

## KONSONANCE A DISONANCE STRUKTURY HUDEBNÍHO ZVUKU

Václav Syrový

*Musical Acoustics Research Centre (MARC) Prague  
Sound Studio of Music Faculty, Academy of Performing Arts in Prague,  
Malostranské. nám. 13, 11800 Praha 1, Czech Republic  
vaclav.syrovy@hamu.cz  
<http://web.hamu.cz/zvuk>*

**Abstract:** The perception of two tones played parallel is associated with consonance or dissonance, i.e. with euphony or ineuphony, harmony or disharmony. In general terms, the perception is based on physiology, psychology and aesthetics, and depends on the interval between the two tones. In music, an interval is defined as a verbal depiction of a pitch between two tones (unison, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, etc.). In acoustics, an interval expresses a numerical ratio of the frequencies of these tones (1:1, 8:7, 5:4 etc.). Intervals are to be found not only among complex tones produced by various music instruments, but also among pure (sinus) tones positioned both in harmonic and non-harmonic parts of frequency spectrum of a single complex tone, and even the formants, anti-formants and other bases for subjective perception of this spectrum. This is a reason why the notions of consonance and dissonance can be extrapolated also to the music tone structure, showing physical causal relation between the perception of its timbre, and subsequently also the sound quality.

### 1 Úvod

Vjem dvou spoluznějících tónů je spojován s konsonancí či disonancí, tzn. s pocitem libozvučnosti či nelibozvučnosti, splývání či nesplývání. Obecná povaha tohoto jevu je v podstatě fyziologicko-psychologicko-estetická a závisí na intervalu mezi tóny. Interval je hudebně definován jako verbálně pojmenovaná vzdálenost dvou tónů (prima, sekunda, tercie atd.), po akustické stránce interval představuje číselný poměr frekvencí těchto tónů (1:1, 8:7, 5:4 atd.). Intervaly mezi sebou svírají nejenom komplexní tóny produkované různými hudebními nástroji, ale též čisté (sinusové) tóny na pozicích harmonických i neharmonických složek frekvenčního spektra jediného komplexního tónu, dokonce i formanty, antiformanty a další tzv. opěrné body subjektivního vjemu (lit.1) tohoto spektra. Proto lze pojem konsonance a disonance vztáhnout i na případ struktury hudebního zvuku jako fyzikální příčinnosti vjemu jeho barvy, následně i zvukové kvality.

### 2 Vjem barvy hudebního zvuku

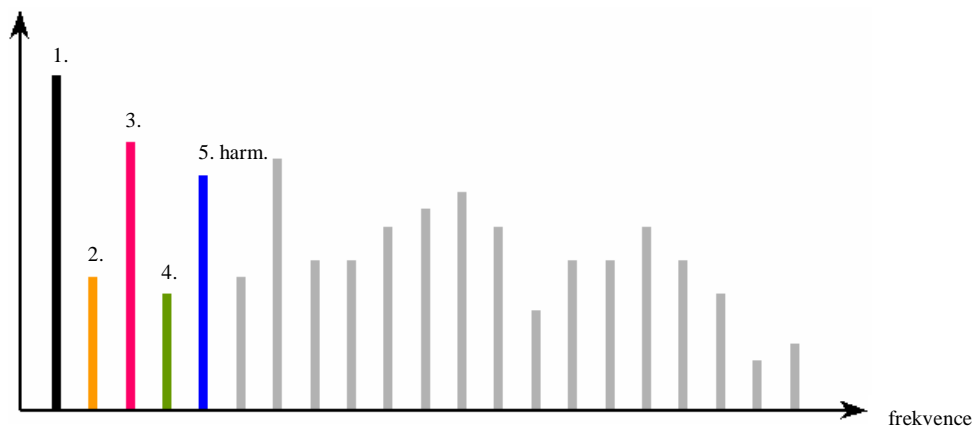
Za objektivní, tj. fyzikální příčiny vjemu barvy zvuku, velmi často nepřesně označované jako **základní psychoakustické dimenze barvy zvuku**, jsou považovány:

1. Frekvenční spektrum zakmitaného stavu tónu či zvuku
2. Časový vývoj diskrétních frekvenčních složek spektra tónu či zvuku
3. Frekvenční vztahy diskrétních frekvenčních složek spektra tónu či zvuku
4. Obsah a chování spojitých frekvenčních složek spektra tónu či zvuku

Barva zvuku bývá velmi často omezována pouze na jeho **první psychoakustickou dimenzi** zejména z důvodu relativně snadné měřitelnosti a také jednoduché interpretovatelnosti této dimenze, kterou reprezentuje klasické dvourozměrné frekvenční spektrum. O něm bychom

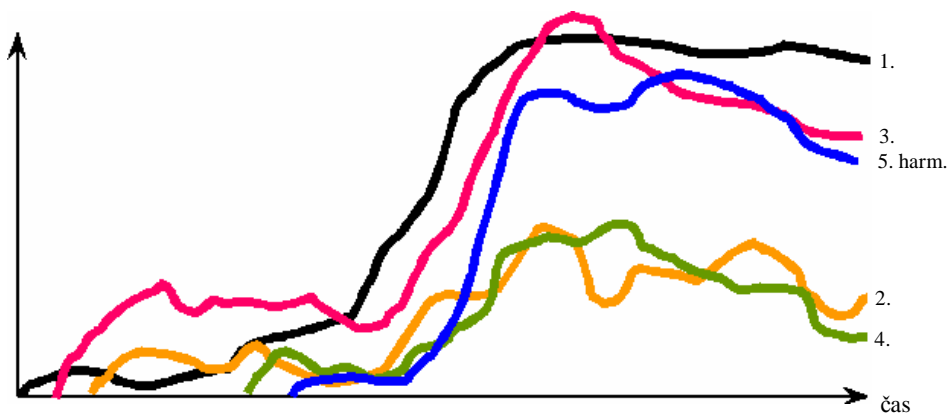
mohli předpokládat, že jej každý, kdo se o zvuk zajímá, zná a že v historii hudební i psychologické akustiky bylo pojímáno jako první a na dlouhou dobu také jako jediná objektivní příčina barvy resp. kvality jak vokálu, tak tónu. Pokud si však představíme zvukovou interpretaci dvourozměrného frekvenčního spektra, musíme konstatovat, že toto spektrum jako „graf“ závislosti intenzity harmonických i neharmonických složek na jejich frekvenci např. tónu hudebního nástroje je svým způsobem představě konkrétního tónu bližší, než jeho realizovaná statická syntéza.

Na obr. 1 je čárové spektrum prvních 25 harmonických tónů, které podle popisu přísluší šalmajové poloze B klarinetu. Vidíme typické liché spektrum s náznakem formantových oblastí. Z úrovně prvních 3 sudých harmonických usuzujeme na „nasalitu“ tónu jako na jeden z charakteristických rysů klarinetového tónu, který souvisí s jeho kvalitativním standardem. Necháme-li toto spektrum „zaznít“, prožíváme obvyklé zklamání nezkušeného akustika, který hledá chybu v metodě syntézy, nikoliv v nedostatečnosti informací, na základě nichž je umělý tón klarinetu realizován.



Obr. 1 Čárové spektrum tónu klarinetu

Ani respektování **druhé psychoakustické dimenze** (časového vývoje spektra na obr. 2), které znamená zásadní nárůst technologické náročnosti zvukové syntézy, nepřináší adekvátní kvalitativní účinek. To, že konkrétní harmonické složky vznikají a zanikají v daném pořadí či danou rychlostí, vnímáme jako kvantitativní záležitost formálního charakteru: „Už to tón či zvuk konkrétního nástroje začíná trochu připomínat“.



