

**Jihočeská Universita
pedagogická fakulta
katedra fyziky**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

(Audiometrie a tvorba počítačového audiometru)

Autor: Ondřej Novák

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Šerý

Datum odevzdání: 30.11. 2005

Knihovna JU - PF



3 1 1 5 1 7 1 6 9 8

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu jsem uvedl v seznamu použité literatury.

V Košíně 27.11. 2005

Ondřej Novák



Děkuji všem, kteří mi s diplomovou prací pomáhali, poskytli své zkušenosti a prostor pro moji práci. Především Ing. Michalu Šerému.

Obsah:

1. Úvod	8
2. Audiometrie	9
2.1. Základní pojmy akustiky	9
2.1.1. Frekvence a intenzita	10
2.1.1.1. Frekvence	10
2.1.1.2. Intenzita	11
2.2. Fyziologická akustika	13
2.2.1. Práh sluchu, práh nepříjemného slyšení a práh bolesti	13
2.2.1.1. Práh sluchu	13
2.2.1.2. Práh nepříjemného slyšení	13
2.2.1.3. Práh bolesti	14
2.2.1.4. Rozdíl mezi prahem absolutním a relativním	14
2.2.2. Sluchové pole	15
2.2.3. Hlasitost, směrové a prostorové slyšení	16
2.2.4. Přeslech v audiometrii	18
2.2.5. Maskování šumem	18
2.2.6. Vedení vzdušné, vedení kostní	20
2.3. Stavba a funkce sluchového orgánu	22
2.3.1. Anatomie sluchového orgánu	22
2.3.1.1.a) Zevní ucho	23
2.3.1.1.b) Střední ucho	23
2.3.1.1.c) Vnitřní ucho	24
2.3.1.2.a) Sluchové dráhy	25
2.3.1.2.b) Sluchové centrum	25
2.3.2. Funkce sluchového orgánu	26
2.3.2.1. Funkce zevního a středního ucha	26
2.3.2.2. Funkce vnitřního ucha, sluchového nervu a centrální části	27
2.3.3. Patofyziologie sluchu	28
2.3.3.1. Patofyziologie převodu	28

2.3.3.1.a) Středoušní odpor	28
2.3.3.1.b) Porušení kontinuity přenosu	28
2.3.3.1.c) Odstínění membrány kulatého okénka	28
2.3.3.1.d) Objem středoušní dutiny	29
2.3.3.2. Patofyziologie vnímání	29
2.3.3.2.a) Smyslové sluchové buňky	29
2.3.3.2.b) Nitroušní tekutiny	29
2.3.3.2.c) Nervový přenos vzruchu	29
2.4. Vyšetření sluchové funkce	30
2.4.1. Poruchy a vady sluchu	30
2.4.1.1. Typy sluchových vad a poruch	30
2.4.1.2. Příčiny poruch sluchu	31
2.4.1.2.a) Příčiny poruch sluchu převodního typu	32
2.4.1.2.b) Příčiny vad sluchu senzorineurálního typu	32
2.4.1.2.c) Příčiny smíšených vad sluchu	33
2.4.1.3. Příznaky poruch sluchu	33
2.4.2. Základní vyšetření	34
2.4.2.1. Klasická zkouška sluchová	34
2.4.2.1.a) klasická zkouška sluchová řečí	34
2.4.2.1.b) klasická zkouška sluchová ladičkou	34
2.4.3. Prahová audiometrie	35
2.4.3.1. Vyšetření sluchového prahu vzdušného vedení	36
2.4.3.2. Vyšetření sluchového prahu kostního vedení	36
2.4.4. Audiometrické hodnocení stavu sluchu	37
2.4.4.1. Komunikace	38
2.4.4.2. Sluchové zkoušky	38
2.4.4.3. Tónový audiogram	38
2.5. Technické prostředky k vyšetření sluchu	41
2.5.1. Přístroje k vyšetření sluchu	41
2.5.2. Audiogram	43

3. Základy MS Excelu a Visual Basic	44
3.1. MS Excel	44
3.1.1. Něco málo o buňkách	44
3.1.1.1. Odkazy na buňky	44
3.1.1.2. Kopírování odkazů	46
3.1.2. Operátory v programu MS Excel	48
3.1.2.1. Tabulkové funkce	48
3.1.2.2. Matematické funkce	49
3.1.2.3. Inženýrské funkce	49
3.1.2.4. Aritmetické funkce	50
3.1.3. Grafická prezentace dat v tabulce	50
3.1.3.1. Úprava grafů	53
3.1.3.2. Formát oblasti grafu	54
3.2. Visual Basic	56
3.2.1. Využití záznamu makra pro automatizaci opakujících se úloh	57
3.2.2. Práce s modulem	58
3.2.3. Práce s prvky v dialogu	60
3.2.4. Ladění maker	60
3.2.5. Použití formuláře pro ladění maker	60
4. Zvukový výstup počítače	64
4.1. Zvuková syntéza	64
4.1.1. Převod signálu na bity: Vzorkování	64
4.1.2. Syntéza FM	66
4.1.3. Tabulky vlnového průběhu	67
4.2. Charakteristika zvukových karet	67
4.3. Reproduktorové soustavy	68
5. Naprogramování vlastního audiometru	69
5.1. Návrh audiometru	69
5.2. Realizace audiometru	69
5.2.1. Příprava softwaru a hardwaru	69

5.2.2. Příprava sešitu MS Excel	70
5.2.3. Vyladění audiometru pro použití v praxi	75
6. Závěr	78
Seznam použité literatury	79

1. Úvod

Tématem této diplomové práce je „Audiometrie a tvorba počítačového audiometru“. Cílem této práce je přiblížení audiometrie běžnému čtenáři. Dále ukázání možností a funkcí programu MS Excel a jeho aplikací a v neposlední řadě možnost použití tohoto programu pro vytvoření měřicího přístroje, použitelného pro různé měření. Já jsem si zvolil tvorbu audiometru. Jelikož pro pochopení audiometrie potřebujeme znát i nějaké teoretické znalosti, jsou též uvedeny v této práci.

Co to audiometrie je? Audiometrie je měření kvality lidského sluchu. K měření se používá přístroje zvaného „audiometr“.

Každý z nás již většinou přišel do styku s programem MS Excel, ale asi ne tak do hloubky, jako je použito při tvorbě audiometru. Proto jsem tomuto programu ve druhé části této práce věnoval pozornost. Stojí za to zapamatovat si některé úkony pro usnadnění si své práce. Poslední část je věnovaná naprogramování vlastního měřicího přístroje pro měření lidského sluchu. S použitím všech poznatků a zkušeností jsem se pokusil objasnit čtenáři možnost naprogramování vlastního měřicího přístroje. S použitím všech znalostí by měl být každý schopen si představit, co to audiometrie je a jak si lze pomocí programu MS Excel naprogramovat svůj vlastní audiometr.

2. Audiometrie

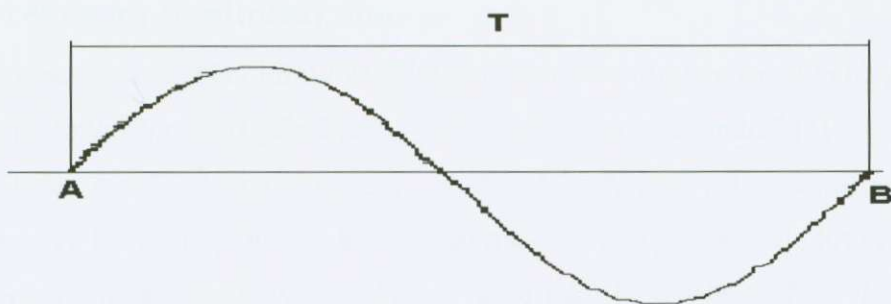
2.1. Základní pojmy akustiky

[1,3,4,8]

Zvuk je z fyzikálního hlediska mechanické vlnění částic, které se šíří v hmotném prostředí. Z fyziologického hlediska je zvuk každý akustický podnět vyvolávající sluchový vjem. Zdrojem zvuku je kmitající těleso, např. kmitající ladička, houslová struna nebo sloupec kmitajícího vzduchu, jako je tomu v dechových hudebních nástrojích nebo při tvoření hlasu. Kmitání můžeme rozdělit na pravidelné a nepravidelné. Zvuky, vznikající pravidelným kmitáním, vnímáme jako čisté tóny a hudební zvuky, nepravidelným kmitáním se tvoří složené zvuky. Zvuk se šíří hmotným prostředím jako vlnění všemi směry. Kmit ze zdroje zvuku je předáván sousedním částicím prostředí ať se jedná o vzduch, vodu nebo ocel a toto nosné prostředí se také rozkmitá. Rychlost šíření zvuku je konstantní a odpovídá struktuře nosiče. Ve vzduchu, kde je šíření zvuku nejčastější, je rychlost zvuku $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, ve vodě $1480 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, v oceli $5000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ve vakuu se zvukové vlny šířit nemohou.

Ladička je nejjednodušším zdrojem zvuku produkujícím jednoduché harmonické kmitání. Toto kmitání lze jednoduchým způsobem zapsat, připevníme-li ke kmitajícímu ramenní ladičky hrot tužky a necháme jej psát po papíře pohybujícím se konstantní rychlostí. Zapsaná vlnitá čára je obrazem výchylek ramene ladičky v různých časových okamžicích a nazývá se jednoduché harmonické kmitání. Jednoduché proto, že je možno je popsat jednoduchým matematickým vyjádřením \sin (matematická funkce sinus) a harmonické proto, že zvuk tímto kmitáním způsobený je harmonický.

Zapíšeme-li zaznamenanou křivku do grafu, kde na svislé ose je velikost výchylky a na vodorovné ose čas, dostaneme podobně zvlněnou křivku - tzv. sinusoidu – jako při záznamu kmitání ramene ladičky. Kmit vidíme na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1

Část křivky mezi body A a B reprezentuje jeden kompletní cyklus změn tlaku, měnící se od původního tlaku přes tlak minimální, pak maximální a zpět k výchozímu tlaku.

Doba, za kterou se kmitavý sinusový děj pravidelně opakuje (čas, který je potřeba k posunu z bodu A do bodu B), se nazývá doba kmitu T a vyjadřuje se v sekundách. Výchylka kmitavého pohybu od rovnovážné polohy se nazývá amplituda y . Její velikost je dána počáteční silou, uvádějící systém do kmitání a pružností kmitajícího tělesa.

Vlnící se vzduchové elementy, které odpovídají zvukové vlně působí na překážku určitým tlakem. Tento tlak kmitajících vzduchových částic, který je vyvolán zvukem nazýváme **zvukový (akustický) tlak**. Je to síla působící na jednotku plochy a její jednotkou je pascal:

$$\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$$

2.1.1. Frekvence a intenzita

V praktické audiologii se nejčastěji setkáváme s definováním akustických podnětů pomocí dvou veličin – **frekvence a intenzity**. Každá z těchto veličin popisuje akustický děj z jiné stránky. Jen současným vyjádřením obou těchto hodnot lze přesně charakterizovat tón, který jsme použili.

2.1.1.1. Frekvence (kmitočet) tónu

„Frekvence udává počet kmitů za sekundu. Jednotkou frekvence je *hertz [Hz]*. *Hertz* je kmitočet periodického jevu, jehož jedna perioda trvá jednu sekundu.“ [3]

Frekvenční rozsah sluchu člověka je 16 Hz až 20 KHz. Zvuk frekvenčně pod touto hranicí se nazývá infrazvuk, zvuk frekvencí nad touto hranicí je nazýván ultrazvuk.

Posluchač vnímá subjektivně frekvenci tónu jako jeho výšku. Tóny hluboké mají nízkou frekvenci, tóny vysoké pak frekvenci vysokou. (Určení výšky tónu je především otázkou vrozeného nadání a cviku. Osoby s tzv. hudebním sluchem obvykle posuzují vztah tónu k tónu jinému a řadí jednotlivé tóny do oktávových stupnic.)

Barva tónu je vlastnost, pomocí níž rozeznáváme zvuk houslí od flétny. V běžném životě se jednoduchý harmonický sinusový zvuk vyskytuje velmi zřídka. Většina zvuků, které dosáhnou našeho ucha, má složený charakter. Tyto zvuky, jako řeč nebo hudba, si můžeme představit jako složení mnoha jednoduchých sinusových složek, vyskytujících se v témže časovém okamžiku. Složka s nejnižším kmitočtem se nazývá 1. Harmonická. Ostatní složky, které jsou jejími násobky, jsou číslovány podle pořadí (2.,3.,4. Harmonická). Subjektivní akustický vjem složeného zvuku je dán vzájemnou kombinací všech jeho harmonických složek.

2.1.1.2. Intenzita zvuku

K rozkmitání nosného prostředí při šíření zvuku je třeba určité energie. Energie W , která při vlnitém ději projede plochou S , kolmou ke směru šíření vlny, za čas t nazýváme intenzita zvuku.

$$I = W \cdot S^{-1} \cdot t^{-1}$$

Intenzitu měříme ve *wattech na metr čtvereční* – $W \cdot m^{-2}$. Aby bylo možné stanovit hodnoty intenzity pro libovolný tón, bylo nejprve nutné stanovit základní vztažnou jednotku. Stala se jí hodnota intenzity tónu o frekvenci 1000 Hz, kterou zdravý posluchač právě zaslechne (tzv. prahová hodnota). Intenzita základní vztažné jednotky je $10^{-12} W \cdot m^{-2}$.

Lidské ucho je schopno slyšet zvuky ve velkém rozsahu intenzity, takže mezi tónem základním a tónem, který již působí bolest je rozdíl matematicky vyjádřený poměrem

1 : 1 000 000 000 000. Tak velký rozsah hodnot je velmi těžké jednoduše vyjádřit. Proto bylo stanoveno měření intenzity zvuku v *decibelech* [dB].

Decibel je jednotka, zavedená ke zjednodušení vyjádření intenzity zvuku. Udává intenzitu měřeného zvuku v porovnání s intenzitou základní vztažné jednotky. Intenzita zvuku v dB je definována jako desetkrát dekadický logaritmus poměru intenzity naměřené k intenzitě základní. Nejedná se o jednotku absolutní, ale relativní, která udává kolikrát je určitý zvuk silnější nebo slabší než zvuk základní jednotkový. Zvuk o intenzitě 10 dB je desetkrát intenzivnější než základní ($10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$). Zvuk intenzity 30 dB je ale již tisíckrát intenzivnější, protože logaritmus tisíce je 3 a zvuk o intenzitě 60 dB je milionkrát intenzivnější. Zdvojnásobení intenzity znamená přírůstek o 3 dB.

$$\text{Počet decibelů} = 10 \cdot \log E_m/E_z$$

E_m = akustická energie tónu měřeného

E_z = akustická energie tónu základního

Dále jsou uvedeny některé příklady zvuků vzrůstajících intenzit v dB:

- práh sluchu 0
- šepot 20
- tiše hrající rádio 40
- konverzační řeč 60
- hlasitá řeč 80
- pneumatické kladivo 100
- práh bolesti 140.

2.2 Fyziologická akustika [1, 3]

V této části diplomové práce se budu zabývat fyziologickou akustikou. V ní vám chci přiblížit pojmy vycházející z tématu mé práce. Objasníme si pojmy jako například práh a rozdíl mezi prahem absolutním a relativním, sluchové pole, hlasitost, směrové a prostorové slyšení, přeslech v audiometrii, maskování šumem. Všechny tyto pojmy si postupně v této kapitole probereme a začneme prahy.

2.2.1 Práh sluchu, práh nepříjemného slyšení a práh bolesti

Práh – nejnižší intenzita tónu v dB, která způsobuje a vyvolává očekávaný efekt. Sluchový práh není určen jen citlivostí smyslových buněk, ale i dalšími složkami, kterými jsou dráždivost nervových vláken a buněk, průchodnost sluchové dráhy a stav a pohotovost mozkové kůry. Práh je také ovlivněn frekvencí stimulujícího tónu a okamžitým stavem sluchu.

2.2.1.1. Práh sluchu

Práh sluchu je nejnižší intenzita tónu, kterou pacient může vnímat. Práh sluchu se může lišit podle charakteru stimulace, např. práh pro čisté tóny, pro šum nebo pro řeč.

Základní hodnotou je ideální sluchový práh, jemuž odpovídá hladina intenzity 0 dB. Byl získán jako průměr prahů sluchu velké spousty normálně slyšících mladých osob. Individuální práh sluchu pak vyjadřuje skutečný stav sluchu vyšetřovaného a u každé osoby je jiný. Každé zvýšení sluchového prahu je příznakem poruchy sluchu.

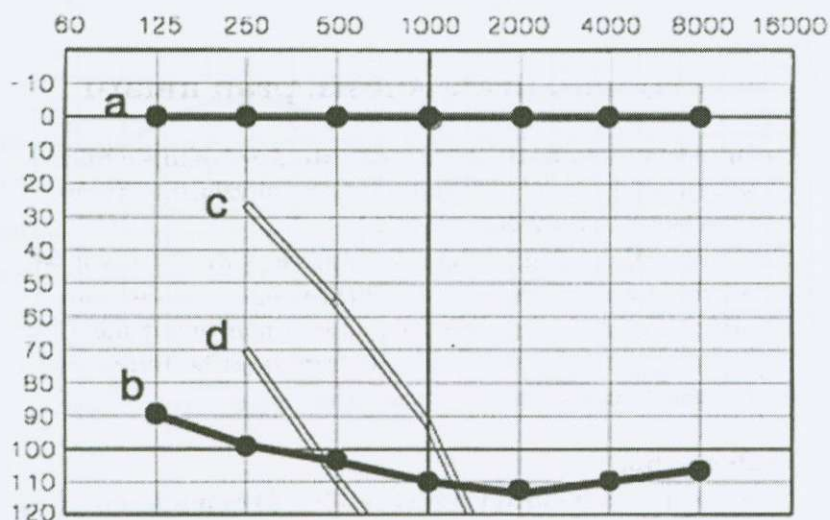
2.2.1.2. Práh nepříjemného slyšení

Práh nepříjemného slyšení je intenzita stimulujícího tónu, která je posluchačem vnímána jako nepříjemná a obtěžující. Práh nepříjemného slyšení je fyziologicky ostrá a

přesně ohraničená hranice. Většinou je nalezen na audiogramu kolem 100 dB. Bývá určován jen pro vzdušné vedení a je frekvenčně závislý.

2.2.1.3. Práh bolesti

Přesáhne-li intenzita stimulujícího tónu vnímání sluchových buněk, projevuje se pak intenzivní akustický tlak jako vjem bolesti. Práh bolesti bývá uváděn kolem hladiny intenzity 140 dB.



