

**Univerzita Karlova v Praze  
Filozofická fakulta  
Fonetický ústav**

Studijní obor: FILOLOGIE  
Studijní program: FONETIKA

**Radek Skarnitzl**

**Koartikulační vliv nazálních konsonantů  
na jejich segmentální okolí  
v češtině a v angličtině**

**Disertační práce**

**Vedoucí práce: Prof. PhDr. Zdena Palková, CSc.**

**2007**

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně s využitím uvedených pramenů a literatury.

V Praze, 25. října 2007

Mgr. Radek Skarnitzl

Rád bych poděkoval paní prof. PhDr. Zdeně Palkové, CSc. za cenné připomínky, které mi poskytla při vedení této práce.

Velký dík patří též panu PhDr. Janu Volínovi, Ph.D. za rady a inspirativní diskuse.

Dále bych rád poděkoval panu Ing. Robertu Víchovi, DrSc. Dr.-Ing a panu Ing. Martinu Vondrovi, Ph.D. z Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR za technickou pomoc.

Děkuji také svým nejbližším za podporu a trpělivost.

## **Abstrakt**

Disertační práce se zabývá koartikulační nazalizací v češtině a angličtině. V teoretické části uvádí do problematiky koartikulace, představuje metody používané ve výzkumu nazality a studie, které se touto tematikou již zabývaly. V praktické části disertační práce představuje čtyři experimenty provedené většinou nazometrickou analýzou. Ve třech experimentech je zkoumána míra nazality u vokálů v závislosti na segmentálních i suprasegmentálních parametrech, a to v logatomech a v souvislé řeči. Zde mě zajímala jak průměrná míra nazality u daných vokálů, tak i průběh křivky nazality v rámci vokálů a spojení vokál-nazála-vokál. V jednom experimentu se zabývám i percepční stránkou nazality; k vytvoření cílových hlásek byly použity manipulace spektrální obálky.

## **Résumé**

This dissertation deals with coarticulatory nasalization in Czech and English. The theoretical part introduces the topic of coarticulation, presents methods used in the research of studies, as well as studies which have analyzed this topic before. In the practical part, the dissertation presents four experiments, which have been largely conducted by means of nasometric analysis. Three experiments analyze vowel nasalance based on segmental and suprasegmental parameters, both in logatons and connected speech. I was interested in mean nasalance in the respective vowels, as well as in the course of nasalance throughout vowels and vowel-nasal-vowel tokens. In one experiment, I also examine the perceptual aspect of nasality; manipulations of spectral envelope were used to generate the target speechsounds.

Coarticulatory effects of nasal consonants  
on their segmental context in Czech and English

Coarticulatory effects of nasal consonants  
on their segmental context in Czech and English

Coarticulatory effects of nasal consonants  
on their segmental context in Czech and English

## Obsah

<b>Obsah .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Úvod .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Koartikulace .....</b>	<b>7</b>
2.1. Produkce souvislé (koartikulované) řeči .....	7
2.1.1. Artikulační fonologie	
2.1.2. Anticipační vs. fixní modely koartikulace	
2.2. Percepce souvislé (koartikulované) řeči .....	14
2.2.1. Koartikulační rezistence	
2.2.2. Percepční korekce koartikulačních jevů	
2.3. Faktory ovlivňující koartikulaci .....	17
2.3.1. Lingvisticky podmíněné faktory	
2.3.2. Faktory podmíněné komunikační situací	
2.4. Závěr .....	20
<b>3. Anatomie orgánů účastnících se nazalizace .....</b>	<b>22</b>
3.1. Zevní nos a nosní kosti .....	22
3.2. Dutina nosní .....	24
3.3. Vedlejší dutiny nosní .....	27
3.4. Dutina ústní .....	31
3.5. Patro .....	32
3.6. Hltan .....	34
3.7. Poruchy nosovosti (huhňavost) .....	35
3.8. Závěr .....	36
<b>4. Metody zkoumání nazalitty .....</b>	<b>37</b>
4.1. Subjektivní hodnocení .....	37
4.2. Instrumentální zkoumání artikulačních pohybů .....	39
4.3. Zkoumání aerodynamických a akustických parametrů .....	43
4.4. Nazometr .....	47
4.4.1. Popis zařízení	
4.4.2. Nazometr v praktickém výzkumu	
4.5. Závěr .....	53

<b>5. Akustické vlastnosti vokálního traktu .....</b>	<b>54</b>
5.1. Orální vokály (faryngo-orální trakt) .....	54
5.2. Nazální konsonanty (faryngo-nazální trakt) .....	56
5.3. Nazalizované vokály .....	60
5.3.1. Obecně přijímané akustické koreláty nazalizace	
5.3.2. Další navržené akustické koreláty nazalizace	
5.4. Závěr .....	69
<b>6. Koartikulační nazalizace v dosavadním výzkumu .....</b>	<b>71</b>
6.1. Temporální rozsah nazalizace .....	71
6.2. Segmentální vlivy .....	72
6.2.1. Vokalická výška	
6.2.2. Konsonanty	
6.3. Suprasegmentální vlivy .....	77
6.3.1. Slabičná úroveň	
6.3.2. Větná úroveň	
6.3.3. Vliv přízvuku	
6.3.4. Vliv mluvního tempa	
6.4. Odlišnosti v jednotlivých jazycích .....	82
6.5. Závěr .....	84
<hr/>	
<b>7. Experiment I - Nazalita vokálů v českých logatomech .....</b>	<b>86</b>
7.1. Metoda .....	86
7.1.1. Zkoumané osoby	
7.1.2. Řečový materiál	
7.1.3. Postup při nahrávání	
7.1.4. Zpracování a analýza nahrávek	
7.2. Základní deskriptivní výsledky .....	89
7.3. Výsledky vícenásobné regresní analýzy .....	93
7.4. Závěr .....	97

<b>8. Experiment II - Percepce vokalické nazality .....</b>	<b>98</b>
8.1. Metoda .....	98
8.1.1. Příprava řečového materiálu	
8.1.2. Pilotní test	
8.1.3. Zadání hlavního percepčního testu, respondenti	
8.2. Výsledky .....	104
8.3. Závěr .....	110
<b>9. Experiment III - Nazalita vokálů v češtině a v angličtině .....</b>	<b>111</b>
9.1. Metoda .....	111
9.1.1. Zkoumané osoby	
9.1.2. Řečový materiál	
9.1.3. Postup při nahrávání	
9.1.4. Zpracování a analýza nahrávek	
9.2. Výsledky I.A - celý český vzorek .....	114
9.3. Výsledky I.B - vícenásobná regresní analýza českého vzorku .....	116
9.3.1. Vokalické parametry a vliv jednotlivých mluvčích	
9.3.2. Vzdálenost od nazálních konsonantů	
9.3.3. Přítomnost nazálního konsonantu v slabice	
9.3.4. Přítomnost nazálního konsonantu ve slově	
9.3.5. Prozodické vlivy	
9.3.6. Analýza reziduálních hodnot	
9.3.7. Užší regresní modely	
9.3.8. Shrnutí	
9.4. Výsledky II.A - celý anglický vzorek .....	127
9.5. Výsledky II.B - vícenásobná regresní analýza anglického vzorku .....	128
9.5.1. Vokalické parametry a vliv jednotlivých mluvčích	
9.5.2. Vzdálenost od nazálních konsonantů	
9.5.3. Vlivy na úrovni slabiky	
9.5.4. Prozodické vlivy	
9.5.5. Analýza reziduálních hodnot	
9.5.6. Užší regresní modely	
9.5.7. Shrnutí	
9.6. Výsledky III - vícenásobná regrese českého a anglického vzorku .....	136
9.7. Závěr .....	137



<b>10. Experiment IV - Průběh nazality ve spojeních VNV .....</b>	<b>139</b>
10.1. Metoda .....	139
10.1.1. Zkoumané osoby a materiál	
10.1.2. Zpracování a analýza dat	
10.2. Typologie průběhů nazality .....	143
10.3. Analýza parametrů průběhu nazality .....	148
10.4. Analýza podtypů průběhu nazality .....	153
10.5. K typům průběhu nazality .....	158
10.6. Průběhy nazality vztažené k arbitrární hranici .....	163
10.7. Závěr .....	168
<b>11. Závěr .....</b>	<b>170</b>
<b>12. Bibliografie .....</b>	<b>174</b>
<b>13. Přílohy .....</b>	<b>187</b>
13.1. Příloha 1 - skórovací listy v percepčním testu	
13.2. Příloha 2 - souvislé texty použité v Experimentu III a Experimentu IV	
13.2.1. Český text	
13.2.2. Anglický text	
13.3. Příloha 3 - ukázka zaznamenaných typů a podtypů průběhu nazality	
13.4. Příloha 4 - CD s ukázkami	

## 1. Úvod

Předmětem této práce je výzkum koartikulační nazalizace v českém a anglickém jazyce. Nazalita jako taková představuje aspekt výslovnosti, který už téměř dvě století přitahuje pozornost fonetiků. Jako hnací motor výzkumu nazality v průběhu historie většinou fungovaly otázky spojené s vadami řeči, které se nazalily týkaly, konkrétně s huhňavostí. Výzkum nazality jakožto jevu koartikulačního, tedy jevu, se kterým se běžně setkáváme i u zdravé populace, přišel až později.

Moje motivace pro výzkum právě tohoto tématu byla především dvojitá. Zaprvé se jedná o aspekt ležící tak trochu na pomezí segmentální a suprasegmentální fonetiky. O koartikulační nazalizaci se sice nejčastěji hovoří u vokálů ve vztahu k okolním nazálním konsonantům, výsledky mnoha studií však naznačují vlivy daleko variabilnější než vzdálenost od nazál. Dalším faktorem při volbě tohoto tématu bylo porovnání češtiny a angličtiny, kterým se zabývám i z jiných hledisek.

Tato práce je rozčleněna na dvě hlavní části, teoretickou a praktickou. Teoretická část sestává celkem z pěti kapitol. Ve druhé kapitole se na úvod zabývám fenoménem koartikulace jako takovým, a to z hlediska produkce i percepce koartikulované řeči. Nedílnou součástí této kapitoly je i představení několika klíčových modelů koartikulace. V rámci druhé kapitoly se budu věnovat i faktorům, které míru koartikulace mezi segmenty ovlivňují.

Třetí kapitola představuje jisté vybočení z lingvisticky orientovaného popisu: zabývám se zde anatomickým a do jisté míry i fyziologickým popisem orgánů, které jsou pro kontrast mezi nazálními a orálními hláskami relevantní. Hlavním cílem třetí kapitoly je ukázat na obrovskou rozmanitost fyziologických údajů, která se pak odráží v akustických vlastnostech nazálních hlásek.

Čtvrtá kapitola seznamuje s různými metodami, které se při výzkumu nejen koartikulační nazalizace, ale zejména nazality jako takové (a velmi často v klinickém prostředí) používají. Jedná se tedy vlastně o jakýsi selektivní úvod do instrumentální fonetiky.

V páté kapitole se pak - opět selektivně - zabýváme akustickými vlastnostmi lidské řeči. Kapitola je rozčleněna do tří částí: v první se jen velmi stručně zabýváme základními vlastnostmi českých a anglických vokálů, druhá představuje detailnější analýzu akustických složek nazálních konsonantů, ve třetí pak představujeme koreláty nazality u vokálů, a to koreláty obecně přijímané i zatím do značné míry hypotetické. Součástí páté kapitoly je i krátké porovnání akustických vlastností orálních a nazalizovaných vokálů jedné kvality.

Šestá kapitola, poslední kapitola teoretického úvodu, se již věnuje výhradně dosavadnímu výzkumu koartikulační nazalizace. Zabývám se zde segmentálními i suprasegmentálními aspekty, o jejichž vliv na míru nazaloty vokálů se různí výzkumníci zajímali.

Praktická část této práce sestává ze čtyř experimentů. První dva z nich, prezentované v sedmé a osmé kapitole, jsou z hlediska řečového materiálu založené na logatomech. Experimenty představené v deváté a desáté kapitole jsou založené na reálné souvislé řeči. Tím se tato práce odlišuje od drtivé většiny ostatních studií zaměřených na nazalitu obecně i specificky na koartikulační nazalizaci. Doposud se spíše setkáváme se studii, které využívají cílová slova v nosných frázích.

V sedmé kapitole analyzuji míru nazaloty u vokálů v logatomech. Jednotlivé logatomy o podobě VNV, respektive V:NV: byly vysloveny izolovaně českými mluvčími. Jako hlavní analyzační nástroj jsem zvolil vícenásobnou regresní analýzu, a zkoumám tedy vliv různých aspektů na míru nazaloty vokálů.

V osmé kapitole se zabývám percepcí nazaloty. Řečový materiál je založen na simulaci nazaloty pomocí spektrálních manipulací. Pokusil jsem se syntetizovat různé stupně nazaloty u vokálů, které byly začleněny do kontextu [sVS]. V percepčním testu pak ověřuji, nakolik jsou poměrně zkušení posluchači schopni rozdíly mezi různými stupni simulované nazaloty vnímat.

Devátá kapitola se věnuje míře nazaloty u vokálů v souvislé řeči, zde již v češtině i v angličtině. Pomocí vícerozměrné regresní analýzy podobně jako v sedmé kapitole zkoumám, do jaké míry různé segmentální i suprasegmentální aspekty ovlivňují vokalickou nazalitu.

V závěrečném experimentu, představeném v desáté kapitole, se zabývám průběhem nazaloty v rámci spojení VNV extrahovaných ze souvislého textu, který je použit v deváté kapitole. Zkoumám opět vliv různých segmentálních i suprasegmentálních jevů na křivku nazaloty.

Jako nedílná součást této disertační práce funguje i příložený CD-ROM s ukázkami nahrávek, jednotlivých analýz a některých zajímavých případů.

Na závěr úvodní části bych rád poznamenal, že protože se v této práci zabývám porovnáním dvou jazyků, bude při přepisování výslovnosti používán mezinárodní transkripční systém IPA.

## 2. Koartikulace

V obecném povědomí je přijímáno, že se lidská řeč skládá z vět, slov, slabik a konečně hlásek. To navozuje představu, že řeč můžeme rozložit na diskrétní, na sebe navazující jednotky. Ve skutečnosti však naše artikulační orgány produkují spojitý proud hlásek a ty se často vzájemně překrývají do takové míry, že je velmi obtížné přesně určit, kde jedna hláska končí a další začíná. Tomuto překrývání hlásek přes sebe říkáme koartikulace - dříve než dokončíme artikulaci jedné hlásky, začínáme již artikulovat hlásku následující a obě hlásky jsou částečně artikulovány společně (koartikulovány).

V této úvodní kapitole se postupně podíváme na koartikulaci z hlediska řečové produkce a percepce a na faktory, které koartikulaci ovlivňují. V rámci těchto tří oddílů také představíme některé modely koartikulace.

### 2.1. Produkce souvislé (koartikulované) řeči

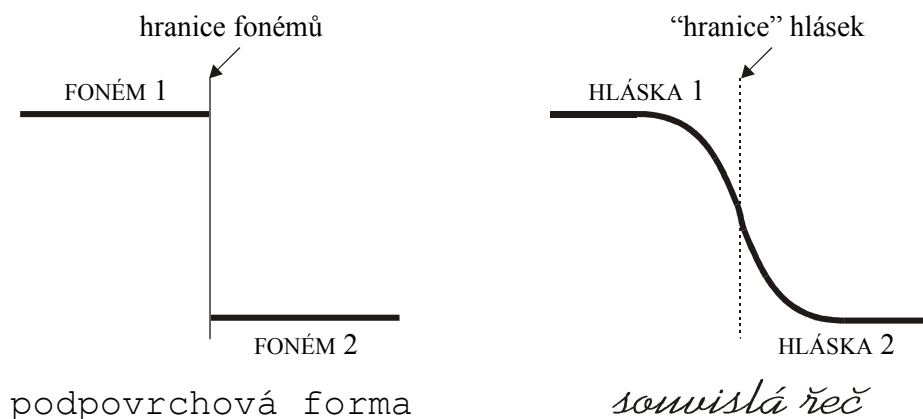
Koartikulace je tradičně chápána jako překrývání artikulačních úkonů (Ladefoged, 1993: 55) nebo jako současný pohyb artikulačních orgánů do poloh, které odpovídají dvěma nebo více hláskám (Borden & Harris, 1984: 130). Koartikulace je pro produkci řeči velmi důležitá, protože zvyšuje její efektivitu. Řeč je produkována velmi rychle - běžné artikulační tempo v češtině se pohybuje kolem tří až čtyř slabik za sekundu (Veroňková, 2004), což může odpovídat třeba patnácti hláskám. Kdybychom každou z nich měli vyslovit samostatně a „stoprocentně“, takovéto rychlosti bychom nikdy nedosáhli.

Zatímco na abstraktní úrovni, tedy když chceme lidskou řeč myšlenkově uchopit, nebo na úrovni podpovrchových (mentálních) reprezentací hovoříme o diskrétních jednotkách (fonémech), v akustickém signálu jsme jen zřídka schopni přesně určit hranice mezi jednotlivými hláskami. Spojitý pohyb artikulačních orgánů se totiž odráží v plynulých změnách spektrálních charakteristik. Fyzikální popis řeči - jak artikulační tak akustický - vyžaduje užití dynamických, spojitých vlastností, které nejsou izomorfní s diskrétními segmenty fonologického popisu. Kühnert & Nolan (1999) přirovnávají úroveň mentálních reprezentací ke klávesnici počítače - ta také disponuje omezeným počtem kláves, které postupně tiskneme a výsledkem je diskrétní sled písmen. Fonetická podoba řeči je však zcela odlišná.

Koartikulace je do značné míry způsobena omezenou hybností artikulačních orgánů. Obecně lze říci, že čím objemnější daný artikulační orgán je, tím menší je jeho hybnost a tím déle trvá přechod od jednoho artikulačního cíle k následujícímu. Pohyblivost orgánů je však ovlivněna i jejich inervací (Mannell *et al.*, 2005) - větší počet nervových vláken vede k efektivnějšímu motorickému ovládnutí daného orgánu. Nejpohyblivějším

artikulačním orgánem je špička jazyka (Mannell *et al.*, 2005), naopak k málo pohyblivým orgánům patří měkké patro a hřbet jazyka. U měkkého patra je menší hybnost způsobena právě výrazně nižší inervací než například u špičky jazyka.

Artikulační orgány tedy neprovádějí izolované pohyby, které by odpovídaly ideálním cílovým konfiguracím pro jednotlivé hlásky, ale ladně se pohybují od jednoho artikulačního cíle k dalšímu. Kdybychom tedy chtěli pokračovat v paralele s grafickým zobrazením řeči, odpovídala by souvislá řeč spíše psacímu písmu (obrázek 2-1).



**Obrázek 2-1:** Princip koartikulace a paralela s grafickým zobrazením řeči.

Je tedy zřejmé, že fonetická identita hlásek v souvislé řeči do jisté míry závisí na okolních hláskách. Tato závislost hlásek na jejich bezprostředním okolí se odráží v konceptu alofonické variace (klasickým příkladem je závislost přesného místa artikulace velárních explozí na povaze následujícího vokálu - srov. anglické [k<sup>h</sup>i:] a [k<sup>wh</sup>ɔ:]). Je nicméně důležité podotknout, že koartikulační účinky se často nevztahují jen na jedinou sousední hlásku. Anticipační labializace se může objevit až šest segmentů před labializovaným vokálem (Kühnert & Nolan, 1999), například v anglickém slově *screws* [s<sup>w</sup>k<sup>w</sup>r<sup>w</sup>u:z<sup>w</sup>]. K anticipačním účinkům však nedochází pouze na úrovni slova; fráze *last screws* by mohla být [lɑ:s<sup>w</sup>t<sup>w</sup> s<sup>w</sup>k<sup>w</sup>r<sup>w</sup>u:z<sup>w</sup>]. Takovýto rozsah koartikulace je pak již obtížné vysvětlit pouze fyziologickými příčinami. Může se tedy jednat i o aktivní proces, který se odehrává na nějaké vyšší úrovni (Kühnert & Nolan, 1999: 16).

### 2.1.1. Artikulační fonologie

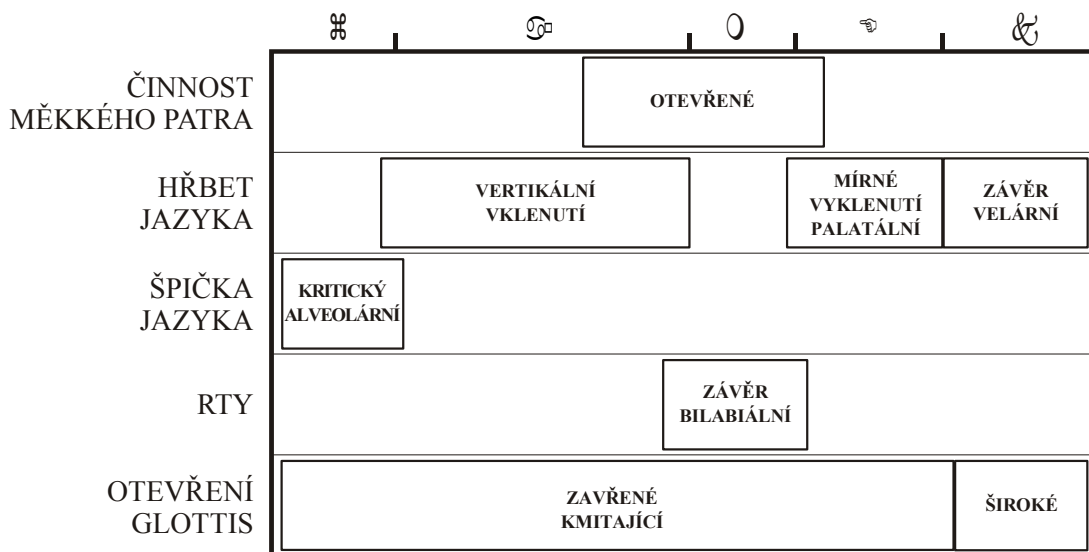
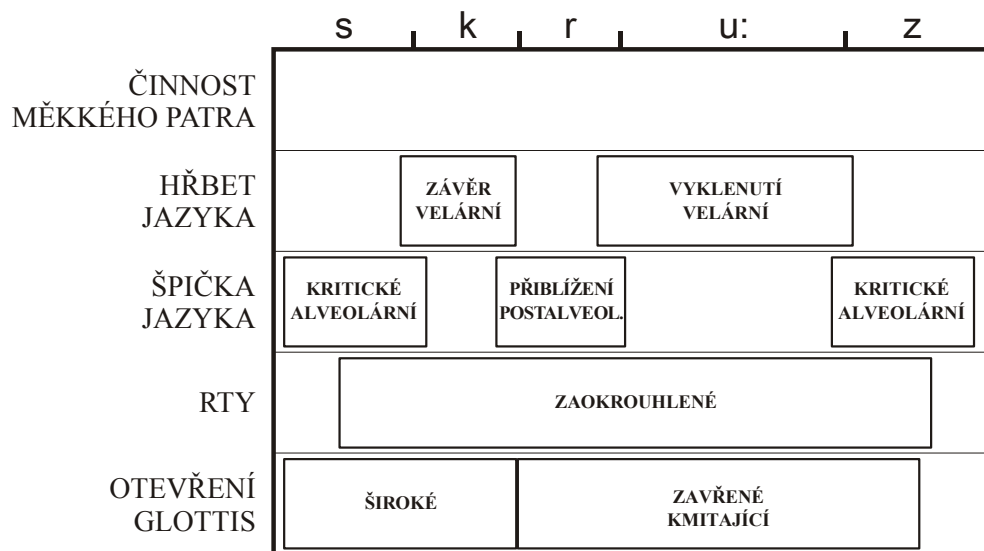
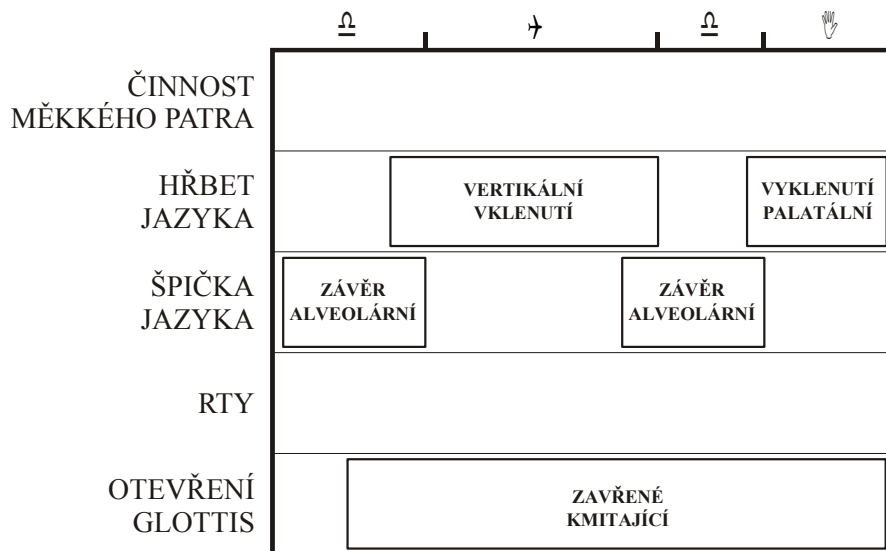
Dosavadní popis se do značné míry týkal pohybů artikulačních orgánů, a proto na tomto místě považujeme za vhodné přiblížit první model, který se koartikulací zabývá, artikulační fonologii. Pro artikulační fonologii (Browman & Goldstein, 1990, 1992) jsou primárními jednotkami fonetického i fonologického popisu tzv. artikulační úkony (*articulatory gestures*). Úkony jsou chápány jako koordinované pohyby vokálního traktu směřující k foneticky signifikantním cílům (Fowler & Saltzman, 1993). Každý artikulační

úkon odpovídá vytvoření a uvolnění konstriktce ve vokálním traktu. Vlastnosti těchto konstriktcí jsou charakterizovány pomocí artikulačních atributů (*tract variables*), které vyjadřují jejich umístění a míru (patří sem tvar retní štěrbiny, otevření měkkého patra a hlasivkové štěrbiny, stupeň a umístění apikální a dorzální konstriktce). Artikulační úkon je kromě těchto atributů popsán ještě pomocí parametrů vyjadřujících tuhost a tlumení příslušných orgánů. Každý artikulační úkon (respektive vytvoření a uvolnění odpovídající konstriktce, nástup a útlum aktivace každého úkonu) má své inherentní trvání, k variabilitě dochází v jejich amplitudě a v překryvu s jinými úkony. To zároveň znamená, že artikulační fonologie nezná pojem elize. Browmanová a Goldstein zdůvodňují zdánlivé vypuštění hlásky vlivem kompletního nebo téměř kompletního překryvu artikulačních úkonů, jehož důsledkem je akustické a/nebo percepční potlačení segmentu, ale k faktickému vypuštění segmentu nebo artikulačního úkonu nedojde.

Je důležité si uvědomit, že se jedná o fonologickou teorii - artikulační úkony jsou v koncepci Browmanové a Goldsteina základními fonologickými jednotkami a jako takové vytvářejí kontrast mezi lexikálními jednotkami. Pokud tedy dvě lexikální jednotky mají odlišnou skladbu artikulačních úkonů, jedná se o různé jednotky. Tato odlišnost může spočívat v absenci nějakého artikulačního úkonu, v různé časové posloupnosti úkonů nebo v míře konstriktce (míra konstriktce u artikulačních atributů jazyka například rozlišuje explozívy od frikativ). Artikulační úkony vytvářejí vyšší jednotky, výpovědi, které jsou v této koncepci nazývány konstelacemi (*constellation*).

Úkony artikulační fonologie se neváží k hranicím segmentů tradičního fonologického popisu. Proto je tato koncepce schopna velmi dobře vysvětlit různé fonologické procesy, ke kterým dochází v souvislé řeči. Již jsme zmínili, že artikulační úkony se mohou lišit v amplitudě a vzájemném překryvu. Právě překryvem úkonů Browmanová a Goldstein vysvětlují koartikulační jevy. Když se vrátíme k anglickému slovu *screws*, nastoupí labializační úkon již během artikulace předcházejících konsonantů a dojde tedy k překryvu tohoto úkonu s úkony špičky a hřbetu jazyka.

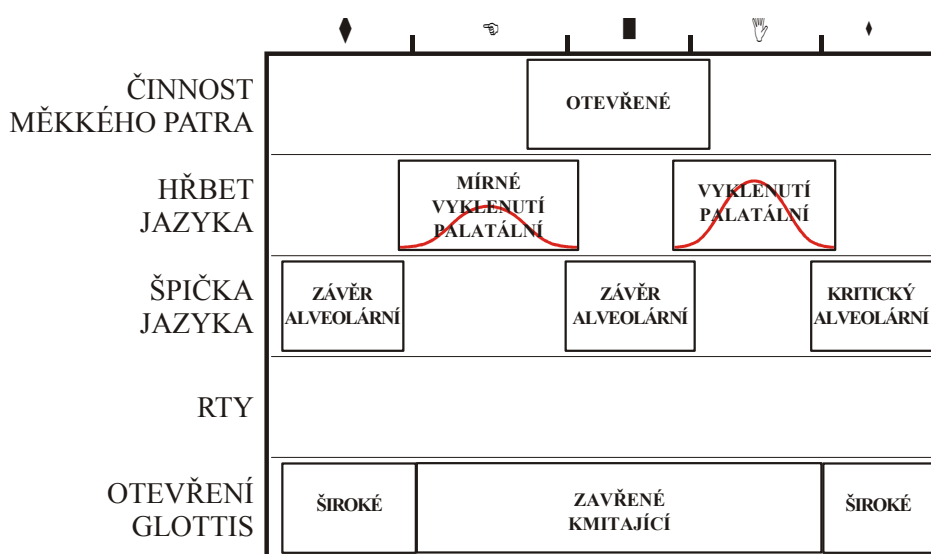
Nezávislost úkonů na hranicích segmentů artikulační fonologii umožňuje lépe než většině jiných koncepcí modelovat situace, ve kterých je koartikulačním jevem zasažena jen část dané hlásky. Vhodným překryvem úkonů tedy může vzniknout například částečně znělý obstruent nebo částečně nazalizovaný vokál. S takovými - v souvislé řeči běžně se vyskytujícími - jevy se fonologické koncepce založené na distinktivních rysech nemohou úspěšně vypořádat. Obrázek 2-2 uvedený níže schematicky ukazuje tzv. úkonové partitury (*gestural scores*) - diagramy zobrazující časovou posloupnost jednotlivých artikulačních úkonů - pro tři slova, která zmíněné koartikulační jevy ilustrují.



**Obrázek 2-2:** Úkonové partitury pro slova *daddy*, *screws* a *zámek*. Viz text.

Než se na příklady úkonových partitur podíváme blíže, je nutné poznamenat, že pro artikulační fonologii obecně není zavedena česká terminologie a že se tedy jedná o naše překlady. Horní panel obrázku 2-2 ukazuje anglické slovo *daddy*, u kterého je první [d] jen částečně znělé (kmitání hlasivek začíná později). Prostřední panel zobrazuje již zmíněné slovo *screws*, kde u retního artikulačního atributu vidíme labializaci zasahující do všech segmentů. Zároveň můžeme vidět naznačení částečné ztráty znělosti u finálního obstruentu. Dolní panel představuje úkonovou partituru slova *zámek*, kde vidíme částečnou nazalizaci jak předcházejícího [a:], tak (v menší míře) následujícího [ɛ].

Obrázek 2-3 ukazuje na slově *tenis* detailnější zobrazení, kde je kromě trvání a překryvu artikulačních úkonů zachycena i jejich amplituda (pouze u vokálů /ɛ/ a /ɪ/).



**Obrázek 2-3:** Úkonová partitura slova *tenis* s naznačením amplitudy artikulačních úkonů.

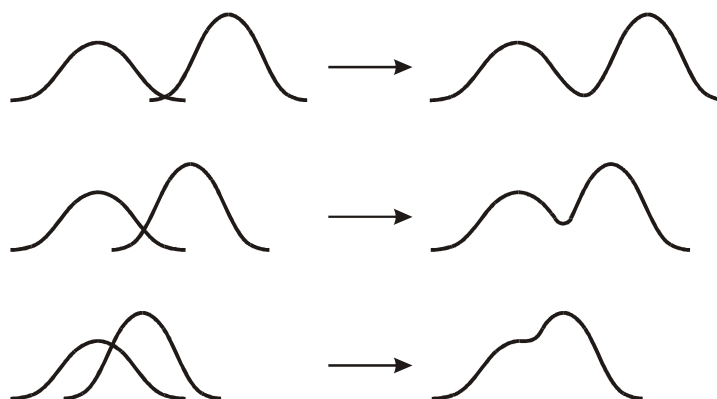
Z grafického vyjádření v úkonových partiturách je patrné, že se inherentně jedná o neúplně specifikované zobrazení, protože ne každý artikulační atribut je v každém okamžiku specifikován. V jistém slova smyslu můžeme hovořit i o autosegmentálním zobrazení - úkonové partitury jsou založené na jednotlivých vrstvách, ze kterých je možné „extrahovat“ jednotlivé segmenty i skládat vyšší jednotky (slabiky, slova apod.).

Z hlediska koartikulace je zajímavé, že zatímco v tradiční fonologii dochází k šíření distinktivních rysů (viz níže), a tedy ke změně daného segmentu, v artikulační fonologii ke změnám úkonů vlivem kontextu nedochází. Úkony jsou naopak „koprodukovány“ s kontextem (odtud jiný název úkonových koncepcí, koprodukční teorie).

Artikulační fonologie dokáže vysvětlit i rozdílné vlastnosti koartikulačních jevů v různých jazycích, a to na základě odlišných parametrů a překryvu artikulačních úkonů. Při ontogenetickém vývoji řeči se dítě „naladí“ na úkonové nastavení pro mateřský jazyk.



Artikulační fonologie je tedy schopná jako jedna z mála teorií dobře objasnit různé jevy, které nacházíme v souvislé řeči, z temporálního hlediska. Zvýšení překryvu artikulačních úkonů vede ke kratšímu trvání segmentů a k vyšší míře koartikulace. Koartikulace závisí také na tom, do jaké míry vzájemně se překrývající úkony využívají stejné artikulační orgány (Farnetani & Recasens, 1999). V případě využití stejného orgánu dojde ke „smíchání“ (*blending*) vlivu jednotlivých úkonů na tento orgán; výsledná podoba artikulace pak záleží na míře překryvu a na vzájemné amplitudě artikulačních úkonů, jak schematicky přibližuje obrázek 2-4.



**Obrázek 2-4:** Schematické zobrazení „smíchání“ artikulačních úkonů (*gestural blending*).

Temporálním rozsahem koartikulačních efektů se zabývalo mnoho studií, které lze shrnout do dvou hlavních názorových proudů. Na jedné straně se jedná o anticipační (*look-ahead*) modely, na druhé straně o fixní (*frame*) modely. Těmito dvěma liniemi se zabývá následující pododdíl.

### 2.1.2. Anticipační vs. fixní modely koartikulace

Podle klasické generativní fonologie (Chomsky & Halle, 1968) koartikulace vzniká jako důsledek fyzikálních vlastností lidského vokálního traktu; Chomsky a Halle koartikulaci vysvětlovali jako nutný vedlejší produkt artikulace, způsobený omezenou hybností artikulačních orgánů. Koartikulace v jejich koncepci byla řízena univerzálními pravidly a jako taková nebyla příliš zajímavá, protože nespádala do fonologie.

Následné výzkumy však ukázaly, že toto stanovisko neodpovídá realitě. Daniloff a jeho kolegové (Moll & Daniloff, 1971; Daniloff & Hammarberg, 1973) dokázali, že koartikulační jevy netrvají vždy stejnou dobu, a proto nemohou být způsobené pouze fyzikálními omezeními vokálního traktu. Naopak ukázali, že regresivní koartikulační efekty mohou být z temporálního hlediska velmi rozsáhlé. Na základě těchto výsledků navrhli model založený na šíření distinktivních rysů. Tento a další modely vycházející ze stejného principu vešly ve známost pod názvem *look-ahead models*. Jako český překlad

jsme zvolili *anticipační modely*, i s vědomím toho, že může být do jisté míry zavádějící - jak vysvětlíme níže, i u fixních modelů se počítá s určitou anticipací artikulačních úkonů.

Na rozdíl od klasické generativní fonologie je koartikulace v anticipačních modelech začleněna do fonologie a chápána jako šíření distinktivních rysů z jednoho segmentu na segment předcházející. Anticipační modely skutečně považují pouze regresivní (anticipační) koartikulační jevy za výsledek šíření rysů; progresivní koartikulační jevy chápou jako pasivní výsledek omezené hybnosti artikulačních orgánů (stejně jako generativní fonologové chápali všechny koartikulační jevy). Připisování regresivních a progresivních jevů jiným příčinám se však později ukázalo jako nevhodné.

Šíření distinktivních rysů na jiné segmenty je podmíněno koncepcí neúplných specifikací (*underspecification*). Daný distinktivní rys se totiž může šířit jen na takový předcházející segment, který pro tento rys na základě fonetických, fonologických nebo akustických kritérií není specifikovaný. Jako příklady můžeme použít výše již zmíněnou anglickou frázi *last screws* nebo slovo *zámek*. Konsonanty v angličtině nejsou specifikované pro zaokrouhlenost, a proto se rys [+labializovaný] může šířit na všechny předcházející konsonanty. Vokály pro rys [labializovaný] specifikované jsou, a proto [ɑ:] ve slově *last* již nemůže být labializováno. Výsledná podoba předpovídaná anticipačním modelem tedy bude [lɑ:s<sup>w</sup>t<sup>w</sup> s<sup>w</sup>k<sup>w</sup>r<sup>w</sup>u:z<sup>w</sup>]. U slova *zámek* se šíří rys [+nazální]; šířit se však může jen na předcházející vokál, protože konsonanty v češtině jsou pro rys nazální specifikované. Výsledná povrchová forma pak bude [zã:mɛk].

Anticipační model tedy předpovídá regresivní šíření daného distinktivního rysu tak daleko, jak je to možné, to znamená na všechny předcházející segmenty, které pro daný rys nejsou specifikované. Postupem času se však ukázalo, že temporální rozsah regresivních koartikulačních jevů není tak výrazný, jak tento model předvídal.

Platnost anticipačního modelu koartikulace poprvé zpochybnila Fredericka Bell-Bertiová. Ve své studii (1980, citováno v: Fowler & Saltzman, 1993), která se týkala regresivní nazalizace, vyvrátila tvrzení, že ke spouštění měkkého patra dochází hned, jak je to možné, tedy na začátku prvního vokálu před nazálním konsonantem. Dokázala, že orální konsonanty a vokály rovněž mají svou specifickou výšku měkkého patra, přičemž u vokálů je obecně nižší. Ke snížení měkkého patra, které je zřejmě při nástupu vokálu po orálním konsonantu, dochází i tehdy, když nenásleduje žádný nazální konsonant, a proto jej nelze považovat za projev anticipační nazalizace. Po eliminaci tohoto prvního poklesu Bell-Bertiová zjistila, že spouštění měkkého patra začínalo víceméně stabilní interval před začátkem samotného nazálního konsonantu. Na základě těchto výsledků formulovala novou teorii, tzv. *frame model*, který překládáme jako *fixní model*.

Následné studie zaměřené na další koartikulační jevy se rovněž přikláněly k fixnímu modelu koartikulace. Studie, které zkoumaly regresivní labializaci (citované v: Fowler & Saltzman, 1993), například prokázaly, že dřívější experimenty zdánlivě potvrzující anticipační model ve skutečnosti do výsledků zahrnuly různé druhy retní činnosti. Tyto nové studie totiž pomocí elektromyografie (EMG) zjistily svalovou činnost rtů u konsonantů i v případech, kdy za nimi nenásledoval žádný labializovaný vokál. Když tato svalová aktivita byla eliminována, labializační úkon byl časově svázán (*time-locked*) s labializací vokálu. Trvání nástupu aktivace artikulačních úkonů se u všech analyzovaných koartikulačních jevů pohybovalo mezi 200 a 250 milisekundami (Fowler & Saltzman, 1993).

Je zřejmé, že artikulační fonologie Browmanové a Goldsteina, tak jak jsme ji představili v oddíle 2.1.1, by se řadila spíše k fixním modelům koartikulace, protože jedním z jejích základních principů je konstantní temporální rozsah nástupu aktivace daného artikulačního úkonu. Tento model byl v rámci stávající kapitoly popsána záměrně dříve, zejména kvůli představení nezbytné terminologie.

V tomto pododdíle jsme nastínili dva základní pohledy na koartikulaci z hlediska produkce řeči. Téma následujícího oddílu bude význam koartikulace pro řečovou percepci. Budou zde představeny některé koncepty, které s percepčním hlediskem souvisí.

## **2.2. Percepce souvislé (koartikulované) řeči**

I když v této kapitole o produkci a percepci řeči hovoříme odděleně, nejedná se samozřejmě o dvě na sobě nezávislé činnosti. Z hlediska řečové produkce můžeme říci, že koartikulace způsobuje v úseku jednoho segmentu akustickou přítomnost okolních segmentů. Koartikulace jinými slovy šíří akustické informace o daném segmentu i do jeho okolí. Z hlediska percepce toto posluchači umožňuje „vnímat“ vlastnosti hlásek delší dobu, dochází tedy k „paralelnímu zpracování“ (Kühnert & Nolan, 1999: 9), což proces percepce usnadňuje a urychluje. (Toto tvrzení je samozřejmě do značné míry diskutabilní, protože v běžných podmínkách řeč nevnímáme na úrovni segmentálních nebo dokonce subsegmentálních jednotek.) V každém případě podle tohoto pohledu koartikulace proces percepce usnadňuje. Existuje však i pohled zcela opačný, podle kterého koartikulace snižuje akustickou výraznost segmentů a tedy brání přesnému vnímání. Pro posluchače by pak koartikulace znamenala nežádoucí proměnlivost, kterou musí překonat.

Otázku, zda koartikulační jevy percepci řeči usnadňují nebo naopak ztěžují, v rámci této práce nevyřešíme. V následujícím pododdílu představíme koncept koartikulační rezistence. Další pododdíl se bude věnovat percepční neutralizaci koartikulačních jevů.

### 2.2.1. Koartikulační rezistence

Koartikulační rezistence (*coarticulation resistance*) je pojem, který do fonetiky přinesli Anthony Bladon a Ameen Al-Bamerni. Ve studii, která se zabývala tzv. světlým a tmavým /l/ v britské angličtině (Bladon & Al-Bamerni, 1976), použili odchylky F2 od kanonické hodnoty pro daný alofon v závislosti na segmentálním okolí a zjistili, že spektrální vlastnosti světlého [l] se ve všech kontextech měnily nejvíce, u temného (velarizovaného) [ɫ] méně a u slabičného [ɫ̥] nejméně. Tyto vlivy se potvrdily jak v regresivních (anticipačních), tak i v progresivních sekvencích. Na základě těchto výsledků Bladon a Al-Bamerni postulovali obecný princip artikulační regulace, který nazvali koartikulační rezistence (CR). Podle těchto autorů lze každému alofonu pomocí pravidel, která jsou buď specifická pro daný jazyk, nebo „kvazi-univerzální“, přiřadit hodnotu koartikulační rezistence (Bladon & Al-Bamerni, 1976: 149), která bude vyjadřovat schopnost daného alofonu odolávat vlivům okolních segmentů.

Princip koartikulační rezistence byl přejat i koprodukčními teoriemi; zde se pak hovoří o rezistenci artikulačních úkonů vůči vlivům okolních úkonů (Fowler & Saltzman, 1993). Koartikulační rezistenci u různých segmentů studoval Daniel Recasens se svými kolegy, podle kterého při řeči „chráníme“ úkony od koartikulačních vlivů, které by jim bránily v dosažení daného foneticky relevantního cíle (citován v: Fowler & Saltzman, 1993).

Koartikulační rezistenci je možné nahlížet i z pozice různých restričních fonologií. Tyto fonologické koncepce (např. přirozená fonologie nebo optimalitní teorie) jsou založeny na restrikcích, neboli omezeních, která jsou uvalena na artikulační aparát. Jak uvádějí Farnetani & Recasens (1999: 57), může se jednat o omezení aerodynamické povahy (kdy například ve slově *snaha* nedojde k anticipačnímu spouštění měkkého patra během [s], protože by to výrazně snížilo rychlost proudění vzduchu potřebnou k udržení frikce) nebo o skutečně protichůdné artikulační úkony (např. zaokrouhlení rtů oproti zaostření rtů).

### 2.2.2. Percepční korekce koartikulačních jevů

Již bylo zmíněno, že percepce řeči je ovlivněna okolním kontextem a že akustická manifestace hlásek není omezena pouze na jejich trvání, ale že „přesahuje“ i do okolních hlásek. Klasickým příkladem je anticipační labializace ve slovech jako *suchý*: [s<sup>w</sup>uxi:], ve kterém i přes jiné spektrální složení šumu první hlásku správně identifikujeme jako /s/. Experimenty, které se percepcí koartikulované řeči zabývaly, dokázaly existenci percepčního mechanismu, který akustické projevy způsobené koartikulací redukuje nebo eliminuje. Posluchači jsou schopni koartikulační labializaci ve slově *suchý* vnímat jako akustický projev následujícího labializovaného vokálu, jinými slovy ji korigovat.

Pro názornost uvedeme příklady dvou studií, které jsou citovány v práci Beddor & Krakow (1999). Tyto studie často využívají synteticky vytvořený signál, v němž jsou s definovaným krokem manipulované jeho akustické vlastnosti. Mann & Repp (1980) v jedné z prvních studií tohoto jevu zjistili, že posluchači syntetické frikativy, u kterých byl šum syntetizován mezi [s] a [ʃ], vnímají v závislosti na následujícím vokálu. Když se jednalo o labializované [u], vnímali šum s nižšími frekvencemi stále jako /s/, protože tyto nižší frekvence připisovali koartikulačnímu vlivu labializace. Když následujícím vokálem bylo nelabializované [a], kontinuum šumu mezi oběma frikativami bylo rozděleno přibližně na půl. Frikativy, které byly s [u] rozpoznány jako /s/, byly v tomto kontextu rozpoznány jako /ʃ/.

Kawasakiová použila přirozené vokály ze slov, kde se objevily v nazálním kontextu, [mVm]. Posluchači měli hodnotit míru nazalizace těchto vokálů. Autorka zjistila, že posluchači vokály v zřetelně nazálním kontextu vnímali jako relativně orální (Kawasaki, 1986). Když následně snižovala amplitudu okolních nazálních konsonantů, stejné vokály byly vnímány jako čím dál více nazalizované. Posluchači tedy v nazálním kontextu percepčně redukovali akustické vlivy koartikulačního (nazálního) kontextu.

Z těchto studií je zřejmé, že při vnímání řeči bereme v potaz segmentální kontext a jsme schopni pro správnou identifikaci jeho koartikulační vliv kompenzovat, tedy buď snížit nebo zcela eliminovat. Ohala (1993) shrnuje, že posluchači jsou velmi účinně schopni předvídatelné akustické vlastnosti segmentálního kontextu „korigovat“. Pokud nám ale kontext není k dispozici, interpretujeme (izolované) hlásky na základě jejich nominálních akustických vlastností. Stále však není jasné, jaké mechanismy tuto kompenzaci způsobují.

Na jedné straně stojí sluchové teorie, podle kterých odlišné vnímání segmentálních kategorií není způsobeno korekcí akustických projevů koartikulace, protože vnímavost k segmentálnímu kontextu je způsobena obecnými sluchovými procesy, které jsou založeny například na frekvenčním nebo spektrálním kontrastu.

Na straně druhé stojí skupina teorií, podle kterých percepce řeči probíhá skrz fonologický modul. Sem patří koncepce, které při percepci berou ohled i na produkci řeči. Podle motorické teorie Marka Libermana (Liberman, 1996) se posluchači snaží přicházející signál interpretovat přes artikulační úkony. Základní otázka, kterou si při percepci dané hlásky posluchač klade, by mohla být formulována takto: „Jak musím nastavit své artikulační orgány, abych vyslovil hlásku s těmito akustickými vlastnostmi?“ Jedná se tedy o jakýsi analyticko-syntetický přístup k percepci řeči (Mitterer, 2006). Teorie založená na artikulační fonologii (Fowler, 1996) tvrdí, že tento krok stranou není nutný,

že přicházející akustický signál vnímáme přímo skrz artikulační úkony a koartikulační jevy tedy snadno přiřkneme segmentálnímu kontextu.

Třetí skupinu teorií můžeme popsat jako stochastické modely percepce. Jedním z prvních proponentů stochastické percepce byl Peter Jusczyk, který se zabýval vývojem percepce u malých dětí (Jusczyk, 1992, 1993). Když malé dítě poprvé zaslechne nějaké slovo, uloží se mu v mentálním lexikonu v podobě jakési stopy. Další případy tohoto slova se zapisují do stejné stopy a díky opakovanému vstupu dochází k učení. Nedávné výzkumy (citované v: Mitterer, 2006) ukazují, že se podobným způsobem učíme i kompenzačním mechanismům při percepci koartikulované řeči.

### **2.3. Faktory ovlivňující koartikulaci**

Již v předcházejících oddílech jsme zmínili některé faktory, které ovlivňují existenci koartikulačních jevů a zejména jejich intenzitu. Tento oddíl se jim věnuje blíže a systematictěji, a to ve dvou částech. Napřed popíšeme lingvisticky podmíněné faktory a poté faktory podmíněné komunikační situací. I v tomto oddíle představíme jeden důležitý model koartikulace, teorii adaptivní proměnlivosti.

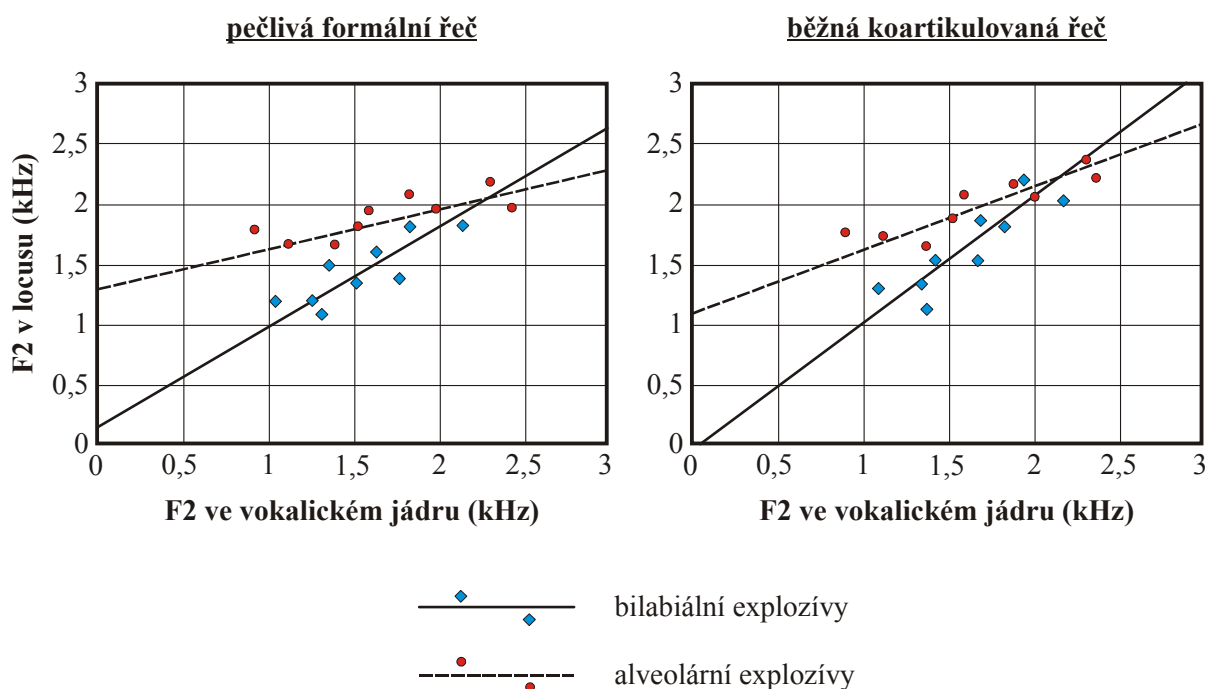
#### **2.3.1. Lingvisticky podmíněné faktory**

V rámci pojednání o lingvisticky podmíněných faktorech budeme postupovat od segmentálních vlivů přes vlivy operující na úrovni slabiky i na vyšších rovinách, až k vlivům sociolingvistické povahy. Vliv segmentální roviny na míru koartikulace je dán pohybem artikulačních orgánů od jedné hlásky k následující. Kvůli tématu této práce budeme ve zde uvedených příkladech uvažovat zejména o koartikulovaných vokálech; koartikulační procesy však samozřejmě zasahují i konsonanty. Tento pohyb bude například značný při styku lingválního konsonantu s nízkým vokálem, protože jazyk musí mít pro konsonant vysokou pozici a pro vokál nízkou. Naopak vysoké vokály jsou koartikulací (alespoň na segmentální úrovni) ovlivněny méně. Určitou roli samozřejmě hraje i vokalická kvantita: dlouhé samohlásky budou vůči koartikulaci rezistentnější než samohlásky krátké.

Vztah mezi trváním vokálů a koartikulací zkoumal švédský fonetik Björn Lindblom (Lindblom, 1963), který zjistil, že frekvence formantů daného vokálu se liší v závislosti na jeho trvání a na konsonantickém kontextu. Čím kratší vokál, tím dále byla frekvence formantů od kanonických frekvencí. Lindblom tento jev nazval nedosažení artikulačního cíle (*target undershoot*); někdy se používá i termín hypoartikulace. Podle Lindbloma je nedosažení artikulačního cíle důsledkem zvýšeného tempa řeči - příkazy z motorických

center moku přicházejí příliš rychle na to, aby artikulační orgány daný úkon provedly celý. Lindblom (1987) později toto stanovisko mírně zjemnil, ale základní koncept platí.

Vliv konsonantického kontextu na míru nedosažení artikulačního cíle roste se vzdáleností mezi hodnotami F2 pro konsonant a vokál. Tato vzdálenost, kterou Lindblom měřil od konsonantického locusu k temporální polovině následujícího vokálu (od nástupu znělosti k vokalickému jádru), se v následujících desetiletích stala jedním z hlavních ukazatelů míry koartikulace v CV slabikách. Jak ukazuje obrázek 2-5, na horizontální ose vynášíme hodnotu F2 pro vokalické jádro a na vertikální ose hodnotu F2 v locusu. Tzv. locusové rovnice (*locus equations*) pak vyjadřují regresní trend přímky proložené výslednými datovými body. S myšlenkou využít locusových rovnic pro zjišťování koartikulace přišla jako první Diana Krullová (citována v: Farnetani & Recasens, 1999); později se tomuto výzkumu věnoval zejména Harvey Sussman a jeho kolegové (například Sussman *et al.*, 1995; Sussman *et al.*, 1997). Jejich studie ukázaly, že locusové rovnice fungují jako ukazatel místa artikulace, ale že také vyjadřují míru koartikulace: čím strmější křivka, tím kratší je přechod mezi konsonantem a vokálem. Kratší přechod naznačuje větší překryv příslušných artikulačních úkonů a tedy vyšší míru koartikulace (obrázek 2-5).



**Obrázek 2-5:** Locusové rovnice pro bilabiály a alveoláry v pečlivé a běžné výslovnosti.

Pro koartikulační jevy je důležitá i úroveň slabiky. Mnoho studií dokazuje, že v rámci slabiky bývá míra koartikulace větší než přes hranice slabiky. Tato zjištění posilují tvrzení, že slabika skutečně je reálnou jednotkou reprezentace v mysli uživatele jazyka. Větší míra koartikulace v rámci slabiky má význam i z hlediska členění řeči při percepci.

Faktorem, který zásadně ovlivňuje míru koartikulace na úrovni slabiky, je slovní přízvuk (alespoň v jazycích, ve kterých je přízvuk charakterizován akustickou prominencí, např. v angličtině nebo italštině). Kenneth de Jong a jeho kolegové zjistili, že artikulační úkony u hlásek v přízvučných slabikách se překrývají méně než v nepřízvučných slabikách (de Jong *et al.*, 1993). Hlázky v přízvučných slabikách jinými slovy vykazují vyšší koartikulační rezistenci.

Z dosavadní analýzy vyplývá, že koartikulace by měla nejméně zasáhnout dlouhé vysoké vokály pod přízvukem. Naopak nejnáchylnější ke změnám vlivem koartikulačních účinků budou nepřízvučné krátké nízké vokály.

Další prozodické faktory, které ovlivňují míru koartikulace, jsou přítomnost prozodických hranic, mluvní styl a artikulační tempo. Prozodická hranice koartikulační účinky okolního kontextu se značnou pravděpodobností vyruší, že nedbalý projev v běžných konverzačních podmínkách bude náchylnější ke koartikulaci než formální projev před publikem a že vysoké artikulační tempo vyvolá více koartikulačních jevů než tempo nízké. Linda Shockeyová cituje cambridgeské studie, které ukázaly, že vztah mezi tempem a mírou redukce v řečovém signálu není přímočarý, protože mluvčí jsou schopni se na výslovnost i při vysokém tempu soustředit a některé účinky nedbalé řeči potlačit (Shockey, 2003). Koartikulaci mohou ovlivnit i podmínky sběru dat: Krull (1987, 1989, citována v: Farnetani & Recasens, 1999) zjistila, že locusové rovnice (a tedy míra koartikulace) se významně liší podle toho, jestli pokusné osoby nahrávaly spontánní řeč nebo vyslovovaly pseudoslova v laboratorních podmínkách.

Míra koartikulace závisí samozřejmě i na konkrétním jazyce. Je všeobecně přijímané, že angličtina - a zejména americká angličtina - je ke koartikulaci velmi náchylná. U češtiny se naopak (spíše intuitivně) předpokládá obecně vyšší míra koartikulační rezistence. Odlišné koartikulační vlastnosti různých jazyků jsou částečně způsobeny i percepčními mechanismy (např. Solé, 1992). Obecně řečeno, čím je fonologický systém daného jazyka bohatší, tím méně koartikulace si kvůli zachování kontrastu mezi jednotlivými prvky může dovolit. Čeština má například jen jeden nízký vokál, /a/, jehož konkrétní realizace může kolísat (a také tak činí - v současné době jsme u různých mluvčích svědky kolísání kvality /a/ od předního přes střední až k zadnímu), protože nehrozí nebezpečí ztráty kontrastu vůči jinému vokálu. Britská angličtina má oproti tomu čtyři nízké vokály, a jejich kvalita proto musí být pevněji ukotvena. Abychom použili příklad bližší tématu této práce, koartikulační nazalizace bude pravděpodobně slabší v jazycích s kontrastivní nazalizací vokálů (např. francouzština nebo portugálština) než v jazycích, ve kterých nazalizace nemá fonologickou platnost (např. angličtina).



### 2.3.2. Faktory podmíněné komunikační situací

V tomto oddíle se budeme zabývat teorií adaptivní proměnlivosti (*adaptive variability*). Teorie adaptivní proměnlivosti je jedním z názvů konceptu, který již mnoho let vyvíjí Björn Lindblom (např. Lindblom, 1990). Základní tezí této teorie je tvrzení, že konkrétní akustická podoba řeči vychází z komunikační situace mezi mluvčím a posluchačem. Přesněji řečeno, je výslednicí dvou opačných tendencí - na jedné straně je to snaha o úsporu artikulačního úsilí (tedy hledisko mluvčího) a na druhé straně potřeba úspěšné komunikace (hledisko posluchače). Adaptivní proměnlivost pak znamená, že uživatelé jazyka jsou schopni svou řečovou produkci přizpůsobit požadavkům konkrétní situace, ve které komunikace probíhá. Jinak řečeno: mluvčí při řečové produkci vynakládá minimální úsilí nutné pro to, aby komunikace byla úspěšná.

Pokud jsou podmínky pro komunikaci nepříznivé (například při silném okolním hluku, když posluchač není rodilým mluvčím našeho jazyka, nebo když je téma rozhovoru pro posluchače neznámé a náročné na porozumění), jsou mluvčí schopni vyslovovat s vyšší fonetickou přesností, neboli „hyperartikulovat“. Pokud komunikační situace takovouto preciznost nevyžaduje, mají mluvčí snahu šetřit artikulační úsilí, neboli „hypoartikulovat“. Posluchač je schopen takovouto méně precizní formu řeči rozluštit díky vnímání vyšších (suprasegmentálních) jednotek a díky kontextu (Farnetani & Recasens, 1999: 34). Iniciály slov „hyperartikulace“ a „hypoartikulace“ jsou obsaženy v dalším názvu tohoto modelu - teorie H&H. Podle Lindbloma (1990) se jedná o extrémní body kontinua, na němž se pohybují všechny fonetické realizace.

Koartikulace je pro teorii adaptivní proměnlivosti (nebo teorii H&H) samozřejmě zcela klíčovým pojmem. Přechod od hyperartikulace k hypoartikulaci je charakterizován postupným stíráním fonetického kontrastu a nárůstem míry koartikulačních jevů. Pokud tedy říkáme, že konkrétní fonetická realizace závisí na výslednici požadavku úspěšné komunikace a požadavku úspory artikulační energie, pak se koartikulace odráží v druhém z těchto požadavků.

### 2.4. Závěr

Na závěr této kapitoly musíme zdůraznit, že o koartikulačních jevech je možné hovořit pouze tehdy, když na ně nahlížíme z perspektivy konkrétního jazyka a jeho fonologického systému. Hammarberg (1976: 357) dává příklad předního [ḱ], zadního [k̠] a labializovaného [kʷ], které můžeme interpretovat jako /k/ jen díky znalosti fonologického systému daného jazyka. Jen tak poznáme, že se jedná, slovy Hammarberga, o „variaci na společné téma“ a ne o distinktivní fonémy.

Existence koartikulace má závažné důsledky i pro řečové technologie. Na straně syntézy řeči požadavek na přirozenost syntetické řeči vedl k užití jednotek, které zahrnují přechod mezi hláskami, tj. difony, případně trifony, a tedy zahrnují koartikulační informaci. V současné době se výzkumníci v oblasti konkatenační syntézy řeči snaží o zapojování co největších jednotek: jedná se o tzv. dynamický výběr jednotek (např. Tihelka & Matoušek, 2006).

Na straně automatického rozpoznávání řeči je klíčovým parametrem podoba modelů, na jejichž základě je řeč rozpoznávána. Pokud rozpoznávací systém využívá monofony a navíc pouze jejich stabilní části, pak bude jeho úspěšnost zřejmě nízká.

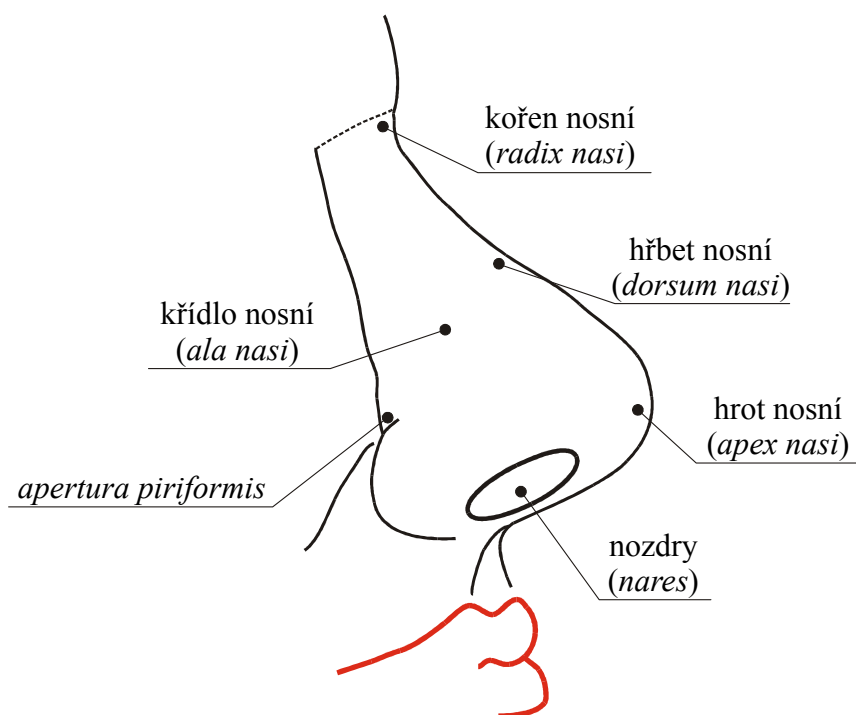
### 3. Anatomie orgánů účastnících se nazalizace

Tato kapitola představuje úvod do anatomie artikulačních orgánů. Je nutné podotknout, že se jedná o úvod selektivní; přistupujeme k němu z hlediska tématu práce, koartikulační nazalizace. Je zde tedy věnována velká pozornost dutině nosní a vedlejším dutinám, zatímco například jazyku, orgánu pro artikulaci nejdůležitějšímu, je věnováno podstatně méně prostoru, protože se na kontrastu nazalizace podílí pouze okrajově. Obrázky v této kapitole jsme vytvořili na základě ilustrací v publikacích Borovanský *et al.* (1960), Čihák (1988) a Netter (2003).

Podobnou motivaci má i řazení jednotlivých oddílů: nejprve se zabýváme anatomií zevního nosu (oddíl 3.1), nosní dutiny (3.2) a vedlejších dutin nosních (3.3) a teprve poté ústní dutinou (3.4). Samostatný oddíl je věnován patru (3.5) a hltanu (3.6). V posledním oddíle (3.7) se krátce zabýváme řečovými vadami spojenými s nazalitou.

#### 3.1. Zevní nos a nosní kosti

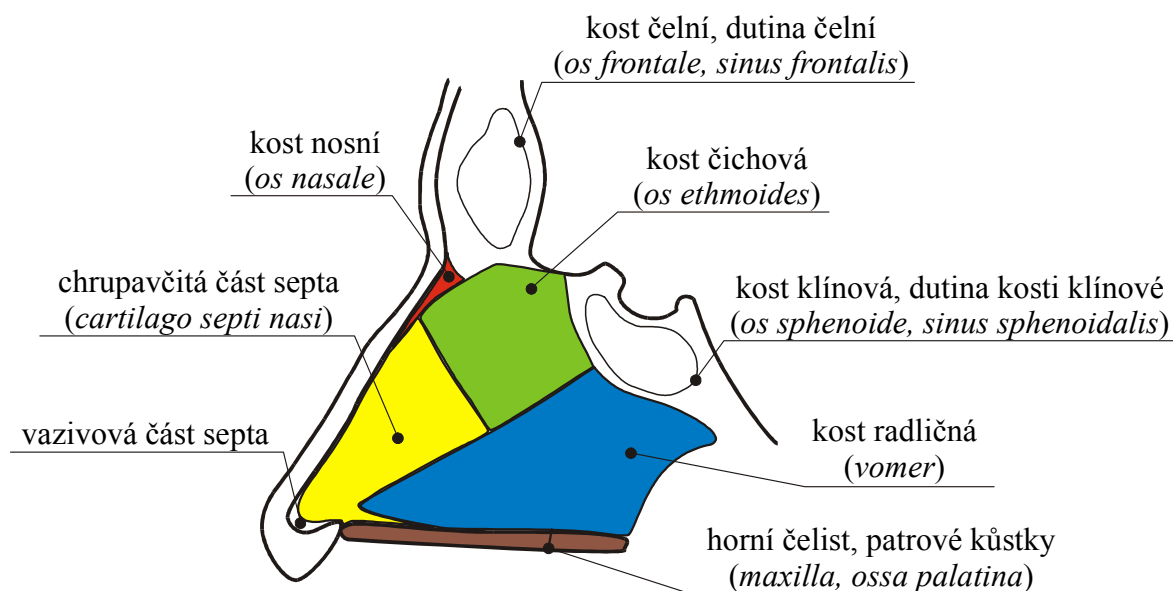
Zevní nos (*nasus externus*) má tvar trojboké pyramidy (obrázek 3-1). Na hranici nosu a čela se nachází kořen nosní (*radix nasi*). Dopředu dolů od kořene pokračuje hřbet nosní (*dorsum nasi*), který je zakončen hrotem nosním (*apex nasi*). Postranní stěny zevního nosu tvoří tzv. křídla nosní (*alae nasi*). Výstup z dutiny nosní zajišťují párové nozdry (*nares*). Ve vertikálním směru zaujímá nos přibližně jednu třetinu, v horizontálním směru asi dvacet procent obličeje.