Obr. 2 Časový vývoj první pěti harmonických složek tónu klarinetu

Jako výchozí bod pro hodnocení kvality zvuku to však zdaleka nestačí, protože první dvě psychoakustické dimenze (přesněji jejich objektivní příčiny) tón či zvuk v podstatě **idealizují**, definují „harmonický“ řád ve smyslu Pythagorova pojetí „harmonie“ tónů i „harmonie“ vesmíru. Spojují realitu zvuku s dokonalostí jednoduchého uspořádání vzájemných vztahů v jeho makrosvětě – kvintovém sledu tónů ve smyslu pythagorejského ladění, i v jeho mikrosvětě – sledu čistých intervalů jako s představou frekvenčního spektra jednoho tónu. Společným jmenovatelem obou zvukových světů jsou pak celá čísla, jejich posloupnosti a jejich poměry.

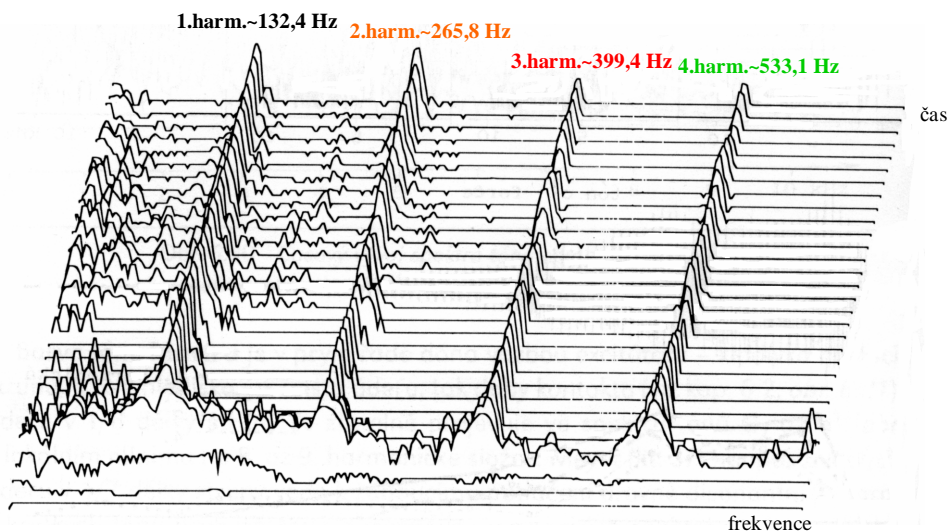
**Celočíselné frekvenční poměry** jsou v hudbě v první řadě spojeny s čistě naladěnými intervaly. Formálně je stále nacházíme např. v ladění strun smyčcových nástrojů či v ladění neoktávových poloh rejstříků varhan. Vývoj ladění, jako vysoce determinovaného systému frekvenčních poměrů tónů slyšitelného rozsahu, od pythagorejského až po rovnoměrně temperované, byl ovlivňován dvěma základními okolnostmi: vývojem evropského hudebního myšlení a vývojem konstrukce akustických hudebních nástrojů.

Poněkud stranou se ale nachází čistě zvukový aspekt tohoto vývoje, který zpočátku cestou empirického analytického poznání ustupoval od představy ideálního – harmonického uspořádání zvukového mikrosvěta, tj. frekvenčního spektra tónu, podobně jako astronomové ustupovali o Pythagorovy představy vesmíru. I když se toto poznání promítlo do problematiky ladění jako determinace relativní výšky tónu, jeho těžištěm byla barva a na ni navazující kvalita tónu resp. hudebního zvuku. Stavitelé hudebních nástrojů velmi brzo odhalili souvislosti barvy tónu nejenom s průměrem strun či varhanních píšťal a s tloušťkou membrán či desek, ale i s vlastnostmi materiálu jednotlivých dílů hudebních nástrojů a způsobem jejich zpracování. Mýtus pythagorejských harmonických vztahů existujících i ve zvuku hudebních nástrojů se rozplynul. Formálně stejné nástroje se začaly od sebe odlišovat v kvalitě zvuku, a to někdy dosti podstatně.

