

# PERCEPTIVNI SPEKTAR GLASOVA

Damir Horga

Filozofski fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

Originalni znanstveni članak

UDK: 159.93:534.63

Prispjelo: 26. 02. 1988.

## SAŽETAK

Spektar zvuka u akustici definiran je kao odnos intenziteta i frekvencije.

Perceptivni spektar definira se kao odnos frekvencije i stupnja prepoznavanja određenog glasa. Perceptivni spektar, prema tome, predstavlja psihoakustičku kategoriju.

Pretpostavka određivanja perceptivnog spektra glasa je pronalaženje suženih frekvencijskih područja u kojima je ukupna prepoznatljivost glasova određenog jezika jednaka. Stoga se može pretpostaviti postojanje različitog perceptivnog spektra za jedan te isti glas ovisno o stupnju ukupnog prepoznavanja glasova, tj. ovisno o načinu filtriranja.

Perceptivni spektar može se povezati s psihoakustičkom optimalom glasa definiranom prema verbotonalnoj teoriji i to tako da se vrhovi perceptivnog spektra poklapaju s optimalom glasa.

U radu je određen perceptivni spektar za glasove hrvatskog ili srpskog jezika.

## UVOD I PROBLEM

Otkrivanje i mjerenje osnovnih fizičkih parametara zvuka, njegovog intenziteta i frekvencije u današnje vrijeme, kada postoje vrlo precizni elektroakustički instrumenti, predstavlja manje ili više rutinski posao koji se u većini slučajeva obavlja automatski. Međutim, pokušaj da se zvuk, a osobito zvuk govora, odredi sa stanovišta fizioloških, senzoričkih i perceptivnih procesa, čovjeka nailazi na veće probleme. Definiranje parametara i određivanje mjernih jedinica u takvim slučajevima kada se kao mjerni instrument zapravo pojavljuje, čovjek zahtijeva izbor reprezentativnog uzorka ispitanika kao predstavnika normalne populacije i zatim statističku obradu podataka i rezultata ispitivanja reakcija na određene parametre zvuka, te na osnovi distribucijskih karakteristika tih rezultata definira ne auditivnih svojstava ili jedinica s perceptivnog stanovišta. Takvim se postupcima uspostavljaju odnosi između akustičkih veličina i njihovih psihoakustičkih korelata.

Međutim, dublji cilj svih takvih istraživanja, koja su se naročito intenzivirala polovicom stoljeća, jest pronalaženje određenih modela funkcioniranja koji bi objasnili bit perceptivnih procesa.

U klasičnoj spektralnoj analizi spektar se prikazuje kao krivulja izvedena iz odnosa intenziteta i frekvencije zvuka kod čega su upotrijebljene fizičke jedinice ovih parametara. Određeno približavanje nekim slušnim karakteristikama predstavlja prikaz ovih dimenzija u logaritamskom odnosu koji je općenito bliži karakteristikama funkcioniranja čovjekovog osjeta nego što je to linearni prikaz.

Dalje, pokušaj da se fizički odnosi u spektru zvuka približe njihovim karakteristikama i značaju u slušanju predstavlja prikaz spektra kod kojeg je skala intenziteta izražena u sonima, a skala frekvencije prikazana je frekvencijskim područjima koja se približavaju logaritamskom odnosu. Opravdanje za takav spektralni prikaz je ovo: za ljudsko uho zvuk koji ima šire frekvencijsko područje je glasniji nego npr.

čisti ton ili šum koji ima uže frekvencijsko područje, iako ti zvukovi imaju istu razinu zvučnog pritiska, dakle isti objektivni intenzitet. Međutim, ako se sustavno promatraju odnosi širine frekvencijskog područja oko neke centralne frekvencije i subjektivni osjećaj intenziteta zvuka, dakle glasnoća, onda se može primijetiti da se širenjem frekvencijskog područja subjektivni intenzitet zvuka počinje mijenjati tek nakon određenog stupnja proširenja frekvencijskog područja. Drugim riječima, čini se da postoji kritična širina frekvencijskog područja ispod koje subjektivni intenzitet složenog zvuka ostaje konstantan. Dakle, prilikom mjerenja subjektivnog intenziteta složenog zvuka valja uzeti u obzir širinu frekvencijskog područja. U realizaciji i konstrukciji aparata za mjerenje takvog spektra kod kojeg je skala intenziteta izražena u sonima i kada se uzima u obzir utjecaj širine frekvencijskog područja na maskiranje, a time i na subjektivni intenzitet susjednog područja, skala slušnog raspona frekvencija podijeljena je na 20 zona s time da su dvije najniže zone (počev od 45 Hz) širine jedne oktave, slijedeća zona 2/3 oktave, a ostalih 17 po 1/3 oktave (Landercy, 1973). Takav prikaz spektra glasova na određen način modificira klasični objektivni spektralni prikaz i donekle ga približava slici auditivnog funkcioniranja sluha. Mada se takav spektar glasova govora ne može smatrati akustičkom simulacijom slušnih mehanizama uha, ipak, budući da se u osnovi analize nalazi reakcija uha na zvučni signal dobivena slika koja je u većoj mjeri pojednostavljena u odnosu prema klasičnom spektrogramu, upućuje na to da dijelovi spektra, koji su u rasporedu zvučne energije istaknuti, sigurno značajno utječu i na proces slušanja.

I ostala psihoakustička istraživanja go-

vora usmjerena su na određivanje onih elemenata u akustičkom signalu koji su bitni za percepciju. Dakako da izbor promatranih elemenata ovisi često o određenom teorijskom modelu perceptivnog funkcioniranja koji se želi dokazati. Tako je i u okvirima verbotonalne teorije pretpostavljen teorijski model u kojem se prvenstveno pozornost usredotočuje na frekvencijske karakteristike govora i glasova i koji je doveo do specifičnog prikaza spektra glasa izraženog njegovom optimalom.

U posljednje vrijeme uobičajeno je da se percepcija govora promatra kao proces koji uključuje nekoliko razina između početnog akustičkog signala i njegove konceptualizacije u mozgu slušaoca u obliku određenih lingvističkih znakova. Pretpostavlja se da su razine u određenom hijerarhijskom odnosu, iako su točni odnosi među razinama i redoslijed analize još neistraženi. Najčešće se spominju razine slušne analize, fonetske i fonološke analize i više razine koje uključuju sintaktičku, leksičku i semantičku analizu. Raniji pokušaji tumačenja procesa percepcije govora su, s jedne strane, smatrali da je moguće odvojiti fonetsku i fonološku razinu od viših razina analize i, s druge strane, proces fonetskog prepoznavanja objašnjavao se kao pasivni proces filtriranja akustičkog signala ili kao uspoređivanje akustičkog signala s uzorkom pohranjenim u memoriji.

Suvremeniji pristupi ističu aktivni i dinamički značaj procesa fonetskog prepoznavanja. Drugim riječima, sve teorije zapravo ističu značaj tzv. konceptualnih informacija koje teku od centara u mozgu i viših razina analize prema perifiriji, te na taj način ostvaruju funkciju filtriranja senzoričkih informacija koje teku u suprotnom smjeru, od perifirije prema višim centrima. Takav je pristup prisutan bilo da je

riječ o teoriji "analize pomoću sinteze" (analysis by synthesis) K. Stevensa, teoriji razina (stage theories) Čistovičeve, i drugih, ili o "teoriji dopunjavanja" (a novel theory of speech perceptio) Chomskoga, Millera i Hallea. Takav je pristup prisutan i u verbotonalnoj teoriji prema kojoj konceptualne informacije u obradi akustičkog senzoričkog signala predstavljaju perceptivne forme odnosno koncepte glasova govora u memoriji. Takve konceptualne informacije u procesu percepcije aktivirane su u moždanim centrima i one djeluju prema periferiji i na razinu auditivne analize akustičkog signala, tako da se za određene frekvencije ostvaruje inhibitorna, a za druge facilitatorna situacija u senzoričkim putovima. Simulaciju tog procesa predstavlja elektroakustičko filtriranje glasova i traženje njihove optimalne, tj. one relativno uske frekvencijske zone kroz koju propušteni glas kada ga sluša izvorni govornik daje dojam emitiranog fonema. Iako su optimalne glasova određene na širini frekvencijske zone od jedne oktave, neka druga istraživanja pokazala su da je optimalna glasa u određenom smislu uvjetovana i karakterom glasa te da ne vrijede jedinstveni kriteriji za sve glasove. Na optimalnoj oktavi ne postižu svi glasovi isti stupanj prepoznavanja, disperzija glasova propuštenih kroz neoptimalne oktave je za različite glasove različita, širina frekvencijskog područja optimalna je različita za različite glasove, ne produciraju svi glasovi isti broj drugih glasova na neoptimalnim oktavama, ne mogu se svi glasovi na optimalni nekog glasa prepoznati kao taj glas (Škarić, 1974; Desnica—Žerjavić, 1982).

I pored ovih ograničenja, može se zaključiti da je optimalna jedna vrsta perceptivnog spektra glasa pri čemu je to prikaz ili označavanje onog dijela spektra koji je

perceptivno bitan i predstavlja perceptivnu formu glasa.