**Obrázek 3-1:** Zevní nos a jeho skeletní podklad.

Skeletní oporu zevního nosu tvoří kostěný obvod *apertura piriformis*. Strop nosu se skládá z kosti nosní (*os nasale*), kosti čelní (*os frontale*), za ní se nachází *lamina cribrosa* kosti čichové (*os ethmoides*) a nejdorzálněji pak kost klínová (*os sphenoides*). Spodina nosu je vytvořena dolní čelistí (*maxilla*) a jejími patrovými výběžky (*processus palatini*) a patrovými kůstkami (*ossa palatina*). Tato kostěná spodina je přibližně 6 cm dlouhá a 1,5 cm široká. Všechny tyto struktury schematicky znázorňuje obrázek 3-2.

Kostěný skelet nosu doplňují hyalinní chrupavky nosní (*cartilagine nasii*). Jedná se zejména o *cartilago nasi lateralis*, která vyztužuje hřbet a části bočních stěn nosu. Další chrupavky obkružují obě nozdry (*cartilago alaris major*); jejich účelem je udržovat nozdry otevřené. Jiné chrupavky se nacházejí v křídlech nosních. Chrupavky jsou navzájem a i k podkladu *apertura piriformis* připojeny vazivem. Skelet vnějšího nosu pokrývá vrstva svalové hmoty, podkožní tkáň a nakonec kůže.



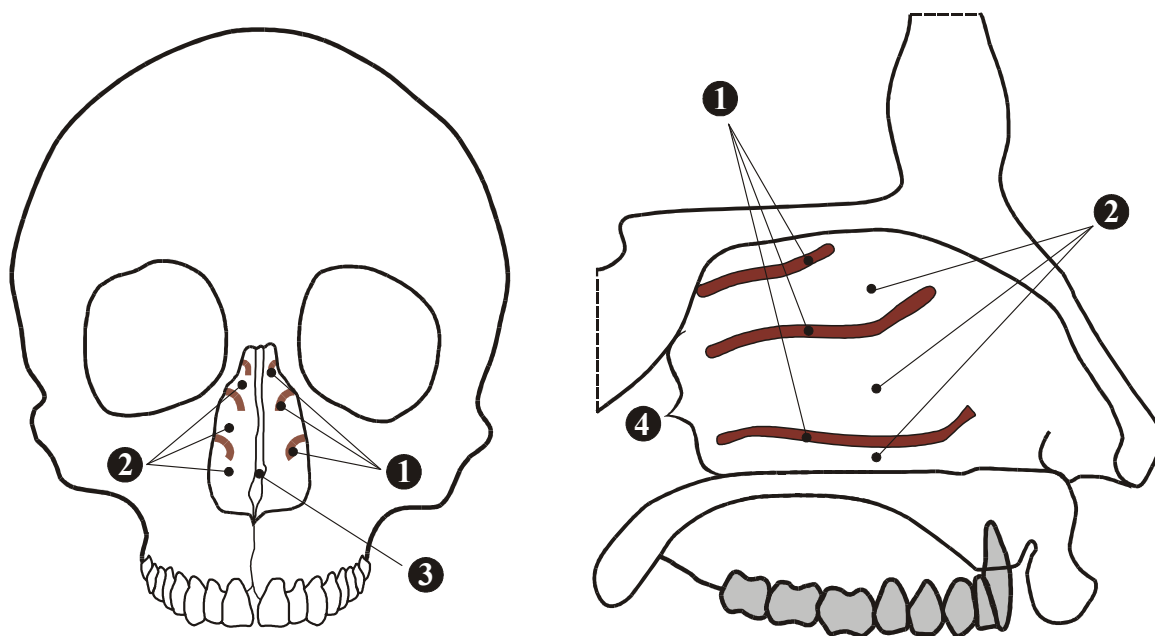
**Obrázek 3-2:** Kostěný skelet nosu a struktura přepážky nosní.

Nozdry jsou od sebe oddělené sagitální ploténkou, která se nazývá přepážka nosní (*septum nasi*). Tato ploténka pokračuje dorzálně dovnitř nosu skrz větší část dutiny nosní. Septum se skládá z více částí (viz obrázek 3-2) - na přední straně (mezi nozdrami) je vazivové (*pars cutanea*), jeho prostřední část se skládá z chrupavky (*cartilago septi nasi*) a zadní (dorzální) kostěnou část (*pars ossea*) tvoří kost radličná (*vomer*) a *lamina perpendicularis* kosti čichové. Po dokončení svého vývoje, přibližně v sedmém roce života, bývá septum většinou asymetrické, je tedy vychýleno k jedné nebo druhé straně. Tato deviace septa, která je způsobena nestejným růstem nosních kostí, zmenšuje příslušnou část dutiny nosní.

### 3.2. Dutina nosní

Dutina nosní (*cavitas nasi*) začíná předsíní dutiny nosní (*vestibulum nasi*), která je vystlána kůží; pak teprve nastupuje vlastní dutina nosní (*cavitas nasi propria*), která je pokryta sliznicí. Je to spojená dutina zevního nosu a kostěné dutiny nosní, která je septem rozdělena na dvě - jak bylo zmíněno výše - většinou asymetrické části. Každou polovinu dutiny nosní ohraničuje septum, horní a spodní stěna (strop a spodina) a laterální stěna.

Od laterální stěny se proti dutině nosní, směrem k septu, klenou nad sebou tři stočené kostní lamely, tzv. nosní skořepy neboli konchy (*conchae nasales*). Tyto struktury schematicky zachycuje obrázek 3-3. Jak je zřejmé z jeho pravé části, skořepy nejsou stejně dlouhé; horní skořepa nosní je nejkratší. Horní a střední skořepa patří ke kosti čichové, dolní skořepa je samostatná kůstka. Skořepy nosní výrazně zvětšují povrch dutiny nosní a usměrňují proudění vzduchu. Při proudění podél nosních skořep se vzduch ohřívá a zvlhčuje; nos tedy funguje jako „klimatizace“. Ohřívání vzduchu napomáhá silné prokrvení stěn dutiny nosní i septa, pro zvlhčování vzduchu je klíčový nosní hlen.



**Obrázek 3-3:** Frontální a sagitální řez dutinou nosní: 1 - skořepy nosní (*conchae nasales*), 2 - průchody nosní (*meati nasi*), 3 - přepážka nosní (*septum nasi*), 4 - choany.

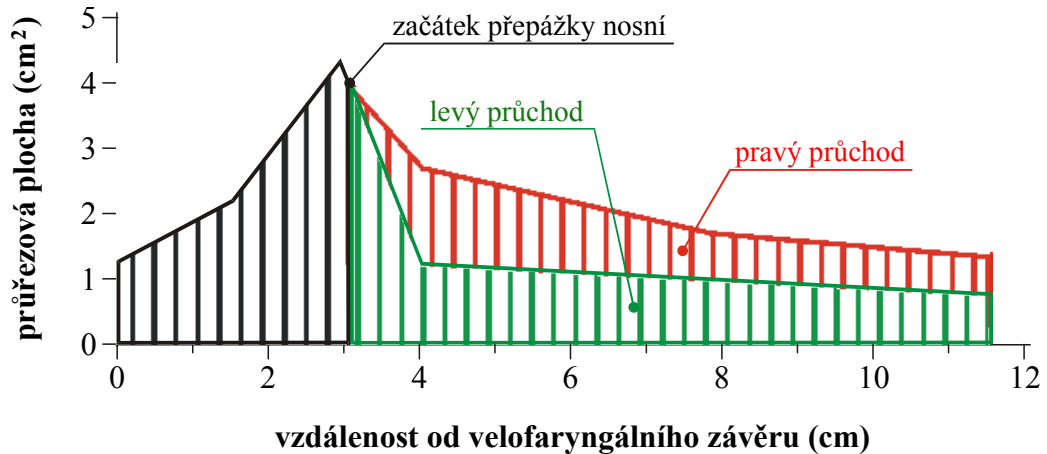
Mezi skořepami a septem se nachází hlavní průchod nosní dutinou (*meatus nasi communis*). Polohou nosních skořep vznikají mezi a pod nimi průchody, případně průduchy nosní (*meati nasi*). Střední a dolní průchod nosní (*meatus nasi medius* a *meatus nasi inferior*) ústí do prostoru za skořepami, hornímu průchodu (*meatus nasi superior*) v tom brání tělo kosti klínové. *Meatus nasi medius* je hlavním průchodem z hlediska proudění vzduchu. Do dolního průchodu nosního ústí slzovod (*ductus lacrimalis*).

Zatímco vstup do dutiny nosní tvoří nozdry (*nares*), na zadním konci nosní dutiny se nacházejí tzv. choany, neboli vnitřní nozdry (*choanae*), otvory asi 3 cm vysoké a 1,5 cm široké, které dutinu nosní spojují s nosohltanem. Tento úsek se nazývá *meatus nasopharyngeus* a pod ním dochází k vytvoření patrohltanového, neboli velofaryngálního závěru (viz níže oddíl 3.5). V oblasti za choanami se nosní dutina snižuje vyklenutím těla kosti klínové.

Stěny dutiny nosní, septum i konchy pokrývá sliznice (*tunica mucosa*), která je tvořena povrchovým epitelem a slizničním vazivem. Rozlišují se dva druhy nosní sliznice. Sliznice čichová (čichový okrsek, *regio olfactoria*) obsahuje olfaktorické (čichové) buňky a nachází se v horní části dutiny nosní a septa a na části horní skořepy. Dýchací sliznice (dýchací okrsek, *regio respiratoria*) zaujímá všechnu ostatní plochu nosní sliznice, je jí tedy podstatně více než sliznice čichové. Na povrchu sliznice se vytváří hlen, jehož funkcí je zachycovat prachové částice přicházející zvenčí. Pohybem řasinkovitého epitelu jsou tyto částice spolu s hlenem transportovány z přední poloviny dutiny nosní do zevního nosu a ze zadní poloviny do nosohltanu. Jako vystýlající sliznice se dýchací sliznice nachází i ve všech vedlejších dutinách nosních.

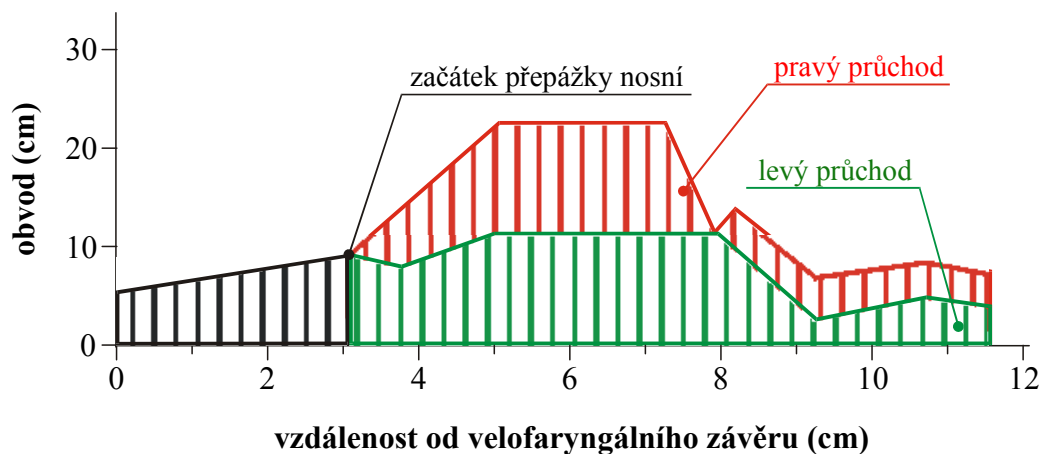
Pro akustické vlastnosti nazálního traktu jsou klíčové jeho rozměry. Petrovický *et al.* (2001b: 137) uvádějí, že dutina nosní je nejužší u stropu (přibližně 2-3 mm) a nejširší při spodině, kde dosahuje šířky až 15 mm. V rozměru ventro-dorzálním je dutina nosní nejvyšší přibližně uprostřed, v oblasti kosti klínové (asi 4 cm); na obou koncích je vysoká přibližně 2 cm.

Detailnější analýzu rozměrů nosní dutiny provedli s pomocí magnetické rezonance (MRI) Dang *et al.* (1994). Následný popis vychází především z jejich měření. Při interpretaci jakýchkoli údajů o rozměrech nazálního traktu je nutné mít na paměti, že tyto rozměry podléhají značným individuálním rozdílům. Průměrnou průřezovou plochu dutiny nosní od velofaryngálního závěru až k nozdram ukazuje obrázek 3-4; průřezové plochy odpovídají průměrným hodnotám pro čtyři mluvčí zobrazené v Dang *et al.* (1994: 2093). Průměrná délka nazálního traktu, získaná celkem z údajů pro sedm mluvčích, je 11,6 cm a vykazuje překvapivě nízkou variabilitu (s.o. 0,13 cm,  $C_{\text{var}}$  přibližně 1 %). Průměrný objem nosní dutiny pro tyto mluvčí byl 25,5 cm<sup>3</sup> (s.o. 9,1 cm<sup>3</sup>,  $C_{\text{var}}$  36 %). Vidíme tedy, že individuální rozdíly v objemu jsou podstatně větší než v délce. Dang *et al.* (1994) rozdělili nazální trakt podél ventrálně-dorzální dimenze na tři části a ukázali, že k největší objemové variabilitě dochází v prostřední části, ve vzdálenosti přibližně 4-8 cm od velofaryngálního závěru. Na obrázku 3-4 je patrná i odlišná průřezová plocha v pravém a levém nosní průchodu, což je důsledek deviace septa.



**Obrázek 3-4:** Průřezová plocha nosní dutiny (podle údajů pro čtyři mluvčí v Dang *et al.*, 1994: 2093).

Dang *et al.* ve své studii zkoumali rovněž obvod nosní dutiny v závislosti na vzdálenosti od velofaryngálního závěru. Shrnutí přináší obrázek 3-5 v podobné formě jako byla zobrazena průřezová plocha v obrázku 3-4.



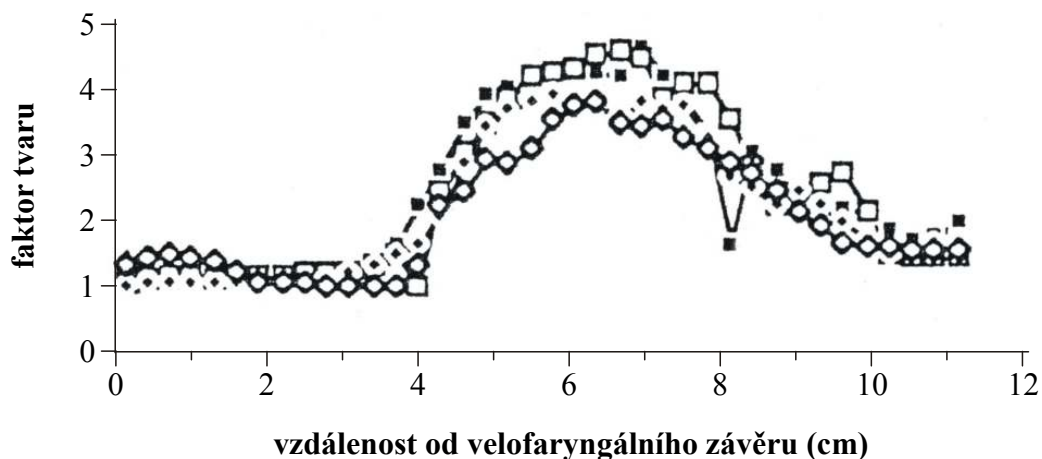
**Obrázek 3-5:** Průřezový obvod nosní dutiny (podle údajů pro čtyři mluvčí v Dang *et al.*, 1994: 2094).

Je patrné, že prostřední část má největší obvod (průměrná hodnota 20,2 cm oproti 8,6 cm pro přední a 5,8 cm pro zadní část), což znamená, že prostřední část dutiny nosní je členitější a má složitější tvar než obě krajní části. S účelem postihnout rozdíly v komplexnosti tvaru nosní dutiny navrhl Fant (1970: 141, 305) použití „faktoru tvaru“ (*shape factor*):

$$S_f = S / \sqrt{4\pi A}, \quad (1)$$

kde  $S_f$  je faktor tvaru,  $S$  je průřezový obvod a  $A$  je průřezová plocha. Dang *et al.* (1994) Fantův vzorec použili a vypočítali faktor tvaru pro jejich data. Výsledky pro stejné čtyři

mluvčí ukazuje obrázek 3-6. Přestože u průřezové plochy i u obvodu docházelo mezi jednotlivými subjekty k velkým rozdílům, je zřejmé, že použití faktoru tvaru tyto rozdíly normalizuje - průběh křivky je u všech subjektů téměř stejný. Faktor tvaru má hodnotu přibližně 1 v zadní části nazálního traktu, hodnotu 4 pro střední a 2 pro přední část.



**Obrázek 3-6:** Normalizace rozměrů dutiny nosní pomocí Fantova faktoru tvaru (podle Dang *et al.*, 1994: 2094).

### 3.3. Vedlejší dutiny nosní

Vedlejší dutiny nosní (také paranazální dutiny, PND; *sinus paranasales*) jsou vzdušné (pneumatické) dutiny, které se nacházejí v kostech okolo dutiny nosní a jsou vystlány epitelovou sliznicí.

Paranazální dutiny se vyvíjejí postupně během ontogenetického vývoje jedince. Vznikají z laterální stěny nosu jako výchlípky sliznice, které postupně pronikají do okolních kostí. U novorozence se jedná jen o výklenky nosní stěny, které se po celé růstové období zvětšují a definitivní velikosti nabývají až po dvacátém roce života. Po dokončení vývoje je pak jejich celková kapacita větší než objem samotné nosní dutiny. Rozsah pneumatizace jednotlivých kostí značně kolísá. Tento fakt a dlouhý vývoj vedlejších nosních dutin vysvětluje četné variace v jejich tvaru i kapacitě. Vedlejší dutiny nosní vyúsťují skrz malé otvory, tzv. *ostia* do nosních průchodů. Většina dutin vyúsťuje do obloukovité („poloměsíčitě“) štěrbině, která se nazývá *hiatus semilunaris* a nachází se ve středním průchodu nosním (viz níže obrázek 3-8).

Funkce vedlejších dutin dodnes nebyla zcela objasněna (Čihák, 1988: 166; Hybášek, 1999: 22). Funkce, které zde zmíníme, jsou tedy do jisté míry hypotetické. Nejdůležitější z fonetického hlediska je působení vedlejších nosních dutin jako rezonanční prostory při tvorbě hlasu. Je pravděpodobné, že právě variabilita v tvaru a velikosti dodává hlasu jednotlivých mluvčích osobitou barvu. Pokud vezmeme v potaz skutečnost, že se některé



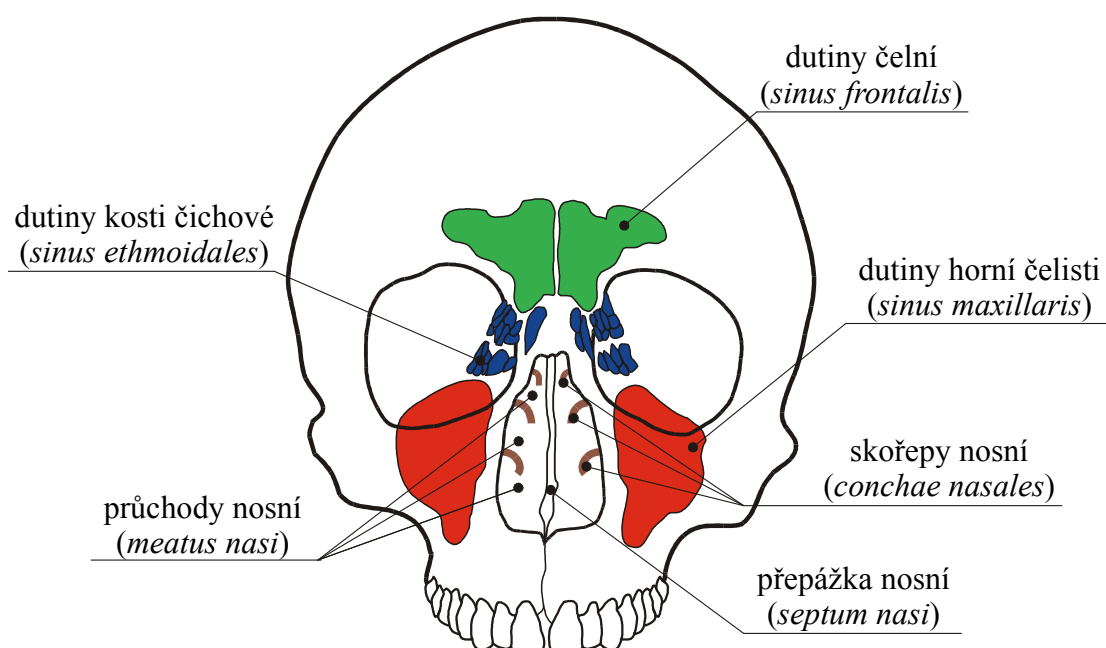
vedlejší dutiny vyvíjejí až dvacet let, je logické, že i barva hlasu se u daného jedince usazuje po poměrně dlouhou dobu.

Vedlejší dutiny jsou zřejmě důležité pro architekturu lebky, protože snižují hmotnost obličejových kostí, ale zároveň umožňují zachovat sílu i tvar těchto kostí. Určitý význam mohou mít i pro zvlhčování vzduchu nebo tepelnou izolaci očníce (Hybášek, 1999: 22).

Existuje hypotéza, že vedlejší dutiny původně hrály určitou roli i při čichovém vnímání. U některých živočichů jsou totiž vedlejší nosní dutiny vystlány olfaktorickým (čichovým) epitelem; čichových buněk je tedy více, protože zabírají větší plochu, a čich je efektivnější. Z pohledu dnešního člověka by tedy vedlejší dutiny nosní představovaly spíše zbytkový anachronismus.

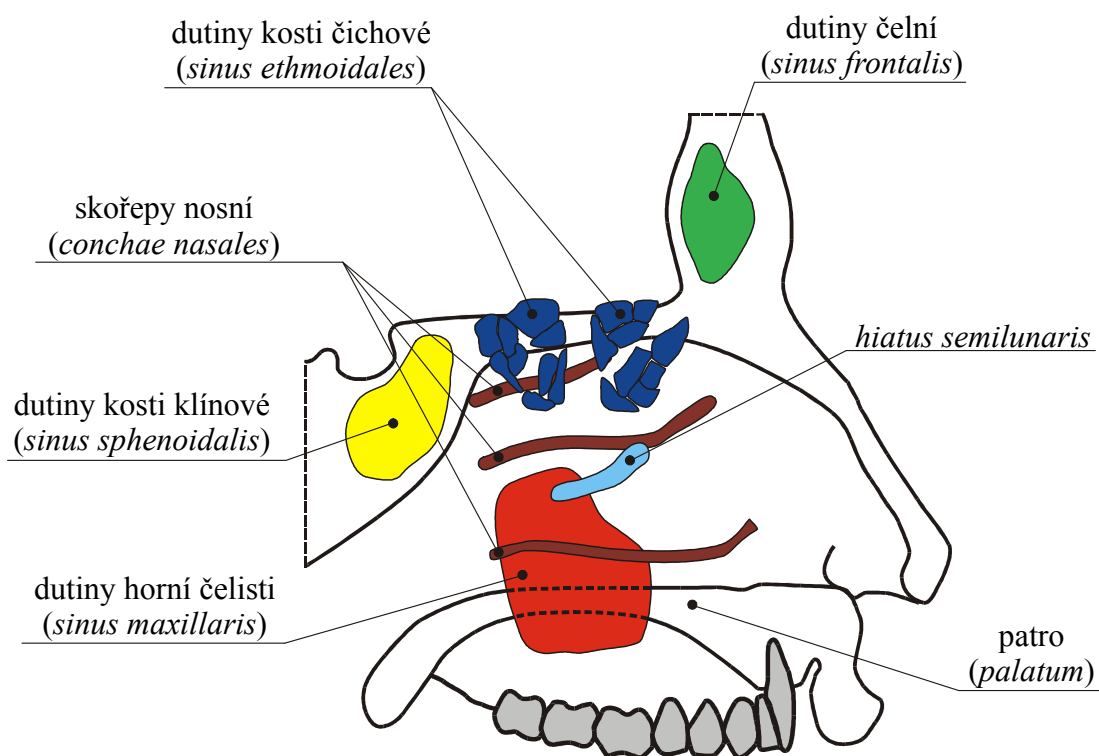
Zatímco funkce vedlejších dutin není zcela uspokojivě vysvětlena, jejich medicínský význam je jednoznačný. Kvůli zablokování normálního odchodu hlenu často dochází k zánětu nosních dutin. Výsledný záporný tlak v nosních dutinách pak způsobuje silné bolesti hlavy. Tzv. sinusitida bývá způsobena bakteriální infekcí, která se šíří z dutiny nosní (Vokurka *et al.*, 2005: 829).

Jména jednotlivých dutin jsou odvozená od názvů kostí, ve kterých se nacházejí. Rozlišujeme čtyři skupiny vedlejších dutin nosních: dutiny horní čelisti, dutiny čelní, dutiny kosti čichové a dutiny kosti klínové. Obrázek 3-7 ukazuje frontální pohled na vedlejší nosní dutiny, zatímco obrázek 3-8 ukazuje sagitální pohled.



**Obrázek 3-7:** Frontální pohled na vedlejší dutiny nosní.

Dutiny horní čelisti (*sinus maxillaris*) se nacházejí v oblasti obou horních čelistí, přibližně nad stoličkami, a mohou zasahovat i do všech jejích výběžků (Petrovický *et al.*, 2001a: 180). Z frontálního pohledu mají přibližně tvar pyramidy se základnou obrácenou k laterální stěně dutiny nosní. Jsou to největší vedlejší dutiny; jejich objem je přibližně 25 cm<sup>3</sup> a rozměry průměrně 3,5 x 2,5 x 3,2 cm (Čihák, 1988: 166). Dutiny horní čelisti jsou částečně vyvinuté už při narození a rostou během dalšího vývoje, přičemž plné velikosti dosahují až v dospělosti (Netter, 2003: 44). Vyúsťují skrz *hiatus semilunaris* do středního průchodu nosního. V okolí *hiatus semilunaris* mohou být malá přídatná ústí, která vznikají vlivem zánětů.



**Obrázek 3-8:** Sagitální pohled na vedlejší dutiny nosní.

Dutina čelní (*sinus frontalis*) se nachází v čelní kosti. Jedná se opět o párovou dutinu, jejíž tvar i velikost je do značné míry variabilní (průměrný objem je 15 cm<sup>3</sup> a pohybuje se mezi 1 a 45 cm<sup>3</sup>). Obě části jsou oddělené přepážkou a často jsou asymetrické. Tyto dutiny při narození nejsou přítomné vůbec, objevují se až ve dvou letech. Pneumatizace kosti čelní je dokončena až v dospělosti. Dutiny čelní ústí skrz *ductus nasofrontalis* do středního průchodu nosního, většinou do malé prohlubinky blízko *hiatus semilunaris* nebo přímo do *hiatus semilunaris*.

Dutiny kosti čichové (*sinus ethmoidales*) se nacházejí v kosti čichové, přibližně mezi očima. Opět jsou to párové dutiny, které jsou na každé straně tvořeny více dutinkami nebo sklípky (*cellulae ethmoidales*), jejichž počet se pohybuje mezi třemi a osmnácti, průměrně

8-10 (Hybášek, 1999: 19). Tyto dutinky jsou navzájem propojené do dvou až tří skupinek, které jsou propojené s dutinou nosní. Přední čichové sklípky (*cellulae ethmoidales anteriores*) tvoří přibližně 60 % dutinek čichové kosti a ústí do *hiatus semilunaris*. Zadní čichové sklípky (*cellulae ethmoidales posteriores*) ústí do horního průchodu nosního. Střední čichové sklípky (*cellulae ethmoidales mediae*), pokud jsou vytvořeny, ústí samostatně do středního nosního průchodu. Dutiny kosti čichové jsou částečně vyvinuté již při narození a rostou během dalšího vývoje.

Dutiny kosti klínové (*sinus sphenoidalis*) se nacházejí v rozsahu těla kosti klínové. Jsou to nejposterioernější vedlejší dutiny nosní, leží až nad nosohltanem. Jsou rovněž nejmenší, jejich objem činí přibližně 8 cm<sup>3</sup>. Vyvíjejí se až v období adolescence. Opět jsou to párové dutiny oddělené přepážkou, která je často asymetrická. Dutiny kosti klínové ústí do horního průchodu nosního.

Již bylo zmíněno, že u vedlejších dutin nosních dochází k vysoké variabilitě z hlediska jejich tvaru i objemu, a to jak u různých osob, tak i u jedné osoby jako důsledek asymetrie párových dutin (odlišné míry pneumatizace dotýčných kostí na levé a pravé straně). Dang *et al.* (1994) uvádějí, že variační koeficient objemu vedlejších dutin se u jejich subjektů pohybuje mezi 18,9 % a 42,6 %; variabilita je zde tedy větší než u dutiny nosní. Podobné variabilitě podle stejné studie podléhá i přesné umístění a poloměr ostií (otvorů, které vedlejší dutiny spojují s hlavní nosní dutinou); s polohou úzce souvisí jejich délka, která je velmi důležitá z akustického hlediska. Dang *et al.* (1994) citují studii Masudy, ve které autor měřil rozměry 44 ostií dutiny horní čelisti: průměrná hodnota poloměru byla 0,222 cm a pohybovala se mezi 0,094 a 0,366 cm; průměrná délka těchto ostií byla 0,25 cm a pohybovala se od 0,11 do 0,64 cm. Ve své pozdější studii, která se zabývala pouze vedlejšími dutinami nosními, Dang & Honda (1996) uvádějí rozměry vedlejších dutin a jejich ostií z různých anatomických pramenů. Shrnutí těchto a výše zmíněných údajů přináší tabulka 3-1 (Dang & Honda neanalyzovali čichové sklípky, protože jejich malé rozměry jsou z akustického hlediska méně zajímavé).

	objem (cm <sup>3</sup> )	délka ostia (cm)	průměr ostia (cm)
dutiny horní čelisti	25	0,25 ; > 0,3 <sup>1</sup>	0,24 (M); 0,44 (Ž)
dutiny kosti čelní	15	0,62	0,26-0,51
dutiny kosti klínové	8	0,3	0,34

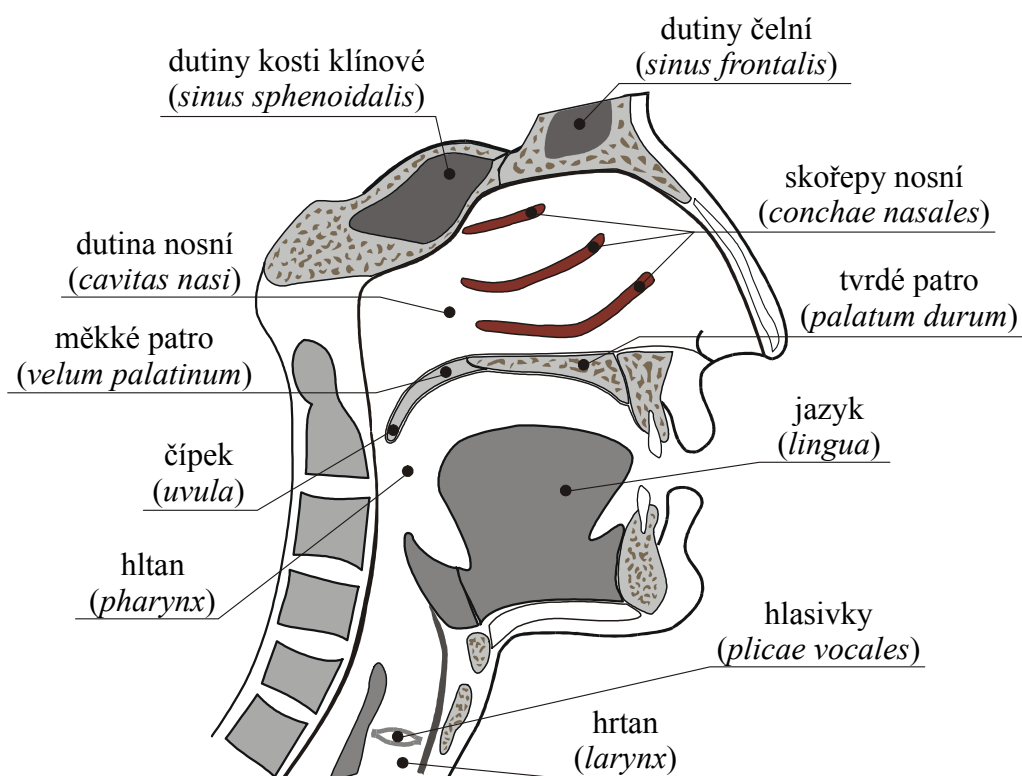
**Tabulka 3-1:** Shrnutí anatomických údajů vedlejších dutin nosních a jejich ostií (podle Dang *et al.* (1994) a Dang & Honda (1996)).

<sup>1</sup> Hodnota 0,25 cm převzata z Dang *et al.* (1994), hodnota >0,3 cm z Dang & Honda (1996).

### 3.4. Dutina ústní

Zatímco dutina nosní při artikulaci funguje pouze jako rezonanční prostor, artikulační procesy jako takové se odehrávají v dutině ústní (*cavum oris*) - zde se nacházejí pohyblivé artikulační orgány, které se podílejí na produkci hláskových kontrastů, tedy jazyk, dolní čelist, měkké patro a rty. Celý vokální trakt, i se strukturami popsány v předchozích a následujících oddílech, je schematicky znázorněn na obrázku 3-9.

Dutina ústní sahá od retní štěrbině až k úžině hltanové (*isthmus faucium*). Z přední strany je dutina ústní ohraničena rty a zevně tvářemi. Její strop tvoří patro (*palatum*), které odděluje dutinu ústní a dutinu nosní. Rozlišujeme předsíň dutiny ústní (*vestibulum oris*) a vlastní dutinu ústní (*cavum oris proprium*). Předsíň dutiny ústní je vystlána růžovou sliznicí, která se na alveolárních výběžcích nazývá dásěň (*gingiva*). Do zubního lůžka v alveolárních výběžcích obou čelistí jsou vsazeny zuby, které se uplatňují při kousání, ale i při produkci některých hlásek.



**Obrázek 3-9:** Sagitální řez vokálním traktem.

Na spodině úst (*diaphragma oris*) se nachází jazyk (*lingua*), který při artikulaci vykonává nejdůležitější funkci. Přední dvě třetiny jazyka leží v dutině ústní, zadní třetina v hltanu. Jazyk je svalový orgán, který vyplňuje většinu dutiny ústní. Svaly jazyka dělíme na extraglosální, které jazyk spojují s okolními orgány (s dolní čelistí, jazyčkou, měkkým patrem a se stěnou hltanu), a intraglosální, které začínají i končí v jazyce samotném.

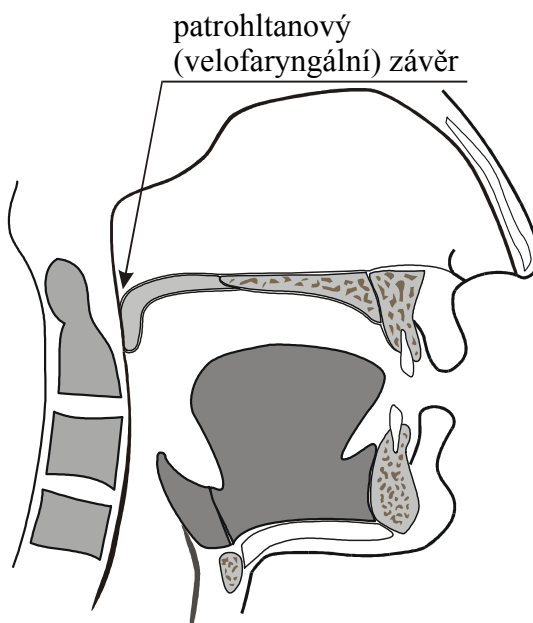
Extraglosální svaly pohybují jazykem jako celkem, zatímco intraglosální svaly pouze mění tvar jazyka. Ze svalů jazyka je pro kontrast nazalizace důležitý extraglosální *musculus palatoglossus*, který však zároveň patří ke svalům patra; proto se o něm zmíníme až při popisu měkkého patra v následujícím oddíle.

### 3.5. Patro

Patro (*palatum*) tvoří strop dutiny ústní; jedná se o horizontální přepážku, která odděluje dutinu ústní od dutiny nosní. V přední části se nachází tvrdé patro (*palatum durum*), které je kostěné (skládá se z výběžků horních čelistí a patrových kůstek); pro tento kostěný podklad se někdy používá termín *palatum osseum*. Skeletní podklad tvrdého patra je opět pokryt epitelovou sliznicí, v jejíž zadní části se nacházejí slinné patrové žlázy (Petrovický *et al.*, 2001b: 69). V zadní části na tvrdé patro navazuje patro měkké (*palatum molle* nebo *velum palatinum*).

Měkké patro je pohyblivá čtyřúhelníková ploténka, jejímž základem je vazivová blána *aponeurosis palatina*. *Aponeurosis palatina* prostupuje měkkým patrem jako pokračování kostěného základu tvrdého patra a funguje jako hlavní šlacha svalů měkkého patra. Do této vazivové blány se upínají a z ní začínají svaly měkkého patra a úžiny hltanové.

Povrch měkkého patra je z obou stran (jak ze strany dutiny ústní, tak i dutiny nosní) kryt sliznicí. Uprostřed zadního okraje měkkého patra vyčnívá čípek (*uvula palatina*). Konec měkkého patra s patrovými oblouky a kořenem jazyka ohraničují přechod z dutiny ústní do hltanu, úžinu hltanovou (*isthmus faucium*).

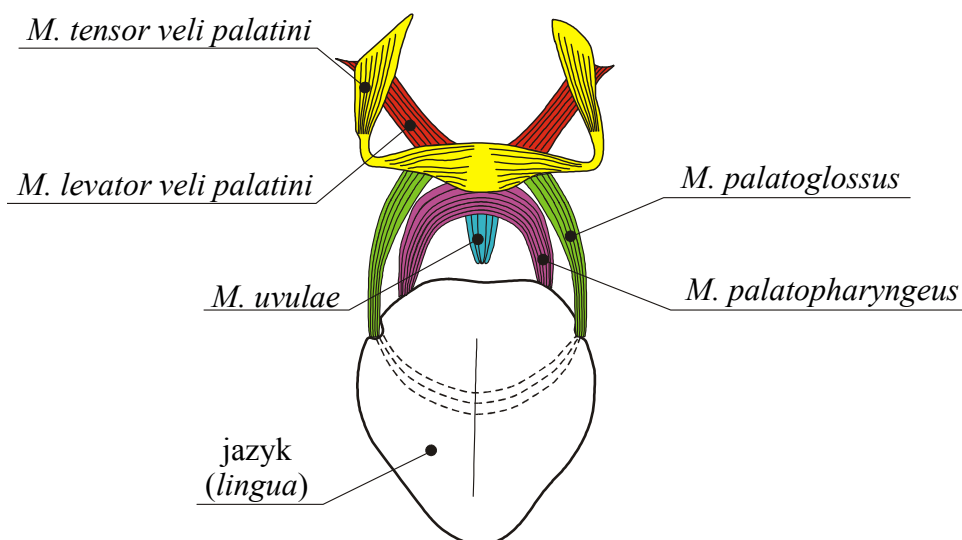


**Obrázek 3-10:** Sagitální řez vokálním traktem s velofaryngálním závěrem.

V klidu (zvláště při dýchání) se měkké patro sklání od tvrdého patra šikmo dolů (viz obrázek 3-9) a může se uvulou dokonce i dotýkat jazyka. Velum může být činností svalů měkkého patra (viz níže) zdvihnuto nahoru. V takovém okamžiku je pak tvar měkkého patra podobný botě (Huntington, 1968: 10) - jeho přední část probíhá rovnoběžně s tvrdým patrem a zadní část je přitisknuta na stěnu hltanu, jak ukazuje obrázek 3-10.

Zdvihnutí měkkého patra (tj. vytvoření patrohltanového, neboli velofaryngálního závěru) uzavírá dutinu nosní. To má největší význam při polykání, protože se tím zabraňuje vniknutí polykané potravy do dutiny nosní. Funkce velofaryngálního závěru pro řeč je až sekundární, ale pro kontrast nazalizace naprosto klíčová: když je závěr vytvořen, vznikají pouze orální hlásky, zatímco při spuštění měkkého patra vznikají hlásky nazální nebo nazalizované. Poruchy velofaryngálního závěru vedou k patologicky zvýšené nosovosti (viz níže oddíl 3.7).

Svaly měkkého patra, které jsou schematicky znázorněny na obrázku 3-11, slouží k napínání a zdvihání patra a k jeho stahování a zkracování. Napínač měkkého patra je *musculus tensor veli palatini*, který se však částečně podílí i na jeho zdvihání. Jeho hlavní funkce je při polykání. *Musculus levator veli palatini* měkké patro zdvihá a tlačí ho proti zadní stěně hltanu, takže dojde k úplnému uzávěru dutiny nosní. Tento sval se uplatňuje nejen při řeči, ale zejména při polykání, kdy brání vniknutí potravy do dutiny nosní. *Musculus uvulae* je párový sval uložený podélně v čípku, který měkké patro zkracuje tím, že mění tvar a délku čípku. Jak již bylo zmíněno výše, *musculus palatoglossus* patří i k extraglosálním svalům jazyka; tento sval zdvihá kořen jazyka a pomáhá tím uzavírat úžinu hltanovou, zároveň se ale podílí i na spuštění měkkého patra. *Musculus palatopharyngeus* zdvihá hltan a snižuje měkké patro, zejména čípek.



**Obrázek 3-11:** Svaly měkkého patra (pohled zepředu).

Můžeme tedy shrnout, že měkké patro je zdviháno svými vlastními svaly (*musculus levator veli palatini* a *musculus tensor veli palatini*) a snižováno zejména jazykovými a hltanovými svaly (*musculus palatoglossus* a *musculus palatopharyngeus*). Toto však neplatí stoprocentně pro chování měkkého patra při řeči.

Fungováním měkkého patra a jeho svalů při řeči se zabývalo mnoho studií. Je dokázáno, že při řeči je za zdvihání měkkého patra zodpovědný zejména *levator veli palatini* (viz např. Fritzell, 1979). Zdvihání měkkého patra začíná přibližně 250 milisekund před daným akustickým jevem, pokud se tím nenaruší akustické vlastnosti segmentů v tomto intervalu (Bell-Berti & Krakow, 1991; Bell-Berti, 1993). Výzkumy týkající se spouštění měkkého patra se poměrně dlouho různily. Podle jedné skupiny autorů (např. Fritzell, 1979) k otevření velofaryngálního průchodu dochází uvolněním svalu *levator veli palatini* a současným zvýšením aktivity *palatoglossu*. Dixit (1991, citován v Bell-Berti (1993)) však ukázal, že aktivita *palatoglossu* je spojena primárně s pohyby jazykového dorza.

Je zajímavé, že velofaryngální závěr u orálních hlásek nemusí být úplný: Warren *et al.* (1993) citují studie, které u osob s normální nazální rezonancí naměřily plochu průřezu u orálních hlásek až 0,03 cm<sup>2</sup>. U nazál se tato plocha pohybuje mezi 0,5 a 1 cm<sup>2</sup>.

### 3.6. Hltan

Hltan (*pharynx*) je trubice, která u dospělých probíhá svisle, přibližně v pravém úhlu k dutině ústní a je dvakrát tak dlouhý (12-14 cm). Hltanem prochází jak vzduch do hrtanu, tak i potrava do jícnu. U dětí (a také u zvířat) proto hltan svírá s ústní dutinou tupý úhel, což je chrání proti proniknutí potravy do hrtanu a průdušnice.

Do hltanu se choanami otvírá dutina nosní, od měkkého patra dutina ústní a pod kořenem jazyka hrtan; podle uložení těchto dutin před hltanem rozlišujeme část nosní (*nosohltan*, *nasopharynx*), část ústní (*oropharynx*) a část hrtanovou (*laryngopharynx*). Toto dělení je odůvodněné i z hlediska vlastností hltanové sliznice, která je v těchto částech v podstatě pokračováním sliznice jednotlivých dutin. Za vchodem do hrtanu pak hltanová dutina přechází do jícnu. Do hltanu se rovněž otvírá Eustachova trubice, která jej spojuje s uchem a slouží k vyrovnávání tlaku na obou stranách bubínku.

Hltan funguje jako jeden z hlavních rezonátorů zvuku při řeči. Z hlediska kontrastu nazalizace je hltan zajímavý dvěma aspekty. Zaprvé se na boční stranu nosohltanu přikládá *musculus levator veli palatini* a zevně do něho probíhá *musculus tensor veli palatini*. Zadruhé se u dětí v nosohltanu často vytváří tzv. nosní mandle (Sovák, 1978: 156), mízní tkáň, která způsobuje zavřenou huhňavost, jak ukáže následující oddíl.

### 3.7. Poruchy nosovosti (huhňavost)

Tento oddíl krátce pojednává o řečových poruchách, které se týkají patologicky změněné nosovosti, tedy nazální rezonance. Tyto vady se souhrnně nazývají huhňavost. Zmíníme se postupně o otevřené a zavřené huhňavosti a o rozštěpových vadách. Stejně jako jsme v předchozích částech k popisu anatomických vlastností orgánů přistupovali selektivně, i u těchto vad nás budou zajímat zejména jejich řečové projevy.

U zavřené huhňavosti (*rhinolalia clausa*<sup>2</sup>) se jedná o patologicky sníženou nosní rezonanci, kdy dochází k zablokování („zavření“) dutiny nosní a nosohltanu. Již jsme zmínili, že patologická zavřená huhňavost je u dětí nejčastěji zapříčiněná nosní mandlí, odborně adenoidní vegetací, která je zbytnělá opakovanými záněty. Nosní mandle brání nosnímu dýchání, což způsobuje četné problémy pro vývoj dítěte. Zavřenou huhňavost způsobenou nosní mandlí lze odstranit operativně (Andreassen *et al.*, 1990, 1991). Dalšími příčinami zavřené huhňavosti může být i výrazná deviace septa. V řeči se patologicky snížená nosovost projevuje u nazál, které jsou nahrazovány za jejich orální protějšky, tedy

/n/ → [m]      /ŋ/ → [ŋ]      /ŋ/ → [m]      /mnmnm/ → [mm].

Otevřená huhňavost (*rhinolalia aperta*) představuje patologicky zvýšenou nosovost, která je způsobena špatnou nebo nedostatečnou funkcí velofaryngálního závěru, neboli velofaryngální insuficiencí (VPI) (Škodová *et al.*, 2003: 213). Otevřená huhňavost může být důsledkem úrazu, ale častěji se jedná o vrozené zkrácení měkkého patra nebo rozštěp patra. Protože vzduch uniká nosem i při „orálních“ hláskách, jejich barva je výrazně změněná. Z vokálů jsou nejvíce ovlivněny vysoké /i/ a /e/. U konsonantů jsou nejvíce postiženy frikativy a explozívy - vzduch uniká ústy i nosem, výdechový proud není dostatečně silný, a proto je obtížné dosáhnout potřebného turbulentního proudění v případě frikativ a intraorálního tlaku za artikulační okluzí u explozív. Snížené artikulační napětí obecně vede k setřené výslovnosti (Sovák, 1984: 192). Hypernazalita bývá často ještě posilována vědomým (ale nesprávným) snižováním čelistního úhlu, čímž dochází ke snížení orality a zvýšení nazality (Bradley & Roberts, 1991). Existují nicméně různé kompenzační mechanismy, které zvýšenou nosní rezonanci omezují (Curtis, 1968).

Poruchy patra jsou vrozené, nezřídka dědičné vady, při kterých části patra nesrůstají dohromady (termín rozštěp je tedy do jisté míry zavádějící). Tyto vady často nevystupují samostatně, ale jako projev jiného vrozeného syndromu. Podle statistik je poměr rozštěpů

---

<sup>2</sup> V lékařské literatuře se místo termínu *rhinolalia* někdy používá označení *rhinophonia* (Škodová *et al.*, 2003; Vokurka *et al.*, 2005).



v České republice 1:530 porodů, tedy 0,19 % (Škodová *et al.*, 2003: 221). Rozštěpové vady se vyskytují v různých typech, od postižení celého patra až po pouhý atypický tvar patra. U vážnějších poruch otevřenou huhňavost provází i deformace některých, zejména velárních hlásek; v takovém případě hovoříme o palatolálii. Výzkumy i klinická praxe ukazují, že po plastické operaci a následném logopedickém tréninku je většinou přítomna jen lehká hypernazalita, případně normální nazalita (např. Goldstein, 1991).

### **3.8. Závěr**

V této kapitole jsme shrnuli anatomii orgánů, které se účastní kontrastu nazalizace. Rozsáhle jsme se věnovali dutině nosní a vedlejším nosním dutinám. U těchto struktur je velmi důležitá jejich variabilita, která je částečně způsobena asymetrií přepážek oddělující párové dutiny (dutina nosní, dutiny čelní kosti a kosti klínové), u vedlejších dutin pak zejména různým stupněm pneumatizace příslušných kostí. Je to zřejmě tato variabilita, která hlasu každého jedince propůjčuje osobitou barvu.

Druhým těžištěm této kapitoly byl oddíl věnovaný patru a zejména jeho pohyblivé části, měkkému patru. Již jen z výčtu svalů, které se podílejí na činnosti měkkého patra, je zřejmé, že nemůžeme hovořit o jednotlivých orgánech vokálního traktu jako o samostatných součástech, ale že při řeči dochází ke složité souhře. Hrtan, hltan, dolní čelist, jazyk i měkké patro jsou vzájemně propojené pomocí svalů, které se upínají většinou na jazylku (*os hyoideum*). Pohyb jednoho orgánu tedy může vyvolat pohyb druhého, případně jeho pohyb omezit. Postavení měkkého patra, která nás v této práci bude nejvíce zajímat, například do značné míry závisí na činnosti svalů jazyka, dolní čelisti i hltanu (Huntington, 1968: 7). Všechny tyto svaly se přímo a nepřímo podílejí na spouštění patra. Jedním ze závěrů této kapitoly tedy je, že artikulační proces je třeba chápat jako složitou souhru různých orgánů a jejich částí.

## 4. Metody zkoumání nazaloty

V této kapitole stručně představíme různé metody, kterých je možno využít při výzkumu nazalizace. Je nutné podotknout, že většina z nich je primárně určena ke klinickému využití při zjišťování poruch nazaloty, například v důsledku tzv. velofaryngální insuficience (VPI). Proto nebude možné se při našem popisu klinickému hledisku vyhnout. Ze stejného důvodu budeme v této kapitole většinou hovořit o nazalitě (tedy o hypernazalitě, případně hyponazalitě), a koartikulační nazalizace, která představuje hlavní téma této práce, bude stát poněkud v pozadí.

První oddíl této kapitoly se bude zabývat subjektivním hodnocením nazaloty, následující oddíly pak různými objektivními metodami jejího zkoumání. Toto pořadí je motivováno zejména skutečností, že percepční hodnocení zůstává nejspolehlivější metodou (viz níže) a že jakýkoli nový přístroj musí být v klinické praxi porovnán s percepčním hodnocením. V oddíle 4.2 popíšeme zkoumání pohybů relevantních artikulačních orgánů pomocí různých instrumentálních metod a v oddíle 4.3 se zaměříme na aerodynamické a akustické metody zkoumající nazalitu. Zvláštní oddíl bude věnován *nazometru* od společnosti Kay Elemetrics, přestože by svou povahou patřil do oddílu předcházejícího. Důvodem je skutečnost, že je tento nazometr použit při většině experimentů v rámci této práce.

Pro širokou použitelnost té které instrumentální metody je důležité, zda se jedná o metodu invazivní nebo neinvazivní, tedy jestli je nutné vložení přístroje nebo jeho části do ústní či nosní dutiny, případně jestli pokusnou osobu vystavuje například radioaktivnímu záření. Obecná tendence je samozřejmě co nejvíce využívat metody, které jsou neinvazivní a které tím pádem umožňují i pořízení většího množství dat od jedné osoby.

### 4.1. Subjektivní hodnocení

Mnoho výzkumů se zabývalo vztahem mezi subjektivním a „objektivním“ hodnocením patologické nazaloty (např. studie Dicksona a Hansena citované v Moll, 1968; Nellis *et al.*, 1992; Hardin *et al.*, 1992). Protože je nazalita jevem, který se ve velké míře projevuje na úrovni percepcce, všechny tyto studie uzavírají, že jakékoli instrumentální metody slouží pouze jako doplnění percepčního hodnocení, které zůstává primární metodou posuzování poruch spojených s nazalitou (Kuehn & Moller, 2000).

Percepční hodnocení nazaloty využívá testovacích paradigmat, která jsou běžně používána v psychologických výzkumech. Často se tak můžeme setkat s **kategorizačními testy**, kde výzkumníci hodnotí daný jev na vícestupňové škále. Dalston *et al.* (1991) například použili stupnici od 1 (normální rezonance) do 6 (těžká hypernazalita); Hardin *et al.* (1992) použili podobné stupnice od 1 do 7 pro hodnocení jak hypernazaloty, tak hyponazaloty.

Nellis *et al.* (1992: 159) kategorie hypernazality a hyponazality definují takto: 1 = žádná, 2 = slabá, 3 = slabá až střední, 4 = střední, 5 = střední až vážná, 6 = vážná. Je otázkou, nakolik jsou i zkušení výzkumníci schopni hodnotit míru nazality v šesti či sedmi intervalech. Starší výzkumy (citované v Moll, 1968) většinou používaly stupnice s nižším počtem kategorií: 1 = žádná hypernazalita, 2 = mírná hypernazalita, 3 = vážná hypernazalita. Stejně hodnocení používají i Bressmann *et al.* (2000). Takovéto hodnocení se nám zdá realističtější. Kuehn & Moller (2000) však uvádějí, že se nejčastěji používají stupnice s pěti, sedmi nebo dokonce devíti kategoriemi.

Kategorizační hodnocení se mohou provádět na různých podnětech a v klinické praxi se typy podnětů často kombinují. Je tedy možné hodnotit míru nazality na izolovaných vokálech, jednotlivých slovech či větách i v souvislé řeči. V posledním případě se může jednat jak o čtený připravený projev, tak o spontánní monolog či dokonce dialog s lékařem nebo výzkumníkem.

Další metodou percepčního hodnocení je **porovnávání** jednotlivých testovacích položek. I zde jsou k dispozici různé typy porovnávacích testů. Základním paradigmatem je AX, kdy je referenční položka A porovnávána s položkou X; možné odpovědi jsou tedy „stejná“ a „odlišná“. V testech ABX a AXB určujeme, zda je položka X shodná s položkou A nebo B; rozdíl spočívá pouze v pořadí prezentace položek. Dalším poměrně často využívaným testovacím paradigmatem je 4IAX (4I odpovídá anglickému *four-item*, tedy čtyři položky), kdy ze dvou párů položek určujeme ten, ve kterém je jedna položka odlišná (například při prezentaci ABAA je správná odpověď „první“, zatímco při prezentaci BBBA by to byl pár „druhý“). V testu 4I-odditivity osoba slyší čtyři položky za sebou a musí rozhodnout, jestli je druhá nebo třetí z nich odlišná od ostatních (tedy ABAA nebo AABA). Nakonec zmíníme metodu 2IFC (*two-interval forced choice*), neboli AB-BA, ve kterém testovaná osoba musí rozhodnout, v jakém pořadí jsou položky prezentovány (např. jestli je pořadí [ã - a] nebo [a - ã]). Existují samozřejmě i metody odvozené z těchto základních, například 3IFC.

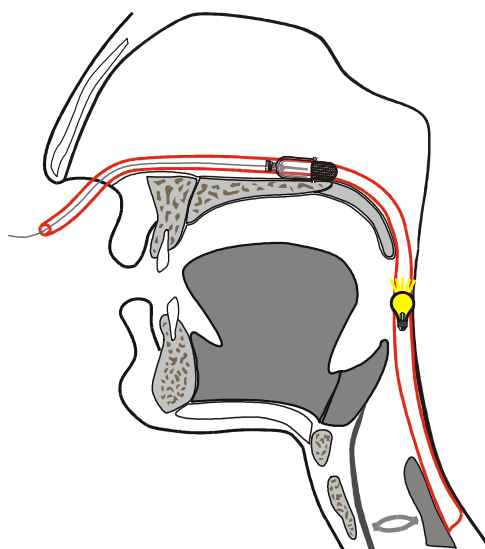
Těchto metod lze využít pro percepční ověření nazality na úrovni fonetické realizace, nejen v klinické praxi. Již jsme uvedli, že jsou tyto metody užívané v percepčních testech obecně; dále se jimi proto zabývat nebudeme. Zbývá však dodat několik slov k platnosti percepčního hodnocení nazality. Moll (1968) uvádí, že osoba provádějící hodnocení může být ovlivněna i dalšími lingvistickými nebo paralingvistickými faktory, např. barvou či kvalitou hlasu, případnými hlasovými poruchami nebo defektní artikulací. Protože se poruchy nazality často vyskytují i s jinými řečovými poruchami (Moll, 1968; Kuehn & Moller, 2000), nemůžeme možnost takové kontaminace percepčního hodnocení zanedbat.

## 4.2. Instrumentální zkoumání artikulačních pohybů

Jednou z prvních metod, která instrumentálně zkoumala pohyb artikulačních orgánů účastnících se nazalizace, byla **videofluorografie**, případně **rentgenokinematografie**. Videofluorografie spočívá v nahrávání rentgenových snímků na 35-milimetrový kinofilm. Zatímco starší zařízení vyzařovala rentgenové paprsky po celou dobu nahrávání, u modernějších zařízení je vyzařování synchronizováno se snímací činností kamery, takže je míra škodlivého záření výrazně snížena. Vysokorychlostní kamery, které se k tomuto účelu užívají, pořizují přibližně 150 snímků za sekundu, takže jsou pro zkoumání velární činnosti vhodné. Průběh videofluorografie je sledován na speciálním monitoru. Pro výraznější zobrazení se příslušné orgány mohou natřít kontrastní látkou. Videofluorografii použili pro výzkum velární aktivity Moll a Daniloff, kteří jako kontrastní látku použili pastu ze síranu barnatého a natřeli ji na hřbet jazyka, na rty a střední čáru tvrdého patra (Moll & Daniloff, 1971: 679). Analýza spočívá v projekci snímků v životní velikosti a měření pozice měkkého patra (vzdálenost od faryngální stěny a podobně).

Pohyb měkkého patra můžeme sledovat i pomocí miniaturní videokamery ve spojení s **nazální endoskopií**, tedy pružnou sondou zasunutou do nosní dutiny. Jistým problémem u této metody je porovnatelnost výsledků, protože je obtížné sondu umístit jednotně. Krakow & Huffman (1993) však zmiňují endoskopické studie činnosti měkkého patra.

Metoda, která je založena na principu transiluminace, je tzv. **nazograf** Johna Ohaly (Ohala, 1971). Transiluminační metody obecně jsou vhodné pro zkoumání míry otevření artikulačního průchodu. Na jednu stranu průchodu se vždy umístí světelná dioda a na druhou stranu senzor, který snímá množství světla procházející daným průchodem.

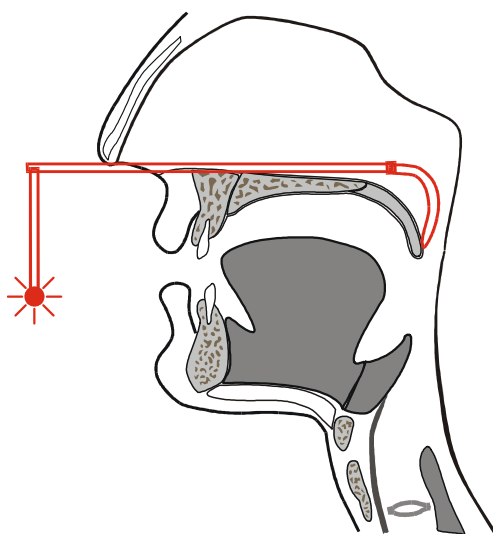


**Obrázek 4-1:** Schématické zobrazení nazografu (podle Ohaly, 1971). Světelná dioda a senzor jsou pro lepší přehlednost vykresleny ve větším měřítku.

Jak naznačuje obrázek 4-1, Ohala ve svém přístroji umístil diodu i zdroj do pružné umělohmotné trubičky o průměru přibližně 4 mm, jejíž konec osoba při nahrávání spolkne do jícnu; tím dochází ke stabilizaci trubičky. Ohala uvádí, že obětavé osoby při experimentu necítí výrazné nepohodlí. Zdroj a senzor umístěné v trubičce jsou od sebe vzdálené přibližně 9 cm - dioda se nachází ve farynxu na úrovni epiglottis nebo mírně nad ní a senzor je umístěn na hranici tvrdého a měkkého patra. Výsledky studie ukázaly, že nazograf představuje relativně jednoduchý a spolehlivý způsob pořizování údajů o pohybu měkkého patra při řeči. Množství zaznamenaného světla u jednotlivých typů hlásek odpovídalo míře otevření velofaryngálního průchodu zjištěné pomocí jiných metod. Nazograf využil ve své komparativní studii například Clumeck (1976); touto studií se budeme zabývat blíže v šesté kapitole této práce.

Další metodu, založenou tentokrát na odrazu světla, uvádíme spíše proto, aby v našem výčtu nechyběla. Její popis v Condax *et al.* (1976) však není příliš důkladný. Světelný zdroj a snímač u této metody nejsou umístěny na odlišných stranách velofaryngálního průchodu. Tzv. **fotoelektrická nazální sonda** je vsunuta do nosní dutiny k hranici tvrdého a měkkého patra. Sonda se skládá ze dvou svazků optických vláken - jeden svazek vyzařuje tenký světelný proud rovnoběžně se spodinou dutiny nosní a druhý vede světlo odražené od povrchu měkkého patra zpět do snímače. Míra odraženého světla je nepřímě úměrná otevření velofaryngálního průchodu. Zařízení na podobném principu sestrojil i Kuenzel (1977, citovaný v Krakow & Huffman, 1993); autorky však k tomuto principu a jeho přesnosti mají závažné výhrady.

Mechanické zařízení, které bylo vyvinuto přímo za účelem zkoumání polohy měkkého patra při řeči, je přístroj nazvaný Satoshim Horiguchim a Frederickou Bell-Bertiovou **Velotrace** (viz obrázek 4-2).



**Obrázek 4-2:** Schématické zobrazení Velotrace (podle Bell-Berti & Krakow, 1991).

Velotrace se skládá z táhla, na jehož obou koncích jsou připevněny pohyblivé páčky. Táhl se zakřivenou páčkou je vsunuto do nosní dutiny a zakřivená páčka je umístěna na nosní stranu měkkého patra. Tato vnitřní páčka kopíruje pohyby měkkého patra při řeči, přenáší je na táhlo a následně na vnější pohyblivou páčku. Na konci vnější páčky jsou umístěny infračervené diody (LED), jejichž pohyby jsou snímány opto-elektrickým systémem a převedeny do souřadnic v dvourozměrném zobrazení.

Současně se zobrazením činnosti měkkého patra se snímá i referenční signál, který zachycuje pohyby hlavy; referenční signál se po digitalizaci a vyhlazení musí odečíst (Bell-Berti & Krakow, 1991). Horiguchi & Bell-Berti (1987) ukázali, že Velotrace s vysokou přesností zachycuje i velmi rychlé pohyby měkkého patra při řeči. Velotrace byl následně s úspěchem použit v mnoha studiích zkoumajících nazalizaci (například Bell-Berti & Krakow, 1991; Bell-Berti *et al.*, 1993; Kollia *et al.*, 1995; Manuel & Krakow, 1995).

Ke zkoumání svalové aktivity při řeči se používá **elektromyografie (EMG)**. EMG měří elektrickou aktivitu ve svalech při provádění konkrétních úkonů. Svalová činnost dává vzniknout akčním potenciálům, které jsou snímány drátkovými elektrodami zapíchnutými do svalu. Výsledky studií zaměřených na zkoumání otevírání i zavírání zdvihače měkkého patra (*musculus levator veli palatini*) při řeči, načasování a intenzity aktivity jednotlivých svalů (viz oddíl 3.5) uvádí ve svém přehledovém článku Björn Fritzell (Fritzell, 1979). Fritzell uvádí, že výsledky získané pomocí EMG blíže odpovídají údajům, které byly současně pořízeny pomocí videofluorografie. Činností svalů účastnících se spouštění a zdvihání měkkého patra se intenzivně zabývají David Kuehn a Jerald Moon. Jedna z jejich mnoha studií (Kuehn & Moon, 1994) například zkoumala rozpětí aktivity zdvihače měkkého patra a míru, do které toto rozpětí normální mluvčí využívají při řeči. Autoři zjistili, že úplný potenciál tohoto svalu zdaleka nevyužíváme. Jiné studie provedené pomocí EMG (citované v Kuehn & Moller, 2000) ukázaly, že činnost svalů měkkého patra může být ovlivněna vnějšími faktory jakými je gravitace, tlak vzduchu v ústní a nosní dutině nebo průtok vzduchu vokálním traktem.

Další metodu, kterou zde stručně zmíníme, je zobrazování **magnetickou rezonancí (MRI)**, které je schopné s velmi vysokým rozlišením zobrazit i měkké tkáně ve vokálním traktu (blíže viz studie autorů Dang a Honda v oddílech 3.2 a 3.3). Magnetická rezonance sleduje chování vodíkových iontů v tkáních ve velice silném magnetickém poli (přibližně 30 000krát silnějším než je magnetické pole Země). Protože různé typy tkání mají odlišný obsah vodíku a tedy odlišné magnetické vlastnosti, tyto struktury se na výsledném snímku zobrazí v různých odstínech šedi.

