

JAK VZNIKÁ LIDSKÝ HLAS?



JAN ŠVEC



Katedra biofyziky, Př.F.,
Univerzita Palackého v Olomouci

HLAS:

**Všichni jej každodenně používáme,
ale víme o něm v podstatě jen málo**

Studium lidského hlasu

Je založeno na kombinaci informací z různých vědních oborů, mezi nimiž jsou

Akustika (vyzařování, šíření a vlastnosti zvuku, ...)

Lékařské obory (foniatrie, otorinolaryngologie; anatomie, fyziologie, histologie, neurologie, patologie hlasového orgánu, ...)

Biomechanika (pohyb, elasticita, viskozita biologických tkání, ...)

Mechanika proudění (tlak, objemová rychlost výdechového vzduchu,...)

Teorie kmitů (dynamika, nelineární dynamika,...)

HLAS A ŘEČ:

Využívají specifické typy zvuku, který vydává
člověk

CO JE TO ZVUK?

CO JE TO ZVUK?

ZJEDNODUŠENÁ DEFINICE ZVUKU (PLATÍ I PRO HLAS):

Zvuk je akustický signál, t.j., rychlé změny tlaku vzduchu, které se šíří formou vlnění a jsou slyšitelné.

Frekvenční pásmo slyšení člověka: cca 20 – 20 000 Hz.

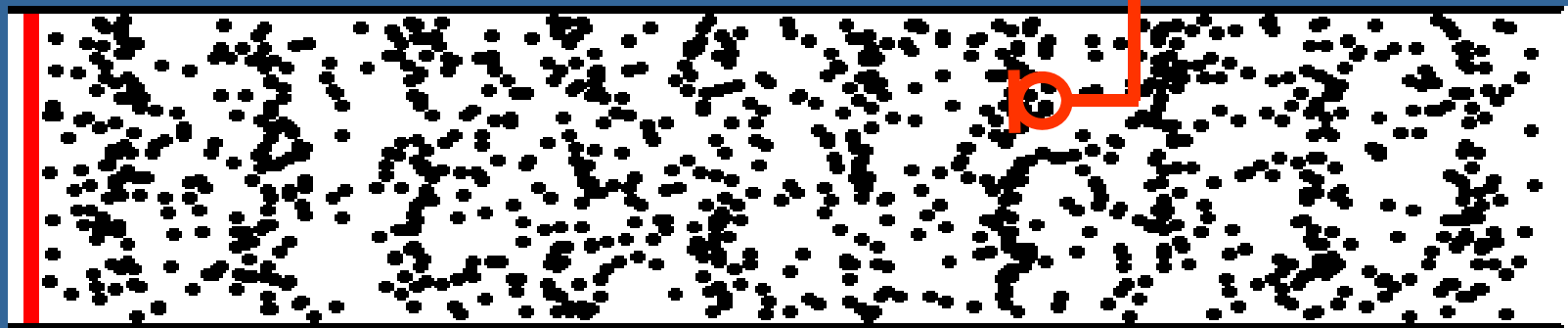
Nejnižší úroveň slyšitelnosti: 0 dB ~ $2 \cdot 10^{-5}$ Pa = 0,00002 Pa

Nejvyšší snesitelná úroveň slyšitelnosti: cca 130 dB ~ 60 Pa

CO JE TO ZVUK?

Změny tlaku vzduchu se šíří formou podélného vlnění.

Mikrofon — zaznamenává změny tlaku v daném místě



© 1999, Daniel A. Russell

<http://www.kettering.edu/physics/drussell/Demos/waves/wavemotion.html>

MONITOROVÁNÍ ZVUKU

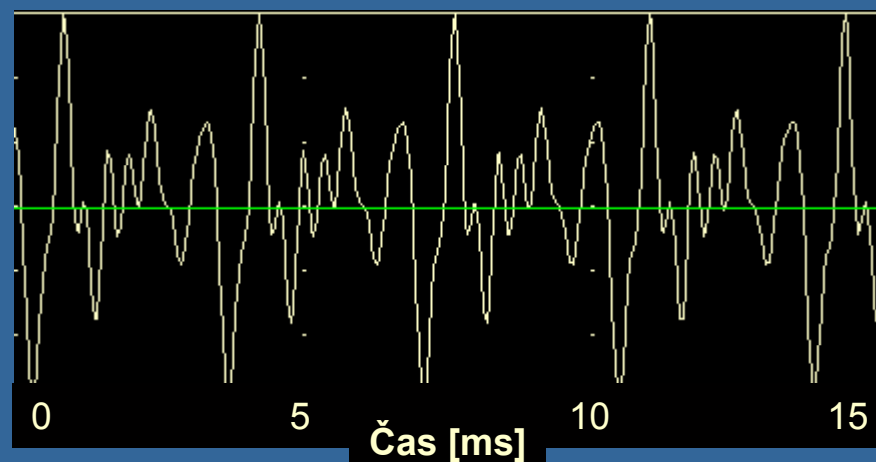
Změny akustického tlaku vzduchu lze sledovat prostřednictvím mikrofonu ve spojení s jednoduchým osciloskopickým přístrojem

DRUHY ZVUKŮ

Zvuky se dělí na :

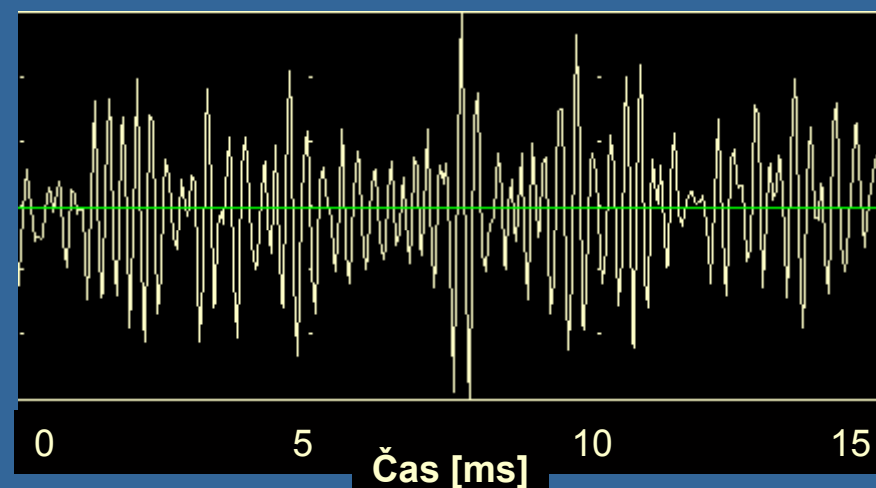
A) Tóny

periodický průběh vlny (např.
samohlásky [a,e,i,o,u])



B) Šumy

neperiodický průběh vlny (např.
neznělé souhlásky [s, š])



K. Sedláček. Základy audiologie, Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1956.

DEMONSTRACE

periodické a neperiodické zvuky hlasu a řeči

VOCE VISTA

(www.vocevista.com)



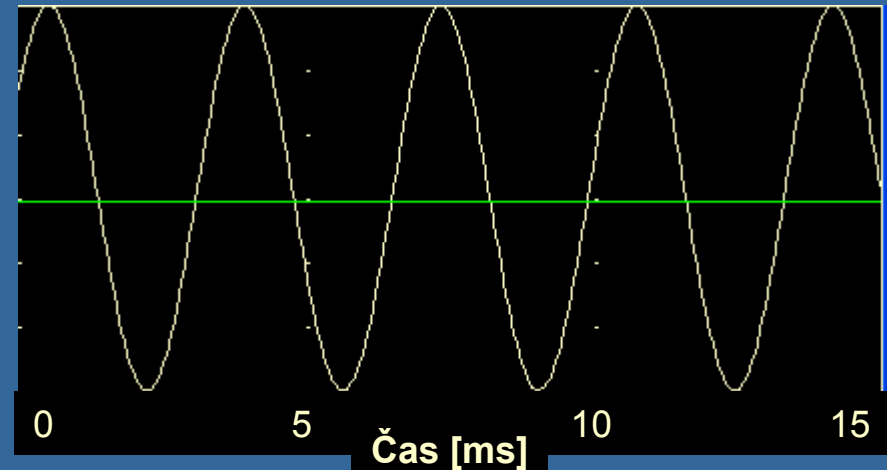
D.G. Miller

TÓNY

Mají periodický průběh vln. Dělí se na:

1) Čisté tóny - sinusový průběh v čase. Nejjednodušší tóny. V přírodě se běžně nevyskytují. Jsou plně charakterizovány frekvencí f [Hz] a amplitudou.

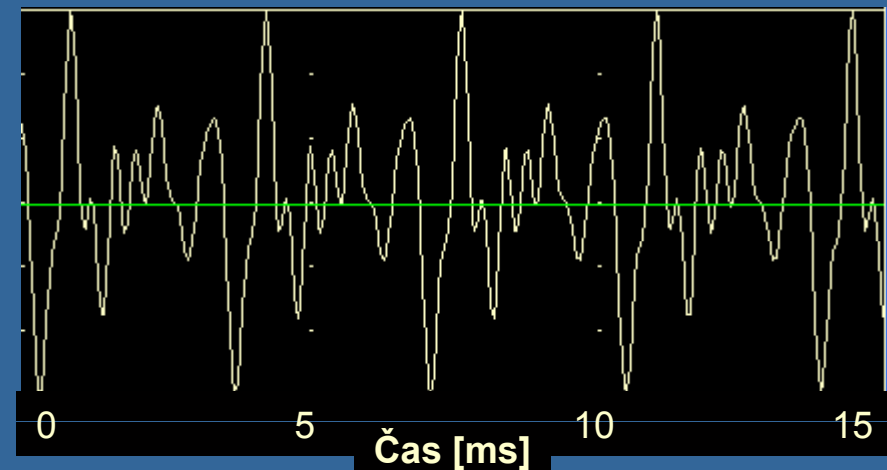
Spektrum čistých tónů vykazuje zesílení pouze na jedné frekvenci (viz dále).



2) Složené tóny - zvuky, ve kterém je tvar zvukové vlny periodický ale není sinusový.

Spektrum složených tónů je harmonické: skládá se ze základní frekvence a jejích celočíselných násobků (tzv. svrchních harmonických či alikvotních tónů) – (viz dále).

Svrchní harmonické tóny zodpovídají za barvu zvuku. Barva zvuku umožňuje od sebe odlišit dva různé tóny na stejné frekvenci (klavír, cimbál, kytara, trubka, dva různé hlasy, atd.)