Obrázek č. 2

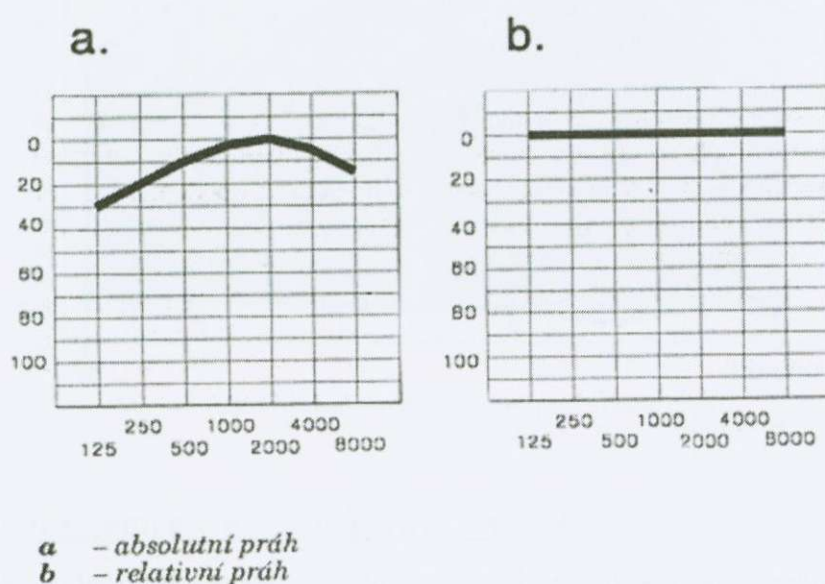
- a) Ideální práh sluchu
- b) Práh nepříjemného slyšení
- c) Práh hmatu při kostním vedení
- d) Práh hmatu při vzdušném vedení

2.2.1.4 Rozdíl mezi prahem absolutním a relativním

Lidský sluch nevnímá všechny tóny stejně citlivě. Nejcitlivější je na akustické signály ve frekvenční oblasti 1500 až 2000 Hz. Na tóny vyšší a nižší frekvence reaguje sluch méně a jejich hlasitost musí být větší, aby došlo k akustickému vjemu.

Prahová křivka sluchu zkonstruovaná podle skutečných fyzikálních hodnot stimulace, které jsou pro každou frekvenci jiné, má prohnutý průběh a nazývá **absolutní práh sluchu**. V praktické audiometrii se používá pouze u šumové audiometrie.

Pro potřeby audiometrie byla ideální prahová hodnota pro každou frekvenci převedena graficky na přímku. Takový zápis neodpovídá přesně fyzikálním principům, protože jednotlivé tóny stejné intenzity, nemají stejný akustický tlak. Praktické posuzování sluchu však významně zpřehledňuje a zjednodušuje. Hladiny intenzit pak nejsou absolutní, ale relativní. Záznam takového sluchu je nazýván **relativní práh sluchu**.



Obrázek č. 3 – práh absolutní a relativní

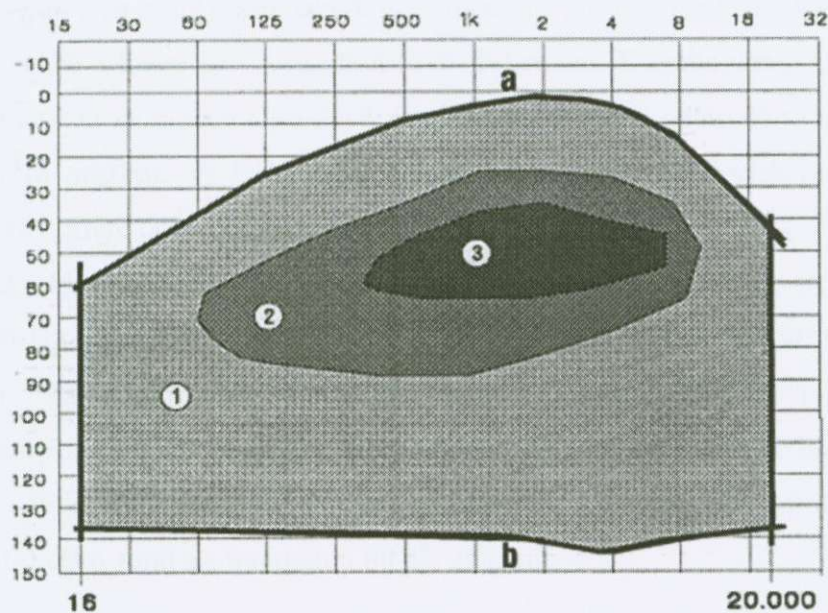
2.2.2. Sluchové pole

Jako sluchové pole označujeme akustickou oblast ohraničenou intenzitou a frekvencí. Dolní frekvenční hranice je 16 Hz (dolní hranice lidského sluchu) a horní hranicí je oblast kolem 20 000 Hz (horní hranice lidského sluchu). Limity intenzitní, které ohraničují sluchové pole jsou práh sluchu a práh bolesti.

Rozsah velikosti sluchového pole není na všech jeho pólech stejný. Rozložení sluchového pole vidíme na obrázku č. 4. Všechny akusticky vnímané děje se odehrávají v takto vymezené oblasti.

Rozsah sluchového pole je značně individuální. Pokles prahového sluchového vjemu zmenšuje rozsah sluchového pole u postiženého, nejčastěji ve vysokofrekvenčních

pásmech. V případě, že se řečová oblast určitou svou částí dostane mimo sluchové pole, vzniká nedoslýchavost.



Obrázek č. 4 – rozvržení sluchového pole

2.2.3. Hlasitost, směrové a prostorové slyšení

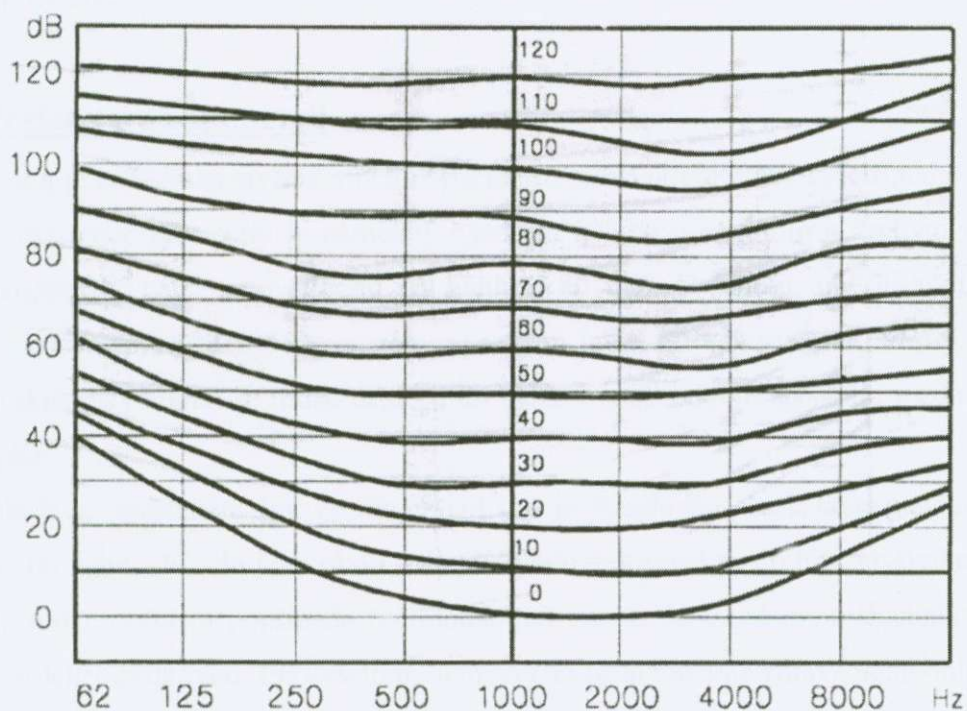
Člověk hodnotí akustické signály svými vlastními smysly. Posluchač nedokáže posoudit akustický tlak nebo intenzitu, ale vnímá je jako **hlasitost** zvuku. Hlasitost je tedy zcela subjektivní pocit, kterým posuzujeme intenzitu akustického vjemu.

Představme si následující experiment. Vyšetřovaná osoba normálně slyšící naslouchá tónu o frekvenci 1000 Hz a intenzitě 40 dB a druhému tónu odlišného kmitočtu. Jejím úkolem je zesílit druhý tón tak, aby jeho hlasitost byla stejná jako je hlasitost tónu 1000 Hz. Zaznamenáme-li tyto hodnoty pro různé kmitočty, dostaneme křivku spojující všechny hodnoty intenzity tónů různých frekvencí o nichž má testovaná osoba představu, že jsou stejně hlasité jako tón 1000 Hz 40 dB. Dostaneme tak křivku stejné hlasitosti nebo také isofónu.

Bylo zjištěno, že ne všechny tóny potřebují k vyvolání subjektivního dojmu určité hlasitosti stejnou intenzitu a že určitý nárůst intenzity zvuku nevyvolá vždy stejný nárůst hlasitosti jako vidíme na obrázku č. 6.

Z grafu je zřejmé, že v oblasti hlubokých frekvencí je třeba vyšší intenzity k vyvolání prahového vjemu a že malý nárůst objektivní intenzity vyvolá významný nárůst subjektivní hlasitosti. Opačná situace je v oblasti řečové frekvence. K prahovému vjemu dostačuje minimální intenzita stimulace a ke zvýšení hlasitosti je třeba relativně významné zvýšení intenzity. Proto můžeme ve frekvenční oblasti kolem 1000 Hz rozlišovat i velmi malé změny intenzity, které dobře rozpoznáváme jak změnu hlasitosti.

Jednotka hlasitosti je – fón. Jednotka je odvozena z grafu křivek stejné hlasitosti a pro tón 1000 Hz odpovídá intenzitě v dB. Tato jednotka je dnes nahrazována jednotkou novou – son. Základní rozměr sonu je dán tónem o frekvenci 1000 Hz a intenzitě 40 dB. Hlasitost dvou sonů má takový zvuk, který hodnotíme jako dvojnásobně hlasitý. Např. tón o frekvenci 1000 Hz a intenzitě 50 dB má hlasitost 2,5 sonu, tón stejné frekvence ale s intenzitou 60 dB 6 sonů a s intenzitou 80 dB 25 sonů.



Obrázek č. 6 – rozložení hlasitosti na různých frekvencích

Každý normálně slyšící člověk je schopen rozeznat směr, ze kterého k němu přichází zvuk. Tato schopnost se nazývá **směrové slyšení**. Vzniká na základě zkušeností a dalších faktorů, jako je např. zrak a směrová paměť. Jedná se o schopnost pro praktický život velmi důležitou. Uplatňuje se jak v oblasti obranné a ochranné, např. rozpoznání směru příjíždějícího automobilu, tak i prostorově orientační. Porucha sluchu jedno- i oboustranná způsobuje často potíže právě v prostorové lokalizaci zdroje zvuku.

Základním předpokladem pro směrové slyšení je fakt, že slyšíme dvěma ušima. Zvuk, který je zachycen a analyzován na jedné straně je nepatrně jiný než ten, který je zpracováván na straně druhé.

Lidský sluchový orgán dovoluje rozpoznávat nejenom místo zdroje zvuku, ale zkušený posluchač dokáže velmi přesně určovat i vlastnosti prostoru. Zcela jinak je zvuk slyšen v katedrále, jinak v úzké chodbě a jinak v tiché komoře. Základem pro **prostorové slyšení** je neuvědomělé vnímání odražených zvuků. Ucho tak dostává informaci opakovaně a různě zkreslenou, ze které lze na základě zkušeností přesně rozpoznat vlastnosti prostoru.

2.2.4. Přeslech v audiometrii

Přeslech je nežádoucí slyšení v uchu opačném k tomu, které právě vyšetřujeme. Příkladem existence přeslechu je nemocný s jedním uchem normálním a druhým uchem těžce poškozeným, např. práh sluchu na hladině 80 dB. Abychom změřili práh hůře slyšícího ucha, musíme ho vyšetřovat tóny vysokých intenzit, tedy více jak 80 dB. Takto intenzivní akustický signál se může dostat i do ucha druhého dobře slyšícího a zde je tón falešně slyšen.

Přeslech je podmíněn tím, že intenzivní tón je vyzařován sluchátkem nejenom do vyšetřovaného ucha, ale i do jeho okolí. Obejde hlavu a dostává se do lépe slyšícího ucha. Přeslech je možno omezit popřípadě zcela odstranit tak, že lépe utěsníme sluchátka nebo ucpeme protilehlý zvukovod. Při vyšetření nemocného ucha musíme zdravé ucho ohlušit.

2.2.5. Maskování šumem

Působí-li na sluchový orgán současně dva zvuky stejné intenzity, může intenzivnější z nich překrýt = maskovat vjem slabšího zvuku. Tento jev nazýváme **maskování nebo ohlušování**, vidíme na obrázku č. 7.

Maskování v audiometrii používáme k zamezení nežádoucího přeslechu. Maskovat můžeme každý zvuk, který je dostatečně intenzivní.

Maskovací účinek není závislý na intenzitě tónu, nýbrž na jeho hlasitosti.

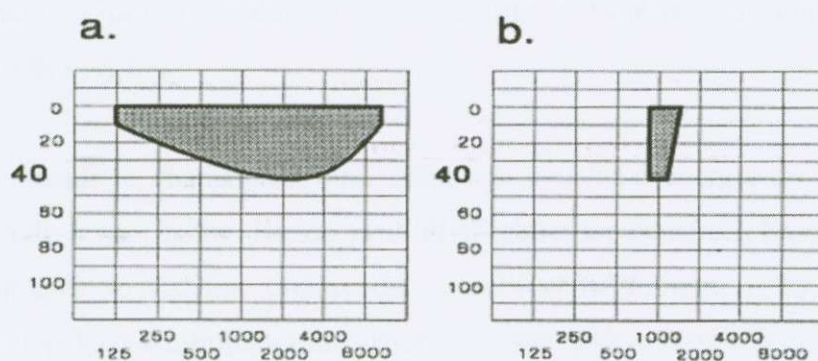
Při vyšetřování v audiometrii se využívá:

- a) bílý šum (white noise WN) - zvaný také širokopásmový. Obsahuje téměř všechny frekvence sluchového pole.
- b) úzkopásmový šum (narrow band NB) – obsahuje frekvence v úzkém kmitočtovém pásmu kolem zvolené frekvence a také tuto úzkou oblast maskuje.

Maskuje však i frekvence bezprostředně blízké a to tak, že maskovací účinek ve vyšších frekvencích je větší než ve frekvencích nižších.

V tónové audiometrii upřednostňujeme používání úzkopásmového šumu, neboť praktické provedení maskování za použití tohoto typu šumu je jednodušší.

Při použití širokopásmového šumu je třeba si uvědomit, že jeho maskovací účinek není ve všech frekvencích sluchového pole stejný. Lidské ucho není totiž ve všech frekvencích stejně citlivé, přičemž nejcitlivější je střední část 1000 – 4000 Hz.



a – širokopásmový šum (WN) intenzity 40 dB
b – úzkopásmový šum (NB) intenzity 40 dB; frekvence 1000 Hz

Obrázek č.7– maskování šumem širokopásmovým a úzkopásmovým

Maskovací účinek širokopásmového šumu je na okrajových frekvencích o tolik slabší, o kolik je jejich práh vyšší v porovnání se středními frekvencemi. Tabulka ukazuje přehledně kolik dB bílého šumu je třeba přičíst na každé frekvenci, aby se dosáhlo odpovídajícího ohlušení.

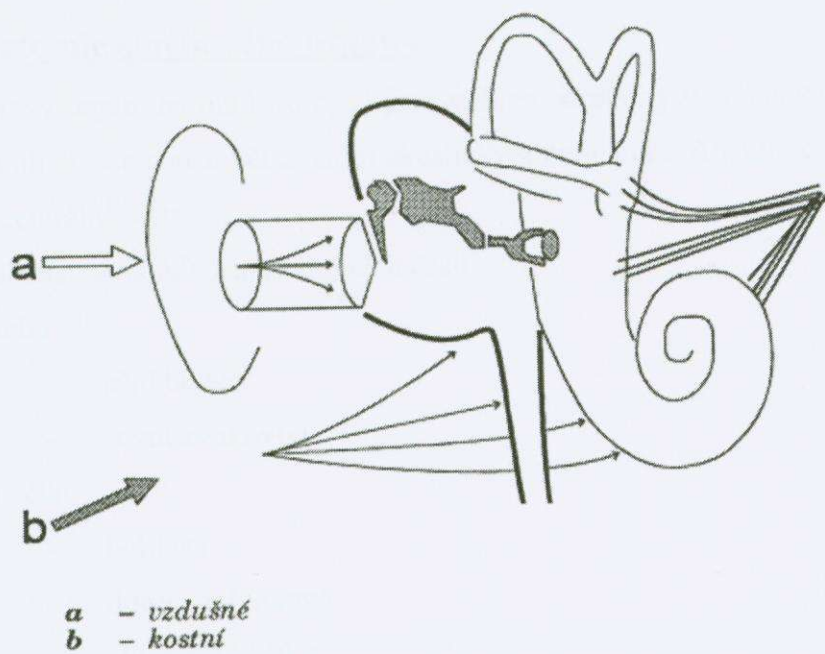
Korekce pro širokopásmový šum					
frekvence (Hz)	125	250	500	6000	8000
korekce (dB)	+ 30	+ 20	+ 10	+ 10	+ 15

Při použití úzkopásmového šumu výš uvedené hodnoty nepřipočítáváme, protože práh úzkopásmového šumu je shodný s prahem tónu na příslušné frekvenci.

2.2.6 Vedení vzdušné, vedení kostní

Jako vedení vzdušné označujeme přenos zvukové energie do vnitřního ucha cestou, kterou charakterizuje vzduch jako nosné medium. Zvuk se dostává vnějším zvukovodem, kde se šíří jako podélné vlnění vzduchových elementů přes středoušní struktury do oblasti tekutin vnitřního ucha a k smyslovým buňkám. Tato cesta je nejpřirozenější a odpovídá stavbě sluchového orgánu.

Vedení kostní je charakterizováno přenosem akustické energie do vnitřního ucha pomocí rozkmitu kostní lebky. Každý zvuk přicházející k posluchači, kromě působení na vzduchový sloupec ve vnějším zvukovodu, působí svým kmitem i na další struktury lidského těla. Dochází k minimálnímu rozkmitu kostní lebky, která může tento kmit dále přenášet. Kmit je pak přímo přenášen od vnějšího zdroje pomocí lebky do vnitřního kmitu. Kostní vedení je typ vnímání zvuku, který se přirozeně uplatňuje v menší míře než vedení vzdušné. Cesty vzdušného a kostního vedení jsou uvedeny na obrázku č. 8.



Obrázek č. 8. – vedení vzdušné a kostní

2.3. Stavba a funkce sluchového orgánu [1, 2, 10]

2.3.1. Anatomie sluchového orgánu

Sluchový orgán, na obrázku č. 9) jsou veškeré struktury v organismu člověka, které nám umožňují slyšet a rozumět zevním akustickým podnětům. Anatomicky jej dělíme na periferní a centrální část:

1. Periferní část se skládá z následujících částí:

a) zevní ucho

- ušní boltec
- zevní zvukovod

b) střední ucho

- bubínek
- dutina bubínková
- sluchové kůstky
- sluchová trubice
- sklípkový systém

c) vnitřní ucho

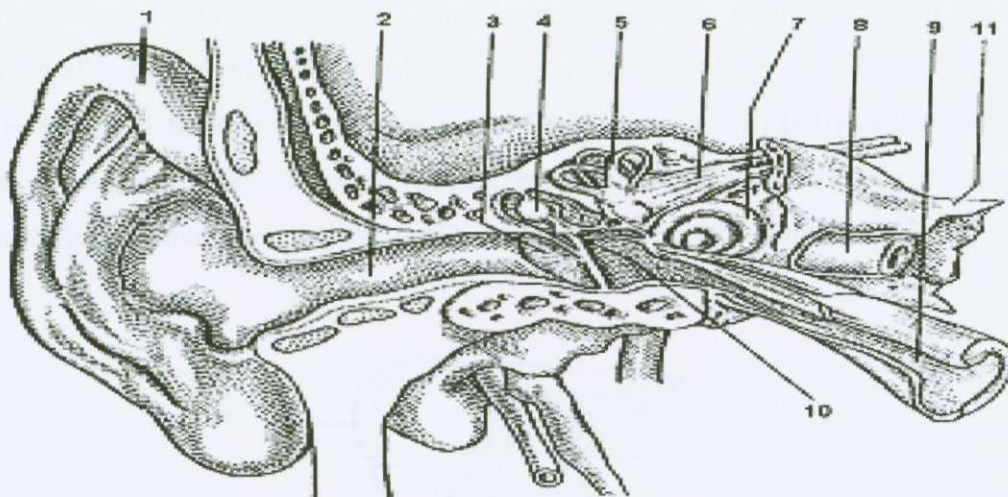
- vestibulum
- polokruhové chodbičky
- hlemýžď
- vlastní sluchový orgán

2. Centrální část se skládá:

a) sluchové dráhy

- sluchový nerv
- kmen mozkový
- podkorové oblasti

b) sluchové centrum



Obrázek č. 9 - 1 boltec, 2 zevní zvukovod, 3 bubínek, 4 sluchové kůstky středního ucha, 5 polokruhové kanálky, 6 předsíňohlemýžďový nerv, 7 kostěný hlemýžď, 8 tepna, 9 Eustachova trubice, 10 dutina středního ucha, 11 kost skalní

2.3.1.1.a) Zevní ucho

Ušní boltec je charakteristicky zprohýbaná ploténka elastické chrupavky, s výjimkou ušního lalůčku, která je pokryta z obou stran kůží, bohatě zásobenou krevními cévami.