Perceptivni spektar glasa koji se u ovom radu definira kao stupanj prepoznavanja nekog glasa u nizu ekvivalentibilnih frekvencijskih područja u nekoliko se razlikuje u proceduri određivanja od procedure određivanja optimalne. Dok se kod optimalne širina filtra kroz koji se traži optimala fiksira (najčešće na širini jedne oktave), bez obzira na stupanj razumljivosti ili se slobodno udešava za svaki glas, širina filtra je, kod određivanja perceptivnog spektra, zadana stupnjem prepoznavanja svih glasova propuštenih kroz pojedina frekvencijska područja. Potom, optimalne se obično određuju na izoliranim glasovima, dok je u ovom slučaju perceptivni spektar glasa određen na slogovima CV. Kao jedna mjera perceptivnog spektra uzet je i postotak glasa produciranog drugim glasovima, te je ta veličina nazvana induciranim perceptivnim spektrom glasa.

Određivanje perceptivnog spektra učinjeno je s namjerom da ga se usporedi s fizičkim spektrom glasa i s optimalom glasa. Takva bi analiza i usporedba pokazala kakav je oblik filtriranja određenog glasa u toku njegove perceptivne obrade.

## PROVOĐENJE EKSPERIMENTA

Dvadeset i pet suglasnika hrvatskog ili srpskog jezika kombinirano je s 5 naših samoglasnika te je tako dobivena lista od 125 mogućih slogova CV. Slogovi koji su činili navedenu listu poredani su zatim u 10 slučajnih redoslijeda. Odabrano je 10 studenata, pet muškaraca i pet žena s urednim slušnim i govornim statusom i svaki od njih pročitao je listu od 125 slogova u jednom od deset slučajnih redoslijeda. Slogovi su čitani takvim tempom da je razmak me-

Tablica 1.

## Postotak prepoznavanja glasova i slogova

Filtar	Hz	Suglasnici	Samoglasnici	Slogovi
F – 1	75– 750	33,8	63,0	24,6
F – 2	390– 960	34,6	59,6	23,1
F – 3	660–1260	33,3	58,0	22,7
F – 4	1140–1800	36,1	68,8	27,0
F – 5	1680–1920	36,6	67,8	26,7
F – 6	1920–2320	42,0	73,4	33,0
F – 7	2320–2640	40,6	57,0	26,8
F – 8	2640–3600	32,5	34,2	14,1
F – 9	3120–5280	37,3	32,2	14,7
F – 10	4510–8880	33,5	26,1	8,1

đu njima bio 3 sekunde. Tako pročitane liste slogova snimljene su na magnetofonsku vrpca u tihoj komori i aparaturom koja osigurava linearan prijenos signala.

Na taj način dobivena je snimka od ukupno 1250 slogova na kojoj su ispitanici poredani slučajnim redoslijedom a svaki je slog bio izgovoren deset puta. Tako sastavljena vrpca filtrirana je propuštanjem kroz 10 frekvencijskih područja koja osiguravaju približno isti stupanj prepoznavanja suglasnika, dok je to samo djelomično ostvareno za samoglasnik pa onda i za slogove (Tablica 1). Širina frekvencijskih područja određena je u prethodnom eksperimentu udešavanjem širine filtera stupnju prepoznavanja suglasnika. Filtriranje je izvršeno na filterima marke Allison uz gušenje do 60 dB/okt. Propuštanjem spikirane vrpce kroz 10 frekvencijskih područja dobiveno je 10 vrpca od po 1250 slogova ili ukupno 12.500 slogova. Redoslijed govornika na ovim vrpca promijenjen je na taj način da je slučajni redoslijed govornika za svako slijedeće frekvencijsko područje pomaknut za jedno mjesto. Na vrpca je usnimljen redni broj govornika i nakon svakih deset slogova redni broj sloga.

Istih desetoro ispitanika koji su spikirali 125 slogova slušali su 10 filtriranih vrpca sa zadatkom da prepoznaju slogove. Ispitanici su za svaki stimulus morali dati odgovor CV bez obzira na stupanj sigurnosti u prepoznavanju filtriranih slogova. Ispitanici su bilježili svoje odgovore na posebnom formularu te je na taj način dobiveno 125.000 odgovora. Ispitanici su slušali slogove preko slušalica i aparaturom koja omogućuje linearni prijenos već filtriranih slogova.

## OBRADA REZULTATA I REZULTATI

Svi odgovori ispitanika uneseni su u strojnu obradu pa je na osnovi usporedbe emitiranih i percipiranih slogova na svako od deset frekvencijskih područja izračunata matrica zamjene suglasnika i samoglasnika čime je dobiveno deset matrica zamjene za svaku grupu glasova. Zbroj svih deset matrica zamjene glasova izražen je u jedanaestoj matrici zamjene. Rezultati u matricama zamjene izraženi su u postocima. (ovom prilikom zbog ograničenog prostora ne donosimo matrice zamjena.)

Na osnovi matrica zamjena sastavljene

su dvije vrste tablica. U prvoj tablici izražen je postotak prepoznavanja glasova na pojedinim filterima (Tablica 2, 3) a poslužila je da se grafički prikaže perceptivni spektar glasa. U drugoj tablici izražen je postotak glasa produciranog ostalim glasovima (Tablica 4, 5) a poslužila je da se grafički

prikaže inducirani perceptivni spektar glasa.

Perceptivni i inducirani perceptivni spektar glasa prikazani su na slikama 1 do 30 na kojima su na apscisi frekvencijska područja od 1 do 10, a na ordinati postotak percipiranog glasa.

Tablica 2.

Postotak prepoznavanja suglasnika kroz filtere

Suglasnik	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	F-10	Suma
P	44	49	43	39	32	35	21	9	12	12	29
B	67	67	72	54	38	41	35	21	21	11	42
T	33	35	37	44	48	58	60	49	54	33	45
D	47	43	44	45	34	46	48	40	37	14	40
K	87	83	75	64	63	55	44	41	41	55	61
G	78	80	72	41	38	46	51	35	40	44	52
C	0	0	7	5	15	7	5	6	16	60	12
Č	0	0	4	17	23	32	31	30	42	22	20
Dž	0	0	1	7	4	5	11	4	4	0	3
Ć	0	1	0	8	20	26	42	46	35	39	22
Đ	0	0	5	16	23	31	59	46	48	35	26
F	7	12	34	43	37	45	28	16	23	5	25
S	0	3	15	13	23	20	20	26	51	86	26
Z	2	17	23	20	20	17	22	21	48	64	25
Š	0	0	19	58	75	78	85	84	84	66	55
Ž	0	0	13	33	31	44	45	27	56	35	28
H	88	81	49	30	28	23	25	29	34	49	44
M	54	64	64	47	47	52	32	20	18	14	41
N	42	35	48	52	49	55	46	24	19	14	38
Nj	10	7	26	37	49	59	54	25	18	3	29
L	94	75	38	37	28	34	34	31	44	54	47
Lj	18	16	9	32	36	40	49	56	49	30	33
R	98	97	94	90	81	89	69	51	66	54	79
V	52	63	57	52	39	42	26	16	22	10	38
J	63	37	14	29	36	65	72	59	51	29	45
	75-	390-	660-	1140-	1680-	1920-	2310-	2640-	3120-	4510-	
	-750	-960	-1260	-1800	-1920	-2300	-2640	-3600	-5280	-8800	

Tablica 3.

## Postotak prepoznavanja samoglasnika kroz filtere

Suglasnik	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	F-10	Suma
I	27	15	18	60	68	86	89	85	86	92	63
E	33	26	31	49	72	89	84	63	55	2	50
A	91	91	99	98	99	97	64	5	1	2	65
O	82	78	70	58	36	31	19	3	2	3	38
U	82	88	72	79	64	64	32	15	17	9	52

Tablica 4.

## Broj suglasnika produciranih ostalim suglasnicima (relat. jedinice)

	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	F-10
P	77	80	55	53	66	49	24	25	22	32
B	62	86	89	43	31	26	52	20	15	11
T	66	58	57	100	114	130	86	112	112	83
D	77	61	89	94	47	63	74	77	88	49
K	290	225	130	110	132	86	43	67	54	114
G	290	279	142	92	99	71	63	87	91	159
C	0	0	14	11	11	0	0	2	2	23
Č	0	0	5	28	57	72	67	80	87	46
Dž	0	0	1	15	7	5	12	6	4	0
Ć	0	1	0	19	42	43	72	115	90	86
Đ	0	0	9	41	38	50	114	107	94	78
F	11	25	86	99	65	100	63	34	28	6
S	0	8	23	21	16	13	20	39	40	101
Z	0	24	65	30	16	10	12	16	24	43
Š	0	0	15	71	151	139	142	183	92	43
Ž	0	1	4	23	40	39	38	33	39	6
H	255	205	82	43	31	24	39	78	60	96
M	65	91	117	78	94	66	61	47	45	45
N	67	67	133	83	64	60	56	36	35	39
Nj	3	1	57	49	38	24	15	7	7	5
L	104	73	19	37	45	34	81	83	136	217
Lj	8	4	22	52	36	26	36	153	105	96
R	6	16	68	64	59	43	45	19	27	12
V	89	125	150	104	61	48	43	30	59	18
J	44	44	40	54	38	59	56	64	67	113

Tablica 5.