K. Sedláček. Základy audiologie, Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1956.

DEMONSTRACE

čisté a složené tóny

VOCE VISTA

(www.vocevista.com)



D.G. Miller

FREKVENČNÍ SPEKTRUM ZVUKU

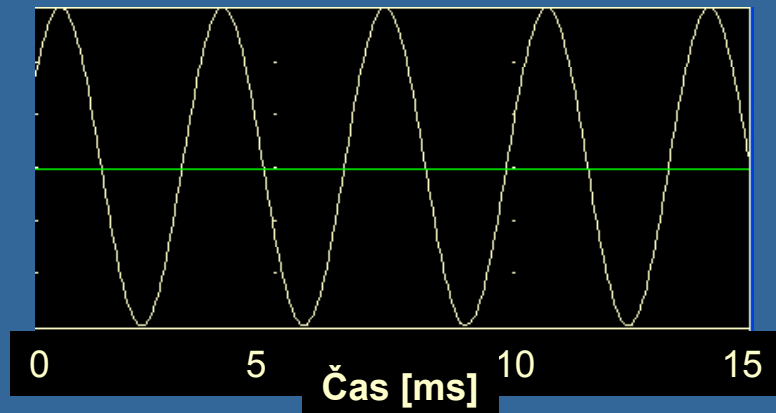
UCHO FUNGUJE JAKO FREKVENČNÍ ANALYZÁTOR

Průběh změn tlaku vzduchu při hlasu lze alternativně zobrazit
ve formě frekvenčního spektra

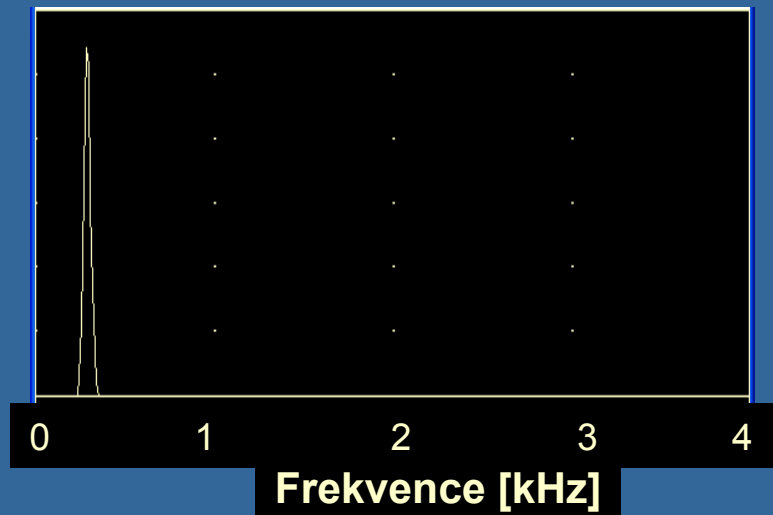
TÓNY

1) Čisté tóny

Časový průběh - sinusoida.

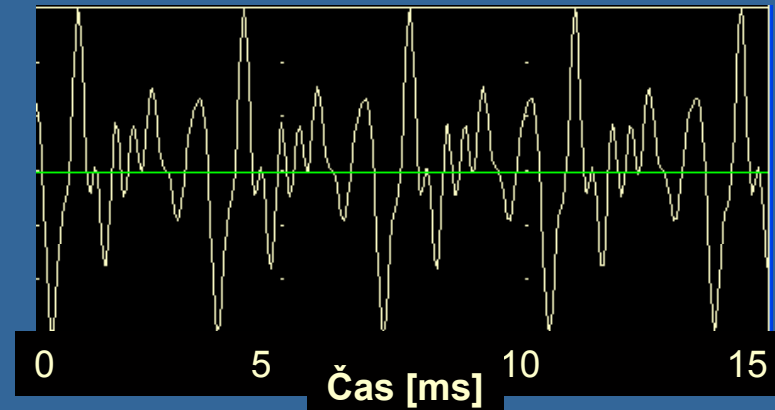


Spektrum - zesílení pouze na jedné frekvenci.

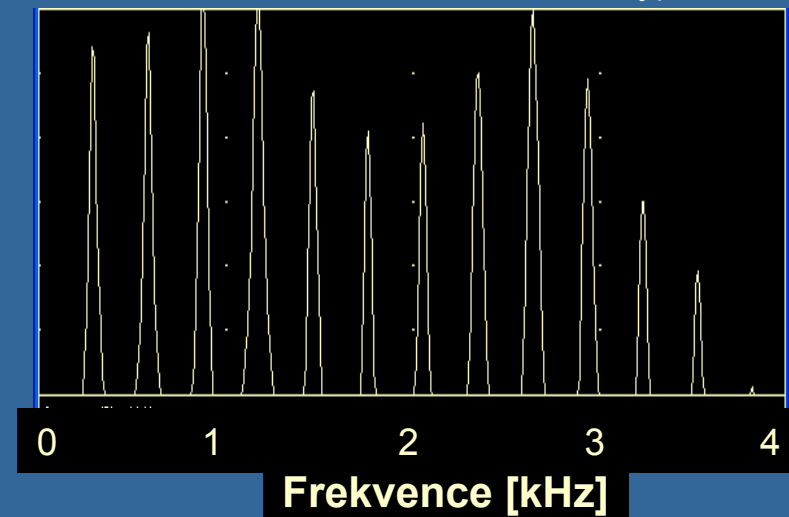


2) Složené tóny

Časový průběh - periodický, nesinusový.



Spektrum - harmonické: základní frekvence + její celočíselné násobky (tzv. svrchní harmonické nebo alikvotní tóny).



DEMONSTRACE frekvenční spektrum čisté a složené tóny

VOCE VISTA

(www.vocevista.com)

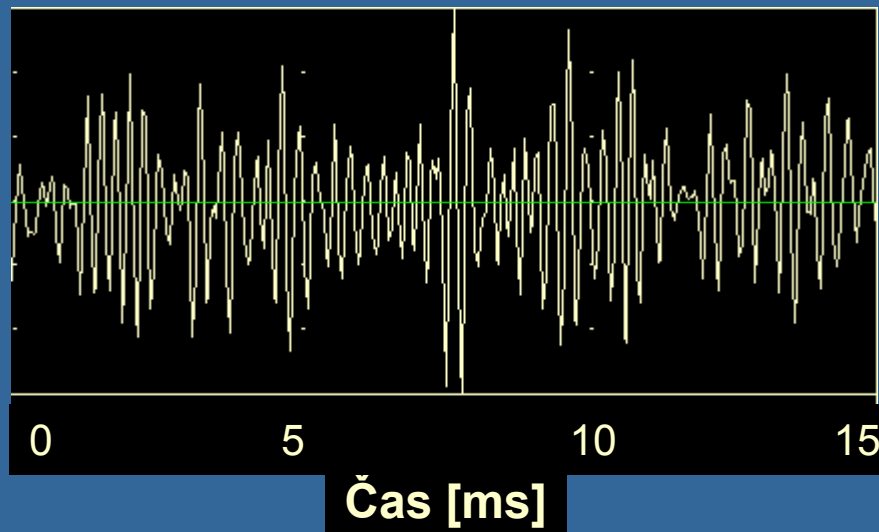


D.G. Miller

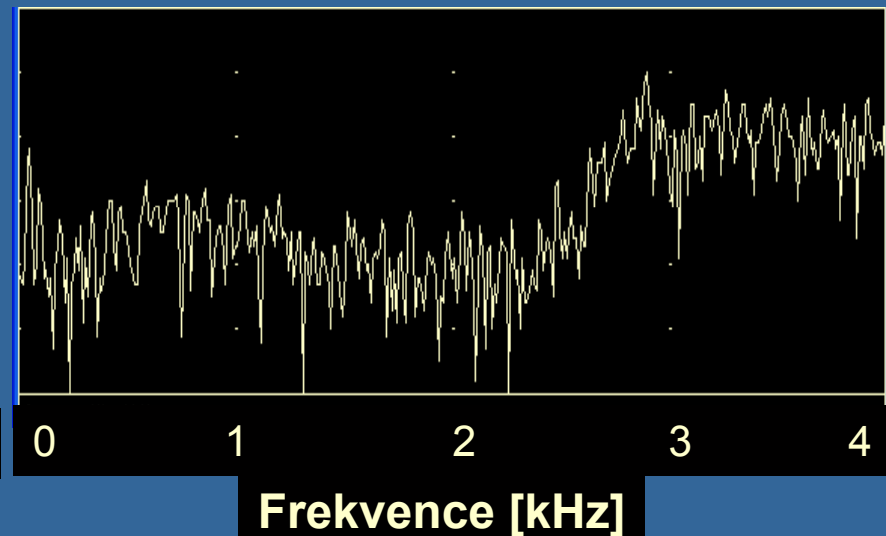
ŠUMY

Šumy jsou složené zvuky, které jsou neperiodické. Jejich spektrum je neharmonické, může být spojité.

Časový průběh - nepravidelný



Spektrum - zesílení pásem frekvencí



DEMONSTRACE frekvenční spektrum šumy

VOCE VISTA

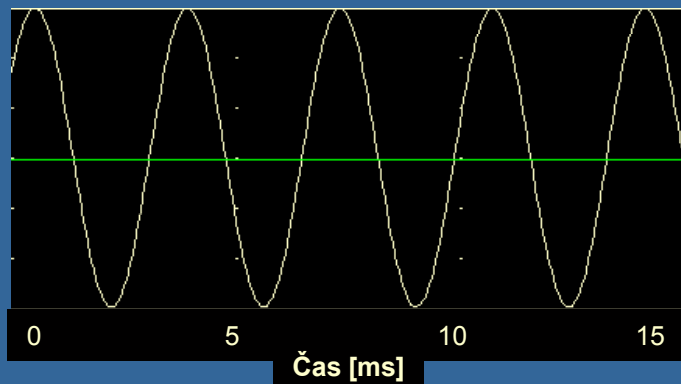
(www.vocevista.com)



D.G. Miller

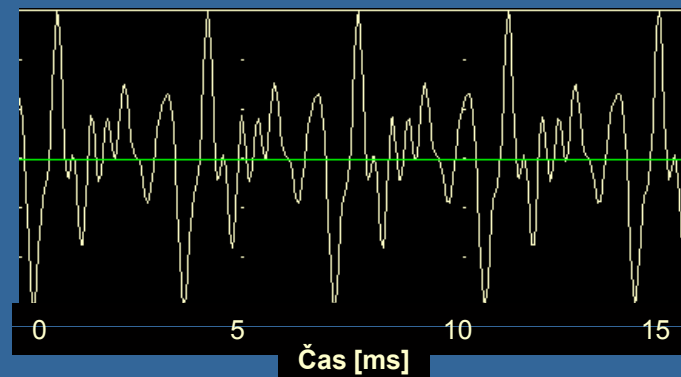
DRUHY ZVUKŮ

Časový průběh

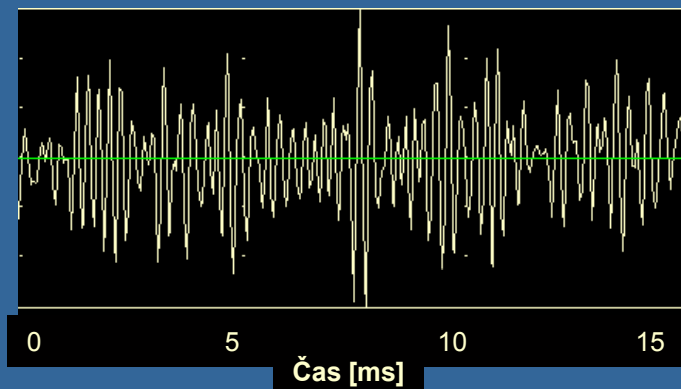
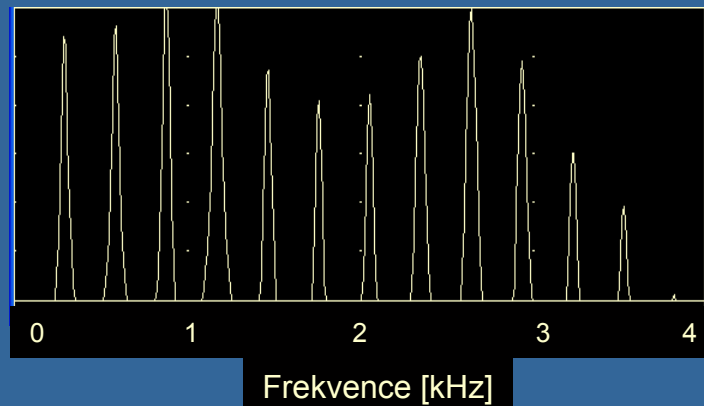