Boltec se nálevkovitě zužuje a přechází v **zevní zvukovod**. Zvukovod je asi 2,5 cm dlouhá zahnutá trubice oválného průřezu. Skládá se ze zevního chrupavčitého oddílu a z vnitřního kostěného. Kůže chrupavčité části zevního zvukovodu obsahuje tukové a mazové žlázy, které produkují ušní maz. Zevní zvukovod končí bubínkem, který tvoří hranici mezi zevním a středním uchem.

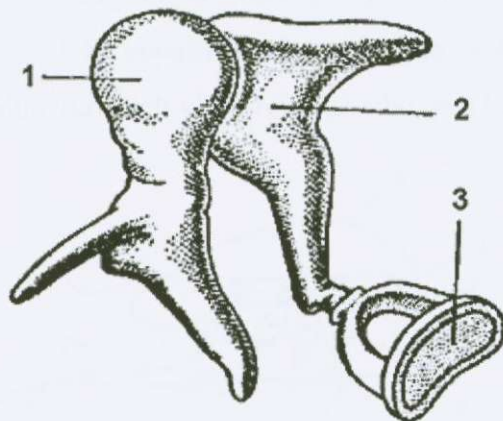
2.3.1.1.b) Střední ucho

Bubínek má tvar plochého trychtýře. K ose zvukovodu je bubínek postaven šikmo. Rozměry bubínku jsou kolem 55 mm². K bláně bubínku je pevně fixována středoušní kůstka kladívko.

Za bubínkem se nachází **dutina bubínková**, která je uložena ve spánkové kosti. Má tvar nepravidelného hranolu o objemu 0,75 – 1,0 cm³. Je vystlána tenkou sliznicí a vyplněna vzduchem.

Ve středoušní dutině jsou dva svaly, jejichž úkolem je regulovat napětí bubínku a sluchových kůstek. Jsou to napínač bubínku a třmínkový sval.

Tři **sluchové kůstky**, na obrázku č. 10, které se nazývají **kladívko**, **kovadlinka** a **třmínek** vytvářejí souvislý, kloubně spojený řetěz mezi bubínkem a oválným okénkem. Ploténka třmínku v oválném okénku tvoří hranici mezi uchem středním a vnitřním.



Obrázek č. 10 - 1 kladívko, 2 kovadlinka, 3 třmínek

Dutina bubínková je vyplněna vzduchem, který tam proniká **sluchovou trubicí** tzv. **Eustachovou trubicí**, která spojuje dutinu bubínkovou s nosohltanem. Její délka je 3 – 3,5 cm.

Součástí středního ucha je také **sklípkový systém**, který je uložen v bradavkovém výběžku kosti spánkové.

2.3.1.1.c) Vnitřní ucho

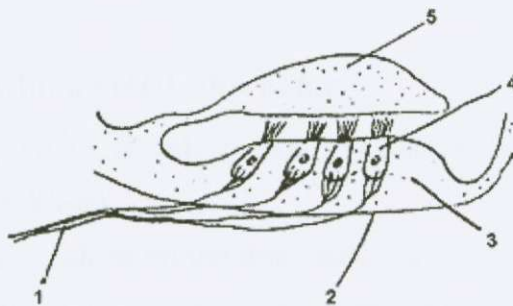
Celé vnitřní ucho je uloženo v hloubce pyramidy kosti spánkové. Vzájemné anatomické a fyziologické vztahy struktur vnitřního ucha jsou tak komplikované, že jsou vcelku nazývány **labyrintem**. Kostní labyrint je vlastně pouzdro z hutné kosti, které je ochrannou schránkou pro vlastní labyrint blanitý. Labyrint se dělí na předsíň – vestibulum, polokruhové chodbičky a hlemýžď.

Vestibulum je vstupní část do labyrintu vnitřního ucha. Obsahuje spojení s uchem středním a současně tam ústí jak hlemýžď, tak i polokruhové chodbičky.

Polokruhové chodbičky leží ve třech navzájem kolmých rovinách – dvě vertikální a jedna horizontální a obsahují buňky regulující rovnováhu lidského těla.

Hlemýžď člověka je složen ze 2,5 závitů. Délka hlemýždě je 30 – 35 mm. Hlemýžď se skládá ze dvou okrajových prostorů a jednoho centrálního. Okrajové prostory jsou vyplněny tekutinou perilymfou, centrální je vyplněn endolymfou. Skladby obou tekutin je značně rozdílná, zvláště v obsahu iontů alkalických kovů sodíku a draslíku. Spodní prostor tvoří basilární membrána. Její šířka přibývá směrem k vrcholu hlemýždě.

Na basilární membráně leží **vlastní sluchový orgán – Cortiho orgán** se třemi řadami zevních a jednou řadou vnitřních vláskových sluchových buněk.



Obrázek č. 11 - 1 vlákna předušního hlemýžděvého nervu, 2 basilární membrána, 3 Cortiho orgán, 4 sluchové buňky s vlásky, 5 krycí membrána

2.3.1.2.a) Sluchové dráhy

Sluchový nerv vzniká spojením všech dostředivých nervových vláken, které vycházejí od smyslových buněk labyrintu. Má část sluchovou a část rovnovážnou. Nerv po krátkém průběhu ve vnitřním zvukovodu vstupuje do kmenu mozkového. Ve vnitřním zvukovodu má blízký vztah k nervu lícínímu.

Kmen mozkový obsahuje jádra ve kterých se spojují a kříží nervová vlákna z obou uší.

Sluchová dráha dále pokračuje přes **podkorová jádra mezimozku** do sluchového centra v kůře mozkové.

2.3.1.2.b) Sluchové centrum

Tzv. Heschlův závit je uložen na spánkovém laloku dominantní hemisféry. Nejdůležitější struktury centrální sluchové dráhy jsou: kochleární jádra, horní olivární

jádro, laterální jádro a jeho spoje, zadní čtverhrbolí, vnitřní jádra mezimozku a sluchové korové centrum.

2.3.2. Funkce sluchového orgánu

Celý složitý proces slyšení obsahuje následující fyziologické stupně:

- převod (transport) zvukových vln k vlastním sluchovým buňkám,
- podráždění sluchových buněk,
- přeměna (transformace) zvukového dráždění v nervový impuls,
- vedení nervového vzruchu do mozkového sluchového centra,
- zpracování nervového dráždění ve sluchovém centru.

2.3.2.1. Funkce zevního a středního ucha

Převod (transport) zvuků se děje pomocí převodního aparátu. Ušní boltec, zevní zvukovod, bubínek a řetěz kůstek.

Ušní boltec má určitou úlohu při usměrňování zvukových vln a to především zepředu a zezadu. Ztráta nebo poškození boltce nezpůsobí poruchu sluchu.

Zevní zvukovod převádí a koncentruje zvuky k bláně bubínku. Vzhledem k trychtýřovému tvaru je dobrým vodičem zvuků. Má částečně i ochrannou funkci, kterou umožňuje ohyb zvukovodu, přítomnost chloupků a ušního mazu.

Bubínek je rozkmitáván zvukovými vlnami. Kmity jsou dále přenášeny řetězem sluchových kůstek k oválnému okénku. Podmínkami pro dokonalý přenos kmitů blankou bubínku je jeho normální vnitřní struktura, elasticita, celistvost a stejný tlak vzduchu na obou jeho stranách. Díky poměru plochy bubínku a ploténky třmínku téměř 1 : 20 a také vlivem pákového spojení kůstek dochází prakticky k bezdrátovému přenosu zvuku.

Významnou účast na kvalitě přenosu zvuku převodním ústrojím má také normální tvar a vzdušná náplň středního ucha a celého pneumatického systému, kterou zabezpečuje sluchová trubice. Ta přivádí aktivní činností vzduch do středoušní dutiny a odvádí možný výpotek.

Oba středoušní svaly mají ochrannou funkci. Při nadměrných zvucích svým stahem zpevňují řetěz kůstek s bubínkem a tím zvyšují odpor vůči pronikající vysoké akustické energii, která by mohla poškodit citlivé struktury vnitřního ucha.

Kmity, které jsou přenášeny ploténkou třmínku do vestibula vnitřního ucha, uvedou do pohybu endolymfu. Každý kmit se šíří endolymfou jako ubíhající vlna od místa vzniku v základním závitě až po vrchol hlemýždě. Aby nedocházelo k následnému rušení, mezi vlnami postupujícími a jinými, které se po dosažení vrcholu vracejí, musí být na druhé straně trubice vyrušeny (kompenzovány) výchylkami membrány kulatého okénka.

2.3.2.2. Funkce vnitřního ucha, sluchového nervu a centrální části

Úkolem vnitřního ucha je provést rozlišení jednotlivých zvuků navzájem od sebe a současně přeměnit akustickou (mechanickou) energii zvuku v energii bioelektrickou – tedy tělu vlastní, což nazýváme diferenciací a transformací zvukového signálu.

Každé výšce zvuku odpovídá určité místo na basilární membráně Cortiho orgánu. Vysoké tóny dráždí smyslové buňky ve spodu hlemýždě, kdežto hluboké zvuky dráždí část u vrcholu hlemýždě. Zevní vláskové buňky se zapojují do činnosti při slabých podnětech a hrubě rozlišují výšku tónu. Vnitřní vláskové buňky zapojují funkci při silnějších akustických podnětech.

Dotyky mezi buněčnými brvami a membránou tectoriální, podmíněné kmitáním basilární membrány při zvukovém dráždění, zapojují do činnosti Cortiho buňky, jejímž výsledkem je změna energie akustické v energii bioelektrickou - nervový vzruch. Této činnosti jsou schopny právě jen sluchové buňky vnitřního ucha. V zajištění tohoto děje sehrává významnou úlohu skladba, množství a rychlost obměny nitroušních tekutin.

Nervové bioelektrické impulsy jsou vedeny směrem k centru nejprve sluchovým nervem, pak sluchovou dráhou. Významnou částí sluchové dráhy jsou struktury prodloužené míchy, kde se kříží dráhy obou uší. Funkcí sluchové dráhy a podkorových center je především spojení se sluchovým centrem kůry mozkové.

Ve sluchové kůře mozkové dochází k uvědomění akustického vjemu jako nejvyšší analýza zvukových signálů a syntéza zvukových podráždění v jednotný zvukový obraz. Mozková kůra je nezbytná pro rozumění řeči.

2.3.3. Patofyziologie sluchu

Patofyziologie sluchového vnímání zahrnuje dvě odlišné části

1. patofyziologii převodu (transformace)

2. patofyziologii vnímání (percepce)

2.3.3.1. Patofyziologie převodu

a) Středoušní odpor

Přenosu akustické energie z vnějšího prostoru do vnitřního ucha brání odpor (impedance) středoušních struktur.

Odpor má v sobě tři složky:

- Tření – vzájemné tření středoušních kůstek,
- Hmotu – čím je vyšší hmotnost kůstek (např. nalepením částecek hnisu), tím hůře přenáší akustickou energii,
- Pružnost – poškození pružného spojení a zvýšená tuhost.

Hodnota tření je relativně stálá a lze ji v další úvaze zanedbat. Proto platí, že každá změna vyvážených hodnot impedance a pružnosti způsobí převodní poruchu sluchu.

b) Porušení kontinuity přenosu

Traumatické nebo zánětlivé přerušení celistvosti řetězu kůstek blokuje přenos zvuku. Způsobuje převodní vadu sluchu.

c) Odstínění membrány kulatého okénka

Porušení přenosu zvukové vlny v převodním aparátu vzniká také tenkrát, když na obě okénka, která otvírají vstup do vnitřního ucha dopadá stejný tón. K normální funkci je třeba, aby jedno z okének bylo vždy odstíněno od dopadajícího zvuku. Dopadají-li však stejné zvukové vlny současně na obě okénka, je tak mechanicky bráněno kompenzačním kmitům a vzniká převodní porucha sluchu (interference).

d) Objem středoušní dutiny

Postižení sluchu typu převodní nedoslýchavosti se objevuje také při změnách tvaru a objemu středoušní dutiny, nejčastěji způsobenou částečným nebo úplným vyplněním tohoto prostoru hmotou (tekutinou, cholesteatomem atd.)

2.3.3.2. Patofyziologie vnímání

a) Smyslové sluchové buňky

Jakékoliv postižení stavu a funkce smyslových Cortiho buněk je příčinou nitroušní poruchy sluchu. Smyslové buňky nemají možnost obnovy a proto jednou vzniklý defekt je trvalý. Buňky jsou ovlivňovány vnitřními i vnějšími faktory: vrozené vady vnitřního ucha, cévní zásobení, metabolický stav, toxiny, hluk, infekce, stárnutí apod.

b) Nitroušní tekutiny

Významnou roli ve funkci vnitřního ucha sehrávají jeho tekutiny – perilymfa a endolympfa. Každá změna v tvorbě, složení a proudění tekutin způsobuje postižení sluchové percepce.

c) Nervový přenos vzruchu

Funkčnost sluchového nervu, sluchové dráhy a sluchového centra je nezbytná. Postižení těchto struktur nastává ze spousty příčin: cévní patologie, toxické změny, degenerativní choroby, traumata atd.

2.4. Vyšetření sluchové funkce [1, 4]

2.4.1. Poruchy a vady sluchu

Na začátek celé této kapitoly nazvané „vyšetření sluchové funkce“ si musíme pro pochopení dalšího textu říci něco o poruchách a vadách sluchu.

Cílem audiometrického vyšetření je zhodnocení stavu sluchu pacienta

- zda je sluchová funkce normální nebo poškozená
- o jaký typ poškození se jedná
- jaký je stupeň poškození

Dříve nebyly audiometrické zkoušky tolik přesné, avšak dnes se používají metody, které vedou k jednoznačnému výsledku určení stavu sluchu pacienta.

2.4.1.1. Typy sluchových vad a poruch

Zatímco sluchová vada je trvalá léčbě vzdorující nedoslýchavost, sluchovou poruchu lze léčbou příznivě ovlivnit.

Podle stupně postižení sluchu dělíme:

1. normální sluch
2. nedoslýchavost
 - a) převodní
 - b) senzorineurální
 - nitroušní
 - sluchové dráhy
 - centrální
3. smíšená
3. hluchota
 - tzv. praktická hluchota
 - totální hluchota

- psychogenní hluchota

Jako normální sluch je označován takový, kdy člověk nemá komunikační potíže a při audiometrickém vyšetření sluchový práh na žádné vyšetřované frekvenci nepřekračuje hladinu intenzity 20 dB. Překračuje-li tuto hladinu, jedná se o poruchu sluchu bez ohledu na to, zda si ji pacient uvědomuje či nikoli.

Sluchové vady – nedoslýchavosti vznikají jako důsledek postižení organické stavby nebo funkce struktur sluchového orgánu. Struktury vnějšího a středního ucha zajišťují především převod akustického signálu z vnějšího prostředí k vlastním smyslovým buňkám. Poškození těchto oblastí způsobuje tedy poruchu sluchu převodního typu. Při poruše struktury nebo funkce vnitřního ucha a sluchových drah vzniká vada sensorineurální. Postižení sluchových buněk vnitřního ucha v hlemýždi způsobuje vadu sluchu kochleárního typu. Je-li naopak poškozen nervový spoj mezi vnitřním uchem a sluchovou kůrou mozkovou, vzniká sensorineurální nedoslýchavost retrokochleárního typu. Poškození sluchové kůry pak způsobuje nestandardní směsici příznaků postižení sluchu a rozumění, kterou označuje vadu sluchu centrálního typu.

Hluchota je stav sluchu, který nelze využít k slyšení ani rozumění řeči a je lhostejno, která část ucha způsobuje takové postižení. Při tzv. praktické hluchotě člověk reaguje na velmi silné akustické podněty, bez možnosti tyto podněty podle akustické informace rozlišit. Totální hluchota je stav, kdy postižený nemá žádný akustický vjem ani při vysoce intenzivní akustické stimulaci. Psychogenní hluchota je zvláštní syndrom, jehož hlavním příznakem je scházející nebo nepravidelná, popřípadě deformovaná reakce na zvuk, přestože je celý sluchový orgán organicky nepoškozený.

2.4.1.2. Příčiny poruch sluchu

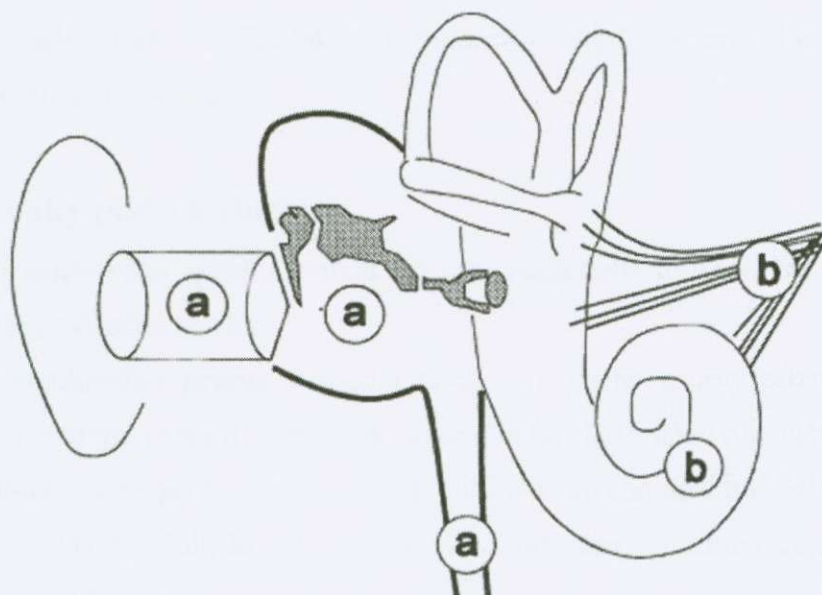
Poruchy sluchu diagnosticky, systematicky a terapeuticky dělíme z pohledu audiologie na převodní, sensorineurální a smíšené. Podle tohoto rozdělení lze třídit i všechny příčiny, které jsou jejich podkladem.