Rozvoj akustiky znamenal nástup racionálního analytického poznání, které se na jedné straně opíralo o matematický aparát, na straně druhé se začalo zabývat fyziologií slyšení a následně též psychologií vnímání zvuku. Byly tak exaktně formulovány a odůvodňovány poznatky, které už několik staletí ve stavbě hudebních nástrojů intuitivně uplatňovali jejich stavitelé. Strohé fourierovské pojetí struktury tónu sice vyvolalo reminiscenci představy harmonického uspořádání ve smyslu celočíselných poměrů, ale nástup synteticky orientovaného způsobu poznání v důsledku „elektrifikace“ zvuku hudebních nástrojů vnesl do zkoumání zvukového kvality zásadní obrat.

Snaha co nejvíce se elektrickou cestou přiblížit ke zvuku akustických hudebních nástrojů prakticky ověřila známé rčení, že „výjimka potvrzuje pravidlo“, jinak řečeno, nedokonalost tónu či zvuku, odchylka od přísně harmonického uspořádání zvukového mikrosvěta je **přirozenou součástí jeho kvality**. Respektování **třetí a čtvrté psychoakustické dimenze barvy zvuku** znamenalo odklon od idealizace tónu směrem k jeho reálné kvalitě, harmonické složky přestaly být harmonické a hlukové složky byly akceptovány jako přirozená součást tónu. Na obr. 3 je vyneseno časové vyvojení reálného tónu klavíru s přítomností typických hlukových složek a s vyznačenou neharmonicitou prvních čtyř „harmonických“ tónů.

Porovnáme-li obdobnou situaci ve zvukovém makrosvětě, tj. ve frekvenčních poměrech tónů resp. soustavy jejich ladění, zjistíme, v tomto případě odklon od ideálních harmonických vztahů znamenal pouze kompromis vůči interpretační praxi, nikoliv příklon k přirozené zvukové kvalitě. Tatáž skladba hraná v odpovídající historické teplotě zní ale mnohem „kvalitněji“ než hraná v teplotě tabulkově rovnoměrné. Avšak i v tomto „šedivém“ ladění zůstává jeden interval čistý, a to oktáva jako frekvenční poměr 2:1, přestože ji jako čistou v mikrostruktuře tónu (např. klavíru) nenalezneme a naše ucho by její melodickou prezentaci mělo také raději v poměru 2,02:1 (viz lit. 2).



Obr. 3 Neharmonické vztahy a spojitě složky tónu cis klavíru

To, že přes uvedené argumentu zůstává oktáva nadále oktávou do značné míry mohou tzv. jevy 1. a 2. řádu, zjednodušeně řečeno rázy či záněje (viz. lit.1). Opět jde o frekvenční vztah dvou tónů, v unisonu, oktávě či jiném frekvenčně celočíselném poměru. Odchylku od tohoto celočíselného poměru vnímá naše ucho jako zmíněné rázy či záněje velmi citlivě. Rázování v unisonu vnímáme též jako specifický projev kvality vjemu dvou tónů spojený s jejich „hladkostí“ či „drsností“. Při postupném rozladování dvou sinusových tónů slyšíme z počátku pouze jediný rázující (tremolující) tón, pak rázy přejdou v drsnost jednoho tónu, který při dosažení hranice rozlišitelnosti dvou tónů již slyšíme jako drsný souzvuk. Až po dosažení tzv. **kritické šířky pásma** začneme souznění dvou tónů vnímat jako hladké. Ve skutečnosti dochází k vjemu hladkosti už dříve (nejenom z důvodu frekvenční závislosti kritické šířky pásma) a tak původně disonantně – nelibozvučně – nesplývavě – drsně znějící souzvuk dvou tónů se stává konsonantním – libozvučným – splývavým – hladkým.