A1) Čisté tóny

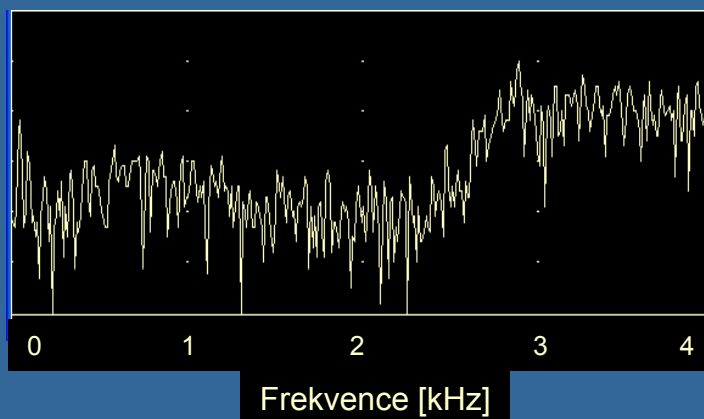
Spektrum



A2) Složené tóny



B) Šumy

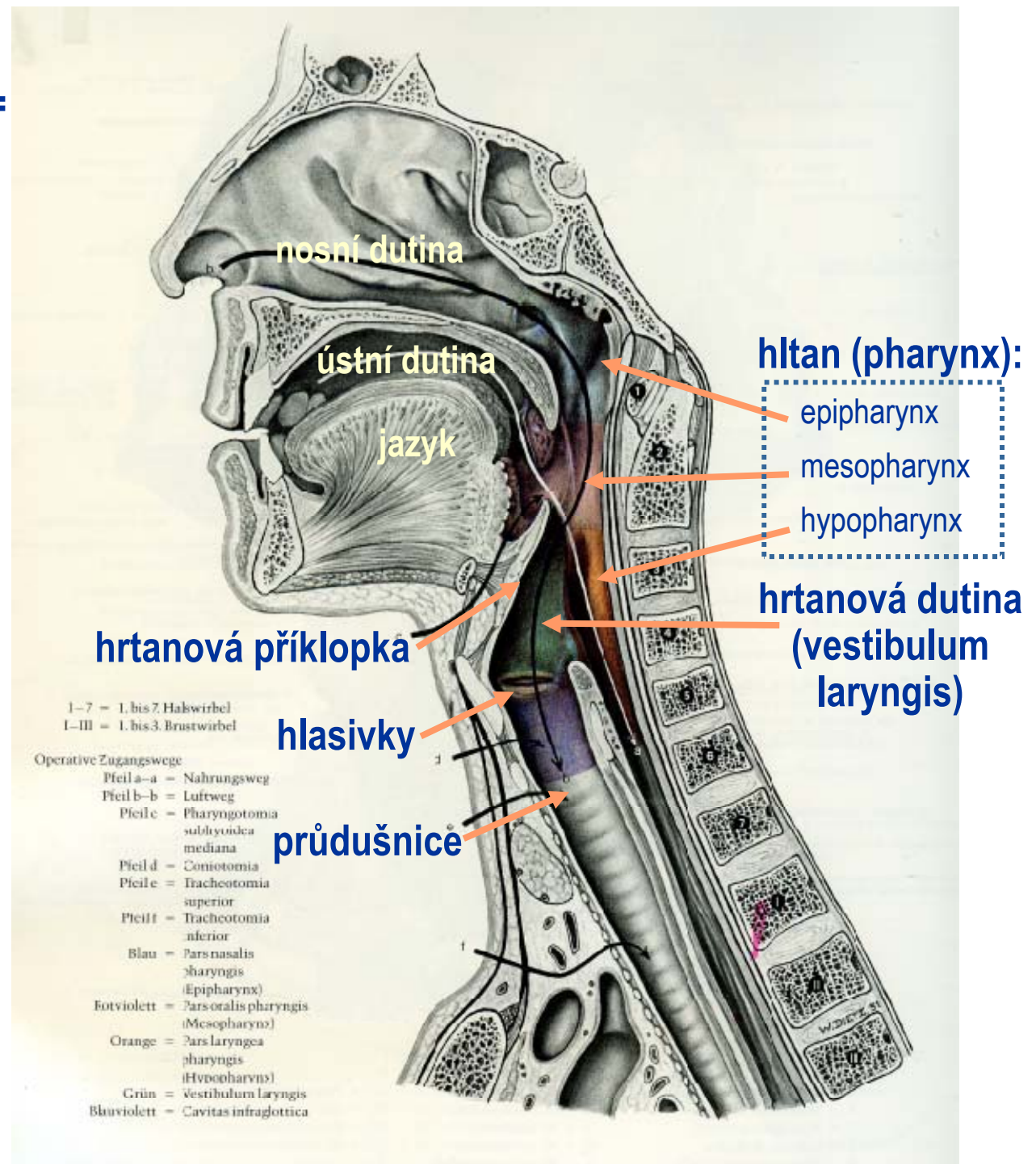


KDE VZNIKÁ HLAS?

Produkce lidského hlasu =
fonace

ANATOMIE DÝCHACÍCH CEST

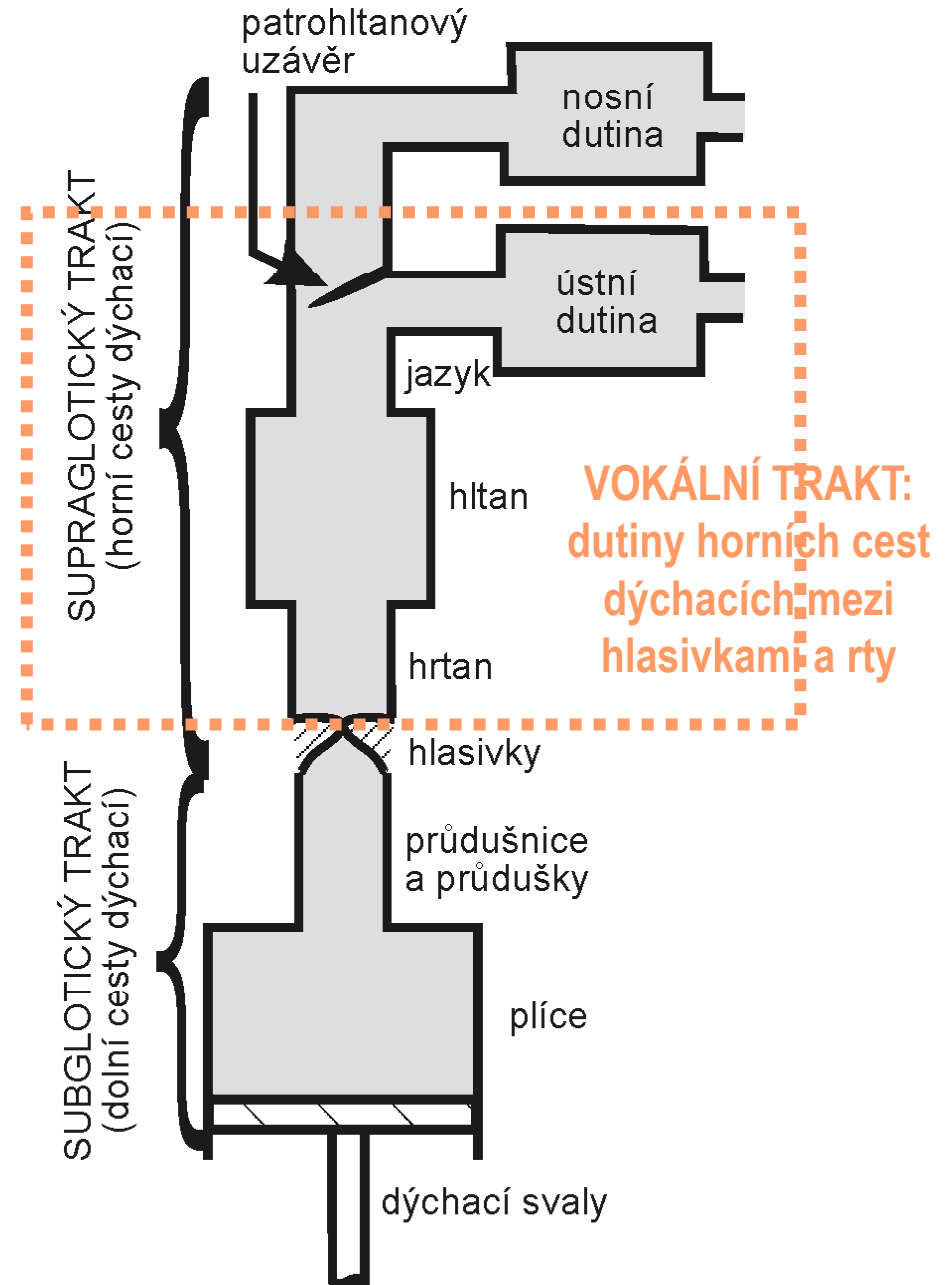
Pernkopf (1956)



Glottis = hlasivková štěrbina
Supra = nad
Sub = pod
Subglottický = podhlasivkový
Supraglottický = nadhlasivkový