- a) Příčiny poruch sluchu převodního typu
- b) Příčiny vad sluchu sensorineurálního typu
- c) Příčiny smíšených vad sluchu

- (a) Příčinou převodní poruchy sluchu je každá překážka, která brání nebo ztěžuje proniknutí zvuku z vnějšího prostoru k vlastním citlivým sluchovým buňkám.

Příčiny převodních poruch schematicky:

- a) uzavření vnějšího zvukovodu
- b) postižení elasticity nebo celistvosti blanky bubínku
- c) přerušení nebo srůsty řetězu středoušních kůstek
- d) kostěné srůsty v oblasti pouzdra labyrintu
- e) snížená průchodnost nebo neprůchodnost Eustachovy trubice
- f) změny objemu a obsahu středoušní dutiny



a – příčiny převodních poruch
b – příčiny senzorineurálních vad

Obrázek č. 12 – příčiny poruch sluchu

- (b) Příčiny senzorineurálních vad sluchu jsou vázány na funkci sluchového epitelu vnitřního ucha, sluchového nervu a sluchové dráhy, která spojuje periferní a centrální část sluchového analyzátoru.

Příčiny sensorineurálních vad sluchu – schematicky:

- a) vrozené zděděné organické změny vnitřního ucha, postižení vnitřního ucha v těhotenství nebo při porodu
- b) mechanická traumata struktur kochleárních či retrokochleárních, postižení struktur vnitřního ucha intenzivním hlukem
- c) působení jedů
- d) nádory sluchového nervu nebo nitrolebí
- e) onemocnění sluchové kůry v temporálním mozkovém laloku
- f) postižení tekutin vnitřního ucha
- g) sensorineurální vady sluchu neznámého původu

(c) Smíšená porucha sluchu vzniká jako kombinace převodního a sensorineurálního typu nebo jako výslednice více příčin

2.4.1.3. Příznaky poruch sluchu

Postižení sluchového aparátu mohou být organická nebo funkční. Ne všechny ušní choroby způsobují poruchu sluchu.

Zvýšení sluchového prahu. Základní pocit nemocného a prvý příznak, který ho vede k ušnímu vyšetření, je pocit zhoršeného slyšení nebo zhoršeného rozumění.

Ušní šelesty. Častý příznak svědčící o poruše sluchového aparátu. Šelest se dělí na subjektivní a objektivní. Subjektivní slyší jen sám postižený, zatímco objektivní šelest mohou slyšet i ostatní osoby.

Poruchy citlivosti ucha. Bolest lokalizovaná do ucha může signalizovat záněty, nádory, úrazy. Tlak v uchu bývá spojen s cizím tělesem ve zvukovodu, obstrukcí Eustachovy trubice, mazovou zátkou.

2.4.2. Základní vyšetření

2.4.2.1. Klasická zkouška sluchová

Nyní si popíšeme dva způsoby vyšetření sluchových funkcí klasickou zkouškou sluchovou.

Patří sem:

- a) klasická zkouška sluchová řečí
 - b) klasická zkouška sluchová ladičkou
- a) Zkouška má dvě neoddělitelné části a při obou zjišťujeme slyšení a rozumění slov. Vyšetřujeme jednak hlasitou řečí a jednak šepotem. Volíme slova známá a srozumitelná, různého počtu slabik a především různé frekvenční skladby. Slova s hlubokými hláskami jsou např. „auto, okno, kolo, voda“ a slova s vysokými hláskami jsou např. „tisíc, silnice, měsíc“. Vzdálenost od vyšetřovaného, kterému předřikáváme slova zvětšujeme tak, až určíme největší vzdálenost, ze které pacient slyší, rozumí a bezchybně opakuje. Výsledek udáváme v metrech.
- b) Ladičky jsou kovové nástroje, které jsou zdrojem definovaných jednoduchých tónů. Při vyšetřování pomocí ladiček posuzujeme akustický vjem pacienta při vedení vzdušném – ladička je umístěna u ušního boltce, v porovnání s akustickým vjemem zprostředkovaným vedením kostním – ladička je patkou přiložena na určitou část lebky. U převodní poruchy sluchu je vjem vyvolaný kostním vedením intenzivnější, u senzorineurálních vad sluchu působí silněji vjem zprostředkovaný vzdušným vedením. Při jednostranné poruše sluchu převodního typu vzniká subjektivní pocit intenzivnějšího vnímání zvuku vedeného kostní cestou na straně postižené.

2.4.3. Prahová audiometrie

Cílem audiometrického vyšetření je určit **individuální práh sluchu** vyšetřované osoby vzdušného a kostního vedení (charakteristika vzdušného a kostního vedení viz. kapitola 3.6). Individuální práh sluchu se ve velké většině případů liší od prahu ideálního a určuje o kolik silnější musí být zvuk, aby ho vyšetřovaný právě zaslechl, v porovnání s intenzitou 0 dB (např. pro tón o frekvenci 1000 Hz se intenzita 0 dB rovná $2 \cdot 10^{-5}$ Pa)

Určení individuálního sluchového prahu vyžaduje opakovaná měření na každé prověřované frekvenci. Jako práh pak zapisujeme nejmenší intenzitu zvuku., kterou vyšetřovaný zaslechl nejméně ve dvou třetinách měření.

2.4.3.1. Vyšetření sluchového prahu vzdušného vedení

Vyšetření prahu sluchu vzdušného vedení zahajuje vlastní audiometrické vyšetření.

1. Vyšetření je subjektivní a závisí na sluchových možnostech pacienta, jeho inteligenci a vůli spolupracovat. Proto je nezbytná jasná a výstižná instruktáž.
2. Vlastní údaje pacienta o stavu sluchu a ušního šelestu jsou důležité.
3. Objektivní ušní nález, klasická zkouška sluchová, zkoušky ladičkami a postižení komunikace naznačují stav sluchu vyšetřovaného.
4. Při vyšetření prahu sluchu vzdušného vedení se používá s výhodou přerušovaný tón. Je v prahových intenzitách zřetelnější a nemusíme brát v úvahu únavnost sluchových buněk
5. Nevyšetřované ucho se často ohlušuje. K ohlušení se používá šumů. V praxi preferujeme použití šumů úzkopásmových.

Praktické provedení

Po instruktáži posadíme vyšetřovaného tak, aby nemohl vidět na vyšetřujícího ani na panel audiometru. Nasadíme mu sluchátka aby gumové těsnění dobře těsnilo. Do ruky mu dáme signalizační zařízení (tlačítko).

Vyšetřovat začínáme lépe slyšícím uchem (podle názoru pacienta) a na audiometru nastavíme tón o frekvenci 1000 Hz. Začínáme vyšetřovat ve vyšších pásmech intenzity a

postupně intenzitu snižujeme (po desetidecibelových krocích) do té doby, dokud nám pacient dáva tlačítkem znamení, že tón slyší. Až na audiometru zjistíme, že vyšetřovaný tón neslyší, vrátíme se na audiometru asi o 30 dB do vyšší intenzity. Znovu budeme opakovat měření, ale po pětidecibových krocích. Jako prahovou intenzitu udáváme tu nejnižší, kterou pacient ještě slyší. Stejným způsobem nalezneme a označíme sluchové prahy tónů ostatních frekvencí v následujícím pořadí: po 1000 Hz pokračují tóny vyšší 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz. Po dosažení horní vyšetřované hranice přejdeme do oblasti frekvenčně nižší 500 Hz, 250 Hz, 125 Hz.

2.4.3.2. Vyšetření sluchového prahu kostního vedení

Po vyšetření prahů vzdušného vedení vyšetřujeme práh pro vedení kostní. Při vyšetřování prahu kostního vedení dodržujeme:

1. Práh sluchu kostního vedení musíme vyšetřit prakticky vždy. Nevyšetřujeme jen ve výjimečných případech, a to:
 - a) Normaukuzie, kdy na žádné frekvenci nepřekračuje práh vzdušného vedení hladinu intenzity 20 dB.
 - b) Velmi vysoký práh sluchu vzdušného vedení, příp. praktická hluchota. Přímo v audiometru je omezena maximální intenzita stimulace pro kostní vedení.
2. Vyšetření provádíme pomocí kostního vibrátoru, který je součástí audiometru. Vibrátor přiložíme a fixujeme:
 - a) Vibrátor na správném místě udržuje pružina. Není vhodné aby si vibrátor pacient sám přidržoval rukou, může nastat falešný, především vibrační vjem.
 - b) Vibrátor se nesmí dotýkat boltece., protože by mohlo dojít k přenosu na chrupavku zvukovodu a odtud na blanku bubínku.
 - c) Musí být přiložen celou plochou a ne jen hranou. Pod plochou vibrátoru nesmí být ponechány vlasy.
3. Stimulační signál je nejčastěji přerušovaný frekvenčně čistý tón 250 – 4000 Hz.
4. Sluchátko, kterým jsme vyšetřovali vzdušné vedení, nyní předsuneme z vyšetřovaného ucha před boltec tak, aby netlačilo na vchod do zvukovodu. Ponechání sluchátka na původním místě je chybou, která ovlivní kvalitu

vyšetření vznikem tzv. okluzního efektu. Okluzní efekt vzniká vždy, je-li uzavřen vnější zvukovod a současně se měří pomocí kostního vibrátoru. Jde o zlepšení prahu sluchu při kostním vedení na frekvencích dlouhé a pomalé akustické vlny 250, 500, 1000 Hz. Při aplikaci vyšetřovaného tónu z vibrátoru se rozkmitají příslušné kostěné části lebky a tím i konečná část zvukovodu. V případě, že je zvukovod uzavřen, např. neodsunutým sluchátkem, přenesou se kmity z kosti na vzduchový sloupec v uzavřeném zvukovodu, dále na blanku bubínku a cestou středoušního vedení do labyrintu. Část akustické energie se tak přenáší navíc i vzdušnou cestou a zlepšení prahu může dosáhnout až 15 dB.

5. Druhé sluchátko ponecháme na nevyšetřovaném uchu k aplikaci maskovacího šumu.
6. Při vyšetření kostního vedení musíme nevyšetřované ucho ohlušovat prakticky vždy. Používáme nejčastěji úzkopásmových šumů.

Praktické provedení

Postup se technicky podobá vyšetření prahů sluchu vzdušného vedení, klade jen vyšší nároky na kvalitu ohlušení nevyšetřovaného ucha.

Po skončení vyšetření vzdušného vedení sluchátky nasadíme vyšetřovanému pečlivě kostní vibrátor. Vyšetřovat začínáme hůře slyšícím uchem, protože tento postup zjednodušuje ohlušení maskovaného, tedy lépe slyšícího ucha. Nastavíme příslušný maskovací šum a do vyšetřovaného ucha zavádíme stimulační tón. Hladinu nejnižší intenzity, kdy pacient udá sluchový vjem označíme. Takto získaný práh zkontrolujeme opakovaní. Vyšetřujeme v následujícím sledu : 1000, 2000, 4000 Hz. Pak 500 a 250 Hz..

2.4.4. Audiometrické hodnocení stavu sluchu

Základním důvodem pro posuzování stupně sluchové ztráty je nutnost jednoznačné kategorizace poruchy sluchu. Grafické vyjádření stavu sluchu – audiogram, byť by bylo nejpřesnější v mnohých situacích nevyhovuje. Existuje celá řada předpisů, které vyžadují přesné vyjádření stavu sluchu jednoduchým symbolem (jedním číslem) – např. řídičské

průkazy, vhodnost zařazení do zaměstnání, vojenská služba a další. Kromě toho musí také existovat možnost vzájemného porovnávání jednotlivých výsledků mezi různými pracovišti nebo u jednotlivých pacientů v čase.

Posuzování stupně sluchové ztráty je možné podle různých kritérií. Stupeň sluchové ztráty můžeme posuzovat z:

2.4.4.1. Komunikace

Posuzování stupně sluchové ztráty není jenom činností speciální a specifickou. Každý mluvčí při každém hovoru, při komunikaci s jinou osobou vnímá automaticky kromě obsahu mluveného i komunikační potíže. Odhadujeme, zda-li se domluvíme bez problémů, zda-li budeme k domluvení potřebovat určitého úsilí či se nedokážeme domluvit vůbec. Takový způsob posuzování komunikačních možností a jejich poruch je pro reálnou komunikaci nezbytný.

2.4.4.2. Sluchové zkoušky

Sluchovou ztrátu hodnotíme podle slyšení šepotu a hlasité řeči:

normální sluch	šepot i hlasitou řeč rozumí na 6 m
Lehká nedoslýchavost	rozumí řeč na 4 - 6 m
středně těžká nedoslýchavost	rozumí řeč na 2 - 4 m
Těžká nedoslýchavost	rozumí řeč na 1 - 2 m
velmi těžká nedoslýchavost	méně než 1 m
praktická hluchota	slyší zvuk, nerozumí
totální hluchota	neslyší ani zvuk

2.4.4.3. Tónového audiogramu

a) průběhem křivky:

Podle průběhu prahové křivky vzdušného vedení a velikosti ztrát v řečové frekvenční oblasti (500- 2000 Hz), dělíme poruchy sluchu na:

Normální sluch	prahové křivky do 20 dB
Lehká nedoslýchavost	ztráta mezi 20 - 40 dB
Středně těžká nedoslýchavost	ztráta mezi 40 - 60 dB
Těžká nedoslýchavost	ztráta mezi 60 - 80 dB
Velmi těžká nedoslýchavost	ztráta 80 - 90 dB

Praktická hluchota	zbytky sluchu
Totální hluchota	bez jakéhokoliv záznamu

b) průměrem

K hodnocení stupně sluchové ztráty lze užít výpočet průměrné ztráty prahových hodnot vzdušného vedení pro frekvence 500, 1000, 2000 Hz. (Především pro potřeby vojenské správy.)

Výpočet:

$$a + b + c / 3$$

a – ztráta na 500 Hz

b – ztráta na 1000 Hz

c – ztráta na 2000 Hz

c) výpočtem procent

Výpočet ztrát provádíme pomocí speciálních tabulek dle Fowlera, kde se přiřadí každé sluchové ztrátě v dB příslušný počet procent. Vyjádření procenty odpovídá komunikační důležitosti příslušné frekvence (např. ztráta 50 dB na komunikačně významné frekvenci 2000 Hz je 22,4%, zatímco na frekvenci 4000 Hz jen 8,0%). Za základ bereme ztráty sluchu odečtené z prahového tónového audiogramu pro vzdušné vedení na frekvenci 500, 1000, 2000 a 4000 Hz. Procentuální hodnoty na jednom uchu se sčítají. Výpočet celkové ztráty sluchu v procentech se provede tak, že obě hodnoty pro jednotlivé uši se vzájemně odečtou, rozdíl se dělí čtyřmi a takto získaná hodnota se přičte k lépe slyšícímu uchu – viz. tabulka č. 4.

Výpočet ztráty:

$$(B-A)/4+A$$

A- % ztráty lépe slyšícího ucha

B- % ztráty hůře slyšícího ucha

tabulka č. 4

SLUCHOVÁ ZTRÁTA V				
% dle Fowlera				
Ztráta sluchu v dB	Odpovídající frekvence v Hz			
	500	1000	2000	4000
10	0,2	0,3	0,4	0,1
15	0,5	0,9	1,3	0,3
20	1,1	2,1	2,9	0,9
25	1,8	3,6	4,9	1,7
30	2,6	5,4	7,2	2,7
35	3,7	7,7	9,8	3,8
40	4,9	10,2	12,9	5
45	6,4	13	17,3	6,4
50	7,9	15,7	22,4	8
55	9,6	19	25,7	9,7
60	11,3	21,5	28	11,2
65	12,8	23,5	30,2	12,5
70	13,8	25,5	32,2	13,5
75	14,6	27,2	34	14,2
80	14,8	28,8	35,8	14,6
85	14,9	29,8	37,5	14,8
90	15	29,9	39,2	14,9
95	15	30	40	15

2.5. Technické prostředky k vyšetření sluchu [1, 9]

2.5.1. Přístroje k vyšetření sluchu

Jednou ze základních charakteristik audiometrie je skutečnost, že musí k vyšetření používat speciální přístroje.

AUDIOMETR

Audiometr je přístroj na vyšetření sluchu, který je schopen produkovat různé akustické signály. Audiometry se dělí na několik druhů:

1. Podle specifikace měřeného signálu lze rozlišovat audiometr tónový, slovní a audiometr pro objektivní audiometrii:

- a) **Tónový audiometr** je přístroj pomocí něhož stanovujeme sluchový práh pro přesně definované tóny. Je nejrozšířenějším a základním typem přístroje, který audiometrie používá.
- b) **Audiometr slovní** nebo řečový pro stanovení srozumitelnosti slov, vět a jiných složek řeči.
- c) **Audiometr pro objektivní audiometrii** nevyžaduje spolupráci pacienta – tympanometr, audiometr pro vyšetření pomocí evokovaných potenciálů. Používá se k vyšetření sluchu u speciálních stavů – malé děti, simulanti apod.

2. Podle možností které konstrukce přístroje dává pro klinické využití jsou audimetry děleny:

- a) **Audimetry pro depistáž** (sceningový) slouží pro orientační audiometrické vyšetření pouze za účelem zjištění, zda sluchový práh je v mezích normy či

nikoliv. Mají menší počet frekvenčních tónů, obvykle pět, mohou být jednokanálové a nejsou vybaveny kostním vibrátorem.

- b) **Audiometr pro běžnou diagnostiku** (diagnostický) je určen pro měření sluchového prahu pro vzdušné a kostní vedení v odborné lékařské praxi. Umožňuje měřit práh na osmi frekvencích. Je vybaven sluchátky i kostním vibrátorem, dovoluje použít maskovacího šumu.
- c) **Klinický audiometr** umožňuje vedle stanovení sluchového prahu, podobně jako audiometr diagnostický, ještě celou řadu dalších speciálních vyšetření a zkoušek.

Audiometry jsou elektronické přístroje, které se skládají z několika vzájemně propojených součástí. Srdcem každého přístroje je tónový generátor – zdroj čistých tónů. Tóny je možno frekvenčně volit : 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 Hz. Doporučeny jsou dále kmitočty 125, 750 a 1500 Hz. Kmitočty kostního vedení zvuku jsou 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 Hz. Kvalita generátoru je posuzována podle zkreslení, které obsahují jím tvořené tóny. Moderní přístroje mají generátory tak kvalitní, že se zkreslení pohybuje v desetinách procenta.

Vedle generátoru pro čisté tóny obsahuje audiometr i generátor pro tvorbu maskovacích šumů.

Dělič. Intenzita měřených tónů musí být měnitelná pomocí děliče po 5 dB v celém měřeném rozsahu. Jedna z poloh děliče, značená 0 dB sluchové ztráty, musí odpovídat normálnímu sluchovému prahu (s normální hladinou sluchového prahu).

Přerušovač. Každý audiometr je vybaven spínačem, který je schopen zapínat nebo vypínat vyšetřovaný zvukový signál. Funkce tohoto spínače nesmí ovlivnit kvalitu vyšetření. Přerušovaný tón je pacientem přesněji vnímán a jednodušeji rozpoznáván než tón stálý.

Sluchátka. Musí být upravena tak, aby umožňovala těsné přiložení k uchu. Je od nich vyžadováno, aby nezkreslovaly měřený zvuk, byla s nimi snadná manipulace a daly se dobře čistit. Sluchátka nelze měnit od jednoho přístroje k druhému. Jsou trvalou neměnnou součástí každé vyšetřovací soustavy.

Kostní vibrátor. Je zhotoven z tvrdého materiálu a opatřen kruhovitou kontaktní ploškou. Kostní vibrátor má být opatřen zařízením, které umožňuje jeho přitlačení k hlavě.