Broj samoglasnika produciran ostalim samoglasnicima (relat. jedinice)

	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	F-10
I	8	6	1	20	39	40	104	246	273	357
E	7	8	20	14	22	17	49	62	44	5
A	14	14	75	75	63	30	16	1	0	5
O	68	68	62	4	6	6	11	2	1	7
U	76	96	43	30	26	28	20	6	12	5

## INTERPRETACIJA REZULTATA

Jedno od pitanja koje je bilo postavljeno u ovom radu odnosilo se na odnos optimalne glasa i perceptivnog spektra glasa. Ta je usporedba moguća ako se uzme u obzir slijedeće karakteristike ovih dvaju koncepata. Optimala pruža samo podatak o frekvencijskoj zoni koja je optimalna za neki glas. Međutim, ona sama ne pokazuje ništa o tome kako se taj glas ponaša u drugim frekvencijskim područjima, koliko mu opada prepoznatljivost, transformira li se u druge glasove, koje i u kojem omjeru. Perceptivni spektar pokazuje ponašanje glasa u različitim frekvencijskim područjima, kako se mijenja njegova prepoznatljivost i transformabilnost, koje i koliko drugih glasova producira. Stoga, ako se uspoređuje optimala i perceptivni spektar, moguće je uspoređivati optimalu i maksimum prepoznatljivosti glasa u perceptivnom spektru. Takva usporedba pokazuje da se za većinu glasova frekvencijske vrijednosti optimalne i vrhova perceptivnog spektra poklapaju, iako su za pojedine glasove dobiveni određeni pomaci. Tako su npr. u perceptivnom spektru u odnosu prema oktavnoj optimali povišeni (p, b, d, č, dž), a sniženi (k, g, h, l, r, nj). Međutim, ti pomaci ipak nisu toliko da bi glas izašao iz kategorije

perceptivnog visokog, srednjeg ili niskog glasa. Kad su posrijedi samoglasnici, u perceptivnom spektru (o) je postao niži od (u). Međutim, u taj se rezultat može sumnjati budući da i (o) i (u) u toj niskoj razini imaju visoku prepoznatljivost na nekoliko susjednih filtera i njihovi se vrhovi tek neznatno ističu. Ovo što je rečeno o perceptivnom spektru odnosi se uglavnom i na inducirani spektar koji se u većini slučajeva poklapa s perceptivnim. Kod nekih glasova vrhovi induciranih spektra pomaknuti su u odnosu prema perceptivnom spektru pa se mogu u interpretaciji koristiti kao određena korekcija ili preciziranje perceptivnog spektra glasa.

Promatrajući općenito distribuciju glasova prema optimalama odnosno perceptivnom spektru, optimalne se približavaju formi prirodne raspodjele s vrhom na oko 2000 Hz, dok je distribucija kod perceptivnog spektra podijeljena u jednu nisku zonu do 1000 Hz i jednu visoku do 2000 Hz. Karakteristično je da u zonama 4 i 5, tj. od 1140 do 1920 Hz ni jedan glas u perceptivnom spektru nema svoj vrh; drugim riječima, kao da je ta zona podjednako dobra i propusna za sve glasove.

Ovaj je rezultat sukladan s rezultatima dobivenim u istraživanju fonetskih i vjerojatnosnih faktora razumljivosti riječi

(Horga, 1980–81), prema kojima u frekvencijskom području najveće osjetljivosti uha (1000 – 2000 Hz) svi faktori podjednako pridonose razumljivosti.

Iako su Landercy i Renard (1974) potvrdili selektivni karakter fonološke percepcije, ustanovili su da postoje neke razlike u preporznavanju filtriranih samoglasnika i samoglasnika propuštenih kroz direktni kanal kod normalnih slušača i kod slušača s oštećenjem sluha. Naime, za normalne je direktni kanal bolji, a u slučaju patologije prepoznavanje je bolje za filtrirane glasove.

Tako i rezultati ovog istraživanja navode na pretpostavku da u slušanju postoji jedan visoko redundantni frekvencijski kanal u području najveće osjetljivosti uha koji jednako dobro propušta sve glasove, koji je jednako "pravedan" prema svim fonetskim svojstvima i dva kanala selektivnih svojstava, jedan visoki i jedan niski, koji su optimalni za određene glasove i određena svojstva. To bi značilo da optimalni uvjeti slušanja omogućuju slušanje izvan optimalne, odnosno perceptivnih vrhova spektra, dok bi otežani uvjeti prizivali u pomoć optimalu glasa. U takvu svjetlu optimala koja je razvojno u slušanju primarna u normalnom slučaju postaje sekundarna i opet postaje

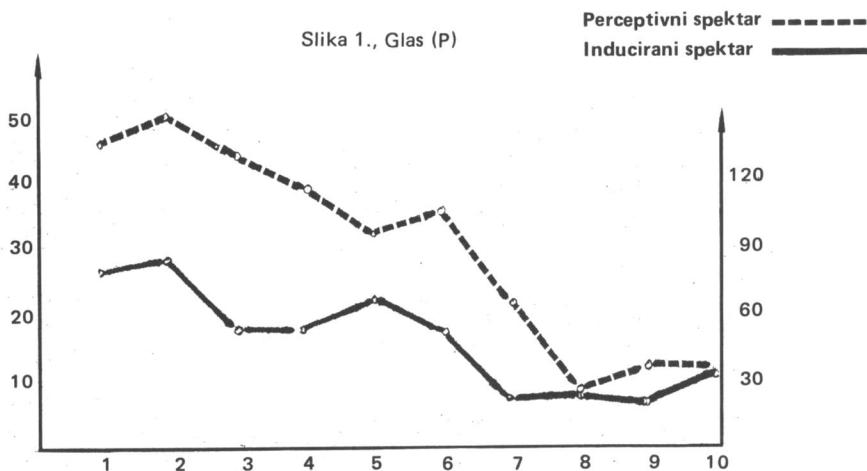
primarna u slučaju patologije ili otežanih uvjeta slušanja, svaki puta kad je potrebna provjera slušanja.

Na kraju treba reći da su ovi rezultati dobiveni uz određeni stupanj prepoznatljivosti glasova, a time i uz određeni raspored frekvencijskih zona. Može se pretpostaviti da bi se određeni pomaci u krivuljama perceptivnog spektra dobili, ako bi se odabrao drugačiji stupanj prepoznavanja glasova odnosno rasporeda frekvencijskih zona.

Bilo bi također zanimljivo usporediti perceptivni spektar sa stvarnim akustičkim spektrom glasova i ustanoviti preciznije odstupanja u krivuljama jednog i drugog spektra, na što je već upozoreno i u tumačenju pojma optimalne glasa.

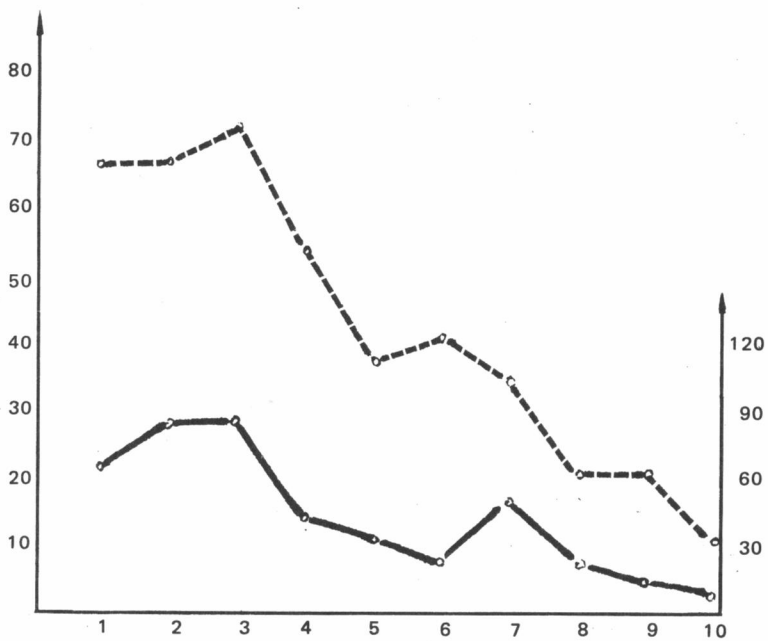
#### GRAFIČKI PRIKAZ REZULTATA

Rezultati iz Tablica 2–5 prikazani su grafički na slikama 1–30, tako da svaka slika predstavlja perceptivni i inducirani perceptivni spektar pojedinog glasa. Na apscisi su označeni redni brojevi frekvencijskih zona, a na ordinati, s lijeve strane, postotak prepoznatog glasa i on se odnosi na perceptivni spektar, a s desne strane je broj glasova produciranih ostalim glasovima koji je izražen u relativnim jedinicama i odnosi se na inducirani perceptivni spektar.