S magnetickou rezonancí se při zkoumání řeči setkáváme jen zřídka, a to ze dvou důvodů. Zprvé jsou to pro účely fonetického výzkumu prohibitivně vysoké náklady, kvůli kterým je magnetická rezonance více používaná v lékařské praxi. Druhým důvodem bylo donedávna poměrně špatné časové rozlišení magnetické rezonance; ještě v polovině 90. let studie uváděly rozlišení mezi jednou a šesti sekundami, což umožňovalo jen statický záznam. Přehledová studie Kuehn & Moller (2000) přesto cituje jednu studii, ve které Etterna s kolektivem pomocí magnetické rezonance zkoumali chování zdvihače měkkého patra při řeči, i když se jednalo o statické záznamy. Autoři Narayanan *et al.* (2004) však nedávno představili dynamický záznam MRI v reálném čase, takže je možné, že se s magnetickou rezonancí budeme setkávat častěji i ve fonetickém výzkumu.

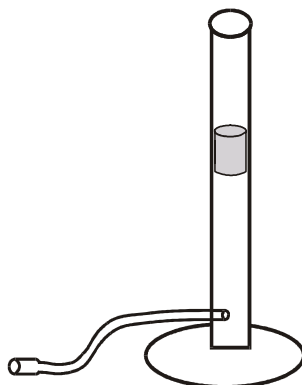
Na závěr tohoto oddílu představíme dvě metody, které odlišnými způsoby sledují terčíky umístěné na relevantní artikulační orgány. Jedná se o rentgenový mikropaprsek a elektromagnetickou artikulografii. Terčíky lze umístit i na měkké patro, ale studie využívající těchto metod pro zkoumání nazality se téměř nevyskytují (Krakow & Huffman, 1993).

**Rentgenový mikropaprsek** (*x-ray microbeam*, XRMB) je jediná užívaná metoda, která i dnes umožňuje využití rentgenového záření. Ve srovnání s výše zmíněnou videofluorografií je vliv škodlivého záření asi tisíckrát nižší (Kiritani, 1986; Kiritani *et al.*, 1975). Zlaté terčíky o průměru 2-3 mm se umístí na příslušné orgány a jejich pohyb je snímán vysokofrekvenčním rentgenovým paprskem. Stejně jako například u metody Velotrace je třeba použít i referenční terčíky, pomocí nichž se následně odečítá pohyb hlavy. Pohyb terčků se převádí do dvourozměrného souřadnicového systému. Mikropaprsek je vychylován tak, aby pokud možno „zabíral“ pouze terčíky a vyhnul se měkkým tkáním. Metoda XRMB vyžaduje silný zdroj a urychlovač elektronů, dále wolframový terč, který paprsky zaměří na úzkou štěrbinu. Jedná se tedy o velice nákladnou metodu, celé zařízení váží přibližně patnáct tun.

**Elektromagnetická artikulografie** (EMA, někdy také elektromagnetometrie) využívá helmu, v níž se nacházejí magnetické cívky. Každá cívka vytváří střídavé magnetické pole a v terčících, které jsou umístěné na artikulačních orgánech, indukuje střídavý proud. Protože každá cívka vytváří magnetické pole v odlišných frekvencích, je možné získat vzdálenost každého terčiku od každé cívky. Nový systém EMA (Kaburagi *et al.*, 2005), který vyrábí německá firma Carstens, je trojrozměrný a obsahuje šest takovýchto cívek. Jeho výstupem je - po odečtení pohybu hlavy - trojrozměrný souřadnicový systém a dvě hodnoty úhlu naklonění.

### 4.3. Zkoumání aerodynamických a akustických parametrů

Většina metod, které patří do této skupiny, představuje různé způsoby měření změn tlaku vzduchu nebo průtoku vzduchu. Patří sem i jedna z vůbec nejstarších metod na měření nazalily, tzv. **Königovy plameny**, u kterých byla velikost plamene plynového hořáku ovlivňována množstvím vzduchu proudícího z nosní dutiny. S touto metodou se můžeme setkat i ve slavném filmu *My Fair Lady*, ve kterém však není využita pro účely zkoumání nazalily. Primitivní metodou zkoumání míry proudění vzduchu z nosní dutiny jsou i tenké papírové **pásky**, které se přikládaly k nozdram. Novější zařízení, které také reaguje na proud vzduchu z nosní dutiny a které je dostupné komerčně, se nazývá **SeeScape** (obrázek 4-3). SeeScape se skládá z hadičky, jejíž jeden konec vložíme do nosní dírky a druhý ústí do skleněného válce. Ve válci se nachází polystyrenový píst, jehož pohyb je vyvolán proudem vzduchu z nosu. Přístroj tak testované osobě poskytuje okamžitou, i když relativně hrubou zpětnou vazbu o nazalitě.



**Obrázek 4-3:** Schématické zobrazení SeeScape (podle <http://www.superduperinc.com>)

Modernější metody samozřejmě využívají přístroje, které tlak vzduchu v nosní či ústní dutině a průtok vzduchu vokálním traktem měří exaktně. V rámci tohoto oddílu postupně představíme pneumotachografii, rhinomanometrii, akustickou rhinometrii a nazální akcelerometrii. Nakonec se zmíníme o zařízeních, která různými způsoby oddělují orální a nazální signál; to bude zároveň úvod k popisu nazometru.

Výzkumy, které analyzují průtok vzduchu (v mililitrech za sekundu) orálním a nazálním traktem, většinou využívají **pneumotachografii**. Pneumotachograf je přístroj, který registruje průtok vzduchu; používá se tedy i pro obecný výzkum dýchání. Testovaná osoba do přístroje dýchá přes obličejovou masku, která může být rozdělená na dvě komory (když je cílem porovnání průtoku nosní a ústní dutinou; např. Dickson *et al.*, 1978; Young *et al.*, 2001) nebo samostatná, připojená jen k nosní dutině (např. Warren *et al.*, 1992; Dalston, 1992). Zařízení je propojeno s počítačem, a průtok vzduchu nosní, případně i ústní dutinou je tedy převáděn do digitální podoby a analyzován v počítači.



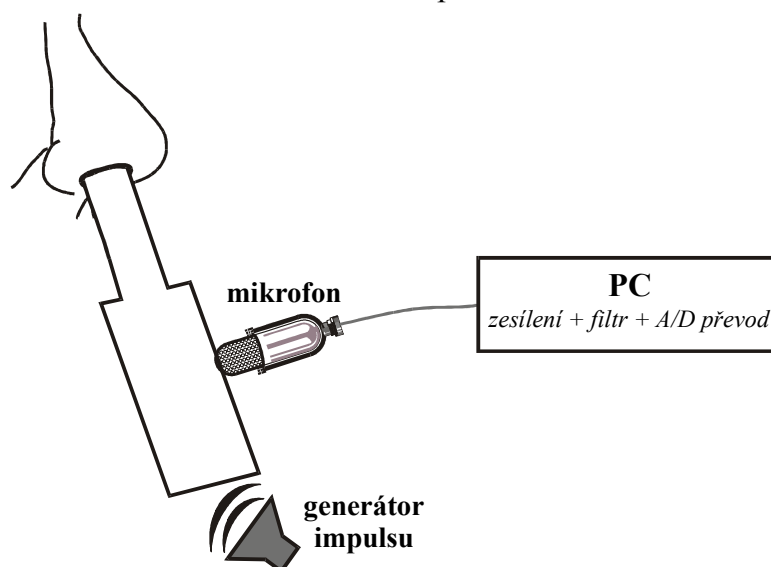
Zatímco pneumotachografie měří pouze průtok vzduchu, **rhinomanometrie** analyzuje tlak vzduchu v nosní dutině a poskytuje údaje i o průtoku vzduchu. Tato metoda se v klinickém prostředí využívá pro stanovení průchodnosti nosní dutiny. Nosní odpor se tedy odvozuje od průtoku vzduchu a tlaku, kterého je pro dosažení daného průtoku potřeba. Pro vyšetření se používá buď maska nebo adaptér s olivkami. Přístroj je opět propojen s počítačem, který naměřené hodnoty analyzuje. Manometrie se používá i pro měření intraorálního tlaku, který se z klinického hlediska ukázal být důležitým indexem velofaryngální insuficience (Kuehn & Moller, 2000). Warren a jeho kolegové (např. Warren *et al.*, 1992) zjistili, že některé osoby s VPI jsou schopné udržet intraorální tlak potřebný k produkci neznělých obstruentů. Toto zajímavé zjištění autory vedlo k hypotéze, že některé osoby s VPI cíleně nastavují artikulační orgány - jinými slovy využívají kompenzační artikulační mechanismy - aby dosáhly požadovaného akustického účinku. Je nutné poznamenat, že většina moderních přístrojů analyzuje jak tlak, tak i průtok vzduchu; dochází tedy vlastně ke sloučení pneumotachografie a manometrie.

Protože různé výzkumy naznačily, že jednotlivé aerodynamické ukazatele neodpovídají přesně percepci nazality, využili Dickson *et al.* (1978) pro klasifikaci normálních a hypernazálních mluvcích kombinací průtoku vzduchu nosní dutinou a intraorálního tlaku. Ukázalo se, že poměr průtoku a tlaku (*FPR - flow-pressure ratio*) byl indikátorem, který nejlépe dokázal odlišit normální osoby od osob hypernazálních.

Hodnocení průchodnosti nosní dutiny pomocí pneumotachografie a rhinomanometrie má velikou nevýhodu, která spočívá v tom, že obě metody udávají jediné číslo. To v podstatě odpovídá míře největšího zúžení, ale neposkytuje informace o umístění tohoto zúžení. Pro tento účel je proto vhodnější metoda nazvaná **akustická rhinometrie**, která využívá akustického impulsu a jeho odrazu k mapování tvaru nosní dutiny. Metoda akustického odrazu byla původně používaná k určování tvaru vokálního traktu nebo plic. Je založena na tom, že krátký impuls má ploché spektrum s energií ve všech frekvencích; odražený zvuk potom přesně odpovídá filtračním vlastnostem zkoumané dutiny.

Jak ukazuje obrázek 4-4 na následující stránce, celé zařízení se skládá z generátoru impulsu, 1,5 cm široké bakelitové trubky, jejíž tenčí část je vložena do nosní dírky, mikrofonu a počítače. Impuls projde trubkou do nosní dutiny, kde dojde k jeho odrazu vlivem lokální akustické impedance, která je dána lokálním příčným průřezem (Dalston, 1992: 524). Odražený zvuk je snímán mikrofonem, v počítači je zesílen a zdigitalizován (Dalston uvádí horní hranici filtru 10 kHz a vzorkovací frekvenci 40 kHz). Analyzační softwarový program převede akustická data na graf zobrazující průřezovou plochu nosní dutiny v závislosti na vzdálenosti od nozder.

Dalston uvádí studie Hilberga a kolegů, kteří zjistili prostorové rozlišení akustické rinometrie přibližně 4 mm a kteří přinesli v porovnání s rhinomanometrií lepší výsledky. Další studie ukázaly, že je možné provádět opakovaná měření každých 55 milisekund, z čehož Dalston vyvozuje potenciální možnost použití této metody pro sledování alespoň hrubého pohybu měkkého patra při řeči. Této výzvy se chopil Earl Seaver a jeho kolegové, kteří ve své studii (Seaver *et al.*, 1995) porovnávali akustickou rinometrii s klasickou videofluoroskopií. Nevýhodou akustické rinometrie pro výzkum řeči je to, že musí být prováděna na „tiché řeči“. Zkoumaná osoba tedy musí artikulovat bez vydání jakéhokoli zvuku, protože ten by interferoval s akustickým impulsem. Seaver a kolegové zjistili, že akustická rinometrie je schopná zachytit změny v postavení měkkého patra při „tiché řeči“, ale že nelze určit přesné místo velofaryngálního závěru. Svou studii uzavírají s tím, že pro výzkum řeči akustická rinometrie příliš vhodná není.

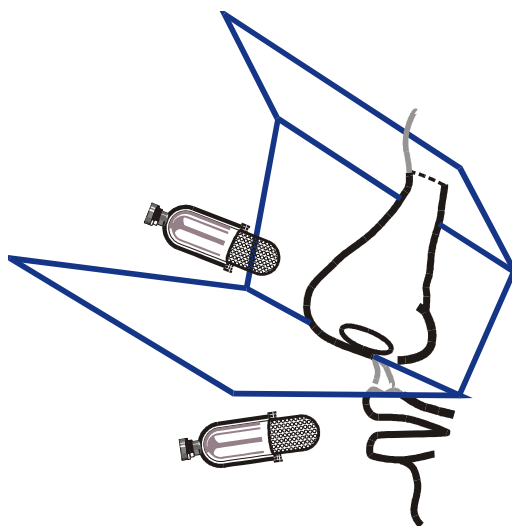


**Obrázek 4-4:** Schématické zobrazení akustické rinometrie (podle Dalston, 1992).

Další metodou zkoumání nazality je **nazální akcelerometrie**. Akcelerometrie se používá k měření pohybu a zrychlení tělesa nebo jeho části v daném prostředí. Zkoumá se například motorika osob po infarktu myokardu nebo zdvihnutí hrtanu při polykání u dysfagických osob (Reddy *et al.*, 2000). Nazální akcelerometrie snímá vibrace nosních kostí a měkkých tkání při produkci nosových hlásek. Akcelerometrii pro měření vibrace nosních kostí poprvé použil Stevens (citován v Moon, 1990 a Mra *et al.*, 1998). Horii (1980, *ibid.*) následně vyvinul metodu pro měření nazality, kdy použil akcelerometr umístěný na nosní křídlo a mikrofon, který snímal zvuk vycházející z ústní dutiny. Celé zařízení je propojené s počítačem a výsledkem analýzy je poměr obou složek nazvaný HONC (Horii Oral Nasal Coupling). Ukázalo se, že mezi indexem HONC a percepčním hodnocením nazality je vysoká korelace. Mra *et al.* (1998) zjistili, že nazální akcelerometrie spolehlivě rozlišila děti s normální rezonancí od dětí s hypernazalizací.

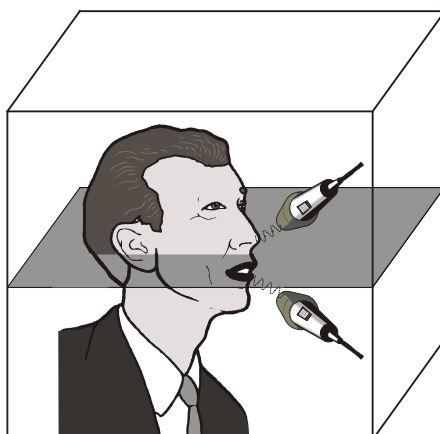
K metodám akustického zkoumání nazality by samozřejmě patřila i **spektrální analýza** řečového signálu. Protože spektrální vlastnosti nazál i nazalizovaných vokálů jsou tématem páté kapitoly této práce a protože z metodického hlediska se dnes již jedná o automatizovanou záležitost ve specializovaných (dedikovaných) softwarových nástrojích, blíže se zde analýzou spektra zabývat nebudeme.

Na závěr této kapitoly zmíníme metody, které jsou založené na **separaci orálního a nazálního signálu**. Sem patří i **nazometr**, kterému se budeme věnovat podrobněji v následujícím oddíle. Jedním z prvních zařízení oddělujících orální a nazální signál byla Hydeova **nosní trumpeta** (*nose trumpet*; Hyde, 1968). Oddělení bylo dosaženo pomocí těžké kovové desky s výřezem na nos, který byl upraven podle nahrávané osoby (viz obrázek 4-5). Deska byla pevně přitisknuta k pokožce, a její hmota by měla poskytovat separaci přibližně 25 dB a k prosakování signálu nemělo docházet. Rezonance přístroje samotného byly z výsledků eliminovány. Na každé straně desky se nacházel mikrofon, který snímal příslušný signál.



**Obrázek 4-5:** Schématický nákres nosní trumpety (podle Hyde, 1968).

**Nahrávací kabinu**, která poskytuje kvalitní separaci nazálního a orálního signálu, sestavili pracovníci v Ústavu aplikované fyziky univerzity J.-W. Goetheho ve Frankfurtu nad Mohanem. Jak naznačuje obrázek 4-6 (převzat ze studie Skarnitzl, 2005b), celá kabina je rozdělena na dvě části dřevěnou přepážkou pokrytou izolačním materiálem. Uprostřed přepážky se nachází otvor a pro každou osobu se na míru vyrobí deska, která tento otvor kolem hlavy vyplní. Na obou stranách desky se opět nacházejí mikrofony, které nahrávají příslušný signál. Analýza spočívá v porovnávání rms amplitudy (případně výkonu) obou kanálů ve stereo nahrávce a v kalkulaci míry nazality jako poměru nazální a celkové rms amplitudy (viz např. Skarnitzl, 2005a; výsledky této studie jsou stručně prezentovány v rámci desáté kapitoly stávající práce).



**Obrázek 4-6:** Schématické zobrazení nahrávací kabiny na univerzitě ve Frankfurtu nad Mohanem (ze Skarnitzl, 2005b; viz též Bettinelli *et al.*, 2002).

Posledními přístroji, o kterých se v tomto oddíle zmíníme, je **NasalView** od firmy Tiger Electronics a **OroNasal System** od firmy Glottal Enterprises. Protože jsou oba přístroje téměř totožné s **Nazometrem** od firmy Kay Elemetrics, bude jejich popis velmi stručný. Jedná se o přístroje, které se skládají z hlavové masky s destičkou, na jejíchž stranách se nacházejí dva směrové mikrofony. Míra nazality je uváděna v procentech (tedy poměr nazální a celkové intenzity vynásobený 100); v angličtině se používá termín *nasalance*, pro češtinu budeme v této práci kvůli absenci vhodného ekvivalentu používat termín *míra nazality*. Slovo *nazalita* tedy bude označovat nazalitu jako jev, zatímco spojení *míra nazality* bude znamenat procentuálně vyjádřený poměr intenzity (respektive efektivní amplitudy neboli rms amplitudy) nazálního signálu vůči celkové intenzitě. Všechna tato zařízení vycházejí ze staršího přístroje TONAR (The Oral Nasal Acoustic Ratio), který vznikl na počátku 70. let 20. století.

Dejonckere & Hogen Esch (2003) a Hogen Esch & Dejonckere (2004) využili NasalView pro stanovení normativních hodnot normální míry nazality pro holandštinu a uzavřeli, že NasalView je schopen od sebe spolehlivě odlišit normální a hypernazální osoby. O obou systémech, NasalView i OroNasal System, se zmíníme i v následujícím oddíle, při porovnání s nazometrem.

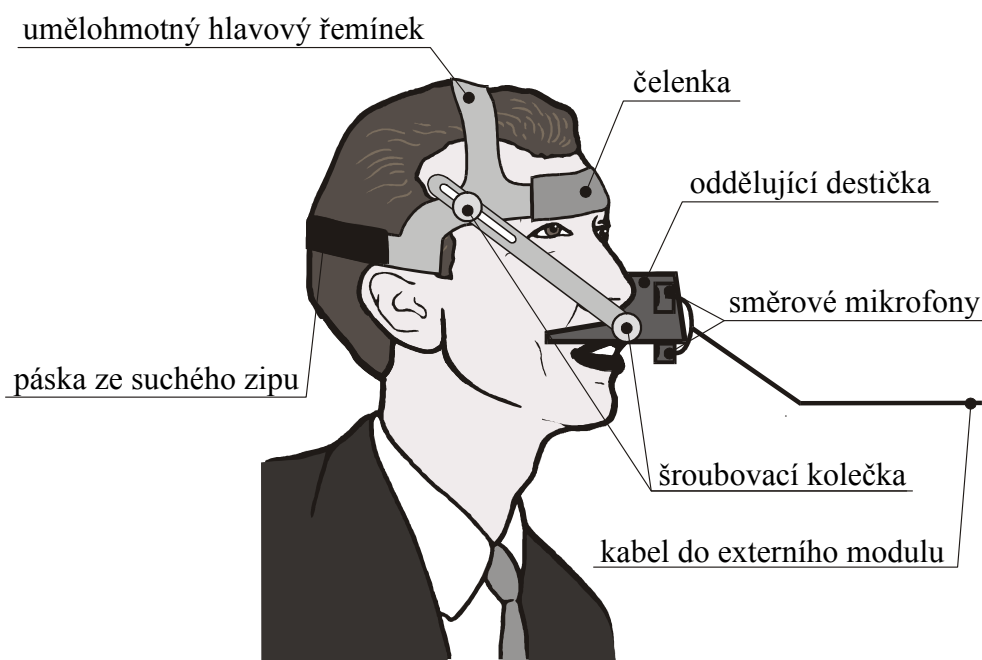
## 4.4. Nazometr

### 4.4.1. Popis zařízení

Nazometr od společnosti Kay Elemetrics (Fonetický ústav FF UK má k dispozici **Nasometer II, Model 6400**) je jednoduchým a široce využívaným přístrojem pro účely jak klinické, tak i vědecké. Jedná se o hardwarové zařízení dodávané s dedikovaným softwarovým nástrojem. Stejně jako NasalView využívá hlavovou masku s destičkou,

kteřá odděluje nazální a orální signál (viz obrázek 4-7). Maska se na hlavu testované osoby připevní pomocí řemínku z umělé hmoty a pásky ze suchého zipu. Polohu oddělující destičky lze nastavit pomocí šroubovacích koleček, takže je nazometr vhodný jak pro dospělé, tak i pro malé děti.

Po obou stranách oddělující destičky se nacházejí směrové mikrofony, které snímají nazální a orální signál ve frekvenčním pásmu 50 - 15 000 Hz, s citlivostí 65 dB. Při správném nasazení masky, kdy je oddělující destička kolmo k frontální rovině, je zajištěna separace orálního a nazálního signálu ve výši 25 dB. Separace signálů tedy není kompletní, ale pro dané účely dostačující (Kay Elemetrics, 2003). Mikrofonní výstupy jsou přes externí modul připojeny do počítače. Nazometr se dodává se speciální zvukovou kartou. Externí modul funguje jako předzesilovač a zároveň slouží ke kalibraci mikrofonů. Kalibraci přístroje je vhodné provádět před každým nahráváním.

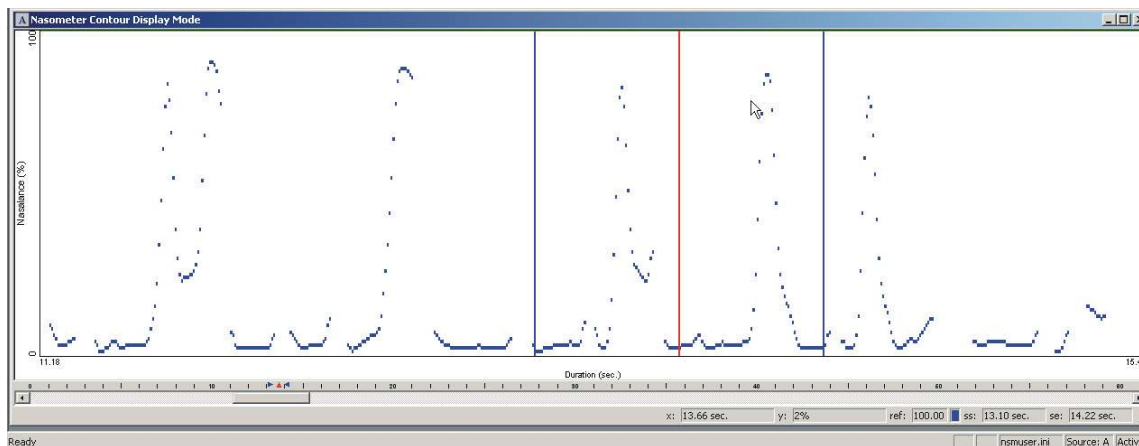


**Obrázek 4-7:** Schématický nákres hlavové masky nazometru.

Nahrávky se pořizují do speciálního softwarového programu. Nahrávání probíhá v celém frekvenčním pásmu, ale nazalita je analyzována na filtrovaném signálu, protože se ukázalo, že vypočítané hodnoty míry nazality jsou tak stabilnější než u nefiltrovaného signálu. Na přicházející signál je aplikován pásmový filtr se střední frekvencí 500 Hz a šířkou pásma 450 Hz (hraniční frekvence 300 a 750 Hz).

Při nahrávání se nazalita zobrazuje přímo v okně programu, a tak v případě nahrávání před obrazovkou program poskytuje okamžitou vizuální zpětnou vazbu. Pro účely této práce však takováto zpětná vazba není nutná. Protože je naopak zásadní kvalita nahrávky,

byly naše testované osoby nahrávány v akusticky izolovaném nahrávacím studiu a externí modul byl s počítačem propojen zvukotěsným průchodem. Výstupní data v podobě křivky nazality spolu s numerickými hodnotami pro krátký úsek řečového signálu ilustruje obrázek 4-8. Na horizontální ose je zobrazen čas, na vertikální ose nazalita.



### **Nasometer Analysis Results**

<b>Time (ms)</b>	<b>Nasal En. (dB)</b>	<b>Oral En. (dB)</b>	<b>Nasalance Ratio (%)</b>
13928	52	72	9
13936	53	69	15
13944	56	64	28
13952	57	57	51
13960	58	48	76
13968	59	43	86
13976	59	42	88
13984	59	42	88
13992	59	42	88
14000	59	43	87
14008	59	48	77
14016	58	58	52
14024	58	63	35
14032	57	66	26
14040	57	69	21
14048	57	70	19
14056	57	70	18
14064	57	71	16
14072	56	72	14
14080	55	72	12
14088	52	73	9
14096	49	73	6

**Obrázek 4-8:** Ukázka výstupních nazometrických dat pro spojení vokál-nazála-vokál. Horní část zobrazuje průběh nazality během 4,3 sekund, dolní část hodnoty pro sekvenci vokál-nazála-vokál (odpovídající cca 150 ms mezi červeným kurzorem a druhým modrým kurzorem).

Software dodávaný s nazometrem umožňuje výpočet 1) základních statistických hodnot (například průměrnou, minimální a maximální míru nazaloty v daném výběru nebo sklon křivky mezi zvolenými hodnotami, který nepřímo odpovídá rychlosti velofaryngálního uzávěru, případně jeho uvolnění) a 2) tzv. numerických výsledků (efektivní amplitudu orálního a nazálního signálu a hodnotu míry nazaloty) pro jednotlivé datové body. Datové body jsou počítány v intervalu 8 milisekund, což odpovídá frekvenci 125 Hz. I pro velmi krátké hlásky (například 40 milisekund) tedy získáme více hodnot míry nazaloty.

Výše jsme zmínili, že analýza nazaloty probíhá u nazometru na filtrovaném signálu. Filtrování je aspektem, kterým se nazometr nejvíce liší od systémů NasalView a OroNasal System, kde analýza probíhá na nefiltrovaných nahrávkách. Stejně jako u NasalView počítá software nazometru míru nazaloty (*nasalance*) jakožto procentuálně vyjádřený poměr nazální a celkové efektivní amplitudy v dB. Bressmann *et al.* (2000) citují studii Awana, který zjistil, že se výsledky nazometru a systému NasalView systematicky liší: míra nazaloty u NasalView je vyšší pro nenazální hlásky a nižší pro nazální hlásky. Dochází tedy k částečnému setření rozdílu mezi nazálními a nenazálními hláskami. To je způsobeno právě tím, že NasalView analyzuje nefiltrovaný signál, zatímco nazometr analyzuje signál filtrovaný.

Bressmann *et al.* (2006) provedli výzkum zaměřený přímo na rozdíly mezi těmito třemi systémy pro měření míry nazaloty; zároveň se jednalo o první studii, která pro klinické účely použila OroNasal System. Výsledky této studie naznačují, že tyto systémy nejsou zaměnitelné a že hodnoty míry nazaloty získané různými systémy nejsou porovnatelné. Nazometr na základě vzdálenosti mezi nazálními a nenazálními větami nejlépe odlišil normální mluvčí od mluvčích se středně těžkou hypernazalitou. OroNasal System však byl v některých aspektech úspěšnější. Systém NasalView se ukázal jako nejhorší.

#### **4.4.2. Nazometr v praktickém výzkumu**

Mnoho studií se již od představení nazometru v roce 1987 zabývalo korelací mezi hodnotou naměřené nazaloty a percepčním hodnocením nazaloty v klinickém prostředí. Na mnoha z nich se podílel Rodger Dalston. V jedné z prvních studií na toto téma (Dalston *et al.*, 1991) autoři uvádějí, že byli „nadšeni mírou, do jaké se nazometr shoduje s nezávislým klinickým hodnocením hypernazální rezonance“ (s. 187). V pozdější studii (Dalston *et al.*, 1993) pak shrnují, že drtivá většina experimentů prokázala vysokou korelaci mezi percepčním hodnocením a nazometrickými hodnotami, a tedy i užitečnost nazometru při vyhodnocování nazální rezonance. Dalston *et al.* (1993) přesto zmiňují tři studie, podle kterých hodnoty nazaloty percepčnímu hodnocení příliš neodpovídají. Jednou

z nich je i studie Nellis *et al.* (1992), kteří však připouštějí, že by tato nízká korespondence mohla být způsobena obtížností percepčního hodnocení (viz oddíl 4.1). Dalston *et al.* (1993) se rozhodli ověřit korelaci mezi percepčním hodnocením a hodnotou nazaloty na 514 osobách ze tří různých geografických oblastí a zjistili celkovou hodnotu Pearsonova korelačního koeficientu 0,78, což představuje velmi vysokou korelaci.

Při porovnávání výsledků nazometru a percepčního hodnocení se používají tři hodnoty, které vypovídají o úspěšnosti nazometru odlišit osoby s normální nazalitou od těch s hypernazalitou. Je zvolena míra nazaloty (většinou 25-30 %) pro věty zcela bez nazálních souhlásek - např. pro angličtinu se používá standardizovaná „Zoo Passage“ - nad kterou jsou osoby již považované za hypernazální. Záporná citlivost (*sensitivity*) odpovídá procentu osob se subjektivně stanovenou hypernazalitou, které jsou podle nazometrických výsledků rovněž hypernazální. Kladná citlivost (*specificity*) pak odpovídá procentu osob, které mají podle percepčního hodnocení normální nazální rezonanci a které nazometr rovněž zařadí do „normální“ skupiny. Celková úspěšnost (*efficiency*) je definována jako celkové procento osob, které je nazometrem správně kategorizováno. Dalston *et al.* (1993) ve výše zmíněné studii došli k hodnotě záporné citlivosti 87 %, kladné citlivosti 86 % a celkové úspěšnosti 87 %. Tyto výsledky naznačují, že hodnoty naměřené nazometrem odpovídají percepčnímu hodnocení nazaloty.

Některé studie se rovněž zabývaly korelací mezi nazometrickými výsledky a výsledky jiných metod měření nazaloty. Dalston (1992) zjistil, že nazometrické hodnoty neodpovídají údajům o příčné ploše nosní dutiny naměřeným pomocí aerodynamických metod (rhinomanometrie a pneumotachografie). Jak jsme však již zmínili v oddíle 4.3, tyto metody poskytují hodnotu největšího zúžení, ale ne údaj o umístění tohoto zúžení. Nízká korespondence mezi aerodynamickými a nazometrickými metodami je pravděpodobně způsobena právě tím, že zúžení v různých částech nosní dutiny vedou k různým akustickým vlastnostem nazálního traktu a k různým hodnotám nazaloty. Manuál k nazometru (Kay Elemetrics Corp., 2003) uvádí, že hodnoty nazaloty vykazují vysokou korelaci s metodami měřícími tlak a průtok vzduchu a s metodami zkoumajícími velikost velofaryngálního průchodu (například s metodami založenými na principu transiluminace nebo fotodetekce).

Další skupina studií zkoumala různé proměnné, které mohou ovlivňovat hodnoty nazaloty naměřené nazometrem. Na tomto výzkumu se podílel zejména Thomas Watterson se svými kolegy. V různých experimentech zjistili, že nazometrické hodnoty nejsou ovlivněny hlasitostí projevu nahrávaných osob (Watterson *et al.*, 1994) ani délkou nahrávaného projevu (Watterson *et al.*, 1999). Segmentální povaha nahrávaného textu,



tedy to, jestli v něm byla převaha obstruentů či sonor, výsledky rovněž nijak neovlivnila (Watterson *et al.*, 1998). Litzaw & Dalston (1992) zjistili, že nazometrické hodnoty se nelišily ani v závislosti na pohlaví mluvčího.

Na tomto místě považujeme za vhodné trochu blíže vysvětlit, co vlastně hodnoty nazaloty naměřené nazometrem znamenají. Z obrázku 4-8, který ukazuje nazalitu pro sekvenci VNV, je zřejmé, že nazalita v úseku nazálního konsonantu je necelých 90 %. Stejně tak nazalita například pro /s/ by nebyla nulová. Již jsme zmínili, že dělicí destička poskytuje separaci orálního a nazálního signál ve výši 25 dB; k určitému prosakování akustické energie tedy dochází. Gildersleeve-Neumann & Dalston (2001) zjišťovali, do jaké míry se na nenulových hodnotách podílí prosakování akustické energie kolem destičky a do jaké míry jsou způsobeny jinými faktory. Pokusné osoby nahrály Zoo Passage normálně a s ucpanými nosními dírky. Ukázalo se, že rozdíl v nazalitě je poměrně veliký, pro jednotlivé vokály mezi 10 a 25 %. Nenulové hodnoty nazaloty u nenazálních spojení jsou jinými slovy do značné míry způsobeny radiací zvukové energie z nosní dutiny. Autoři hypotetizují, že nahrávané osoby dosáhly úplného velofaryngálního závěru, ale že docházelo k „palatálnímu prosakování“ (tímto jevem se zabývali i jiní autoři, nejedná se tedy o novou myšlenku). V opačném případě, kdy hodnoty míry nazaloty u nazálních konsonantů nejsou stoprocentní, dochází při fonaci k radiaci zvukové energie ze stěn krku a tato energie je pak snímána „orálním“ mikrofonem.

Všechny tyto výsledky ukazují, že nazometr je spolehlivým nástrojem pro analýzu nazaloty a že zjištěné hodnoty nazaloty v uspokojivé míře odpovídají jak percepčnímu hodnocení nazaloty, tak i jiným instrumentálním metodám. Na závěr bychom měli zmínit, že většina uvedených studií byla prováděna na první verzi nazometru (**Nasometer, Model 6200**). Předkládaná práce využívá druhou generaci nazometru (**Nasometer II, Model 6400**). Vlastnosti přístroje jsou ale v podstatě totožné, k zásadnějším úpravám došlo zejména v designu hlavové masky.

Drtivá většina výše zmíněných studií operuje s průměrnými hodnotami nazaloty, případně se směrodatnou odchylkou. Je známé, že průměrné hodnoty jsou sice užitečné, ale ne vždy přesně zachycují skutečné rozložení dat. Bylo navíc zjištěno, že i mluvčí bez poruchy nazaloty často vykazují vysoké průměrné hodnoty nazaloty. Bressmann *et al.* (2000) ve své studii (která byla provedena se systémem NasalView) navrhli dvě nové hodnoty týkající se nazaloty, a to variační rozpětí nazaloty (*nasalance distance*) a poměr minimální a maximální nazaloty (*nasalance ratio*). Jejich výsledky naznačují, že se jedná o užitečné hodnoty, které doplňují obecné průměry. Jednotliví mluvčí tak nejsou porovnáváni jen se skupinou vrstevníků, ale i sami se sebou.

## 4.5. Závěr

V této kapitole jsme představili hlavní metody, kterých je možno využít pro zkoumání nazality. Zabývali jsme se percepčním hodnocením nazality, metodami zkoumajícími artikulační pohyby a metodami měřícími různé akustické a aerodynamické parametry. Metody samozřejmě můžeme členit i jinak. Kuehn & Moon (2000) citují studie, ve kterých autoři rozlišují přímé a nepřímé metody. Přímé metody umožňují zobrazení relevantních anatomických struktur (např. nazální endoskopie, videofluoroskopie), u nepřímých metod musíme funkčnost orgánů vyvozovat (sem patří percepční hodnocení, transiluminační, akustické a aerodynamické metody). Kuehn & Moon (2000) uvádějí, že třemi hlavními metodami pro diagnostické účely v této oblasti jsou nazální endoskopie, videofluoroskopie a čím dál více i nazometrie.

Pro zkoumání koartikulační nazalizace se z první skupiny metod (viz oddíl 4.2) běžně používá videofluorografie, nazograf a Velotrace. Z druhé skupiny metod (oddíl 4.3) se pro tyto účely používají pouze metody poskytující separaci orálního a nazálního signálu, tedy NasalView a nazometr, případně speciálně upravené nahrávací kabiny.

## 5. Akustické vlastnosti vokálního traktu

Primárním zdrojem lidské řeči je výdechový proud z plic, který u znělých hlásek rozkmitává hlasivkové vazy. Tento primární zvuk je pak modifikován ve vokálním traktu, neboli v nadhrtanových dutinách - faryngální, orální a nazální. Na produkci nazálních a nazalizovaných hlásek se podílejí všechny tyto dutiny. Proto v této kapitole představíme jejich základní akustické vlastnosti. V oddíle 5.1 jen velmi stručně popíšeme vlastnosti orálních vokálů (faryngo-orálního traktu), v následujícím oddíle pak vlastnosti nazálních konsonantů (tedy faryngo-nazálního traktu a bočního rezonátoru orální dutiny) a v oddíle 5.3 vlastnosti nazalizovaných vokálů.

### 5.1. Orální vokály

U orálních vokálů je hlasivkový signál modifikován pouze v dutině ústní, a to zejména horizontálním a vertikálním pohybem jazyka a činností rtů. Při neutrálním nastavení artikulačních orgánů, které odpovídá vokálu *schwa* [ə], uvažujeme o polouzavřeném tubusu dlouhém 17,5 cm, jehož první čtyři rezonanční frekvence (formanty) jsou 500, 1500, 2500 a 3500 Hz (jedná se o údaje pro průměrného mužského mluvčího).

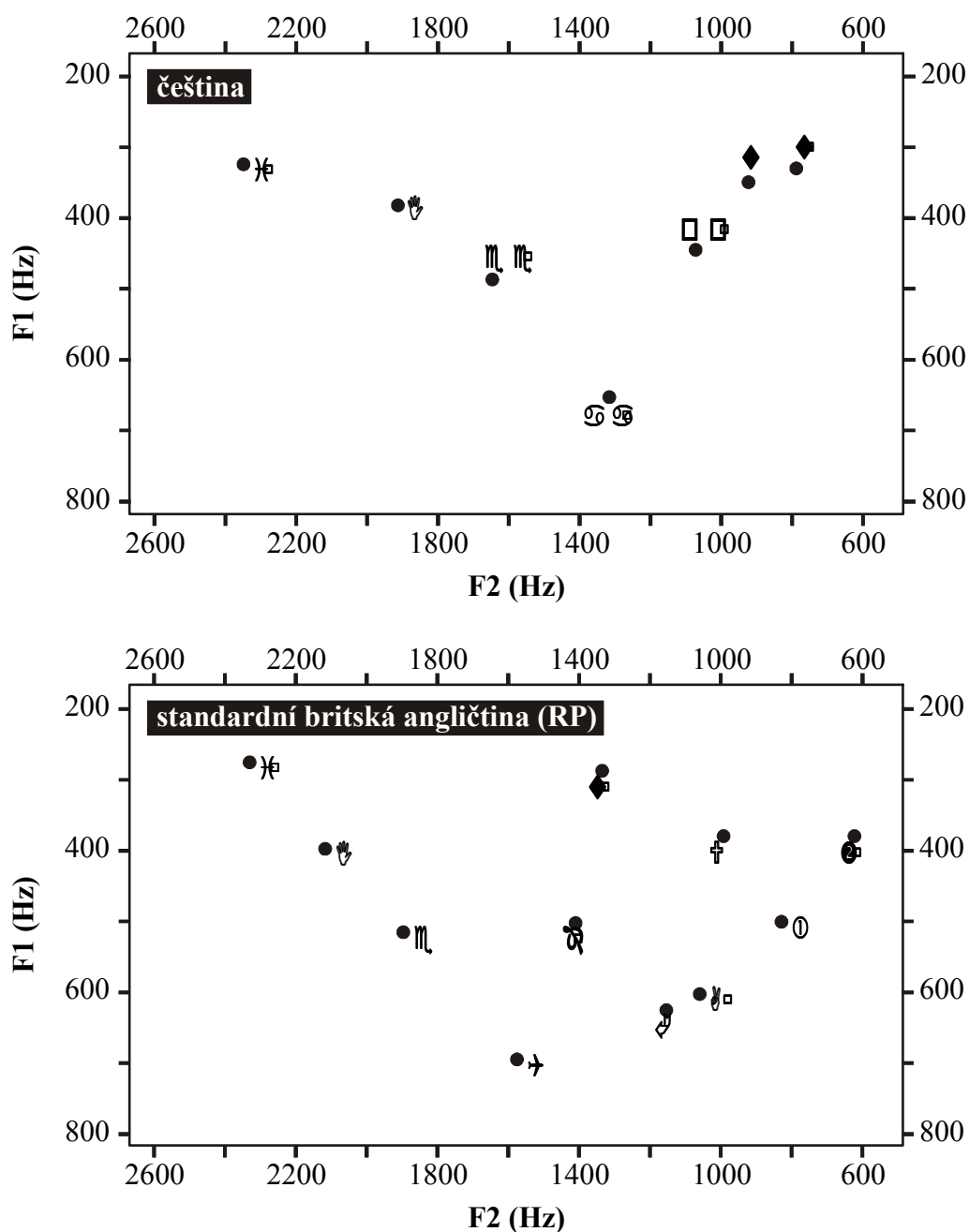
U dalších vokálů musíme pro aproximaci jejich akustických vlastností vzít v úvahu více tubusů. Otevřený zadní vokál [ɑ] se například modeluje pomocí dvou stejně dlouhých (kvazi)polouzavřených tubusů, kdy je F1 tvořen rezonancí hltanového (zadního) tubusu a F2 rezonancí ústního (předního) tubusu. Po započítání akustického propojení mezi oběma tubusy bude frekvence F1 přibližně 850 a frekvence F2 asi 1150 Hz.

Vertikální posun jazyka vede ke změně F1 a horizontální posun jazyka způsobuje změnu F2. Otevřené přední [æ] tedy oproti zadnímu [ɑ] bude mít vyšší F2 (přibližně 1600 Hz), zatímco polootevřené přední [ɛ] bude mít vyšší F2 a nižší F1.

U zavřených vokálů dochází k poněkud odlišné situaci, protože u nich nemůžeme hovořit o jednoduché soustavě tubusů. Poměrně výrazné zúžení vokálního traktu v oblasti tvrdého patra u [i] a v oblasti měkkého patra u [u] totiž vede k tomu, že jejich první formant odpovídá Helmholtzově rezonanci (Stevens, 1998). Průměrná frekvence pro [i] je 300 Hz a pro [u] 350 Hz.

Kromě horizontální a vertikální polohy jazyka ovlivňuje frekvenci vokalických formantů také postavení rtů. Zásadní vliv má zejména jejich zaokrouhlení, které prodlužuje přední tubus a tím snižuje jeho rezonanční frekvenci. Zatímco F2 nelabializovaného [i] se pohybuje až kolem 2500 Hz, u labializovaného [y] horní hranice leží pod 2000 Hz. Labializace způsobuje i nízké hodnoty F2 a F3 u o-ových a u-ových vokálů.

Obrázek 5-1 zobrazuje hodnoty F1 a F2 pro české vokály (podle: Hedbávná, 2004) a pro standardní britskou angličtinu RP (podle: Hawkins & Midgley, 2005). U češtiny se jedná o průměrné hodnoty pro čtyři mluvčí mužského pohlaví, u angličtiny se jedná o průměrné hodnoty pro pět mužských mluvčích ve věku 35-40 let (Hawkinsová a Midgley zkoumali formanty v RP v závislosti na věku). Komentovat naměřené hodnoty je nad rámec stávající práce; považujeme však za nezbytné podotknout, že zejména u angličtiny se dosti liší od tradičně uváděných hodnot. Je otázka, zda se jedná o artefakt nízkého počtu zkoumaných osob či zda skutečně jde o přirozený vývoj v jazyce.



**Obrázek 5-1:** Graf F1 a F2 pro češtinu (podle Hedbávné, 2004) a standardní britskou angličtinu (Hawkins & Midgley, 2005).

Pro účely porovnání orálních vokálů s vokály nazalizovanými se ještě musíme zmínit o šířce formantového pásma. Šířka formantového pásma souvisí s tlumením zvukové energie ve vokálním traktu, které je způsobeno několika faktory, např. členitostí vokálního traktu a povahou jeho stěn, vibracemi a impedancí stěn vokálního traktu, vedením tepla nebo viskozitou. Různé výzkumy uvádějí pro formanty u orálních vokálů různou šířku pásma, v každém případě však šířka formantového pásma stoupá s rostoucí frekvencí. Průměrné hodnoty vypadají přibližně takto: 50 Hz pro F1, 70 Hz pro F2 a 90 Hz pro F3.

## 5.2. Nazální konsonanty

Zkoumání akustických vlastností nazálních hlásek je výrazně obtížnější než zkoumání orálních hlásek, a to z důvodů, které jsme zmínili již ve třetí kapitole této práce. Vysoká variabilita rozměrů nosní dutiny a vedlejších nosních dutin, velmi častá asymetrie párových dutin a jistá závislost tvaru nosní dutiny na zdravotním stavu mluvčího se samozřejmě odráží i ve variabilitě akustických vlastností nazálních konsonantů (a také nazalizovaných vokálů).

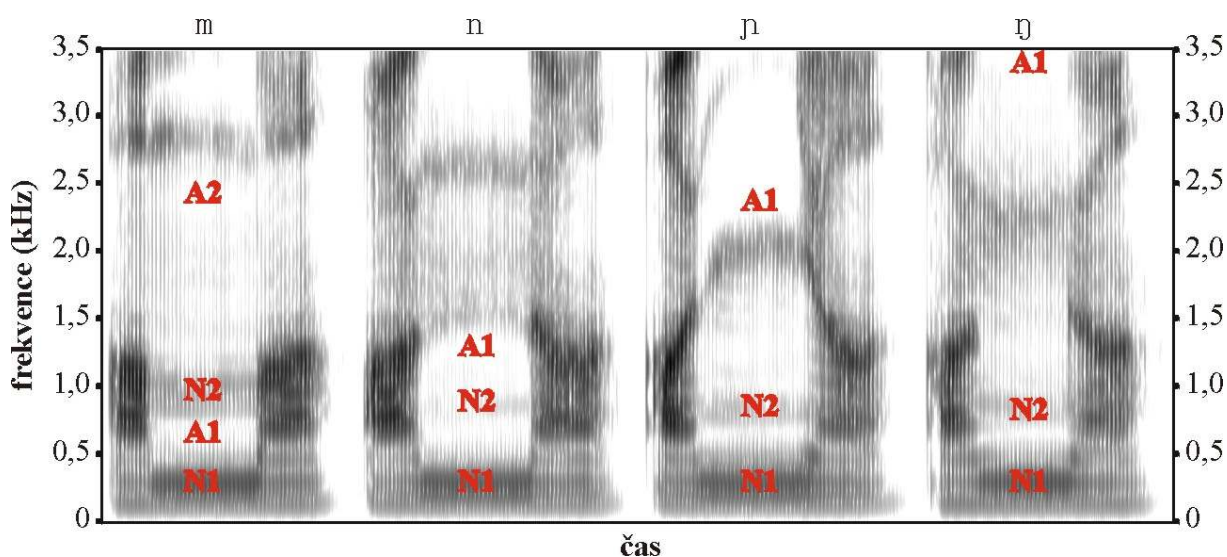
Studie zabývající se nazalitou sahají až do poloviny 50. let minulého století, kdy Pierre Delattre zkoumal vztah mezi jednotlivými formanty a percepcí nazality (Delattre, 1954). Na tomto místě je důležité upozornit, že mnoho těchto studií se týká nejen nazálních konsonantů, ale i nazalizovaných vokálů, kterým se budeme věnovat blíže v následujícím oddíle. Následující výzkum probíhal ve dvou hlavních liniích: jedna byla zaměřena na samotné akustické rysy nazálních hlásek (např. Hattori *et al.*, 1956; Fujimura & Lindqvist, 1971; Romportl, 1973; Maeda, 1982b), zatímco druhá linie vycházela z anatomických údajů o dutině nosní, případně i o paranazálních dutinách (např. House & Stevens, 1956; Fant, 1960; Dang & Honda, 1996).

Zvuk, který je spojen výhradně s nazální radiací akustické energie, nazýváme *nazální brum* (z anglického *nasal murmur*) a jedná se o zvuk inherentní všem nazálním konsonantům. Nazální brum je definován jako zvuk, který vzniká při úplném uzavření orální dutiny, kdy hlasivkové vazy kmitají a vzduch uniká nosní dutinou. Nazální brum se skládá ze dvou hlavních složek: z nazálních formantů a z orálních antiformantů.

Nazální formanty jsou rezonance vzduchového sloupce faryngonazálního traktu. Kvůli poměrně úzkému velofaryngálnímu průchodu - Stevens (1998: 487) odhaduje maximální plochu průřezu na  $0,2 \text{ cm}^2$  - představuje první nazální formant Helmholtzovu rezonanci mezi vokálním traktem a nosní dutinou. Výška prvního nazálního formantu (který se značí většinou N1, někdy i FN1) se udává mezi 200 a 250 Hz. Druhý nazální formant N2 má frekvenci 1000 Hz nebo o něco nižší a jeho amplituda je výrazně slabší.

V předchozím oddíle jsme zmínili, že ve vokálním traktu dochází z různých příčin k tlumení akustické energie. V nazálním traktu je toto tlumení ještě výraznější; k tomu přispívá zejména přítomnost vedlejších dutin, větší plocha a podstatně větší členitost nosní dutiny. Akustickou impedanci nazálního traktu dále zvyšuje i zúžení v místě velofaryngálního otvoru a u výstupu z nozder a také přítomnost chloupků v předsíni dutiny nosní. Nazální formanty tedy mají podstatně širší pásma (pro N1 se uvádí přibližně 100 Hz). Kvůli tomuto silnému tlumení se bere v potaz pouze N1 a N2; vyšší nazální formanty nejsou pro akustické vlastnosti nazálních konsonantů důležité.

Druhou složku nazálního brumu tvoří orální antiformanty, které vznikají jako důsledek rozvětvení akustického signálu. Jedná se o rezonance ústní dutiny (uvažujeme o polouzavřeném tubusu od velofaryngálního průchodu až k okluzi v místě artikulace), které nemají výstup do atmosféry a zůstávají „absorbovány“ v této vedlejší větvi. Jinými slovy se jedná o nepřítomnost rezonance v dané frekvenci, o antirezonanci. Frekvence antiformantů se liší podle místa artikulace daného nazálního konsonantu. U bilabiálního /m/, u kterého je orální tubus nejdelší, leží frekvence prvního antiformantu (A1) přibližně na 750 Hz. U alveolárního /n/ je frekvence A1 zhruba 1400 Hz, u palatálního /ɲ/ asi 2400 Hz a u velárního /ŋ/ výrazně nad 3000 Hz. Protože nás u nazál zajímají frekvence maximálně do 3 kHz, považuje se velární /ŋ/ pouze za pólovou hlásku, protože akustické projevy antiformantu jsou zcela zanedbatelné. Ze stejného důvodu rovněž u všech nazál kromě /m/ jen o A1; u /m/ by frekvence A2 byla přibližně 2250 Hz. Fujimura (1962) zjistil, že frekvence A1 u jednotlivých nazál závisí na vokalickém okolí: například u /m/ i u /n/ je frekvence A1 výrazně vyšší před /i/. Proto je vhodnější hovořit o pásmech, ve kterých se frekvence antiformantu pohybuje. Fujimura (1962: 1871) uvádí pro /m/ pásmo 750-1250 Hz a pro /n/ pásmo 1450-2200 Hz, rozhodně však jde o pásma diskrétní.



Obrázek 5-2: Spektrogram nazál /m n ɲ ŋ/ v intervokalické pozici.

Základní akustické složky nazálních souhlásek - nazální formanty a orální antiformanty - ukazuje obrázek 5-2, který představuje jejich spektrogramy v intervokalické pozici (/ama ana aŋa aŋa/). U všech nazál je zřetelná prominence v nízkých frekvencích, kde se slévá základní frekvence ( $f_0$ ) s prvním nazálním formantem N1. N2 je znatelně slabší než N1. Poměrně dobře jsou vidět i antiformanty.

Je zajímavé, že frekvence N2 na této ukázce klesá s místem artikulace. U bilabiálního /m/ je nejvyšší, kolem 1000 Hz, zatímco u velárního /ŋ/ klesá přibližně k 800 Hz. Tato ukázka pochází od jediného mužského mluvčího a byla pořízena najednou; proto by - pokud hovoříme o nazálních formantech jako o rezonancích faryngonazálního traktu - frekvence N2 měla být stále stejná. V dostupných pramenech jsme žádnou zmínku o takovéto variabilitě nazálních formantů nenalezli. Tento jev stojí poněkud mimo téma stávající práce, nicméně v budoucnu bychom rádi zjistili, zda se jedná o běžný vzorec.

Je rovněž nutné podotknout, že antiformantová „sedla“ často bývají vyplněna okolním šumem, a proto antiformanty ve spektrogramech ne vždy bývají patrné. I když se liší v závislosti na místě artikulace, pro percepční identifikaci nazál nejsou důležité; identifikace probíhá zejména na základě tranzientů.

Přestože percepční charakteristiky nazálních konsonantů stojí poněkud mimo záběr této práce, rádi bychom zmínili alespoň to, že tradiční pohled skutečně přiznával percepční relevanci u nazálních konsonantů pouze tranzientům. Kurowski & Blumstein (1993) však citují studie, podle kterých tranzienty nejsou jediným vodítkem při percepci místa artikulace nazálních konsonantů. Tyto studie uvádějí, že rysy důležité pro vnímání místa artikulace se nacházejí i v krátké části signálu před uvolněním orální okluze nazálního konsonantu (tedy stále během trvání nazálního brumu).

V dosavadním popisu jsme se soustředili na akustické rysy nazálních konsonantů, které vznikají jako důsledek jejich samotné povahy (tedy jako důsledek orální okluze a spuštěného měkkého patra). Je však známé, že kdybychom porovnali spektra jedné nazály u různých mluvčích, zjistili bychom přítomnost dalších složek nazálního brumu.

Jednou z příčin je asymetrie samotné dutiny nosní: jen velmi zřídka je levý a pravý nosní průchod zcela identický (viz oddíl 3.2). Akustickým důsledkem asymetrie je přítomnost páru sestávajícího z formantu a antiformantu (anglicky *pole-zero pair*; zde budeme používat termín *pár FA* pro formant a antiformant). Při malé asymetrii se pól a nula nacházejí blízko sebe a jejich vliv na spektrum je nepatrný. Při větší míře asymetrie se pár FA „rozestupuje“ (frekvence antiformantu stoupá) a spektrum ovlivňuje výrazněji (Fant, 1960; Lindqvist-Gauffin & Sundberg, 1976).

Existence dalších složek nazálního brumu je způsobena přítomností vedlejších dutin a jejich asymetrií (viz oddíl 3.3). Při popisu těchto akustických projevů budeme vycházet z již zmíněných studií Dang *et al.* (1994) a Dang & Honda (1996). V oddíle 3.3 jsme zmínili, že dutiny kosti čichové sestávají z většího počtu tzv. čichových sklípků. To znamená, že nemají žádný vliv na frekvenční oblast, která nás u nazálních konsonantů zajímá, tj. do 3000 Hz.

Ostatní tři párové dutiny - dutiny kosti čelní, kosti klínové a horní čelisti - se akusticky chovají jako Helmholtzovy rezonátory. Jejich akustické vlastnosti jsou tedy určeny jejich objemem a také délkou a šířkou jejich ostí (kanálků, které dutiny spojují s hlavní dutinou nosní). Protože i u vedlejších dutin dochází k asymetrii, přispívá každá párová dutina dvěma páry FA. Dang *et al.* (1994: 2099) předpokládají, že vliv frontálních dutin bude jen velmi malý, protože jejich ostia jsou velmi dlouhá a zároveň úzká. V pozdější studii z roku 1996 však antiformanty frontální dutiny udávají. Kvůli různé míře pneumatizace příslušných kostí u různých osob samozřejmě nelze hovořit o jednoznačných frekvencích. Dang & Honda (1996) na základě měření čtyř osob shrnují, že antiformant dutiny kosti klínové se pohybují v rozmezí 750-1900 Hz, antiformant dutiny maxilární v rozmezí 400-1100 Hz a frontální dutiny mezi 630 a 2060 Hz. Je zřejmé, že variabilita je skutečně obrovská.

Autoři na závěr své studie navrhuji (pro účely syntézy realistických nazálních konsonantů) formální model paranazálních dutin se čtyřmi antiformanty: 550 Hz (odpovídající maxilárním dutinám), 750 Hz (odpovídající frontálním dutinám), 1300 Hz a 1700 Hz (obě tyto hodnoty patří dutinám kosti klínové; dvě jsou proto, že u nich byla zaznamenána největší asymetrie). Jedná se o hodnoty průměrné získané porovnáním umístění vývodu ostí do nosní dutiny na snímcích MRI. Ještě jednou musíme upozornit, že modelování vedlejších dutin nosních a také asymetrie dutiny nosní bude vždy poznamenáno obrovskou variabilitou u jednotlivých mluvčích.

Na závěr tohoto oddílu bychom rádi zmínili studii Milana Romportla, který zkoumal spektrální vlastnosti nazálních konsonantů (Romportl, 1973). Již jsme zmínili, že nazály se vyznačují výrazně nižší intenzitou než vokály, což je dáno přítomností antiformantů a větší plochou rezonančního traktu. Romportl rovněž poznamenává, že ve spektru nazál je ještě nižší podíl šumových složek než u vokálů; jinými slovy, že nazály jsou tónovější než vokály. To odpovídá našim neformálním měřením harmonicity, což je veličina vypovídající o poměru tónové a šumové složky. Harmonicita nazálních konsonantů naměřená v Praatu dopřednou křížovou korelací je skutečně podstatně vyšší než u vokálů (HNR nazál je přibližně 22 dB, oproti 16 dB u vokálů).



### 5.3. Nazalizované vokály

Nazální i koartikulačně nazalizované vokály jsou z artikulačního hlediska velmi jednoduché - od svých orálních protějšků se liší pouze spuštěním měkkého patra. Zapojením měkkého patra však vznikne veliký, členitý rezonanční prostor, a nazalizované vokály proto představují z akustického hlediska zřejmě vůbec nejkomplicovanější hlásky lidské řeči. Tento jednoduchý artikulační úkon se akusticky projevuje různorodě, zejména v závislosti na kvalitě vokálu a také na míře propojení obou rezonančních prostor. Univerzálně platných akustických korelátů nazalinity je jen málo. Proto tento oddíl rozčleníme na obecně platné charakteristiky a na ty, které je zatím možné považovat spíše za hypotézy. Představíme i vlastní elementární analýzu nazalizovaných vokálů.

Na začátek poznamenejme, že to, co jsme výše napsali o intenzitě nazálních konsonantů, platí i pro nazalizované vokály. Zapojení nazálního traktu spolu s vedlejšími dutinami násobí plochu artikulačního aparátu a znamená zvýšení impedance. To se ve spektru nazalizovaných vokálů projevuje zejména širším pásmem formantů a nižší intenzitou.

Akustický komplex nazalizovaných vokálů tvoří (1) nazální formanty, tedy formanty způsobené propojením s nosní dutinou, případně s paranazálními dutinami; (2) orální, tedy vokalické formanty, které však bývají oproti formantům nenazálních vokálů posunutě; a (3) antiformanty, které vystupují v párech s nazálními formanty (Fujimura & Lindqvist, 1971). Frekvenční vzdálenost tohoto páru FA (pólu a nuly) závisí na míře akustického propojení mezi příslušnými rezonančními prostory: čím vyšší je propojení, tím jsou od sebe dále a tím jsou zároveň výraznější (Fant, 1960).

#### 5.3.1. Obecně přijímané akustické koreláty nazalizace

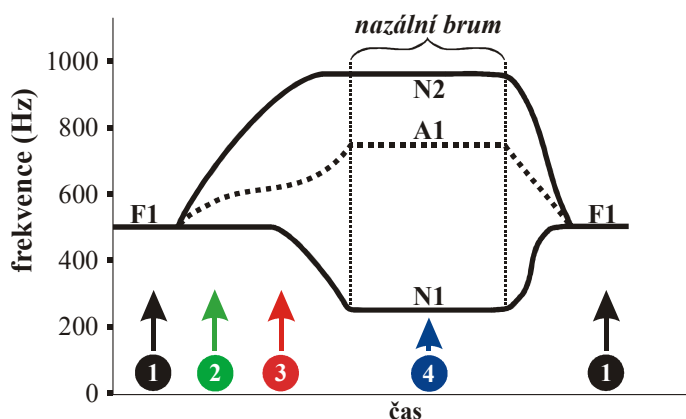
Akustické koreláty nazalizace u vokálů se vždy zkoumaly v souvislosti s percepcí. Již první studie nazalizace tedy zjišťovaly percepční odezvu různých manipulací vokálů. Hned od počátku se profilovaly dvě skupiny výzkumů, lišící se právě způsobem těchto manipulací (Hawkins & Stevens, 1985): jedna skupina manipulovala přímo zvukové spektrum (Delattre, 1954; Hattori *et al.*, 1956), zatímco druhá skupina používala formantové syntetizéry (House & Stevens, 1956; později pak Maeda, 1982a).

Tyto studie nacházely různorodé akustické koreláty nazalinity, většina se nicméně shodla na několika základních vlastnostech. Nejdůležitější akustické rysy pro percepci nazalinity se nacházejí v nízkých frekvencích. Jedním z hlavních korelátů nazalinity, bez ohledu na kvalitu vokálu, je relativní snížení intenzity prvního vokalického formantu. House & Stevens (1956) uvádějí míru snížení F1 o 6-8 dB. Důvodem pro tuto spektrální změnu je propojení s nosní dutinou (viz předcházející oddíl) a také blízkost antiformantů.

Druhým „univerzálním“ rysem souvisejícím s nazalitou je spektrální vrcholek v oblasti 250 Hz, což odpovídá prvnímu formantu faryngo-nazálního traktu.

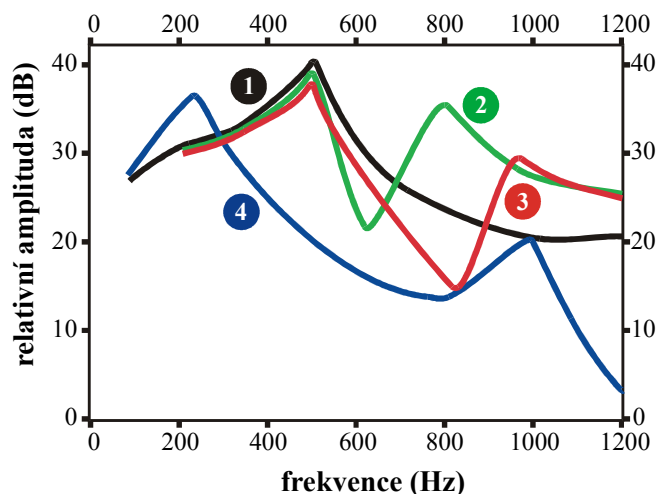
Přítomnost antiformantů vlivem zapojením nosní dutiny je sice také univerzální, nicméně jejich konkrétní frekvence se v různých výzkumech liší. House & Stevens (1956) hovoří o oblasti mezi 800 a 1700 Hz. Maeda (1982a) hovoří o páru FA (pólu a nuly) v oblasti F1, což má za důsledek spektrální vrcholek kolem 1000 Hz. Fujimura & Lindqvist (1971) říkají, že F1 je u nazalizovaných vokálů nahrazen sadou dvou pólů a jedné nuly. Tyto „dodatečné“ formanty vyplňují spektrální propady a energie je u nazalizovaných vokálů v oblasti F1 více rozprostřena než u vokálů orálních. Co se týče vzdálenosti antiformantu od obou formantů, Hawkins & Stevens (1985) v experimentu se syntetickými nazalizovanými vokály ukázali, že percepčně nejlépe byly hodnoceny ty vokály, u kterých se antiformant nacházel mezi oběma formanty; vzdálenost zde byla 75-110 Hz.

O nahrazení F1 dvěma formanty a jedním antiformantem hovoří i Stevens (1998); trajektorii formantů a antiformantu ilustrují obrázky 5-3 a 5-4, první ve formě schématického spektrogramu a druhý v podobě série řezů amplitudového spektra. Úsek 1 (černý) odpovídá jedinému formantu nenazalizovaného vokálu. Úsek 2 (zelený) ukazuje okamžik krátce po otevření velofaryngálního průchodu, kdy se formant rozestoupil na dva póly a v důsledku propojení ústní a nosní dutiny se objevil antiformant. V úseku 3 (červený) dochází k rozestoupení a poklesu amplitudy obou pólů. Úsek 4 (modrý) představuje nazální brum během bilabiálního /m/.



**Obrázek 5-3:** Schématický spektrogram ilustrující přechod z orálního vokálu přes nazalizovaný vokál k nazálnímu konsonantu /əmə/ (podle Stevens, 1998).

Někteří autoři zjistili ve spektru přirozených nazalizovaných vokálů přítomnost dalšího vrcholku mezi 250 a 450 Hz, který je zřejmě akustickým důsledkem propojení nosní dutiny s vedlejšími dutinami nosními (Hattori *et al.*, 1956; Fujimura & Lindqvist, 1971; Lindqvist-Gauffin & Sundberg, 1976; Maeda, 1982b).



**Obrázek 5-4:** Schématický spektrogram ilustrující přechod z orálního vokálu přes nazalizovaný vokál k nazálnímu konsonantu /ə̃m̃ə̃/ (podle Stevens, 1998).

V literatuře se setkáme i s méně konzistentními rysy nazalizace. Ty se vyskytují zejména ve vyšších frekvencích (přibližně v oblasti vokalického F3 a F4). Jejich nízkou zobecnitelnost autoři přičítají odlišné anatomii dutiny nosní i vedlejších nosních dutin (Hawkins & Stevens, 1985).

### 5.3.2. Další navržené akustické koreláty nazalizace

V tomto oddíle se podíváme na některé další teorie, které se snaží jinými způsoby kvantifikovat akustickou variabilitu nazalizovaných vokálů, případně ji různými metodami modelovat. Podíváme se postupně na teorie představené ve studiích Hawkins & Stevens (1985), Maeda (1993), Chen (1997) a Feng & Castelli (1996).

Hawkins & Stevens (1985) ukazují, že jedním parametrem, který spolehlivě odlišuje orální vokály od nazalizovaných, je již výše zmíněná vzdálenost dodatečného pólu a nuly u nazalizovaných vokálů a s tím spojená maximální odchylka spektra v decibelech oproti orálním vokálům. Tuto maximální odchylku spektra nazalizovaných vokálů oproti orálním vokálům autoři počítají v oblasti F1, kde se dodatečný pár FA objevuje. Skutečnost, že tento parametr koreluje s percepcí nazaloty daného vokálu, však nutně neznamená, že tento jev využíváme pro percepci. Autoři uvádějí, že takový percepční proces by byl těžkopádný, protože vyžaduje porovnávání s nenazalizovanými vokály.