FYZIKÁLNĚ- AKUSTICKÉ SCHÉMA HLASOVÉHO SYSTÉMU

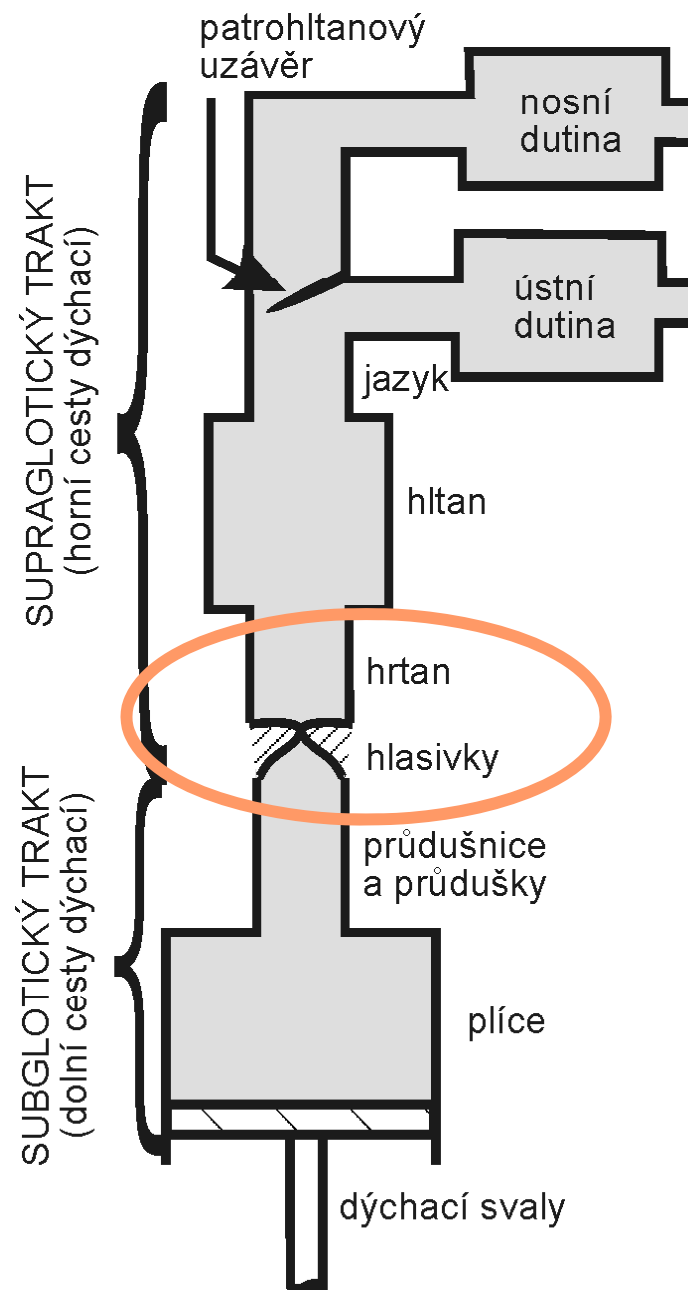
Flanagan (1965)



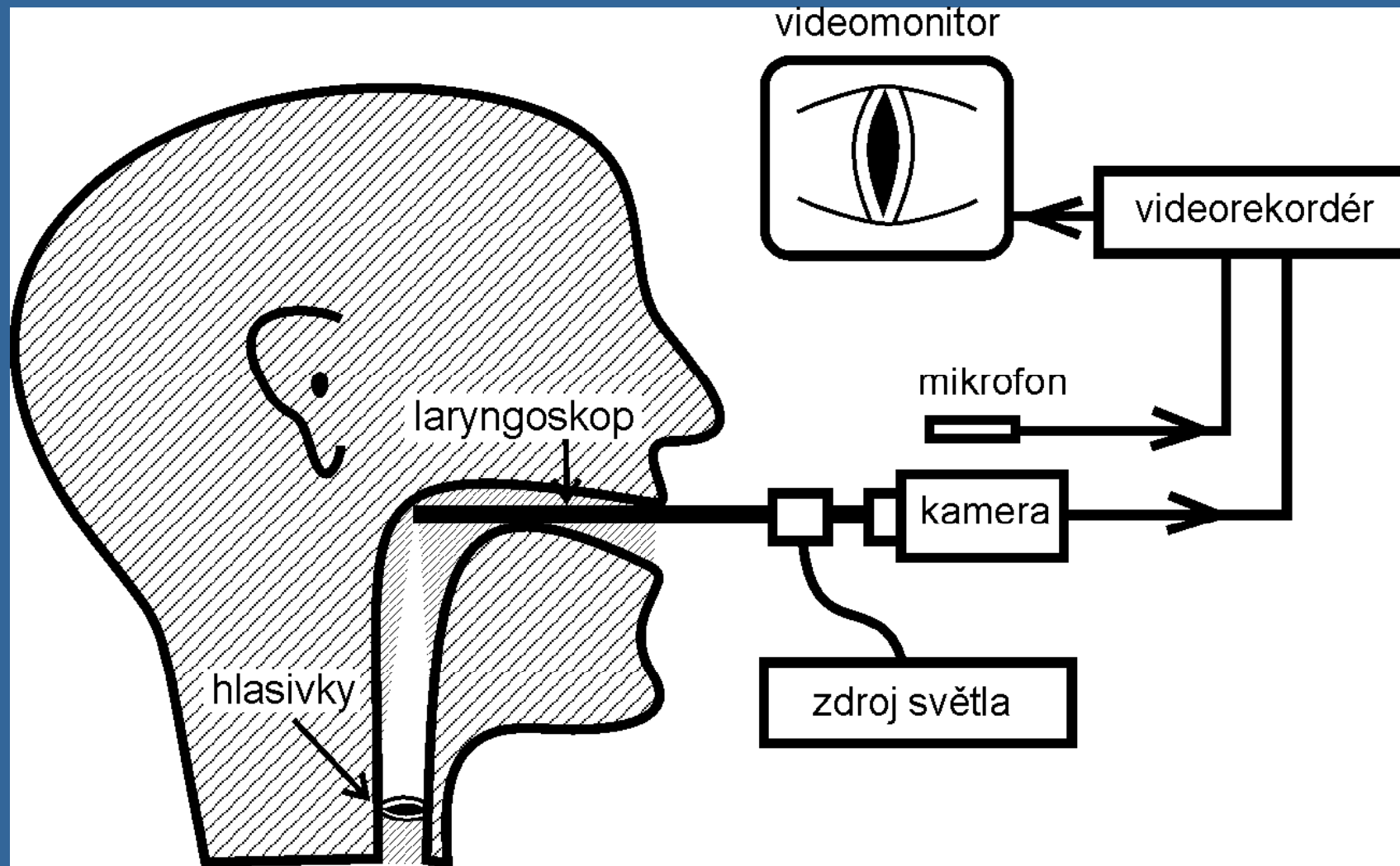
Glottis = hlasivková štěrbina
Supra = nad
Sub = pod
Subglottický = podhlasivkový
Supraglottický = nadhlasivkový

FYZIKÁLNĚ- AKUSTICKÉ SCHÉMA HLASOVÉHO SYSTÉMU

Flanagan (1965)



Laryngoskopie - vizualizace vnitřního hrtanu



Vizualizace vnitřního hrtanu: laryngoskopie



DEMONSTRACE laryngoskopie



Fonace a nádech

Recording made by the National
Center for Voice and Speech,
Denver, CO, USA

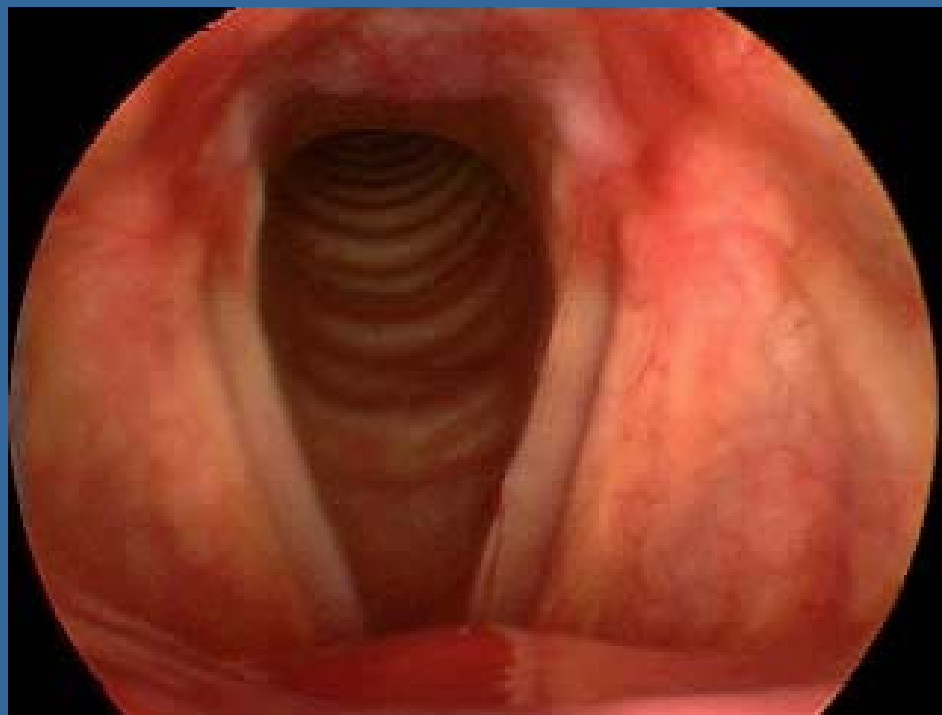
DEMONSTRACE laryngoskopie



Polykání

http://www.youtube.com/watch?v=xu_YYOAIZEw

DEMONSTRACE laryngoskopie



Změna výšky hlasu

Recording made by the National
Center for Voice and Speech,
Denver, CO, USA

cca 1960



TVORBA HLASU: TEORIE ZDROJE A FILTRU

Gunnar Fant, Švédsko (1960)

2005



Gunnar M. Fant. *Acoustic theory of speech production*, the Hague: Mouton, 1960.

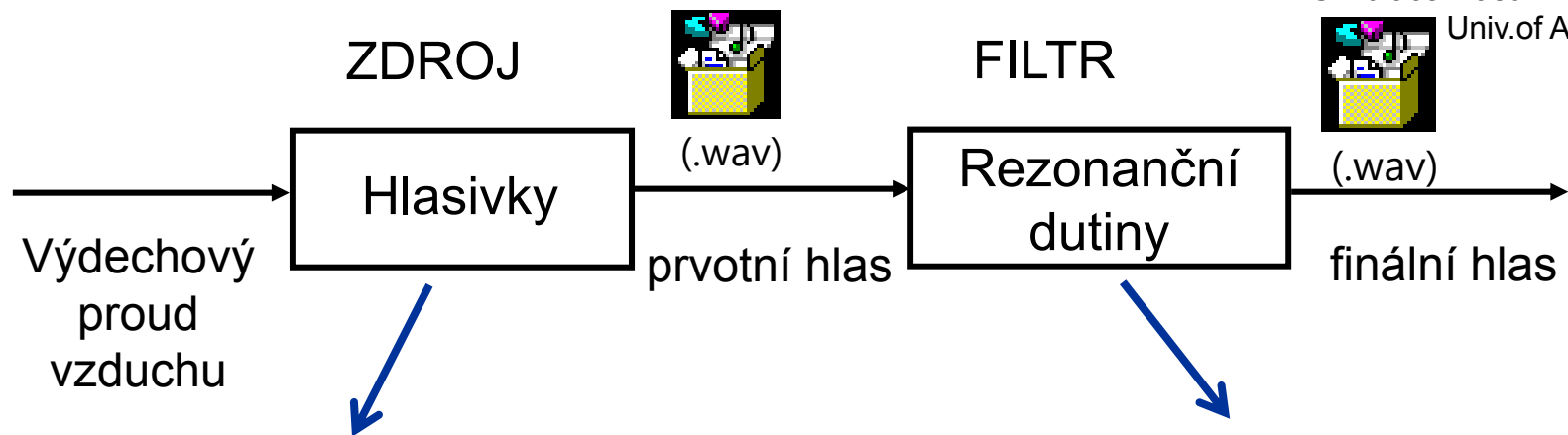
Hlas – zvuk tvořený vlivem kmitání hlasivek, který je dále upraven rezonancemi v dutinách vokálního traktu