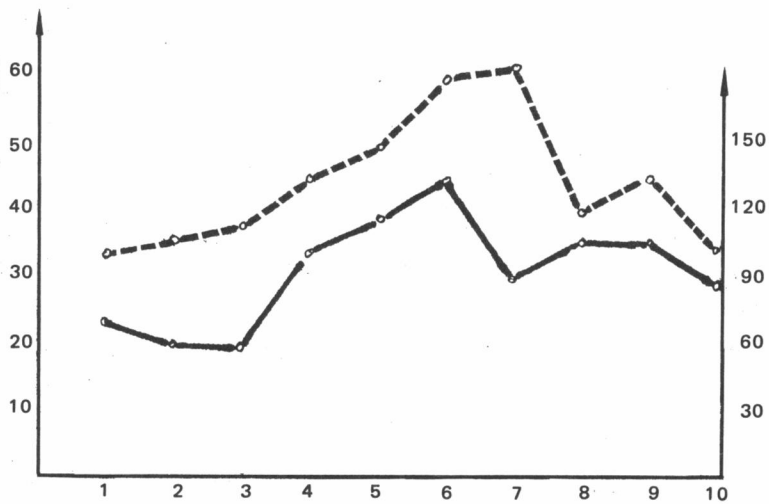




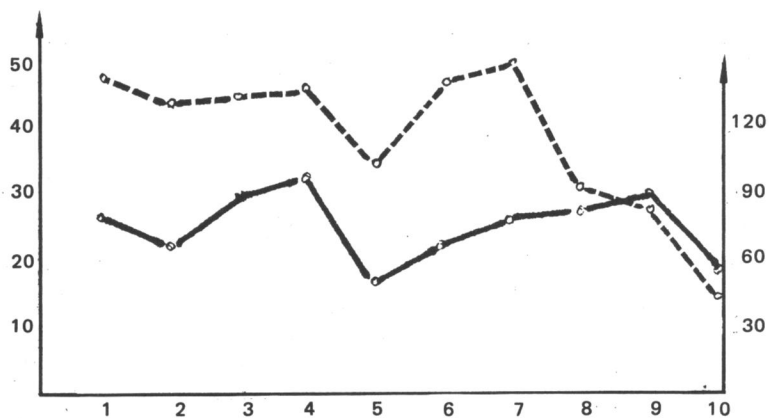
Slika 2., Glas (B)



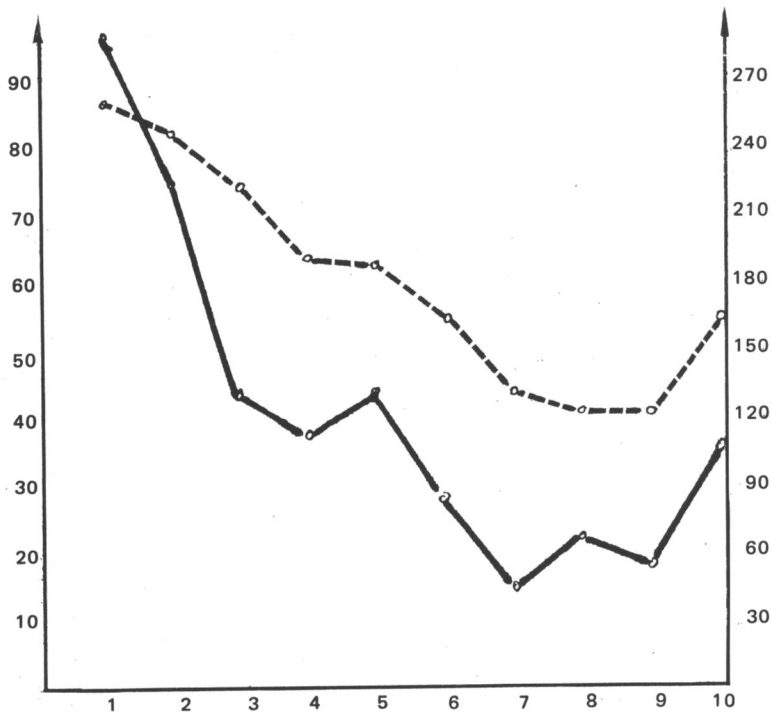
Slika 3., Glas (T)



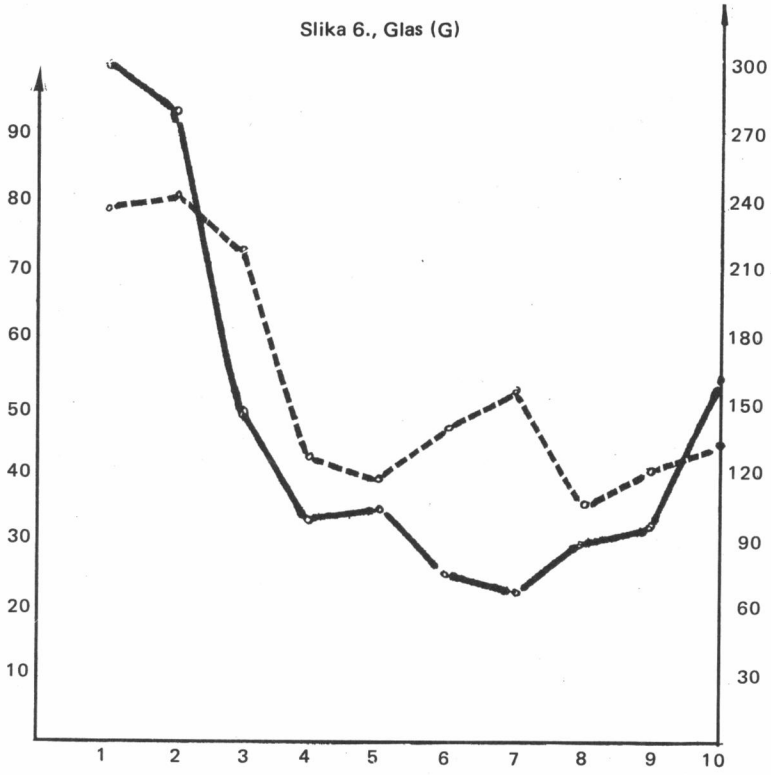
Slika 4., Glas (D)



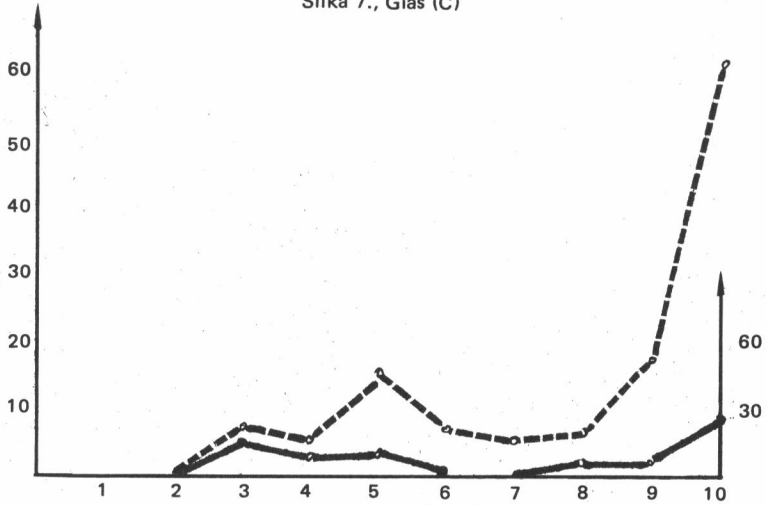
Slika 5., Glas (K)



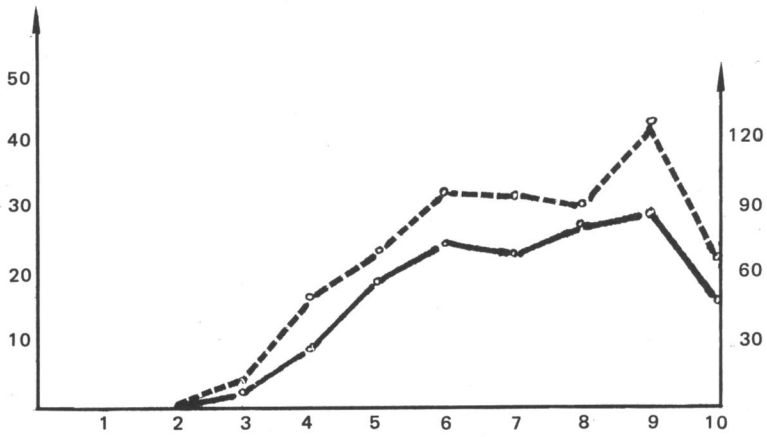
Slika 6., Glas (G)