Hawkins & Stevens (1985) tedy své „hledání“ akustických projevů nazaloty uzavírají prohlášením, že základní vlastnosti (viz oddíl 5.3.1) jsou doprovázeny jednou nebo více dalšími akustickými vlastnostmi. Mezi ně patří změny vokalické kvality a změny v celkové spektrální rovnováze.

Shinji Maeda ve své dřívější studii (Maeda, 1982b) navrhl, že jedním z univerzálních rysů nazalizace je celkové zploštění spektra v nízkých frekvencích (přibližně do 1300 Hz). Ve studii Maeda (1993) navrhuje parametr N1-N2, který odpovídá vzdálenosti mezi dvěma spektrálními vrcholky v nízkých frekvencích. Tato vzdálenost je vyjádřena v Barcích; je však nutné poznamenat, že N1 a N2 neodpovídají nutně nazálním formantům (viz oddíl 5.2). Autor studie však zjistil, že vzdálenost N1-N2 výborně odpovídá percepčnímu hodnocení nazality u [ĩ õ ũ], ale hůře u [ũ].

Marilyn Chenová ve své studii (Chen, 1997) navazuje na Maedu a svými parametry se snaží dosáhnout platnosti pro všechny vokály. Chenová zavádí dva parametry: A1-P1 a A1-P0. Parametr A1-P1 je rozdíl amplitudy F1 a nazální prominence vzniklé propojením s nosní dutinou, vyjádřený v decibelech (A1 je tedy amplituda F1, P1 je amplituda nazální prominence). Při vysoké míře propojení se snižuje A1 (o 5 dB i více; viz výše) a zároveň se zvyšuje vzdálenost mezi nazálním formantem a antiformantu, což vede k vyšší amplitudě nazálního formantu. Chenová udává, že P1 nazalizovaného vokálu může být asi o 13 dB vyšší než odpovídající harmonická složka u orálního vokálu. Obě hodnoty amplitudy, A1 i P1, se tedy mění s mírou zapojení nosní dutiny. U nazalizovaného vokálu může být rozdíl A1-P1 oproti orálním vokálům -18 dB (-5-13 dB). Hodnota P0 v parametru A1-P0 se rovná amplitudě spektrálního vrcholku v nízkých frekvencích, který vzniká propojením s paranazálními dutinami. Tato amplituda se oproti odpovídající harmonické složce orálního vokálu zvyšuje o 3 až 6 dB. Rozdíl A1-P0 proto u nazalizovaného vokálu může být až -11 dB oproti nenazalizovanému vokálu.

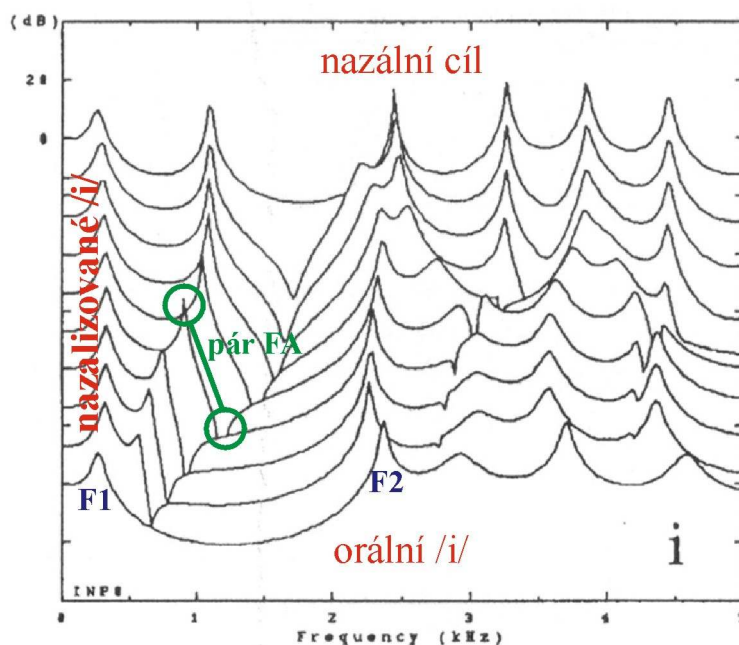
Tyto rozdíly byly v reálném signálu, který Chenová získala od osmi mluvčích, o něco nižší: rozdíl A1-P1 dosahoval průměrných hodnot 10-15 dB, zatímco rozdíl A1-P0 hodnot 6-8 dB. Oba parametry však reálným nazalizovaným vokálům (nazalizovaným fonémicky i koartikulačně) poměrně dobře odpovídají.

Stojí za zmínku, že parametry Marilyn Chenové (a do jisté míry i Shinji Maedy) mohou být inspirovány poznámkou Hawkinsové a Stevense týkající se spektrální rovnováhy. Parametry A1-P1 jsou totiž velmi podobné parametrům, které se používají pro měření různých typů fonace (viz např. Gordon & Ladefoged, 2001); ty se vyznačují právě odlišným spektrálním sklonem. Tyto parametry využívají k automatické detekci nazalizace u vokálů rovněž Pruthi & Espy-Wilson (2007).

Na závěr této kapitoly přiblížíme studii Feng & Castelli (1996), která zajímavým způsobem modeluje nazalizaci francouzských vokálů. Autoři této studie představují tzv. nazální cíl (*nasal target*) nazalizovaných vokálů, který v podstatě odpovídá konsonantu [ŋ] (kdybychom měli být úplně přesní, mělo by se spíše jednat o uvulární [N], nikoli o

velární [ŋ]). Nazální cíl představuje akusticky jednoduchý faryngo-nazální trakt, který můžeme popsat jeho dvěma hlavními rezonancemi. Feng & Castelli (1996) vycházejí z hypotézy, že se jedná o akustickou přítomnost tohoto nazálního cíle v nazalizovaných vokálech, který umožňuje vnímání daného vokálu jako nazalizovaného. Nazalizované vokály pak modelují jako dynamickou posloupnost od orálního vokálu k tomuto nazálnímu cíli.

Obrázek 5-5 ukazuje ilustraci převzatou z Feng & Castelli (1996), která znázorňuje dynamický trend od orálního [i] na spodní straně přes různé míry akustického propojení s nosní dutinou (a tedy nazalizovaného [ĩ]) až po nazální cíl na horní straně. Vidíme, že hned po otevření velofaryngálního průchodu se ve spektru objeví pár FA, který se s narůstajícím propojením rozestupuje. To odpovídá i výsledkům výše zmíněných studií, které říkají, že vzdálenost mezi formantem a antiformantem páru FA koreluje s mírou nazalizace.

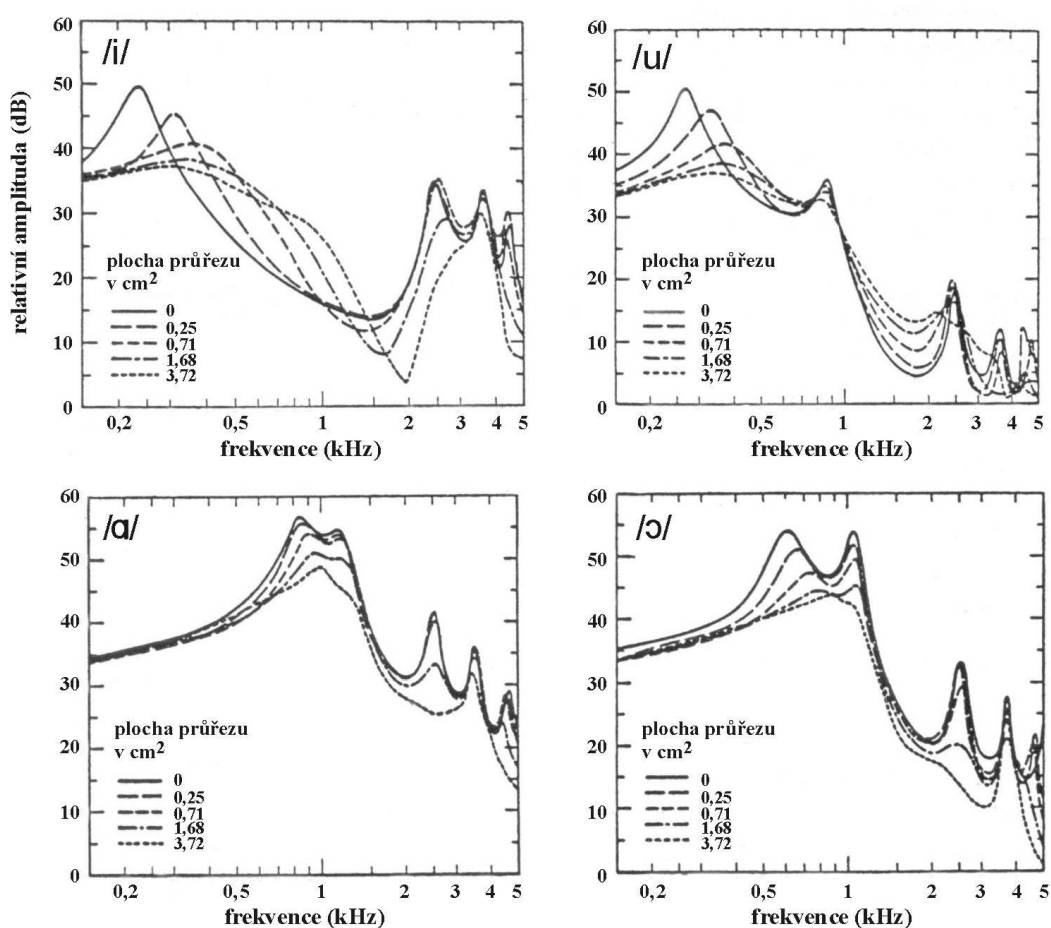


**Obrázek 5-5:** Dynamický trend od orálního [i] k nazálnímu cíli (podle Feng & Castelli, 1996: 3701).

### 5.3.3. Nazalizace u jednotlivých vokálů

V úvodu oddílu o nazalizovaných vokálech jsme zmínili, že spuštění měkkého patra má různorodé akustické projevy, které závisí zejména na kvalitě vokálu a na míře propojení nazálního a orálního traktu. V tomto poddíle se na variabilitu závisící na těchto faktorech krátce podíváme.

Studii autorů House a Stevens jsme již zmínili. House & Stevens (1956) na různých vokálech simulovali různou míru propojení mezi orálním a nazálním traktem tím, že měnili velikost příčné plochy velofaryngálního průchodu od 0 cm<sup>2</sup> přes 0,25 cm<sup>2</sup>, 0,71 cm<sup>2</sup>, 1,68 cm<sup>2</sup> a 3,72 cm<sup>2</sup>. Poslechové testy ukázaly, že vyšší plocha velofaryngálního průchodu znamenala jednoznačnější percepční vjem nazaloty. Obrázek 5-6 ukazuje spektra čtyř vokálů s postupně narůstajícím průřezem velofaryngálního průchodu. Je zřejmé, že spektra vysokých vokálů /i/ u/ se už při nízkých stupních propojení významně liší od spektra odpovídajících orálních vokálů. U nevysokých vokálů /a/ ə/ vede až nejvyšší stupeň propojení k zásadnější změně spektrální obálky. House & Stevens (1956) poznamenávají, že tato zjištění odpovídají i percepci: u nevysokých vokálů je třeba poměrně vysokého stupně propojení pro vznik percepčního dojmu nazaloty, zatímco u vysokých vokálů tento dojem vzniká i u nízkých stupňů propojení mezi orální a nazální dutinou. Akustické údaje tedy odpovídají percepčním. K podobnému závěru došel i Curtis (1968).

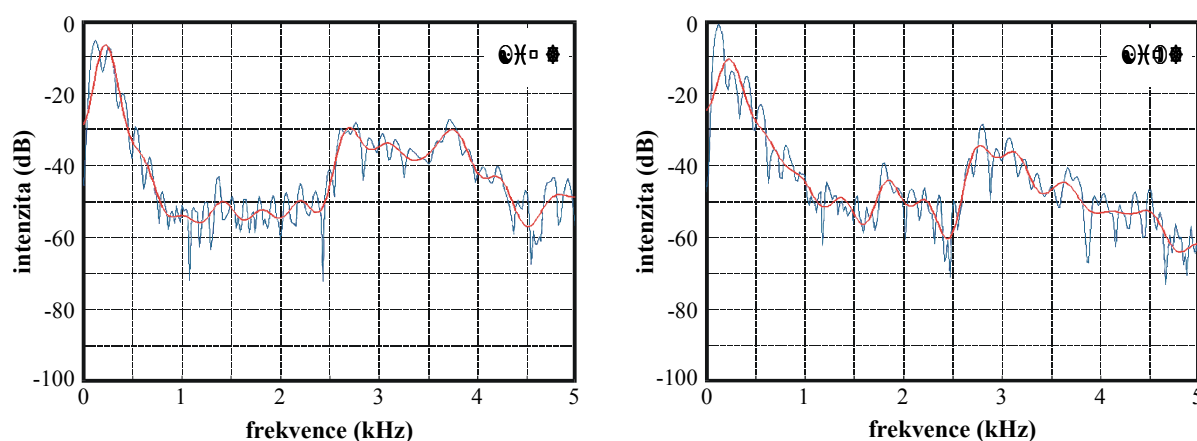


**Obrázek 5-6:** Spektra syntetických vokálů s rostoucím propojením nazální a orální dutiny (podle House & Stevens, 1956; obrázek jsme kvůli vyšší kvalitě převzali z Curtis, 1968: 50).

Curtis (1968) uvádí, že to, kolik energie se bude přenášet orálním a nazálním traktem u nazalizovaných vokálů, závisí na impedanci obou kanálů. Čím vyšší impedance dané větve, tím méně energie z ní bude vycházet. Artikulační zúžení vokálního traktu u vysokých vokálů znamená vyšší impedanci orální dutiny, což vede k většímu množství energie vyzařovanému z nazální dutiny. Změněný poměr mezi energií vycházející z ústní a nosní dutiny je patrný již u nízkého stupně propojení obou dutin. U nízkých vokálů je naopak impedance orální dutiny nízká, a nižší stupně propojení mezi orální a nazální dutinou proto vedou jen k nepatrné změně výstupního spektra.

Nyní se pokusíme analyzovat nazalizované vokály extrahované z reálného signálu. Z toho vyplývá, že na rozdíl od výše zmíněné studie autorů House a Stevens, která je založena na analýze syntetických vokálů, není kontrolováno propojení mezi ústní a nosní dutinou; zkušený fonetik byl požádán, aby vyslovil orální a silně nazalizované vokály v kontextu [sVs]. Akustická analýza nazalizovaných vokálů není cílem této práce a uvedená spektra tedy slouží spíše jako ilustrace.

Obrázky 5-7 až 5-11 postupně porovnávají spektra orálních a nazalizovaných vokálů, od i-ových přes e-ové, a-ové a o-ové až k u-ovým (jedná se o vokály odpovídající svou kvalitou českým dlouhým vokálům). V obrázcích je uvedeno jak FFT spektrum (modře), tak spektrum vyhlazené keprstrální metodou (červeně). Spektra byla získána z prostřední části daného vokálu. Jsou zobrazena ve frekvenčním rozsahu 0 až 5000 Hz (nahrávky byly převzorkovány na 10 kHz). Pro vyhlazování bylo použito Hammingovo okno o délce 192 vzorků (odpovídající 19,2 ms) a keprstrální analýza 26. řádu.

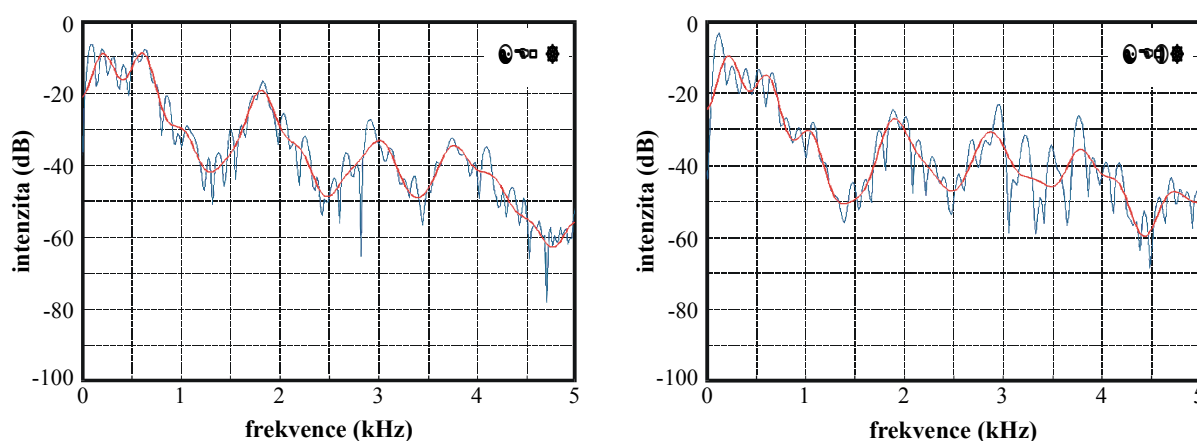


**Obrázek 5-7:** FFT spektra a keprstrálně vyhlazená spektra orálního [i:] a silně nazalizovaného [ĩ:].

Obrázek 5-7 ukazuje, že spektra orálního a nazalizovaného vokálu skutečně jsou odlišná. Keprstrálně vyhlazené spektrum naznačuje, že první formant u [ĩ:] je slabší, což se obecně

považuje za akustický korelát nazalizace (viz oddíl 5.3.1). Ze spektra FFT je zřejmé, že tento pokles je způsoben zejména nižší amplitudou druhé harmonické. První formant u [ĩ:] má i širší formantové pásmo. Co se týče nazálních formantů, N1 může být obsažen v celém prvním formantu. N2 ve spektru nazalizovaného [ĩ:] vidět není, ale vrcholek v oblasti kolem 1800 Hz zřejmě odpovídá N3. Je otázka, zda lehký spektrální propad kolem 1600 Hz lze považovat za antiformant. Vidíme rovněž, že amplituda spektra přibližně nad 2500 Hz je u nazalizovaného vokálu výrazně nižší.

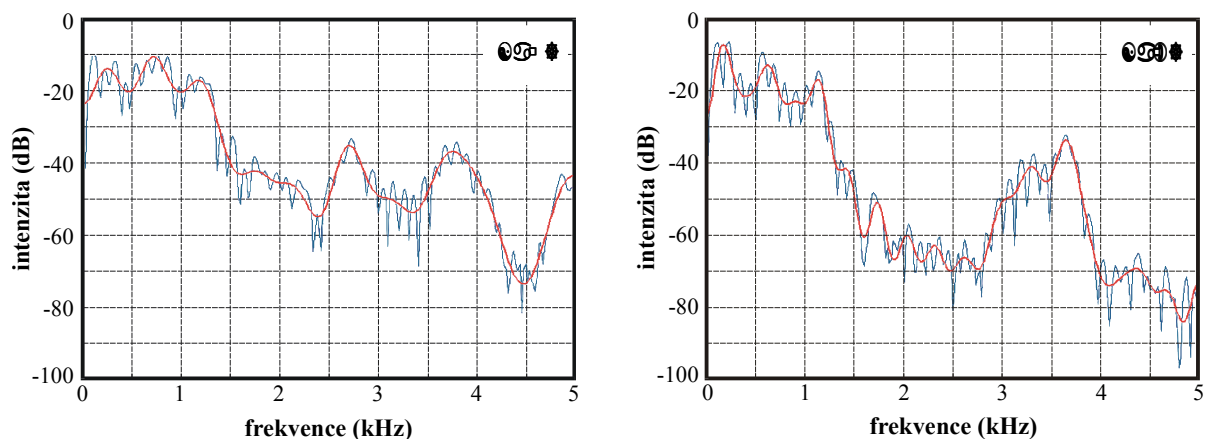
U e-ových vokálů v obrázku 5-8 vidíme, že první vrcholek vyhlazeného spektra je zkreslenou základní frekvencí. U orálního [ɛ:] je toto zkreslení zřejmě způsobeno silnou druhou harmonickou. Je možné, že u nazalizovaného [ẽ:] první vyhlazený vrcholek obsahuje i nazální formant. První formant je však zobrazen správně. U nazalizovaného vokálu je patrná přítomnost nazálního formantu N2 kolem 1000 Hz. Je opět otázkou, zda spektrální propad kolem 1300 Hz lze považovat za antiformant, každopádně je výraznější než u orálního vokálu. Intenzita F2 je u nazalizovaného [ẽ:] výrazně slabší než u orálního [ɛ:]; intenzita F3 je však o něco vyšší.



**Obrázek 5-8:** FFT spektra a keprálně vyhlazená spektra orálního [ɛ:] a silně nazalizovaného [ẽ:].

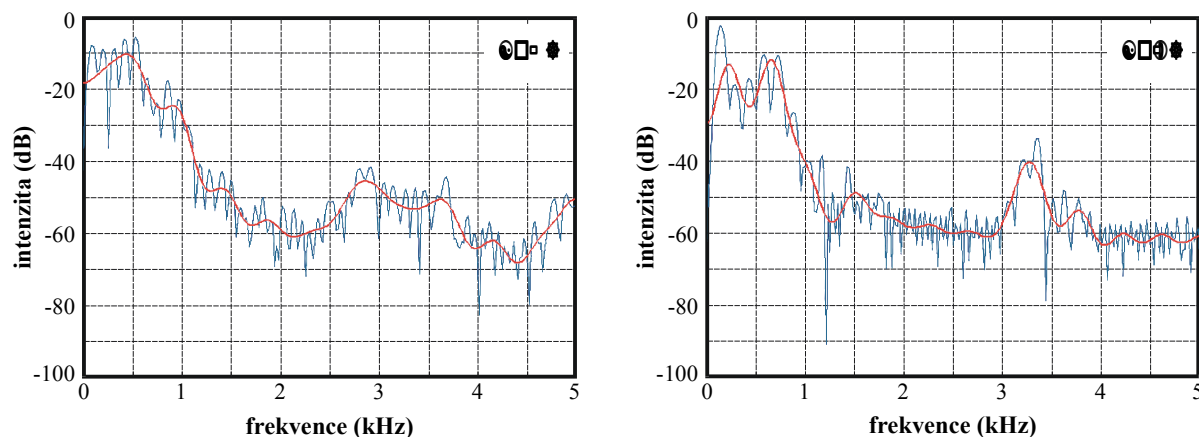
Obrázek 5-9 na následující straně porovnává spektra orálního [a:] a nazalizovaného [ã:]. Oblast prvního nazálního formantu, kolem 250 Hz, je u nazalizovaného [ã:] výrazně silnější. Naopak první vokalický formant (v oblasti 700 Hz) je u nazalizovaného vokálu výrazně oslaben. V tomto případě považujeme za pravděpodobné, že výrazný spektrální propad v oblasti 1600 Hz skutečně odpovídá antiformalantu. Zároveň vidíme, že u nazalizovaného [ã:] v podstatě není patrný vokalický F3 (u orálního [a:] má frekvenci přibližně 2700 Hz). Je dosti pravděpodobné, že došlo k vzájemnému vyrušení s jiným antiformalantem.





**Obrázek 5-9:** FFT spektra a keprálně vyhlazená spektra orálního [a:] a silně nazalizovaného [ã:].

Co se týče o-ových vokálů v obrázku 5-10, oblast vokalického F1 se u nazalizovaného [õ:] vlivem silného nazálního formantu na 250 Hz rozpadla na dva vrcholky. Naopak F2 u nazalizovaného vokálu zmizel, což může být způsobeno poměrně silným propadem kolem 1250 Hz, který zřejmě odpovídá antiformantu.

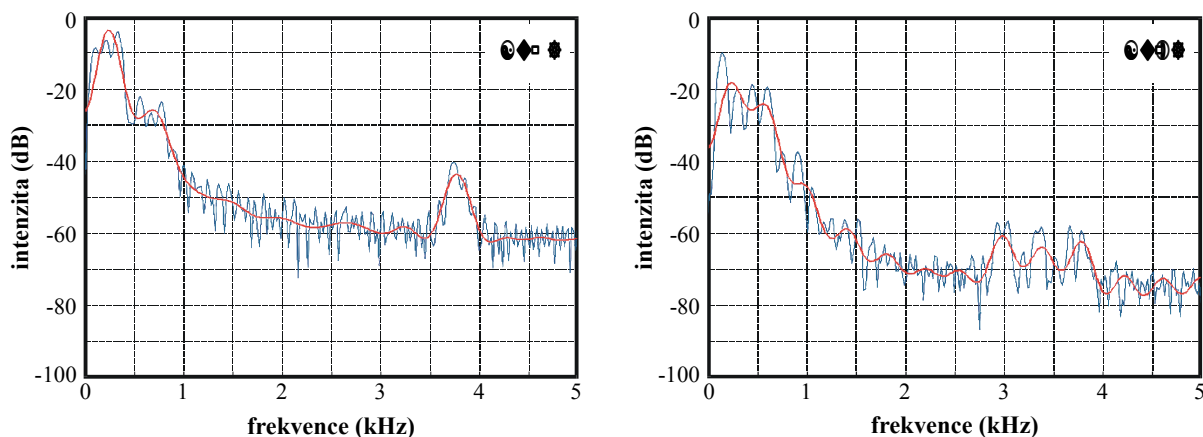


**Obrázek 5-10:** FFT spektra a keprálně vyhlazená spektra orálního [o:] a silně nazalizovaného [õ:].

Obrázek 5-11 na následující straně ukazuje spektra u-ových vokálů. U nazalizovaného [ũ:] vidíme výrazné oslabení prvního vokalického formantu, téměř o 15 dB. V oblasti mezi 1000 a 2000 Hz jsou patrné dva spektrální propady; je však otázka, zda jeden či oba je možné asociovat s antiformanty. Amplituda spektra ve vyšších frekvencích je každopádně u nazalizovaného vokálu nižší než u orálního, což přítomnosti antiformantu nasvědčuje.

I tato do značné míry impresionistická analýza ukazuje, že spektra orálních a silně nazalizovaných vokálů jsou odlišná. U některých vokálů je patrná přítomnost nazálního formantu a někdy je možné detekovat i antiformant. Každopádně musíme souhlasit se

studiemi zaměřenými na akustické projevy nazalizace, že nelze určit jednoznačné projevy nazalizace, které by bylo možné detekovat ve všech případech. Ještě jednou však opakujeme, že zde prezentovaná spektra představují pouhou ilustraci, nikoli skutečnou akustickou analýzu nazalizovaných vokálů.



**Obrázek 5-11:** FFT spektra a keprálně vyhlazená spektra orálního [u:] a silně nazalizovaného [ũ:].

Na závěr tohoto oddílu bychom měli zmínit známou skutečnost, že distinktivní nazalizace, jako například ve francouzštině, s sebou často nese i artikulační posun, a tedy i posun vokalické kvality. Maeda (1993) cituje studii, podle které je hřbet jazyka u nazalizovaných vokálů [ã õ] oproti jejich orálním protějškům posunut dozadu a oba vokály mají výraznější labializaci. [ã] se tak spíše odpovídá labializovanému [õ], zatímco [õ] se díky intenzivnější labializaci blíží [õ]. Maeda (1993) se domnívá, že tento artikulační posun je úmyslný, protože vede k silnějšímu percepčnímu dojmu nazalizace. Pomocí obou změn je totiž dosaženo přiblížení formantu k antiformantu v rámci daného páru FA, a tedy oslabení formantu. Oslabení formantu je, jak jsme zmínili, pro percepční vjem nazalizace velmi důležité.

## 5.4. Závěr

Cílem této kapitoly bylo nastínit akustické vlastnosti orálních vokálů, nazálních konsonantů a nakonec nazalizovaných vokálů. Protože experimentální část této práce porovnává koartikulační nazalizaci v češtině a angličtině, první oddíl této kapitoly o orálních vokálech obsahuje grafické porovnání českého a anglického vokalického systému. Již v příslušném oddíle jsme zmínili, že se jedná o formantové hodnoty podle nejnovějších výzkumů, o hodnoty, které se v některých případech méně, v jiných velmi zásadně odchyľují od tradičně uváděných hodnot F1 a F2 v učebnicích fonetiky či akustiky řeči.

Druhý oddíl této kapitoly představil jednotlivé složky nazálního brumu, zvuku, který je inherentní nazálním konsonantům. Zabývali jsme se vznikem nazálních formantů a orálních antiformantů, jakož i existencí antiformantů, které vznikají kvůli přítomnosti vedlejších nosních dutin a kvůli jejich časté asymetrii.

Ve třetím oddíle této kapitoly jsme popsali akustické vlastnosti nazalizovaných vokálů, na kterých se výzkumníci shodují, i vlastnosti zatím spíše hypotetické. Ukázali jsme rovněž, jak stejný stupeň propojení nazální a orální dutiny vede k různým změnám spektrální obálky v závislosti na vokalické výšce. Závěr třetího oddílu jsme věnovali krátkému porovnání orálních a nazalizovaných vokálů namluvených jedním mluvčím.

## 6. Koartikulační nazalizace v dosavadním výzkumu

V této kapitole blíže představíme konkrétní studie, které se zabývají přímo koartikulační nazalizací. O některých studiích jsme se zmínili již v rámci předchozích kapitol. Bude nás zajímat míra nazalizace u vokálů nacházejících se v sousedství nazálních konsonantů v závislosti na různých jevech. V prvním oddíle této kapitoly se krátce vrátíme k modelům koartikulace, tentokrát na základě konkrétních studií nazalizace. V následujících oddílech se budeme zabývat jevy na úrovni segmentů, např. vokalicou výškou (oddíl 6.2), vlivy suprasegmentálních jevů jako je slabičná struktura či přízvuk (oddíl 6.3) a odlišnostmi v jednotlivých jazycích (oddíl 6.4).

### 6.1. Temporální rozsah nazalizace

Uvažování o temporálním rozsahu nazalizace se vázalo k modelům koartikulace. Dva základní modely, anticipační a fixní, jsme představili ve druhé kapitole (oddíl 2.1.2).

Anticipační model koartikulace počítá s šířením distinktivního rysu, v našem případě rysu [nazální], na segmenty, které pro tento rys nejsou specifikované. Jedním z klíčových výzkumů, které propagovaly anticipační princip v koartikulaci, je videofluorografická studie Kennetha Molla a Raymonda Daniloffa z roku 1971. Autoři zjistili, že ve většině sekvencí typu NC (nazální a orální konsonant) a NVC (nazála, vokál a orální konsonant) se měkké patro začalo zdvíhat již během artikulace nazály. V sekvencích CVN měkké patro začalo klesat nejpozději na začátku vokálu. V sekvencích CVVN velum klesalo na začátku prvního vokálu, a to i v případech, kdy mezi vokály ležela slovní hranice. Na základě těchto výsledků Moll & Daniloff (1971) navrhli, že dochází k jakémusi „prozkoumávání“ segmentů, které hodláme vyslovit. Pokud nedocházelo ke konfliktům s bližšími segmenty, mělo toto prozkoumávání umožnit koartikulační anticipaci distinktivních rysů. Rys [+nazální] se tak mohl šířit na předcházející vokály, ale ne na orální konsonanty.

Jedno z prvních částečných zpochybnění anticipačního modelu koartikulace přinesly dvě studie Benguerela a jeho kolegů v roce 1977 (Benguerel *et al.*, 1977a, b); obě zkoumají koartikulační nazalitu ve francouzštině, jedna pomocí nazální endoskopie, druhá pomocí EMG. Autoři porovnávali velární činnost v sekvencích CVN, CVVN a CVVVN a zjistili, že v sekvencích [eeN] a [eeeN] měkké patro začíná klesat výrazně dříve než v sekvenci [eN], což anticipační model koartikulace potvrzovalo. Autoři však nezjistili žádný významný rozdíl mezi sekvencemi [eeN] a [eeeN] a uzavřeli, že anticipace nefunguje dále než přes dva segmenty. Podobné omezení anticipace velární činnosti funguje i v japonštině (Ushijima & Hirose, 1974; citováni v: Bell-Berti & Krakow, 1991).

Fixní model koartikulace navrhla Fredericka Bell-Bertiová právě na základě výzkumů nazalizace. Bell-Berti (1980, citována např. v Bell-Berti & Krakow, 1991) zjistila, že pokles měkkého patra nejpozději na počátku prenazálního vokálu je způsoben inherentní výškou měkkého patra, která je u vokálů nižší než u obstruentů. K podobnému poklesu docházelo i tehdy, když žádný nazální konsonant nenásledoval. Bell-Bertiová ukázala, že k poklesu, který je skutečně způsoben přítomností nazálního konsonantu, dochází přibližně 250 milisekund před vytvořením orálního závěru pro nazální konsonant.

## 6.2. Segmentální vlivy

Tradiční fonologické směry hovoří o binárním rozlišení nazality; hlásky jsou buď nenazální [-nazální], např. české fonémy /p s a:/, nebo nazální [+nazální], například /m n ů:/ ve francouzštině. Ze shrnutí Fredericky Bell-Bertiové (1993) je zřejmé, že fonetici zpočátku měkké patro rovněž považovali za orgán, který má pouze dvě polohy, pouze dva cílové artikulační úkony.

Fyziologická, či fonetická realita je však komplikovanější. Aby produkce řeči fungovala efektivně, musí být při artikulaci orálních hlásek nazální trakt dostatečně uzavřen, aby mezi orální a nazální dutinou nedocházelo k akustickému a aerodynamickému propojení. Při artikulaci nazálních hlásek musí být propojení mezi nazální a orální dutinou naopak výrazné. Bell-Berti (1993) v tomto smyslu uvádí, že u orálních hlásek musí být nazální trakt „efektivně“ uzavřen a u nazálních hlásek „efektivně“ otevřen. Z mnoha studií velofaryngální činnosti je zřejmé, že toto znamená více než pouze dvě polohy měkkého patra.

Výsledky těchto studií jsou shrnuty například ve studii Bell-Berti (1993: 64). Měkké patro je nejnižší při artikulaci nazálních konsonantů a o trochu výše při artikulaci nazálních (tedy fonemicky nazálních) a nazalizovaných vokálů. Vyšší polohu měkkého patra než nazály a nazální vokály mají orální vokály, ale jednotlivé vokály se v tomto ohledu značně liší. Velum je postaveno nejnižší u nízkých samohlásek a nejvýše u vysokých samohlásek. Je nutné podotknout, že stejné rozlišení podle vokalické výšky platí i pro kontextově nazalizované vokály; u nízkých vokálů v nazálním kontextu tedy bude měkké patro postaveno níže než u vysokých vokálů v nazálním kontextu. Nejvyšší pozici měkké patro dosahuje u obstruentů.

Z předchozího shrnutí vyplývá, že „efektivní“ uzavření se nerovná absolutnímu uzavření. Efektivní uzavření velofaryngálního průchodu je takové, které nevede k výraznému propojení orální a nazální dutiny, a tedy ke slyšitelné rezonanci v nosní dutině. Již v oddíle 3.5 jsme zmínili studii Donalda Warrena a jeho kolegů (Warren *et al.*, 1993).

Warren se ve více studiích zabýval mírou nazální rezonance, která je potřebná k percepčnímu vjemu nazalizované řeči. Podle jeho zjištění mohou orální hlásky vznikat i při malém velofaryngálním otevření, přibližně do 0,05 cm<sup>2</sup>. Percepčně orální hlásky mohou podle Warrena vznikat dokonce i tehdy, kdy plocha velofaryngálního průchodu nepřesáhne 0,2 cm<sup>2</sup>. Rossato *et al.* (2003) ve své elektromagnetoartikulografické studii uvádějí, že se stejně vysoko postaveným měkkým patrem může být vysloven jak orální vokál, tak i nazální konsonant, a že dokonce dochází k mírnému překryvu mezi orálními a nazálními konsonanty.

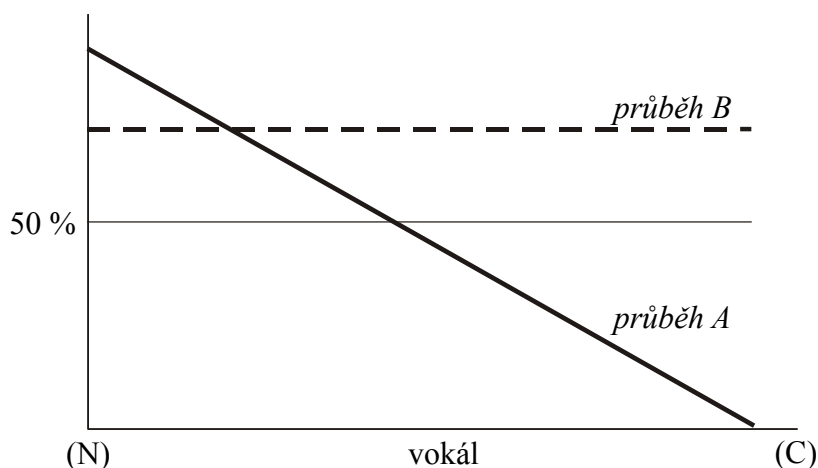
### 6.2.1. Vokalická výška

Většina studií zabývajících se vlivy jednotlivých hlásek na postavení měkkého patra se zaměřila právě na roli vokalické výšky. Většina výzkumníků potvrzuje výše uvedené závěry. Výše již zmíněné studie Benguerela a kolegů (Benguerel *et al.*, 1977a, b) uvádějí, že měkké patro mělo vyšší polohu u /ɔ œ ø y u/ než u /a α/, u kterých byl velofaryngální průchod mírně otevřen. Stejný vztah mezi vokalickou výškou a výškou měkkého patra nacházejí pomocí elektromagnetoartikulografie (EMA) i Rossato *et al.* (2003).

Jedním z nejcitovanějších výzkumů týkajících se koartikulační nazalizace je komparativní studie Harolda Clumecka. Clumeck (1976) pomocí nazografu zkoumal korelaci vokalické výšky a výšky měkkého patra v šesti jazycích a zjistil jednoznačný vztah u pěti z nich. U vysokých vokálů bylo velum postavené vždy výše než u nízkých vokálů. Tato tendence se zcela nepotvrdila v americké angličtině, u švédských dlouhých vokálů a v hindštině, kde nebyl zjištěn významný rozdíl u středových a nízkých samohlásek. Výška měkkého patra v Clumeckově studii u některých osob korelovala se všemi třemi vokalickými výškami, ale ve všech jazycích byl zjištěn významný rozdíl alespoň u dvou výšek, vždy byly rozlišeny vysoké a nevysoké vokály.

Výsledky některých studií výše zmíněným tendencím o vztahu mezi vokalickou výškou a výškou měkkého patra zdánlivě odporují. Například Rochet & Rochet (1999) provedli nazometrickou studii, ve které si zvolili hranici míry nazality 50 % a zjišťovali, v jakých konsonantických kontextech vokály dané výšky tuto hranici přesáhnou. Autoři uvádějí, že vysoké vokály jsou ve všech zkoumaných kontextech nazalizovanější než středové či nízké vokály. Mezi středovými a nízkými vokály většinou nebyl statisticky významný rozdíl. V nenazálním kontextu CVC většina vokálů hranici 50 % míry nazality nepřesáhla; z těch, které 50% hranici překročily, byla většina vysokých vokálů. V kontextu NVC, u progresivní nazalizace, vykazovaly vysoké vokály významně vyšší míru nazalizace než vokály středové a nízké.

V některých případech byla 50% míra nazality překročena v části vokálu (průběh A na obrázku 6-1), v jiných případech po celé trvání vokálu (průběh B). U většiny vokálů míra nazalita v průběhu jejich trvání klesala (průběh A); z vokálů, které vykazovaly průběh B, bylo 94 % vysokých. Podobné výsledky autoři uvádějí i u dalších kontextů, CVN a NVN. Vysoké vokály jsou nazalizovanější než středové či nízké vokály a ve více případech jsou nazalizované (tzn. míra nazality je vyšší než 50 %) po celý jejich průběh.



**Obrázek 6-1:** Schématické průběhy míry nazality, podle Rochet & Rochet (1999: 700).

Tyto zdánlivě protichůdné výsledky, tedy na jedné straně nižší postavení měkkého patra u nízkých vokálů a vyšší míra nazality u vysokých vokálů na straně druhé, jsou způsobeny odlišnými metodami zkoumání. Studie Clumecka, Benguerela a kolegů či Rossatové a kolegů zkoumaly přímo polohu měkkého patra při artikulaci samohlásek, to znamená fyziologické údaje. Rochet & Rochet (1999) oproti tomu použili nazometr, tedy aerodynamickou metodu, která neudává informace o výšce měkkého patra, ale o poměru intenzit zvuku vycházejícího z nosní a ústní dutiny.

Rochet & Rochet (1999) výsledky zdůvodňují, jako jejich předchůdci (viz oddíl 5.3.3), vyšší impedanci vokálního traktu u vysokých vokálů. Poměr intenzit nazální a orální větve můžeme nahlížet i jako množství vzduchu, které se do příslušných dutin dostane. U vysokých vokálů je čelistní úhel nízký a jazyk se nachází blízko patru, a do dutiny ústní se proto dostane vzduchu méně. Artikulační zúžení znamená vyšší impedanci orální dutiny, což se odráží ve vyšším podílu vzduchu vycházejícího z nazálního traktu. Když je tedy impedance orální dutiny vysoká, míra nazality bývá vyšší. Jak říkají Rochet & Rochet (1999), nastavení orálního traktu ovlivňuje orální impedanci a v konečném efektu orální složku vztahu pro výpočet míry nazality.

Jak jsme zmínili již v páté kapitole, odůvodnění založené na impedanci vokálního traktu se shoduje i s percepční a spektrální analýzou. Stejná míra akustického propojení mezi

orální a nazální dutinou se u různých vokálů projevuje různými způsoby. U vysokých (zavřených) vokálů znamená i malé akustické propojení poměrně výraznou změnu spektra, zatímco nízké (otevřené) vokály jsou malou mírou propojení ovlivněny daleko méně. Stejně tak pro percepční dojem nazality stačí u vysokých vokálů malé propojení ústní a nosní dutiny, zatímco u nízkých vokálů potřebujeme pro vnímání nazality daleko vyšší stupeň propojení (např. House & Stevens, 1956; Curtis, 1968).

### 6.2.2. Konsonanty

Již jsme se zmínili o některých rozdílech mezi třídami konsonantů, které závisely na způsobu artikulace. Uvedli jsme, že měkké patro má inherentně nejnižší polohu u nazálních konsonantů. U ostatních konsonantů je velum postaveno výše, přičemž u approximantů je to níže než u obstruentů.

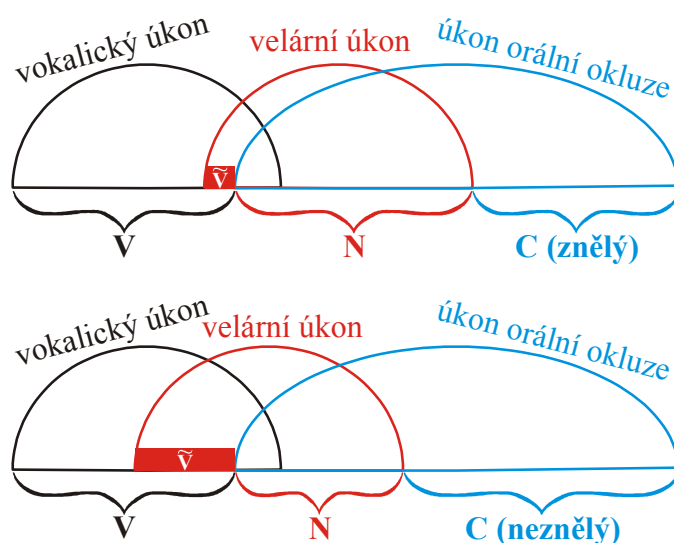
Podle Fredericky Bell-Bertiové situace u místa artikulace zdaleka není tak jednoznačná. Bell-Berti (1993) zmiňuje studii autorů Keefe & Dalston (1989), kteří zaznamenali rychlejší otevírání a pomalejší zavírání měkkého patra u /n/ než u /m η/. Tento výsledek však může být zapříčiněn i tím, že autoři zkoumali pouze kodová /m η/, zatímco /n/ byla kodová i praeturová. Krakow (1989; citována v Bell-Berti, 1993) totiž zjistila, že velum u nazálních konsonantů dosahuje ve slabičné kodě nižší minimální polohy než v praeture. Bell-Bertiová zmiňuje vlastní dřívější elektromyografické studie, ze kterých vyplývá, že konsonantické místo artikulace činnost svalů zodpovědných za pohyb měkkého patra ovlivňuje jen nepatrně. Zdá se tedy, že postavení měkkého patra je místem artikulace ovlivněno jen nepřímo, zejména činností svalů jazyka.

Další studie se zabývaly možným vlivem znělosti u obstruentů na chování měkkého patra a tím pádem na temporální rozsah nazalizace. Harold Clumeck ve své studii pouze uzavírá, že znělost zřejmě ovlivňuje načasování závěru měkkého patra, ale v jednotlivých jazycích různými způsoby (Clumeck, 1976).

Tanowitz & Beddor (1997) zkoumaly, jestli je temporální povaha nazalizace nějak ovlivněna znělostí konsonantů. V angličtině totiž před neznělými obstruenty dochází ke zkracování předchozích vokálů a sonor (např. ve slově *lent* [lěňt] oproti *lend* [lenḑ]). Autorky zajímalo, zda bude ve slabikách s neznělým konsonantem nazalizace delší, čímž by docházelo ke kompenzaci zkrácené nazály. Jejich výsledky však žádné kompenzační prodlužování nazalizace v neznělých kontextech nenaznačují. Pozdější studie Sefton & Beddor (2005) však přinesla výsledek zcela opačný: autorky porovnávaly trvání nazály a nazalizace ve slovních párech jako *wince/wins* či *sent/send*, a zjistily, že čím kratší byl nazální konsonant, tím delší byla nazalizace předcházejícího vokálu.



Patrice Beddorová se ve své nedávné studii rozhodla příčiny tohoto konfliktu blíže analyzovat. Ověřuje hypotézu, že některé aspekty variability u nazalizace vokálů jsou způsobeny odlišným sčasováním orálních a nazálních artikulačních úkonů. Použijeme-li příklady ze studie Sefton & Beddor (2005), předpokládá Beddor (2007), že větší rozsah koartikulační nazalizace ve slově *wince* /s/ oproti slovu *wins* /z/ neznamená „prodloužení“ nazalizace jako takové, ale spíše dřívější nástup velárního artikulačního úkonu. Tento úkon jako takový má vždy přibližně stejné trvání, liší se pouze překryv s jinými úkony, které se odehrávají v ústní dutině. Nelze si nevšimnout, že v pozadí tohoto uvažování stojí jako teoretický konstrukt artikulační fonologie. Výsledky studie tuto hypotézu v podstatě potvrzují. Situaci schématicky znázorňuje obrázek 6-2.



**Obrázek 6-2:** Schématické znázornění temporálního vztahu mezi vokalickým, velárním a konsonantickým artikulačním úkonem (podle Beddor, 2007: 249). Silně červenou čarou je naznačen rozsah regresivní nazalizace.

Poslední poznámka v tomto oddíle se již částečně bude týkat vlivů suprasegmentálních. Jacqueline Vaissièreová ve své studii (Vaissière, 1988) uvádí, že výška měkkého patra byla u sonor [r l] nebo u konsonantických shluků s [r l] více ovlivněna následujícím nazálním konsonantem. Oproti tomu velární explozívy [k g] byly následující nazálou ovlivněny více než ostatní konsonanty; důvodem je zřejmě interference hřbetu jazyka do činnosti měkkého patra. Vaissière (1988) dále zjistila, že výška měkkého patra se liší i v závislosti na pravém segmentálním kontextu. Při porovnávání sekvencí CVC a CVN zjistila, že maximální výška u prvního konsonantu byla relativně stabilní v sekvencích CVC, zatímco v sekvencích CVN nabývala výška měkkého patra rozličných hodnot. Je tedy zřejmé, že měkké patro nemá pouze dvě polohy pro nazální a nenazální hlásky, a dokonce nemá ani jednu polohu pro daný typ hlásky.

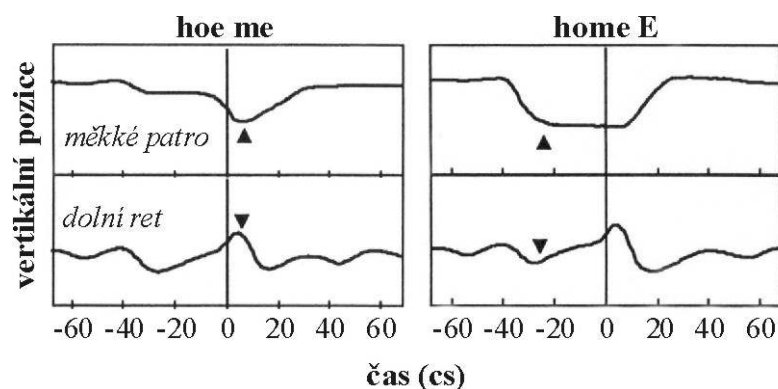
### 6.3. Suprasegmentální vlivy

V oddíle 6.2 jsme shrnuli odlišnosti v inherentní výšce měkkého patra u různých typů segmentů a z tohoto shrnutí vyplývá, že výška měkkého patra může nabývat daleko více hodnot než pouze dvě. Tyto odlišnosti na úrovni segmentů však nepokrývají všechny zdroje variability. V tomto oddíle proto zmíníme prozodické příčiny variability. Při jejich popisu budeme následovat strukturu přehledového článku Reny Krakowové (1993) a doplňovat ji dalšími studiemi. Postupně se podíváme na vlivy příslušející slabičné úrovni a úrovni intonační fráze, na vlivy přízvuku a mluvního tempa.

#### 6.3.1. Slabičná úroveň

Vliv slabičného uspořádání na artikulaci fonetici zkoumají již mnoho desetiletí. Studie činnosti jednoho konkrétního artikulačního orgánu (například rtů při labializaci) vedly k nadějným výsledkům a podporovaly hypotézu, že artikulační slabika je zároveň jednotkou, v rámci které dochází k regresivně koartikulačním procesům. Později se však ukázalo, že temporální vzorce získané ze studií labializace nejsou totožné se vzorci u jiných artikulačních orgánů. Toto zjištění vedlo k otázce, zda neexistují nějaké pravidelnosti v tom, jak je činnost jednotlivých artikulačních orgánů vzájemně koordinována. Otázka koordinace artikulačních úkonů samozřejmě odpovídá pohledu artikulační fonologie (viz oddíl 2.1.1). Zkoumalo se tedy například časování pohybu měkkého patra relativně vůči pohybu rtů při labializaci.

Zřejmě nejobsáhlejší studii vlivu slabičné úrovně na koartikulační nazalizaci představuje doktorská disertace Reny Krakowové z roku 1989 (citována v: Krakow, 1993). Krakowová pomocí přístroje Velotrace a pomocí elektrolabiografu (upraveného elektroglossografu) zkoumala slabičné uspořádání v koordinaci činnosti měkkého patra a rtů v anglických slovech a frázích jako *homey*, *hoe me*, *home E* nebo *Seymour*, *see more*, *seam ore*. Zjistila, že pohyb rtů při artikulaci /m/ je podobný ve slabičné praeture i kodě, ale že pohyby měkkého patra byly odlišné. Ve slovech, kde bylo /m/ v kodové pozici, měkké patro již cca 200 ms před vytvořením bilabiální okluze dosáhlo minimální polohy, ve které nějakou dobu zůstalo. Na záznamu tak bylo patrné jakési nízké plató, jak ukazuje obrázek 6-3. Ukázalo se, že uspořádání odpovídá dvěma vzorcům načasování: u praeturových nazál dosažení nejnižší pozice měkkého patra odpovídalo dokončení zdvihání dolního rtu, zatímco u kodových nazál odpovídalo počátku zdvihání dolního rtu. Vokály nacházející se před kodovými nazálami proto mají výrazně nižší polohu měkkého patra než vokály před praeturovými nazálami. Poznamenejme, že v příkladech zde uvedených slabičná hranice odpovídá i slovní hranici; Krakowová však v dalších sadách frází zjistila, že se opravdu jedná o jev fungující na úrovni slabiky.



**Obrázek 6-3:** Pohyb měkkého patra a rtů ve frázích *hoe me* a *home E*. Vertikální čáry odpovídají počátku bilabiální okluze. Trojúhelníkové šipky označují konec klesání měkkého patra a odpovídající fázi pohybu rtů. Převzato z: Krakow (1993: 92).

Podle Krakowové lze porovnáváním pohybu měkkého patra a rtů rovněž zkoumat slabičné dělení a případně potvrdit či vyvrátit koncept ambisylabicity. Její data naznačují, že nazální konsonant je vždy asociován s jedinou slabikou, a to s tou, která nese slovní přízvuk. Princip ambisylabicity tedy v této studii americké angličtiny potvrzen nebyl.

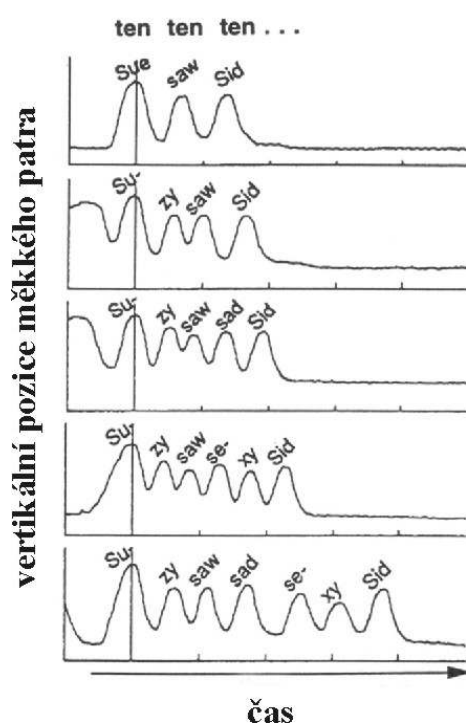
Krakow (1993) zmiňuje i další studie, které naznačují, že kodové nazály jsou artikulovány s nižší polohou a s dřívějším spouštěním měkkého patra než praeturové nazály. Proto je také koartikulační nazalizace v rámci slabiky výraznější než přes slabičnou hranici.

### 6.3.2. Větná úroveň

Skutečnost, že na úrovni intonační fráze, nádechového úseku či podobných delších jednotek dochází k postupnému snižování základní frekvence, je známá (viz např. Liberman & Pierrehumbert, 1984; Ladd, 1988). Pro tyto procesy se používá termín deklinace. Některé prameny tentativně naznačují i deklinaci u amplitudy (Iivonen, 1998) či u mluvního tempa (Dankovičová, 2001). Výsledky několika dalších studií naznačují, že princip deklinace je daleko univerzálnější, než se fonetici zpočátku domnívali, a že platí i pro supralaryngální artikulační orgány. Carol Fowlerová a její kolegové (např. Vatikiotis-Bateson & Fowler, 1988; Vayra & Fowler, 1992) ukázali, že deklinaci v průběhu delších jednotek lze pozorovat u činnosti dolní čelisti (čelistní úhel ke konci jednotky není tak výrazný jako na jejím počátku, pohyb čelisti je pomalejší) nebo u vokalických formantů (ke konci jednotky jsou vokály centralizovanější, redukovánější).

Studie Reny Krakowové a kolegů přináší podobné výsledky i pro činnost měkkého patra. Krakow *et al.* (1991) například porovnávali deklinaci u měkkého patra a u dolního rtu. Oba artikulační orgány vykazovaly deklinaci v rámci dvouslabičných slov, přes slovní hranici i v rámci celé věty. Krakow (1993) poznamenává, že snižování vrcholků polohy

měkkého patra odpovídá snižování celkové energie v průběhu věty. Obrázek 6-4 ukazuje pohyb měkkého patra v reduplikovaných slabikách /ten/, které byly vysloveny podle modelu přirozených vět (*Sue saw Sid.*; *Suzy saw Sid.*; ... *Suzy saw sad sexy sassy Sid.*). Jednotlivé vrcholky odpovídají obstruentu /t/ v každé slabice. Stejně jako v rámci věty kolísá základní frekvence i amplituda, tak i u výšky měkkého patra dochází k „lokálním“ změnám, které v tomto kontextu reduplikovaných slabik závisí zejména na přízvuku. V přirozených větách by samozřejmě docházelo i ke změnám způsobeným inherentní výškou měkkého patra u jednotlivých segmentů (viz oddíl 6.2).



**Obrázek 6-4:** Pohyb měkkého patra v čase, ilustrující deklinaci u artikulačních orgánů. Převzato z: Krakow (1993: 99).

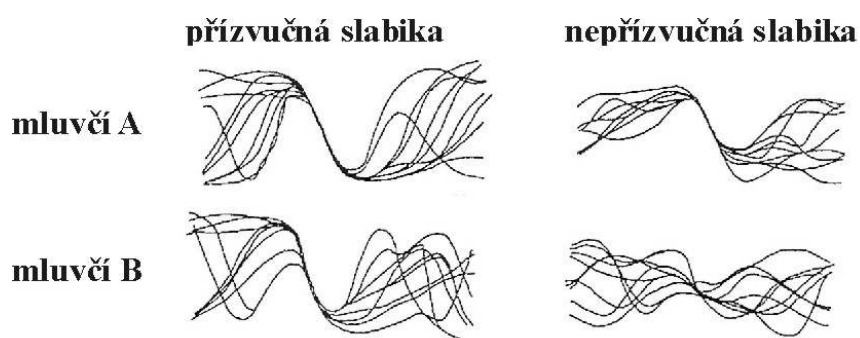
### 6.3.3. Vliv přízvuku

V tomto oddíle se podíváme na vliv přízvuku na koartikulační nazalizaci; je však nutné mít na paměti, že studie zde citované se budou týkat zejména angličtiny. Angličtina pro signalizaci přízvučné slabiky využívá melodické, dynamické i temporální změny (viz např. Roach, 2000; Skarnitzl, 2005c), a popisované tendence zřejmě nebudou platit pro češtinu, ve které přízvučná slabika není oproti nepřízvučným nijak výrazně „vypíchnuta“ a její funkci často přebírají zvukové charakteristiky v průběhu celého mluvnického taktu (Palková & Volín, 2003).

Schourup (1973; citován v: Krakow, 1993) uvádí, že pravděpodobnost výskytu koartikulační nazalizace u vokálů je daleko vyšší v přízvučných slabikách než

ve slabikách nepřízvučných. V kombinaci se zákonitostmi týkajícími se vokalické výšky Schourup uzavřel, že nejnáchylnější ke koartikulační nazalizaci jsou nízké samohlásky v přízvučných slabikách.

Jacqueline Vaissièreová ve své studii provedené pomocí rentgenového mikropaprsku (Vaissière, 1988) sledovala i vliv přízvuku na výšku měkkého patra a zjistila, že pohyb měkkého patra od orálního k nazálnímu konsonantu je v přízvučných slabikách intenzivnější než v nepřízvučných slabikách. Jak názorně ukazuje obrázek 6-5, nejvyšší polohy měkkého patra u obstruentů byly v přízvučných slabikách vyšší, stejně jako nejnižší polohy u nazálních konsonantů byly v přízvučných slabikách nižší. Dva mluvčí americké angličtiny zkoumaní v této studii se však lišili mimo jiné v rychlosti pohybu měkkého patra v závislosti na přízvuku: u jednoho mluvčího byl v přízvučných slabikách pohyb rychlejší, u druhého byl přibližně stejný v přízvučných i v nepřízvučných slabikách.



**Obrázek 6-5:** Vertikální pohyb měkkého patra, nalevo v přízvučné slabice a napravo v nepřízvučné slabice (podle Vaissière, 1988: 128).

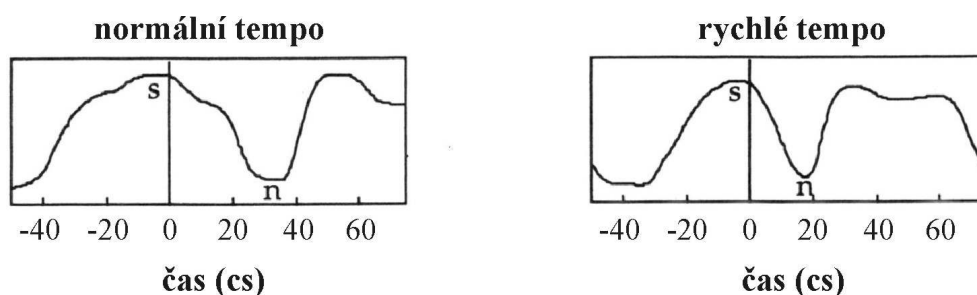
Krakow (1989; citována v: Krakow, 1993) uvádí, že mluvčí v její studii ponechávali v přízvučných slabikách, které obsahovaly nazální konsonant, měkké patro spuštěné po delší dobu než v nepřízvučných slabikách.

Krakow (1993) v rámci svého přehledového článku představuje vlastní studii provedenou na dvou mluvčích. Autorka zkoumala vliv přízvuku na polohu měkkého patra a zjistila, že mluvčí zvolili pro přízvukování dvě různé strategie. U jednoho mluvčího přízvuk vedl k posílení inherentních rozdílů mezi vysokými a nízkými vokály; měkké patro tedy mělo v přízvučné slabice u /i/ vyšší polohu než v nepřízvučné a u /a/ nižší polohu než v nepřízvučné slabice. U druhého mluvčího mělo měkké patro v přízvučné slabice nižší polohu v případě /i/ i /a/. Zdá se tedy, že přízvuk může buď posilovat přirozené rozdíly ve výšce měkkého patra mezi vysokými a nízkými vokály, nebo vést k nižší pozici měkkého patra bez ohledu na vokalickou výšku.

Na závěr tohoto oddílu zmíníme studii Tronniera (1999), která se zabývá koartikulační nazalizací v japonštině, a to v závislosti na tom, zda kodový nazální konsonant byl morový či nemorový. Tronnier cituje studii autorů Ushijima & Hirose (1974), kteří uvádějí, že měkké patro se před morovým nazálním konsonantem pohybuje rychleji. Tronnier zjistil, že nazalizace vokálu se v závislosti na statutu následující nazály systematicky nemění. Uvádí však, že vokály před morovou nazálou jsou perifernější než před nemorovou nazálou.

### 6.3.4. Vliv mluvního tempa

Studie zkoumající vliv mluvního tempa vycházejí z koncepce artikulační fonologie, podle které zvyšující se tempo znamená větší překryv artikulačních úkonů. Vliv tempa byl i jedním z aspektů, který zajímal autorky ve studii Bell-Berti & Krakow (1991). Mluvčí vyslovovali pseudoslova v nosné frázi (např. /*its ə lɔnsəl*/). Při pomalém tempu bylo spouštění měkkého patra z obstruentu až k nazálnímu konsonantu pozvolné a zřetelně zahrnovalo více fází, v závislosti na inherentní výšce měkkého patra. Byl tedy patrný jeden pokles z obstruentu na „vokalickou“ sekvenci /*əlɔ*/ a druhý pokles na nazálu, jak ukazuje levá část obrázku 6-6. Při rychlém mluvním tempu toto vícefázové klesnutí zmizelo a byl vidět jen jediný pokles od obstruentu k nazále (pravá část obrázku 6-6). To odpovídá vyššímu překryvu artikulačních úkonů, kdy úkon pro vokál nebo vokalické segmenty nelze rozeznat od úkonu pro následující nazální konsonant.



**Obrázek 6-6:** Dvoufázový pokles měkkého patra u pomalého tempa a jednofázový pokles u rychlého tempa (podle Bell-Berti & Krakow, 1991: 120).

Další studie, zmíněné v přehledovém článku Krakow (1993), hovoří o nižší amplitudě pohybů měkkého patra při rychlejším tempu. Podle studie autorů Kent *et al.* (1974; citováni v: Krakow, 1993) se jednotliví mluvčí mohou chovat odlišně; u jednoho došlo k nižší amplitudě pohybů (měkké patro tedy nedosahovalo tak extrémních poloh jako při pomalém tempu), u druhého se měkké patro pohybovalo rychleji a dosahovalo stejných poloh jako při pomalém tempu.

#### 6.4. Odlišnosti v jednotlivých jazycích

V posledních dvou oddílech jsme se zabývali faktory ovlivňujícími nazalizaci do jisté míry obecně. V posledním oddíle této kapitoly uvedeme studie, které zkoumaly, zda a jak se nazalizace liší v různých jazycích.

V oddíle 6.2 jsme již citovali studii Harolda Clumecka, ale nezmínili jsme její výsledky z hlediska komparativního. Clumeck (1976) porovnával francouzštinu, švédštinu, americkou angličtinu, brazilskou portugalštinu, hindštinu a xiamenskou čínštinu. Počet mluvčích pro daný jazyk se pohyboval mezi jedním (hindština a brazilská portugalština) a čtyřmi (americká angličtina).

Clumeck uvádí, že míra regresivní nazalizace se u jednotlivých jazyků liší: měkké patro začíná klesat výrazně dříve u Američanů a Brazilců než u mluvčích ostatních jazyků. Clumeck tak vyvrací anticipační model koartikulace; ukázal, že není nutné zahajovat spouštění měkkého patra co nejdříve je to možné a že naopak načasování spouštění měkkého patra může být ovládáno s vysokou přesností. Míra koartikulační nazalizace se proto může v různých jazycích lišit.

Clumeck dále zjistil, že u mluvčích americké angličtiny došlo u nízkých vokálů v nenazálním kontextu k poklesu měkkého patra, zatímco v ostatních jazycích se tato tendence neobjevila. Autor tuto tendenci vysvětluje tím, že v brazilské portugalštině, francouzštině, hindštině a xiamenské čínštině je nazalizace vokálů distinktivní. K odlišnostem proto dochází pouze u vokálů před nazálami, kde je rozdíl mezi orálními a nazálními vokály neutralizován.

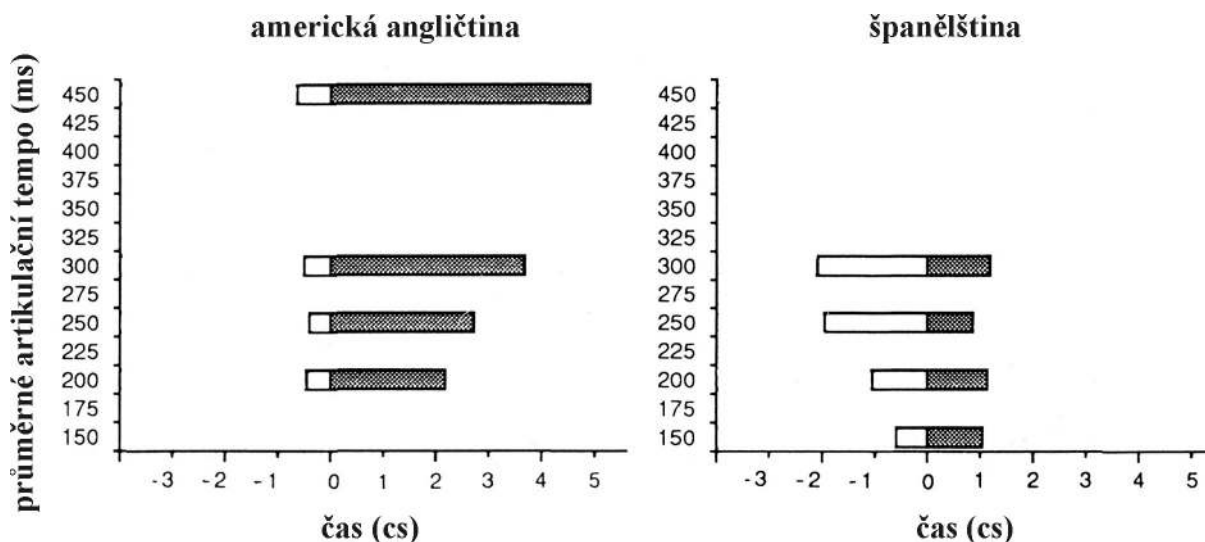
Patrice Beddorová a její kolegové (Tanowitz & Beddor, 1997; Beddor & Krakow, 1999) zkoumají americkou angličtinu a thajštinu a zjistili, že v americké angličtině z oblasti Michiganu jsou samohlásky před nazálami nazalizované přibližně z 80 procent, zatímco v thajštině pouze z 45 procent.