### 3 Kvalita tónu jako projev jeho konsonance a disonance

Ve výčtu teorií konsonance a disonance najdeme na začátku již zmiňovaného Pythagora a v současnosti pak celou řadu opodstatněných a podložených názorů. Přestože tradičně pojatou konsonantnost a disonantnost souzvuku většinou nespojujeme s jeho zvukovou kvalitou, spíše s jeho estetickou funkcí, v případě „souzvuku“ harmonických i neharmonických složek

spektra tónu či zvuku hudebního nástroje se jedná o libozvučnost či nelibozvučnosti vjemu uspořádání těchto složek. Ta bezesporu se zvukovou kvalitou tónu už souvisí velmi úzce.

Uvedme tři příklady tónu o 10 frekvenčních složkách stejné intenzity, které se budou lišit pouze stupněm „rozladění“ těchto složek vůči přísně celočíselným poměrům svých frekvencí. Pro zjednodušení situace nebudeme uvažovat vliv maskování, ale budeme respektovat nelineární zkreslení v našem uchu, které zapříčiňuje vznik kombinačních, tzn. rozdílových a součtových tónů (pro jednoduchost jenom tónů prvních řádů).

Prvním příkladem bude **tón s přísně harmonickým spektrem**, ve kterém budou bez výjimky platit celočíselné poměry frekvencí jeho harmonických složek. Desátá harmonická bude mít přesně desetinásobnou frekvenci, než jakou má základní či první harmonická, mezi frekvencemi např. třetí a sedmé harmonické bude poměr 3:7 apod. Do ucha vstupuje tedy „souzvuk“ deseti tónů na ideálních pozicích harmonických složek (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10), jejichž vjem je v důsledku nelineárního zpracování obohacen o nové složky na frekvenčních pozicích rozdílu a součtu frekvencí každé s každou ze stávajících složek. Jednoduchou hrou s celými čísly zjistíme, že všechny rozdílové složky se ztotožňují s pozicemi uvedených stávajících složek ( $10-9=1$ ,  $9-3=6$ ,  $8-6=2$  atd.), zatímco součtové složky rozšiřují stávající spektrum o další deset složek přísně harmonického uspořádání ( $10+10=20$ ,  $9+6=15$ ,  $7+5=12$  atd.). Připustíme-li vliv maskování, pak nás při běžných úrovních hlasitosti nemusí součtové složky vůbec zajímat (viz lit.1). Protože zvukovou kvalitu můžeme interpretovat též jako naši subjektivní reflexi objektivních vlastností tónu, musíme konstatovat, že v případě ideálních celočíselných vztahů ve spektru tónu dochází k dokonalému splývání nově vzniklých rozdílových složek se složkami původními, či-li „souzvuk“ harmonických tónů, tedy i tón jako celek se jeví jako zvukově dokonale hladký – absolutně konsonantní. Tóny či zvuku s přísně harmonickým uspořádáním svého spektra se v přírodě nevyskytují, známe je však jako produkty elektrických resp. elektronických obvodů a většinou je charakterizujeme jako nezajímavé, nudné. Tyto tóny či zvuky, které v kladném smyslu příliš neupoutávají naše ucho, také nepovažujeme za nějak kvalitativně přesvědčující. Proto je také musíme alespoň modulovat (amplitudově, frekvenčně, fázově spektrálně), aby vůbec zaujaly naši pozornost.