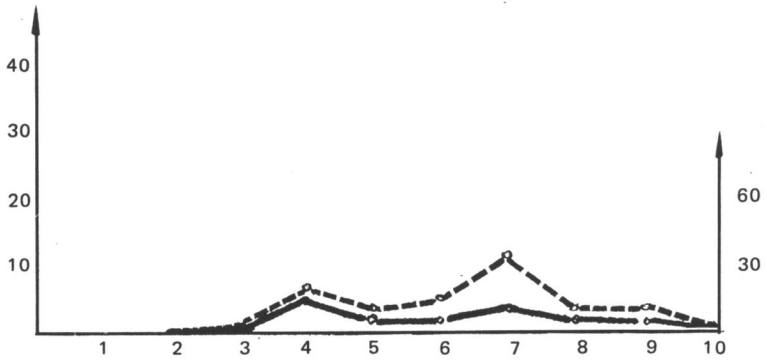
Slika 7., Glas (C)



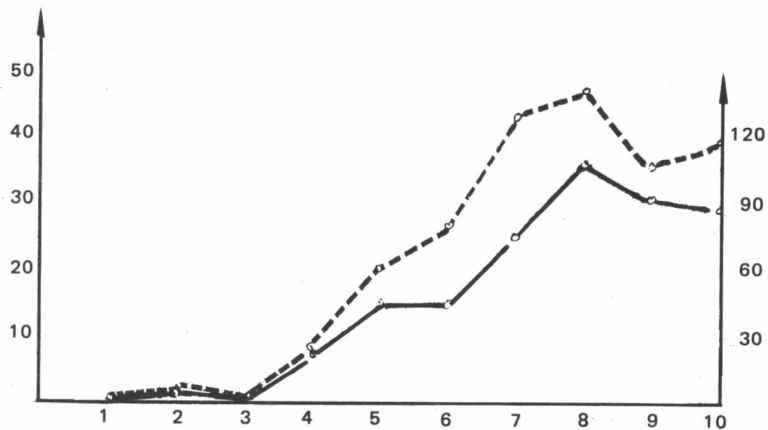
Slika 8., Glas (Č)



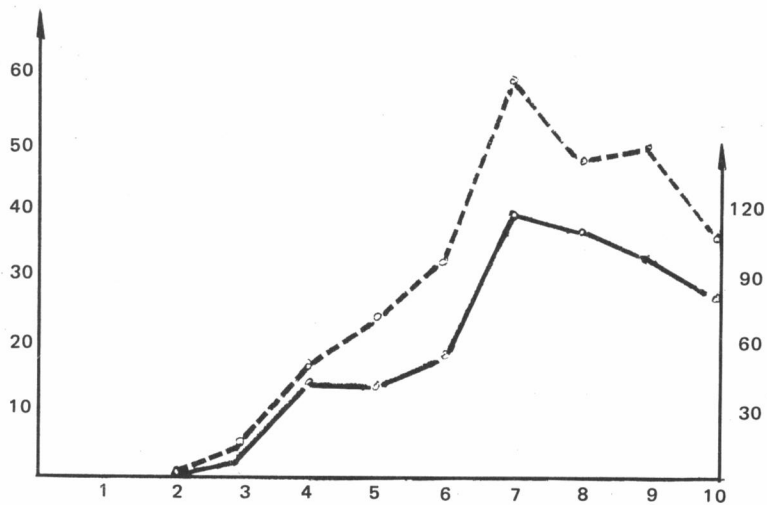
Šlika 9., Glas (DŽ)



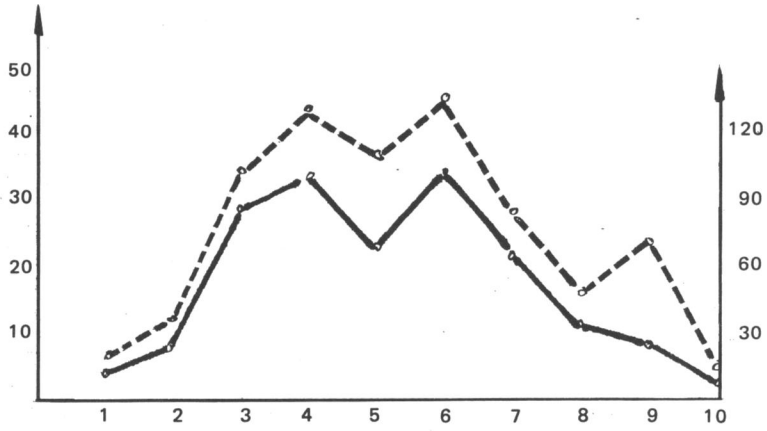
Slika 10., Glas (Ć)



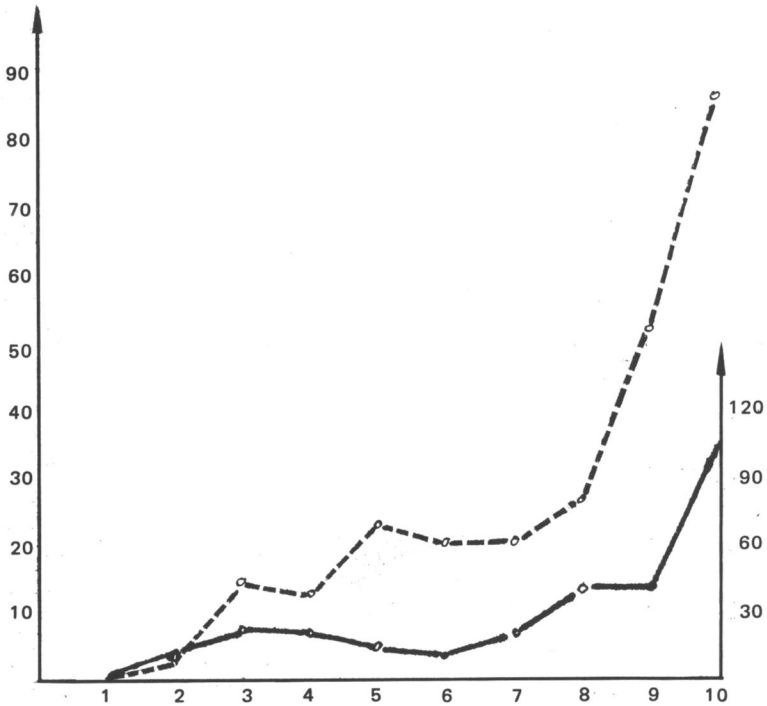
Slika 11., Glas (Đ)



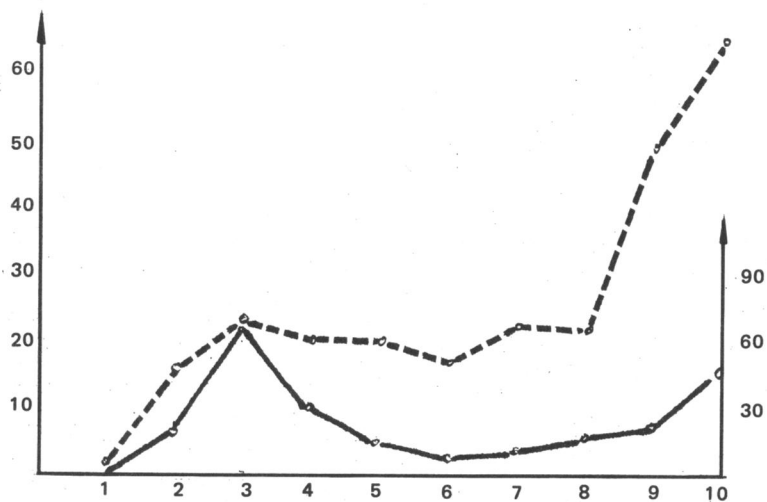
Slika 12., Glas (F)



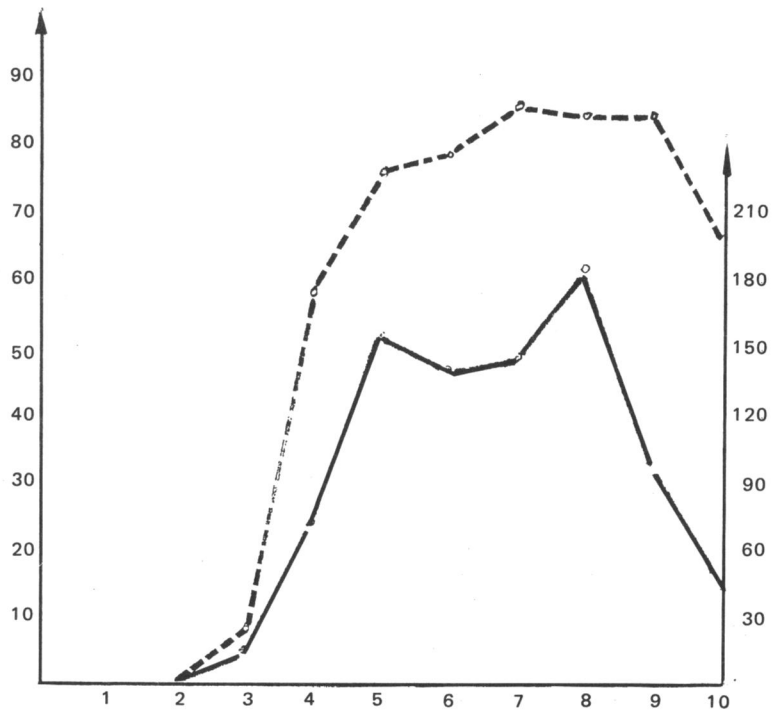
Slika 13., Glas (S)