TEORIE ZDROJE A FILTRU

TEORIE ZDROJE A FILTRU



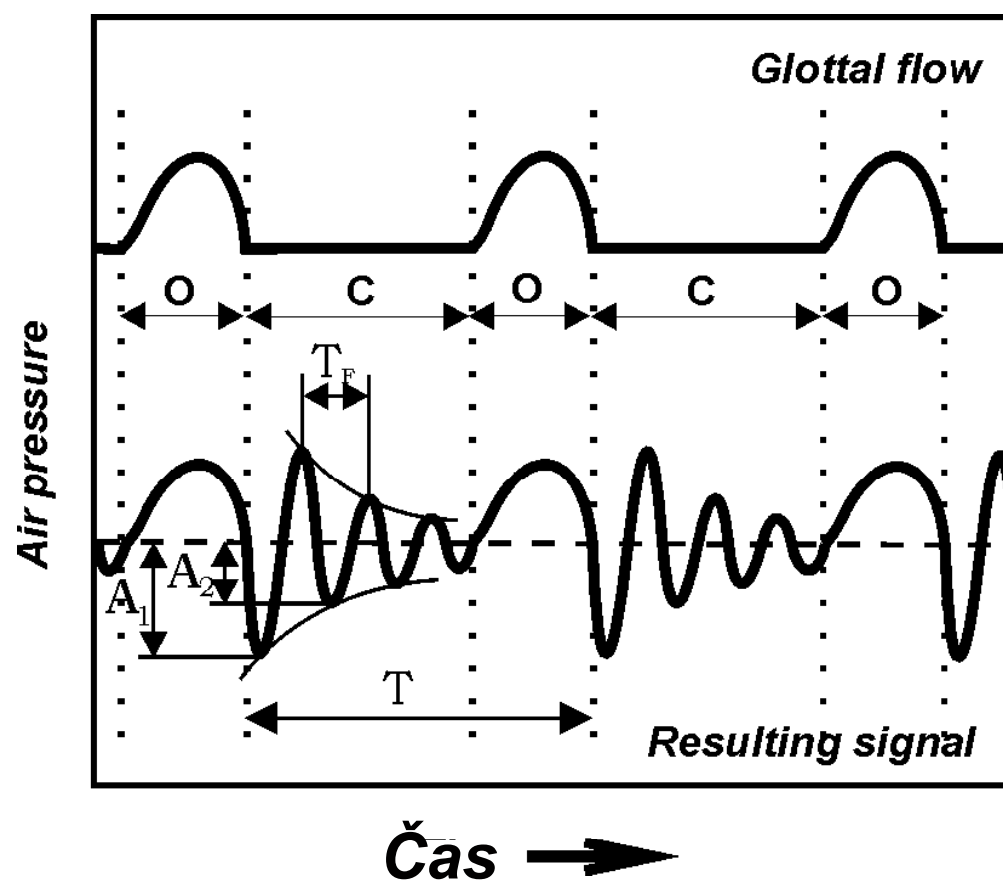
Simulace hlasu: Brad H. Story,
Univ. of Arizona, USA



- Frekvence (výška tónu)
- Základní intenzita (hlasitost)
- Délka fonace
- Primární kvalita hlasu (dyšnost, hrubost, chraplavost,...)
- Primární barva hlasu

- Samohlásky + souhlásky
- Konečná intenzita (hlasitost)
- Konečná kvalita hlasu (konečná barva, „rezonance“, pěvecký formant,...)

Dva stupně tvoření lidského hlasu (teorie zdroje a filtru)



Prvotní signál

*Finální signál =
prvotní signál
upravený vlivem
rezonancí v
dutinách
vokálního traktu*

DEMONSTRACE hlas výška tónu (hlasivky) a samohlásky (dutiny)

VOCE VISTA

(www.vocevista.com)



D.G. Miller

FREKVENČNÍ SPEKTRUM HLASU A ŘEČI

UCHO FUNGUJE JAKO FREKVENČNÍ ANALYZÁTOR

Průběh změn tlaku vzduchu při hlasu lze alternativně zobrazit
ve formě frekvenčního spektra

DEMONSTRACE frekvenční spektrum hlasu

VOCE VISTA

(www.vocevista.com)



D.G. Miller

Frekvenční spektrum hlasu

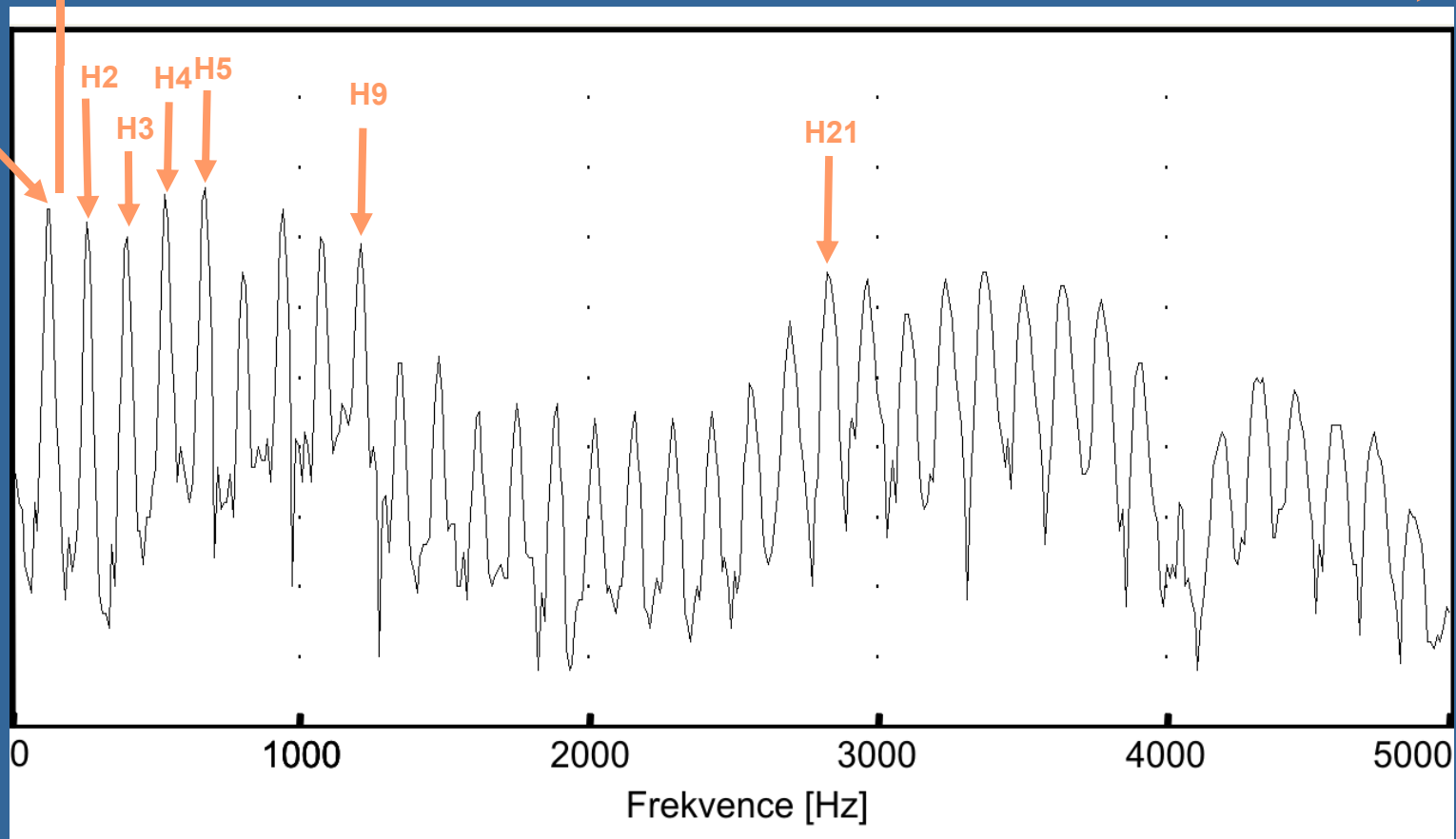
Určuje výšku tónu

Základní frekvence (F_0)
= první harmonická (H_1)

Určují barvu tónu

Vyšší harmonické (aliquotní tóny - $H_2, H_3, H_4, \dots$)