Podobné výsledky týkající se americké angličtiny naznačuje i další studie, kterou jsme již zmínili. Rochet & Rochet (1999) porovnávali americkou angličtinu z jihovýchodu USA s kanadskou angličtinou používanou na západě Kanady a zjistili, že koartikulační nazalizace je výrazně rozsáhlejší ve zkoumané variantě americké angličtiny.

Jeden z nejzajímavějších výzkumů zaměřených na odlišnosti v nazalizaci v různých jazycích představuje článek Marie-Josep Soléové. Solé (1992) zmiňuje obecnou tendenci v jazycích světa, která se týká percepčního rozlišení kontrastů. Soléová cituje studie, podle kterých vyšší počet kontrastů v daném jazyce vede k nižší míře koartikulace; díky tomu se zabrání percepčním nejasnostem mezi distinktivními a koartikulovanými

segmenty. Autorka však zmiňuje, že percepční rozlišitelnost nedokáže vysvětlit všechny rozdíly mezi jazyky. Jako příklad uvádí italštinu či japonštinu, které mají nízký počet orálních vokálů a žádné nazalizované vokály, a přesto je v těchto jazycích koartikulační nazalizace velmi slabá, podmíněná pouze rychlostí pohybu měkkého patra. Americká angličtina má oproti tomu bohatý vokalický systém a zároveň vysokou míru koartikulační nazalizace. Rozdíl spočívá podle Soléové v tom, že v italštině a japonštině jsou vokály před nazálou zamýšlené (cílené) jako orální hlásky. Naopak v americké angličtině se nazalita stala inherentní vlastností vokálů v pozici před nazálami, kde jsou již zamýšlené jako nazální; anticipační nazalita se v americké angličtině fonologizovala.

Za účelem rozlišení mezi zamýšlenou (fonologizovanou) a nezamýšlenou nazalizací Solé (1992) porovnávala americkou angličtinu a španělštinu a zkoumala, jaký vliv budou mít na pohyb měkkého patra změny artikulačního tempa. Pokud je v daném jazyce nazalita zamýšlená, měla by se nazalizace přizpůsobit změnám tempa. Pokud je v daném jazyce vokál zamýšlený jako orální a nazalizace vzniká pouze pasivně, vlivem pomalého pohybu měkkého patra, měl by temporální rozsah nazalizace zůstat stejný bez ohledu na změny artikulačního tempa (Solé, 1992: 31). Autorka pomocí nazografu porovnávala tři americké a tři španělské mluvčí. Jejich úkolem bylo vyslovovat pseudoslova v nosné frázi, přičemž měnili tempo od stupně 1 (hyperartikulovaná, přehnaně pečlivá výslovnost, jako pro hluchého, který odezírá) až po stupeň 5 (hypoartikulovaná, přehnaně rychlá výslovnost, co nejrychleji to jde).



**Obrázek 6-7:** Temporální rozsah nazalizace v americké angličtině a španělštině. Čas 0 cs odpovídá počátku spouštění měkkého patra, doba nazalizace je zobrazena v šedé barvě (převzato z: Solé, 1992: 37-38).



Solé (1992) zjistila, že samohlásky v americké angličtině byly nazalizované celé, kromě počáteční fáze, která odpovídala aspiraci. V některých případech se měkké patro začalo spouštět dokonce před počátkem samohlásky, což vedlo k nazalizované aspiraci, [h̥]. Temporální rozsah nazalizace v americké angličtině se měnil v závislosti na artikulačním tempu: čím pomalejší tempo, tím delší nazalizace (viz levá část obrázku 6-7 na předcházející stránce). Ve španělštině byl temporální rozsah regresivní nazalizace přibližně stejný bez ohledu na měnící se tempo (pravá část obrázku 6-7). Španělské vokály před nazálou jsou tedy zamýšlené jako orální a nazalizace je dána pouze rychlostí pohybu artikulačního mechanismu.

## 6.5. Závěr

Tato kapitola představila zásadní studie týkající se koartikulační nazalizace. Po krátkém shrnutí anticipačního a fixního modelu koartikulace a jejich důsledků pro temporální rozsah nazalizace jsme se zabývali vlivy segmentálními (oddíl 6.2) a suprasegmentálními (oddíl 6.3). Nakonec jsme zmínili odlišnosti, které byly zjištěny u jednotlivých jazyků (oddíl 6.4).

Výsledky těchto studií naznačují, že měkké patro je postaveno nejvýše u obstruentů, níže u vysokých, středových a nízkých vokálů (příčemž výška měkkého patra klesá v tomto pořadí) a zcela nejniže u nazálních konsonantů. Vliv znělosti u obstruentů není v citovaných studiích jednoznačný; nedávná studie Patrice Beddorové však dřívější konfliktní výsledky vyjasnila.

Co se týče suprasegmentálních vlivů, ukazuje se, že nazalizace je nejvýraznější u vokálů před nazálami nacházejícími se ve stejné slabice. Pohyb měkkého patra je nejvýraznější v přízvučných slabikách na počátku věty; v nepřízvučných slabikách dosahuje měkké patro u nazál vyšších a u vokálů nižších pozic, a během věty dochází k deklinaci činnosti měkkého patra. Je však otázkou, zda by podobně výšku měkkého patra ovlivnily i přízvukové charakteristiky češtiny. Poznamenejme rovněž, že podle citovaných studií dochází ke značné variabilitě v chování měkkého patra mezi jednotlivými mluvčími. Jistý vliv na činnost měkkého patra má i artikulační tempo, které se promítá v rozlišitelnosti jednotlivých artikulačních úkonů: při rychlejším tempu se diskrétní pohyby měkkého patra „slévají“ v jeden.

Nazalizace se liší i v jednotlivých jazycích. Solé (1992) naznačuje, že kromě požadavku na percepční rozlišitelnost jednotlivých segmentů svou roli hraje i to, jestli je nazalizace čistě fyziologickým procesem nebo jestli se v průběhu diachronního vývoje stala součástí jazykového plánu daného jazyka.

Považujeme za nezbytné ještě jednou uvést, že většina studií zkoumala výšku měkkého patra, například pomocí nazální endoskopie či nazografu (transiluminační metody). Výsledky těchto studií nejsou přímo porovnatelné s metodami aerodynamickými, které poskytují odlišný druh informací. V oddíle 6.2.1 jsme zmínili pozitivní korelaci mezi výškou měkkého patra a vokalicovou výškou, zatímco z hlediska aerodynamického jsou propojením mezi ústní a nosní dutinou vysoké vokály ovlivněny více než nízké vokály, a to kvůli vyšší impedanci orální dutiny u vysokých vokálů. Výška měkkého patra tedy neodpovídá míře nazalizace, a to z hlediska aerodynamického, akustického ani percepčního.

V následujících kapitolách představíme výsledky aerodynamických studií (většina dat byla pořízena pomocí Nazometru). Rozdíl mezi fyziologickými a aerodynamickými údaji je proto třeba mít na paměti.

## 7. Experiment I - Nazalita vokálů v českých logatomech

V tomto experimentu analyzujeme míru nazality vokálů v logatomech, tedy v hláskových spojeních, která nemají lexikální význam. V našem experimentu se bude jednat o logatomy obsahující nazální konsonanty.

### 7.1. Metoda

#### 7.1.1. Zkoumané osoby

Skupinu českých mluvčích představuje 15 studentů oboru Fonetika na Filozofické fakultě Univerzity Karlovy v Praze, z toho 10 žen a 5 mužů. Studenti byli nahráni v prvním nebo druhém ročníku jejich studia oboru Fonetika. Všichni studenti pocházejí z České republiky a jejich mateřským jazykem je čeština. Jejich průměrný věk v době nahrávání byl 22,6 let (variační koeficient 8,5 %; nejmladšímu studentovi bylo 20,7 let a nejstaršímu 26,8 let).

Žádný ze studentů nemá historii rozštěpu patra nebo rtu. Dva studenti navštěvovali v dětství logopeda (u obou se jednalo o rotacismus a rotacismus bohemicus, u jednoho navíc o sigmatismus).

Všichni studenti hovoří alespoň jedním cizím jazykem na středně pokročilé nebo vyšší úrovni. Tři studenti hovoří francouzsky (tuto skutečnost uvádíme proto, že francouzština má distinktivní nazalizaci u vokálů). Deset studentů má jako druhý studijní obor cizí jazyk (v šesti případech angličtinu, ve třech němčinu a v jednom italštinu), ostatních pět s fonetikou studuje český jazyk a literaturu.

#### 7.1.2. Řečový materiál

Jako řečový materiál pro tento experiment posloužily sekvence VNV, kdy V představují všechny české vokály a N všechny české nazály. Celkem se jednalo o 30 sekvencí, jak ukazuje tabulka 7-1. V rámci experimentu I tak bylo celkově analyzováno 900 vokálů (15 subjektů x 30 sekvencí x 2 vokály v každé sekvenci). Poznamenejme, že ne všechny tyto sekvence se v češtině vyskytují (zejména u [ŋ]); to může ovlivňovat jejich přirozenost.

[ɪmɪ]	[i:mi:]	[ɪnɪ]	[i:ni:]	[ɪŋɪ]	[i:ŋi:]
[ɛmɛ]	[ɛ:mɛ:]	[ɛnɛ]	[ɛ:nɛ:]	[ɛŋɛ]	[ɛ:ŋɛ:]
[ama]	[a:ma:]	[ana]	[a:na:]	[aŋa]	[a:ŋa:]
[omo]	[o:mo:]	[ono]	[o:no:]	[oŋo]	[o:ŋo:]
[umu]	[u:mu:]	[unu]	[u:nu:]	[uŋu]	[u:ŋu:]

Tabulka 7-1: Sekvence VNV použité v experimentu I.

### 7.1.3. Postup při nahrávání

Údaje o míře nazality byly získány pomocí nazometru od společnosti Kay Elemetrics, Inc. (Nasometer II, Model 6400); pro více detailů týkajících se nazometru viz oddíl 4.4. Nazometr počítá míru nazality  $N$  jako poměr nazální a celkové efektivní amplitudy:

$$N = \frac{rms(naz)}{rms(naz) + rms(or)}$$

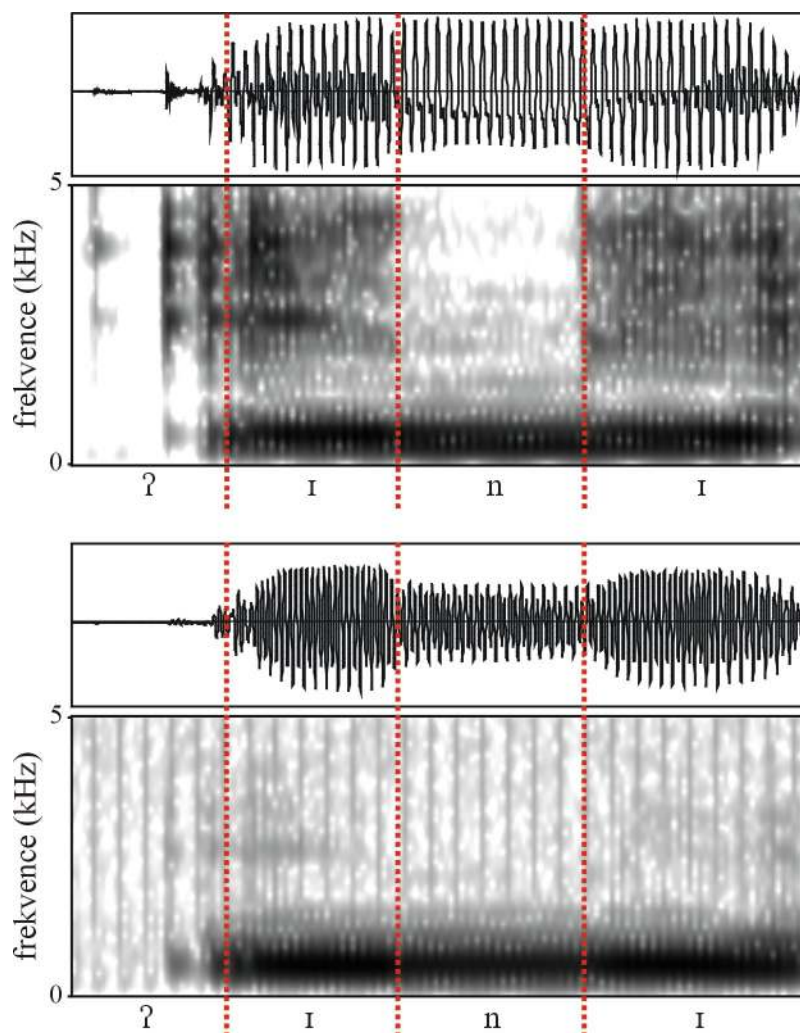
Nahrávání s nazometrem se běžně provádí ve stejné místnosti, ve které se nachází počítač; externí modul nazometru je tedy připojen přímo do zvukové karty. V našem případě však byly nahrávky pořizovány ve zvukotěsné nahrávací kabině Fonetického ústavu (kabel z externího modulu je veden obložením kabiny do obslužné režie). Tento postup byl zvolen proto, že byl současně pořizován i paralelní akustický záznam. Jak již bylo zmíněno výše, nazometr signál filtruje a pro účely této práce bylo třeba mít k dispozici i nefiltrované nahrávky.

Nazometr byl před každým nahráváním kalibrován podle instrukcí výrobce. Samotné nahrání proběhlo do tří minut od kalibrace. V rámci jednoho nahrávacího sezení byly nahrány výše zmíněné sekvence VNV a zároveň souvislý text (viz kapitola 9). Po nasazení masky nazometru dle pokynů výrobce byly nahrávané osoby instruovány. Obě části nahrávání (sekvence VNV a souvislý text) byly zobrazeny na monitoru v nahrávací kabině. Studenti měli dostatek času na seznámení s oběma druhy textů. Před nahráváním byli studenti požádáni, aby četli přirozeným způsobem a průměrným tempem.

Sekvence VNV a souvislý text byly nahrávány zvlášť, protože software nazometru umožňuje uložení maximálně 100 sekund nahrávky. Mezi oběma částmi tedy byla krátká, přibližně půlminutová pauza.

### 7.1.4. Zpracování a analýza nahrávek

Nefiltrované nahrávky byly manuálně segmentovány v softwarovém nástroji Praat 4.5.18 (Boersma & Weenink, 2007). Při umisťování hranic segmentů jsme se řídili celkovou intenzitou spektra a přítomností vokálních formantů. Hranice byly umisťovány do nejbližšího průchodu nulou od místa nejvýraznějšího odeznění / nástupu vokálních formantů (zejména F2), čemuž většinou odpovídal nejvýraznější pokles / stoupnutí celkové intenzity spektra. Hranice segmentů takto určené v nefiltrovaných nahrávkách byly následně pomocí vytvořeného skriptu přeneseny do TextGridů příslušných filtrovaných nahrávek a rovněž posunuty k nejbližšímu průchodu nulou. Příklad segmentace sekvence [ʔɪnɪ] ukazuje obrázek 7-1 (nahore nefiltrovaný signál, dole filtrovaný signál).



**Obrázek 7-1:** Segmentace spojení [ʔini] v nefiltrovaném (nahore) a filtrovaném (dole) signálu. (Pro účely lepšího zobrazení byl ve spektrogramu filtrovaného signálu zvýšen dynamický rozsah a pre-empfáze.)

V tomto experimentu nás zajímala průměrná nazalita vokálů. Abychom alespoň částečně eliminovali vliv sousedních nazál, byly průměrné hodnoty počítány z prostředních 50 % každé hlásky. Pro každý vokál byly sledovány následující parametry:

- fonologická kvalita a kvantita vokálu;
- trvání vokálu;
- místo artikulace sousední nazály (1 = bilabiální, 2 = alveolární, 3 = palatální);
- umístění nazály vůči vokálu (před = 0, po = 1);
- mluvčí, který danou sekvenci vyslovil.

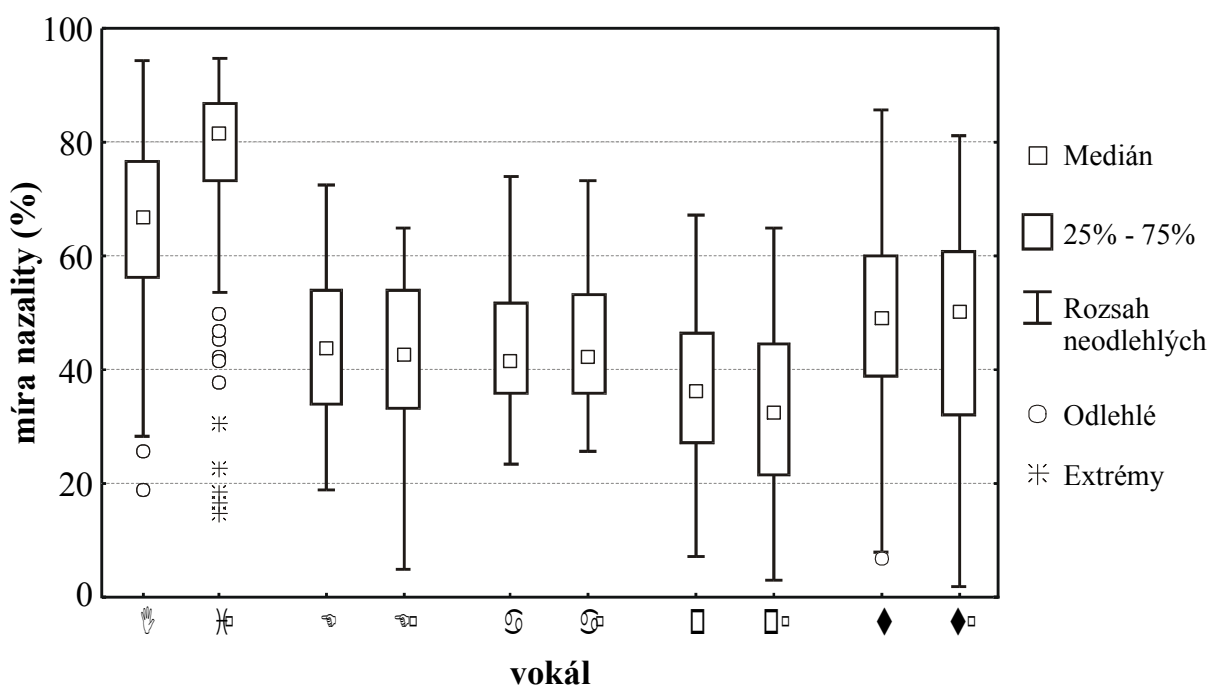
Tyto parametry byly použity jako vstup do vícenásobné regresní analýzy v programu Statistica 7. Protože tato metoda operuje pouze s číselnými proměnnými, byl kód každého mluvčího nahrazen průměrnou hodnotou nazality změřenou pro všech jeho 60 vokálů.

## 7.2. Základní deskriptivní výsledky

Tabulka 7-2 představuje základní statistické výsledky: průměry a směrodatné odchylky pro jednotlivé vokály a významnost rozdílu mezi krátkými a dlouhými vokály dané kvality zjištěnou pomocí t-testu. Obrázek 7-2 pak zobrazuje údaje o míře nazality krátkých a dlouhých vokálů pomocí krabicových grafů.

vokál	průměrná nazalita (%)	směrodatná odchylka	[V] vs. [V:] (p)
[ɪ]	65,3	15,4	< 0,001
[i:]	75,5	18,6	
[ɛ]	44,2	12,9	0,36
[ɛ:]	42,4	13,1	
[a]	44,1	11,6	0,58
[a:]	45,0	11,5	
[o]	37,3	13,5	0,054
[o:]	33,2	15,0	
[u]	48,4	16,3	0,47
[u:]	46,5	20,0	

**Tabulka 7-2:** Průměrné hodnoty míry nazality vokálů, jejich směrodatné odchylky a významnost rozdílu mezi krátkými a dlouhými vokály.



**Obrázek 7-2:** Krabicové grafy porovnávající míru nazality u jednotlivých vokálů.

Z tabulky i ilustrativního zobrazení je zřejmé, že se krátké a dlouhé vokály z hlediska míry nazality chovají velmi podobně. Jedinou statisticky signifikantní výjimku tvoří i-ové vokály, u kterého je dlouhé [i:] výrazně více nazalizováno než krátké [ɪ]. Rozdíl mezi krátkými a dlouhými o-ovými vokály je jen marginálně signifikantní; zde se naopak dlouhé [o:] jeví jako méně nazalizované než krátké [ɔ].

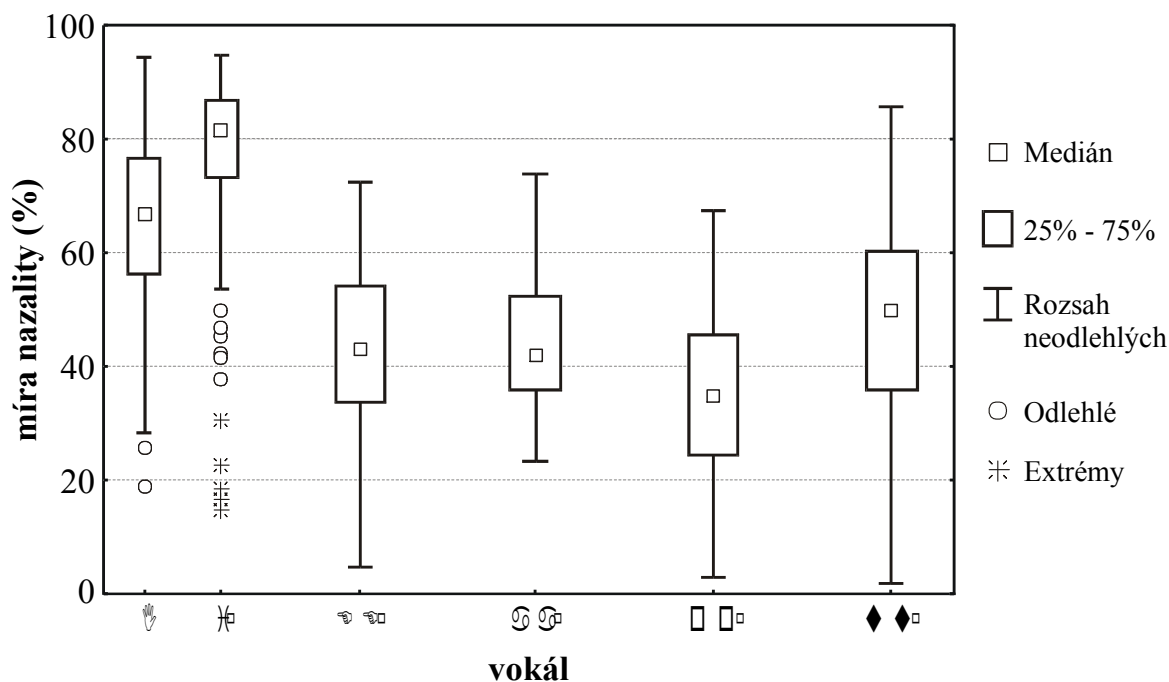
I tyto hrubé výsledky však naznačují, že vysoké vokály (tedy [i: ɪ u u:]) jsou nazalizovanější než ostatní vokály. Stejná tendence zmiňuje i studie Rochet & Rochet (1999); viz detailnější výsledky této studie v oddíle 6.2.1. Na rozdíl od této studie se však v našich datech nízké (a-ové) vokály nezdají být méně nazalizované než středové vokály: nejméně nazalizované je krátké [ɔ] i dlouhé [o:].

Na základě výsledků porovnávajících míru nazalitu u krátkých a dlouhých vokálů jsme se rozhodli krátké a dlouhé vokály kromě i-ových považovat za jednu skupinu. Tabulka 7-3 a obrázek 7-3 ukazují tytéž informace jako na předchozí stránce, ale spojené pro skupiny dle vokalické kvality.

vokál	průměrná nazalita (%)	směrodatná odchylka
[ɪ]	65,3	15,4
[i:]	75,5	18,6
[ɛ ɛ:]	43,3	13,0
[a a:]	44,5	11,6
[ɔ ɔ:]	35,2	14,4
[u u:]	47,4	18,2

**Tabulka 7-3:** Průměrné hodnoty míry nazality vokálů dle vokalické kvality a jejich směrodatné odchylky.

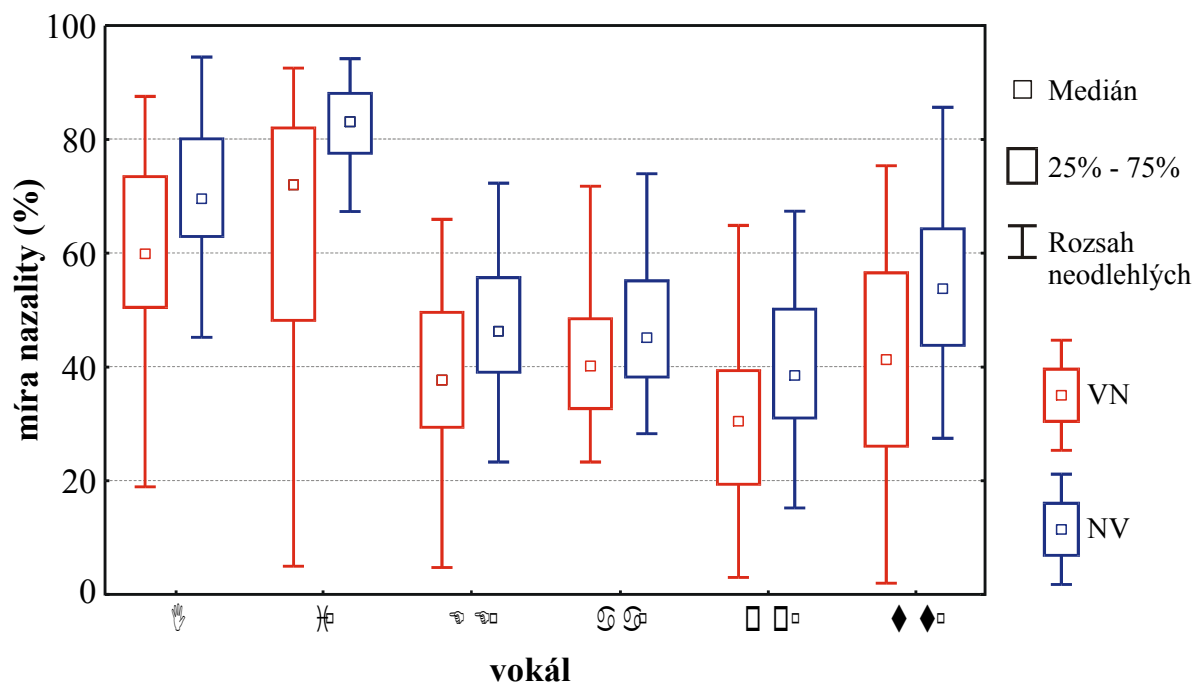
Výsledky spojené pro jednotlivé vokalické kvality podporují výše popsané tendence. Vysoké vokály jsou nazalizovanější než ostatní vokály; i-ové vokály jsou přitom nazalizovanější než u-ové. Rozdíl mezi oběma i-ovými a ostatními vokály je ve všech případech vysoce významný ( $p < 0,001$ ). U rozdílu s u-ovými vokály situace již není tak jednoznačná:  $p < 0,001$  při porovnání u-ových s i-ovými a o-ovými vokály,  $p < 0,05$  s e-ovými, zatímco rozdíl je jen okrajově významný mezi u-ovými a a-ovými vokály ( $p = 0,07$ ). Nejnížší míru nazalitu mají o-ové vokály; výsledek oproti všem ostatním vokálům je vysoce signifikantní ( $p < 0,001$ ). Rozdíl mezi a-ovými a e-ovými vokály není významný ( $p > 0,3$ ).



**Obrázek 7-3:** Krabicové grafy porovnávající míru nazality u jednotlivých skupin vokálů.

V předchozí kapitole jsme zmínili, že vyšší míra nazality u vysokých vokálů je způsobena vyšší relativní impedancí orální dutiny.

Kromě vlivu vokalické kvality nás zajímalo, zda je míra nazality ovlivněna i umístěním vokálu vůči nazálnímu konsonantu. Výsledky jsou zobrazeny ve formě krabicového grafu v obrázku 7-4, tentokrát již bez doprovodné tabulky.



**Obrázek 7-4:** Krabicové grafy porovnávající míru nazality vokálů v závislosti na jejich umístění vůči nazálnímu konsonantu (červené před nazálou, modré po nazále).



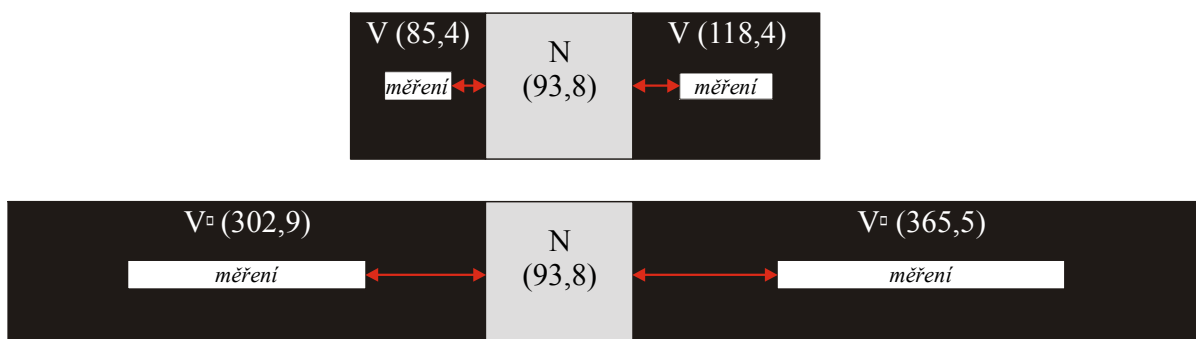
Je zřejmé, že vokál po nazále je vždy nazalizovanější než vokál před nazálou; rozdíl je ve všech případech statisticky signifikantní ( $p < 0,005$  pro a-ové vokály,  $p < 0,001$  pro ostatní vokály). Tento výsledek odporuje známým skutečnostem týkajícím se koartikulační nazalizace, totiž že regresivní nazalizace je silnější než progresivní (viz také šestá kapitola této práce). Je možné, že míra nazality v našich vokálech je ovlivněna povahou dat v tomto experimentu, tedy tím, že jsme analyzovali jednoduchá spojení VNV, nikoli souvislou řeč, a že některá spojení se vyskytují řídko, některá vůbec.

To, že se v případě těchto dat nejedná o rozdíl v míře koartikulační nazalizace, naznačují i údaje o trvání vokálů. Jak ukazuje tabulka 7-4, vokály nacházející se za nazálou jsou výrazně delší než vokály před nazálou ( $p < 0,001$ ). Někteří mluvčí i na takto jednoduchých spojení zřejmě realizovali tzv. závěrové dlužení.

vokály	průměrné trvání (ms)	směrodatná odchylka
krátké před nazálou	85,4	19,7
krátké po nazále	118,4	43,6
dlouhé před nazálou	302,9	60,2
dlouhé po nazále	365,5	81,5

**Tabulka 7-4:** Průměrné trvání vokálů před nazálou a po nazále.

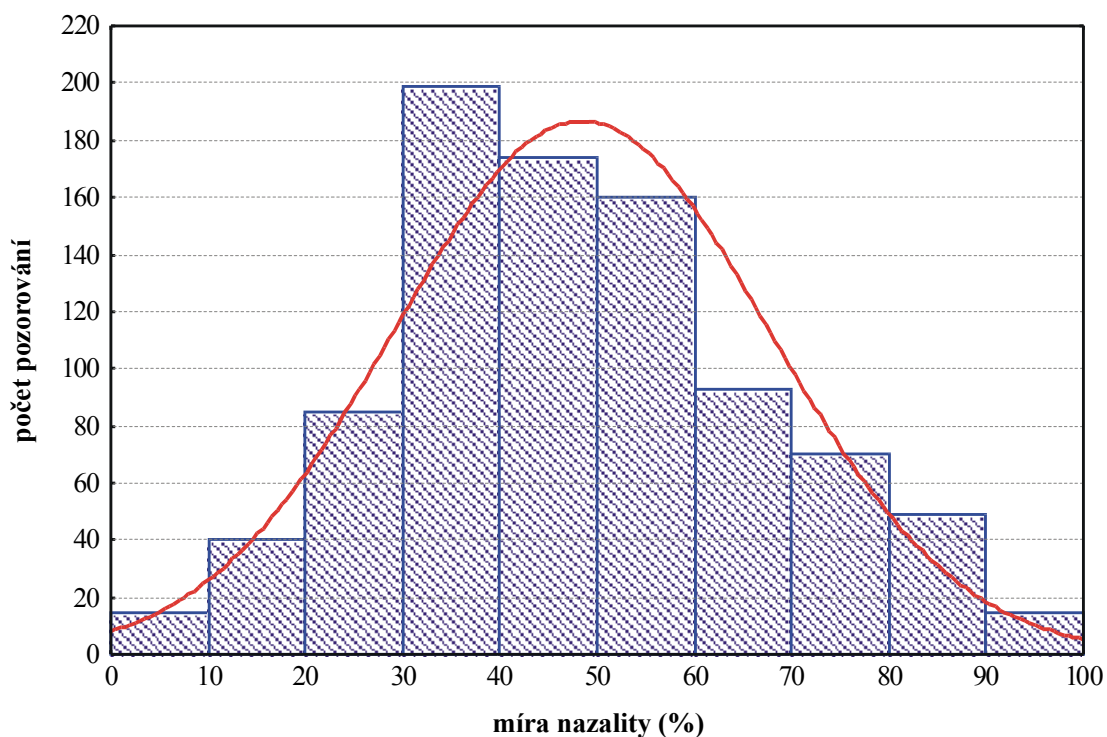
Protože míra nazality byla měřena na prostředních 50 % každého vokálu, znamená to, že u vokálů ležících za nazálou byla nazalita snímána dále od nazály než u vokálů ležících před nazálou. Tento vztah přehledně ukazuje obrázek 7-5. Vliv nazálního konsonantu na nazalitu v následujícím vokálu by pravděpodobně byl menší než na nazalitu předcházejícího vokálu, i kdyby regresivní a progresivní vlivy byly stejné.



**Obrázek 7-5:** Porovnání trvání krátkých (nahore) a dlouhých (dole) vokálů před nazálou a po nazále. Pro nazálu je uvedeno průměrné trvání všech 450 nazál měřených v tomto experimentu.

### 7.3. Výsledky vícenásobné regresní analýzy

Pro správné fungování vícenásobné regresní analýzy je nezbytné, aby byla data normálně rozdělena. Obrázek 7-6 ukazuje histogram míry nazalality pro všechny analyzované vokály. Proložení ukazuje, že hodnoty nazalality jsou rozdělené téměř normálně, a proto bylo možné regresní analýzu provést bez nutnosti transformace dat nebo eliminace části dat.



**Obrázek 7-6:** Distribuce hodnot míry nazalality s červeně proloženým normálním rozdělením.

Jak jsme již zmínili výše, vícenásobná regresní analýza operuje pouze s číselnými proměnnými. Proto musela být vokalická kvalita zakódována sadou formálních proměnných *vysoký*, *nízký* a *zadní*. Rozlišení vokalických kvalit pro účely regresní analýzy ukazuje tabulka 7-5. Stojí za zmínku, že zadní vokály jsou v češtině zároveň labializované. Parametr *zadní* tedy budeme nadále uvádět jako *zadní/lab*.

vokál	vysoký	nízký	zadní/lab
[ɪ i:]	1	0	0
[ɛ ε:]	0	0	0
[a a:]	0	1	0
[o o:]	0	0	1
[u u:]	1	0	1

**Tabulka 7-5:** Formální proměnné použité pro kódování vokalické kvality.

Tabulka 7-6 ukazuje beta koeficienty nejúspěšnějšího regresního modelu, spolu se směrodatnou chybou a mírou statistické významnosti vyjádřenou  $p$ . Kromě vokalické kvality bylo zahrnuto umístění vokálu vůči nazále (*pre-post*), místo artikulace následující nazály (*nazála*) a identita mluvčího vyjádřená jako průměrná nazalita u všech vokálů (*mluvčí x*). Zajímalo nás rovněž, zda nějaký vliv bude hrát fonologická délka vokálu (parametr *dlouhý*), případně absolutní trvání v milisekundách. Fonologická délka se v celkovém modelu ukázala jako parametr významnější, a tato sada sedmi parametrů zahrnutých v modelu vysvětluje téměř tři čtvrtiny variability v míře nazality vokálů:  $R^2_{adj} = 0,721$  ( $F_{7, 892} = 332,7$ ;  $p < 0,001$ ).

parametr	$\beta$ koeficient	směrodatná chyba	hodnota p
vysoký	0,501	0,019	< 0,001
nízký	-0,051	0,021	< 0,001
zadní/lab	-0,395	0,019	< 0,001
dlouhý	0,017	0,018	0,331
pre-post	0,272	0,018	< 0,001
nazála	0,227	0,018	< 0,001
mluvčí x	0,500	0,018	< 0,001

**Tabulka 7-6:** Beta koeficienty, jejich směrodatné chyby a míra významnosti nejúspěšnějšího regresního modelu.

Regresní rovnice míry nazality  $N$  zní:

$$N = -27,9 + 19,6 (\text{vysoký}) - 2,5 (\text{nízký}) - 15,5 (\text{zadní/lab}) + 10,5 (\text{pre-post}) + 5,3 (\text{nazála}) + 1 (\text{mluvčí x})$$

Výsledky vícenásobné regresní analýzy potvrzují naši hypotézu, že vokalická kvalita je pro určení míry nazality důležitá. Nejvýznamnější roli přitom hraje vokalická výška, která vysvětluje nejvíc variace v celém regresním modelu; míra nazality je výrazně vyšší u vysokých vokálů než u nevysokých vokálů (srov. Rochet & Rochet, 1999). Z beta koeficientu pro parametr *nízký* vyplývá, že a-ové vokály by měly být méně nazalizované než středové vokály. To, že jsou ve skutečnosti o-ové vokály nejméně nazalizované, je tedy způsobeno tím, že jsou zadní, případně zaokrouhlené.

Druhým nejvýznamnějším prediktorem po vokalické výšce je identita mluvčího, tedy jeho obecná tendence k nazalizaci. Průměrná nazalita u jednotlivých mluvčích sahá od 34,5 do 66,7 % (průměr všech mluvčích je 48,2 %, směrodatná odchylka 9,6 %). Vidíme tedy, že se jedná o velmi důležitý parametr pro určení míry nazality daného vokálu.

Následné porovnání dat ukázalo, že průměrné hodnoty míry nazaloty u mluvčích mužského pohlaví jsou nižší (41,3 %) než u mluvčích ženského pohlaví (51,7 %). Přestože jsme porovnávali pouhých 10 a 5 hodnot, byl tento rozdíl podle t-testu na hranici významnosti ( $p = 0,052$ ). Proto jsme zkusili zahrnout pohlaví mluvčího do regresního modelu, ale jeho významnost se nepotvrdila.

Pozice vokálu vůči nazále se rovněž ukázala jako významný prediktor. Regresní analýza podporuje výsledky zmíněné v předchozím oddíle: vokály po nazále jsou nazalizovanější než před nazálou, a to o více než 10 %.

Překvapivě vysokou míru variace v nazalitě u vokálů vysvětluje místo artikulace sousedního nazálního konsonantu. Koeficient  $B$  pro parametr *nazála* v rovnici uvedené na předchozí straně znamená, že míra nazaloty u vokálu sousedícího s bilabiálním [m] je o více než 5 % nižší než u vokálu sousedícího s alveolárním [n] a téměř o 11 % nižší než s palatálním [ɲ]. Na základě neformálních pozorování, která naznačují specifické chování dlouhého [i:] v sousedství palatálních hlásek, jsme zkusili z modelu vyloučit všechna spojení [i:ɲi:]. Eliminace této části dat však vliv místa artikulace nazály nijak podstatně nesnížila. Zdá se tedy, že míra nazaloty vokálů, alespoň v našich spojeních VNV, je částečně závislá i na místě artikulace nazálního konsonantu.

Fonologická délka vokálu sice vedla k vyšší hodnotě korigovaného determinačního koeficientu  $R^2_{adj}$  než trvání vokálu, ani tento parametr však v regresním modelu nebyl významný.

Považujeme za vhodné se zmínit o toleranci nezávislých parametrů v regresním modelu (tolerance vypovídá o tom, nakolik spolu nezávislé proměnné korelují, tedy nakolik vyjadřují podobné stejné informace; to je samozřejmě nežádoucí). Všechny parametry mají toleranci velmi vysokou: pohybuje se mezi 0,71 a 0,83 pro parametry týkající se vokalické kvality. Ostatní parametry mají v regresním modelu toleranci maximální (1,0).

Jako další krok v rámci regresní analýzy jsme se zaměřili na konkrétní případy vokálů, které se svou nazalitou nejvíce odchylovaly od předpovězené hodnoty (viz regresní rovnice výše v tomto oddílu). Provedli jsme analýzu reziduálních hodnot a vybrali vokály, u nichž byla zjištěna absolutní hodnota rezidua vyšší než 25 % (tedy nižší než -25 % a vyšší než 25 %). To znamená, že hodnota předpovězená na základě regresního modelu byla o více než 25 % vyšší nebo nižší než skutečně naměřená hodnota.

Výsledky reziduální analýzy uvádíme zvlášť pro kladná rezidua (tabulka 7-7, zobrazena od nejvyššího po nejnižší) a pro záporná rezidua (tabulka 7-8, zobrazena od nejnižšího po nejvyšší).

vokál	nazalita (%)	reziduum	pre-post	nazála
[i:] (611)	91,1	34,71	pre	[m]
[i:] (751)	78,3	30,14	pre	[n]
[i:] (731)	71,4	28,43	pre	[m]
[i:] (631)	88,8	27,06	pre	[n]
[i:] (612)	93,8	27,05	post	[m]
[i:] (691)	84,8	25,31	pre	[n]

**Tabulka 7-7:** Nejvyšší kladné reziduální hodnoty (nad 25 %) nazaloty vokálů (kód položky v závorce za vokálem).

U všech šesti extrémních případů s kladnými reziduy v tabulce 7-7 jsou samohláskami dlouhá [i:]. Jedná se tedy o extrémně nazalizované případy [i:]; připomínáme, že [i:] obecně je nejvíce nazalizovanou hláskou v tomto souboru dat. U pěti z šesti případů leží toto [i:] před nazálou, jen u jedné až za nazálou. Sousední nazálou je buď bilabiální [m] nebo alveolární [n].

vokál	nazalita (%)	reziduum	pre-post	nazála
[i:] (471)	14,6	-48,29	pre	[ŋ]
[i:] (411)	16,7	-40,43	pre	[ŋ]
[u:] (419)	2,0	-39,56	pre	[ŋ]
[u:] (599)	28,8	-36,56	pre	[ŋ]
[i:] (511)	45,3	-35,61	pre	[ŋ]
[u:] (399)	2,0	-34,31	pre	[n]
[ɪ] (589)	47,0	-32,78	pre	[ŋ]
[ɪ] (389)	18,8	-32,60	pre	[n]
[u] (157)	7,8	-30,90	pre	[n]
[i:] (391)	22,7	-28,82	pre	[n]
[u:] (399)	2,7	-28,20	pre	[m]
[i:] (551)	42,1	-28,18	pre	[m]
[i:] (371)	18,6	-27,63	pre	[m]
[u:] (679)	11,4	-27,02	pre	[m]
[u] (417)	14,8	-26,23	pre	[ŋ]

**Tabulka 7-8:** Nejnižší záporné reziduální hodnoty (pod -25 %) nazaloty vokálů (kód položky v závorce za vokálem).

Počet vokálů s extrémními zápornými reziduálními hodnotami je vyšší než u kladných reziduálních hodnot. Všechny patnáct vokálů uvedených v tabulce 7-8 je vysokých a většina z nich dlouhých: šest dlouhých [i:], pět dlouhých [u:] a po dvou případech krátkého [ɪ] a [ʊ]. Všechny vokály s vysokými zápornými reziduálními hodnotami se nacházejí před nazálou a polovina nazál jsou palatální [ɲ]. Zopakujme, že míra nazality u palatálního [ɲ] je vyšší než v sousedství ostatních nazálních konsonantů. U záporných reziduí stojí rovněž za zmínku, že dvanáct ze všech patnácti extrémních hodnot pochází pouze od dvou mluvčích.

Po vyloučení těchto 21 případů, u nichž byla absolutní reziduální hodnota vyšší než 25 %, došlo k poměrně značnému zlepšení celkového regresního modelu. Sedm zkoumaných parametrů vysvětlilo o 5 % více variability v míře nazality vokálů než původní sada 900 vokálů:  $R^2_{adj} = 0,774$  ( $F_{8, 870} = 376,0$ ;  $p < 0,001$ ). To, že je regresní model po vyřazení extrémních případů efektivnější, potvrzuje i hodnota testového kritéria  $F$ , která se z 291,0 zvýšila na 376,0.

#### **7.4. Závěr**

V tomto úvodním experimentu jsme zkoumali nazalitu vokálů v jednoduchých spojeních VNV. Potvrdily se výsledky jiných aerodynamických studií, které uvádějí, že vysoké vokály jsou nazalizovanější než vokály nízké. Ukázalo se, že páry krátkých a dlouhých vokálů stejné kvality jsou homogenní; krátké [ɪ] a dlouhé [i:] bylo třeba analyzovat zvlášť.

Zjistili jsme, že vokály před nazálou jsou méně nazalizované než za nazálou, což odporuje teorii o silnější regresivní nazalizaci. Vyslovili jsme hypotézu, že se jedná o artefakt materiálu, který byl v tomto experimentu analyzován.

Vícenásobná regresní analýza, pro niž byly jako vstupy použity proměnné vokalická kvalita a kvantita, trvání vokálu, umístění vokálu vůči nazále, místo artikulace sousední nazály a průměrná míra nazality daného mluvčího, potvrdila odlišnou míru nazality u vokálů a zejména významnost vokalické výšky. Rovněž jako důležité se ukázaly nazalizační zvyklosti mluvčích. Pozice vokálu vůči nazále výrazně ovlivňuje nazalitu vokálu, ovšem - jak jsme již uvedli - opačným způsobem, než jsme čekali. Překvapivě silný vliv jsme zjistili u místa artikulace nazálního konsonantu. Závěrečná analýza reziduálních hodnot odhalila, že jak kladné tak záporné extrémy jsou zastoupeny pouze vysokými vokály, většinou dlouhým [i:].

Následující kapitola představí percepční experiment, v němž budeme zkoumat percepční relevanci nazality vokálů.

## **8. Experiment II - Percepční relevance vokalické nazality**

Cílem toho experimentu je zjistit, jestli jsou čeští posluchači schopni vnímat i několik stupňů nazality u vokálů. Za tímto účelem jsme vytvořili percepční test, jehož struktura a výsledky budou popsány v této kapitole.

### **8.1. Metoda**

#### **8.1.1. Příprava řečového materiálu**

Naším původním záměrem bylo percepčně ověřit rozdíly objektivně zjištěné nazometrem v Experimentu I (viz sedmá kapitola této práce). Použili bychom tedy vždy prostředních 50 % dlouhých vokálů ze spojení V:NV: s konkrétními hodnotami míry nazality (např. hodnoty co nejbližší násobkům 20 % - 20 %, 40 %, 60 % a 80 %).

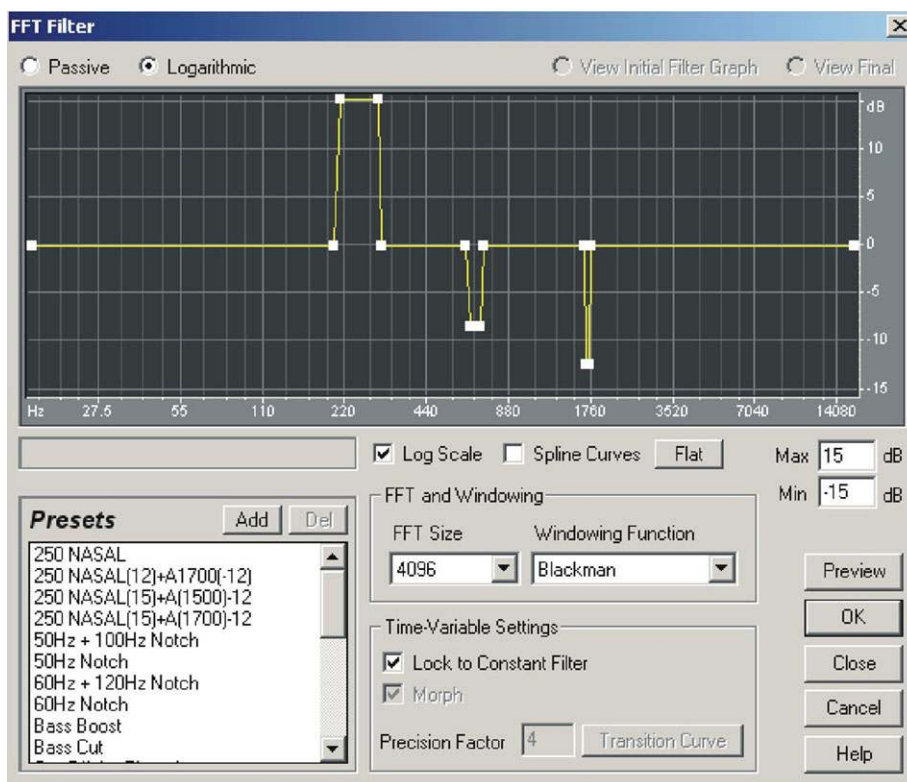
Pokusili jsme se tedy sestavit vzorek takovýchto hodnot pro všech pět vokalických kvalit. Po porovnání vybraných vokálů se však ukázalo, že jejich kvalita se výrazně liší, a to nejen u vokálů, kde je to v češtině očekávatelné (např. [a: ε:]). Protože rozdíly nazality jsou rozdíly kvality, bylo by pro posluchače v percepčním testu velmi obtížné, ne-li nemožné, abstrahovat rozdíly kvality způsobené horizontální a vertikální polohou jazyka a soustředit se pouze na rozdíly v nazalitě vokálů. Percepční ověření míry nazality a porovnání s nazometrickými hodnotami se tedy ukázalo jako nemožné.

Proto jsme se rozhodli pro manipulaci jednoho vokálu jakožto reprezentanta dané vokalické kvality. Použili jsme stejné vokály, jejichž spektra jsme popisovali v oddíle 5.3.3. Jedná se tedy o nenazální vokály extrahované ze spojení [sV:s] nahrané mužským mluvčím-fonetikem.

Pro účely tohoto experimentu bylo třeba co možná nejvíce sjednotit akustické vlastnosti jednotlivých vokálů tak, aby rozdíly spočívaly skutečně pouze v nazalitě. Jedna manipulace se týkala trvání. Dlouhé vokály byly zkráceny, aby se trvání jádra vokálů (bez tranzientů) pohybovalo mezi 360 a 370 milisekundami. Při zkracování byly z vokálu extrahovány vždy celé periody z jádra vokálu (tedy nikoli z oblastí blízkých okolním konsonantům). Další manipulace se týkala základní frekvence ( $f_0$ ), jejíž pohyby jsme pomocí PSOLA resyntézy v programu Praat (Boersma & Weenink, 2007) do značné míry vyrovnali. Na konec jsme vyrovnali amplitudu jednotlivých hláskových spojení.

Tímto jsme dosáhli porovnatelných spojení z hlediska trvání, základní frekvence a amplitudy. Další manipulace se již týkaly spekter vokálů; jejich cílem bylo simulovat více či méně nazalizovaný vokál. Při manipulaci spektra jsme vycházeli z obecně přijímaných korelátů nazality u vokálů: přítomnost nazálního formantu a antiformantu a oslabený F1

(blíže viz oddíl 5.3.1). Spektrální manipulace jsme prováděli v nástroji FFT Filter programu Cool Edit 2000 (viz obrázek 8-1). Považujeme za nutné podotknout, že se jedná o manipulace značně primitivní, které však vedly k požadovanému percepčnímu dojmu.



**Obrázek 8-1:** Okno FFT Filter programu Cool Edit 2000. Ve vrchní části je zobrazeno logaritmičké spektrum s naznačenými posílenými, respektive zeslabenými frekvenčními pásmy.

Pro každou vokalickou kvalitu jsme vytvořili tři stupně nazaloty (celkově tak byly použity čtyři stupně nazaloty - žádná a tři uměle vytvořené). Při stanovování hodnot jsme částečně využili hodnoty uvedené v literatuře (to se týkalo zejména oslabení prvního vokalického formantu), do značné míry jsme se však museli řídit vlastním percepčním dojmem.

Co se týče manipulací s F1, House & Stevens (1956) uvádějí oslabení o 6-8 dB. Střední frekvence F1 byla zjištěna v programu Praat; kolem této střední hodnoty jsme vytvořili pásmo o šířce 60 Hz. Nazální formant, se středem na 250 Hz, mívá kvůli silnějšímu tlumení v nosní dutině širší formantové pásmo. V tomto experimentu jsme zvolili šířku 80 Hz, tedy pásmo 210-290 Hz. Je třeba poznamenat, že 60 Hz, respektive 80 Hz, je pásmo pokrývající plató filtru (nejedná se tedy o šířku pásma odpovídající -3 dB nejsilnější, případně nejslabší amplitudy, což je nejčastější způsob měření šířky pásma). Takto počítaná šířka by u našich manipulací tedy byla o něco širší než oněch 60 a 80 Hz.



V páté kapitole jsme zmínili, že frekvence antiformantu je značně variabilní. House & Stevens (1956) hovoří o oblasti mezi 800 a 1700 Hz. Při přípravě našich hláskových spojení jsme vyzkoušeli frekvenci antiformantu 1100, 1400 a 1700 Hz. Všechny z nich vedly k posílení percepčního vjemu nazality, ale mezi sebou se nijak znatelně nelišily. Proto jsme ve všech manipulacích umístili antiformant na 1700 Hz. O šířce pásma antiformantu jsme nenalezli v literatuře žádnou zmínku; jelikož se však v podstatě jedná o (anti)rezonance ústní dutiny, použili jsme stejně jako u vokalického formantu šířku 60 Hz (tedy 1670-1730 Hz).

Spektrální manipulace pro jednotlivé vokály a pro jednotlivé stupně simulované nazality jsou shrnuty v tabulce 8-1. V prvním sloupci je u každého vokálu uvedena frekvence F1 v Hertzích. Jak je z tabulky patrné, manipulace byly identické pro všechny vokály kromě vysokého zadního [u:]. U [u:] se manipulace užitá u ostatních vokálů ukázaly jako příliš silné (zejména změna týkající se nazálního formantu), a proto bylo třeba je zjemnit.

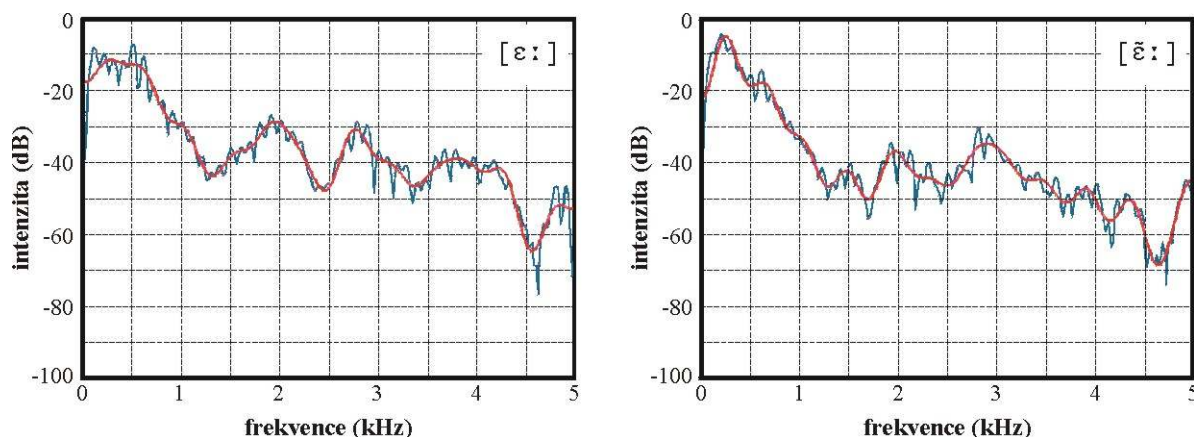
vokál (F1)	první stupeň			druhý stupeň			třetí stupeň		
	NI	F1	AI	NI	F1	AI	NI	F1	AI
[i:] (320)	+7	-7	-7	+12	-7	-12	+15	-8	-12
[ɛ:] (520)	+7	-7	-7	+12	-7	-12	+15	-8	-12
[a:] (660)	+7	-7	-7	+12	-7	-12	+15	-8	-12
[o:] (490)	+7	-7	-7	+12	-7	-12	+15	-8	-12
[u:] (325)	+5	-6	-7	+7	-7	-12	+9	-7	-15

**Tabulka 8-1:** Manipulace s nazálním formantem (NI), prvním vokalickým formantem (F1) a antiformantem (AI); posuny jsou uvedeny v decibelech. První sloupec uvádí vokál a frekvenci F1 v Hz.

Kvůli poměrně značnému posílení oblasti nízkých frekvencí bylo následně nutné upravit amplitudu nově vzniklého vokálu tak, aby odpovídala původnímu nemanipulovanému vokálu. Obrázek 8-2 na následující straně ukazuje spektra původního (nenazalizovaného) [ɛ:] a nazalizovaného [Ě:] s nejvyšším stupněm nazality (tzn. oblast N1 zesílená o 15 dB, oblast F1 zesílená o 8 dB a antiformantu zesílená o 12 dB). Spektra byla získána z prostřední části vokálů stejným způsobem jako v oddíle 5.3.3.

Porovnání spekter naznačuje, že výsledkem manipulace odpovídající v našem experimentu třetímu stupni nazality skutečně je nazalizovaný vokál (srov. obrázek 5-8). Oblast nazálního formantu, kolem 250 Hz, je u nazalizovaného vokálu výrazně silnější. Ve spektru manipulovaného vokálu je patrné i relativní oslabení F1 a spektrální propad

v oblasti antiformantu. V nazalizovaném vokálu rovněž vidíme nižší amplitudu vyšších frekvencí, která u přirozených vokálů vzniká jako důsledek přítomnosti antiformantu.



**Obrázek 8-2:** Spektrum původního vokálu [ε:] (nalevo) a upraveného vokálu (třetí stupeň nazality; napravo).

Na tomto místě představíme hypotézy tohoto experimentu. Nulová hypotéza zní následovně:

**H<sub>0</sub>:** Čeští posluchači nejsou schopni rozlišit (manipulací vzniklé) nazalizované vokály od nenazalizovaných vokálů. Zároveň je úspěšnost stejná u všech vokalických kvalit.

Proti nulové hypotéze stavíme dvě hypotézy alternativní. „Schopností rozlišit vokály“ v obou případech myslíme rozlišení vokálů, u kterých je nazalita odlišná o dva nebo tři stupně. Rozdíly jednoho stupně (např. a1-a2 nebo e0-e1) považujeme za velmi malé až zanedbatelné.

**H<sub>1</sub>:** Čeští posluchači jsou schopni rozlišit (manipulací vzniklé) nazalizované vokály od nenazalizovaných vokálů. Zároveň je úspěšnost stejná u všech vokalických kvalit.

**H<sub>2</sub>:** Čeští posluchači jsou schopni rozlišit (manipulací vzniklé) nazalizované vokály od nenazalizovaných vokálů. Úspěšnost se liší v závislosti na vokalické kvalitě.

### 8.1.2. Pilotní test

Z položek popsanych v předcházejícím oddíle jsme sestavili pilotní percepční test. Celkem jsme tedy měli k dispozici čtyři stupně nazality u pěti vokálů. Naším cílem bylo zjistit, nakolik jsou čeští posluchači schopni vnímat rozdíly mezi jednotlivými stupni nazality. Test obsahoval celkem 30 položek (30 párů hláskových spojení [sV:s]). Úkolem respondentů bylo stanovit, zda je silněji nazalizováno první či druhé spojení. V tabulce 8-

2 je všech 30 položek seřazeno podle vokalické kvality a rozdílu ve stupni nazality. Pro kontrolu vnitřní konzistentnosti posluchačů bylo pět položek zopakováno (z toho tři v obráceném pořadí). Tyto položky jsou v tabulce označeny hvězdičkou.

[i:]		[ɛ:]		[a:]		[o:]		[u:]	
i2-i2	(0)	e3-e3	(0)	a0-a0	(0)	o1-o1	(0)	u0-u0	(0)
i2-i3	(1)	e0-e1	(1)	a1-a0	(1)	o2-o1	(1)	u1-u2	(1)
i0-i2	(2)	e2-e3	(1)	a1-a2	(1)	o2-o3	(1)	u0-u2	(2)
i2-i0*	(2)	e2-e0	(2)	a1-a2*	(1)	o2-o0	(2)	u2-u0*	(2)
i3-i1	(2)	e2-e0*	(2)	a3-a1	(2)	o3-o1	(2)	u0-u3	(3)
i0-i3	(3)	e0-e3	(3)	a3-a0	(3)	o0-o3	(3)	u3-u0*	(3)

**Tabulka 8-2:** Seznam položek percepčního testu, seřazených podle vokalické kvality (např. e2 označuje druhý stupeň nazality). Rozdíl ve stupni nazality je uveden v závorce. Položky, které byly v testu opakované, jsou označeny \*.

Pro účely pilotního testu bylo vygenerováno pseudo-náhodné pořadí. Rozhodli jsme se negenerovat zcela náhodné pořadí, aby v po sobě jdoucích položkách nedocházelo k opakování vokálu téže kvality. Každá položka byla uvedena svým pořadím, položky každého páru byly odděleny mezerou 0,8 sekundy. Po prezentaci celé dvojice následovala pětisekundová pauza. Po každé desítkce položek byla vložena delší, desetisekundová pauza s oddělovacím tónem. Samotnému testu předcházely dvě zácvičné položky, které obsahovaly největší rozdíl nazality (e3-e0 a a0-a3).

Jako respondenty jsme zvolili tři doktorandy oboru Fonetika (dvě ženy, jednoho muže), kteří zároveň ve Fonetickém ústavu FF UK vyučují. Protože se v tomto testu jedná o velmi jemné rozdíly, byl test zadáván individuálně do profesionálních uzavřených sluchátek KOSS PRO3AA Titanium. Všichni tři respondenti uvedli, že rozdíly v nazalitě lze rozeznat. Základní výsledky pilotního testu jsou představeny v tabulkách 8-3 a 8-4.

subjekt	správně určené položky		chybně určené položky		
	s tolerancí 0 stupňů	s tolerancí 1 stupeň	které byly shodné	které se lišily o 2 stupně	které se lišily o 3 stupně
PIL1	17	6	2	4	1
PIL2	16	7	1	5	1
PIL3	17	7	1	4	1

**Tabulka 8-3:** Hrubé výsledky pilotního testu.

Výsledky naznačují, že všichni respondenti byli v diskriminaci stupně nazaloty zhruba stejně úspěšní. Na základě výše uvedených hypotéz budeme dále za chybnou identifikaci považovat případy: a) ve kterých se nazalota lišila o dva nebo tři stupně (viz poslední dva sloupce tabulky 8-3) a b) ve kterých respondenti označili jeden vokál jako silněji nazalizovaný, přestože položky byly shodné (viz třetí sloupec tabulky 8-3). Z celkového počtu 90 položek (3 respondenti x 30 položek) byla tedy nazalota chybně identifikována u 20 položek (součet posledních tří sloupců tabulky). Tabulka 8-4 těchto dvacet chybných položek dělí podle kvality vokálu. Údaje ukazují, že identifikace byla nejproblematičtější u vysokých vokálů, [i:] a [u:].

vokál	počet chybných identifikací
[i:]	8
[ɛ:]	4
[a:]	0
[o:]	2
[u:]	6

**Tabulka 8-4:** Počet chybných identifikací podle vokalické kvality.

Pilotní test ukázal, že vnímání stupně nazaloty není zcela jednoznačné. Je však třeba upozornit, že vytvořené rozdíly v nazalitě rozhodně nelze popsat jako robustní. Na druhou stranu jen u tří položek (jednou pro každého respondenta) došlo k chybné identifikaci největšího rozdílu nazaloty (např. odpověď „první vokál je silněji nazalizovaný“ u položky u0-u3). Domníváme se proto, že manipulace provedené se spektry vokálů lze považovat za odpovídající různým stupňům nazaloty a že vytvořené položky je možné použít pro hlavní percepční test.

### 8.1.3. Zadání hlavního percepčního testu, respondenti

Všichni respondenti pilotního testu se po absolvování testu shodli na tom, že by bylo přínosné, kdyby položky slyšeli vždy dvakrát. V samotném percepčním testu byly proto dvojice položek přehrány dvakrát. Mezi položkami jednoho páru byla opět vložena mezera 0,8 sekundy a celá dvojice byla po dvou sekundách zopakována. Ostatní parametry percepčního testu jsou shodné jako u testu pilotního. Délka celého testu, včetně dvou zácvičných položek, byla po prodloužení necelých osm a půl minuty. Abychom vyloučili možný efekt pořadí prezentace položek, vygenerovali jsme pro hlavní test dvě pseudo-náhodná pořadí. Skórovací listy pro obě verze jsou obsaženy v Příloze 1.

Test byl zadán 14 studentům (10 ženám a 4 mužům) prvního a druhého ročníku oboru Fonetika na Filozofické fakultě Univerzity Karlovy v Praze (skupina se do značné míry, kryje se skupinou studentů, která nahrávala logatomy pro Experiment I představený v sedmé kapitole a souvislý text pro Experiment III (devátá kapitola) a Experiment IV (desátá kapitola). Mateřským jazykem všech studentů je čeština; pouze jedna studentka pochází ze Slovenska, ale češtinu ovládá velmi dobře. Jejich průměrný věk v době zadání testu byl 22,7 let (variační koeficient 8,8 %; nejmladšímu studentovi bylo 20,8 let a nejstaršímu 26,9 let).