Signalizátor. Nejčastěji tlačítkový, kterým pacient signalizuje, že vyšetřovaný tón slyší.

Každý audiometr má i mikrofon, umožňující kontakt s pacientem do kabiny nebo do tiché komory.

2.5.2. Audiogram

Audiogram je vyplněný formulář s grafickým označením sluchového prahu vzdušného a kostního vedení pravého i levého ucha.

Podle typu zobrazení a způsobu měření známe audiogramy:

- a) **Absolutní** – na audiogramu jsou zapsány hodnoty prahu sluchu pro jednotlivé frekvence v absolutních hodnotách akustického tlaku.
- b) **Relativní** – vzniká tak, že na okrajových frekvencích je prahový akustický tlak zesilován právě o tolik, aby normální prahové hodnoty v celém vyšetřovaném poli odpovídali přímce.
- c) **Ztrátový** – je každý audiogram, který vyjadřuje sluchovou ztrátu ať absolutně nebo relativně.

Osnova audiogramu je tvořena předtištěnou sítí vodorovných a svislých čar – úseček. Úsečky vodorovné určují hladinu intenzity tónu v decibelech (dB). Hladina 0 dB neznamená nulovou intenzitu, ale označuje takový akustický tlak, který odpovídá ideálnímu prahu sluchu. Úsečky pod touto úrovní, které jsou označeny 10 – 110 dB, v deseti dB krocích, určují intenzitu zesílení nad ideálním prahem sluchu. Označují nárůst intenzity, která je nutná, aby vyšetřovaný udal individuální práh sluchu. Rozdíl mezi hladinou intenzity 0 dB a individuální prahovou hladinou vyjadřuje sluchovou ztrátu v dB. Svislé úsečky udávají frekvence vyšetřovaných tónů v hertzech (Hz).

Formulář audiogramu je doplněn některými údaji:

1. **Administrativní**– jméno pacienta, typ audiometru, datum, podpis vyšetřující osoby, atd.
2. **Výsledky měření**
 1. **Základní** – zobrazení prahových hodnot čistých tónů pro jednotlivé frekvence pravého a levého ucha, zvláště pro vzdušné a kostní vedení. Hodnoty pravého ucha značíme červenou a levého ucha modrou barvou. Značení, které je uvedeno, je nejobvyklejší a nejrozšířenější.
 - a) Vzdušné vedení – jednotlivé frekvenční prahy sluchu označujeme kroužkem pro pravé a křížkem pro levé ucho a tyto body vzájemně spojujeme plnou čarou.
 - b) Kostní vedení – prahové body jsou graficky zobrazeny hranatými závorkami pro maskované nebo ostrými pro nemaskované ucho; orientace závorek je opačná pro pravé a levé ucho; jednotlivé body spojujeme přerušovanou čarou.
 2. **Rozvíjející** – obsahují údaje, které rozvíjejí, příp. doplňují výsledky vyšetření.
 - a) **Audiometrické zkoušky** – výsledek je zapisován buď v grafice (např.: šumová audiometrie, SAL test, Zangemeisterova a Fowlerova zkouška apod.) nebo jako symbol (SISI, KW); je nutné vždy připojit vysvětlující legendu.
 - b) **Matematické výpočty** – především určení velikosti ztrát sluchu v procentech.

3. Základy MS Excelu a Visual Basic [5,6]

Cílem této kapitoly není naučit čtenáře používat a programovat v Excelu, ale má mu nastínit některé funkce, přínosy a možnosti programování tohoto programu. Pokusím se čtenáře seznámit s výpočty, analýzou dat, funkcemi a programováním, které je možno používat.

3.1 MS Excel

Program MS Excel, který je součástí balíku MS Office, lze velice dobře využívat pro vědecké a inženýrské výpočty, a v některých případech dokonce i lépe než některé speciálně vytvořené aplikace. Součástí programu MS Excel jsou veškeré základní vědecké a inženýrské matematické funkce, nutné k přesným výpočtům.

3.1.1. Něco málo o buňkách

Základem Excelu jsou buňky, jakákoli buňka může obsahovat číslo, text, datum, čas, případně výrazy, které převádí na správný formát. Všechny buňky v Excelu jsou definovány svým obsahem a hodnotou. Změnou formátu buněk neměníme jejich hodnotu, ale pouze to, jak se nám zobrazují. Zadáme-li do buňky vzorec, pak vzorec tvoří obsah buňky a výsledné číslo hodnotu buňky.

3.1.1.1 Odkazy na buňky

Pomocí odkazů na buňky určujeme to, kde je třeba hledat hodnoty, které chceme využít ve vzorci. Nejdůležitější odkazy na buňky jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Typ odkazu	Příklad
Řádek	Číslo
Sloupec	Písmeno
Relativní odkaz	B5
Absolutní odkaz	\$B\$5
Smíšený odkaz	\$B5 nebo B\$5
Odkaz na oblast	A5:F7

Tabulka č. 5

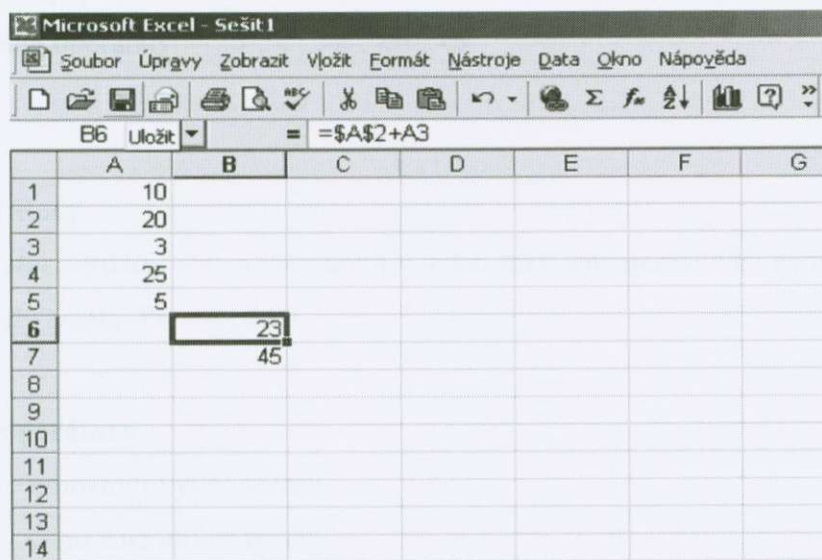
Složitější odkazy jsou odkazy na buňku, která neleží přímo v tabulce, se kterou pracujeme, případně dokonce v jiném souboru. Tyto odkazy se nazývají externími odkazy. Výhodou programu MS Excel je, že tabulka na niž se chceme odkázat nemusí být otevřená. Můžeme tedy vybrat buňku z libovolného souboru v libovolném adresáři, a to tak, že napíšeme jméno souboru (tabulky) a za něj vykřičník a číslo tabulky.

Chceme-li požit buňku C6 v tabulce Sešit2.xls, uložené na disku D, napíšeme odkaz ve formě

= 'D: \ [Sešit2.xls]List1 '!c6

3.1.1.2 Kopírování odkazů

Při kopírování odkazů musíme mít neustále na paměti, že kopírováním vzorců se absolutní odkazy nemění, zatímco relativní odkazy se mění podle místa na , na které kopie směřuje. Jak je vidět na obrázku č 13.



Obrázek č 13

Při přesunu buněk by nemělo dojít ke změně výsledku. Přesun obsahu buňky znamená pouze změnu vzhledu tabulky a veškeré odkazy v buňce se změni na novou polohu odkazované buňky.

3.1.2. Operátory v programu MS Excel

Program MS Excel rozeznává čtyři typy základních operátorů: matematické, relační, textové a odkazové

Matematické

Fungují v programu na standartních principech matematiky. Zahrnují standartní matematické operace: sčítání, odčítání, násobení, dělení, výpočet procent umocnění atd.

Relační

Relační operátory porovnávají hodnoty buněk a zkoumají jejich pravdivostní hodnotu.

Patří sem relační operandy: = , > , < , >= , <= , <>

Textové operátory

Textový operátor sdružuje dva a více textů v jeden text. Znaménko "&" spojí zadané texty v jeden souvislý celek. Příklad: =A1&B1

Odkazovací operátory

Tyto operátory umožňují výběr oblastí

: (dvojtečka) – vymezuje oblast buněk

; (středník) – umožňuje sjednocení více oblastí mezi sebou

(jednoduchá mezerka) – je operátorem průniku dvou polí

Některé z funkcí si nyní přiblížíme trochu více.

3.1.2.1 Tabulkové funkce

Pro výpočty je důležité, aby počítané funkce byly dostatečně dostupné. Na jejich dostupnosti do značné míry závisí složitost a pracnost prováděných výpočtů. MS Excel poskytuje deset různých typů funkcí: databázové, datové a časové, finanční, informační, inženýrské, logické, matematické, statistické, textové, vyhledávací.

Jestliže chceme zadat funkci ve výrazu, provádíme to tak, že nejprve zadáme do buňky znaménko „=" , čímž dáme najevo, že jde o vzorec, napíšeme její jméno, dáme levou závorku, argumenty funkce a uzavřeme celý výraz pravou závorkou.

	A	B	C	D
1	10			
2	20			
3	30			
4	40			
5	100			
6				
7				

Obrázek č.14

3.1.2.2. Matematické funkce

Provádějí jednoduché i složitější výpočty, jejichž výsledkem je číselná hodnota.

Matematické funkce lze rozčlenit do čtyř základních typů:

aritmetické – umožňují provádění základních matematických výpočtů

Př. ABS(číslo)

logaritmické – umožňují používání logaritmických funkcí

Př. EXP(číslo)

trigonometrické – umožňují základní výpočty sin, cos, tg úhlů. Jejich hodnoty zadáváme v radiánech.

Př. COS(číslo)

maticové – funkce umožňují vypočítat operaci s hodnotami zadaných maticí

Př. SOUČIN.MATIN(pole1;pole2)

3.1.2.3 Inženýrské funkce

V programu MS Excel najdeme několik typů inženýrských funkcí, především jde o funkce inženýrské analýzy, funkce, převádějící čísla do různých číselných soustav a funkce převádějící čísla do různých měrných soustav.

3.1.2.4 Aritmetické funkce

Zabývají se komplexními čísly. Tyto funkce umožňují například převod na komplexní číslo a najít jeho absolutní hodnotu, získat imaginární část komplexního čísla a jeho úhel, nebo spočítat jeho cosinus.

Jak bylo zmíněno na začátku, existuje spousta dalších funkcí, ale vytvořit návod, jak je všechny používat není cílem tohoto textu.

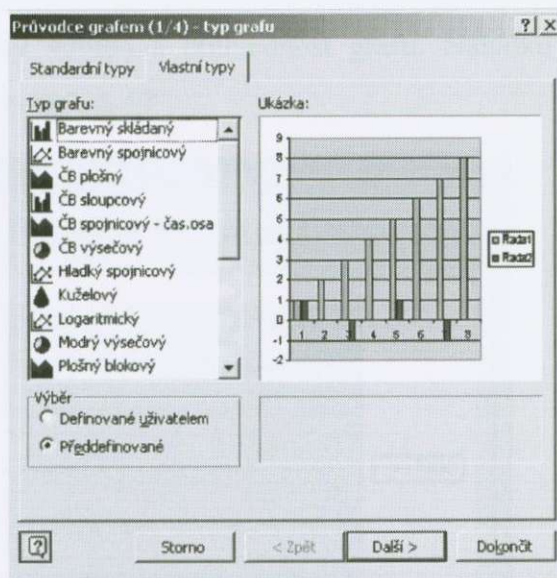
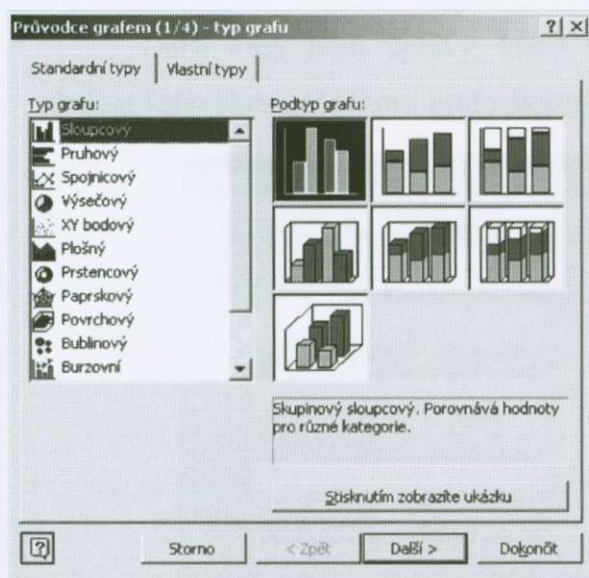
3.1.3. Grafická prezentace dat v tabulce

Základní význam tabulkového procesoru spočívá v možnosti zadání dat a jejich analýze. Nedílnou součástí analýzy dat je i jejich vykreslování do grafů, které slouží ke získání jasnější představy o datech.

MS Excel umožňuje umístit grafy dvojím způsobem. Jednak lze grafy přidávat do určitého listu, k tabulkám a datům, anebo je vytvářet jako samostatné listy souboru. Vytváření grafů je velmi zjednodušeno při využití tlačítka „průvodce grafem“

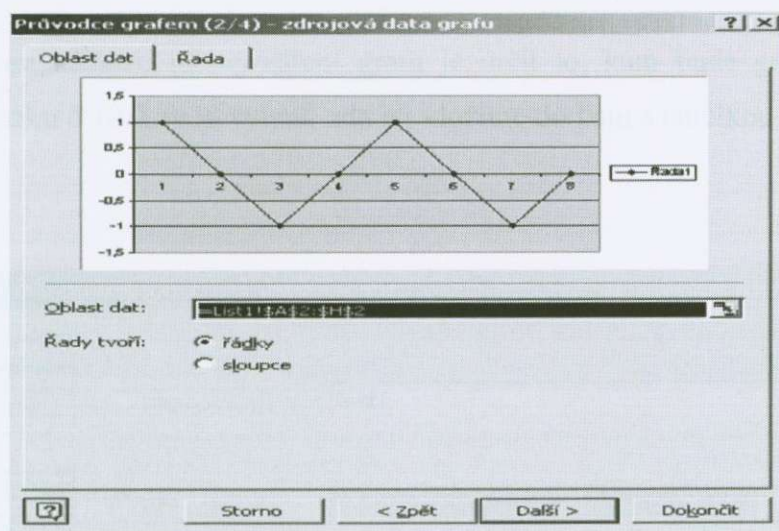
Ještě než se spustí průvodce grafem, je třeba vybrat data, která v grafu budou zobrazena. Po výběru dat přistoupíme ke spuštění „průvodce grafem“

Nejdříve vybereme typ grafu, který budeme používat. Je důležité vybrat ten správný druh, který nám bude nejlépe vypovídat o naměřených hodnotách. Máme možnost si vybrat ze standardních z vlastních typů, jak vidíme na obrázku č. 15



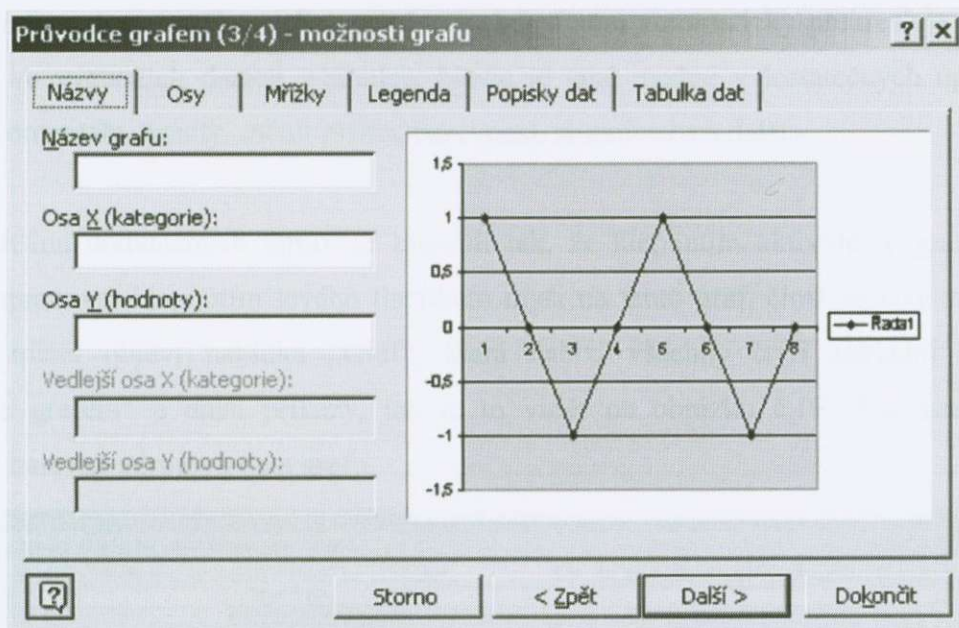
Obrázek č 15

Dále vybereme zdrojová data, která budeme v grafu používat a to provedeme v dalším dialogovém okně. Vidíme je na obrázku č.16



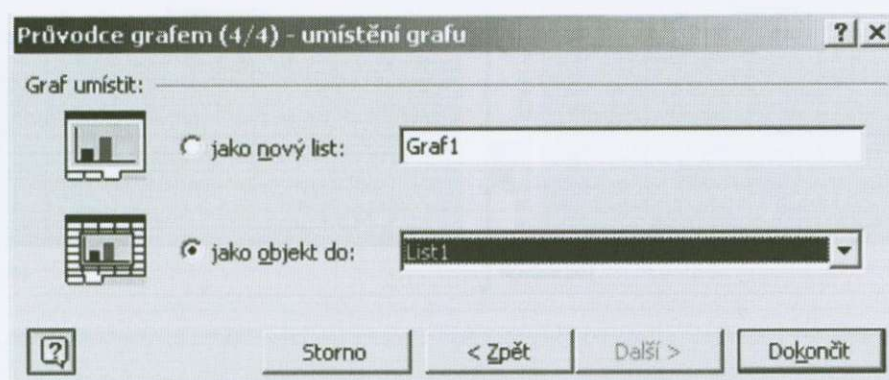
Obrázek č. 16

Další krok tvoří úpravy, které určují vzhled a přehlednost grafu. Nabídku 3. dialogového okna „Možnosti grafu ukazuje obrázek č. 17



Obrázek č. 17

Posledním krokem při vytváření grafu je určit to, kam bude graf umístěn. To vidíme na obrázku č 18. Lze si vybrat, zda jej vložíme do listu s tabulkou nebo jako nový list.

