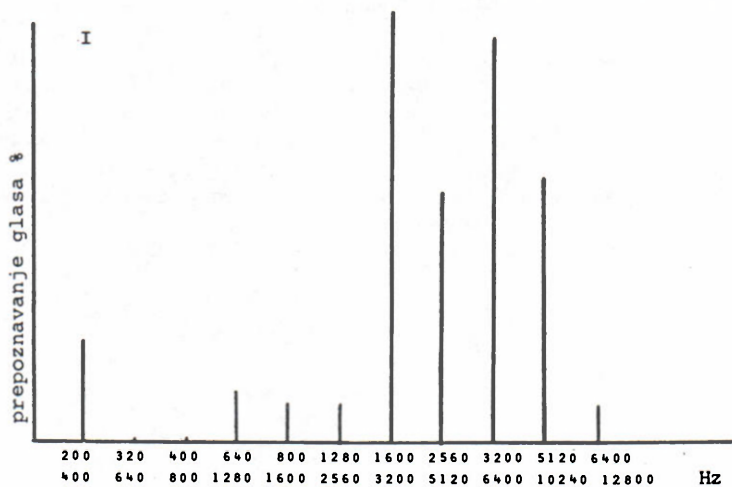
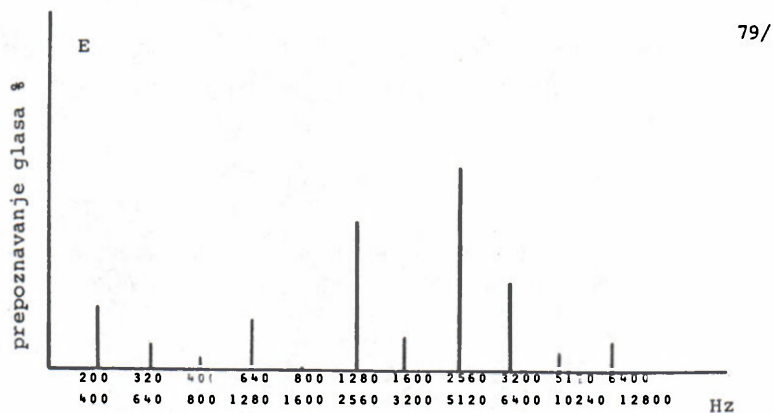
Prilog VII



## Prilog VII



Prilog IX



Nataša DESNICA – ŽERJAVIĆ  
Faculty of Philosophy, Zagreb

*Recognition of Phonemes in Narrow, Continuous and  
Discontinuous, Frequency Bands*

SUMMARY

*Optimal frequency bands for phonemes in investigations lead so far encompassed continuous bands of an octave, which proved to be an appropriate form for 66% of phonemes. If, however, the narrowest frequency band and the most accurate tone quality are sought as additional criteria for determining optimal frequency bands, we have found that the width of the optimal frequency band can vary from 1 to 5 of a third of an octave and that the frequency band in which a phoneme is best recognisable is not always continuous. Some phonemes seem to be perceived exclusively in continuous and some exclusively in discontinuous optimal frequency bands. In the latter case the width of frequency bands is not equal: with some phonemes each band taken separately is sufficient for the phoneme recognition, whereas with some other phonemes only one of the two bands permits the identification of the phoneme, while the other one, although it does not by itself permit the recognition, it still contributes considerably to its recognisability when combined with the other band.*