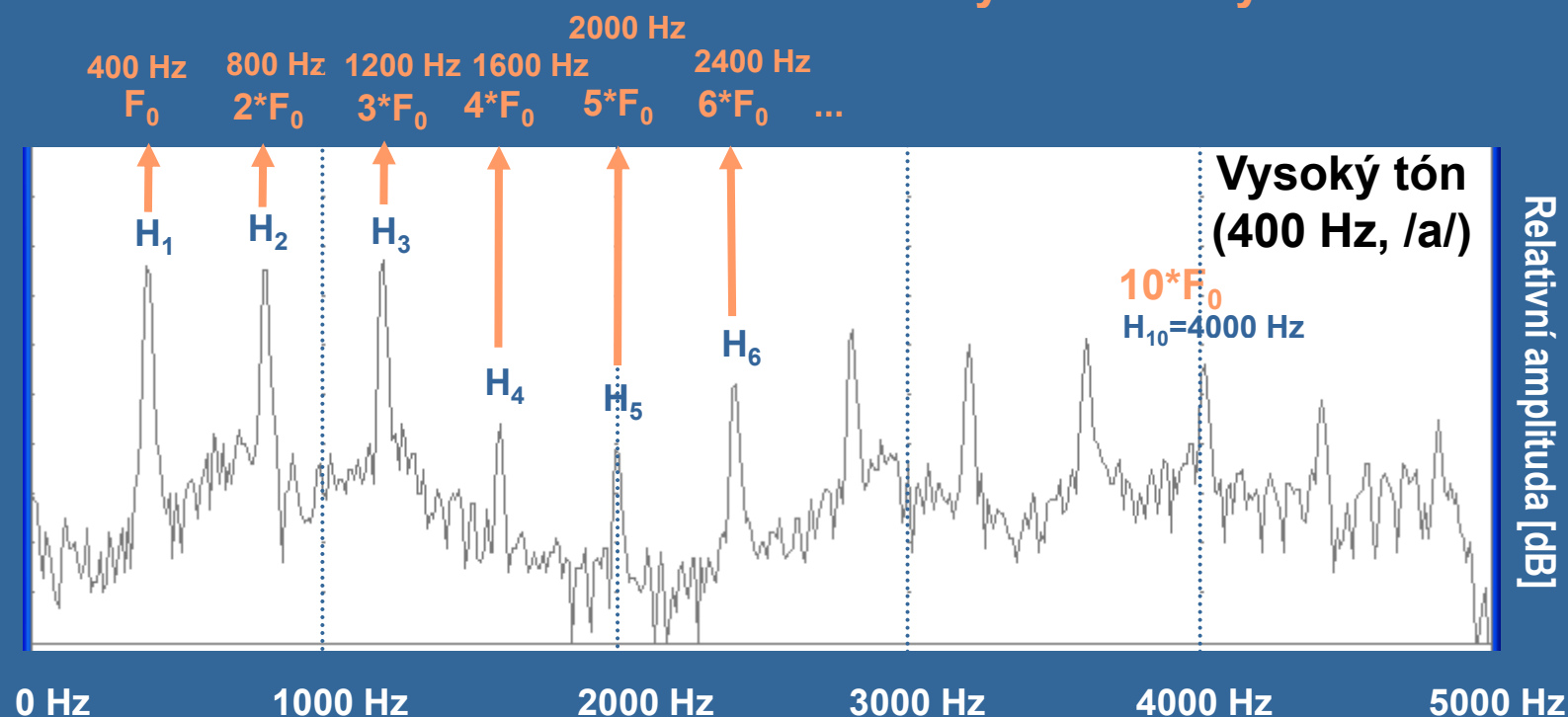
$F_0 = H_1$



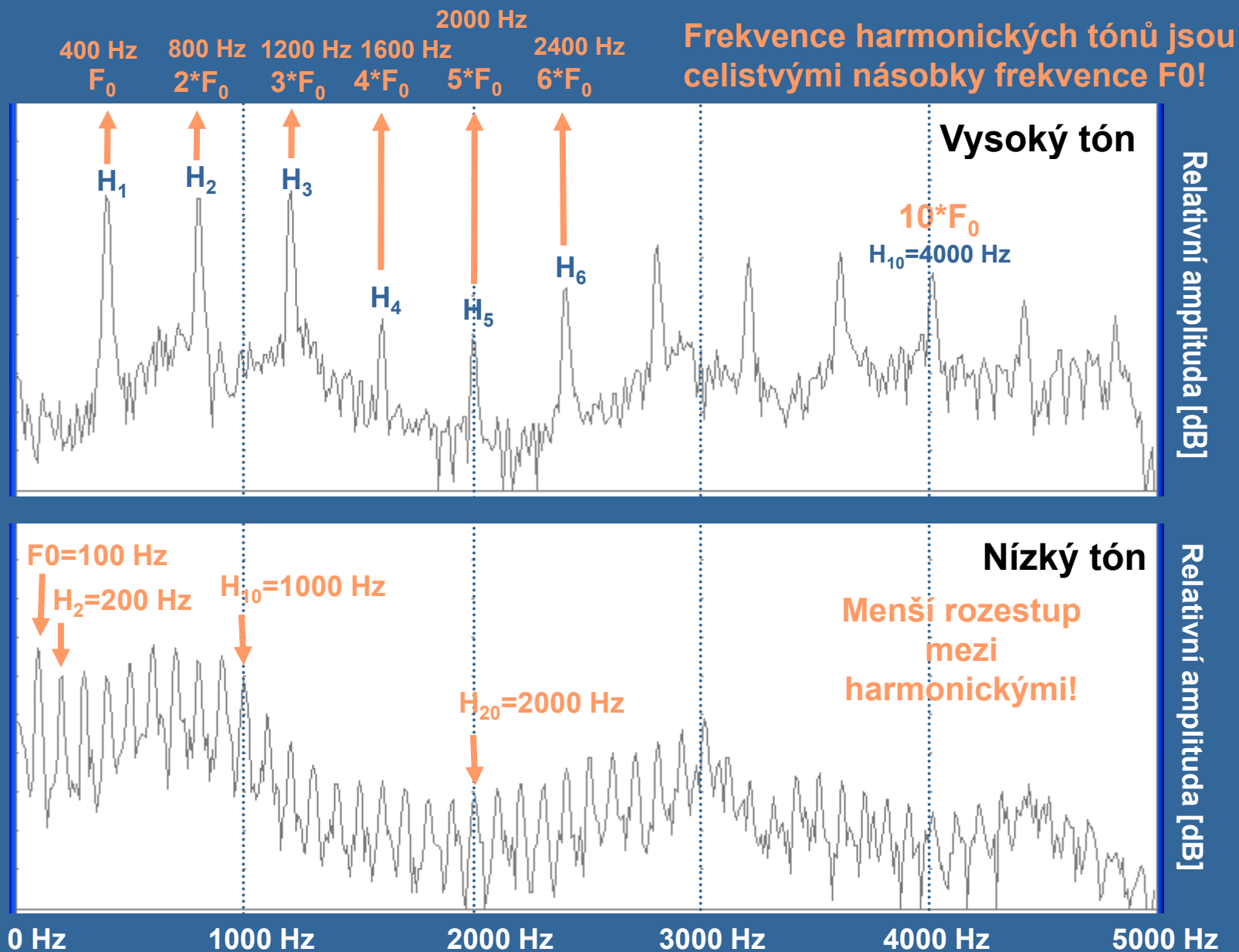
Relativní amplituda [dB]

Frekvenční spektrum hlasu: harmonické frekvence

Frekvence harmonických tónů jsou celistvými násobky frekvence F_0 !

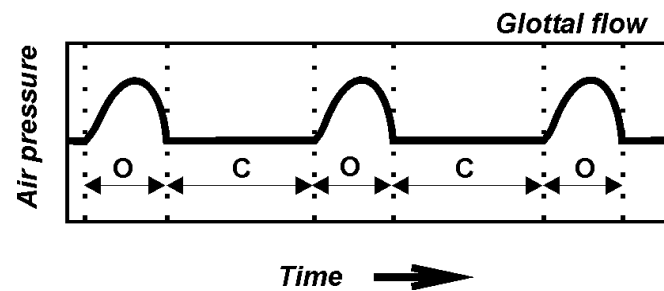


Frekvenční spektrum hlasu: různá výška tónu

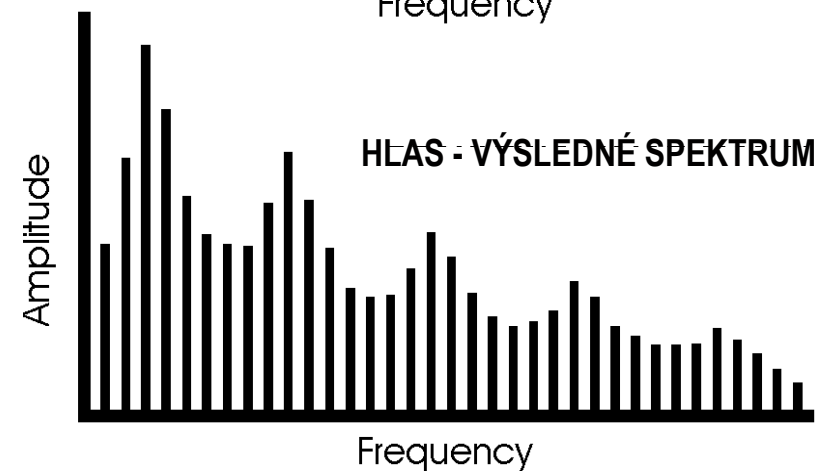
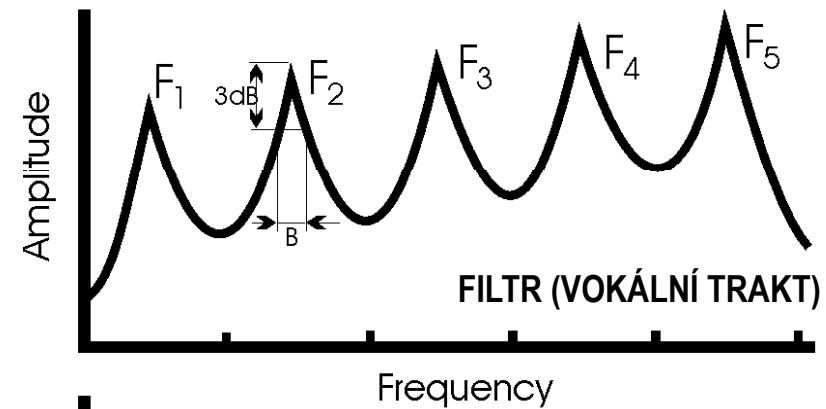
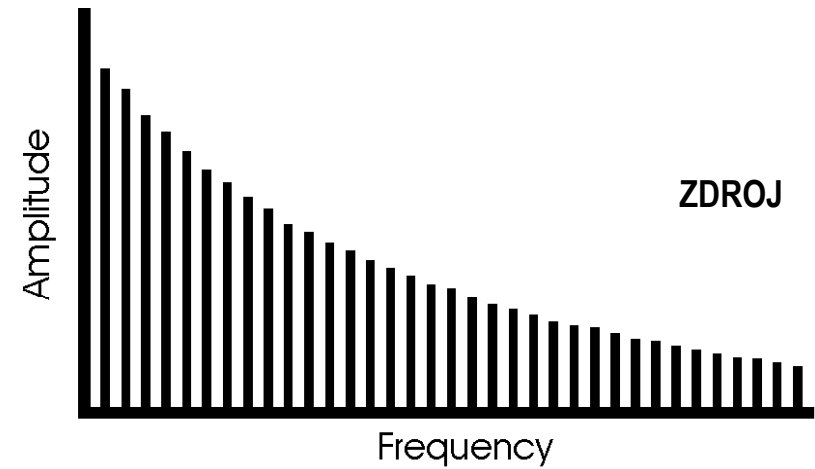
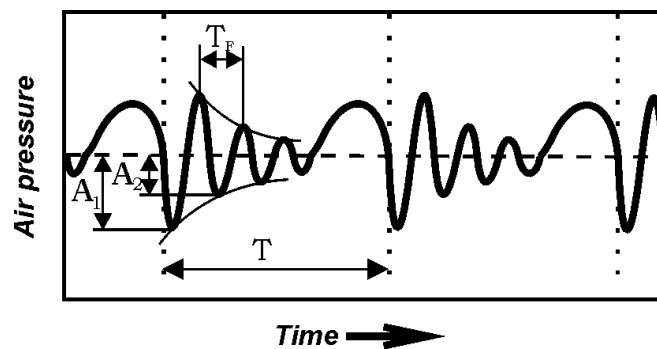


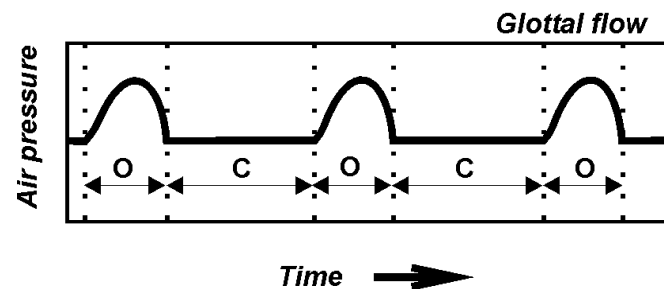
JAK VZNIKÁ FREKVENČNÍ SPEKTRUM HLASU?