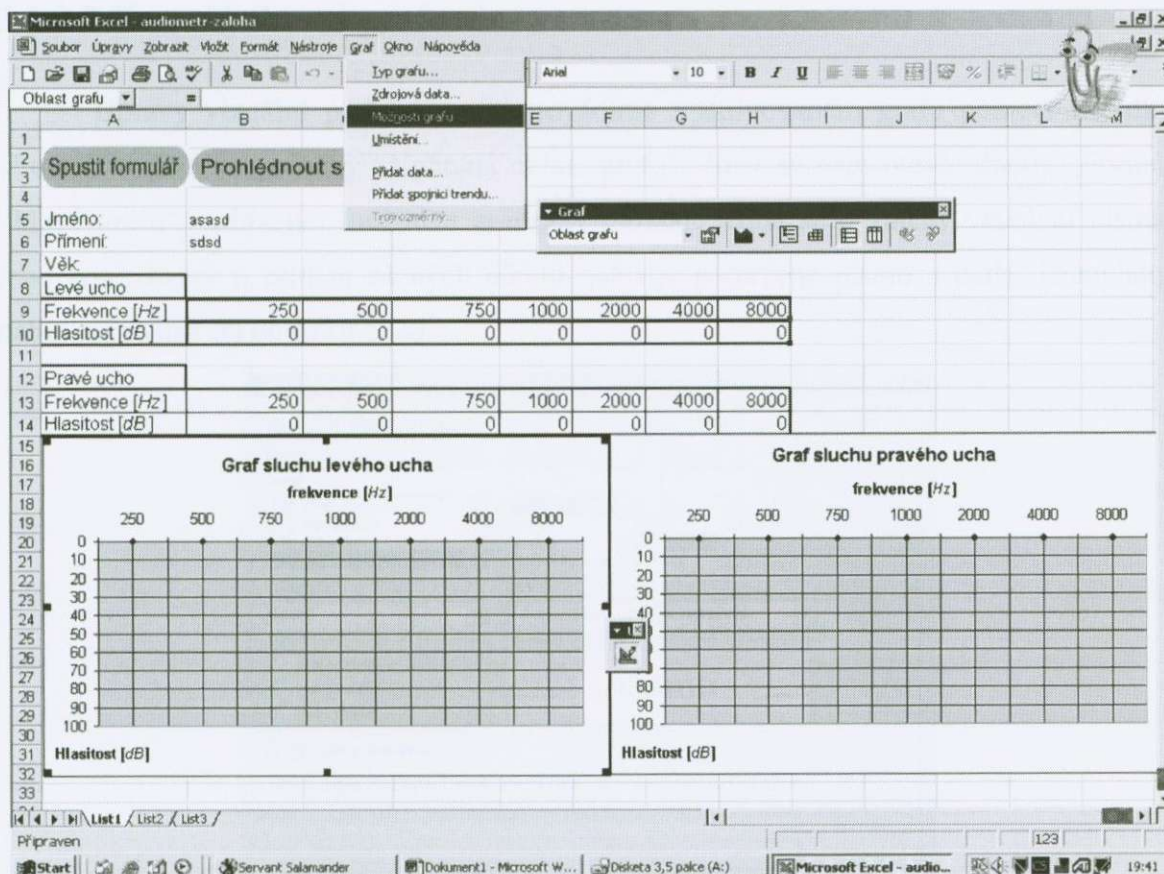


Obrázek č. 18

3.1.3.1 Úprava grafů

Následné úpravy již hotových grafů umožňují celou řadu změn jak ve vizuální podobě grafu, tak v datech a jejich výběrech, kdy Excel automaticky překresluje graf se změnami ve výchozích datech v tabulce. Navíc je také možné v dostatečných úpravách přidávat komentáře, trendy, měnit písma, barevnost, stupnice os a další.

Většina dodatečných úprav se provádí tak, že klepnutím aktivujeme graf, který budeme upravovat klepnutím levého tlačítka myši na tento graf, čímž se také v panelu hlavního menu objeví nabídka „Graf“, která nabízí všechny čtyři základní dialogy „Průvodce grafem“ a další příkazy, jak je to vidět na obrázku č.19. Současně takto označíme barevně zdrojová data grafu.



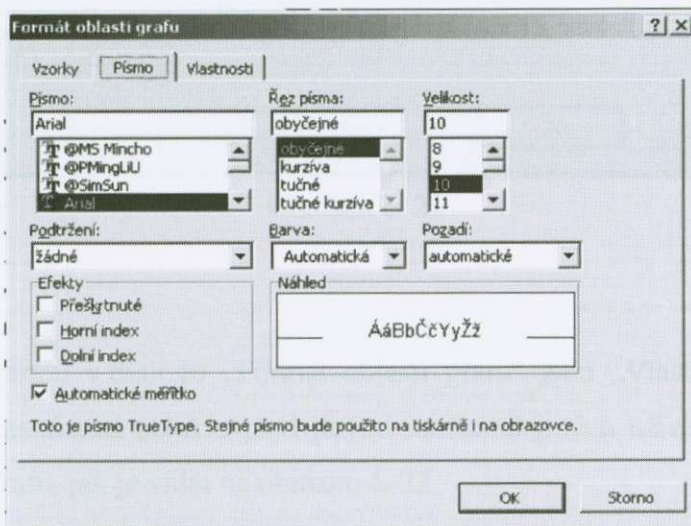
Obrázek č. 19

Do hotových grafů lze také vkládat hodnoty jednotlivých bodů, případně přidávat objekty, jako jsou například komentáře, přímo do grafu apod. Zobrazení jednotlivých hodnot vyvoláme v otevřeném grafu z nabídky Graf výběrem „Možnosti grafu“. V nabídce „Popisky“ zatrhneme volbu „Zobrazit hodnoty“.

Přidání komentářů k jednotlivým bodům (chceme-li například okomentovat extrémní zobrazenou hodnotu) je poněkud odlišné. V nabídce „Vložit“ vybereme „Obrázek“ a zvolíme „Automatické tvary“. V tuto chvíli se promění kurzor myši na „křížek“. Jeho umístěním a tažením zvolíme polohu, tvar a velikost komentáře. Uvolněním levého tlačítka myši se komentář ohraničí jako vložený objekt a kurzor se změní ve svistou čárku, za kterou můžeme zapisovat komentář.

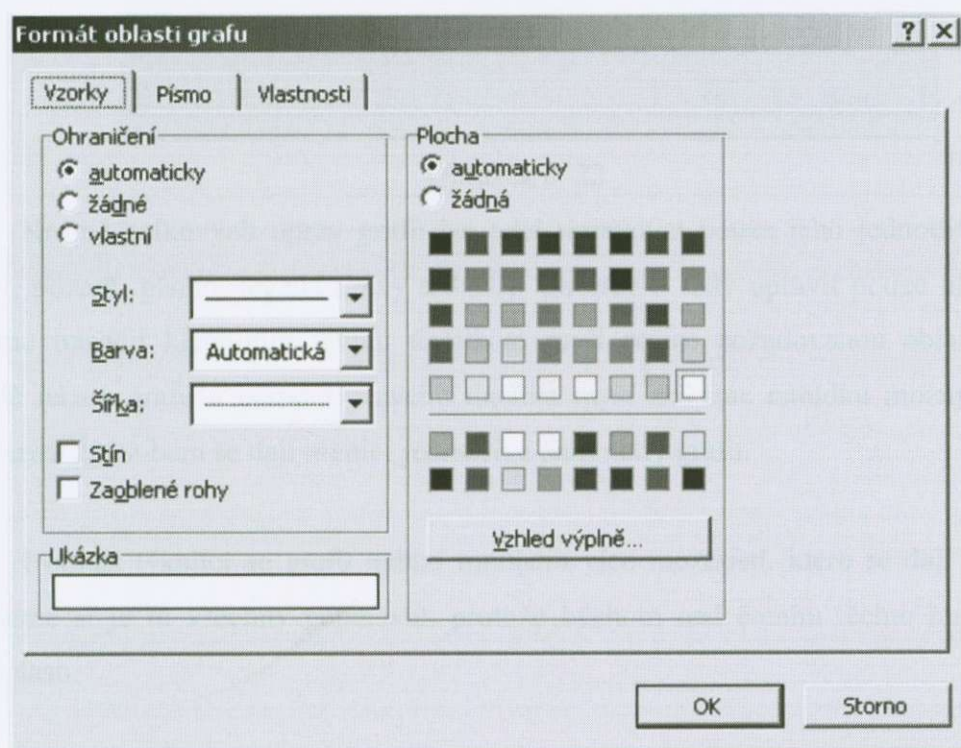
3.1.3.2 Formát oblasti grafu

Úpravy vizuální podoby grafu provádíme v aktivovaném grafu pomocí nabídky „Formát“ výběrem položky „Vybraná oblast grafu“, čímž se nám otevře dialog „Formát oblasti grafu“, nabízející možnosti grafických změn. Jedná se o změny velikosti písma, jeho typu, barvy a přidání různých efektů, jako je podtržené písmo a další. Kompletní nabídka je vidět na obrázku č. 20.



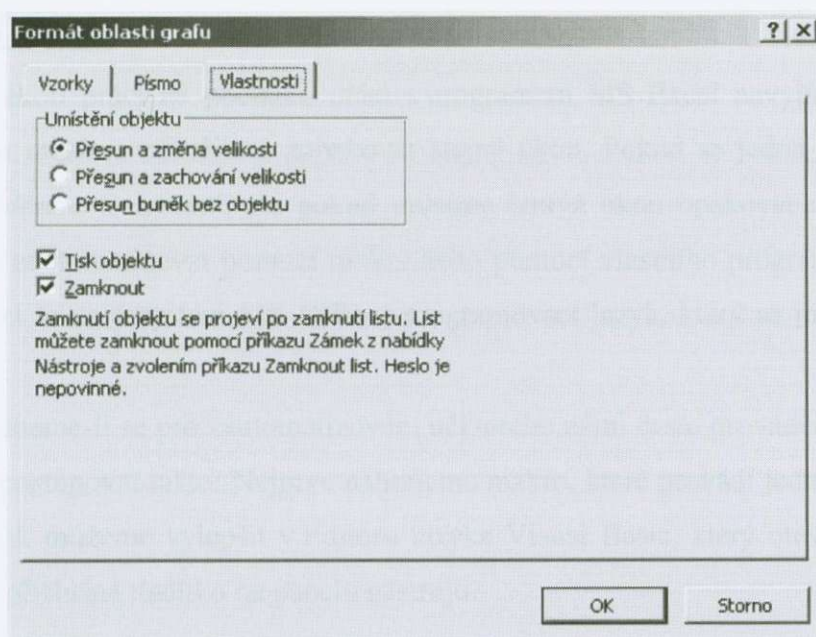
Obrázek č. 20

Dialog „Formát oblasti grafu“ nabízí také v nabídce „Vzorky“ změny v barevnosti grafu, obrázek č. 21. V této položce lze měnit barvy pozadí, barvy plochy grafu, barvy vykreslených hodnot. Kromě jiného jsou zde obsaženy pod tlačítkem „Vzhled výplně“ různé barevné výplně, vzorky a textury, upravitelné do nejrůznějších požadovaných barevných podob pro co nejpůsobivější ztvárnění grafu, a pokud ani to nestačí našim požadavkům, můžeme pro pozadí grafu použít vlastní obrázek, který vybereme z libovolného souboru tlačítkem „Vzhled výplně“ a dále volbou „Obrázek“, „Vybrat obrázek“.



Obrázek č. 21

Poslední kartou v dialogu „Formát oblasti grafu“ jsou „Vlastnosti“, kterými lze změnit například zamknutí objektu před jinými změnami jiných uživatelů souboru, nebo upravit umístění grafu, jak je vidět na obrázku č. 22



Obrázek č. 22

Kromě celkových úprav grafu lze také upravovat pouze jeho jednotlivé součásti (název, pozadí, písmo, legendu, osy a další). Chceme-li tedy upravit pouze název grafu, můžeme označit klepnutím levým tlačítkem myši pouze požadovanou oblast, v tomto případě název grafu a pomocí pravého tlačítka myši získáme nabídku možných úprav.. Podobným způsobem se dají měnit i jednotlivé parametry grafu.

I oblast týkající se grafů nabízí mnohem více možností, které se dají využít, ale nebudeme si je tu všechny popisovat, protože bychom nad čtením těchto řádků strávili hodně času.

3.2. Visual Basic

Při jakékoli práci na počítači, práci s programem MS Excel nevyjímaje, se nám často stane, že musíme několikrát zopakovat stejný úkon. Pokud se jedná o malý počet opakování, většinou to nevadí, ale pokud musíme tentýž úkon opakovat mnohokrát, je výhodné si ho zautomatizovat pomocí makra nebo pomocí vlastního programu. K tomuto účelu má Excel (a celý systém MS Office) programovací jazyk, který se jmenuje Visual Basic.

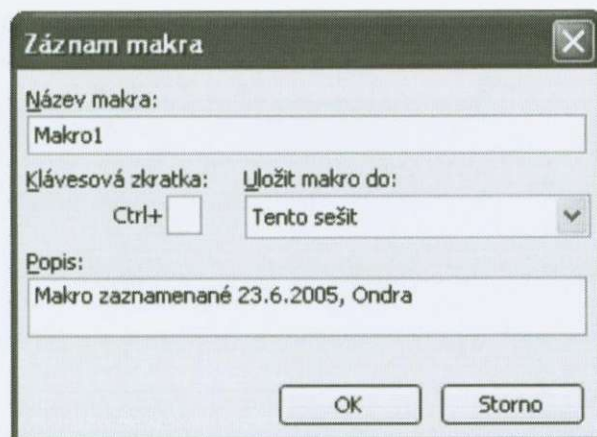
Rozhodneme-li se pro zautomatizování některého námi často prováděného postupu, bude nejlepší postupovat takto: Nejprve nahrajeme makro, které provádí jednoduchý úkon. Toto makro pak můžeme vylepšit v Editoru jazyka Visual Basic, který otevřeme, tak, že poklepeme na příslušné tlačítko na panelu nástrojů.

Není dobré se vzdávat, když nejsme schopni při své práci přijít na správné řešení našeho problému hned. Čas, který strávíme vytvářením makra, se nám vyplatí; jednak tím že nudný a opakující se úkol provedeme velmi efektivně a rychle, jednak tím, že při vytváření makra získáme nový pohled na věc. Jako ve všech oblastech duševní práce, i zde platí fakt, že nejlépe porozumíme tomu, na co přijdeme vlastními silami.

3.2.1 Využití záznamu makra pro automatizaci opakujících se úloh

Představme si, že máme tabulku čísel, ve které si chceme pro snazší orientaci označit tučně a červeně všechny hodnoty větší než 10. Pokud tento úkol budeme dělat pro jednotlivé buňky zvlášť, vybereme nejprve příslušnou buňku a změníme její formát na požadovaný výsledek. Pokud bychom tuto úpravu prováděli pouze jednou, asi by nám to nevadilo provést pár úkonů, pokud bychom ale tento úkon museli provést mnohokrát, bylo by výhodnější zautomatizovat si ho pomocí makra.

Toto makro by se dalo vytvořit tímto způsobem. Vybrali bychom si buňku, která obsahuje číslici vyšší jak 10. Z nabídky *Nástroje* bychom si vybrali *Makro/Záznam nového makra*. Vybrali bychom si pro makro název a klávesovou zkratku jako vidíme na obrázku č. 23.



Obrázek č. 23

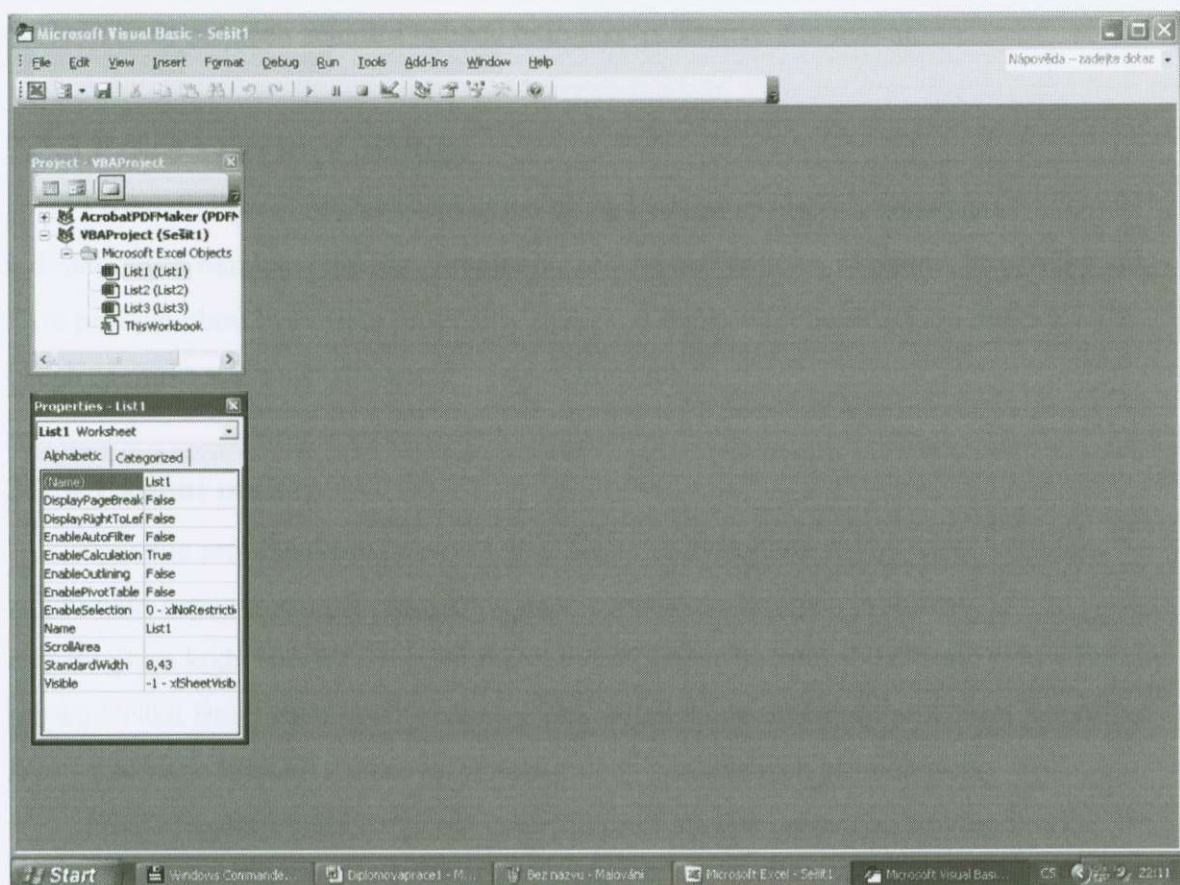
Nyní bychom provedli změnu formátu buňky a stiskli tlačítko *Zastavit záznam*. Tím bychom zastali makro a měli bychom jej připravené Vždy když bychom byli na nějaké buňce s hodnotou vyšší jak 10 a stiskli bychom námi zvolenou klávesovou zkratku, formát buňky by se nám změnil.

Jistého zjednodušení bychom tedy dosáhli pomocí tohoto makra, stále však musíme buňky sami vyhledávat, což je zvláště u velkých tabulek nepříjemné a může se to stát zdrojem chyb způsobených naší vlastní nepozorností.

3.2.2 Práce s modulem

Texty maker (tzv. kódy) jsou uschovány v modulech. K nim se dostaneme v Editoru jazyka Visual Basic, který spustíme buď stisknutím tlačítka na panelu nástrojů, nebo výběrem položek z nabídky *Nástroje/Makro/Editor jazyka Visual Basic*, případně současným stiskem kláves *Alt-F11*.

Otevře se nové okno s názvem *Microsoft Visual Basic*, které těsně po otevření obsahuje vlastní položky nabídky, ikony a dvě okna s názvy *Vlastnosti* a *Projekt*, jako vidíme na obrázku č. 24.



Obrázek č. 24

Pokud si rozkřikneme některý modul, uvidíme kód námi uloženého makra, pokud jsme již nějaké vytvořili. V tomto kódu je uloženo makro se všemi příkazy, které jsou pro jeho průběh nezbytné. Kromě toho jsou tu uloženy i proměnné, které při běhu makra využíváme.

Samotné makro začíná příkazem *Sub*, za nímž následuje název makra. Makro končí příkazem *End Sub*. Pro tvorbu maker se používá programovací jazyk a všechny jeho příkazy bychom asi těžko vyjmenovali (další části této práce se s některými seznámíme blíže), tato práce není totiž učebnicí programování.