Studentům byl percepční test zadáván koncem dubna a začátkem května; to znamená, že již absolvovali několik předmětů, kde se s kontrastem nazaloty seznámili, a to jak pasivně (v poslechových analýzách), tak i aktivně (formou vlastní produkce). Stejně jako v případě pilotního testu byl hlavní percepční test zadáván individuálně pomocí sluchátek KOSS PRO3AA Titanium.

Po skončení percepčního testu byli respondenti požádáni, aby zaškrtnutím jednoho z písmen A, B, C nebo D ve spodní části skórovacího listu vyznačili, jak dobře se jim test vyplňoval a jak jednoznačně vnímali prezentované rozdíly (A znamenalo jednoznačné vnímání rozdílů, D pouhé tipování).

## 8.2. Výsledky

Hrubé výsledky hlavního percepčního testu zobrazuje tabulka 8-5 na následující straně. Výsledky v této tabulce jsou prezentovány stejně jako v tabulce 8-3 pro pilotní test. Opět budeme tedy považovat za chybnou identifikaci případy, ve kterých se nazalita lišila o dva nebo tři stupně a ve kterých respondenti označili jeden vokál jako silněji nazalizovaný, přestože položky byly shodné. Chybně určené případy, ve kterých se nazalita vokálů liší jen o jeden stupeň, řadíme ke správně určeným položkám.

Celkem jsme měli k dispozici 420 odpovědí (14 respondentů x 30 položek v testu). Z tohoto počtu bylo správně identifikováno 317 položek (75,5 %). Co se týče 103 chybně určených položek, v 56 případech se jedná o rozdíl dvou stupňů nazaloty a v 23 případech o rozdíl tří stupňů. Ve zbylých 24 položkách respondenti určili, že je v jednom spojení vokál silněji nazalizovaný než v druhém, přestože se jednalo o položky shodné.

Soustředíme-li se na jednotlivé posluchače, správně bylo identifikováno mezi 19 a 26 položkami z celkového počtu 30 (průměrná hodnota je 22,6). Nejúspěšnější byli respondenti SPE a VJA, nejméně úspěšný byl respondent LJS. U položek s třístupňovým rozdílem v nazalitě osm posluchačů chybovalo dvakrát, jeden třikrát a jeden ani jednou.

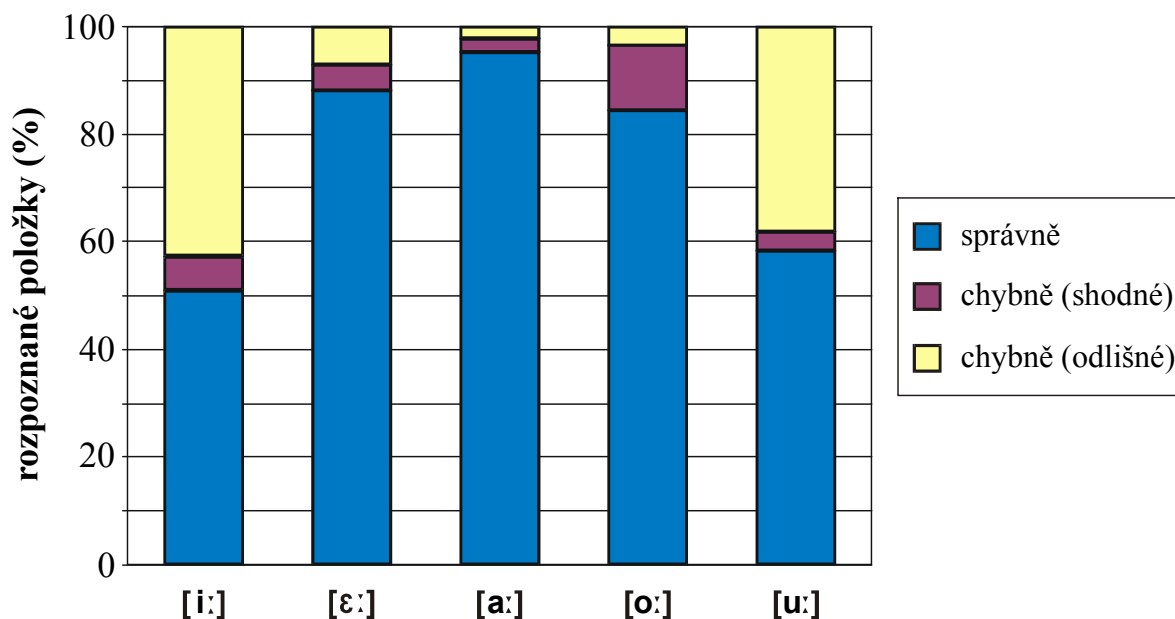
subjekt	správně určené položky		chybně určené položky		
	s tolerancí 0 stupňů	s tolerancí 1 stupeň	které byly shodné	které se lišily o 2 stupně	které se lišily o 3 stupně
<b>BEI</b>	18	5	4	2	1
<b>BJE</b>	21	1	4	2	2
<b>HJE</b>	14	6	6	2	2
<b>JKO</b>	14	7	6	2	1
<b>PHA</b>	19	5	3	1	2
<b>SLA</b>	16	4	5	3	2
<b>SPE</b>	24	2	2	1	1
<b>SSA</b>	21	3	3	1	2
<b>TLU</b>	15	8	5	1	1
<b>VJA</b>	25	1	2	2	0
<b>LJS</b>	11	8	6	3	2
<b>PVZ</b>	14	6	5	2	3
<b>RLZ</b>	20	5	2	1	2
<b>UKR</b>	18	6	3	1	2

**Tabulka 8-5:** Počet správně a chybně určených položek pro jednotlivé respondenty.

V následující tabulce jsou výsledky zobrazeny podle jednotlivých vokálních kvalit. Je zřejmé, že stejně jako v pilotním testu byly pro identifikaci rozdílů v nazalitě nejobtížnější vysoké vokály. U nevysokých vokálů se chyba u třístupňového rozdílu v nazalitě objevuje maximálně jednou, zatímco u [i:] 5x a u [u:] dokonce 16x. Celkovou míru úspěšnosti porovnává obrázek 8-3; chybně určené položky jsou rozděleny do dvou skupin, které odpovídají objektivně shodným a objektivně odlišným (o dva a tři stupně).

vokál	správně určené položky		chybně určené položky		
	s tolerancí 0 stupňů	s tolerancí 1 stupeň	které byly shodné	které se lišily o 2 stupně	které se lišily o 3 stupně
[i:]	35	8	31	5	5
[ɛ:]	59	15	5	4	1
[a:]	58	22	2	2	0
[o:]	61	10	2	10	1
[u:]	35	14	16	3	16

**Tabulka 8-6:** Počet správně a chybně určených položek podle vokální kvality.



**Obrázek 8-3:** Míra úspěšnosti v procentech pro jednotlivé vokály.

Z obrázku 8-3 vyplývá, že úspěšnost rozpoznání rozdílu v nazalitě u vysokých vokálů se pohybuje jen mezi 50 a 60 procenty, zatímco u nevysokých vokálů sahá od 85 % pro [o:] až k 95 % pro nízké [a:].

Pro trochu odlišné zobrazení výsledků a pro jejich lepší srovnatelnost byly údaje transformovány tak, aby v podstatě odpovídaly chybovosti. Každé položce bylo přiděleny „trestné body“ v závislosti na tom, zda byla rozpoznána správně či nikoli, a na rozdílu ve stupni nazality u jejích vokálů. Způsob přidělování trestných bodů ukazuje tabulka 8-7.

rozpoznání	rozdíl v nazalitě	trestné body
správně	---	0
chybné	1	1
chybné *	0	2
chybné	2	2
chybné	3	3

**Tabulka 8-7:** Transformace pomocí „trestných bodů“. Hvězdička \* označuje shodné položky, které byly vnímány jako odlišné.

Tato transformace výsledků umožnila efektivněji porovnat jak jednotlivé posluchače, tak i jednotlivé položky, případně jednotlivé vokály jako celky. U jednotlivých respondentů počet trestných bodů sahal od 10 do 32, průměrná hodnota je 21,3.

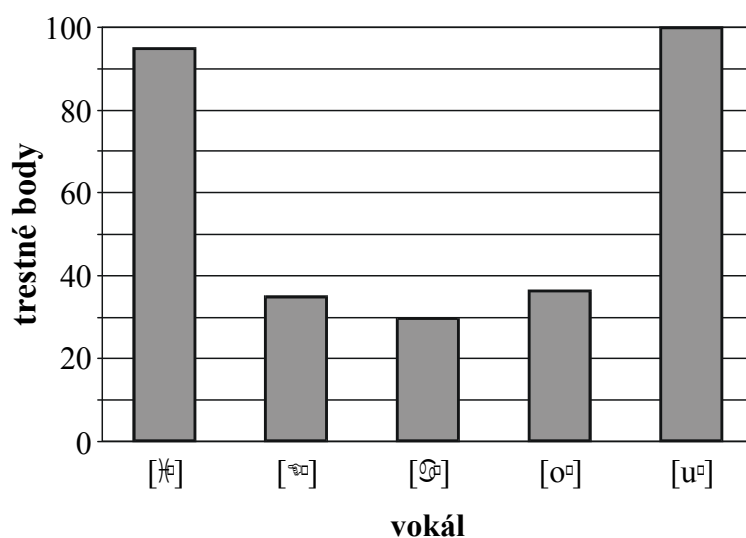
V1	V2	rozdíl v nazalitě	trestné body	trestné body celkem
i2	i2	0	10	95
i2	i3	1	8	
i2	i0	2	24	
i0	i2	2	16	
i3	i1	2	22	
i0	i3	3	15	
e3	e3	0	8	36
e0	e1	1	6	
e2	e3	1	9	
e2	e0	2	4	
e2	e0	2	6	
e0	e3	3	3	
a0	a0	0	4	30
a1	a0	1	6	
a1	a2	1	11	
a1	a2	1	5	
a3	a1	2	4	
a3	a0	3	0	
o1	o1	0	20	37
o2	o1	1	4	
o2	o3	1	6	
o2	o0	2	4	
o3	o1	2	0	
o0	o3	3	3	
u0	u0	0	6	100
u1	u2	1	14	
u2	u0	2	14	
u0	u2	2	18	
u3	u0	3	27	
u0	u3	3	21	

**Tabulka 8-8:** Přehled jednotlivých položek v percepčním testu a přidělené trestné body, seřazené podle vokalickej kvality.



Výsledky pro jednotlivé vokály zobrazuje tabulka 8-8 na předcházející straně. Rozdíl oproti zobrazení v tabulce 8-6 a na obrázku 8-3 spočívá zejména v tom, že zde je penalizováno i chybné rozpoznání položek, v nichž rozdíl nazality činí pouhý jeden stupeň. I přesto však tendence, které se ukázaly v předchozích zobrazeních, zůstávají; vysoké vokály mají trestných bodů nejvíce, nízké [a] naopak nejméně.

Z obrázku 8-4, který graficky ukazuje hodnoty uvedené v posledním sloupci tabulky 8-8, je zřejmé, že transformace výsledků do podoby trestných bodů ještě více prohlubuje rozdíl mezi vysokými a nevysokými vokály a zároveň vyrovnává rozdíly v rámci těchto skupin. Oproti obrázku 8-3 vidíme, že poměr mezi oběma vysokými vokály, [i:] a [u:], je obrácený. Zatímco kritéria uvedená na počátku tohoto oddílu ukazují pro zadní [u:] vyšší míru úspěšnosti, v systému trestných bodů je [u:] méně úspěšné.



**Obrázek 8-4:** Počet trestných bodů pro jednotlivé vokály.

Nyní se pokusíme zmíněné tendence stručně interpretovat. Hlavní důvod nižší úspěšnosti v rozpoznávání nazality u vysokých vokálů spatřujeme v interakci akustických vlastností těchto vokálů a provedených spektrálních manipulací. Vysoké vokály mají totiž velmi nízký první formant (v případě mluvčího použitého pro účely tohoto experimentu 320 Hz pro přední [i:] a 325 Hz pro zadní [u:]; viz tabulka 8-1). Při manipulacích jsme první formant oslabovali (šířka pásma 60 Hz) a zároveň posilovali frekvenční oblast odpovídající antiformantu (pásmo o šířce 80 Hz kolem střední frekvence 250 Hz). Je zřejmé, že u vysokých vokálů na sebe toto frekvenční oslabení a posílení přímo navazuje. Takto vzniklé vokály skutečně byly méně přirozené, a úspěšnost respondentů proto nižší. Tomu se však při použití této metody manipulace nedalo zabránit. U zadního [u:] navíc bylo třeba rozdíly mezi původními stupni nazality snížit (viz oddíl 8.1.1).

Protože se některé položky v hlavním percepčním testu opakovaly, bylo možné do jisté míry porovnat vnitřní konzistentnost respondentů. Opakované položky jsou uvedeny v tabulce 8-9, spolu s přidělenými trestnými body a počtem konzistentních (správně i chybně) a nekonzistentních respondentů. Pro opakování byla zvolena jedna položka s jediným stupněm rozdílu v nazalitě (a1-a2), tři položky se dvěma stupni rozdílu a jedna položka se třemi stupni rozdílu; zde jsme však úmyslně zvolili nejproblematictější vokál, vysoké zadní [u:]. Výsledky jsou proto limitované výběrem položek; větší počet položek jsme však opakovat nechtěli, aby poslechový test nebyl příliš dlouhý.

V1	V2	rozdíl v nazalitě	trestné body	konzistentní respondenti (správně)	konzistentní respondenti (chybně)	nekonzistentní respondenti
i2	i0	2	24	0	6	8
i0	i2	2	16			
e2	e0	2	4	11	2	1
e2	e0	2	6			
a1	a2	1	11	3	5	6
a1	a2	1	5			
u2	u0	2	14	3	5	6
u0	u2	2	18			
u3	u0	3	27	3	5	6
u0	u3	3	21			

**Tabulka 8-9:** Vnitřní konzistentnost respondentů u položek, které se v testu opakovaly.

Výsledky ukazují, že konzistentnost respondentů je u opakovaných položek poměrně nízká. To se týká zejména vysokých vokálů, u nichž byla úspěšnost rozpoznání v testu obecně nižší - nízká konzistentnost platí i pro třístupňový rozdíl v nazalitě [u:]. U položky a1-a2 se pak jednalo o rozdíl pouhého jednoho stupně manipulované nazality. Nejúspěšnější z hlediska konzistentnosti posluchačů byla položka e2-e0, u které jedenáct respondentů v obou případech rozpoznalo rozdíl v nazalitě správně.

Nakonec nás zajímalo, jestli spolu nějakým způsobem souvisí úspěšnost jednotlivých respondentů při rozpoznávání rozdílů v nazalitě a jejich subjektivní pocit z vyplňování testu. Protože však 10 respondentů uvedlo, že se jim test vyplňoval poměrně dobře a že rozdíly slyšeli relativně dobře (známka B), je obtížné provést jakékoli hodnocení. Navíc respondent, který jako jediný zaškrtl A (rozdíly vnímal velmi dobře), měl v rozpoznávání vůbec nejnižší úspěšnost. Tři respondenti zaškrtlí známku C.

### 8.3. Závěr

V této kapitole jsme představili experiment zkoumající schopnost českých posluchačů - studentů oboru fonetika - rozlišit rozdíly v nazalitě vokálů. Kvůli zásadním rozdílům ve vokalické kvalitě nebylo možné použít reálné nahrávky získané v rámci Experimentu I (viz sedmá kapitola této práce). Proto jsme se rozhodli vytvořit položky pro percepční test pomocí manipulace spektra nenazalizovaných vokálů.

Výsledky percepčního testu naznačují, že tyto manipulace nebyly příliš úspěšné u vysokých vokálů, u kterých oslabovaný F1 a posilovaná oblast N1 leží velmi blízko sebe. Přirozenost těchto vokálů byla nižší, a stejně tak i úspěšnost respondentů při diskriminaci rozdílů v simulované nazalitě. Za použití stávající metody získání položek (posilování a oslabování relevantních spektrálních pásem) se však tomuto problému nelze vyhnout. Pokud však zvážíme, o jak drobné rozdíly se jedná, považujeme úspěšnost u nevysokých vokálů (mezi 85 % pro [o:] a 95 % pro [a:]) za velmi slušnou.

Nulová hypotéza tedy byla vyvrácena: čeští posluchači, kteří mají nějaké zkušenosti s vokalickou nazalitou, **jsou schopni** rozlišit (manipulací vzniklé) nazalizované vokály od nenazalizovaných vokálů. Ze dvou alternativních hypotéz se potvrdila ta druhá, protože úspěšnost se lišila v závislosti na vokalické kvalitě, a to i v rámci vysokých a v rámci nevysokých vokálů.

## 9. Experiment III - Nazalita vokálů v češtině a v angličtině

V sedmé kapitole jsme analyzovali míru nazality vokálů v logatomech o struktuře VNV. V tomto experimentu budeme velmi podobným způsobem zkoumat nazalitu vokálů v souvislé řeči, tentokrát však nejen u českých, ale i u anglických mluvčích.

### 9.1. Metoda

#### 9.1.1. Zkoumané osoby

Skupinu českých mluvčích tvoří stejných 15 studentů oboru Fonetika (10 žen a 5 mužů), kteří byli analyzováni v sedmé kapitole. Nahrávka souvislého textu byla pořízena hned po nahrání hláskových spojení VNV.

Skupinu rodilých mluvčích angličtiny představuje 10 mluvčích, z toho 5 žen a 5 mužů. Protože jsme nazometrické nahrávky pořizovali ve studiu Fonetického ústavu FF UK, nebylo možné zajistit takovou homogenitu anglických mluvčích jako u české skupiny, zejména z hlediska věku. Jejich průměrný věk byl 36,5 let (variační koeficient 34,5 %).

Hoit *et al.* (1994, citováni v: Kuehn & Moller, 2000) však zjistili, že se hodnoty průtoku vzduchu nazálním traktem u dospělých subjektů ve věku od 20 do 80 let nemění. Jiné studie (rovněž citované ve studii autorů Kuehn & Moller, 2000) rozdílly v závislosti na věku uvádějí, avšak pouze mezi dětskými a dospělými mluvčími.

Naším hlavním kritériem u anglických mluvčích byla jejich výslovnost. Všichni zde analyzovaní mluvčí hovoří relativně standardní britskou výslovností. Všichni pocházejí z Anglie kromě jednoho mluvčího původem z Austrálie; i ten však má spisovnou britskou výslovnost. Pro standardní britskou výslovnost se používají různé termíny, pro účely této práce budeme hovořit o *RP* (*Received Pronunciation*). Zmíněná „relativně spisovná výslovnost“ pak bude odpovídat termínu *near-RP* (Wells, 1982: 297), která je definována jako taková výslovnost, která sice nespadá do definice RP, avšak zahrnuje velmi málo regionalismů, které by umožnily původ mluvčího lokalizovat (*ibid.*).

#### 9.1.2. Řečový materiál

Jako řečový materiál byly pro tento experiment vytvořeny speciální texty vhodné pro zkoumání koartikulační nazalizace. Jedná se o krátké příběhy, které zahrnují i přímou řeč. Česká verze obsahuje 90 slov (184 vokálů, monoftongů i diftongů), anglická verze 131 slov (183 vokálů). Texty jsou uvedené v Příloze 2. Byly koncipovány tak, aby na jedné straně obsahovaly velké množství nazálních konsonantů a s nimi sousedících vokálů a na straně druhé i úseky zcela nenazalizované. Dále jsme se snažili o to, aby byly texty pokud možno foneticky vyvážené z hlediska jejich segmentálního složení.

### 9.1.3. Postup při nahrávání

Údaje o míře nazalality byly opět získány pomocí nazometru ve zvukotěsné nahrávací kabině pražského Fonetického ústavu. Současně s nazometrickým záznamem byl pořizován i paralelní akustický záznam. Nazometr byl pro každou nahrávanou osobu kalibrován podle instrukcí výrobce. Texty byly zobrazeny na monitoru v nahrávacím studiu a nahrávané osoby měly dostatek času pro seznámení se s textem. Před nahráváním byly osoby požádány, aby četly přirozeným způsobem a průměrným tempem. Podrobnější informace týkající se průběhu nahrávání jsou uvedeny v oddíle 7.1.3.

### 9.1.4. Zpracování a analýza nahrávek

Nefiltrované nahrávky byly manuálně segmentovány stejným způsobem a podle stejných pravidel jako materiál představený v sedmé kapitole. Hranice segmentů byly opět přeneseny do TextGridů příslušných filtrovaných nahrávek.

Míra nazalality byla stejně jako v Experimentu I počítána z prostředních 50 % každého vokálu, abychom alespoň částečně vyrušili vliv okolního kontextu. Souvislý text samozřejmě umožňuje sledování vyššího množství parametrů. V tomto experimentu jsme pro každý vokál uvedli následující parametry:

- fonologická kvalita a kvantita vokálu, u anglického vzorku kvalita a napjatost;
- trvání vokálu;
- vzdálenost v segmentech od nejbližšího nazálního konsonantu (na obě strany);
- přítomnost či nepřítomnost nazály v téže slabice (na obou stranách);
- přítomnost či nepřítomnost nazály v témže slově (na obou stranách);
- vzdálenost ve slabikách od nejbližšího prozodického předělu (na obě strany; viz níže);
- vzdálenost od pauzy a trvání pauzy (viz níže);
- u angličtiny vztah k přízvučné slabice (zda vokál leží v přízvučné slabice či ne);
- průměrná míra nazalality vokálů pro daného mluvčího, spočítaná ze všech vokálů mluvčího analyzovaných v rámci tohoto experimentu.

Co se týče vzdáleností vokálu od prozodické hranice, zajímala nás jak vzdálenost od mluvčím skutečně realizované hranice, tak i od „modálních“ hranic, které si vynucuje struktura textů. Kromě absolutní vzdálenosti od prozodické hranice jsme použili i transformované vzdálenosti. Očekávali jsme totiž, že by vliv větších vzdáleností na míru nazalality nemusel být lineární. Transformaci vzdálenosti ukazuje přehledně tabulka 9-1: vzdálenost vokálu mezi sedmi a dvanácti slabikami byla komprimována krokem 0,5, vzdálenost větší než dvanáct slabik krokem 0,25.

vzdálenost od prozodické hranice	
reálná (slabiky)	transformovaná
1	1,00
2	2,00
3	3,00
4	4,00
5	5,00
6	6,00
7	6,50
8	7,00
9	7,50
10	8,00
11	8,50
12	9,00
13	9,25
14	9,50
15	9,75

**Tabulka 9-1:** Transformace vzdálenosti zkoumaných vokálů od prozodického předělu.

Je třeba se ještě detailněji zmínit o parametrech týkajících se pauzy. Zde v podstatě operujeme s dvourozměrným údajem. Zaprvé nás zajímala vzdálenost vokálu ve slabikách od následující pauzy: o vlivu pauzy jsme uvažovali jen u šesti předcházejících slabik, a uvedli tedy vzdálenost od jedné do šesti. Vedle toho jsme (jako druhou možnost) rozlišili i slabiky nacházející se přímo před pauzou od všech ostatních (tedy jen binární kontrast).

Zadruhé nás zajímalo trvání pauzy; trvání pauzy se v našem vzorku pohybovalo mezi 50 milisekundami a jednou sekundou. Obecně se přijímá, že trvání pauzy v neutrálním projevu do jisté míry koreluje s hloubkou předělu. Pomocí tohoto parametru tedy zjišťujeme vliv hloubky předělu na nazalitu vokálu. Pro všechny vokály jsou uvedeny dva parametry: vzdálenost ve slabikách od pauzy a trvání této pauzy. Vokálům, které od pauzy leží dále než šest slabik, jsme pro oba parametry přiřadili nulovou hodnotu.

Vliv všech těchto parametrů na nazalitu vokálů byl zkoumán pomocí vícenásobné regresní analýzy ve statistickém softwarovém nástroji Statistica 7. Vokalická kvalita byla pro účely regresní analýzy opět zakódována sadou formálních proměnných *vysoký*, *nízký*, *přední* a *zadní* (připomeňme, že zadní vokály jsou v češtině rovněž zaokrouhlené).

## 9.2. Výsledky I.A - celý český vzorek

V tomto oddíle představíme výsledky pro celý český vzorek, v následujícím oddíle pak výsledky vícenásobné regresní analýzy českého vzorku. Podobným způsobem budou v oddílech 9.4 a 9.5 prezentovány výsledky pro anglický vzorek a porovnány s českým vzorkem.

V rámci českého vzorku byla míra nazalinity měřena celkem u 2725 vokálů. Tabulka 9-2 uvádí základní deskriptivní výsledky: průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro jednotlivé vokály a významnost rozdílu mezi krátkými a dlouhými vokály dané kvality zjištěnou pomocí t-testu. Poslední dva sloupce pro srovnání uvádějí stejné hodnoty získané pro logatomy VNV (převzaté z tabulky 7-2). V souvislém textu se nevyskytuje dlouhé [o:], které je v češtině poměrně řídké. Namísto toho analyzujeme diftong [ou], který vzhledem k jeho historickému vývoji považujeme za fonologický ekvivalent [o:].

vokál	<i>n</i>	průměrná nazalita (%)	směrodatná odchylka	[V] vs. [V:] (p)	<i>nazalita VNV (%)</i>	<i>s.o. VNV</i>
[ɪ]	319	44,6	28,3	0,048	65,3	15,4
[i:]	196	49,8	29,7		75,5	18,6
[ɛ]	731	27,7	23,3	< 0,001	44,2	12,9
[ɛ:]	75	17,8	16,2		42,4	13,1
[a]	567	29,5	18,9	0,032	44,1	11,6
[a:]	105	25,2	18,4		45,0	11,5
[o]	433	17,6	16,8	0,034 ([o] x [ou])	37,3	13,5
[o:]	0	x	x		33,2	15,0
[ou]	149	21,1	19,4		x	x
[u]	135	27,1	22,9	< 0,001	48,4	16,3
[u:]	15	78,5	8,1		46,5	20,0

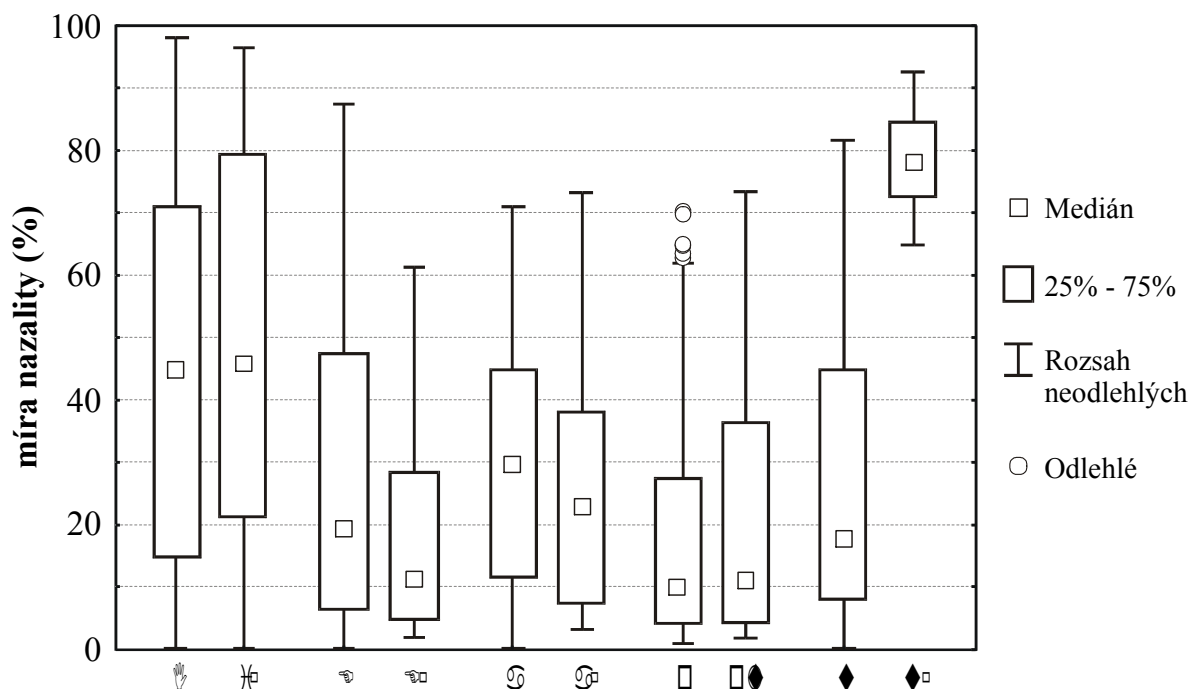
**Tabulka 9-2:** Průměrné hodnoty míry nazalinity všech českých vokálů, jejich směrodatné odchylky a významnost rozdílu mezi krátkými a dlouhými vokály; napravo porovnání s těmiž hodnotami v logatomech (šedě kurzívou).

Srovnání míry nazalinity v souvislé řeči s hodnotami z Experimentu I ukazuje, že všechny vokály byly v logatomech výrazně nazalizovanější (přibližně o 15-25 %). To bylo samozřejmě možné předpokládat, protože v souvislém textu se vokály nacházejí v nazálních i nenazálních kontextech, zatímco v Experimentu I se jednalo pouze o vokály sousedící s nazálními konsonanty.

Jedinou výjimku tvoří dlouhé [u:] s extrémně vysokou mírou nazality; tento vokál se v souvislém textu vyskytl jen jednou, a to ve slově *nemůžeš*. Již jsme vícekrát zmínili, že vysoké vokály jsou obecně nazalizované více než nevysoké. Dlouhé [u:] se navíc nachází v bezprostředním sousedství nazálního konsonantu, ve slově se nachází dokonce dvě nazály. Tento vokál je v našem vzorku navíc vysloven velmi krátce (průměrné trvání je jen 46,4 ms), a koartikulační vliv sousední nazály je proto vysoký.

Výsledky uvedené v tabulce 9-2 dále ukazují, že rozptyl hodnot je v souvislé řeči výrazně vyšší než v logatomech. Lépe než v tabulce uvedené směrodatné odchylky tento rozdíl vyjadřují variační koeficienty: průměrná hodnota variačního koeficientu činí 69,5 % pro míru nazality vokálů v souvislé řeči a jen 31,8 % v logatomech. Je samozřejmé, že vyšší variabilita dat v souvislé řeči oproti logatomům představuje tendenci očekávatelnou. Vysoká variabilita vzorku je patrná i z krabicového grafu na obrázku 9-2, zvláště pak v porovnání s obrázkem 7-2.

Z výsledků dále vyplývá, že rozdíl v nazalitě vokálů mezi krátkými a dlouhými vokály je v souvislé řeči ve všech případech statisticky významný ( $p < 0,05$ ). U logatomů byl významný pouze rozdíl mezi krátkým [ɪ] a dlouhým [i:]; je zajímavé, že právě rozdíl mezi těmito dvěma vokály v souvislé řeči leží těsně u hranice statistické významnosti. Zatímco v Experimentu I jsme v dalších analýzách považovali krátké a dlouhé vokály téže kvality (s výjimkou i-ových vokálů) za homogenní skupinu, v této kapitole budeme operovat s každým z deseti vokálů zvlášť.



**Obrázek 9-2:** Krabicové grafy porovnávající nazalitu u jednotlivých českých vokálů.



I přes vysoký rozptyl hodnot míry nazaloty výsledky ukazují, že vysoké vokály jsou silněji nazalizované než nevysoké vokály; to se týká zejména již zmíněného [u:] a dále vysokých předních vokálů [ɪ] a [i:]. Míra nazaloty u [u] je naopak poměrně nízká a ze skupiny vysokých vokálů se vyjímá. Nejméně nazalizované je [o] a [ɛ:]. Stejně jako v Experimentu I tedy nízké vokály, [a a:], nejsou nejméně nazalizované, jak naznačují výsledky jiných badatelů, které jsou založeny na vztahu mezi impedancemi orální a nazální dutiny (viz 6. kapitola).

Stojí rovněž za povšimnutí, že míra nazaloty u krátkého [o] a u diftongu [ou] je velmi podobná a že tedy o [ou] z tohoto hlediska skutečně můžeme hovořit jako o ekvivalentu dlouhého [o:]. Pro účely regresní analýzy proto bude diftong [ou] kódován stejně jako by bylo kódováno monoftongické dlouhé [o:].

### 9.3. Výsledky I.B - vícenásobná regresní analýza českého vzorku

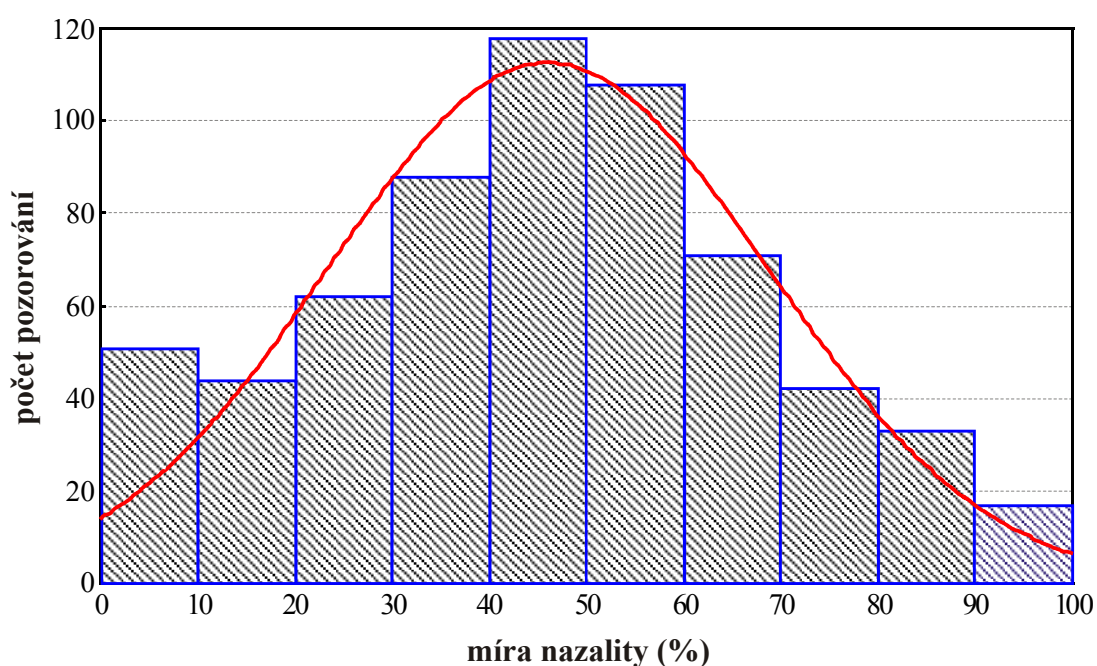
V tomto oddíle budeme zkoumat, jak je nazalita u vokálů v souvislé češtině ovlivněna různými faktory. Protože nás zajímají zejména vlivy blízko se nacházejících nazálních konsonantů, z celkového vzorku 2725 vokálů (které byly analyzovány v předchozím oddíle) jsme vybrali vokály, které leží maximálně tři segmenty od nejbližšího nazálního konsonantu na obě strany. Tomuto kritériu původně vyhovovalo celkem 574 vokálů (nemohli jsme například zahrnout ani jeden vokál ve slově *Martin*, ale první dva ve slově *Mattonku ano*).

Následující analýzy však odhalily, že takovýto model byl značně vychýlený: zjistili jsme, že příčinou tohoto vychýlení byl zejména dlouhý vokál [i:], který se v původně vybraném vzorku vyskytoval pouze v sousedství palatální nazály [ɲ] (ve slovech *zahraničnĕ, přístavnĕho, nenĕ*). Palatální místo artikulace obecně podle našich neformálních pozorování podporuje vyšší míru nazaloty. Zřejmě se jedná o důsledek toho, že chceme-li při artikulaci sekvence palatálního konsonantu ([c ɟ ɲ j]) a dlouhého zavřeného [i:] zachovat fonetický kontrast mezi konsonantickým a vokalickým artikulačním úkonem, je třeba snížit polohu jazyka. Je pravděpodobné, že svaly účastníci se tohoto pohybu dolů ovlivňují i měkké patro a „táhnou“ jeho okraje také dolů. Výsledkem pak byl silněji nazalizovaný vokál.

Protože tedy parametry pro hlásku [i:] zároveň znamenaly přítomnost sousedního palatálního [ɲ], bylo nutné z původního souboru dat zvolit další případy dlouhého [i:], které nesousedí s palatálními konsonanty, přestože nesplnily podmínku vzdálenosti od nejbližší nazály. Zvolili jsme tři slova (*kým, nenašetřím a konejšivým*), která celkově přidala 45 případů dlouhého [i:].

Podobný, i když svým směrem opačný vliv se objevil u dlouhého [ɛ:]. Zde byla jeho nízká nazalita způsobena tím, že se vyskytovalo pouze jednou, ve slově *boubínské*, kde ho od nazály dělí dva neznělé obstruenty. Proto jsme do našeho výběru zahrnuli dalších patnáct případů [ɛ:] ze slova *jedné*. Celkem jsme tedy pro účely vícenásobné regresní analýzy měli k dispozici 634 vokálů.

Před provedením vícenásobné regresní analýzy bylo potřeba ověřit, jestli je míra nazality u vybrané skupiny normálně rozdělená. Histogram v obrázku 9-3 ukazuje, že interval od 0 do 10 % nazality sice je zastoupen o trochu více, ale že se jedná o téměř normální rozdělení. Kolmogorov-Smirnovův test normality potvrdil, že se nejedná o významné narušení normality. Takovéto odchylky od normálu výsledky vícenásobné regresní analýzy neznehodnocují.



**Obrázek 9-3:** Distribuce hodnot míry nazality s červeně proloženým normálním rozdělením.

Podobně jako tabulka 9-2 ukazuje tabulka 9-3 na následující stránce průměrné hodnoty míry nazality a jejich směrodatné odchylky, tentokrát však pro vzorek 634 vokálů vybraný pro účely vícenásobné regresní analýzy. Vidíme, že statistický rozdíl mezi krátkými a dlouhými vokály zůstal jen u e-ových vokálů. Efekty okamžitého segmentálního kontextu byly eliminovány u dlouhého [i:] a [ɛ:] dodatečným výběrem položek. Jediný případ, kde by k podobnému efektu mohlo dojít, je krátké [u], které se ve vybraném vzorku vyskytuje pouze jednou (ve slově *smutně*).

vokál	<i>n</i>	průměrná nazalita (%)	směrodatná odchylka	variační koeficient	[V] vs. [V:] ( <i>p</i> )
[ɪ]	28	70,6	16,2	22,9	0,590
[i:]	83	67,8	24,8	36,6	
[ɛ]	164	51,9	16,3	31,4	< 0,001
[ɛ:]	30	27,0	19,1	70,7	
[a]	120	43,3	12,9	29,8	0,637
[a:]	30	42,1	13,0	30,9	
[o]	134	28,7	18,6	64,8	0,186
[ou̯]	30	29,4	16,9	57,5	
[u]	15	61,6	13,1	21,3	x
[u:]	0	x	x	x	

**Tabulka 9-3:** Průměrné hodnoty míry nazaloty českých vokálů (*n* = 634), jejich směrodatné odchytky a významnost rozdílu mezi krátkými a dlouhými vokály.

Pojďme se již podívat na hledání nejúspěšnějšího regresního modelu. Do sady parametrů, které do modelu patří, samozřejmě patřily parametry kódující vokalickou kvalitu (*vysoký*, *nizký*, *zadní-lab*). Reálné trvání vokálů v milisekundách a fonologická délka vokálu sloužily jako alternativní parametry, a jako úspěšnější se ukázalo reálné trvání. Dle očekávání byly nazalizační zvyklosti jednotlivých mluvčích rovněž významné. Jako významný parametr se ukázala vzdálenost vokálu od následujícího nazálního konsonantu (*nazála P*), ne však od předcházejícího (*nazála L*). Přítomnost nazály ve stejné slabice se ukázala jako významná v případě jak prěturů tak kody; přítomnost nazály ve slově byla významná jen pro nazály následující za vokálem (*N ve slově P*). Poněkud překvapující výsledek poskytlo porovnání parametrů týkajících se prozodických hranic: vzdálenost od „potenciálního“ předělu (viz oddíl 9.1.4) byla úspěšnějším prediktorem než vzdálenost od reálného předělu; zároveň se jedná o vzdálenost netransformovanou, uvedenou ve slabikách. Stejně jako v případě slova byla významná jen vzdálenost od pauzy následující za vokálem. Jako významné se ukázalo rovněž trvání pauz i vzdálenost od pauz.

Tabulka 9-4 na následující stránce ukazuje  $\beta$  koeficienty nejúspěšnějšího regresního modelu, spolu s jejich směrodatnou chybou a mírou statistické významnosti vyjádřené *p*. Tato sada 15 parametrů zahrnutých v modelu vysvětluje více než dvě třetiny variability v míře nazaloty vokálů:  $R^2_{adj} = 0,694$  ( $F_{15, 617} = 96,5$ ;  $p < 0,001$ ). V porovnání s regresním modelem pro nazalitu v logatomech je tedy tento model o něco méně úspěšný (zde byla hodnota  $R^2_{adj} = 0,721$ ; blíže viz oddíl 7.3).

parametr	$\beta$ koeficient	směrodatná chyba	hodnota p
vysoký	0,388	0,029	< 0,001
nízký	-0,057	0,028	0,046
zadní-lab	-0,230	0,029	< 0,001
trvání v ms	-0,074	0,025	0,003
mluvčí x□	0,339	0,022	< 0,001
nazála L	-0,031	0,055	0,568
nazála P	-0,064	0,027	0,017
N v přetuře	0,539	0,061	< 0,001
N v kodě	0,082	0,035	0,020
N ve slově L	-0,066	0,036	0,070
N ve slově P	-0,098	0,031	0,002
předěl L (potenciální)	-0,066	0,034	0,054
předěl P (potenciální)	-0,091	0,035	0,010
trvání pauzy v ms	0,109	0,031	< 0,001
vzdálenost od pauzy	-0,101	0,027	< 0,001

**Tabulka 9-4:** Beta koeficienty, směrodatné chyby a míra významnosti regresního modelu. Šedě kurzívou jsou vyznačeny nevýznamné parametry. (*L* = nalevo, *P* = napravo.)

Regresní rovnice míry nazaloty *N* podle tohoto modelu zní:

$$\begin{aligned}
 N = & 11,0 + 21,8 (\text{vysoký}) - 3,0 (\text{nízký}) - 11,5 (\text{zadní-lab}) - 0,1 (\text{trvání v ms}) + \\
 & + 1,2 (\text{mluvčí x□}) - 1,3 (\text{nazála P}) + \\
 & + 24,4 (N \text{ v přetuře}) + 4,7 (N \text{ v kodě}) - 4,4 (N \text{ ve slově P}) - \\
 & - 0,48 (\text{předěl P}) + 0,01 (\text{trvání pauzy}) - 10,2 (\text{vzdálenost od pauzy})
 \end{aligned}$$

Výsledky budeme analyzovat v pořadí, jak jsou prezentovány v tabulce 9-4, tedy od parametrů týkajících se samotných vokálů k vyšším úrovním.

### 9.3.1. Vokalické parametry a vliv jednotlivých mluvčích

Stejně jako v sedmé kapitole výsledky naznačují, že z hlediska vokalické kvality je nejvýznamnějším prediktorem míry nazaloty vokalická výška: vysoké vokály jsou podstatně silněji nazalizované, o více než dvacet procent, než nevysoké. Zadní labializované vokály jsou pak o 11,5 % méně nazalizované než nezadní vokály. Hodnota koeficientu *B* pro parametr *trvání v ms* ukazuje, že čím delší vokál je, tím je jeho míra nazaloty nižší. Rozdíl 10 ms přitom znamená pokles míry nazaloty o 1 %.

Dalším parametrem v tabulce 9-4 je identita mluvčích, respektive jejich obecný sklon k nazalizaci. Průměrná nazalita jednotlivých mluvčích sahá přibližně od 22 % do 43 %. Hodnota koeficientu  $B$  1,2 v regresní rovnici naznačuje, že nazalita téhož vokálu ve stejné pozici se v závislosti na mluvčím může pohybovat v rozpětí i nad 20 %. Takto zakódovaná identita mluvčího tedy reprezentuje velmi významný prediktor míry nazality.

Považujeme za užitečné na tomto místě zmínit, že tolerance všech doposud zmíněných parametrů je relativně vysoká: mezi 0,57 a 0,60 pro parametry kódující vokalickou kvalitu, 0,79 pro parametr *trvání v ms* a 0,99 pro parametr *mluvčí  $x_i$* .

Než budeme pokračovat v interpretaci dalších parametrů nejúspěšnějšího regresního modelu, představíme si v tabulce 9-6 částečný regresní model, ve kterém jsou obsaženy jen doposud popsané parametry (tedy parametry kódující vokalickou kvalitu a kvantitu a nazalizační zvyklosti mluvčích).

parametr	$\beta$ koeficient	směrodatná chyba	hodnota p
vysoký	0,384	0,032	< 0,001
nízký	-0,077	0,034	0,021
zadní/lab	-0,354	0,033	< 0,001
trvání v ms	-0,111	0,029	< 0,001
mluvčí $x_i$	0,336	0,029	< 0,001

**Tabulka 9-6:** Beta koeficienty, směrodatné chyby a míra významnosti užšího regresního modelu.

Regresní rovnice míry nazality  $N$  podle tohoto užšího modelu vypadá takto:

$$N = 18,4 + 21,6 (\text{vysoký}) - 4,1 (\text{nízký}) - 17,7 (\text{zadní/lab}) - 0,1 (\text{trvání v ms}) + 1,2 (\text{mluvčí } x_i)$$

I tato sada pouhých pěti parametrů je schopna vysvětlit téměř polovinu variability v míře vokalické nazality v souvislé řeči:  $R^2_{\text{adj}} = 0,461$  ( $F_{5, 627} = 109,2$ ;  $p < 0,001$ ).

### 9.3.2. Vzdálenost od nazálních konsonantů

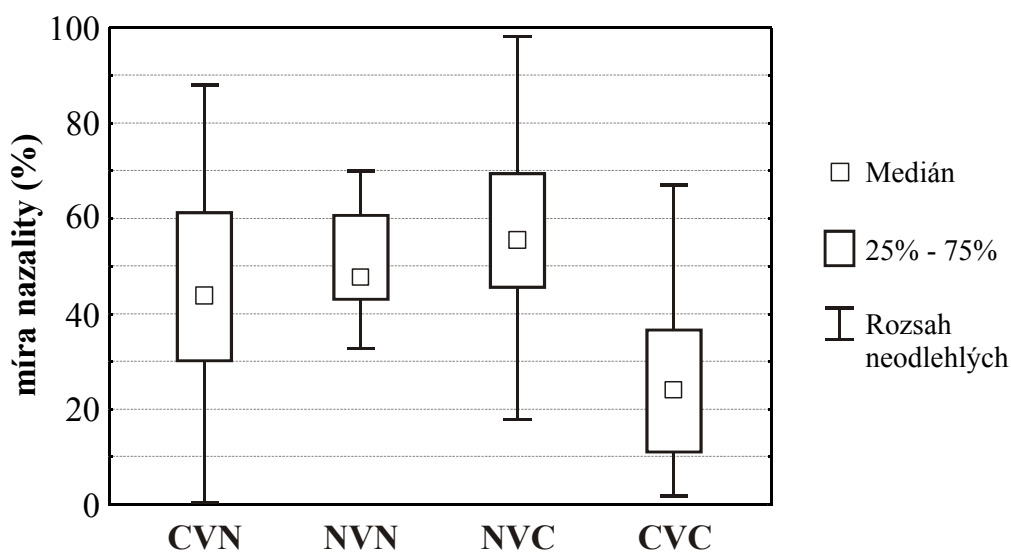
Nyní se vrátíme k dalším parametrům původního regresního modelu. Připomeňme, že vzdálenost od nejbližší nazály byla redukována na tři hodnoty, s výjimkou dodatečně přidaných položek dlouhých vokálů [i:] a [ɛ:] (u těch byla maximální vzdálenost od nazálního konsonantu šest segmentů). Jak již bylo uvedeno výše, jako statisticky významná se ukázala pouze vzdálenost zkoumaného vokálu od následující nazály. Vliv

tohoto parametru v celém modelu je však poměrně malý: hodnota koeficientu  $B$  -1,3 znamená, že rozdíl v míře nazaloty vokálu ležícího před nazálním konsonantem a vokálu nacházejícího se tři segmenty od nejbližší následující nazály nebude ani tři procenta. Tolerance tohoto parametru v regresním modelu je rovněž poměrně vysoká: 0,67.

### 9.3.3. Přítomnost nazálního konsonantu v slabice

Parametry týkající se vlivu přítomnosti nazálního konsonantu v téže slabice neskýtají prostor pro snadnou interpretaci. Několikrát jsme již v této práci zmínili, že regresivní nazalizace obecně bývá silnější než progresivní nazalizace. Naše výsledky však naznačují, že přítomnost nazály ve slabičné kodě zvyšuje nazalitu vokálu v téže slabice o 4,7 %, zatímco přítomnost nazály v préture o 24,4 %. Parametr  $N$  v *préture* je vůbec nejsilnější parametr v regresním modelu (koeficient  $\beta = 0,539$ ), ale jeho tolerance naopak patří k nejnižším ze všech statisticky významných parametrů v modelu (0,39). Je tedy možné, že v sobě obsahuje nepřímé vlivy jiných parametrů.

Ve snaze případné skryté vlivy odhalit jsme odděleně zobrazili vokály podle přítomnosti či nepřítomnosti nazály ve slabičné préture a kodě. Tyto informace ukazují krabicové grafy na obrázku 9-4 na následující stránce. Tato post-hoc analýza potvrzuje očekávání, že vokály, které neleží v bezprostřední blízkosti nazálního konsonantu (CVC) jsou nejméně nazalizované. Stejně tak bychom však očekávali, že vokály ležící mezi dvěma nazálami (NVN) budou nazalizované nejvíce, což analýza nepotvrzuje: vokály s nazálou pouze v préture (NVC) jsou nazalizované silněji. Průměrná míra nazaloty u typu NVN je 49,8 %, zatímco u typu NVC 58,0 %; tento rozdíl je statisticky významný ( $t(348) = -2,6$ ;  $p = 0,01$ ). Zároveň je u typu NVC patrný velmi vysoký rozptyl hodnot míry nazaloty.



**Obrázek 9-4:** Krabicové grafy porovnávající míru nazality v závislosti na přítomnosti nazálního konsonantu v préture a kodě (N znamená přítomnost, C nepřítomnost).

Soustředili jsme se tedy na vokály, které se v jednotlivých typech slabik (CVN, NVN, NVC a CVC) vyskytují. Hodnoty v tabulce 9-7, která ukazuje zastoupení typů těchto slabik, naznačují, že hodnoty parametrů *N v préture* a *N v kodě* jsou skutečně ovlivněny vokalickou kvalitou. Ve spojení CVC jsou zastoupeny jen e-ové vokály a [a], tedy vokály s relativně nízkou nazalitou (srov. tabulka 9-2). Rovněž ve spojení NVN je poměrně vysoká převaha vokálů s nízkou nazalitou. Ve spojení CVN tvoří většinu hlásek [o], u něhož je míra nazalita nízká. Vysoký rozptyl této skupiny je pak způsoben zejména případy dlouhého [i:]. Ve spojení NVC jsou vokály rozloženy nejrovnoměrěji, ale vokály s relativně vysokou nazalitou jsou zde zastoupeny ze všech typů nejvíce. Zdá se tedy, že kontraintuitivní výsledky týkající se vlivu přítomnosti nazály ve slabičné préture a kodě lze vysvětlit nevyváženým zastoupením vokálů v jednotlivých slabičných typech.

vokál	CVN	NVN	NVC	CVC
[ɪ]	0	15	13	0
[i:]	45	0	38	0
[ɛ]	30	89	30	15
[ɛ:]	0	0	15	15
[a]	15	60	15	30
[a:]	15	0	15	0
[o]	104	15	15	0
[ou]	15	0	15	0
[u]	0	0	15	0

**Tabulka 9-7:** Počet vokálů podle přítomnosti nazálního konsonantu v préture a kodě.

### 9.3.4. Přítomnost nazálního konsonantu ve slově

Stejně tak jako vlivy na slabičné úrovni nejsou snadno interpretovatelné ani tendence operující na úrovni slova. Výsledky regresního modelu naznačují, že nazální konsonant následující v témže slově analyzovaný vokál mírně snižuje nazalitu tohoto vokálu ( $B = -4,4$ ). Jak již bylo zmíněno ve druhé kapitole, šíření nazality sice je časově omezené, v našem případě se však jedná dokonce o opačný vliv. Tolerance tohoto parametru je poměrně vysoká (0,51), a nepředpokládáme tedy, že by obsahoval skryté vlivy.

Je možné, že tato tendence je zapříčiněna fungováním samotného artikulačního mechanismu. Je známo, že pohyb měkkého patra je balistický - spuštění a zdvihnutí

měkkého patra není přechodem z dynamické fáze do klidové a pak opět do dynamické fáze. Tomuto balistickému pohybu by mohl předcházet pohyb opačného směru, jakýsi „nápřah“. Než tedy dojde ke spouštění měkkého patra, je možné, že se na krátkou dobu zdvihne, aby získalo větší setrvačnost nutnou pro vykonání odpovídajícího balistického pohybu. Bohužel v současné době nemáme k dispozici žádnou artikulační metodu, pomocí níž bychom tuto hypotézu „artikulačního nápřahu“ mohli potvrdit nebo vyvrátit. Bylo by však zajímavé tuto možnost prozkoumat například pomocí rentgenové (XRMB) nebo elektromagnetoartikulografické (EMA) analýzy.

### **9.3.5. Prozodické vlivy**

Na úrovni vyšších jednotek nás zajímal možný vliv prozodických předělů a pauz na míru nazaloty u vokálů. Dřívější neformální pozorování totiž naznačovala, že zejména před pauzami dochází k intenzivním kladným výchylkám nazaloty, pravděpodobně jako důsledek částečného překryvu doznívání artikulační činnosti a dýchání.

Již jsme v úvodu regresní analýzy zmínili, že vzdálenost ve slabikách od potenciálního prozodického předělu se ukázala jako úspěšnější prediktor než vzdálenost od skutečně realizovaného předělu. Naše výsledky týkající se vzdálenosti od těchto „kanonických“ prozodických hranic naznačují, že míra nazaloty klesá o necelých 0,5 % s každou slabikou od následujícího předělu. Tolerance tohoto parametru je 0,39.

Jako statisticky významné se rovněž ukázaly oba parametry týkající se pauz. Trvání pauzy sahá v našem vzorku přibližně od 45 milisekund do 1,2 sekundy, většina se pohybuje do 600 milisekund; vliv tohoto parametru se tedy pohybuje maximálně v řádu jednotek procent ( $B = 0,01$ ). V každém případě však hlubší předěl znamená pravděpodobnost vyšší míry nazaloty vokálů ležících před tímto předělem.

Regresní model naznačuje, že blízkost pauzy skutečně výrazně zvyšuje míru nazaloty daného vokálu: vokál ležící ve slabice před pauzou bude podle regresního modelu o více než deset procent silněji nazalizován než vokál ležící v předcházející slabice.

### **9.3.6. Analýza reziduálních hodnot**

Stejně jako v Experimentu I tvoří poslední krok vícenásobné regresní analýzy i v tomto experimentu analýza reziduí vícenásobné regrese. Zaměříme se tedy opět na případy vokálů, které se svou nazalitou nejvíce odchylovaly od modelem předpovězené hodnoty. Na rozdíl od Experimentu I, kde jsme se (do jisté míry arbitrárně) soustředili na případy, u nichž byla zjištěna absolutní hodnota rezidua vyšší než 25 %, jsme v tomto experimentu zvolili případy, u nichž je odchylka vyšší než dvě standardní rezidua. Standardní reziduum



představuje normalizované měřítko chyby regresního modelu. Odchytky vyšší než dvě standardní rezidua v regresním modelu v podstatě odpovídají odlehlým případům. Je však třeba podotknout, že výsledky ve vztahu k reálným hodnotám rezidua jsou velmi podobné (nejnižší absolutní hodnota rezidua je 25,3 %).

Tabulka 9-8 přehledně zobrazuje celkem 26 vokálů s vysokými reziduy (záporná rezidua napravo, kladná napravo). Pro každý vokál je uvedena naměřená míra nazality, reziduum představující odchylku od předpovězené hodnoty a kontext, ve kterém se vokál nachází.

Podívejme se na některé případy. Je zřejmé, že většinu odlehlých položek zaujímají vokály [i:] a [o]. Značnou část (11 z 26) tvoří položky dlouhého [i:], které byly do vzorku přidány kvůli vychýlenosti regresního modelu. Položky slova *nenášetřím* se vyskytují ve skupině záporných i kladných reziduálních hodnot. Ve dvou případech tohoto slova (položky 596 a 604) jsou vysoká záporná rezidua způsobena tím, že mluvčí celý konec slova (které je finální v promluvovém úseku) vyslovili nezněle. V položce 603 se signál v nazální větvi objevuje až 30 milisekund po začátku vokálu. Míra nazality u odlehlých položek vokálů [ɪ i:] ve slovech *nenášetřím* a *zahraniční* není neobvykle vysoká; odlehlost zde pravděpodobně souvisí s tím, že byly vysloveny mluvčími s relativně nízkou průměrnou mírou nazality. Položky s vysokými zápornými hodnotami reziduí u vokálů [a o u] byly naopak vysloveny mluvčími s vysokou průměrnou mírou nazality.

V (kód)	kontext	nazalita (%)	reziduum (%)	V (kód)	kontext	nazalita (%)	reziduum (%)
[i:] (617)	konejšiv <u>ý</u> m	14,2	-34,9	[i:] (590)	nenášetř <u>í</u> m	85,0	36,1
[i:] (607)	konejšiv <u>ý</u> m	14,6	-32,7	[i:] (600)	nenášetř <u>í</u> m	79,8	35,0
[i:] (615)	konejšiv <u>ý</u> m	24,8	-28,9	[i:] (599)	nenášetř <u>í</u> m	71,0	29,6
[i:] (614)	konejšiv <u>ý</u> m	18,0	-28,6	[ɪ] (236)	zahran <u>í</u> ční	90,0	25,3
[i:] (604)	nenášetř <u>í</u> m	0,0	-46,0	[o] (507)	Matt <u>o</u> nku	63,4	29,8
[i:] (596)	nenášetř <u>í</u> m	0,0	-41,5	[o] (544)	Matt <u>o</u> nku	43,6	25,8
[i:] (603)	nenášetř <u>í</u> m	29,0	-30,7	[o] (529)	mimoto <u>o</u> (na)	41,0	27,0
[i:] (602)	nenášetř <u>í</u> m	20,4	-26,5	[o] (249)	přístavní <u>o</u> (města)	48,7	30,8
[ɪ] (185)	m <u>í</u> moto	37,0	-32,8	[o] (365)	přístavní <u>o</u> (města)	46,7	28,9
[ɪ] (340)	m <u>í</u> moto	45,0	-32,3	[o] (515)	přístavní <u>o</u> (města)	64,8	28,8
[ɪ] (146)	m <u>í</u> moto	59,2	-31,6	[o] (441)	přístavní <u>o</u> (města)	54,5	25,6
[a] (61)	poznamenal <u>a</u>	13,3	-30,3	[o] (288)	přístavní <u>o</u> (města)	45,5	25,4
[o] (150)	t <u>o</u> (nemůžeš)	8,7	-34,6				
[u] (334)	sm <u>u</u> tně	41,0	-31,8				

**Tabulka 9-8:** Reziduální hodnoty jednotlivých odlehlých případů nazaloty vokálů v českém vzorku (kód položky v závorce za vokálem).

Co se týče položek vokálu [o] s vysokými kladnými reziduálními hodnotami, jedná se ve všech případech o vokály ležící bezprostředně před nazálním konsonantem. U slova *mimoto* však mezi [o] a nazálou leží slovní hranice, a vysoká míra nazaloty je tedy z hlediska regresního modelu skutečně nepředvídatelná. K zajímavé situaci dochází ve slově *přístavního*: zde byly tři položky s nejvyššími reziduálními hodnotami vysloveny bez [h]: [př̩i:stavni:o] (viz ukázky na přiloženém CD-ROMu). Odlišné chování [o] je zde tedy vysvětlitelné přetrváváním vysoké míry nazaloty od předcházejícího spojení [ni:].

Podíváme-li se detailněji na jednotlivé parametry daných vokálů, jistou tendenci spatřujeme pouze ve vztahu k pauze: 20 ze všech 26 případů představují vokály ležící v blízkosti pauzy. Nezdá se, že by nějakou roli hrály ostatní parametry (vzdálenost daného vokálu od nejbližší nazály, přítomnost nazály v kodě či préture ani ve slově).

Po vyloučení těchto 26 odlehlých případů došlo k poměrně značnému zlepšení regresního modelu. Stejná sada šestnácti parametrů vysvětlila o téměř 7 % více variability v míře nazaloty vokálů než původní sada vokálů:  $R^2_{adj} = 0,762$  ( $F_{15,590} = 129,9$ ;  $p < 0,001$ ). To, že je regresní model po vyřazení extrémních případů o něco efektivnější, potvrzuje i hodnota testového kritéria  $F$ , která se z 96,5 zvýšila na 129,9.

### 9.3.7. Užší regresní modely

V tomto oddíle se v krátkosti podíváme na regresní modely zahrnující méně parametrů. (Jeden takový model jsme představili již v oddíle 9.3.1.) Jedním z důvodů vytváření užších modelů je to, že nás doposud jako kritérium úspěšnosti regresního modelu zajímala hodnota korigovaného determinačního koeficientu  $R^2_{adj}$ . Ta uvádí, jakou část variability daný model vysvětluje, a rostla i s přidáváním nevýznamných nebo okrajově významných parametrů. Pro vícenásobnou regresi je však důležité i zohlednit hodnotu testového kritéria  $F$ , které poukazuje na spolehlivost modelu. Jistou pomůckou při vytváření užších regresních modelů představuje i tolerance jednotlivých parametrů. Užší regresní modely jsme vytvářeli kombinací volby různých parametrů a krokové analýzy (dopředné i zpětné).

Snaha o dosažení co nejvyšší hodnoty  $F$  při vstupu všech parametrů (viz tabulka 9-4) do krokové analýzy vedla k regresnímu modelu o pouhých třech parametrech: nejsilnějším z nich zůstává přítomnost nazály v préture slabiky ( $N$  v *préture*,  $\beta = 0,528$ ), následují parametry *vysoký* ( $\beta = 0,436$ ) a *mluvčí*  $x[\ ]$  ( $\beta = 0,339$ ). Korigovaný determinační

koeficient pro tento model je:  $R^2_{\text{adj}} = 0,624$  ( $F_{3, 629} = 350,6$ ;  $p < 0,001$ ). Přidání čtvrtého parametru, *zadní*, již snižuje hodnotu  $F$  na 303,9.

Zmínili jsme, že v tomto oddíle budeme zohledňovat i toleranci jednotlivých proměnných. Protože tolerance parametru  $N$  v *préture* je relativně nízká (viz oddíl 9.3.3), bude z následujících dílčích analýz vyřazen. V takovém případě se nejsilnějším parametrem v modelu (při zachování co nejvyšší hodnoty  $F$ ) stává parametr *vysoký* ( $\beta = 0,555$ ) a následují parametry *nazála L* ( $\beta = -0,400$ ), *mluvčí x* ( $\beta = 0,337$ ) a *zadní/lab* ( $\beta = -0,297$ ).  $R^2_{\text{adj}} = 0,590$  ( $F_{4, 628} = 228,1$ ;  $p < 0,001$ ). Je zajímavé, že parametr *nazála L* v celkovém regresním modelu nebyl statisticky významný. Dále by následoval parametr *nazála v kodě*; ten však již snižuje hodnotu  $F$ .

### 9.3.8. Shrnutí

Výsledky vícenásobné regresní analýzy vokálů ve spojitě řeči v češtině a výsledky následných post-hoc analýz naznačují, že parametrem, který zásadně určuje míru nazality vokálů a zároveň v něm nejsou skryty vlivy jiných parametrů, je vokalická výška: vysoké vokály jsou nazalizovanější než nevysoké vokály. Další stabilní parametr se rovněž týká vokalické kvality: zadní, respektive zaokrouhlené vokály jsou v češtině méně nazalizované než vokály nezadní. Jako významný prediktor se rovněž ukázala průměrná míra nazality všech vokálů pro jednotlivé mluvčí, tedy globální tendence daného mluvčího více či méně nazalizovat.

#### 9.4. Výsledky II.A - celý anglický vzorek

Anglický vzorek poskytl hodnoty míry nazality celkem u 1772 vokálů. Oproti 1830 potenciálním vokálům se jedná o výrazné snížení, které je způsobeno častou elizí v angličtině (například druhý morfém ve slově *multinational* vyslovilo všech deset mluvčích dvouslabičně [næfnl ] namísto spisovného [næfən ], podobně slovo *university* bylo ve všech případech vysloveno [jʊnɪ'vɜ:stɪ] a nikoli [jʊnɪ'vɜ:sətɪ]).

Základní deskriptivní výsledky (průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro jednotlivé vokály) jsou uvedeny v tabulce 9-9. Je zřejmé, že většina anglických vokálů není přímo porovnatelná s vokály českými (viz oddíl 5-1); přesto však nabízíme srovnání s některými hodnotami v tabulce 9-2, které znovu uvádíme v pravé části této tabulky šedou barvou.

vokál (AJ)	<i>n</i>	průměrná nazalita (%)	směrodatná odchylka	variační koeficient	vokál (ČJ)	průměrná nazalita (%)
[i:]	150	36,5	21,9	60,0	[i:]	49,8
[ɪ]	381	35,7	22,9	64,1	[ɪ]	44,6
[e]	114	20,2	17,6	87,1	[ɛ]	23,3
[æ]	133	28,4	19,3	68,0		
[ʌ]	64	28,5	19,4	68,1	[a]	29,5
[ɑ:]	70	33,5	17,4	51,9	[a:]	25,2
[ɒ]	23	34,6	15,3	44,2	[o]	16,8
[ɔ:]	41	20,5	15,8	76,0		
[ʊ]	40	24,4	18,6	76,2	[u]	27,1
[u:]	19	25,3	15,1	59,7	[u:]	78,5
[ə]	423	21,0	19,8	94,3		
[ɜ:]	10	7,5	6,9	92,0		
[aɪ]	80	31,7	19,5	61,5		
[eɪ]	92	12,4	11,2	90,3		
[ɔɪ]	10	7,9	7,8	98,7		
[aʊ]	30	28,6	20,8	72,7		
[əʊ]	63	20,9	16,2	77,5	[ou]	21,1
[eə]	9	11,7	11,9	101,7		
[ɪə]	20	31,0	21,3	68,7		

**Tabulka 9-9:** Průměrné hodnoty míry nazality všech anglických vokálů a jejich směrodatné odchylky.

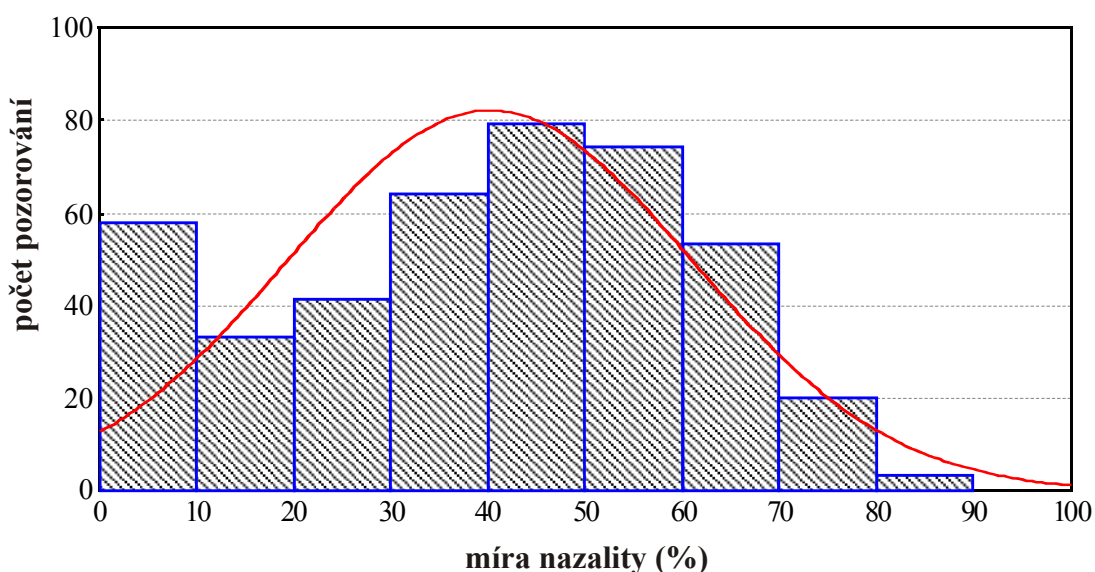
Budeme-li ignorovat rozdíl v dlouhém [u:], které se v češtině vyskytuje pouze v jednom kontextu (viz oddíl 9.2), některé hodnoty míry nazality se zdají být porovnatelné. Nejnižší míru nazality jsme v češtině zaznamenali u středových vokálů, [ɛ o ō]. V angličtině má vůbec nejnižší nazalitu střední středové [ɜ:], a dále následují diftongy začínající středovými vokály [ɔɪ ēə ēɪ] a středové monoftongy [e ɔ:].