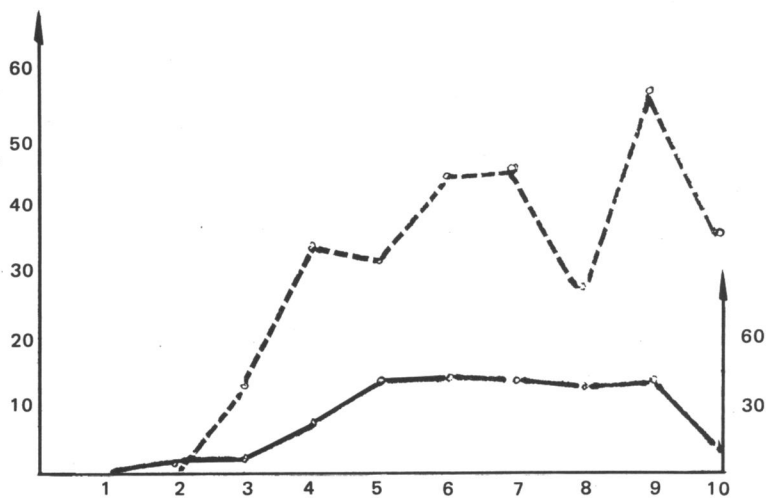
Slika 14., Glas (Z)



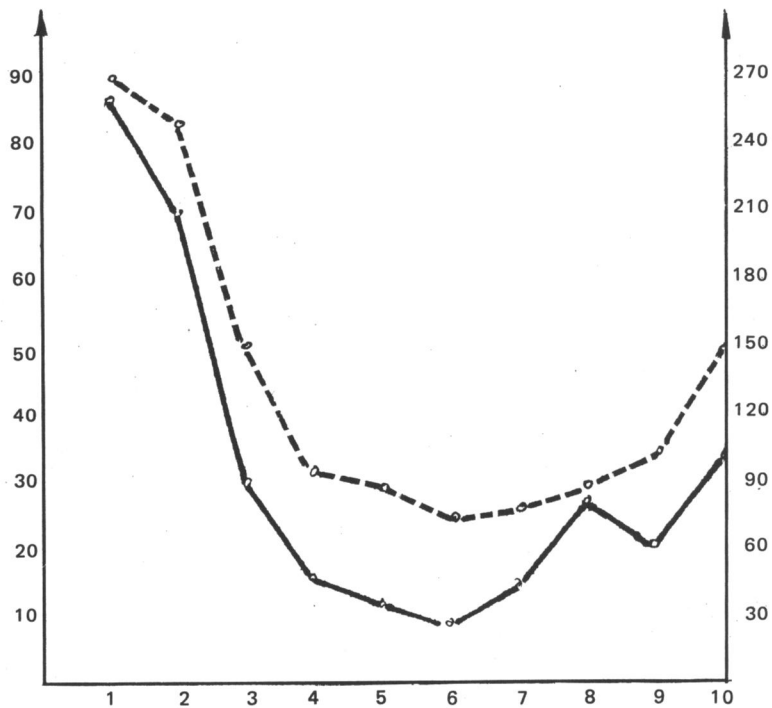
Slika 15., Glas (Š)



Slika 16., Glas (Ž)

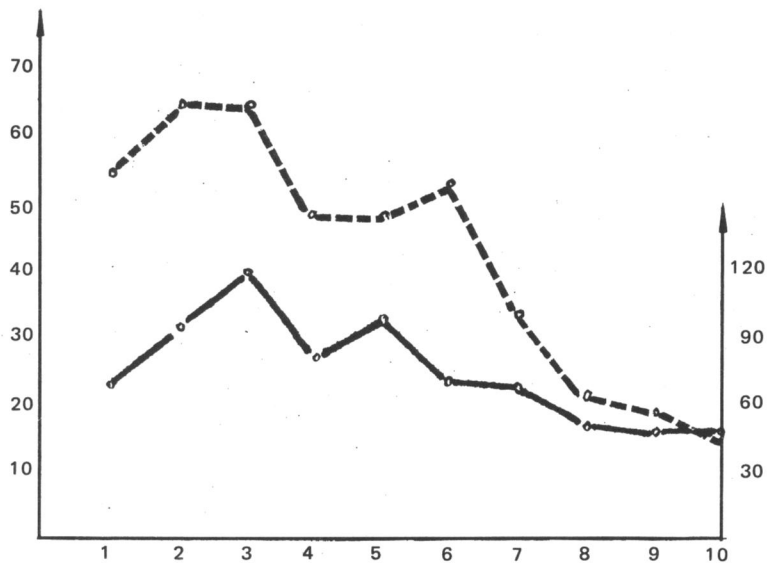


Slika 17., Glas (H)

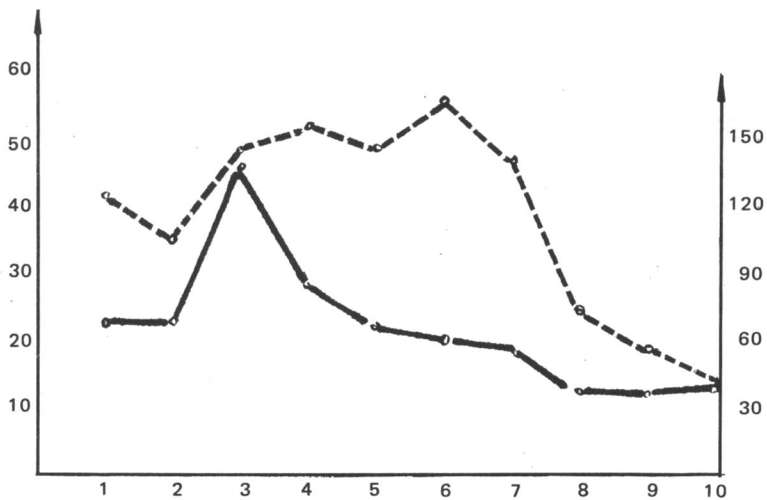




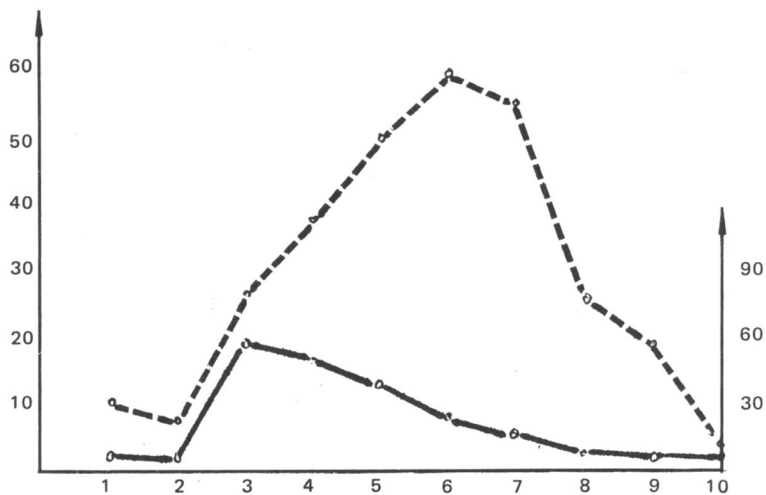
Slika 18., Glas (M)



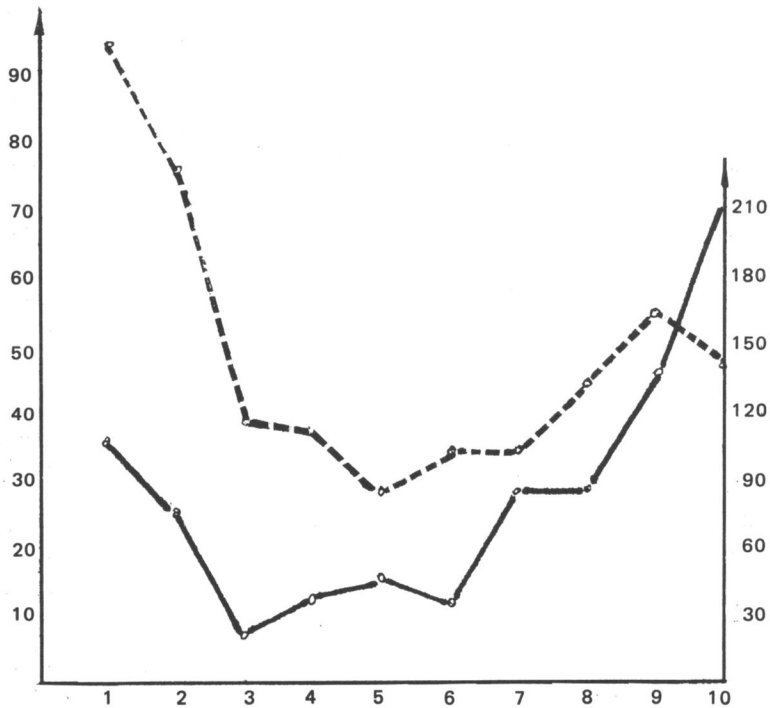
Slika 19., Glas (N)