TEORIE ZDROJE A FILTRU

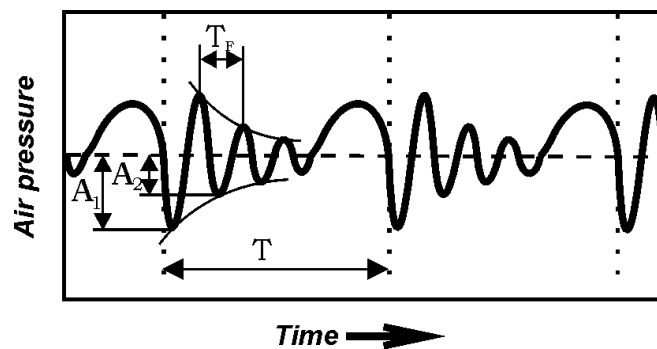


TEORIE ZDROJE A FILTRU

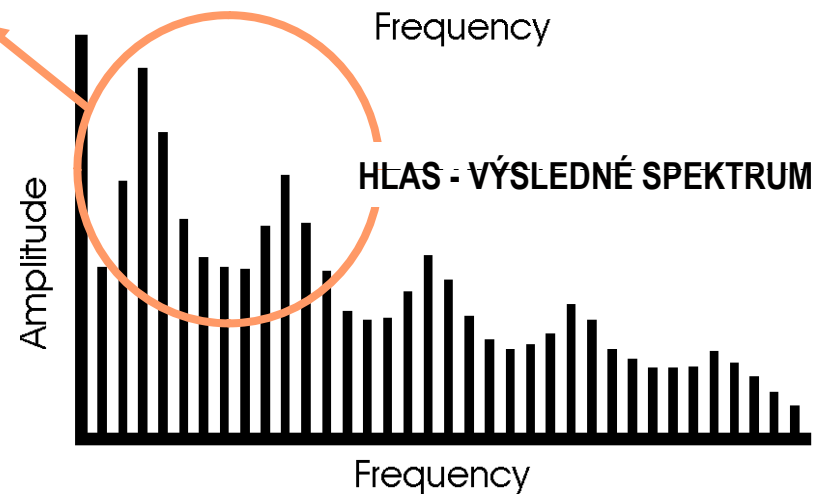
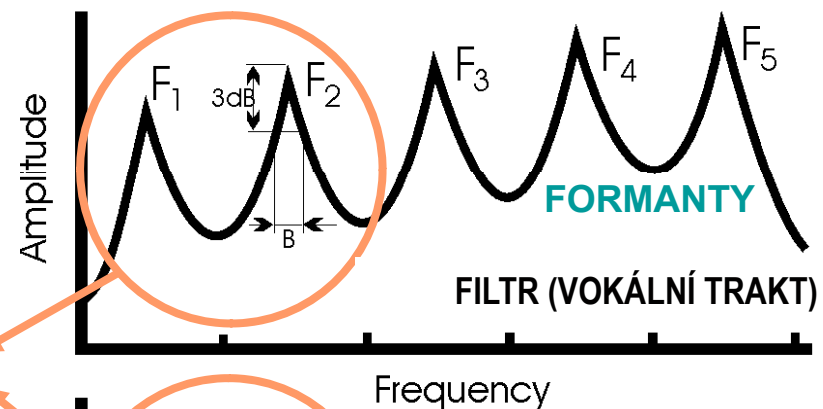
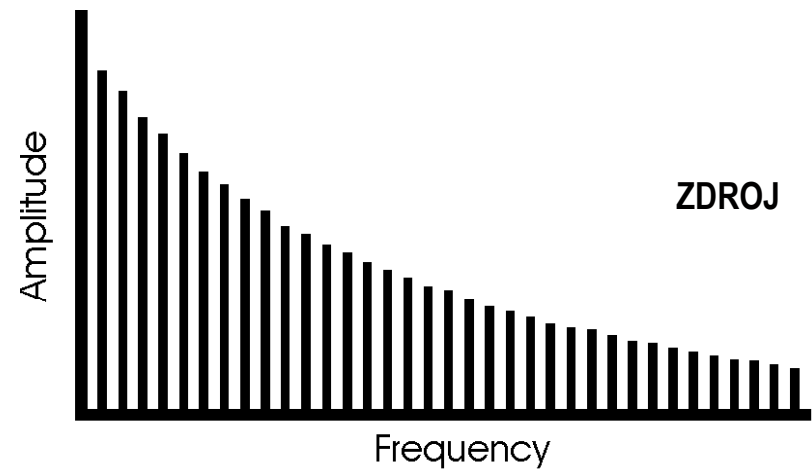




TEORIE ZDROJE A FILTRU



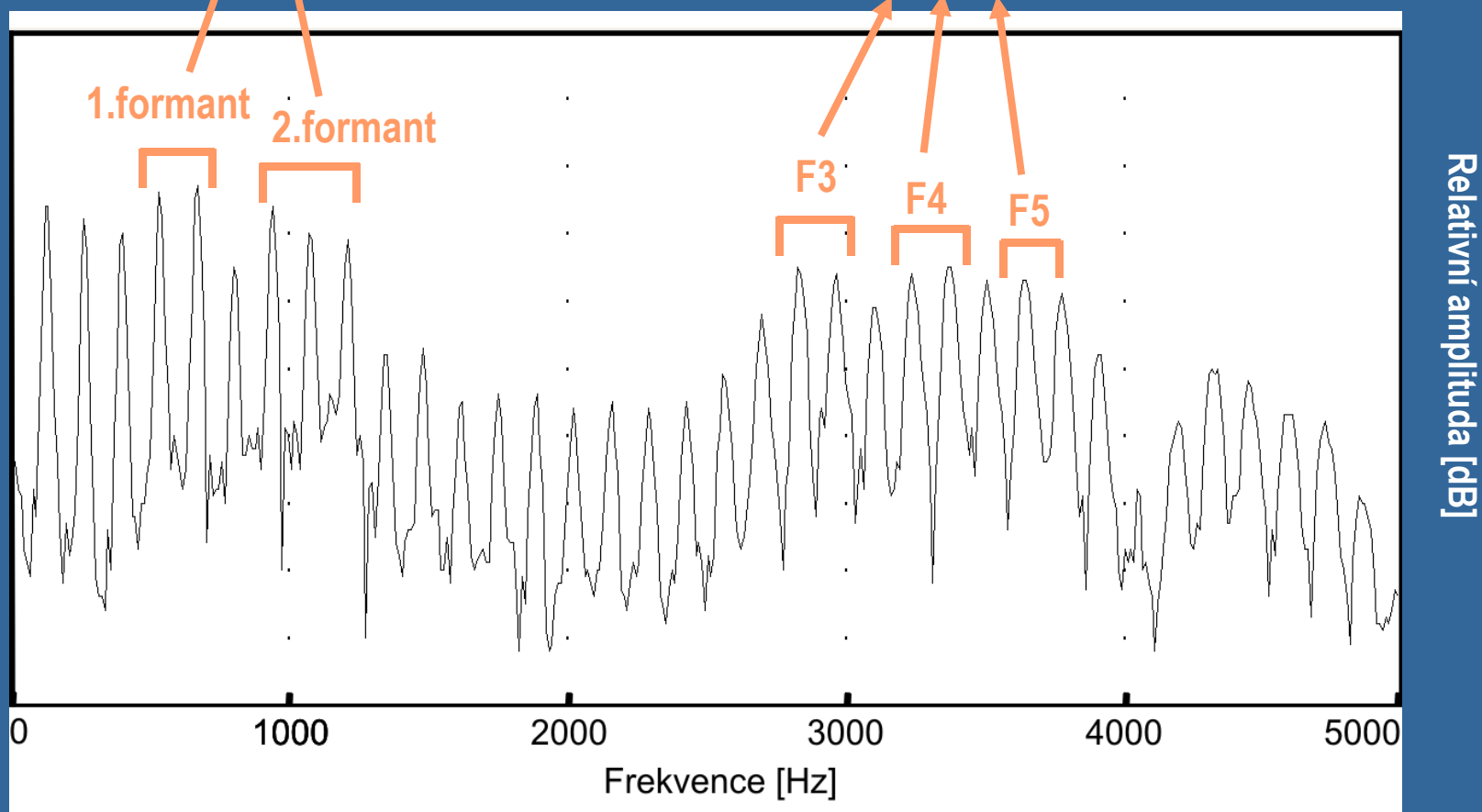
SAMO-
HLÁSKY



Frekvenční spektrum hlasu - formanty

Určují
samohlásku

Vyšší formanty:
podílejí se na individuální
barvě hlasu



DEMONSTRACE

frekvenční spektrum hlasu – formanty a samohlásky

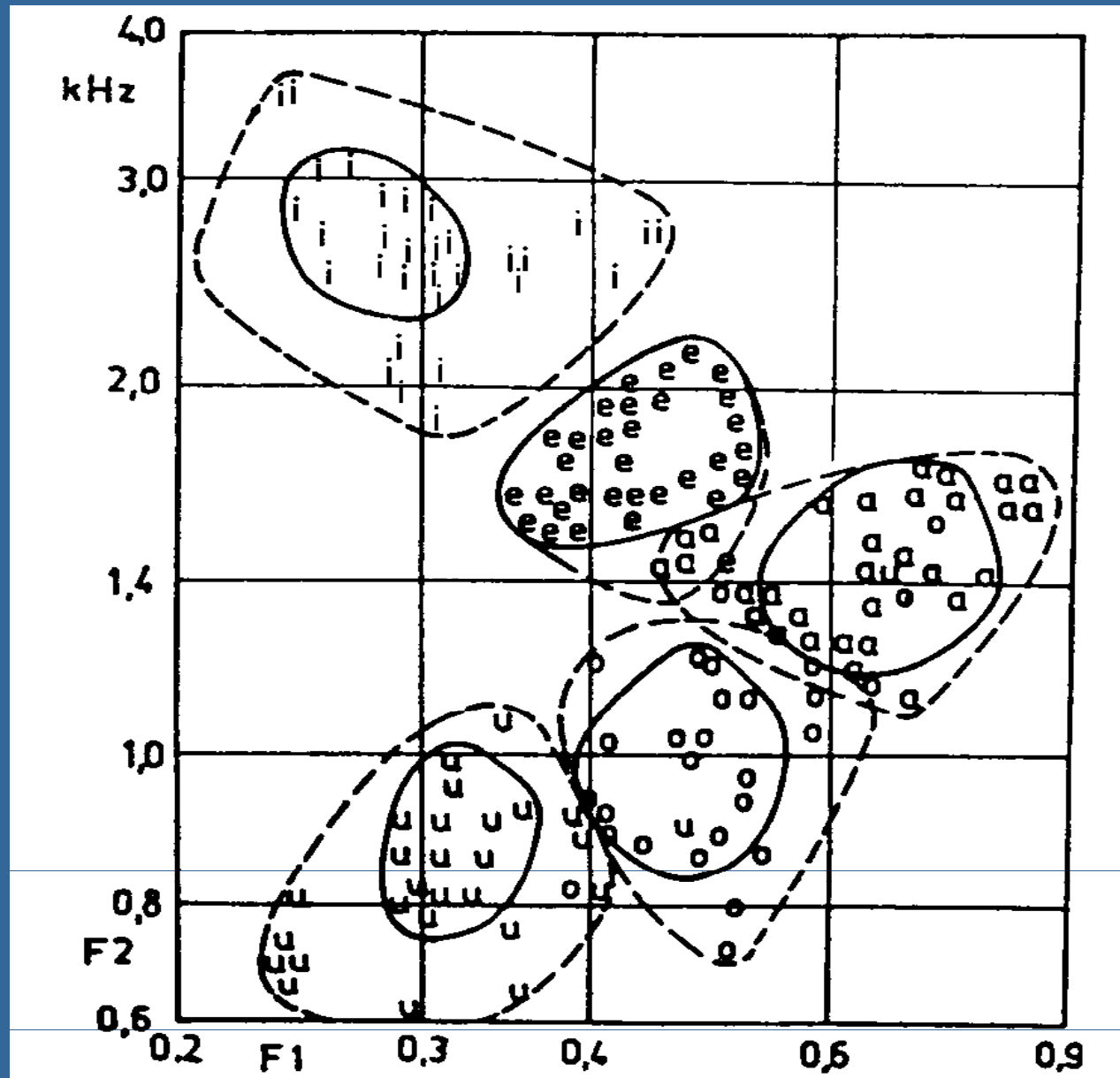
VOCE VISTA

(www.vocevista.com)



D.G. Miller

**Formantový
graf:
1. a 2. formant
u českých
samohlásek**



Merhaut (1972)

THE JOURNAL OF
THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA

VOLUME 24, NUMBER 2

MARCH, 1952

1. a 2. FORMANT U ANGLICKÝCH SAMOHLÁSEK

Angličtina používá více
samohlásek než čeština.