Druhým příkladem bude **tón s kvaziharmonickým spektrem**, ve kterém již budou vyšší harmonické složky buď mírně „rozladěny“ (obvykle směrem výše), nebo některé zůstanou na původních celočíselných pozicích a jiné např. vytvoří novou celočíselnou řadu od neexistujícího základního tónu apod. Možností uspořádání kvaziharmonického spektra je velmi mnoho, avšak nakonec s velmi podobným důsledkem. Nově vzniklé rozdílové složky už spadají většinou do frekvenčních pozic blízkých původním složkám ( $10,5-9,3=1,2$  apod.) nebo  $9,6-8,7=0,9$ ). Souznění původních i nově vzniklých složek a jejich kombinací není spojeno se splýváním, ale se vznikem periodických i neperiodických rázů různých frekvencí ( $1,2-1=0,2$  a  $1-0,9=0,1$ ), resp. s různým stupněm drsnosti tónu jako celku. Tón s kvaziharmonickým spektrem vykazuje stupeň konsonance v závislosti na výsledné drsnosti, která může představovat zvukově živý tón klavíru (s charakteristickými neharmonicitami) až evidentně kovový zvuk zvonu (s částečně neharmonickým uspořádáním spektra). Hudebně vzato, těmto tónům bychom sice formálně přiřadili charakter dokonalé až nedokonalé konsonance, ale v každém případě již evidentní zvukovou kvalitu, mimo jiné také jako výraz přirozenosti jejich původu. Uvnitř těchto tónů se neustále cosi děje, co upoutává pozornost našeho ucha a činí tyto tóny zvukově zajímavými.

Třetím příkladem bude tón, či spíše **zvuk s neharmonickým spektrem**, u kterého bude uspořádání spektrálních složek v podstatě nahodilé, a frekvence těchto složek nevytvoří ani v náznaku jednu či více celočíselných řad. Naopak frekvenční vztahy budou inklinovat k iracionálnímu charakteru (např.  $\sqrt{2}$ ). Vnitřní napětí těchto disonantních zvuků, které ale nelze jednoduše prohlásit za nehudbní hluky, je ještě obohaceno o nově vzniklé rozdílové složky. V typologii spekter těchto zvuků můžeme nalézt dva extrémy: spektra s minimálním množstvím diskretních fyzických frekvenčních složek a spektra, která už můžeme považovat za kvazispojitá (počet diskretních složek je velmi vysokých, řádově alespoň stovky). Vjem prvního extrému, jako příklad může posloužit zvuk celesty či krotálů, je velmi často spojen s identifikací intervalu mezi dvěma či třemi frekvenčními složkami a velmi intenzivním vjemem jejich rozdílových tónů. Ucho bude v tomto případě hledat ten frekvenční poměr (či poměry), který bude mít nejbližší k harmonickému, tj. celočíselnému vztahu a z něho si odvodí tzv. reziduální tón (viz lit.1) jako výškovou oporu vjemu. Čím disonantněji bude vyznívat struktura zvuku, tím více bude směřovat k „harmonickému uklidnění“ do „reziduální“ zvukové „tóniky“.

U kvazispojitých spekter přejímají postavení osamocených diskretních frekvenčních složek buď výrazné **formantové oblasti** ve své klasické interpretaci, nebo tzv. **opěrné body subjektivního vjemu** (viz lit.1). Ucho podobně i v těchto případech bude hledat nejbližší harmonický poměr mezi formanty, antiformanty a zlomovými body obálky spektra. Zvuky s neharmonickým spektrem, které tradičně spojujeme s bicími nástroji, lze jsou též typickými produkty syntézy frekvenční modulací a svojí vnitřní disonancí tvoří zajímavý protipól produktům statické rozdílové syntézy s dokonale harmonickými spektry.

Doposud jsme spojovali zvukovou konsonanci a disonanci pouze s frekvenčním uspořádáním spektra ve smyslu první a třetí psychoakustické dimenze. Přejímali jsme chování makrosvětla souzvuků tónů do mikrosvětla frekvenčních složek jednoho tónu. Rozšířme však pojem konsonance a disonance o **časový rozměr** na způsob souznění či nesouznění nástupu tónů několika stejných či různých hudebních nástrojů. Tento rozměr úzce souvisí s druhou psychoakustickou dimenzí.