Nejzajímavější rozdíl se však týká vysokých předních vokálů. V češtině bylo krátké [ɪ] i dlouhé [i:] podstatně více nazalizované než ostatní vokály (s výjimkou [u:]). V angličtině jsou sice oba vokály také nejsilněji nazalizované, ale rozdíl oproti ostatním vokálům není zdaleka tak markantní jako u českých vokálů. Míra nazality [ɪ i:] je naopak velmi podobná nazalitě nízkých vokálů, zejména [ɑ: ɒ].

Na závěr těchto úvodních výsledků zmíníme ještě rozptyl hodnot v anglickém vzorku, vyjádřený opět pomocí variačního koeficientu. Zatímco průměrná hodnota variačního koeficientu byla u českých vokálů 69,5 %, u anglických vokálů je to 74,4 %. Rozptyl hodnot míry nazality je tedy v anglickém vzorku o něco vyšší než v českém vzorku.

## 9.5. Výsledky II.B - vícenásobná regresní analýza anglického vzorku

Pro účely regresní analýzy jsme opět vybrali vokály, které leží maximálně tři segmenty od nejbližšího nazálního konsonantu (na obě strany). Tomuto kritériu vyhovělo 425 vokálů. Opět bylo třeba ověřit, jestli jsou hodnoty normálně rozdělené. Histogram v obrázku 9-5 ukazuje, že interval od 0 do 10 % nazality je zastoupen více, než by bylo ve zcela normálním rozdělení, a více, než tomu tak bylo u českého vzorku. Kolmogorov-Smirnovův test však opět ukázal, že toto narušení normality není nijak závažné.



**Obrázek 9-5:** Distribuce hodnot míry nazality s proloženým normálním rozdělením.

V tabulce 9-10 uvádíme průměrné hodnoty míry nazality a jejich směrodatné odchylky, tentokrát však pouze pro 425 vokálů použitých ve vícenásobné regresní analýze. Dle očekávání je u všech vokálů míra nazality vyšší než v celém vzorku (tabulka 9-9). Jedinou výjimku tvoří dlouhé [ɔ:], což je opět způsobeno - stejně jako u [ɛ:] v českém slově *boubínské* - kontextem, ve kterém se tento vokál v anglickém vzorku nachází. Dlouhé [ɔ:] sice leží v potřebné blízkosti nazálních konsonantů, jedná se však o slova *store* a *importantly*, ve kterých tento vokál následuje po neznělých obstruentech.

vokál	<i>n</i>	průměrná nazalita (%)	směrodatná odchylka
[i:]	44	46,6	21,5
[ɪ]	102	50,5	19,1
[e]	10	43,7	9,9
[æ]	61	39,7	16,5
[ʌ]	39	32,2	19,3
[ɑ:]	31	39,7	11,5
[ɒ]	12	38,4	12,5
[ɔ:]	20	7,0	5,1
[ə]	56	36,8	22,7
[aɪ]	10	45,3	15,7
[aʊ]	10	43,1	19,3
[əʊ]	20	19,3	15,2
[ɪə]	10	49,0	11,8

**Tabulka 9-10:** Průměrné hodnoty míry nazality anglických vokálů (*n* = 425) a jejich směrodatné odchylky.

Pojďme se nyní již podívat na podobu nejúspěšnějšího regresního modelu. Ten opět zahrnuje parametry kódující vokalickou kvalitu a další vlastnosti vokálům inherentní; v anglickém vzorku se jedná o parametry *vysoký*, *nizký*, *přední*, *zadní*, *napjatý* a *diftong*, dále o *přízvuk* (tedy zda vokál leží v přízvučné slabice či nikoli) a *trvání*. Jak ale ukážeme níže v tabulce 9-11, ne všechny z těchto parametrů a ani z následujících parametrů byly v regresním modelu statisticky významné; zvyšují však celkovou úspěšnost regresního modelu (hodnotu korigovaného determinačního koeficientu). Stejně jako v českém vzorku model zahrnuje i parametry týkající se nazalizačních zvyklostí mluvčího (*mluvčí x*), vzdálenosti vokálu od nejbližšího nazálního konsonantu (*nazála L* a *nazála P*), přítomnosti nazály v téže slabice a slově (*N v préture*, *N v kodě*, *N ve slově L* a *N ve slově*

P). Oproti českému vzorku k celkové úspěšnosti modelu více přispěla netransformovaná vzdálenost vokálu od reálných (tedy nikoli potenciálních, textových) prozodických hranic. Nakonec zmíníme parametry týkající se pauzy: regresní model obsahuje parametry *trvání pauzy v ms* a *vzdálenost od pauzy*.

$\beta$  koeficienty nejúspěšnějšího regresního modelu jsou zobrazeny v tabulce 9-11, spolu se směrodatnou chybou a mírou statistické významnosti vyjádřené  $p$ . Parametry uvedené kurzívou a zbarvené šedě nejsou statisticky významné na hladině 0,05, avšak zvýšily celkovou úspěšnost regresního modelu. Ta je pro sadu těchto 19 parametrů o něco nižší než u českého vzorku, přesto však velmi slušná:  $R^2_{adj} = 0,610$  ( $F_{19, 405} = 35,9$ ;  $p < 0,001$ ). Na první pohled markantní je rozdíl v počtu statisticky významných parametrů v českém a anglickém modelu.

parametr	$\beta$ koeficient	směrodatná chyba	hodnota p
vysoký	0,198	0,075	0,009
nízký	0,217	0,046	< 0,001
přední	<i>0,116</i>	<i>0,063</i>	<i>0,07</i>
zadní	<i>-0,069</i>	<i>0,054</i>	<i>0,199</i>
napjatý	<i>0,053</i>	<i>0,077</i>	<i>0,493</i>
diftong	-0,119	0,056	0,035
trvání v ms	<i>-0,002</i>	<i>0,051</i>	<i>0,970</i>
mlovčí x□	0,428	0,031	< 0,001
nazála L	-0,589	0,058	< 0,001
nazála P	<i>-0,038</i>	<i>0,067</i>	<i>0,569</i>
přízvuk	-0,237	0,054	< 0,001
N v průtuře	<i>-0,060</i>	<i>0,067</i>	<i>0,371</i>
N v kodě	0,237	0,067	< 0,001
N ve slově L	<i>0,022</i>	<i>0,054</i>	<i>0,690</i>
N ve slově P	<i>-0,053</i>	<i>0,052</i>	<i>0,315</i>
předěl L (reálný)	<i>-0,042</i>	<i>0,041</i>	<i>0,306</i>
předěl P (reálný)	<i>-0,047</i>	<i>0,039</i>	<i>0,238</i>
trvání pauzy v ms	<i>-0,023</i>	<i>0,047</i>	<i>0,623</i>
vzdálenost od pauzy	-0,107	0,041	0,009

**Tabulka 9-11:** Beta koeficienty, směrodatné chyby a míra významnosti nejúspěšnějšího regresního modelu. Šedě kurzívou jsou vyznačeny nevýznamné parametry.

Regresní rovnice míry nazaloty  $N$  podle tohoto modelu zní:

$$N = 38,6 + 8,6 (\text{vysoký}) + 9,4 (\text{nízký}) - 7,6 (\text{diftong}) + 1,0 (\text{mluvčí } x[\square]) - \\ - 9,8 (\text{přízvuk}) - 13,2 (\text{nazála } L) + 9,9 (N \text{ v kodě}) - 1,1 (\text{vzdálenost od pauzy})$$

Výsledky budeme opět analyzovat v podobném pořadí jako v oddíle 9.3. Soustředíme se samozřejmě pouze na významné parametry uvedené v regresní rovnici.

### 9.5.1. Vokální parametry a vliv jednotlivých mluvčích

Stejně jako v českém vzorku se jako statisticky významné ukázaly parametry kódující vokální výšku. Zatímco však v češtině přítomnost rysu *nízký* znamenala snížení nazaloty, v angličtině jeho přítomnost značí zvýšenou nazalitu, a to dokonce o více než u rysu *vysoký*. Vidíme tedy, že vysoké a nízké vokály jsou v angličtině nazalizovány silně, zatímco středové vokály jsou nazalizovány nejméně. To již ostatně naznačily hrubé výsledky v oddíle 9.4.

Poměrně zajímavá je nižší nazalita u diftongů, stejně jako skutečnost, že se tento parametr v regresním modelu ukázal jako významný. Vrátime-li se k průměrné nazalitě jednotlivých diftongů v tabulce 9-10, je patrné, že tyto hodnoty jsou v podstatě srovnatelné s hodnotami monoftongů stejné vokální výšky. (Vokální kvalita diftongů byla vzhledem k jejich klouzavému charakteru v angličtině kódována podle jejich první složky.)

Dalším významným parametrem je identita mluvčího uvedená jako průměrná nazalita u všech vokálů. Průměrná nazalita jednotlivých anglických mluvčích sahá přibližně od 16 % do 48 %. Hodnota koeficientu  $B$  1,0 v regresní rovnici naznačuje, že nazalita jednoho vokálu se v závislosti na mluvčím může pohybovat v rozpětí i 30 %. Stejně jako v případě českého vzorku je tedy obecný sklon mluvčího k nazalizaci velmi významným prediktorem míry nazaloty.

Sestavíme-li opět z dosavadních čtyř parametrů užší regresní model, bude identita mluvčího nejvýznamnějším parametrem ( $\beta = 0,434$ ), dále budou následovat parametry *vysoký* ( $\beta = 0,397$ ) a *nízký* (0,166). Diftongičnost vokálu v tomto užším modelu již není statisticky významná. Hodnota korigovaného determinačního koeficientu je pro tento model následující:  $R^2_{\text{adj}} = 0,300$  ( $F_{4, 420} = 46,5$ ;  $p < 0,001$ ). Jedná se tedy o podstatně méně úspěšný model než v češtině, a to z hlediska jak hodnoty  $R^2_{\text{adj}}$  (u českého vzorku podobné parametry vysvětlily více než polovinu variability v hodnotách míry nazaloty), tak i hodnoty testového kritéria  $F$ .



### 9.5.2. Vzdálenost od nazálních konsonantů

V případě anglického vzorku je významná pouze vzdálenost od konsonantu nalevo od analyzovaného vokálu; u českého vzorku tomu tak bylo obráceně. Připomeňme, že tento parametr může nabývat hodnot 1, 2 a 3. Hodnota koeficientu  $B$  (-13,2) tedy znamená, že míra nazality vokálu klesá s vzrůstající vzdáleností od předcházející nazály, což je tendence zcela očekávaná. Méně očekávaný je fakt, že vzdálenost zkoumaného vokálu od následující nazály (parametr *nazála P*) se v regresním modelu neukázal jako významný.

Považujeme za vhodné se na tomto místě zmínit o toleranci parametrů. Tolerance většiny parametrů v českém regresním modelu se pohybovala mezi 0,3 a 0,7. V anglickém regresním modelu jsou tolerance parametrů obecně výrazně nižší než v češtině, s jedinou (a logickou) výjimkou u parametru *mluvčí x*. Z dalších doposud zmíněných parametrů má nejvyšší toleranci parametr *nízký* (0,43). Tolerance parametru *nazála L*, o kterém jsme nyní hovořili, je 0,28 a z hlediska anglického vzorku se pohybuje kolem průměru.

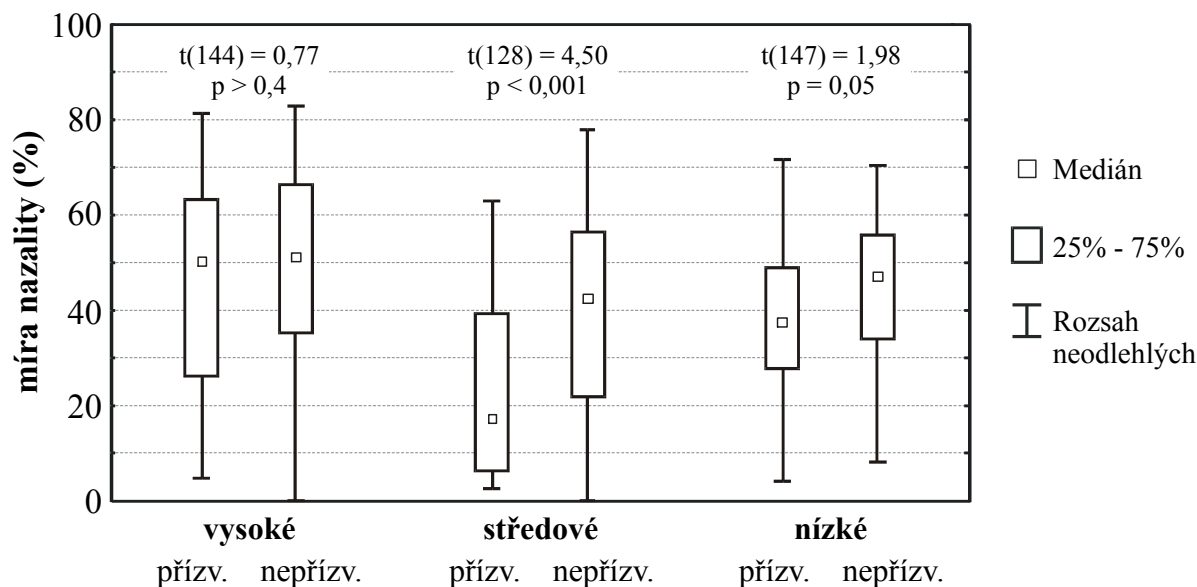
### 9.5.3. Vlivy na úrovni slabiky

I v případě vlivu přítomnosti nazálního konsonantu v téže slabice byl v regresním modelu pro anglický vzorek významný pouze jeden parametr, a to  $N$  v *kodě*. Přítomnost nazály ve slabičné kodě zvyšuje míru nazality daného vokálu téměř o deset procent. Na jedné straně bychom vzhledem k údajům uvedeným v šesté kapitole této práce mohli očekávat, že tento vliv bude silnější. Je třeba však pamatovat, že jsme nazalitu vokálů měřili na prostředních 50 % každého vokálu, a že tedy vliv nazály v kodě může být do značné míry omezen.

U anglického vzorku nás kromě přítomnosti nazály ve slabice navíc zajímal vliv přízvučnosti či nepřízvučnosti slabiky, ve které se analyzovaný vokál nacházel. Naše údaje nepotvrzují výsledky Schourupovy studie (1973; citovaný v Krakow, 1993), které jsme uvedli v oddíle 6.3.3 (podle Schourupa jsou vokály v přízvučných slabikách náchylnější ke koartikulační nazalizaci). Naše hodnota koeficientu  $B$  pro parametr *přízvuk* (-9,8) naznačuje, že míra nazality přízvučného vokálu bude téměř o deset procent nižší než míra nazality nepřízvučného vokálu. Je třeba si však uvědomit, že distribuce vokalických kvalit v přízvučných a nepřízvučných slabikách v angličtině je zcela odlišná, což může v regresním modelu vést k nepřesnostem.

Krakow (1993) uvádí vztah mezi výškou měkkého patra v přízvučných a nepřízvučných slabikách a vokalickou výškou. Její výsledky se však u dvou zkoumaných mluvčích lišily: u jednoho přízvuk posiloval rozdíly mezi vysokými a nízkými vokály, u druhého vždy vedl k nižší pozici měkkého patra. Pokusili jsme se sérií t-testů ověřit, zda se nějaký

podobný vztah nachází i v našich nazometrických datech. Výsledky této post-hoc analýzy ukazují krabicové grafy v obrázku 9-6.



**Obrázek 9-6:** Porovnání míry nazality v přízvučných a nepřízvučných slabikách v závislosti na vokalické výšce.

Náš vzorek bohužel neobsahuje dostatečné množství údajů, abychom se mohli soustředit na jednotlivé mluvčí. I přesto se určitý vztah mezi mírou nazality v přízvučných a nepřízvučných slabikách na jedné straně a vokalickou výškou na straně druhé objevil. Nejjednoznačnější vztah je patrný u středových vokálů: přízvučné středové vokály jsou výrazně méně nazalizované než nepřízvučné. Naše výsledky tedy v každém případě vykazují opačnou tendenci než uvádí Krakowová nebo Schourup. Je však třeba upozornit, že artikulační a nazometrické studie nejsou přímo porovnatelné. Podobná tendence, i když na samém pokraji statistické významnosti, platí pro nízké vokály. Je možné, že zřetelnější výslovnost přízvučných slabik znamená i potlačení nazality, která charakteristickou barvu vokálů „stírá“.

#### 9.5.4. Prozodické vlivy

Z oblasti jednotek vyšších než slabika byl v regresním modelu významný jediný parametr, *vzdálenost od pauzy*. Oproti češtině tedy není významné trvání pauzy, které vypovídá o hloubce prozodického předělu. Prozodické předěly bez přítomnosti pauzy pak zřejmě nazalitu vokálů neovlivňují vůbec.

Z hlediska příspěví k celému modelu představuje *vzdálenost od pauzy* nejslabší parametr vůbec (koeficient  $B = -1,1$ ). Jedná se tedy sice o efekt stejného směru jako v češtině, ale výrazně slabší.

### 9.5.5. Analýza reziduálních hodnot

V tomto oddíle se opět pokusíme analyzovat nejdlehlší hodnoty nazaloty, u nichž je odchylka oproti modelem předpovězené hodnotě vyšší než dvě standardní rezidua.

Tabulka 9-12 zobrazuje čtrnáct vokálů s vysokými reziduálními hodnotami (záporné nalevo, kladné napravo). Pro každý vokál uvádíme naměřenou míru nazaloty, reziduum představující odchylku od předpovězené hodnoty a kontext, ve kterém se vokál nachází.

Porovnání jednotlivých případů nabízí zajímavé tendence. Zaprvé se kromě dvou výjimek (slovo *trust* s neobvykle nízkou nazalitou a slovo *town* s vysokou nazalitou) jedná o vokály ležící v nepřízvučných slabikách. Protože se jedná o angličtinu, souvisí s tím samozřejmě i kvalita těchto vokálů: většinou se jedná o schwa [ə] nebo krátké [ɪ]. Je zvláštní, že v nepřízvučném vokálu ve slově *Martin* - skutečně se v obou případech kvalitativně jednalo o [ə] a nikoli o typičtější [ɪ] - byla jednou naměřena extrémně nízká, dokonce nulová nazalita a podruhé naopak velmi vysoká.

vokál	kontext	nazalita (%)	reziduum (%)	vokál	kontext	nazalita (%)	reziduum (%)
[ɪ] (149)	<u>in</u> (South)	11,7	-29,1	[ə] (379)	(Things) <u>are</u> (never)	52,0	31,0
[aɪ] (243)	<u>I</u> 'm (not)	9,0	-29,0	[ə] (96)	econ <u>o</u> my	61,7	27,0
[ə] (122)	Mart <u>in</u>	0,0	-27,4	[ə] (308)	econ <u>o</u> my	78,0	29,2
[ʌ] (212)	tr <u>u</u> st (me)	14,0	-27,8	[ə] (373)	fr <u>o</u> m (my)	71,0	35,3
				[ə] (376)	Mart <u>in</u>	76,5	33,4
				[ə] (307)	th <u>e</u> university	70,0	32,0
				[ɪ] (348)	meet <u>ing</u>	77,7	28,4
				[ɪ] (391)	meet <u>ing</u>	75,0	31,0
				[ɪ] (265)	meet <u>ing</u>	78,3	38,7
				[aʊ] (146)	town	71,6	32,0

**Tabulka 9-12:** Reziduální hodnoty jednotlivých odlehlých případů nazaloty vokálů v anglickém vzorku (kód položky v závorce za vokálem).

Podíváme-li se detailněji na další vlastnosti odlehlých vokálů, zjistíme stejně jako u českého vzorku jistou souvislost s pauzou: devět ze čtrnácti odlehlých vokálů leží v blízkosti pauzy.

Další parametr, který stojí v souvislosti s odlehlými položkami za povšimnutí, je trvání vokálů, zejména v případě *schwa*. Průměrné trvání těchto sedmi hlásek je jen 29,8 ms. V duchu artikulační fonologie můžeme odkázat na vyšší překryv artikulačních úkonů při

kratším trvání hlásek. Domníváme se, že toto vysvětlení se s vysokou pravděpodobností týká spojení *things are never* a *economy* (vliv nazálních konsonantů z obou stran) i spojení *from my* a *Martin* (pouze regresivní vliv). Krátké trvání (19,8 ms) a s tím související vysoký překryv artikulačních úkonů by mohlo být důvodem nulové nazality [ə] ve slově *Martin*; zde by se však jednalo o progresivní vliv, tedy zdvihnutí měkkého patra zasahující od neznělého obstruentu až do části následujícího *schwa*.

Artikulační překryv by mohl vysvětlovat i vysokou míru nazality ve slově *town*. Je známé, že i mluvčí s normální nazální rezonancí občas vysloví jeden vokál nebo celé slovo s hypernazalizací (viz Skarnitzl, 2007). Ve slově *town* je skutečně nazalizován celý vokál.

Co se týče nízké nazality ve slově *trust*, zahrnutí konkrétně této položky do skupiny odlehlých případů je překvapující. Zprv je nízká nazalita mezi neznělými obstruenty jevem zcela očekávatelným. Navíc jsme však porovnali nazalitu u ostatních položek tohoto slova a zjistili jsme, že tato položka s nazalitou 14 % je ve skutečnosti nejsilněji nazalizovaná ze všech deseti! Míra nazality u ostatních devíti [ʌ] leží pod 10 %! Jediným parametrem, kterým se vokál zahrnutý do skupiny odlehlých od ostatních liší, je průměrná nazalita mluvčí, která jej vyslovila. Průměrná nazalita vokálů této mluvčí je nejvyšší ze všech (48,0 %). Víme již, že nazalizační zvyklosti mluvčího jsou v regresním modelu jedním z nejvýznamnějších parametrů. Vokál ve slově *trust* [ʌ] byl tedy vysloven vůči průměru dané mluvčí s extrémně nízkou mírou nazalizace.

Po vyloučení těchto čtrnácti odlehlých případů došlo - stejně jako u českého vzorku - k poměrně značnému zlepšení regresního modelu. Stejná sada devatenácti parametrů vysvětlila o více než 5 % více variability v míře nazality vokálů než původní sada vokálů:  $R^2_{adj} = 0,663$  ( $F_{19, 391} = 43,5$ ;  $p < 0,001$ ). Vyšší efektivitu regresního modelu naznačuje i zvýšení hodnoty testového kritéria  $F$ .

### 9.5.6. Užší regresní modely

V tomto oddíle opět vyzkoušíme vytvoření užších regresních modelů o méně parametrech. Protože však i celkový model je po vyřazení nevýznamných parametrů poměrně úzký, bude nás zajímat pouze dosažení vyšší hodnoty testového kritéria  $F$ . Takový model obsahuje čtyři až pět parametrů: nejsilnějším je parametr *nazála L* ( $\beta = -0,480$ ), následují parametry *mluvčí x* ( $\beta = 0,433$ ), *přední* ( $\beta = 0,304$ ) a *přízvuk* ( $\beta = -0,290$ ). Korigovaný determinační koeficient pro tento model je  $R^2_{adj} = 0,546$  ( $F_{4, 420} = 128,6$ ;  $p < 0,001$ ). Zahrneme-li ještě pátý parametr, *N v kodě*, sníží se hodnota  $F$  na 119,3. Kupodivu v těchto užších modelech nefiguruje parametr *vysoký*, ale *přední*. Parametr *vysoký* se objeví až v pozdějších fázích krokové analýzy.

### 9.5.7. Shrnutí

Výsledky vícenásobné regresní analýzy a následných post-hoc analýz naznačují, že zásadním parametrem pro míru nazaloty anglických vokálů je opět vokalická výška. Oproti češtině jsou však vysoké a nízké vokály nazalizovány přibližně podobnou mírou, zatímco středové vokály jsou nazalizovány výrazně méně. Průměrná míra nazaloty všech vokálů pro jednotlivé mluvčí, tedy globální tendence daného mluvčího více či méně nazalizovat, je rovněž důležitá. Nazalita je obecně nižší v přízvučných slabikách a klesá rovněž s rostoucí vzdáleností od nejbližšího předcházejícího nazálního konsonantu.

### 9.6. Výsledky III - vícenásobná regrese českého a anglického vzorku

Pro porovnání míry nazaloty v češtině a angličtině jsme provedli další vícenásobnou regresní analýzu. Jako vstup sloužily položky českých i anglických vokálů a parametry, které byly nezbytné pro jejich rozlišení. Jazyk byl zakódován jako binární proměnná (čeština = 0, angličtina = 1). Tabulka 9-13 již známým způsobem zobrazuje výsledky.

parametr	$\beta$ koeficient	směrodatná chyba	hodnota p
vysoký	0,358	0,026	< 0,001
nízký	<i>0,024</i>	<i>0,028</i>	<i>0,394</i>
přední	0,085	0,033	0,011
zadní	-0,150	0,028	< 0,001
trvání v ms	-0,077	0,024	0,001
mluvčí x <sup>2</sup>	0,377	0,020	0,001
nazála L	-0,206	0,034	< 0,001
nazála P	<i>-0,044</i>	<i>0,025</i>	<i>0,076</i>
N v préteře	0,361	0,039	< 0,001
N v kodě	0,135	0,031	< 0,001
N ve slově L	-0,076	0,028	0,007
N ve slově P	<i>0,003</i>	<i>0,026</i>	<i>0,910</i>
předěl L (potenciální)	<i>0,041</i>	<i>0,026</i>	<i>0,110</i>
předěl P (potenciální)	<i>-0,011</i>	<i>0,029</i>	<i>0,712</i>
trvání pauzy v ms	<i>0,007</i>	<i>0,024</i>	<i>0,769</i>
vzdálenost od pauzy	<i>-0,027</i>	<i>0,027</i>	<i>0,317</i>
jazyk (ČJ = 0, AJ = 1)	-0,119	0,026	< 0,001

**Tabulka 9-13:** Beta koeficienty, směrodatné chyby a míra významnosti regresního modelu. Šedě kurzívou jsou vyznačeny nevýznamné parametry.

Základní vlastnosti regresního modelu vyjadřují následující hodnoty:  $R^2_{adj} = 0,590$  ( $F_{17, 1039} = 90,4$ ;  $p < 0,001$ ).

Regresní rovnice pro tento model zní následovně:

$$N = 13,5 + 18,0 (\text{vysoký}) + 3,7 (\text{přední}) - 7,9 (\text{zadní}) - 0,05 (\text{trvání v ms}) + \\ + 1,1 (\text{mluvčí x}) - 3,6 (\text{nazála L}) + 15,9 (N \text{ v prětuře}) + 6,5 (N \text{ v kodě}) - \\ - 3,6 (N \text{ ve slově L}) - 5,3 (\text{jazyk})$$

Protože výsledky v podstatě nepřinášejí nové informace, soustředíme se na parametr *jazyk*. Vidíme, že se jedná o parametr vysoce významný. Hodnota koeficientu *B* naznačuje, že pokud všechny ostatní parametry zachováme konstantní, daný vokál bude v češtině přibližně o pět procent silněji nazalizován než v angličtině.

Bylo by užitečné tuto tendenci ověřit pomocí experimentu, který by využil omezenější typ materiálu. Jednalo by se zřejmě o cílová slova či slovní spojení zakomponovaná v nosné větě. Pro dosažení porovnatelné situace by slova měla být co nejpodobnější.

## 9.7. Závěr

V tomto experimentu jsme analyzovali míru nazaloty vokálů ve spojitě češtině a angličtině. Je třeba podotknout, že analýza nazaloty ve spojitě řeči je doposud velmi řídká. Někdy se stále setkáme s analýzou logatomů, většinou se pak jedná o porovnávání cílových slov (často minimálních párů) zakomponovaných v nosné frázi nebo i bez nosné fráze nebo o jednu větu s opakujícím se segmentálním obsahem (viz některé studie citované v šesté kapitole této práce). Takové studie však samozřejmě umožňují snadnější přijímání či vyvracení konkrétních hypotéz a ve výzkumu přirozeně mají svůj smysl.

Zajímavým výsledkem tohoto experimentu, který se ukázal u českých i anglických mluvčích, je skutečnost, že nízké vokály nejsou méně nazalizované než středové vokály. Jak jsme již zmínili v šesté kapitole této práce, Rochet & Rochet (1999) uvádějí, že mezi mírou nazaloty středových a nízkých vokálů nezaznamenali statisticky významný rozdíl. Středové vokály byly nejméně nazalizované v obou našich vzorcích a rozdíl v míře nazaloty mezi středovými a nízkými vokály je statisticky signifikantní pro češtinu ( $t(506) = -2,08$ ,  $p < 0,05$ ) i pro angličtinu ( $t(277) = 3,10$ ,  $p = 0,002$ ).

Pravděpodobně zde do hry vstupuje kromě vztahu mezi impedancí ústní a nosní dutiny další aspekt. Je možné, že k vysokému stupni nazalizaci jsou obecně náchylnější periferní vokály, tedy vokály ležící v okrajových oblastech vokalického prostoru. To by pak skutečně odpovídalo zjištěné vyšší nazalizaci u českých samohlásek [i: a: u:]. Takovouto

tendenci naznačují i výsledky studie Skarnitzla (2007), která se soustředila na nazalitu v řeči rozhlasových komentátorů.

Výsledky této studie, stejně jako experimentu I, ukazují důležitost idiosynkratických nazalizačních zvyklostí. Viděli jsme, že pokud všechny ostatní parametry zůstanou konstantní, míra nazality jednoho vokálu se v závislosti na mluvčím může lišit i o více než 20 či 30 procent.

Pro účely vícenásobné regresní analýzy bude v budoucích experimentech vhodné zohlednit nejen vzdálenost od nazálních konsonantů (které nazalitu vokálů zvyšují), ale i vzdálenost od hlásek, které naopak vyžadují minimální proudění vzduchu nosní dutinou, zejména od neznělých obstruentů.

V tomto experimentu jsme se zaměřili pouze na průměrnou míru nazality získanou z druhé a třetí čtvrtiny každého vokálu. V následujícím experimentu nás bude zajímat průběh nazality ve vokálech, které se nacházejí ve spojeních VNV. Bude se tedy jednat o výběr z vokálů, které byly analyzovány v této kapitole.

## 10. Experiment IV - Průběh nazalíty ve spojeních VNV

V posledním experimentu této práce budeme analyzovat průběh nazalíty v sekvencích vokál-nazála-vokál. Naším cílem bude zejména stanovení časového rozsahu koartikulační nazalizace a rychlost (sklon) nástupu, respektive odeznívání nazalíty. Budeme se však rovněž snažit odpovědět na některé otázky, které se objevily v předchozích kapitolách.

Temporálním rozsahem a sklonem nazalizace jsme se zabývali již dříve (Skarnitzl, 2005a). V tomto případě se však nejednalo o nazometrický signál: nahrávky byly pořízeny v nahrávací kabině speciálně upravené pro získání odděleného orálního a nazálního signálu (viz obrázek 4-6 na straně 47). Měření byly tři indexy symetričnosti v přechodech z vokálu na nazálu a z nazály na vokál. První index  $\alpha$  se týkal umístění úseku s nejvyšší nazalitou vzhledem k hranicím nazálního konsonantu. Druhý index  $\beta$  odpovídal rozdílu v milisekundách mezi trváním regresivní a progresivní nazalizace. Třetí index  $\gamma$  se pak týkal sklonu nástupu a odeznívání nazalizace.

Výsledky studie ukázaly, že úsek nejvyšší nazalíty je vzhledem k hranicím nazálního konsonantu posunut doleva; to znamená, že ještě v průběhu artikulace nazály dochází k relativnímu poklesu energie vycházející z nosní dutiny. Začátek vokálu následujícího za nazálou se vyznačuje nižší nazalitou, což vysvětluje nižší rozsah progresivní nazalizace oproti regresivní nazalizaci, který uvádí hodnota indexu  $\beta$ . Třetí index  $\gamma$  se pohyboval kolem nuly, což odpovídá téměř symetrickému sklonu nástupu a odeznívání nazální rezonance. To by znamenalo, že rychlost regresivních a progresivních artikulacních pohybů (nebo přesněji její aerodynamický korelát) je stejná; odlišný temporální rozsah nazalizace by pak byl způsoben poklesem nazalíty již v průběhu nazálního konsonantu.

V této kapitole nás bude zajímat, zda se podobné tendence projeví v našem vzorku, který je získán jiným způsobem (přestože se v obou případech jedná o metody aerodynamické).

### 10.1. Metoda

#### 10.1.1. Zkoumané osoby a materiál

Pro tento experiment byly použity stejné nahrávky jako v předchozí kapitole. Jedná se tedy o nahrávky pořízené od 15 českých a 10 anglických mluvčích, kteří četli krátké texty vytvořené speciálně pro účely tohoto a předchozího experimentu.

#### 10.1.2. Zpracování a analýza dat

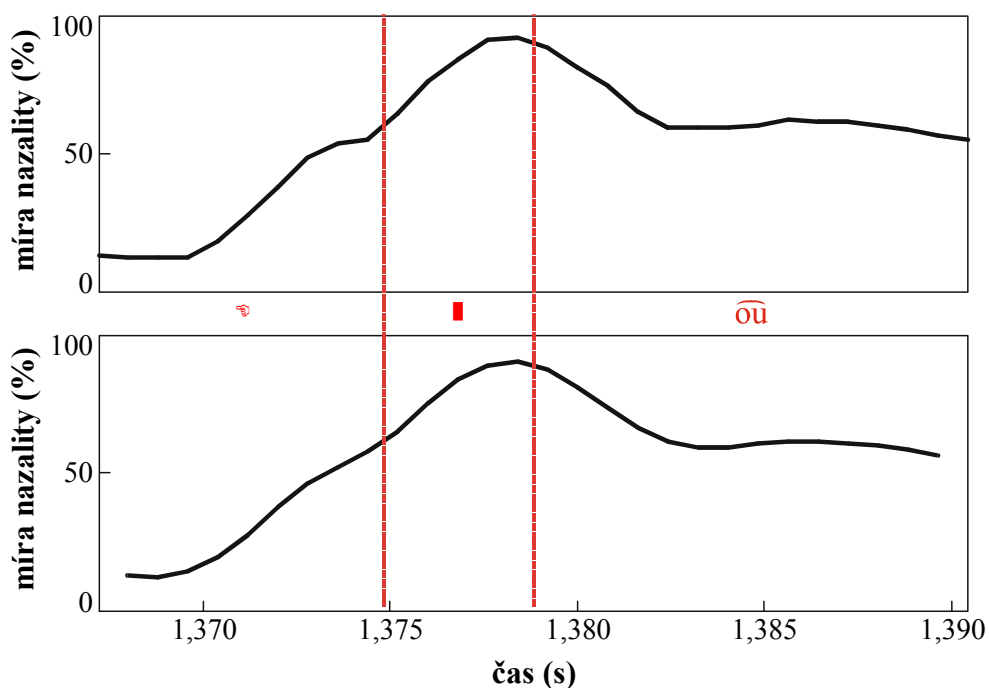
Ze segmentovaných nazometrických dat byly izolovány sekvence VNV s hodnotou míry nazalíty v daném čase a s odpovídající hláskou, jak ukazuje obrázek na následující straně.



čas	nazalita	hláska
38032	6	o
38040	5	o
38048	5	o
38056	4	o
38064	4	o
38072	7	o
38080	23	o
38088	45	n
38096	69	n
38104	87	n
38112	91	n
38120	82	e
38128	75	e
38136	67	e
38144	62	e

**Obrázek 10-1:** Ukázka hodnot míry nazality pro jedno spojení VNV.

Všechny sekvence VNV byly zpracovány pomocí skriptu vytvořeného v prostředí Matlab. Hrubá křivka nazality (viz horní panel obrázku 10-2) byla nejprve vyhlazena metodou klouzavých průměrů (délka okna tři vzorky, posuv jeden vzorek). Výsledek vyhlazení pro jeden průběh ukazuje dolní panel obrázku 10-2.

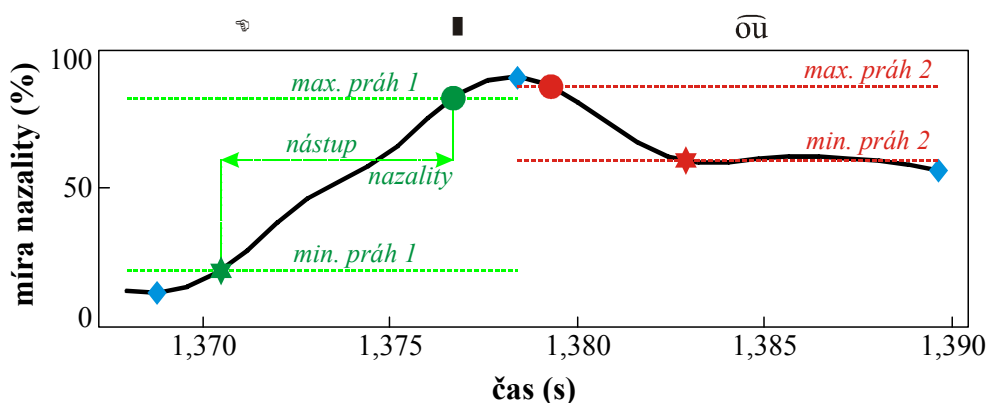


**Obrázek 10-2:** Hrubý (nahore) a vyhlazený (dole) průběh míry nazality.

Hranice mezi jednotlivými segmenty byly skriptem umístěny doprostřed mezi dva datové body, mezi kterými ležela manuálně umístěná hranice. Hranice tedy neodpovídají přesně původnímu umístění; maximální odchylka oproti manuální segmentaci je menší než 4 milisekundy. Všechny následující analýzy byly prováděny na vyhlazených křivkách.

Poté, co jsme získali vyhlazené průběhy nazaloty, jsme kvantifikovali temporální rozsah nástupu nazaloty a jejich sklon. Abychom tyto údaje získali, bylo třeba v rámci každého průběhu určit několik bodů, které ilustruje obrázek 10-3:

- maximální hodnotu míry nazaloty;
- minimální hodnotu míry nazaloty před maximem a za maximem;
- minimální a maximální práh míry nazaloty před maximem i za maximem (stanoveny tak, že jsme k minimu přičetli a od maxima odečetli 10 % rozdílu mezi maximem a minimem; jedná se o arbitrárně stanovenou, avšak běžně užívanou hodnotu);
- časy, ve kterých křivka míry nazaloty protíná všechny čtyři prahy; tyto body budeme nazývat úpatí (pro body odvozené od daného minima) a plató (pro body odvozené od daného maxima).



**Obrázek 10-3:** Stanovené maximální a minimální hodnoty míry nazaloty (kosočtverce) a z nich odvozené prahy, úpatí (hvězdičky) a plató (kolečka). Obrázek rovněž naznačuje temporální rozsah nástupu nazaloty.

Temporální rozsah nástupu a odeznívání nazaloty odpovídá rozdílu v milisekundách mezi časem příslušného úpatí a plató, zatímco sklon nástupu a odeznívání nazaloty je definován jako směrnice tečny mezi příslušným úpatím a plató:

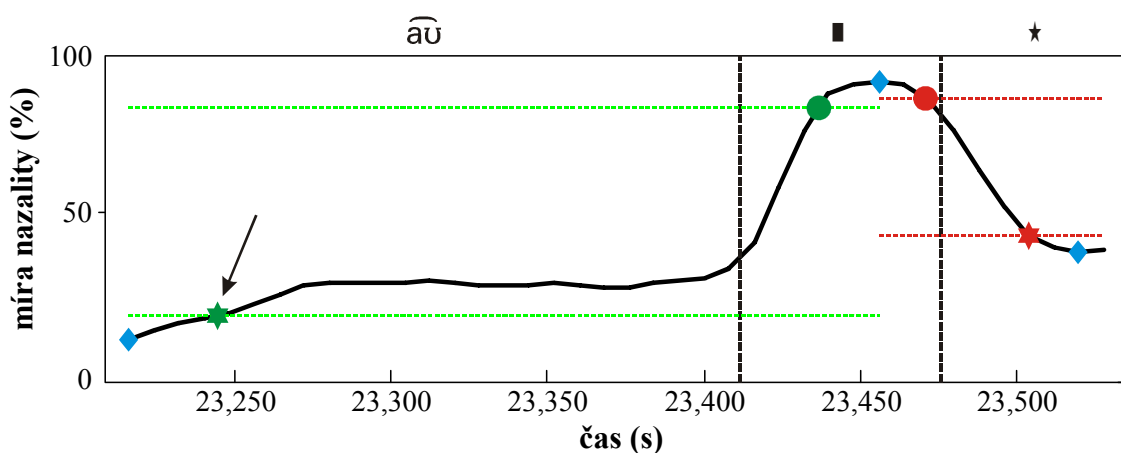
$$sklon = \frac{nazalita_{plató} - nazalita_{úpatí}}{čas_{plató} - čas_{úpatí}} \quad \text{pro nástup nazaloty}$$

a

$$sklon = \frac{nazalita_{úpatí} - nazalita_{plató}}{čas_{úpatí} - čas_{plató}} \quad \text{pro odeznívání nazaloty.}$$

Protože čas měříme v milisekundách, budou hodnoty sklonu v analýzách říkat, o kolik procent míra nazality stoupne či poklesne za jednu milisekundu.

Temporální rozsah a sklon nástupu a odeznívání nazality byl měřen v těch spojeních VNV, ve kterých byly všechny čtyři klíčové body skriptem programu Matlab detekovány. Ostatní položky (např. zcela rovné průběhy v rámci vokálu) byly vyřazeny. Celkově jsme analyzovali 432 spojení v češtině a 178 spojení v angličtině. Všechna spojení byla zkontrolována a případné nesrovnalosti byly korigovány; jeden takový případ ukazuje obrázek 10-4, kde nalezené minimum neodpovídalo počátku nástupu nazality. K takovému chybnému určení minima docházelo často u diftongů jako v tomto případě.



**Obrázek 10-4:** Chybné určení minimálního prahu v průběhu nazality (naznačené šipkou).

Kromě samotného nástupu a odeznívání nazality nás tyto události zajímaly ve vztahu k hranicím mezi nazálním konsonantem a okolními vokály. Zde se již jedná o temporální rozsah koartikulační (regresivní a progresivní) nazalizace. Trvání koartikulační nazalizace jsme měřili jak absolutně (v milisekundách), tak poměrově (vůči trvání daného vokálu).

## 10.2. Typologie průběhů nazality

Na základě analýzy všech průběhů nazality jsme následně stanovili jejich typologii. Jednotlivé typy jsou analyzovány podle následujících parametrů:

- fonologický status nazály a okolních vokálů;
- zda vokály leží v přízvukné slabice (jen pro angličtinu);
- zda spojení VNV prochází slovní hranice (v češtině se tento jev vyskytl pouze jako V#NV, v angličtině V#NV i VN#V);
- zda se spojení VNV nachází blízko pauzy (jen pro angličtinu, z českých spojení se žádné blízko pauzy nenachází; významnost pauzy pro míru nazality byla potvrzena v regresním modelu v oddíle 9.3.5).

Po představení typologie v tomto oddíle budeme v následující části analyzovat údaje vztahující se k trvání a sklonu nástupu a odeznívání nazaloty a trvání nazalizace. Výsledky pro český i anglický vzorek budeme prezentovat současně.

Při stanovování typologie průběhů jsme se řídili pouze jejich obecným tvarem. Nezáleželo tedy na tom, zda byl daný pohyb realizován v pásmu nazaloty 10-40 % nebo 50-80 %, ani na trvání jednotlivých částí. Stejně tak jsme nebrali v potaz časový vztah mezi úseky křivky nazaloty a hranicemi nazály. Analýza celého českého i anglického vzorku vedla k vytvoření šesti hlavních typů (viz obrázek 10-5) a čtyř jejich podtypů (obrázek 10-6).

Typ 1 nazýváme **symetrický**, protože jednotlivé prahy na sebe v podstatě navazují. Tato návaznost nemusí být zcela stoprocentní: k typu 1 řadíme i průběhy, kde rozdíl v hodnotách prahů nepřesahuje tři procenta. Správnější název tohoto typu by tedy byl „(téměř) symetrický“. Mírnou nesymetričností ostatně naznačuje i průběh nazaloty uvedený v obrázku 10-5.

Typ 2 jsme nazvali **zúžený P**. Zde je rozpětí nazaloty při odeznívání výrazně nižší než při jejím nástupu. Pravá strana průběhu je tedy zúžená. Podobně typ 3, **zúžený L**, se vyznačuje nižším rozpětím nazaloty v jejím nástupu.

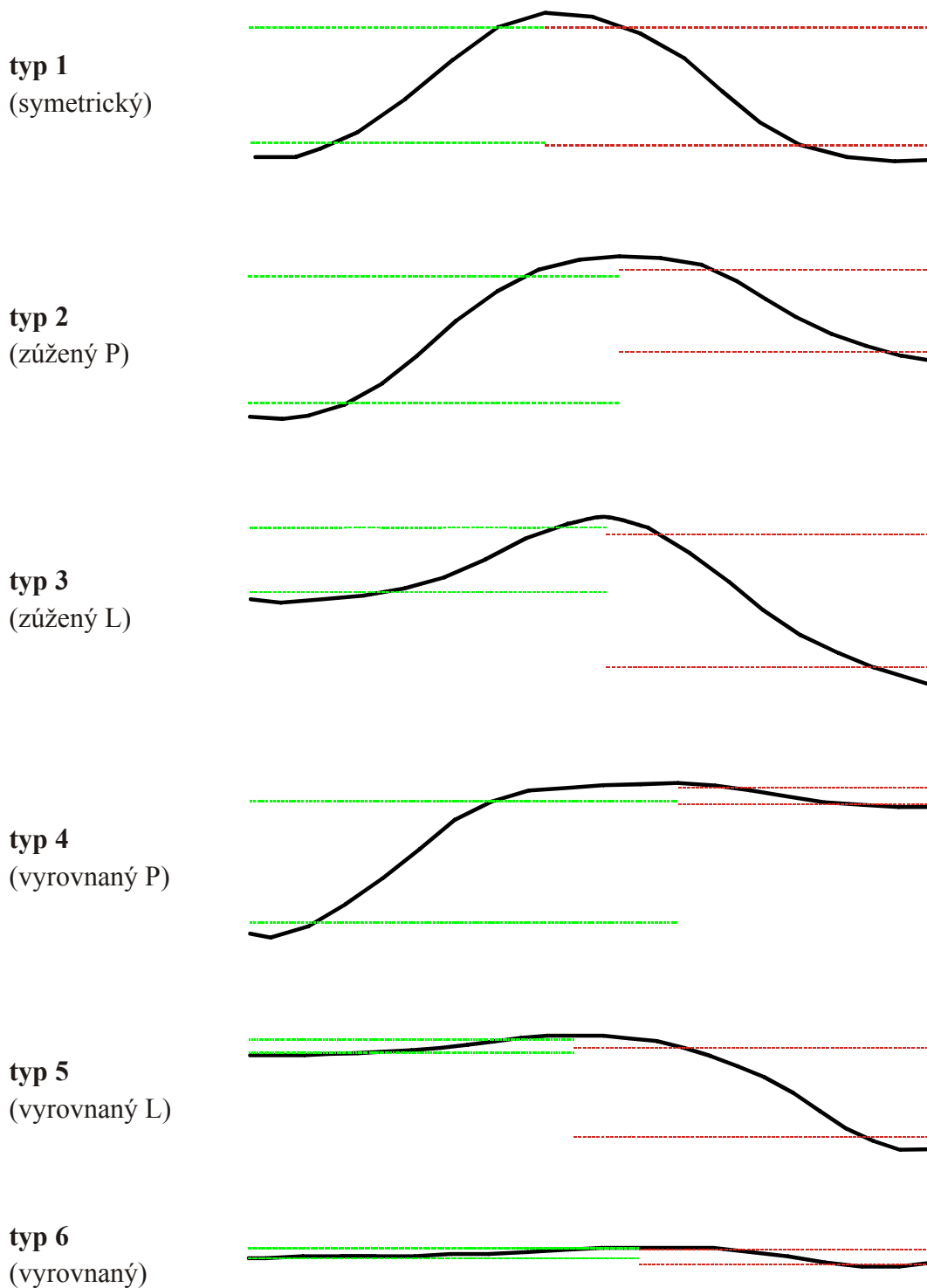
U typu 4 (**vyrovnaný P**) a typu 5 (**vyrovnaný L**) je zúžení, kterým se vyznačují typy 2 a 3, velmi intenzivní. Nejedná se však o úplné vyrovnaní. V takovém případě by totiž skript programu Matlab nebyl schopen detekovat příslušné minimum, a tedy stanovit daná platá a úpatí; právě to byl většinou důvod vyřazení položek. Přesnější název by tak byl opět „(téměř) vyrovnaný“. O vyrovnaném průběhu hovoříme, pokud rozdíl mezi prahy nepřesáhne arbitrárně stanovenou hranici 8 %.

U typu 6 (**vyrovnaný**) pak vidíme podobné intenzivní zúžení průběhu nazaloty na obou stranách nalezeného maxima.

Těchto šest typů se v některých případech vyskytovalo v podobných variantách. Rozlišujeme proto dále čtyři možné podtypy, které ilustruje obrázek 10-6. Tyto podtypy se teoreticky mohly objevit u všech typů. Příklady typů a podtypů, které jsme v datech skutečně zaznamenali, ukazuje Příloha 3.

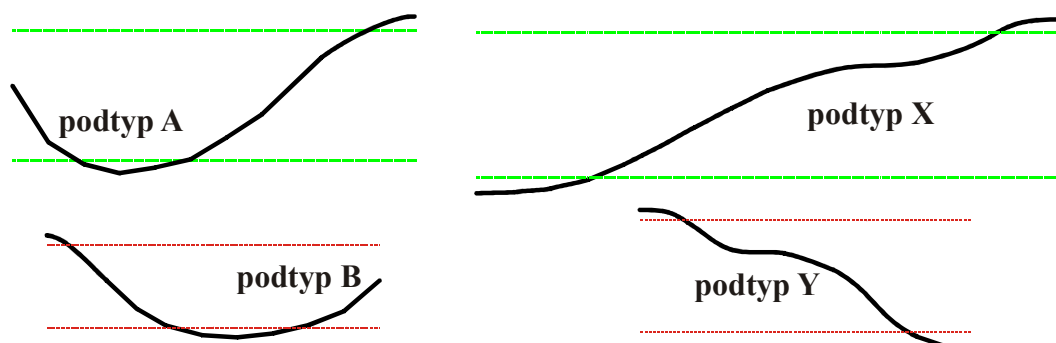
První dva podtypy představují identickou situaci, kdy několik krajních hodnot míry nazaloty nezůstává blízko nalezeného minima, ale výrazně stoupá směrem k hranici se sousední hláskou. **Podtyp A** pak platí pro směřování k předcházející hlásce, **podtyp B** pro směřování k hlásce následující. Je samozřejmě očekávatelné, že k takovému nárůstu dochází, pokud je onou sousední hláskou nějaký nazální konsonant. Na druhou stranu je

třeba si uvědomit, že průběhy nazality byly vyhlazeny metodou klouzavých průměrů, což znamená, že krajní hodnoty průběhů nebyly zohledněny (srovnej původní a vyhlazený průběh v obrázku 10-2). Abychom uvažovali o podtypu A nebo B, musel být počáteční či koncový nárůst nazality i ve vyhlazeném průběhu nazality skutečně výrazný.



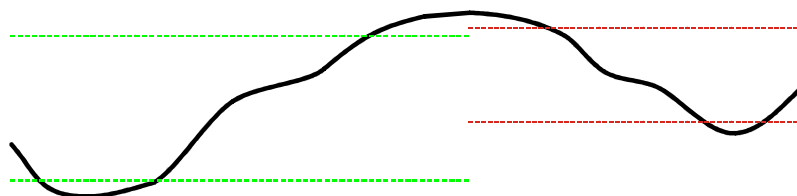
**Obrázek 10-5:** Hlavní typy průběhů nazality ve spojeních VNV; zobrazení nemají žádné jednotky, protože typy byly stanoveny pouze podle tvaru průběhu.

Další podtypy se rovněž týkají pohybu míry nazality v rámci daného vokálu; zde se však již nejedná o změny na okrajích vokálů. Jak ukazuje obrázek 10-6, u těchto podtypů dochází k jakémusi „zvlnění“ křivky v rámci vokálu. K tomu mohlo dojít ve vokálu ležícím před nazálou (**podtyp X**) i ve vokálu, který nazálu následuje (**podtyp Y**).



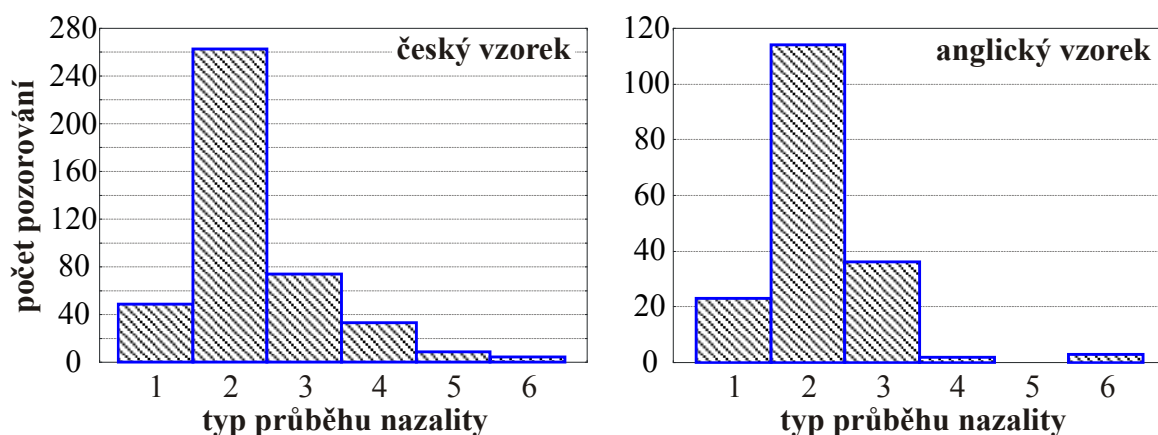
**Obrázek 10-6:** Podtypy průběhů nazality ve spojeních VNV.

Podotkněme, že z uvedeného výčtu vyplývá, že je teoreticky možné, aby jednomu průběhu byly přiřazeny všechny podtypy, například „2ABXY“. Takový hypotetický průběh ukazuje obrázek 10-7. V našich datech se však u jednoho průběhu vyskytly maximálně dva podtypy. Jak již bylo uvedeno, příklady typů a podtypů, které jsme v datech našli, jsou ilustrovány v Příloze 3.



**Obrázek 10-7:** Hypotetický průběh 2ABXY.

Zastoupení typů průběhů VNV (včetně všech průběhů) ukazuje pro český i anglický vzorek obrázek 10-8 na následující straně. Upozorňujeme, že měřítka osy y, tedy počtu jednotlivých případů, jsou u obou jazyků odlišná. Tento způsob zobrazení jsme zvolili proto, aby byl lépe vidět poměr zastoupení jednotlivých typů. Vidíme, že distribuce typů v obou jazycích je dosti podobná. Nejčastějším typem kontury nazality je v českém i v anglickém vzorku typ 2 *zúžený P*, kdy rozsah míry nazality ve vokálu ležícím za nazálou je výrazně nižší než ve vokálu ležícím před nazálou. Tento typ se v obou jazycích vyskytuje téměř ve dvou třetinách případů: u 61 % položek v češtině a u 64 % položek v angličtině. Druhým nejčastějším typem je případ opačný, typ *zúžený L*: vyskytuje se v 17 % položek českého vzorku a v 20 % položek vzorku anglického. Následuje typ 1, *symetrický*, v českém vzorku se poměrně často vyskytuje i typ 4, *vyrovnaný P*.



**Obrázek 10-8:** Zastoupení typů průběhů nazality ve spojeních VNV (český vzorek nalevo, anglický vzorek napravo).

Tabulka 10-1 uvádí průměrné hodnoty zkoumaných parametrů, jejich směrodatné odchylky a variační koeficienty pro celý český a anglický vzorek. Jedná se o trvání a sklon nástupu a odeznívání nazality, dále pak o absolutní trvání (v milisekundách) a o relativní trvání koartikulační nazalizace (v procentech trvání daného vokálu).

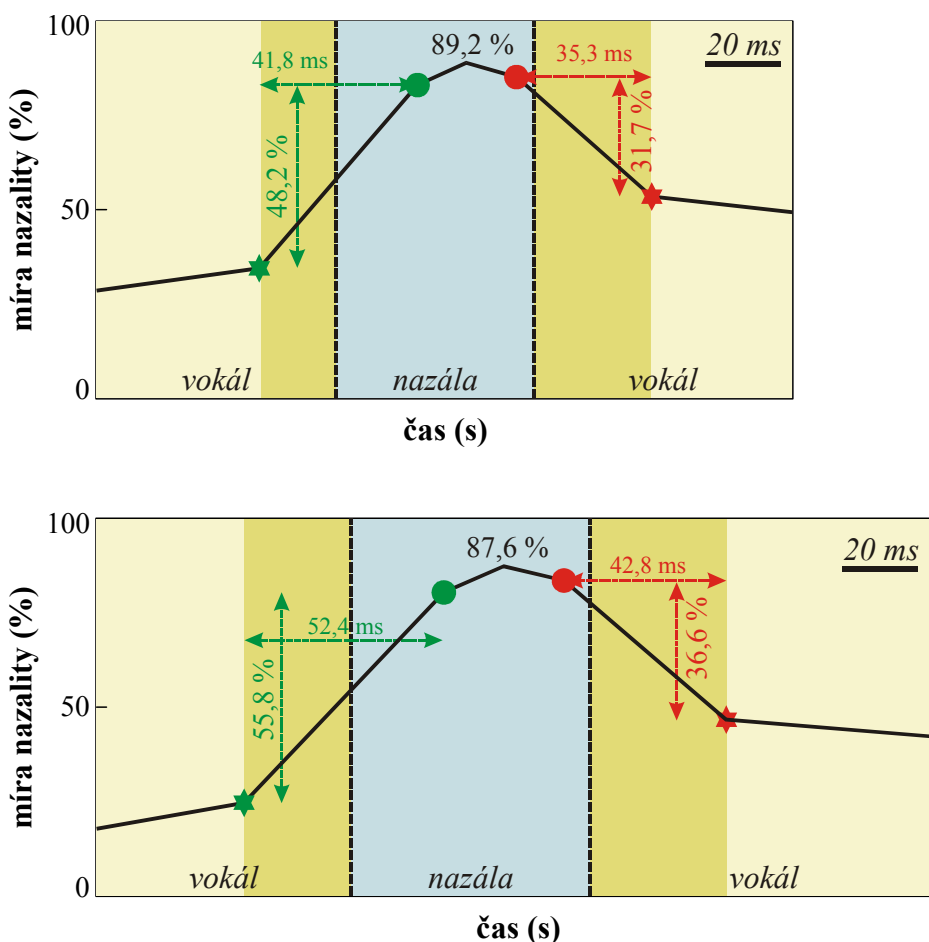
	průměr		směrodatná odchylka		variační koeficient	
	ČJ	AJ	ČJ	AJ	ČJ	AJ
trvání nástupu (ms)	41,8	52,4	16,1	32,3	38,4	61,6
trvání odeznívání (ms)	35,3	42,8	13,3	20,5	37,6	47,9
sklon nástupu	1,153	1,064	0,493	0,547	42,8	51,4
sklon odeznívání	-0,898	-0,856	0,413	0,311	-46,0	-36,4
regresivní nazalizace (ms)	19,7	28,3	18,8	32,9	95,1	116,1
progresivní nazalizace (ms)	31,3	36,0	16,0	22,0	51,2	61,2
regresivní nazalizace (%)	29,6	35,8	22,9	26,3	77,4	73,5
progresivní nazalizace (%)	47,4	42,1	16,7	18,7	35,1	44,4

**Tabulka 10-1:** Trvání a sklon nástupu a odeznívání nazality, absolutní a relativní trvání regresivní a progresivní nazalizace (vlevo vždy hodnoty pro český vzorek, vpravo pro anglický vzorek).

Ačkoli se absolutní hodnoty trochu liší, jsou tendence v obou jazycích do jisté míry podobné. Trvání nástupu nazality je delší než trvání jejího odeznívání ( $p < 0,001$  u obou vzorků). Rovněž sklon nástupu nazality je v češtině i v angličtině strmější než u odeznívání nazality ( $p < 0,001$ ; jako vstup t-testu sloužily samozřejmě absolutní hodnoty).

V trvání nazalizace se oba jazyky liší více. Temporální rozsah regresivní nazalizace je sice v obou jazycích nižší než rozsah progresivní nazalizace (a to v absolutních i v relativních hodnotách), tento rozdíl je však podstatně výraznější pro český vzorek. Tyto hrubé hodnoty by potvrzovaly hypotézu, že koartikulační vazby jsou v angličtině silnější než v češtině. Při relativním vyjádření trvání to však platí jen u regresivní nazalizace. Rozdíl mezi češtinou a angličtinou je v tomto ohledu podle t-testu vždy statisticky významný ( $p < 0,005$ ). Dále stojí za povšimnutí, že hodnoty všech parametrů (s výjimkou sklonu odeznívání nazality) jsou v anglickém vzorku variabilnější než v českém vzorku.

Obrázek 10-9 na základě těchto a dalších dopočítaných hodnot představuje průměrný průběh nazality v průměrném českém a anglickém spojení vokál-nazála-vokál. Minima míry nazality byla umístěna na okraje vokálů, k čemuž samozřejmě nedochází ve všech případech (viz podtypy na obrázku 10-6); ostatní aspekty včetně temporálních odpovídají realitě pro průměrné průběhy nazality.



**Obrázek 10-9:** Průměrný průběh nazality ve spojení VNV v češtině (nahore) a angličtině (dole). Světlejší odstín žluté v rámci vokálů naznačuje nenazalizovanou část, tmavší odstín pak nazalizovanou část vokálu.



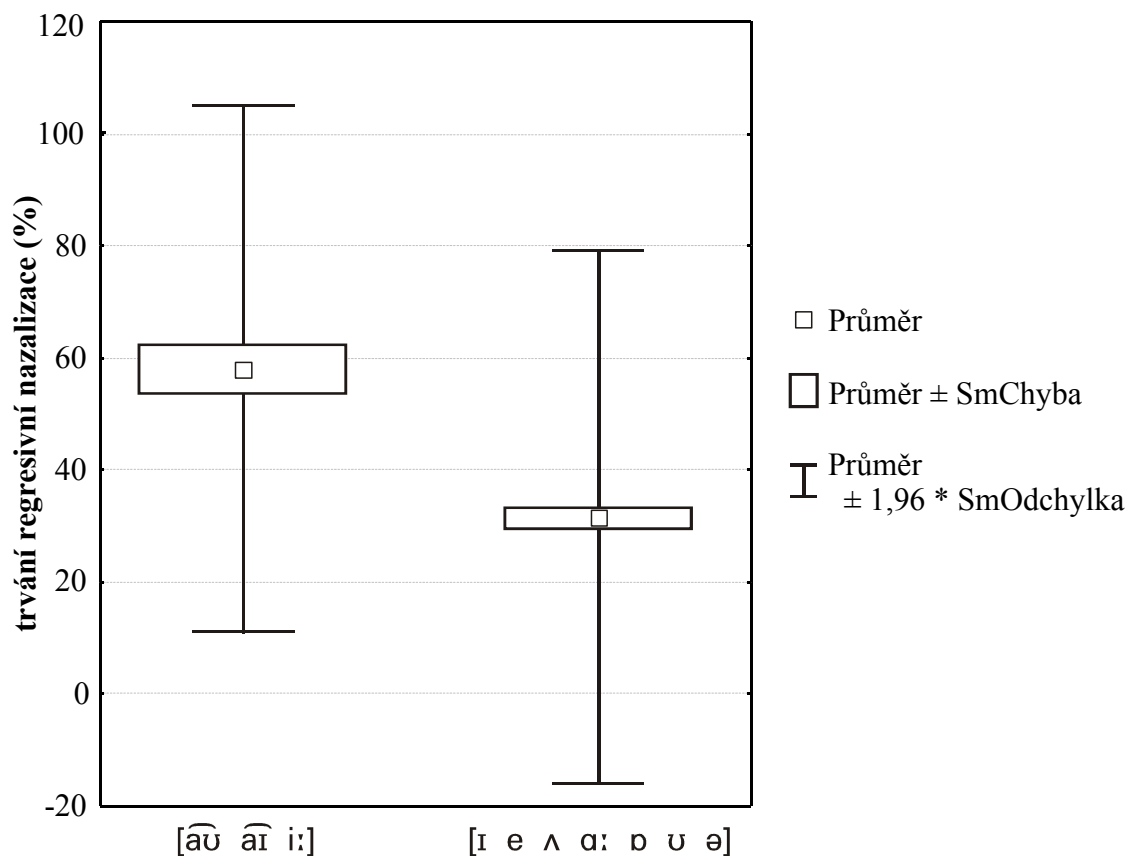
### 10.3. Analýza parametrů průběhu nazaloty

V tomto oddíle je naším cílem statistické ověření významnosti zjištěných rozdílů. K jednotlivým typům a podtypům se vrátíme níže. Dříve, než bylo možné provádět parametrické metody jako t-testy, bylo třeba ověřit, zda se v případě našich parametrů (viz tabulka 10-1) jedná o normálně rozdělená data. Pomocí Kolmogorov-Smirnovova testu normality jsme zjistili, že údaje týkající se sklonu nástupu a odeznívání nazaloty jsou v obou jazycích rozděleny normálně, stejně jako relativně vyjádřené trvání nazalizace. Trvání nástupu a odeznívání nazaloty a absolutně vyjádřené trvání nazalizace v milisekundách již normálnímu rozdělení nevyhovují, a to v češtině ani v angličtině.