Control Methods Used in a Study of the Vowels

GORDON E. PETERSON AND HAROLD L. BARNEY
Bell Telephone Laboratories, Inc., Murray Hill, New Jersey

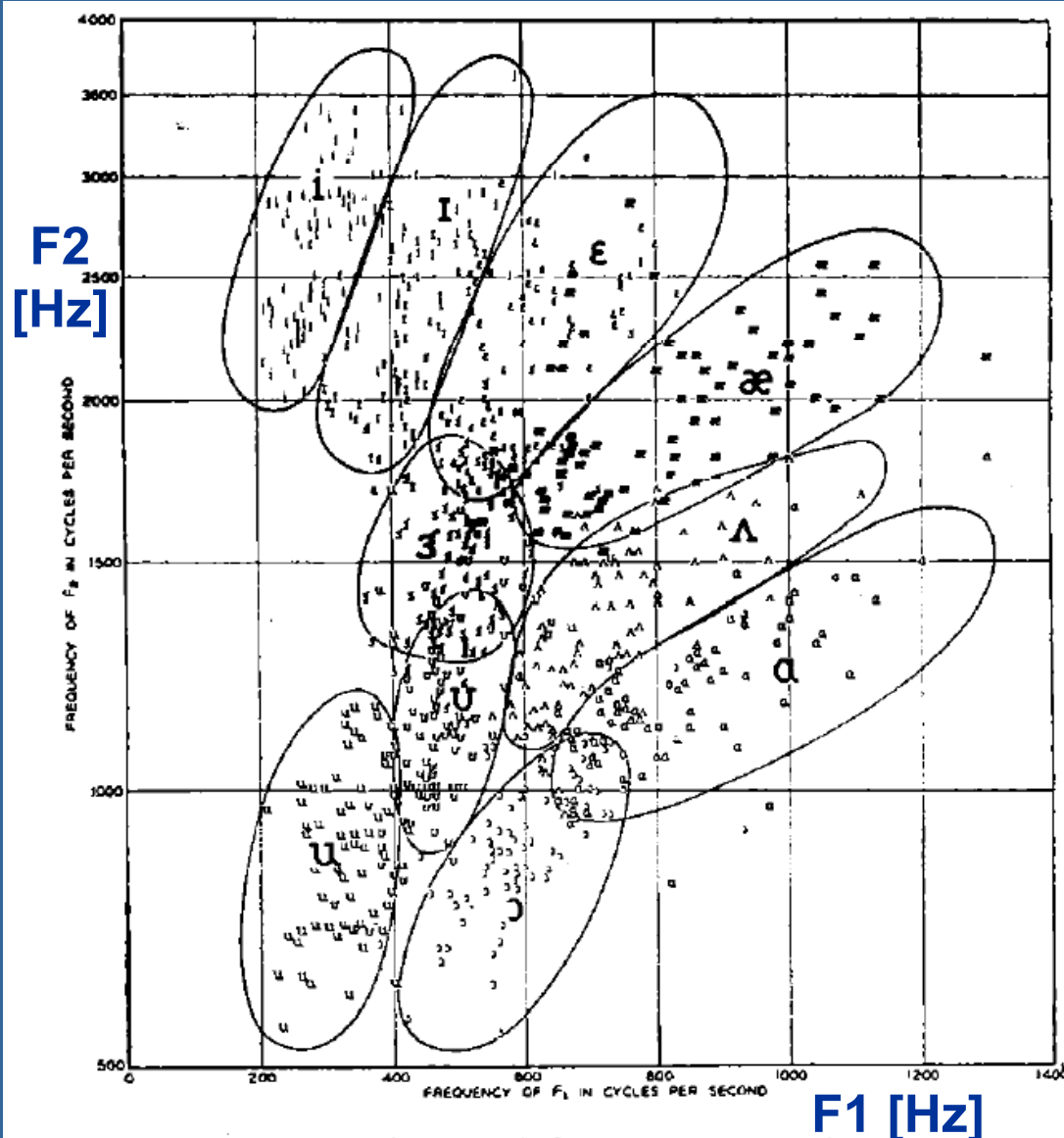
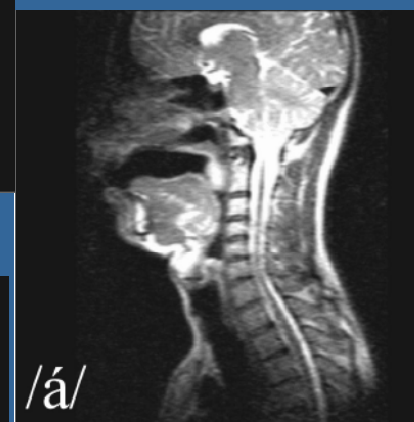
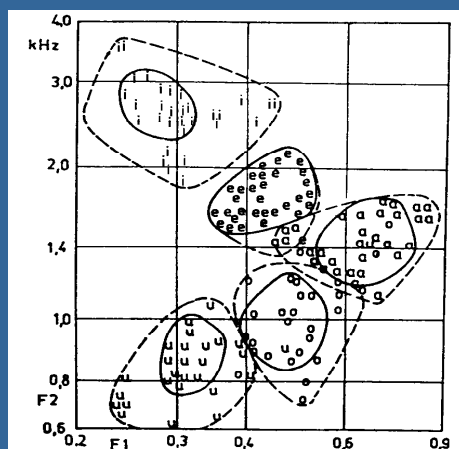


FIG. 8. Frequency of second formant *versus* frequency of first formant for ten vowels by 76 speakers.

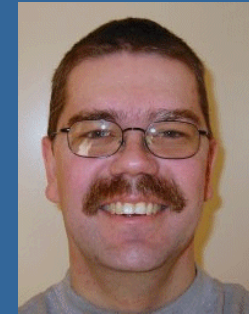
TVAR VOKÁLNÍHO TRAKTU U ČESKÝCH SAMOHLÁSEK

Obrázky z magnetické rezonance - Dedouch, Švec, Horáček, Kršek, Havlík & Vokřál (2003)



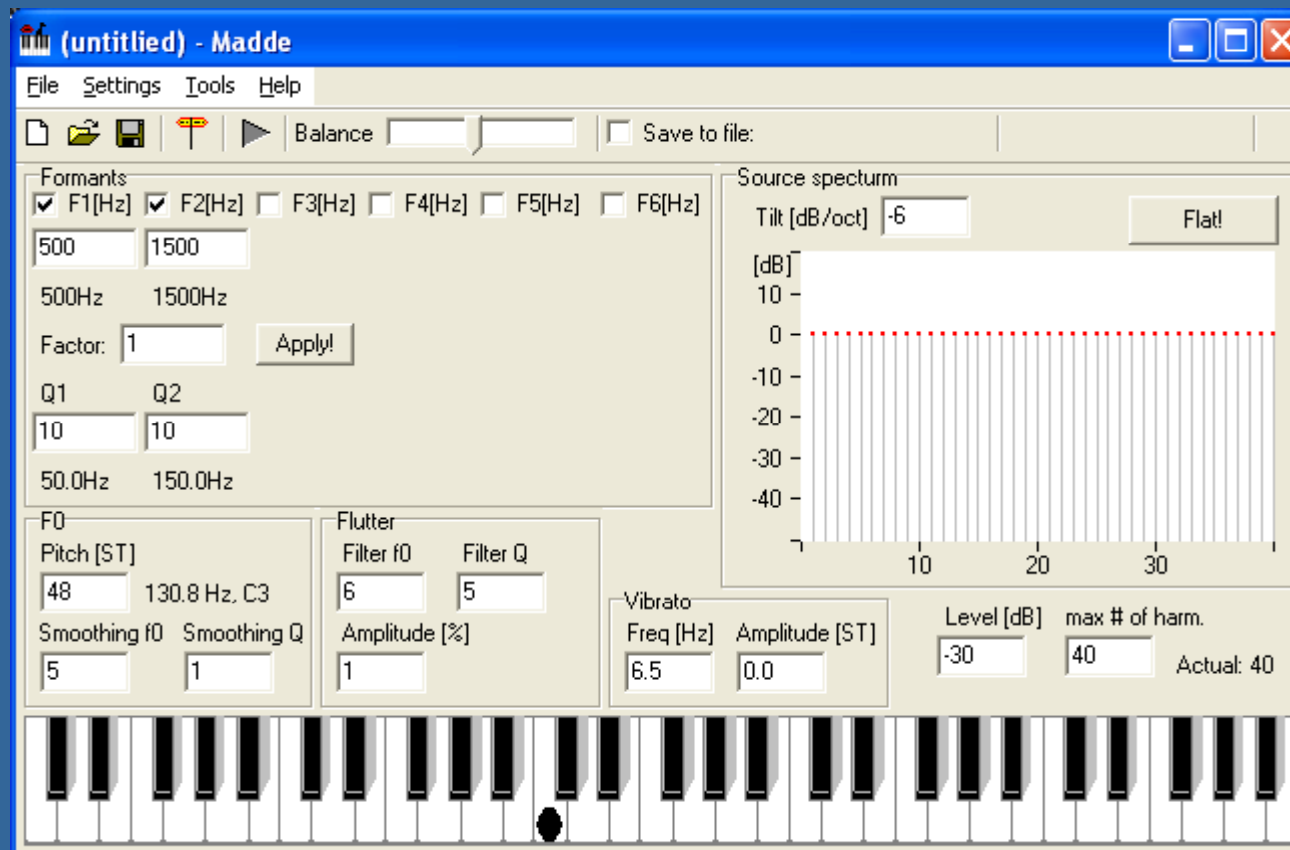
DEMONSTRACE

Akustická syntéza hlasu



Program Madde (S.Granqvist, KTH Stockholm, 2005)

S. Granqvist



Run Madde

Run
Real Time
Spectrum

<http://www.speech.kth.se/music/downloads/smptool/>

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra experimentální fyziky

Více informací (stručná učebnice)

Mgr. Jan Švec

STUDIUM MECHANICKO-AKUSTICKÝCH VLASTNOSTÍ ZDROJE LIDSKÉHO HLASU

<http://sites.google.com/site/jangsvec/publications>

Dizertační práce

Děkuji za pozornost