Za ideálně „konsonantní“ chování v čase budeme považovat naprosto **synchronní nástup** harmonických, příp. i neharmonických složek tónu. Takový nástup tónu však u akustických zdrojů nenalezneme (podobně jako dokonalou harmonicitu spektra), je však typický pro konstrukčně jednoduché syntežátory s odpovídající zvukovou nepřirozeností. Formálně seřazený nástup (i zánik) harmonických složek tuto nepřirozenost do jisté míry potlačuje a dokonce jej lze cíleně navodit technikou nasazení tónu. Z této výjimečné situace vznikl také vyskytující se mýtus charakteristického fixního pořadí harmonických v tranzientech tónů hudebních nástrojů, např. klarinetu, varhanních píšťál, ale i perkusních nástrojů. Ve skutečnosti nástup diskretních frekvenčních složek není ani synchronní, ani nahodile asynchronní, či-li v čase naprosto „disonantní“. Podíl hráče na druhé psychoakustické dimenzi je bezesporu zásadní a souvisí nejenom se zvládnutím techniky hry, ale také s agogikou hudební interpretace jako takové.

Vůči první a třetí dimenzi má dimenze druhá, konkrétně v podobě tranzientu či přechodového stavu, pozici **anticipace charakteru, barvy i kvality tónu**. Tranzient plynule přechází v zakmitaný stav a původní rychlost a rozsah změn frekvence, amplitudy i fáze jednotlivých frekvenčních složek se na velmi krátkém časovém úseku značně zmenší. Naše ucho vzhledem

k omezené rozpoznatelnosti časových změn vnímá tranzient více hlukově – disonantně než tónově – konsonantně, podobně jako disonantně vnímáme u řeči souhlásky (v tomto směru paradoxně označené jako konsonanty) a konsonantně samohlásky – vokály.

Proto můžeme tvrdit, že ze subjektivního hlediska v podstatě každý tón začíná hlukem a tím i čtvrtou psychoakustickou dimenzí a obsah a chování spojitých, či-li hlukových a šumových složek ve smyslu jejich časové lokalizace v průběhu trvání tónu chápat též jako projev zvukové konsonance a disonance. Přirozený výskyt těchto složek spojujeme s nástupem tónu. Šum vzduchu či kalafuny, hluk úderu do membrány či desky působí mnohem „konsonantněji“ v nasazení tónu, nikoliv však v jeho následné **výdrž**, tj. ve stacionární či dlouho doznívající části. Zde stejně intenzivní vjem šumu smyku či dechu klarinetisty, nebo přetrvávající hluk v doznívajícím tónu klavíru či tympánu působí naopak zase „disonantněji“.

Otázka libozvučnosti a nelibozvučnosti v souvislosti s klesající rozlišitelností chování či obsahu vyšších frekvenčních složek tónu nepozbývá na významu, pouze se transformuje. Předěl zde tvoří kritická šířka pásma, která odděluje spodní – tzv. **intervalovou část spektra** od horní – tzv. **formantové části spektra** (viz lit.1). Zvukoví skeptici ztotožňují tuto hranici s šestým, optimisté zase s osmým harmonickým tónem. Pod uvedenou hranicí se naše ucho poměrně spolehlivě orientuje v intervalech mezi jednotlivými harmonickými tóny (rozlišuje spolehlivě např. lichost či sudost) i ve stupni jejich harmonicity vůči základnímu tónu a i vůči sobě navzájem. Nad uvedenou hranicí přebírají potom funkci nízkých harmonických složek formantové oblasti (přesněji jejich nejintenzivnější složky), které mezi sebou svírají intervaly konsonantního i disonantního charakteru. Konsonantní intervaly jsou typické zejména pro dechové nástroje, stejně tak, jako intervaly disonantní příslušící zase některým perkusním, vyladěným i nevyładěným nástrojům. Tento **druhý** v pořadí, tzv. **Schumannův zákon barvy zvuku** (viz lit.1) rozšiřuje pojetí konsonance a disonance i na **obálku spektra**.