Postupným přibalováním různých funkcí na základní makro (třeba to, které jsme si popsali na začátku) dostáváme více a více propracovanější program, který nám určitou činnost mnohem ulehčuje, než bychom dělali ručně sami. Pokud bychom chtěli dát do

námi vytvořeného makra nějaký komentář, můžeme jej přidat za apostrof ('), text za tímto znakem bude označen zeleně a nebude brán jako příkazové tělo makra.

3.2.3 Práce s prvky v dialogu

Přímo do listu si můžeme vložit prvky, se kterými se obvykle setkáváme v dialogových oknech – tlačítka, přepínače, zaškrtačací políčka, seznamy, posuvníky atd. Tyto prvky mohou být v listu propojeny s nějakou buňkou (nebo skupinou buňek), jejíž obsah se může stát součástí vzorců v jiných buňkách.

3.2.4 Ladění maker

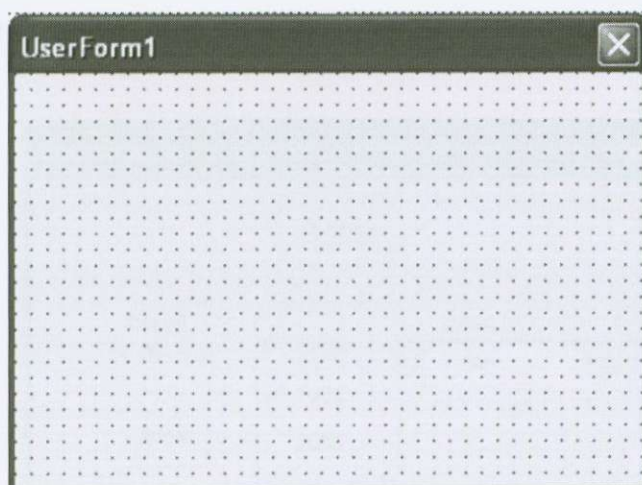
Ne vždy probíhá tvorba makra lehce. Často se vyskytnou chyby, které většinou zavíní naše nepozornost při psaní kódu nebo neznalost některých problémů. U rozsáhlejších kódů nemusí být hned jasné, která část chybu způsobila, proto jsou v Editoru jazyka Visual Basic zabudovány nástroje pro ladění, které umožňují procházet jednotlivé kroky makra po krocích a sledovat přitom změny používaných proměnných.

Editor jazyka Visual Basic má kontrolu proti chybně napsaným slovům jazyka. Pokud napíšeme slovo, které je příkazem jazyka VB, toto slovo po přechodu na následující řádek zmodrá. Pokud takové vyhrazené slovo napíšeme malými písmeny, po přechodu na jiný řádek se na začátek dosadí velká písmena. Text za apostrofem se zapíše zelenou barvou, takže je na první pohled zřejmé, kde se nacházejí poznámky, a pokud uděláme chybu, kterou neopravíme hned, příslušná část kódu je zobrazena červeně.

3.2.5 Použití formuláře pro ovládání makra

V předchozím textu jsme vkládali ovládací prvky přímo do listu Excelu. Tyto prvky se ale dají také vložit do formuláře, který se použije jako dialogové okno pro ovládání makra.

Vložení nového formuláře udělá v editoru jazyka VB příkazem *Vložit/UserForm*. Objeví se okno s nadpisem *UserForm1* a v něm prázdný formulář, jako vidíme na obrázku č. 25.



Obrázek č. 25

Tento formulář se nyní zaplní ovládacími prvky, jaké se používají v listu Excelu – výhodou tohoto formuláře je, že ho lze vyvolat z libovolného listu právě otevřeného sešitu, pokud budeme mít současně otevřený soubor, který tento formulář obsahuje.

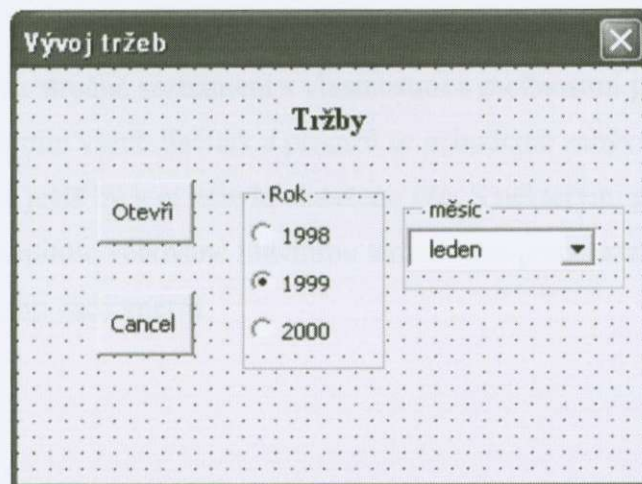
Pokud se současně s formulářem neotevře panel nástrojů *Ovládací prvky*, vidíme na obrázku č. 26, dá se zobrazit pomocí *Zobrazit/Nástroje* nebo klepnutím na příslušnou ikonu na panelu nástrojů.



Obrázek č. 26

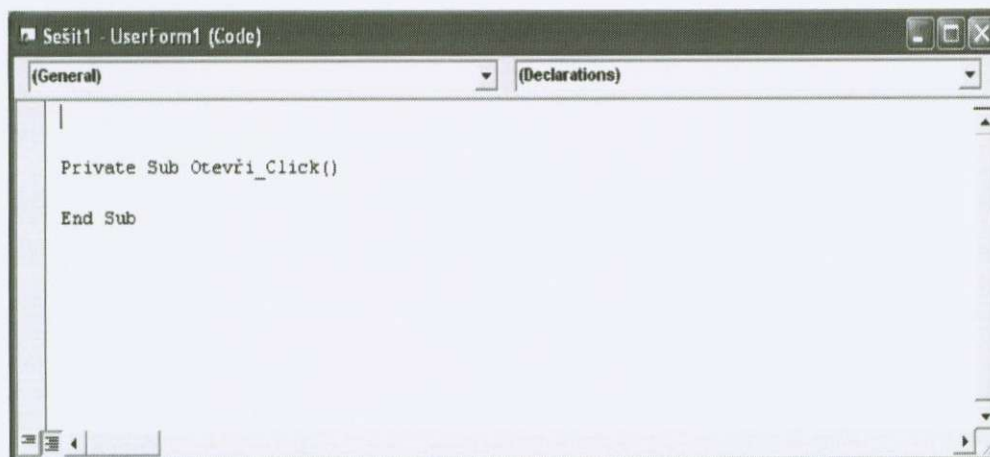
Z tohoto panelu nástrojů se postupně formulář zaplňuje vkládáním příslušných ovládacích prvků. Volíme postupně tyto ovládací prvky podle toho, k čemu chceme tento

formulář využívat. Pro ukázkou jsem zvolil formulář pro vytisknutí tržeb za daný rok a měsíc. Tento formulář vidíme na obrázku č. 27.



Obrázek č. 27

Ke každému novému ovládacímu prvku je přiřazené prázdné makro s názvem ovládacího prvku a funkcí, kterou toto makro vyvoláme, jak to vidíme na obrázku č.28. Do těla toho to makra nyní vložíme kód, který makro ovládá.



Obrázek č. 28

V programu Excel zobrazíme formulář použitím makra jehož kód bude obsahovat příkaz ve kterém je obsažen název formuláře a za tečkou slovo show. Například: *UserForm1.Show* – toto makro zobrazí formulář UserForm1.

Toto makro můžeme přiřadit některému tlačítku, nebo jej vyvolat použitím klávesové zkratky.

Toto má být pouze stručné seznámení s vlastnostmi a možnostmi programovacího jazyka VB. Programováním všech tlačítek a příkazů se nebudeme zabývat, protože to by vydalo na celou knihu a ještě by v ní nebylo obsaženo vše. S některými příkazy a postupy se blíže seznámíme v kapitole věnované hlavnímu tématu této práce, kterou je naprogramování vlastního audiometru

4. Zvukový výstup počítače [6,7]

Ve svých prvopočátcích mohl PC vydávat zvuky pouze prostřednictvím svého reproduktoru. I ten nejlepší reproduktor PC má plechový zvuk a nemohli jsme se nadít ničeho lepšího než skřípání a skřehotání, doprovázené občasným houknutím.

To vše již není pravda. Zvukové vybavení PC je tak dobré, že velkou část této kapitoly nemuseli vyťukávat do klávesnice, ale namluvit ji za použití zařízení rozeznávajícího lidský hlas, které by umožnilo aby se vše, co by se řeklo se převedlo do psané formy.

Povíme si něco o tom, jak zvukové karty pracují a jaké mají vlastnosti.

4.1 Zvuková syntéza

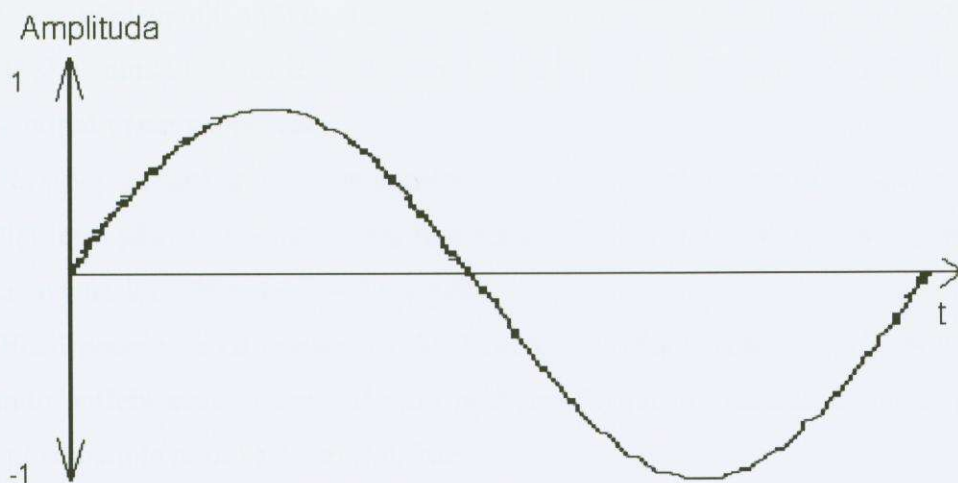
Úkolem zvukových karet je záznam a přehrávání zvuku. Způsob, jakým to dělají, se však značně liší. Existují tři hlavní způsoby reprodukce zvuku.

- vzorkování (Sampling),
- syntéza FM,
- tabulková syntéza (Wawetable).

4.1.1. Převod signálu na bity: Vzorkování

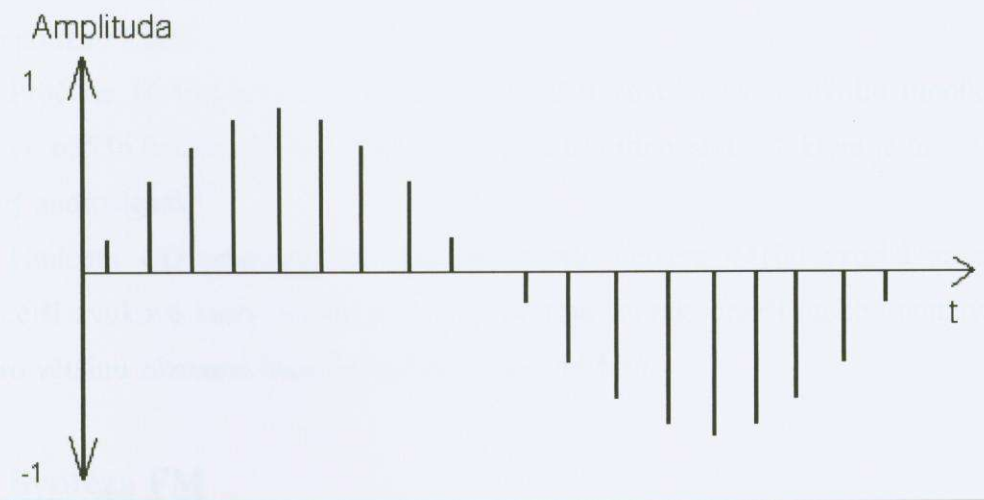
Aby mohla zvuková karta se zvukem pracovat, je nutné ho převést z analogové podoby do formátu příznivějšího pro bitové zpracování. Hlavní metoda převodu z analogového zvuku na digitální se nazývá vzorkování. Provádí se to metodou PCM neboli impulsová kódová modulace.

Předpokládejme, že se pokoušíme převést jednoduchý analogový signál na obrázku č. 29 na digitální.



Obrázek č. 29

U PCM se mnohokrát za sekundu odebere vzorek signálu a zaznamená se výška, čili amplituda vlny. (Ve skutečnosti se zaznamenává **logaritmus** výšky – zvuk vnímáme logaritmičky) Příklad vzorkování je na obrázku č. 30.



Obrázek č. 30

Čáry představují výšku signálu v určitých časových okamžicích. Není možné změřit výšku signálu v každém okamžiku, můžeme změřit pouze omezené množství vzorků – odtud výraz vzorkování.

Na první pohled je jasné, že to není dostačující počet informací o signálu. Chceme-li si udělat lepší představu, nutnou pro rekonstrukci původního audiosignálu, bude lepší za stejný časový úsek odebrat větší počet vzorků.

Větší počet vzorků znamená vyšší kvalitu reprodukováného signálu. Kolik vzorků za sekundu potřebujeme? Odpověď nám poskytne Nyquistův teorém. Říká, že pro úplné zachycení signálu je potřeba N vzorků, kde

$N = 2 \times \text{šířka pásma signálu}$

Šířka pásma lidského sluchu se bohatě vejde do 22050 Hz. Dvojnásobek bude 44100 vzorků za sekundu, což je vzorkovací rychlost hudebních CD. Vyšší vzorkovací rychlost znamená, že se musí uchovávat větší množství dat za sekundu.

To ale o vzorkování pomocí PCM není vše. Předpokládejme, že zaznamenané hodnoty se mohou pohybovat v rozmezí -127 až +127 a že to mohou být pouze celá čísla. Protože celkový možný počet hodnot je pouze 256, bude zde k zakódování každé hodnoty signálu použito 8 bitů.

Proč ne 16 bitů pro každý vzorek? Použití 16 bitů by umožnilo mnohem větší množství, 65536 hodnot, ale zdvojnásobilo by se tím množství dat, které je nutné uchovat pro daný audiosignál.

Hudební CD používají 16 bitů na vzorek, celkem 44100 vzorků za sekundu. Nejlevnější zvukové karty mohou požívat 8 bitů na vzorek, dražší mohou používat až 32 bitů. Pro většinu záznamů hlasu nebo hudby stačí 16 bitů.

4.1.2. Syntéza FM

Vzorkování se výborně hodí pro záznam zvuků. Chceme-li však vytvořit úplně nové zvuky, musí mít autoři programů pro PC po ruce způsob, jak přikázat zvukové kartě „Zahraj ‚A‘ jak by znělo na klavíru“. Jednou z metod, která to umožňuje, je FM syntéza. Obvykle je realizována obvodem MIDI (Digitální rozhraní pro hudební nástroje).

Trochu zjednodušeně je základem FM syntézy myšlenka, že hudební zvuky mají podobu cyklu, který se skládá ze čtyř částí.

Podstatou syntézy FM je určit vlnový průběh daného hudebního nástroje zdáním hodnot příslušných čtyř částí cyklu, nástupu, poklesu, trvání a doznívání.

4.1.3. Tabulky vlnového průběhu

Výše uvedený způsob se poměrně snadno kóduje a umožňuje vytvářet velmi kompaktní soubory, řádově menší než jsou soubory vzorkované. Ale zjednodušující povaha modelu ADSR (Attac-Decay-Sustain-Release) je na úkor hudební věrnosti

Některé zvukové karty problém obcházejí tím, že celý vlnový průběh hudebních nástrojů uchovávají v paměti ROM přímo na kartě. Tento způsob se nazývá tabulková syntéza (wawetable) – a není levný- Chceme-li však hudební syntézu v nejvyšší kvalitě, je to pro nás způsob.

4.2 Charakteristika zvukových karet

Zvukové karty se liší ve způsobu, jakým tvoří zvuky, jak jemné je rozlišení, které při tom používají a jaké doplňky karta obsahuje, například průběžný audioobvod, nebo rozhraní pro CD-ROM.

„16 bitová karta“ většinou označuje kartu pro 16 bitový slot ISA. Výhodou této karty byla její rychlost. Mluvíme-li však o zvukových kartách, máme na mysli typ vzorkování.

Osmibitové vzorky postačí na velmi jednoduché zvuky. Chceme-li však dělat dobrá multimédia, neobejdeme se bez karty s možností přehrávat a zaznamenávat 16 bitový zvuk. Vhodným příkladem kvalitní 16 bitové karty je *Sound Blaster 16*. Existují také 32 bitové karty například *AWE32*. Vývoj jde stále kupředu a budou vznikat zvukové karty s mnohem vyšší přesností.

Některé desky pracují pouze s MIDI soubory a dovedou přehrávat pouze je; jiné mohou přehrávat pouze soubory získané vzorkováním, obvykle nazývané WAW. Hudba v PC je většinou kombinací, proto se hodí mít na kartě obě možnosti.

4.3 Reproduktorové soustavy

Veškeré povídání o zvukových kartách pozbývá smysl, nepořídí-li se k ní reproduktory, aby bylo možno něco slyšet. Některé zvukové karty je sice možno napojit na interní reproduktor zabudovaný v PC, ale nedělá se to, je to pouze monofonní zvuk a jeho kvalita je mizerná.

Reproduktory jsou většinou stereoreproduktory. Napájeny mohou být buď externě (aktivní reproduktory) nebo z výstupu zvukové karty (pasivní reproduktory). Obecně se dá říci, že pár jednoduchých reproduktorů by zvláštní napájení neměl vyžadovat. Dokonalejší soustavy reproduktorů s hloubkovými reproduktory budou téměř vždy zahrnovat i zesilovač, takže je nutno počítat ještě s jednou zásuvkou nedaleko PC navíc pro reproduktory.

5. Naprogramování vlastního audiometru [5,6,7]

V této části mé diplomové práce se budu věnovat tvorbě vlastního audiometru, naprogramovaného v programovacím jazyku Programu Excel, Visual Basic. Tento audiometr je vytvořen pro běžného člověka ke kontrole kvality vlastního sluchu.

5.1 Návrh audiometru

Abychom mohli nějaký audiometr naprogramovat, musíme nejdříve pochopit části napsané v předcházejících částech této práce. Hlavně si musíme ujasnit to, co chceme měřit. Tento audiometr, má za úkol do sluchátek, k tomu určených, vyslat zvuk o určité frekvenci hladině decibelů, kterou si nejdříve určíme v měřicím formuláři, v námi udělaném programu. Pokud vyšetřovaný tento zvuk slyší, dá nám signál nějakým signalizačním zařízením. U nás je to led dioda, která je ovládaná spínačem u vyšetřované osoby, napájená baterií. Formulář je naprogramovaný tak, aby výsledné naměřené hodnoty stiskem tlačítka ukládal do tabulky. Z tabulky je generován graf ztráty sluchu. Výsledné hodnoty v listu Excelu jsou ukládány do souboru, který je pojmenovaný jménem a příjmením vyšetřované osoby.