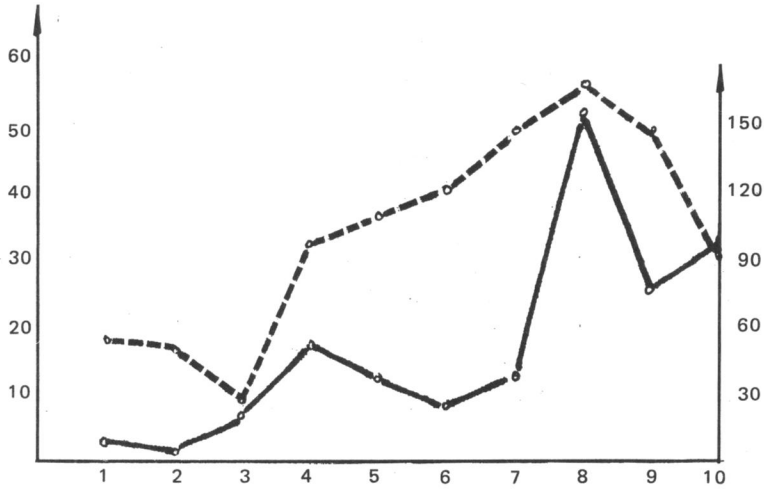
Slika 20., Glas (NJ)



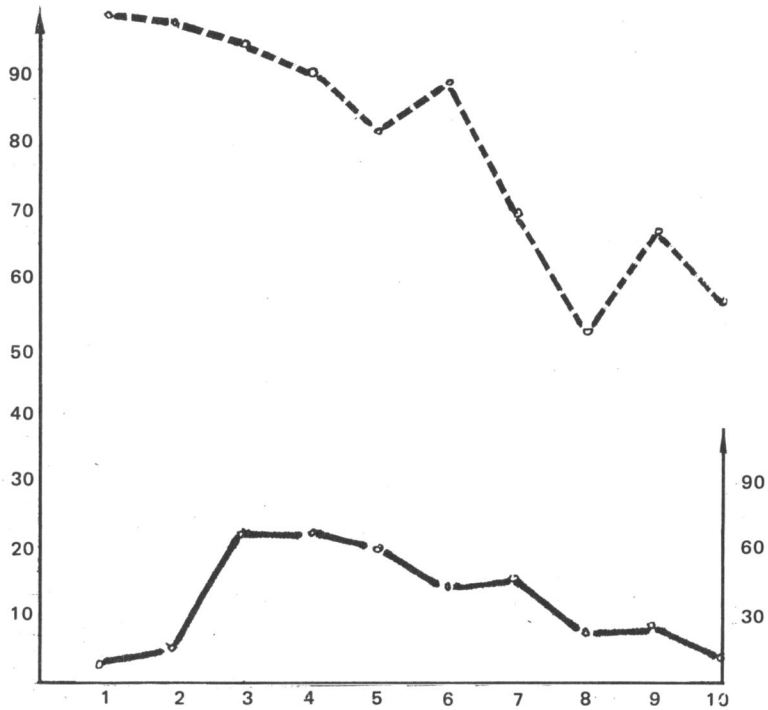
Slika 21., Glas (L)



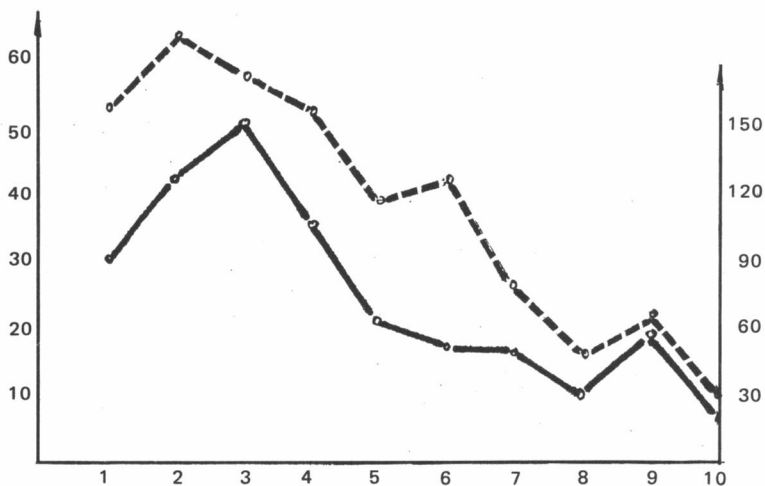
Slika 22., Glas (LJ)



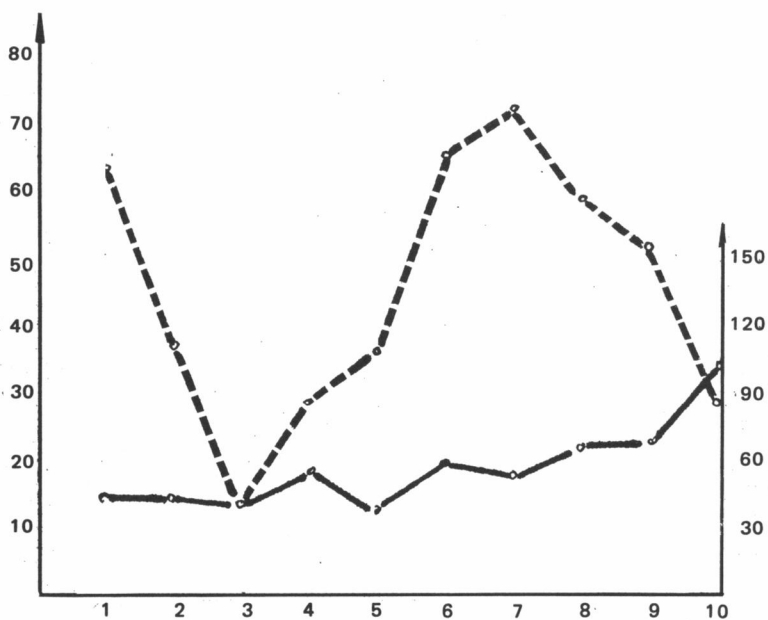
Slika 23., Glas (R)



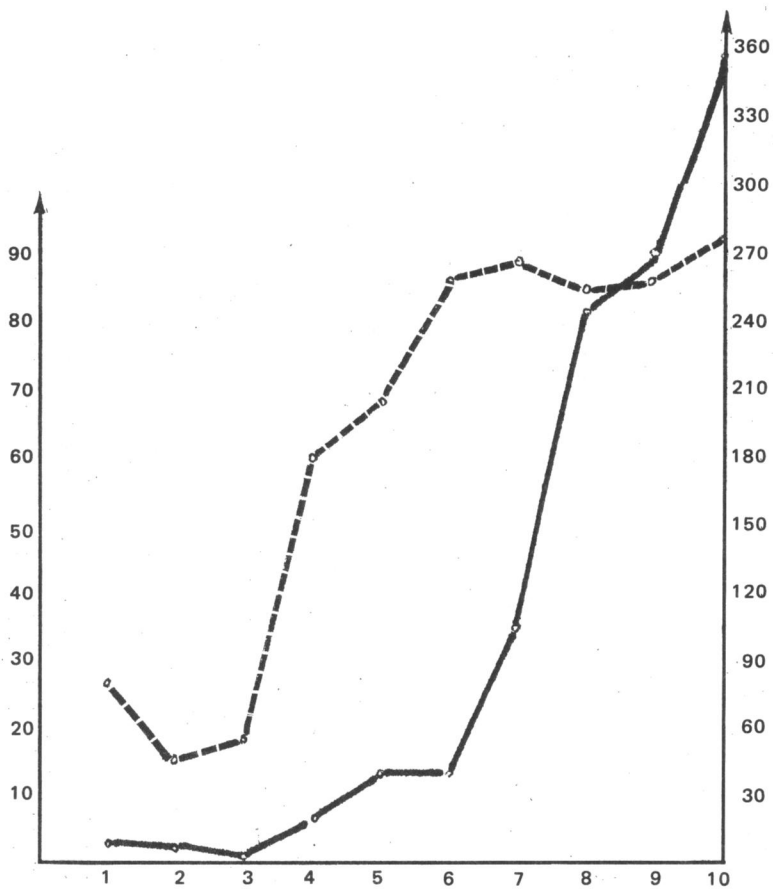
Slika 24., (Glas V)