Konsonance či disonance zvuku představuje druh jeho „statické“ energie, stav jeho klidu či napětí. Vnitřně disonantní zvuky, např. „metalové“ zvuky, nebo zvukové klastry neharmonické struktury evidentně tíhnou k psychologickému „rozvodu“ do zvukového „klidu“. Dokmitávání tónu či zvuku (nezaměňujme s dozníváním resp. s dozvukem!) působí na rozdíl od nakmitávání mnohem méně hlukově a tím ještě tyto „rozvodové“ tendence podporuje.

V souvislosti s intervalovými vztahy mezi harmonickými i neharmonickými složkami spektra nás může napadnout též otázka existence „**durového**“ či „**mollového**“ **charakteru** samotného tónu či zvuku. Durový kvintakord přece tvoří čtvrtá, pátá a šestá harmonická každého tónu, mollový kvintakord však v intervalové části jeho spektra nenajdeme. Přesto tzv. mollové tóny či zvuky existují. Autonomní mollový kvintakord tvoří druhý, třetí a čtvrtý mód kmitání klasického zvonu, pokud tyto módy svírají durový kvintakord, jedná se buď o technologickou chybu zvonu, nebo o jeho netradiční tvar (tzv. „coca-cola“ zvon) s odpovídajícím atypickým až nepřirozeným zvukem. Mollový kvintakord mohou svírat mezi sebou také formantové oblasti neperkusních i perkusních tónů či zvuků a určovat jim tak typicky disonantní „**dur-mollový**“ charakter.

Se zvukovou kvalitou můžeme také spojovat sice nepřímý, ale přesto zjevný psychoakustický vztah harmonicity či neharmonicity tónu k jeho výšce a hlasitosti. Příliš vysoký či hlasitý tón čistě harmonické struktury se někdy může jevit vyloženě nelibozvučným, stejně jako tón

s neharmonickou strukturou ve střední výškové poloze a běžné hlasitosti. Podobně jako disonance „úzké harmonie“ se může též projevit těsné sousedství formantových oblastí u hlubokých spektrálně bohatých tónů či obecných zvuků.

#### **4 Závěr**

Konsonance či disonance zvuku úzce souvisí nejenom s jeho kvalitou, ale též s jeho estetickou působností i s jeho dramaturgickým uplatněním. Zde se již nejedná o libozvučnost či nelibozvučnost v původním slova smyslu, ale o jejich příčinný vztah k emocionálnímu prožitku z daného tónu či zvuku. Z tohoto pohledu potom každý klasický hudební nástroj, tj. mechanicko-akustický zdroj hudebního zvuku je v podstatě systémem, u kterého nelinearity a nahodilý charakter nezanedbatelné části řídicího procesu se odrážejí v míře konsonance či disonance struktury produkovaného zvuku a určují tak míru jeho přirozenosti. Determinované nelinearity a pseudonahodilý charakter řídicího procesu u elektronických hudebních nástrojů míru umělé „přirozenosti“ zvuku naopak často zaměňují za nezajímavou konsonanci či šokující disonanci jeho struktury.

#### **Uznání**

Tento příspěvek byl realizován za podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci řešení projektu 1M0531 „Výzkumné centrum hudební akustiky“.

#### **Literatura**

- [1] Syrový, V. (2003): Hudební akustika. AMU, Praha, ISBN 80-7331-901-2.
- [2] Terhardt, E. (1969): Oktavspreizung und Tonhöhenverschiebung bei Sinustönen. *Acustica* 22, 345-351.
- [3] Terhardt, E. (1974): On the Perception of Periodic Sound Fluctuation (Roughness). *Acustica* 30,201-213.
- [4] Terhardt, E. (1998): Akustische Kommunikation. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, ISBN 3-540-63408-8.