5.2 Realizace audiometru

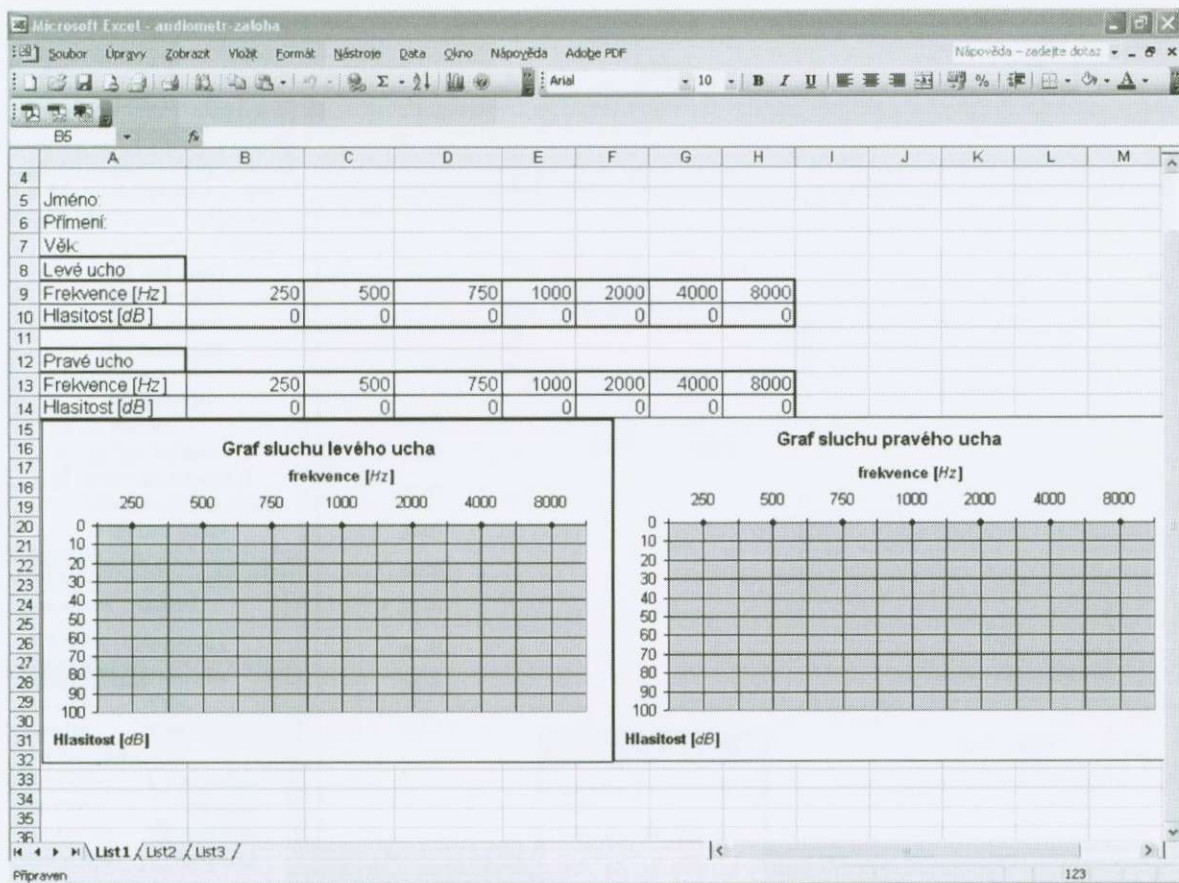
5.2.1. Příprava softwaru a hardwaru

Nejdříve si musíme připravit počítač tak, abychom mohli náš počítač zrealizova. Já jsem v počítači používal operační systém Windows XP a balíček MS Office 2003. Při použití MS Excel 2003 jsem programoval ve Visual Basicu 6.3. Při programování je použita univerzálně použitelná knihovna DLL (Dynamic Link Library, knihovna funkcí Windows) obsažená v systému Windows, která nám zajistí zvukový výstup počítače

takový, jaký potřebujeme. Dále jsem požil zvukovou kartu v mém počítači, která dokáže generovat a vydat do sluchátek vyžadovaný zvuk, který jí je přidělen z počítače. V neposlední řadě je třeba sehnat dobrá sluchátka, která jsou schopna co nejvíce potlačit šum a vydat čistý zvukový signál.

5.2.1. Příprava sešitu MS Excel

Na začátku tvorby audiometru jsme si připravili software a hardware, který budeme potřebovat a nyní se pustíme do přípravy sešitu v MS Excelu. Otevřeme si nový sešit MS Excel a uložíme jej jako audiometr. V novém sešitu si nazveme některé buňky, které budeme potřebovat pro identifikaci vyšetřovaného, jako jsou jméno, příjmení a věk. Dále si vytvoříme 2 stejné tabulky, každou pro jedno ucho. V tabulce budou zaznamenány u každého ucha frekvence v *Hertzích* a k nim příslušné hodnoty hlasitosti v *Decibelech*. Z obou dvou tabulek se automaticky budou generovat grafy, které budou znázorňovat ztrátu sluchu každého ucha. Na obrázku č. 31 vidíme, jak tento sešit vypadá.



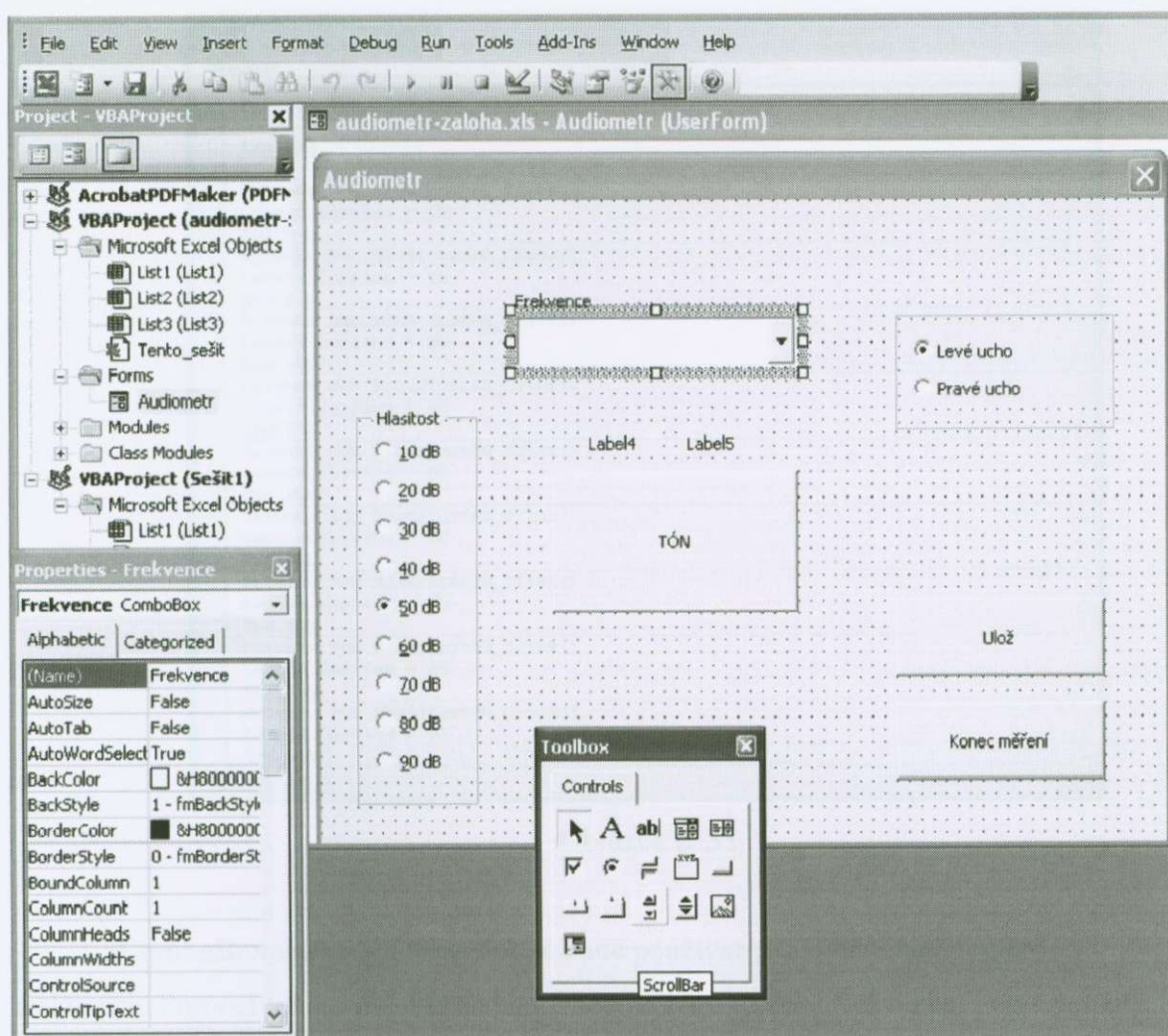
Obrázek č. 31

Abychom mohli v tomto sešitu pohodlně používat makra, vložíme do něj tlačítka, přes které budeme makra spouštět. V nějakém grafickém prostředí si vytvoříme tlačítka a pomocí funkce Vložit/Obrázek je do sešitu vložíme. Po vytvoření maker k těmto obrázkům přiřadíme jejich spuštění.

5.2.2 Vytvoření formuláře pro měření

Abychom mohli vytvořený audiometr pohodlně používat, pro jeho používání si vytvoříme v jazyku Visual Basic formulář, jehož spuštění přiřadíme danému tlačítku.

Otevřeme si Editor jazyka VB a zvolíme si vytvořit nový formulář. Ten si pojmenujeme audiometr a postupně do něj vkládáme objekty, které budeme potřebovat. V mém případě jsem si zvolil objekty, jaké vidíme na obrázku č. 32.



Obrázek č. 32

Každý z objektů je pro měření potřeba, proto si je vysvětlíme. Rámeček nazvaný Hlasitost s možností přepínání od 10 dB do 90 dB pomocí 9 optionButtonů bude použit pro přepínání hlasitosti, která bude pro měření potřeba. Program jazyku VB je na obrázku č. 33.


```
audiometr zaloha.xls - Audiometr (Code)
Hlasitost Click
Private Sub Hlasitost_Click()
End Sub
Private Sub Hlasitost10_Click()
Label4.Caption = 10
End Sub
Private Sub Hlasitost20_Click()
Label4.Caption = 20
End Sub
Private Sub Hlasitost30_Click()
Label4.Caption = 30
End Sub
Private Sub Hlasitost40_Click()
Label4.Caption = 40
End Sub
Private Sub Hlasitost50_Click()
Label4.Caption = 50
End Sub
Private Sub Hlasitost60_Click()
Label4.Caption = 60
End Sub
Private Sub Hlasitost70_Click()
Label4.Caption = 70
End Sub
Private Sub Hlasitost80_Click()
Label4.Caption = 80
End Sub
Private Sub Hlasitost90_Click()
Label4.Caption = 90
End Sub
```

Obrázek č. 33

ComboBox nazvaný Frekvence se bude používat pro výběr námi zvolené frekvence. Pomocí tohoto objektu se bude moci vybírat měřená frekvence. Popis použitý v jazyku VB vidíte na obrázku č. 34.

```
AUDIOMETR.XLS - Audiometr (Code)
Frekvence Change
Private Sub Frekvence_Change()
Select Case Frekvence.Value
Case 250
Label15.Caption = 2
Case 500
Label15.Caption = 3
Case 750
Label15.Caption = 4
Case 1000
Label15.Caption = 5
Case 2000
Label15.Caption = 6
Case 4000
Label15.Caption = 7
```

Obrázek č. 34

U Všech dříve zmíněných objektů používáme 2 objekty typu *Label* s názvy *Label1* a *Label2*. Tyto objekty se používají jako pomocné objekty pro ukládání právě používaných proměnných dříve uvedených objektů.

Pomocí dvou orámovaných *OptionButton*ů nazvaných *Levé ucho* a *Pravé ucho* se ovládá směr zvukového výstupu. Zda směr půjde do levého, či do pravého sluchátka. Toho se využívá i při ukládání. Využívá proměnných uložených v objektu *Label1*. Hodnot se dále používá při generaci zvuku a ukládání hodnot do tabulky.

Dalšími použitými objekty jsou tři tlačítka, nazvané *TÓN*, *Ulož* a *Konec měření*. Postupně si rozebereme jejich funkci.

Tlačítko *TÓN* :

Toto tlačítko generuje zvuk, který je pouštěn do sluchátek. S pomocí objektů pro ovládání toho, do kterého ucha půjde zvuk a použitím standardní Windows DLL knihovny, která spouští již vytvořené zvukové soubory. Část příkazů pro knihovnu je uloženo v modulu. Tento modul vidíme na obrázku č. 35.

```
AUDIOMETR.XLS - Module4 (Code)
(General) (Declarations)
#If Win32 Then
Declare Function sndPlaySound Lib "Winmm.DLL" Alias "sndPlaySoundA" (ByVal WavFile As Any, ByVal
#Else
Declare Function sndPlaySound Lib "nmsystem.DLL" Alias "sndPlaySoundA" (ByVal WavFile As Any, ByV
#End If

Public Const SND_SYNC = &H0
Public Const SND_ASYNC = &H1
Public Const SND_NODEFAULT = &H2
Public Const SND_LOOP = &H8
Public Const SND_NOSTOP = &H10
```

Obrázek č. 35

a další jsou uloženy přímo v příkazu pro tlačítko. Celý příkaz pro toto tlačítko je vidět na obrázku č. 36.

```
Private Sub Tón_Click()

If Levé_ucho.Value = True Then
SoundName$ = "e:\diplomka\audio\L" & Label4.Caption & Frekvence.Value & ".wav"
wFlags = SND_ASYNC Or SND_NODEFAULT
x% = sndPlaySound(SoundName$, wFlags)

Else
SoundName$ = "e:\diplomka\audio\P" & Label4.Caption & Frekvence.Value & ".wav"
wFlags = SND_ASYNC Or SND_NODEFAULT
x% = sndPlaySound(SoundName$, wFlags)

End If
End Sub
```

Obrázek č. 36

Používané zvukové soubory jsou kalibrovány zvukoměrem, pro každou kombinaci frekvence, hlasitosti a stranu sluchátek byl zvukový výstup proměřen přístrojem a byly ošetřeny chyby ve výstupech.

Tlačítko *Ulož*:

Funkce tohoto tlačítka je taková, že ukládá hodnoty pro výběr ucha, frekvenci a hlasitost, jakou jsme naměřili do tabulek v sešitu MS Excel. Z těchto hodnot se nám také generuje graf ztráty sluchu. Zdrojový kód pro toto tlačítko je vidět na obrázku č. 37.

```
Private Sub Ulož_Click()
Dim colIndex As Integer

colIndex = Label5.Caption

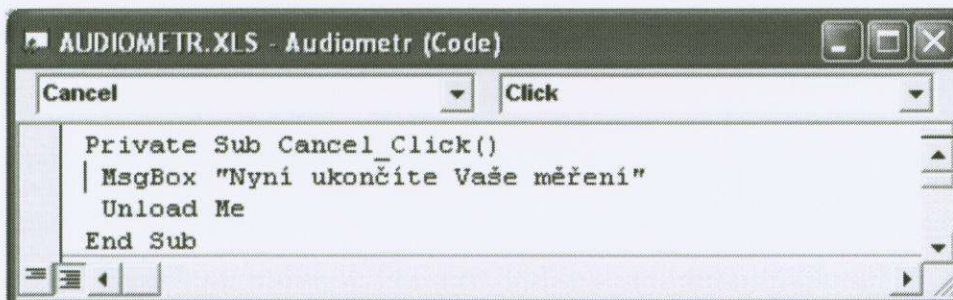
If Levé_ucho.Value = True Then
Cells(10, colIndex).Value = Label4.Caption
Else
Cells(14, colIndex).Value = Label4.Caption
End If

End Sub
```

Obrázek č. 37

Tlačítko *Konec měření*:

Použitím tohoto tlačítka se ukončí používání formuláře a objeví se nám hláška o jeho ukončení. Tělo kódu tohoto tlačítka vidíme na obrázku č. 38.



Obrázek č. 38

Hlášku, kterou uvidíme po ukončení práce s formulářem vidíme na obrázku č. 39.



Obrázek č. 39

V této kapitole jsem se čtenáři pokusil nastínit vytvoření mého formuláře pomocí programovacího jazyka Visual Basic, který dále používáme v programu MS Excel.

5.2.3 Vyladění audiometru pro použití v praxi

Vytvořený audiometr bylo nutné vyzkoušet tak, aby nám zvukový výstup počítače dával správné hodnoty. To jsme si již popsali v předcházející kapitole.

Dále musíme zajisti zpětnou vazbu od vyšetřované osoby. To jsem zajisti LED diodou připojenou na zdroj napětí a spouštěnou tlačítkem. Toto tlačítko má v ruce vyšetřovaná osoba.

Slyší-li zvuk ve sluchátku, zmáčkne tlačítko a rozsvítí se dioda. Pokud dioda svítí, dává nám to signál, že vyšetřovaná osoba tento tón slyší. Pokud nám dioda blikne, víme, že

máme postoupit o stupeň níže na stupnici decibelů. Pokud vyšetřovaný tón neslyší, vrátíme se o pozici nahoru, vyzkoušíme, zda skutečně slyší uložíme ji pomocí tlačítka.

Při měření jak jsem již řekl používáme sluchátka, která jsou velice dobře odstíněná od vnějších hluků, aby zvukový výstup byl co nejméně ovlivňován.

6. Závěr

V této práci jsem se pokusil objasnit „Audiometrii a tvorbu počítačového audiometru“ za pomoci prostředků programu MS Excel. Vysvětlili jsme si zde základní teoretické znalosti z oblasti audiometrie i několik praktických využití audiometrie.

Pokusil jsem se čtenáře seznámit s výpočty, analýzou dat, funkcemi a programováním, které je možno používat v programu MS Excel. Cílem nebylo naučit čtenáře používat a programovat v Excelu, ale mělo mu být nastíněny některé funkce, přínosy a možnosti programování tohoto programu. Podle mého názoru je program MS Excel mocný nástroj, který dokáže v rukou zkušeného člověka udělat velké věci pro zjednodušení jeho práce.

Čtenář se dověděl něco o tom, jak se vytváří v počítači zvuk a jak se převádí z analogové podoby na digitální a naopak, jak pracují zvukové karty a jaké mají vlastnosti.

V poslední části jsem za použití všech předchozích znalostí naprogramoval v programovacím prostředí Visual Basic v programu MS Excel audiometr, se kterým můžeme pomocí počítače měřit kvalitu lidského sluchu. Abychom mohli tento audiometr používat na více počítačích, je nutno si jej pro každý počítač kalibrovat podle parametrů hardwaru a softwaru počítače.

Seznam použité literatury

1. Lejska, M. a kol.: Základy praktické audiologie a audiometrie, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví Brno, 1994.
2. <http://www.steiner.cz/david/akustika>, leden 2001.
3. Hlavička, A a kol.: Fyzika pro pedagogické fakulty – I. Díl, Státní pedagogické nakladatelství n. p. Praha, 1978.
4. Main, G. I. : Kmity a vlny ve fyzice, Academia Praha, 1990.
5. Reed Jacobson: Excel 97 – Visual basic. Krok za krokem, Computer press, 1998.
6. Tomáš Urbánek, Jaroslav Škárka: Microsoft Excel 97 Pro vědce a inženýry, Computer press, 1998.
7. Burkhard Kainka: Využití rozhraní PC pod Windows, Hel 2000.
8. Pospíšil, J.: Mechanické a elektromagnetické kmity a vlny, Přírodovědná fakulta Olomouc, 1987.
9. Návod na použití audiometru AS 53
10. <http://www.hyperlink.cz/tks/smys.htm>., leden 2001.