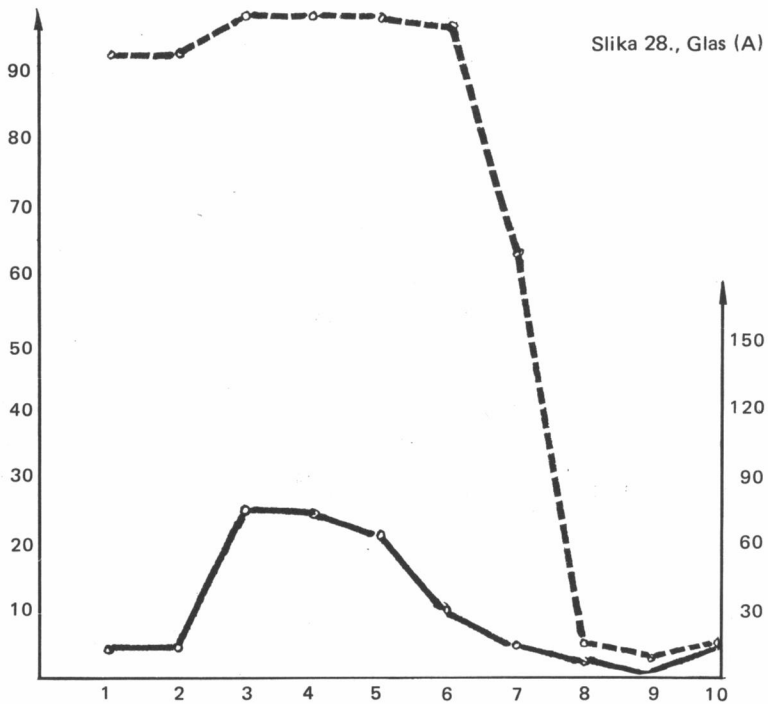
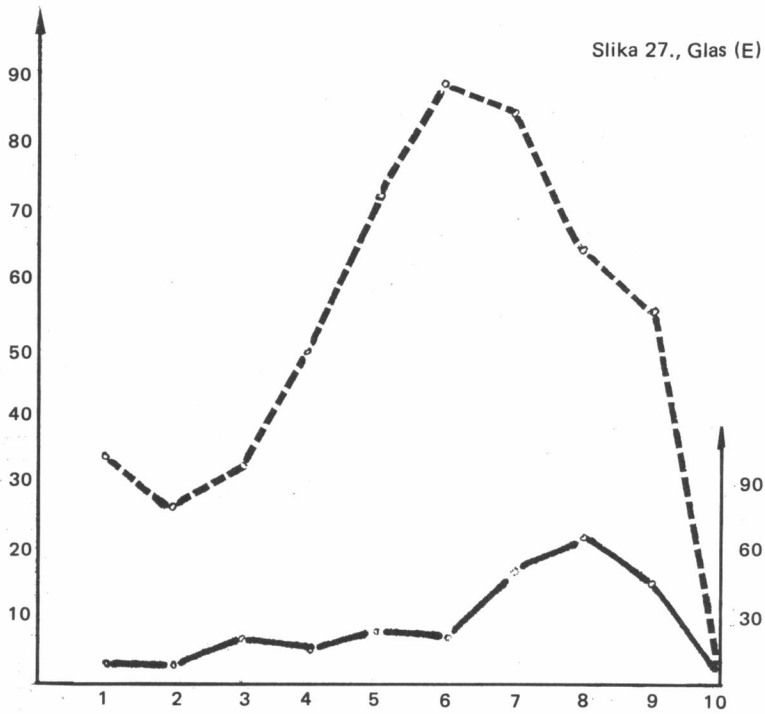


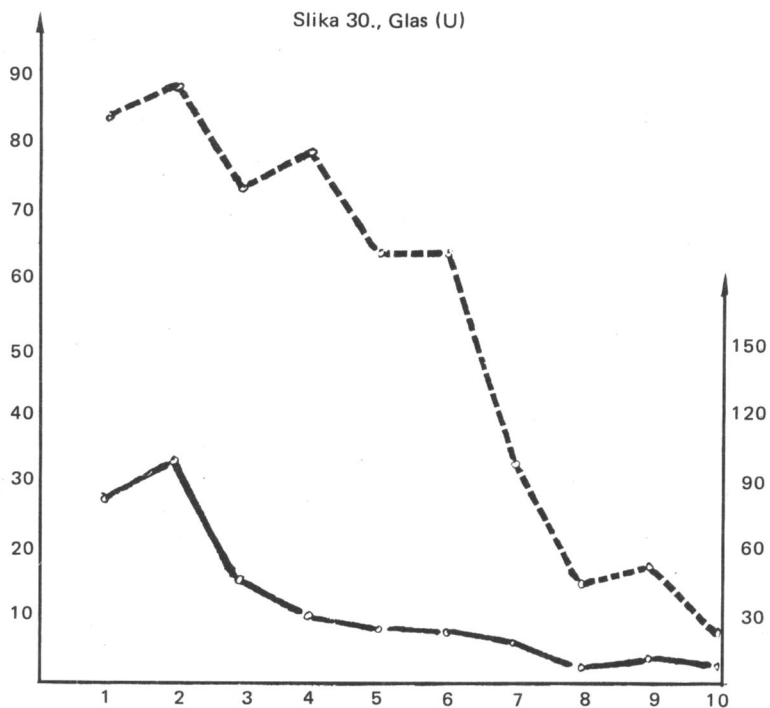
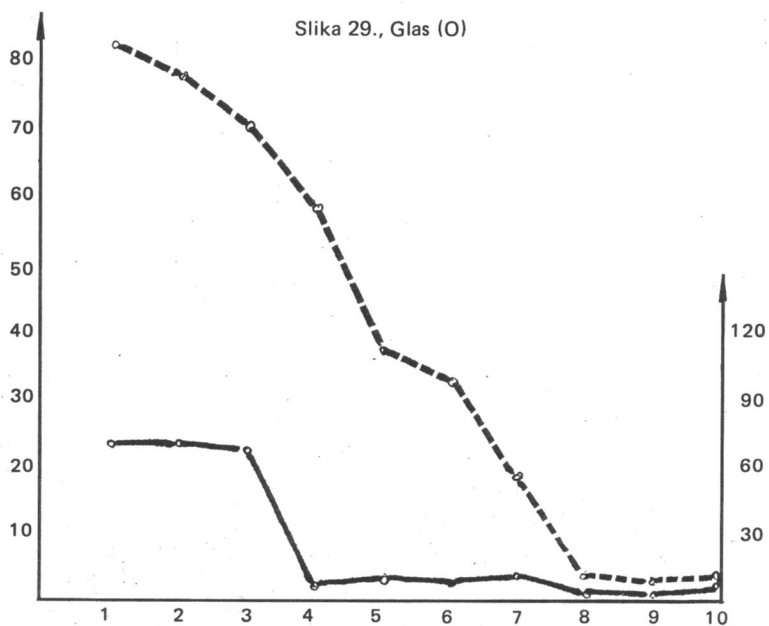
Slika 25., Glas (J)



Slika 26., Glas (I)







## LITERATURA

1. DESNICA—ŽERJAVIĆ, N.: Slušanje glasova govora na uskoj diskontinuiranoj formi u usporedbi sa slušanjem na uskoj kontinuiranoj formi (magistarski rad), Zagreb, 1982.
2. GUBERINA, P.: Case studies in the use of restricted bands of frequencies in auditory rehabilitation of deaf, Zagreb, 1972.
3. HORGA, D.: Neki fonetski i vjerojatnosni faktori razumljivosti riječi, *Suvremena lingvistika*, br. 21, 22, pp. 19–37, Zagreb, 1980–81.
4. LANDERCY, A.: Les parametres de l'audition et la perception des son de la parole, *Revue de phonetique applique*, br. 25, pp. 3–23, 1973.
5. LANDERCY, A. i RENARD, R.: Perception des voyelles francaise filtrees, *Revue de phonetique applique*, br. 32, pp. 11–32, Mars, 1974.
6. PISONI, D.B.: Speech perception, u: *Handbook of Learning and Cognitive Processes*, Vol. 6, pp. 166–233, edited by W.K. Estes, New Jersey, 1978.
7. ŠKARIĆ, I.: Les bases sensorieles de la parole, *Revue de la phonetique applique*, br. 31, pp. 49–77, br. 32, pp. 49–64, Mars, 1974.
8. ŠKARIĆ, I.: Glasovi hrvatskosrpskog jezika u fizio(psiho)—akustičkoj i akustičkoj analizi, *Jezik*, br. 2–3, 1964.

## THE PERCEPTUAL SPECTRUM OF THE SPEECH SOUNDS

### Summary

In acoustics the sound spectrum is defined as the relationship between the intensity and the frequency of the sound.

The perceptual spectrum is defined as the relationship between the frequency and the recognizability of the speech sound. That means that perceptual spectrum is a psychoacoustic notion.

The necessary condition to determine the perceptual spectrum of a speech sound is to discover the narrow frequency bands of equal recognizability of the speech sounds of the particular language. So it is possible to imagine the existance of several perceptual spectra for a particular sound, depending on the total sound recognizability in particular frequency bands.

The perceptual spectrum can be related to the psychoacoustic optimal of the speech sound defined in the verbotonal theory as the narrow frequency band (usually one octave) in which the recognizability of the speech sound is the best. The peaks of the perceptual spectrum and the psychoacoustic optimal have the same frequency.

By means of 125 CV syllables filtered through ten frequency bands of the total range 75 – 8000 cps on the sample of 10 subjects of normal speech and hearing status the perceptual spectra of Serbo-Croatian sounds are determined.