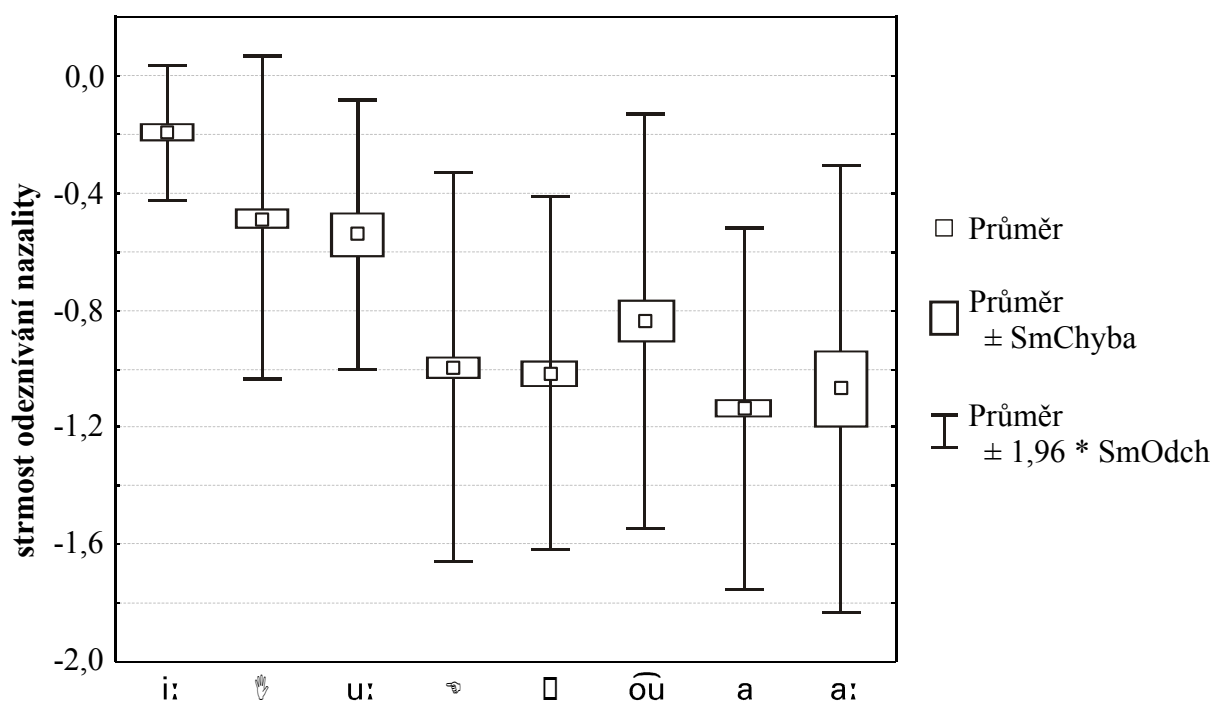
Vraťme se ještě krátce k rozdílu mezi absolutním trváním (v milisekundách) a relativním trváním (v procentech) regresivní a progresivní nazalizace. S normalností rozdělení totiž souvisí i to, že relativní vyjádření nazalizace vůči trvání vokálů dělá data kompaktnější, což znamená nižší výskyt odlehlých a extrémních případů. To ostatně naznačují již hodnoty variačního koeficientu uvedené v tabulce 10-1. Proto budeme níže brát v potaz pouze relativně vyjádřené trvání koartikulační nazalizace.

V následujícím popisu budeme pro ověření významnosti rozdílu průměrů u všech normálně rozdělených parametrů používat t-testu. V několika případech, kdy se zaměříme i na trvání nástupu či odeznívání nazaloty, použijeme Mann-Whitneyův U-test, který je pro neparametrická data vhodnější. Bude nás zajímat, jak se vybrané parametry chovají v závislosti a) na fonologické kvalitě daného vokálu, b) na místě artikulace intervokální nazály a c) na tom, zda mezi jednotlivými hláskami spojení VNV prochází či neprochází slovní hranice. U anglického vzorku se navíc podíváme na vztah d) k přízvuku a e) k blízkosti pauzy (*srov.* oddíl 9.5.4). Rádi bychom upozornili na to, že se v popisu výsledků omezíme jen na významné a zajímavé tendence, nepůjde o popis systematický.

Začněme závislostí vybraných parametrů na **kvalitě prvního vokálu** ve spojení VNV. Zde se z hlediska nalezených tendencí jako zajímavější ukazuje situace v anglickém vzorku. Jak ukazuje obrázek 10-10 na následující straně, případy se z hlediska (relativního) trvání regresivní nazalizace dělí na dvě skupiny: trvání regresivní nazalizace je výrazně delší u diftongů a u dlouhého /i:/ než u ostatních vokálů. Podotýkáme, že v anglickém vzorku se objevila jen jedna položka dlouhého [ɑ:] ve slově *are*; ostatní mluvčí toto slovo vyslovili redukovane, se schwa [ə]. Kromě této jedné výjimky je tedy možné říct, že obrázek 10-10 ukazuje rozdíl mezi krátkými a dlouhými vokály. Nazalizace u krátkých vokálů pak zabírá průměrně 31,1 % jejich trvání, zatímco u dlouhých vokálů je to 57,8 %. Tento rozdíl je vysoce významný:  $t(175) = 5,6$ ;  $p < 0,001$ . V češtině se podobně významný rozdíl neukázal.



**Obrázek 10-10:** Relativně vyjádřené trvání regresivní nazalizace u dlouhých a krátkých vokálů v anglickém vzorku (viz text). (Pozn.: rozpětí  $\pm 1,96 * \text{směrodatná odchylka}$  pokrývá 95 % dat.)

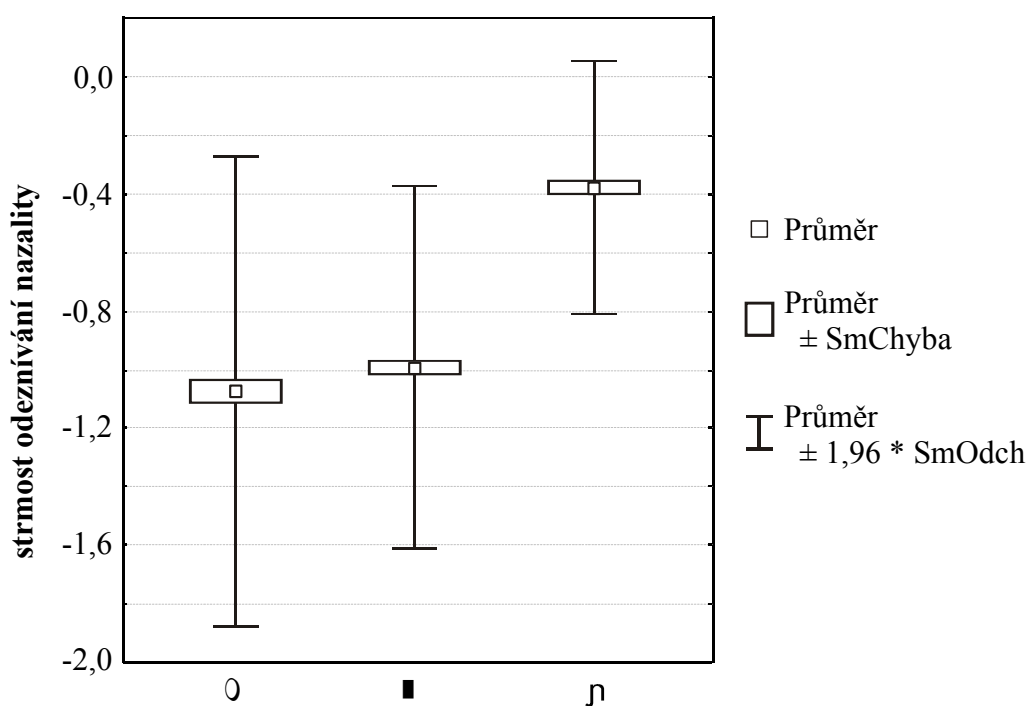


**Obrázek 10-11:** Strmost odeznívání nazality u jednotlivých vokálů v českém vzorku.

Dále se zaměříme na způsob, jak se naše parametry liší s **následujícím vokálem**. V tomto případě naopak anglický vzorek neposkytuje zajímavé významné rozdíly. V češtině se však projevuje významný rozdíl mezi vysokými a nevysokými vokály. Zprvce se jedná o vysoce významný rozdíl ve strmosti odeznívání nazality, která je u vysokých vokálů podstatně nižší než u nevysokých vokálů ( $t(430) = 16,4$ ;  $p < 0,001$ ), jak ukazuje obrázek 10-11 na předcházející straně. Podobným způsobem se vysoké vokály liší od nevysokých vokálů i v trvání progresivní nazalizace; průměrné trvání progresivní nazalizace je u vysokých vokálů 57,4 % trvání vokálu, u nevysokých vokálů 44,2 %. Rozdíl je opět statisticky významný:  $t(430) = 7,5$ ;  $p < 0,001$ .

Podívejme se nyní, jak jednotlivé parametry ovlivňuje **místo artikulace nazály**, která se v daném spojení VNV nachází. V tomto případě oba vzorky vykazují tendence, které stojí za zmínku.

V českém vzorku závisí na místě artikulace nazály sklon odeznívání nazality. Z obrázku 10-12 je patrné, že sklon klesá se zadnějším místem artikulace: průměrný sklon po [m] je -1,073, po [n] -0,994 a po [ŋ] -0,380. Je však třeba si uvědomit, že po [ŋ] v českém vzorku vždy následují přední vysoké vokály. Víme již, že u [ɪ i:] je rovněž strmost odeznívání nazality nejnižší. Rozdíl mezi sklonem po [m] a [n] se pohybuje na hranici statistické významnosti:  $t(347) = -2,0$ ;  $p = 0,05$ . V porovnání s [ŋ] je vždy  $p < 0,001$ .



**Obrázek 10-12:** Strmost odeznívání nazality v závislosti na místě artikulace nazály (český vzorek).

V anglickém vzorku se strmost odeznívání nazaloty ukázala jako nevýznamný parametr; statistická významnost se však projevila ve sklonu nástupu nazaloty, který byl před [m] nižší než před [n]:  $t(176) = 2,3$ ;  $p < 0,05$ .

Dalšími parametry, které jsou ovlivněny místem artikulace nazály, je trvání nazalizace. V češtině je vztah významný v případě regresivní i progresivní nazalizace: vzájemné rozdíly jsou významné na hladině  $p < 0,001$ ; jedinou výjimku představuje rozdíl v trvání regresivní nazalizace mezi [n] a [ŋ], který je nevýznamný. V angličtině je rozdíl v trvání nevýznamný u regresivní nazalizace ( $p > 0,1$ ), u progresivní nazalizace je vysoce významný ( $p < 0,001$ ). Průměrné hodnoty relativního trvání nazalizace vzhledem k příslušnému vokálu v závislosti na nazále ukazuje tabulka 10-2 pro oba vzorky.

	[m]	[n]	[ŋ]
trvání regresivní nazalizace v ČJ (%)	16,8	33,4	37,4
trvání regresivní nazalizace v AJ (%)	40,2	33,4	x
trvání progresivní nazalizace v ČJ (%)	38,3	47,2	59,6
trvání progresivní nazalizace v AJ (%)	31,0	48,0	x

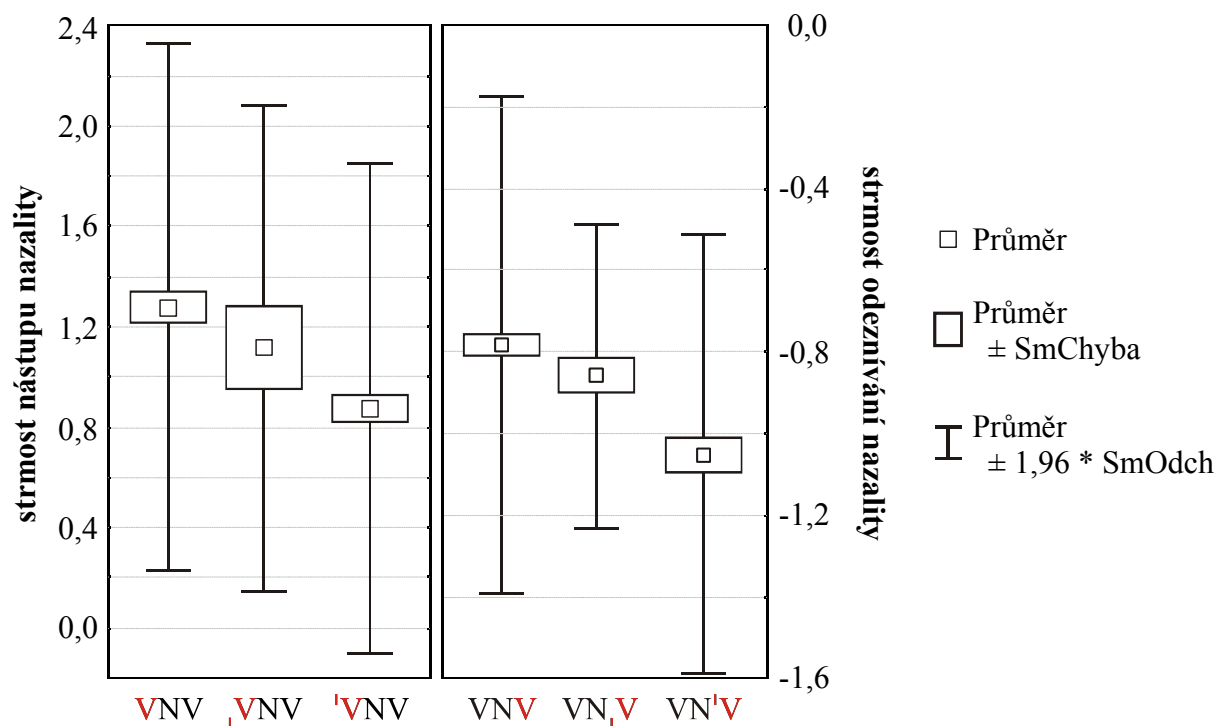
**Tabulka 10-2:** Relativní trvání regresivní a progresivní nazalizace v češtině a angličtině v závislosti na místě artikulace nazálního konsonantu.

S některými zajímavými vztahy se setkáme i v případě závislosti na tom, zda spojením VNV prochází **slovní hranice**. V českém vzorku se hranice slova vyskytuje pouze mezi vokálem a následující nazálou (V#NV), zatímco v anglickém vzorku v obou možných případech (V#NV i VN#V).

Prochází-li hranice slova mezi vokálem a nazálou (V#NV), je sklon odeznívání nazaloty v obou vzorcích strmější, než když se vokál a nazála nacházejí ve stejném slově. Pro český vzorek platí  $t(429) = 3,0$ ;  $p < 0,003$ . Pro anglický vzorek je  $t(176) = 4,8$ ;  $p < 0,001$ . U angličtiny však musíme podotknout, že tato hranice zároveň vždy znamená začátek přízvukné slabiky. V angličtině je navíc trvání progresivní nazalizace přes hranici slova, tedy když je nazála préturou následující slabiky (a slova), nižší než v rámci jednoho slova:  $t(176) = 2,4$ ;  $p < 0,02$ . Tyto údaje se samozřejmě se strmostí odeznívání nazaloty doplňují.

Co se týče slovní hranice před vokálem (VN#V) u anglického vzorku, jediný významný vliv se ukázal u trvání odeznívání nazaloty. Pokud mezi nazálou a následujícím vokálem leží slovní hranice, je odeznívání nazaloty v průměru o více než 10 ms kratší než v opačné situaci:  $U(n_1 = 30, n_2 = 148)$ ;  $p < 0,02$ . Je však otázkou, jestli se zde jedná o vliv slovní nebo slabičné hranice. Většina výzkumů se spíše přiklání k druhé variantě.

Následující parametry budeme sledovat již jen u anglického vzorku. Zaprvé se jedná o případnou závislost na příslušnosti vokálů ve spojení VNV k **přízvučné slabice**. Krabicové grafy na obrázku 10-13 ukazují strmost nástupu nazality v prvním vokálu spojení VNV a strmost odeznívání nazality v druhém vokálu spojení VNV, vždy ve slabice nepřízvučné, ve slabice nesoucí sekundární přízvuk a primární přízvuk.



**Obrázek 10-13:** Strmost nástupu a odeznívání nazality v závislosti na přízvučnosti příslušného vokálu (anglický vzorek).

Zobrazení na levé straně obrázku 10-13 naznačuje, že strmost nástupu nazality je nejnižší u vokálů ležících ve slabice s hlavním přízvukem a nejvyšší u nepřízvučných vokálů; rozdíl je signifikantní pro vokály ležící ve slabice s primárním přízvukem a pro vokály ležící v nepřízvučných slabikách ( $t(167) = 5,1; p < 0,001$ ). Vokály v přízvučné slabice před nazálou jinými slovy více podléhají koartikulační nazalizaci. Tomu odpovídají i údaje o trvání nástupu nazality, které je u (primárně) přízvučných slabik vyšší ( $U(n_1 = 90, n_2 = 79); p < 0,001$ ), a o trvání regresivní nazalizace ( $t(167) = -3,0; p < 0,003$ ).

Jak ukazuje pravá část obrázku, strmost odeznívání nazality je naopak u nepřízvučných vokálů nejnižší a u přízvučných vokálů nejvyšší:  $t(157) = 5,0; p < 0,001$ . To by naznačovalo nižší míru nazality u přízvučných vokálů. U trvání odeznívání nazality ani u trvání progresivní nazalizace jsme však žádné statisticky významné tendence nezaznamenali.

Druhým aspektem, který sledujeme pouze u anglického vzorku, je závislost na **blízkosti pauzy**. Jediný parametr, u kterého se blízkost pauzy projevuje jako významný, však pravděpodobně nevypovídá o naší hypotéze, podle které před pauzou může docházet ke krátkému nárůstu nazaloty. Relativní trvání progresivní nazalizace je před pauzou výrazně kratší (v průměru 31,5 % trvání vokálu) než v situaci opačné (45,8 %). Jedná se o výsledek vysoce významný:  $t(176) = 4,7$ ;  $p < 0,001$ . Je však třeba si uvědomit, že v tomto oddíle sledované parametry o finálním nárůstu nazaloty ani vypovídat nemohou: to, co se děje za bodem minima, totiž tyto parametry nepostihují.

Vrátíme-li se však k typologii, kterou jsme představili v oddíle 10.2, bude nás zajímat, zda se před pauzou častěji objevuje podtyp B, u kterého je právě na konci celého spojení VNV patrný nárůst nazaloty. Před pauzou se nachází celkem 46 spojení VNV. Z toho jsme podtyp B, tedy jednoznačný nárůst nazaloty na konci spojení, zaznamenali v deseti položkách. Připomeňme však ještě jednou, že zde analyzujeme průběhy nazaloty vyhlazené metodou klouzavých průměrů. To vede ke ztrátě úplně krajních hodnot, u kterých mohl být finální nárůst nazaloty ještě realizován. Přestože 10 případů nárůstu nazaloty před pauzou ze 46 možných není nijak ohromující výsledek, domníváme se, že stojí za to se tímto jevem, který dle našich informací zatím nebyl zkoumán, blíže zabývat v budoucím výzkumu.

#### 10.4. Analýza podtypů průběhu nazaloty

Nyní budeme v analýze jednotlivých podtypů krátce pokračovat; zároveň se opět vrátíme i k českému vzorku. **Podtyp A** byl v českém vzorku nalezen u 103 položek, v anglickém vzorku v 21 případech. V angličtině dle očekávání ve všech případech prvnímú vokálu předchází nazální konsonant: jedná se o tři spojení VNV, vždy v rámci jednoho slova: *economy* [ɪ'kɒnəmi] (v sedmi případech z devíti vyslovených), *money* [mʌni] (v osmi případech z deseti vyslovených) a *manage* [mænidʒ] (v šesti případech z deseti vyslovených).

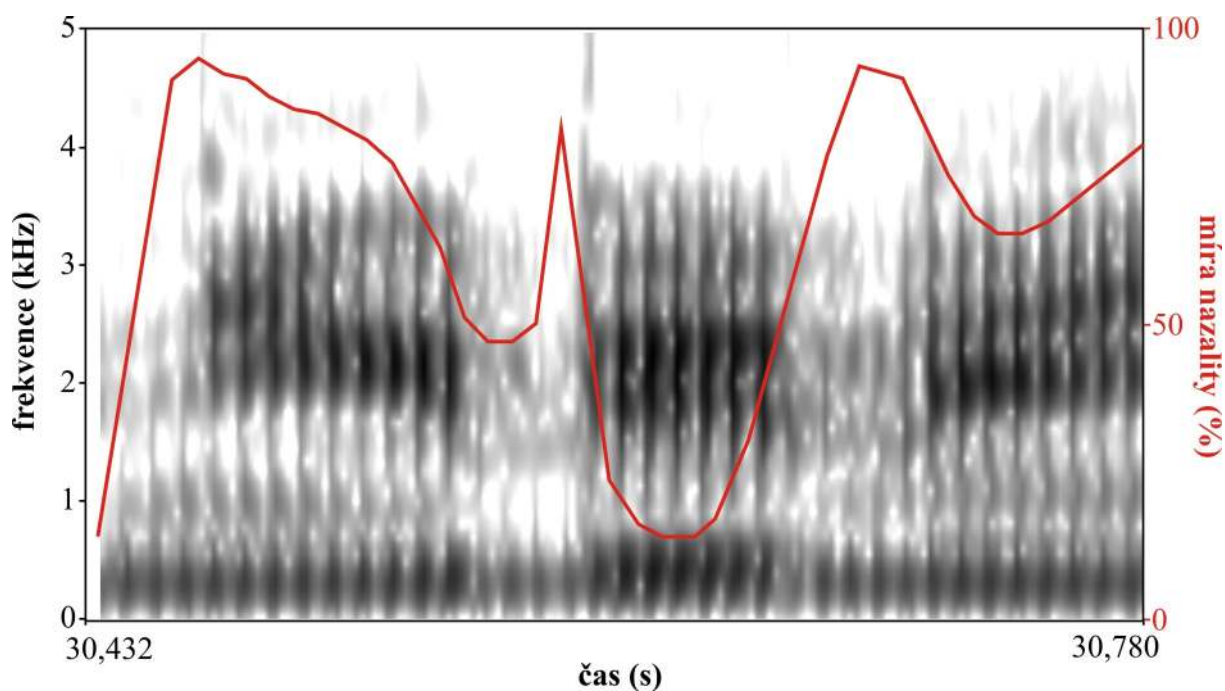
V češtině jsou výsledky (alespoň na první pohled) o něco méně očekávatelné, ale o to zajímavější: ve dvanácti položkách, ve kterých se objevil podtyp A, se totiž před spojením VNV žádný nazální konsonant nenachází. V tabulce 10-3 na následující straně ukazujeme všechny kontexty, u kterých byl podtyp A v českém vzorku zaznamenán, a četnost jejich výskytu. V prvních dvou třetinách tabulky vidíme situace očekávatelné a častější, kdy spojení VNV předchází nazála. U posledních šesti položek se však kromě jedné nenazální sonory, palatálního [j], jedná o obstruenty. U nenazálních sonor se většinou hovoří o trochu vyšší poloze měkkého patra než u vokálů; aerodynamické výsledky z jiných studií,

kteřé by se týkaly hlásek jako [j l], k dispozici nemáme. Proto je obtížné stanovit, nakolik se jedná o jev výjimečný. Blíže se však budeme zabývat případy obstruentů s mírou nazality vyšší než u následujícího vokálu, protože u obstruentů se ve všech výzkumech uvádí absence jakékoli nazality. Výjimku samozřejmě tvoří případy otevřené huhňavosti, o které jsme se zmínili v oddíle 3.7.

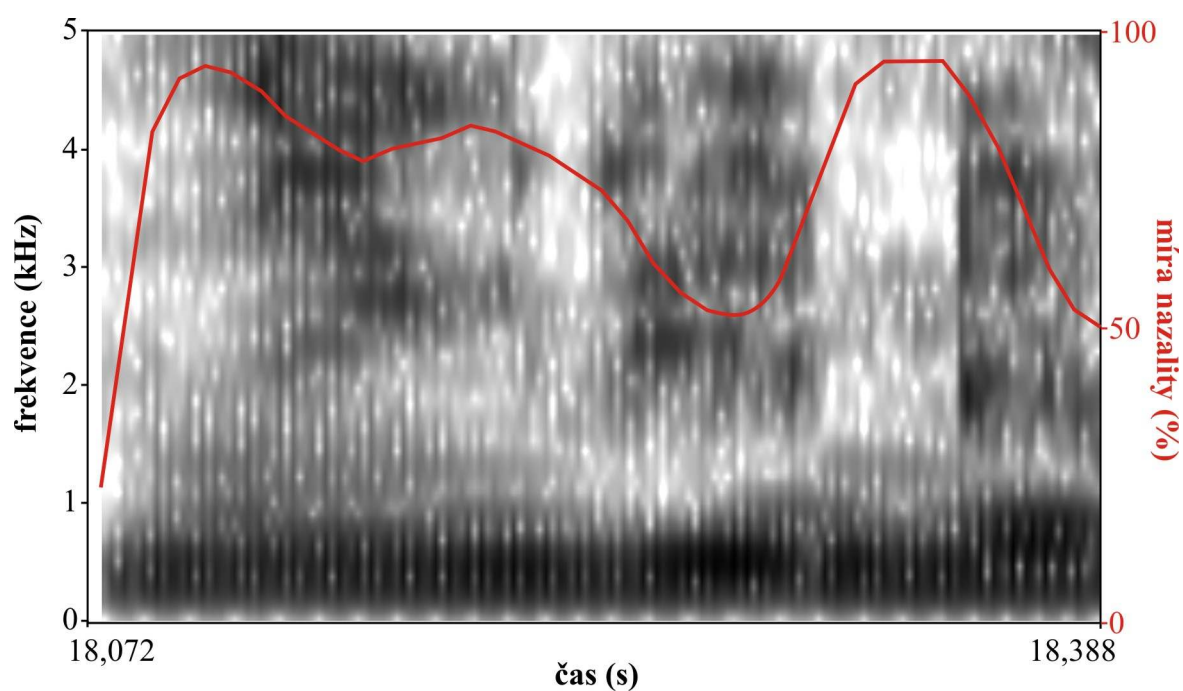
kontext	počet
na <b>Mattonku</b>	15
pozn <b>amen</b> ala	13
ne <b>na</b> šetřím	11
hlavně <b>není</b>	10
hlavně <b>není</b>	10
ne <b>mů</b> žeš	10
pozn <b>ame</b> na	8
m <b>i</b> moto	8
nikdy <b>není</b>	8
zaměstn <b>an</b> ec	5
není <b>nik</b> do	4
nik <b>d</b> y není	4
<b>d</b> o Norska	3
nik <b>d</b> y nepodívám	2
<b>d</b> o norského	1
nik <b>d</b> y nenašetřím	1
<b>j</b> á maximálně	1

**Tabulka 10-3:** Kontexty, ve kterých byl zaznamenán podtyp A (český vzorek).

Je zřejmé, že nemůžeme zobecňovat na obstruenty: ve všech případech jde totiž o /d/, z toho sedmkrát ve slově *nikdy* a čtyřikrát ve slově *do*. Abychom mohli tuto skutečnost vysvětlit, bylo třeba se vrátit k původním nefiltrovaným nahrávkám. Bližší analýza spektrogramů ukázala, že /d/ v mnoha z těchto případů nebylo vysloveno jako orální okluzivní hláska, ale spíše jako (alespoň částečně) nazální okluziva. Ze sedmi kontextů /'ɲɪɡdɪ'nɛ/ bylo v pěti případech spojení /gd/ realizováno spíše jako [ǰǰ], ve dvou z toho dokonce jako [ɲɲ]. Ze čtyř kontextů /'dono/ byla alespoň částečná nosní rezonance slyšitelná ve dvou případech: ['ðono]. Obrázek 10-14 na následující straně ukazuje spektrogram spojení ['ɲɪǰǰɪ'nɛ], u kterého uvažujeme o částečné rezonanci. Na obrázku 10-15 pak vidíme spektrogram spojení, kde se již skutečně jedná o nazály: ['ɲɪɲɲɪ'nɛ].



**Obrázek 10-14:** Spektrogram spojení [ʔɪɟ̥ɪ'ɲɛ] s proloženou křivkou nazality.



**Obrázek 10-15:** Spektrogram spojení [ʔɪɲɪɲɪ'ɲɛ] s proloženou křivkou nazality.

V prvním obrázku vidíme, že míra nazality klesá v průběhu vokálu [ɪ] a následující hlásky (která je vyslovena jako frikativa nebo dokonce aproximanta). V průběhu [ɲ̃] však dochází k prudkému nárůstu míry nazality. Průběh nazality na druhém obrázku skutečně ukazuje, že míra nazality v průběhu /gd/ je vyšší než u okolních hlásek a že se tedy opravdu jedná v podstatě o nazální konsonanty.



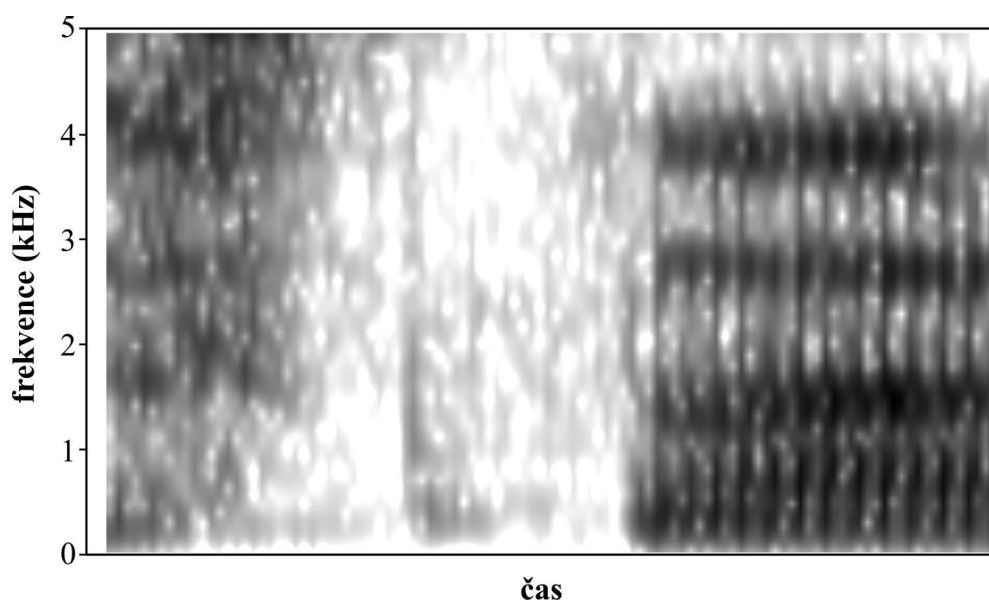
Podtyp A u „obstruentů“ je tedy vysvětlen tím, že se vlastně o obstruenty nejedná. Než přejdeme k podtypu B, vrátíme se ještě krátce k pěti případům z tabulky 10-3, u kterých bychom očekávali vyšší výskyt podtypu A.

Prvním z nich je slovo *poznamenala*, které bylo plně realizováno jen desetkrát z patnácti možných. V pěti případech bychom výslovnost tohoto slova mohli přepsat jako ['poznãenala], a nešlo tedy o spojení VNV. Podtyp A se tedy vyskytl u osmi z desíti, nikoli z patnácti možných případů. V obou zbývajících položkách se v tomto místě objevuje lehká denazalizace, což vysvětluje absenci vyšší nazality na počátku vokálu.

Další slovo, *mimoto*, bylo vysloveno správně ve třinácti případech. Z pěti případů, u kterých jsme nezaznamenali podtyp A, se jednou jedná o denazalizaci a ve čtyřech případech naopak o velmi silně nazalizované vokály, takže míra nazality zůstává velmi vysoká po celou část ['mĩmõ]. Na začátku [ĩ] tak žádný nárůst nazality patrný není.

Co se týče spojení *nikdy není*, představuje oněch osm výskytů podtypu A zároveň všechny výskyty tohoto spojení. V ostatních případech položky opět nebyly vysloveny kanonicky. V sedmi z jedenácti spojení *není nikdo* jsme zaznamenali vysoký průběh nazality po celý úsek ['nẽnĩ:'nĩ]; jak jsme již ukázali, k tomu jsou sekvence palatálních hlásek a dlouhého [i:] velmi často náchylné.

Poslední slovo s relativně nízkým výskytem podtypu A i přes přítomnost předcházející nazály je *zaměstnanec*. Zde je to způsobeno tím, že u nazál po homorgánních neznělých obstruentech se často setkáváme s nazálním vypuštěním. Následkem toho je nazála velmi krátká, případně zcela chybí. Příklad jednoho spojení [st<sup>n</sup>a] ukazuje obrázek 10-16.

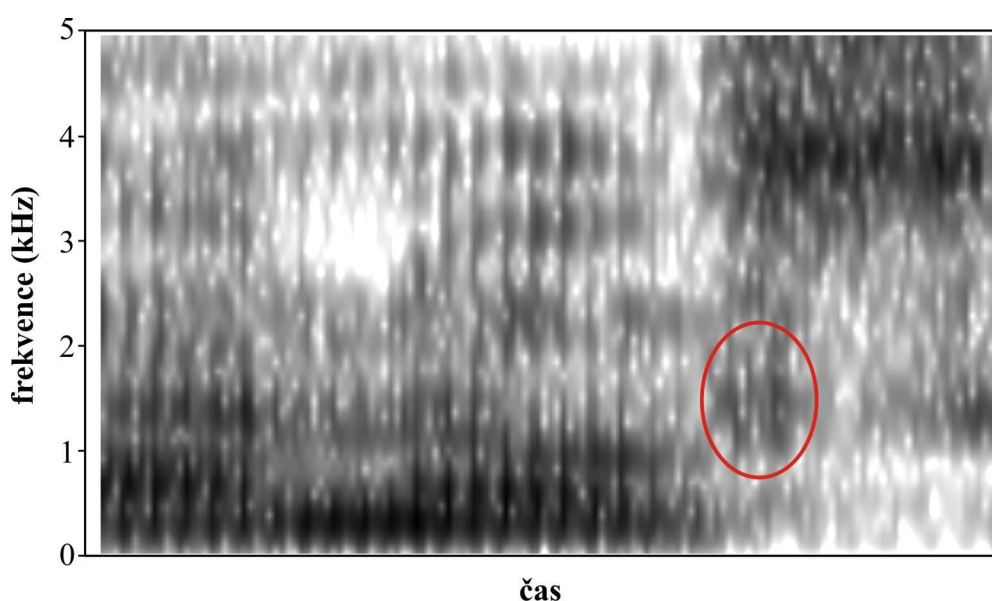


**Obrázek 10-16:** Spektrogram spojení [st<sup>n</sup>a] ze slova *zaměstnanec*.

Podívejme se nyní na **podtyp B**. Co se týče anglického vzorku, kromě výše již zmíněných deseti položek podtypu B před pauzou jsme nárůst nazaloty na konci druhého vokálu zaznamenali již jen v dalších dvou případech. V jednom se jedná o spojení *a multinational*, kde k nárůstu dochází před [l]. Druhý případ podtypu B nacházíme u [ɪ] ve slově *Sammy*, po kterém následuje slovo *said*; v takovémto segmentálním kontextu bychom nárůst nazaloty rozhodně neočekávali. Zjistili jsme však, že mluvčí zde vyslovil velmi výrazný prozodický předěl, ač bez přítomnosti pauzy. Je tedy možné, že k nárůstu nazaloty nemusí docházet pouze před pauzou, ale i před hlubším prozodickým předělem.

V češtině se podtyp B vyskytuje u 39 položek průběhu VNV, z toho u 29 následuje nazála. Čtyři případy souvisejí s již zmíněnou nazální rezonancí u kanonicky orálních explozív: s podtypem B se tak třikrát setkáváme ve spojení *dovolenu do* a jednou u *asi nikdy nepodívám*. Jeden případ připadá na sonoru předcházející před nazálou: *maximálně*.

Celkem u čtyř položek v českém vzorku se podtyp B vyskytuje před neznělým obstruentem. V původní nahrávce neobvyklá nazální rezonance slyšitelná není, nicméně ve spektrogramu jsou vždy v části obstruentu (dvakrát se jedná o explozivu, jednou o afrikátu a jednou o frikativu) patrné slabé formanty, které zřejmě nazální rezonanci odpovídají. Příklad spojení [ɛnɔ̃ʊs] ukazuje obrázek 10-17.



**Obrázek 10-17:** Spektrogram spojení [ɛnɔ̃ʊs] s označením pravděpodobné nazální rezonance.

Pokračujme s následujícími dvěma podtypy, jejichž výskyt jsme očekávali zejména u diftongů. **Podtyp X**, tedy „zvlnění“ průběhu nazaloty v rámci prvního vokálu, jsme v českém vzorku zaznamenali celkem ve čtrnácti položkách. V jedenácti z toho se jedná o diftong [ɔ̃ʊ], ve dvou o dlouhé [i:] a v jednom o krátké [ɛ]. U [i:] se občas s lehkou

diftongičností setkáme (přestože v našich datech je patrná jen v jednom z oněch dvou případech). Co se týče položky [ɛ], důvod zvlnění křivky nazality jsme nenalezli; jediný aspekt, kterým je tento vokál zvláštní, je zřetelná bifonace. Ta by však s nazalitou souviset neměla.

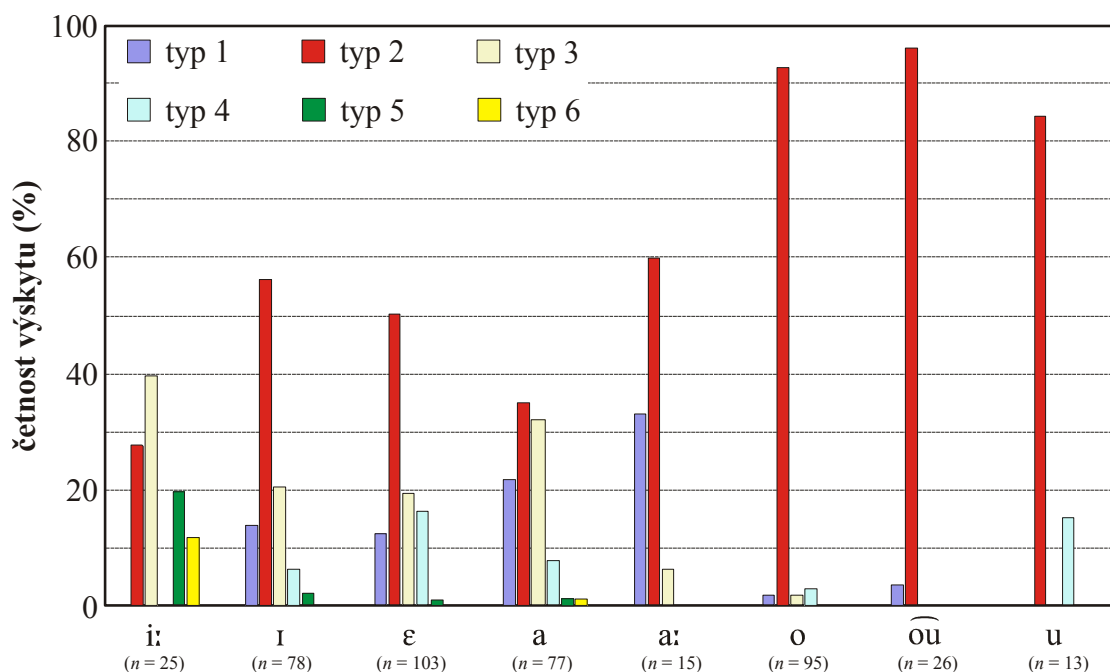
V anglickém vzorku se podtyp X vyskytl u deseti průběhů VNV, z toho však jen třikrát u diftongů. U tří dalších položek je vokálem dlouhé [i:], u něhož lehká diftongičnost není v angličtině neobvyklá. Tři položky připadají na [æ] ve slově *Sammy*; tyto vokály byly rovněž mírně diftongizovány (diftongizace [æ] není ve standardní britské angličtině běžná, ale setkáme se s ní v jiných dialektech). Poslední případ se týká [ə], u kterého je zvlnění křivky nazality způsobeno zřejmě tím, že jeho počátek je dyšný (nepředchází mu kanonický ráz).

**Podtyp Y** se v českém vzorku vyskytuje šestkrát, vždy u diftongu. V anglickém vzorku se s tímto podtypem setkáme pětkrát: jednou u diftongu [ɪə], jednou u dlouhého [i:] a [ɔ:] a dvakrát u krátkého [ɪ] ve slově *Sammy*. Oba případy [ɪ], vyslovené jedním mluvčím, byly lehce diftongizované. U [ɔ:] ve frázi *see Norway* je rovněž patrná slabá diftongizace: jedná se zřejmě o vliv předcházejícího vokálu, který způsobuje lehkou palatalizaci [ɲ]. Palatalizace se zřejmě částečně přenáší i na následující vokál [ɔ:]. V sekvenci  $V_1CV_2$  se takovému vlivu prvního vokálu  $V_1$  na druhý vokál  $V_2$  přes konsonant C ležící mezi nimi říká „V-to-V (vowel-to-vowel) coarticulation“. Tento koartikulační jev jsme v druhé kapitole této práce záměrně nerozebírali, protože s koartikulační nazalizací nesouvisí.

## 10.5. K typům průběhu nazality

O jednotlivých typech průběhu nazality jsme se úmyslně dříve nezmiňovali. Důvodem je skutečnost, že jednotlivé typy se vzhledem k parametrům popsáním v oddíle 10.3 buď nijak významně neliší, nebo se liší již z povahy typů samotných. Tak například strmost nástupu nazality u typu 4 nebo strmost odeznívání nazality u typu 5 je logicky nižší než u typů 2 a 3. V tomto krátkém oddíle nás bude zajímat otázka, nakolik se u šesti zjištěných typů liší zastoupení jednotlivých vokálů a nazál. Protože se absolutní zastoupení jednotlivých typů značně liší, budeme kvůli srovnatelnosti uvádět hodnoty relativní, tj. v procentech; absolutní počty jsou u každé hlásky uvedeny v závorce. Je zřejmé, že dělení podle typů a vokálů vede k tomu, že dílčí vzorky budou často velmi malé. Proto se většinou bude jednat o popis tendencí spíše než o statistickou analýzu.

Obrázek 10-18 na následující straně ukazuje procentuální zastoupení jednotlivých typů pro první vokál ve spojení VNV, obrázek 10-19 na straně 160 pak pro druhý vokál ve spojení VNV. Oba obrázky představují situaci v českém vzorku.



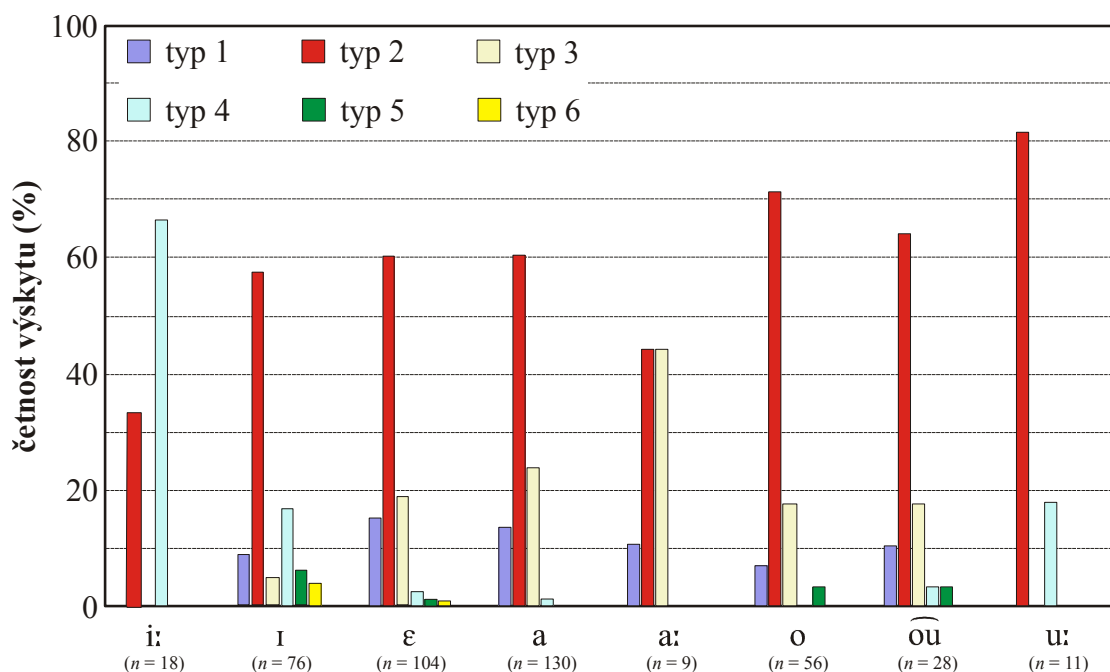
**Obrázek 10-18:** Zastoupení typů průběhu nazality v procentech u jednotlivých vokálů ležících před nazálou ve spojení VNV (český vzorek).

Na první pohled je zřejmé, že typ 2 (u něhož má první vokál ve spojení VNV velké rozpětí nazality) je nejčastější u všech vokálů kromě dlouhého [i:]. U [i:] je nejčastějším typem opačný typ 3; tento vokál častěji vykazuje zúžené rozpětí nazality. U [i:] rovněž pozorujeme nejvyšší zastoupení „vyrovnaných“ typů 5 a 6. To vše samozřejmě odpovídá údajům v deváté kapitole, podle kterých je [i:] nejvíce nazalizovanou hláskou. Vrátime-li se ještě jednou k typu 2, nelze si nevšimnout jeho jednoznačné převahy u zadních labializovaných vokálů, u kterých dosahuje 85% a vyššího zastoupení.

Za zmínku stojí rovněž dosti vysoké zastoupení symetrického typu 1 u dlouhého [a:]. Podíváme-li se na kontexty, ve kterých tato hláska vystupuje, zjistíme, že se jedná o patnáct položek [a:ma] ve spojení *já maximálně*. Protože se ani na jedné straně spojení [a:ma] v bezprostřední blízkosti nenachází nazální konsonant, pro míru nazality vokálů by měla být určující pouze vokalická kvalita. Symetričnost je tedy zřejmě vysvětlitelná stejnou mírou otevření velofaryngálního průchodu u vokálů stejné vokalické výšky.

Symetrický typ 1 se dále vyskytuje i u krátkého [a], u kterého je však kontext napravo od nazálního konsonantu variabilnější: kromě [a] pravý kontext obsahuje i krátké [ɪ ε]. Jejich distribuce je přitom v podstatě shodná (25-26 položek každého vokálu).

Poměrně překvapivý je relativně vysoký výskyt typu 3 u krátkého [a], o kterém víme, že má spíše nízkou míru nazality. Je třeba si však uvědomit, že ono zúžené rozpětí nazality charakteristické pro typ 3 se nemusí nutně nacházet ve vysokých hodnotách.



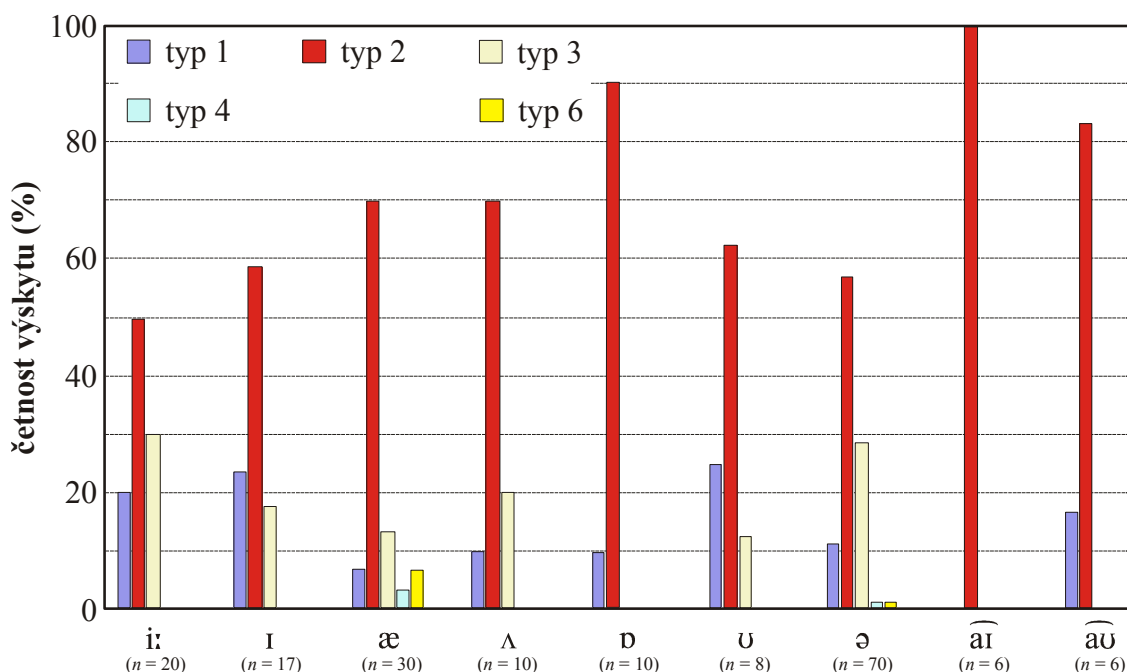
**Obrázek 10-19:** Zastoupení typů průběhu nazality v procentech u vokálů ležících za nazálou ve spojení VNV (český vzorek).

U vokálů ležících ve spojení VNV za nazálou rovněž vidíme jednoznačnou převahu zúženého typu 2. Výjimku tvoří opět dlouhé [i:] a také dlouhé [a:]. U [i:] se vzhledem k tomu, co o něm již víme, jedná o tendenci očekávanou, tím spíše, že se tento vokál vyskytuje pouze v jednom kontextu - [ɛɲi:]. Sousedství s palatální nazálou (a s palatálními hláskami obecně) a jeho vliv na nazalitu [i:] jsme již zmínili několikrát.

I zvýšené zastoupení typu 3 u dlouhého [a:] je vysvětlitelné kontextem: tato hláska se objevuje celkem devětkrát, a to pouze ve slově *maximálně*. Relativně nižší rozpětí nazality oproti předcházejícímu [ɪ] není nijak překvapivé.

Stejně tak není překvapivé poměrně vysoké zastoupení vyrovnaného typu 4 u krátkého [ɪ]. Dlouhé [u:], u kterého vidíme procentuálně podobný výskyt typu 4, se objevuje ve slově *nemůžeš*. Již v diskusi v závěru předchozí kapitoly jsme zmínili možnou vyšší tendenci k nazalizaci u periferních, zejména dlouhých vokálů. Domníváme se, že tato hypotéza se týká právě tohoto případu. Další důkazy poskytne i oddíl 10.6 (viz obrázek 10-25).

Nejprve se však podíváme na zastoupení typů průběhu nazality u jednotlivých vokálů v anglickém vzorku. Situaci pro první vokál ve spojení VNV ukazuje obrázek 10-20, pro druhý vokál obrázek 10-21. Upozorníme však, že u anglického vzorku je obtížné kvůli nízkému zastoupení vokálů v jednotlivých typech vyvozovat nějaké závěry: například 25% výskyt typu 1 u [ʊ] v obrázku 10-20 odpovídá jen dvěma položkám.

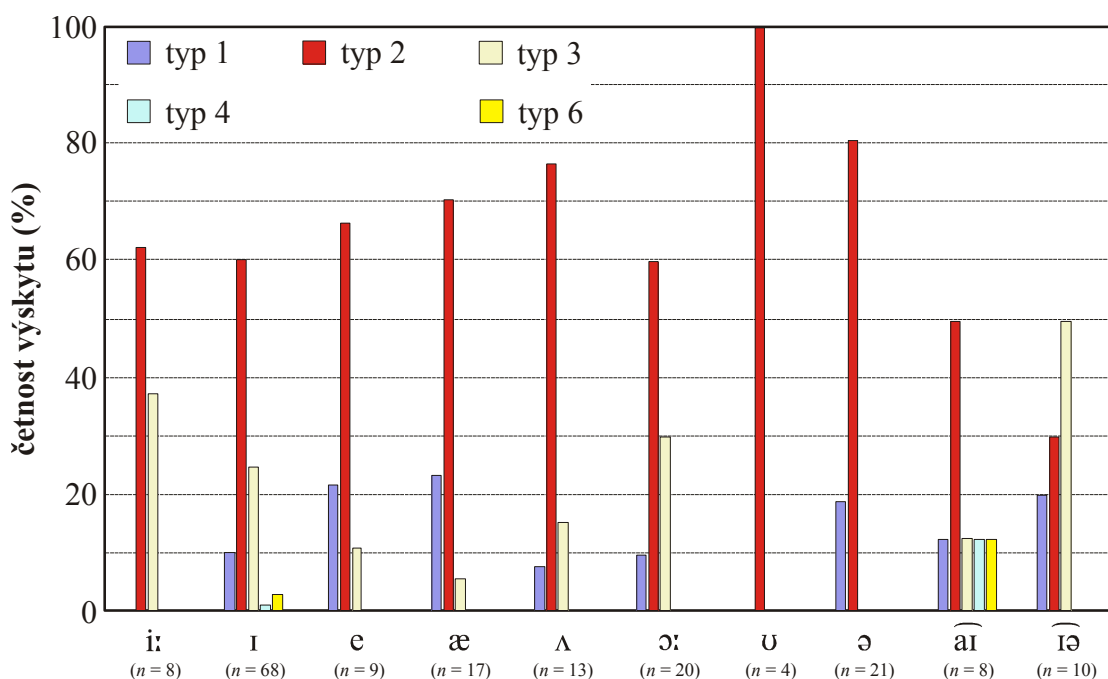


**Obrázek 10-20:** Zastoupení typů průběhu nazality v procentech u vokálů ležících před nazálou ve spojení VNV (anglický vzorek).

Je patrné, že typ 2 je nejčastějším typem průběhu nazality u všech anglických vokálů ležících před nazálou: u dlouhého [i:] dosahuje 50 % zastoupení typů, u ostatních vokálů ještě více. U diftongu [aɪ] je stoprocentní zastoupení typu 2 zřejmě opět zapříčiněno kontextem; po nazále následuje vždy [ɪ] (*wine in*), u kterého je nižší rozpětí míry nazality předvídatelné.

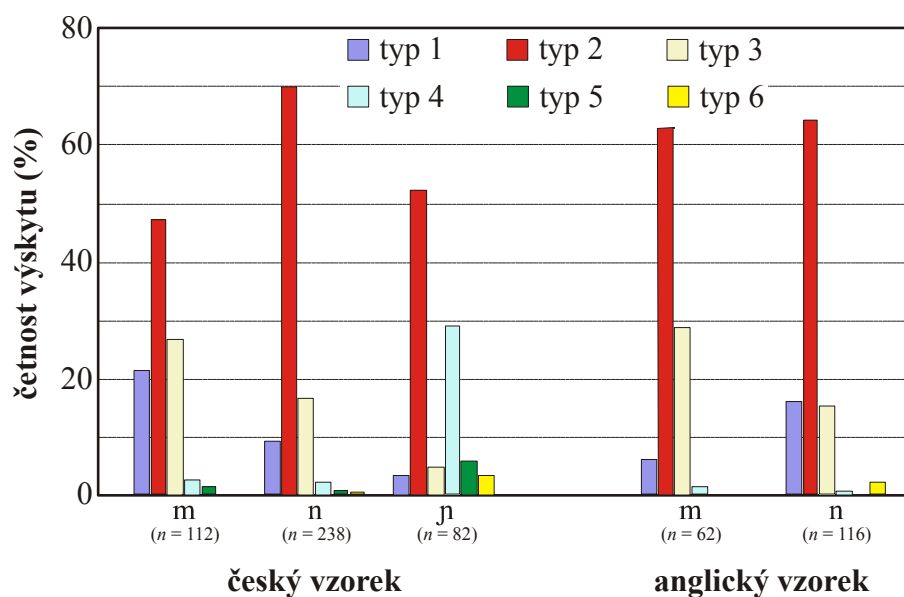
Dále stojí za zmínku relativně častý výskyt symetrického typu 1, přestože zde není tak snadné nalézt vliv kontextu. U dlouhého [i:] za nazálou kromě diftongu [ɪə] následuje také dlouhé [ɔ:], které má průměrnou nazalitu dosti nízkou, a očekávali bychom tedy spíše vyšší propad nazality (to znamená typ 3). U krátkého [ɪ] se za nazálou nacházejí nízké vokály [æ ʌ]. Situace je o něco jasnější jen u krátkého [ʊ], kde po nazále následují vokály [ɪ ə]; zde již jen s drobnou nepřesností můžeme hovořit o stejné výšce měkkého patra. Zdůrazňujeme však, že se u vokálů v daném typu většinou jedná o výskyty v řádu jednotek, a proto nemůžeme činit žádné dalekosáhlé závěry.

Co se týče situace u vokálů následujících za nazálou (obrázek 10-21), opět vidíme jednoznačnou převahu zúženého typu 2. Jedinou výjimku představuje diftong [ɪə], který se vyskytuje ve slově *Bohemia*. Vyšší výskyt zúženého typu 3 v tomto slově tedy není nijak překvapivý. Méně očekávatelné je však relativně vysoké zastoupení typu 3 u dlouhého [i:], které se nachází ve spojení *for me* [fə'mi:]; opět se však jedná pouze o tři výskyty.



**Obrázek 10-21:** Zastoupení typů průběhu nazality v procentech u vokálů ležících za nazálou ve spojení VNV (anglický vzorek).

Obrázek 10-22 zobrazuje pro český i anglický vzorek zastoupení typů průběhu nazality u jednotlivých nazál. Zúžený typ 2 je v obou vzorcích opět zastoupen nejčastěji. Dále vidíme, že výskyt zúženého typu 3 je v obou vzorcích vyšší u bilabiálního [m] než u alveolárního [n]. Pro tuto tendenci jsme však nenalezli žádné vysvětlení: vokalická výška následujícího vokálu se v těchto kontextech nijak významně neliší.



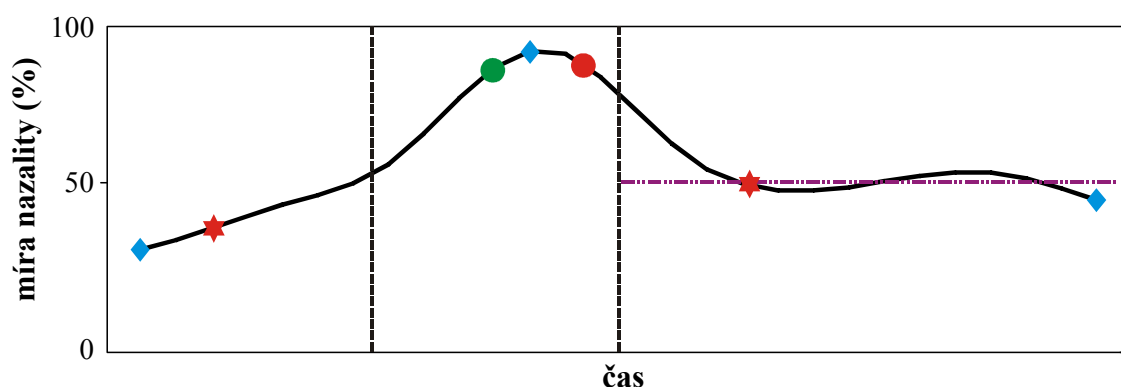
**Obrázek 10-22:** Zastoupení typů průběhu nazality v procentech u jednotlivých nazál (český vzorek nalevo, anglický vzorek napravo).

Nejzajímavější tendence se dle očekávání objevují v češtině u palatálního [ɲ], u kterého pozorujeme velmi výrazné zastoupení vyrovnaného typu 4. Již v oddíle 10.3 jsme uvedli, že [ɲ] je vždy následováno vokály [i: ɪ] a že odeznívání nazality po [ɲ] bývá nejméně strmé. Obrácený průběh, vyrovnaný typ 5, se vyskytuje pětkrát, vždy ve spojení [i:ɲɪ] (*není nikdo*). Zde po druhém vokálu následují obstruenty, a snižování míry nazality (které se odráží ve vyšším rozpětí) je tedy logické.

## 10.6. Průběhy nazality vztahované k arbitrární hranici

V tomto oddíle stanovíme arbitrární hranici míry nazality a bude nás zajímat, které vokály a jaké procento datových bodů daného vokálu tuto hranici překročí. Jedná se o sledování podobného jevu, na který se zaměřili autoři studie Rochet & Rochet (1999). Podobně jako u těchto autorů onou arbitrární hranicí bude i u nás 50% míra nazality. Připomeňme, že autoři zmíněné studie samozřejmě nezkoumali pouze vokály ve spojeních VNV; v jejich případě se jednalo o logatomy CVC, CVN, NVC, NVN.

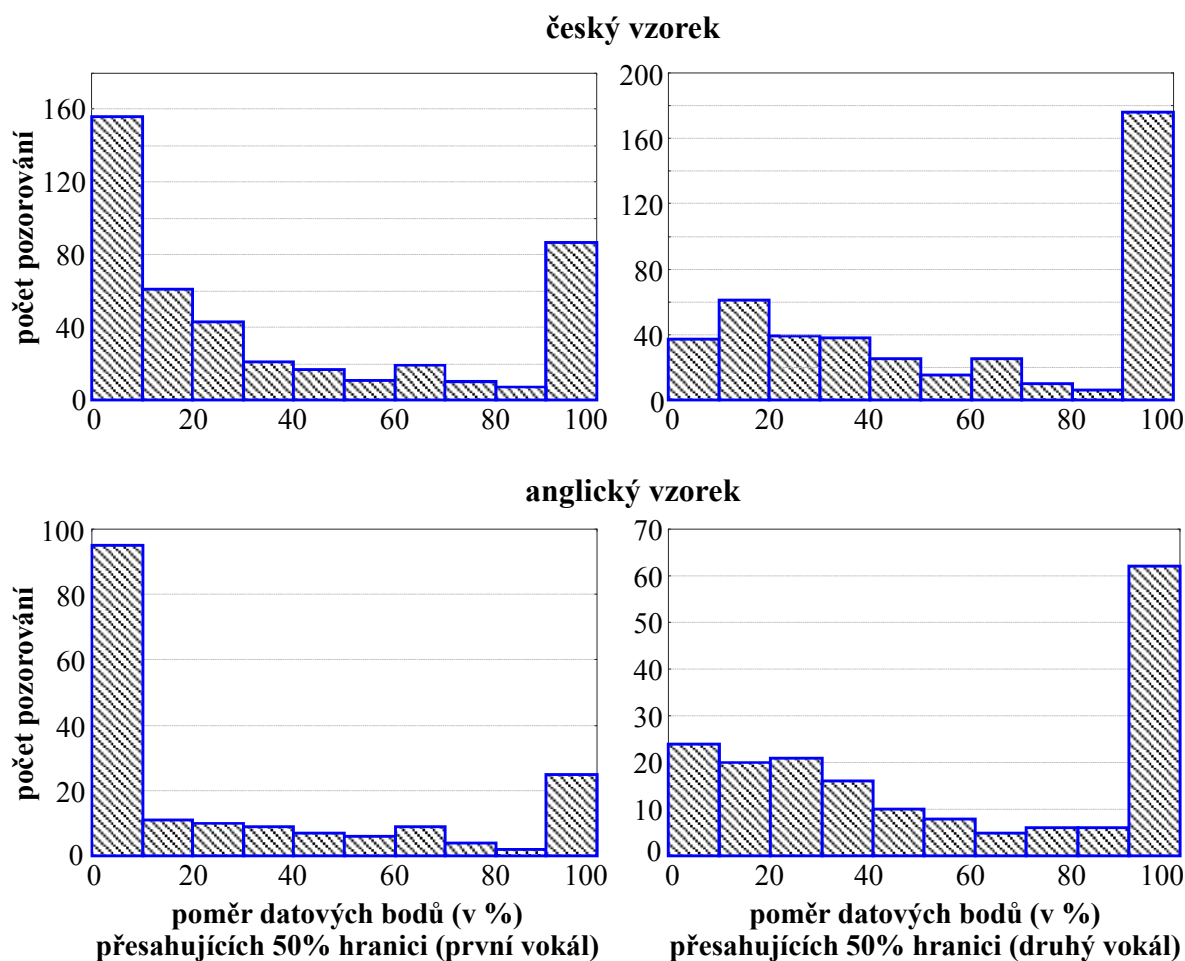
Než přikročíme k popisu výsledků, je třeba zmínit dva metodologické aspekty. Zaprvé, abychom mohli zjistit, které datové body přesahují či nepřesahují 50% hranici míry nazality, bylo třeba se vrátit k nevyhlazeným průběhům nazality. Připomeňme, že údaje o míře nazality jsme tak měli k dispozici každých osm milisekund. Zadruhé, u těchto průběhů nazality jsme nezjišťovali, zda se míra nazality například v určité části vokálu drží nad 50 % a pak klesne a pod hranici zůstane, nebo zda v rámci daného vokálu 50% hranici překročí vícekrát než jednou. Příklad této druhé situace ukazuje obrázek 10-23.



**Obrázek 10-23:** Míra nazality kolísající v druhém vokálu kolem 50 % (hranice 50 % naznačena fialovou čerchovanou čarou).

Nejprve se podíváme, kolik procent datových bodů překračuje 50% hranici v obou vzorcích; rozlišíme přitom pouze pozici vokálu před nazálou a za nazálou. Tuto situaci ukazují na následující straně histogramy na obrázku 10-24.





**Obrázek 10-24:** Datové body přesahující 50% hranici míry nazality v obou vzorcích, pro vokály před nazálou ve spojení VNV (nalevo) a za nazálou (napravo).

Rozdělení hodnot u vokálů před nazálou i za nazálou v obou vzorcích jsou nápadně podobná. U vokálů ležících před nazálou vidíme výrazně nejvyšší zastoupení u intervalu 0-10 %; to znamená, že značná část těchto vokálů (36,1 % pro český vzorek a dokonce 53,1 % pro anglický vzorek) přesahuje 50% hranici maximálně u deseti procent jejich datových bodů. Intervalem s druhým nejvyšším zastoupením je naopak interval 90-100 %, kde stanovenou hranici přesahují téměř všechny datové body. Co se týče vokálů ležících za nazálou, nejvyšší zastoupení připadá v obou vzorcích na interval 90-100 % (40,7 % pro český vzorek, 35,2 % pro anglický vzorek).

Zjistili jsme, že se v datech objevují výrazné rozdíly mezi jednotlivými **mluvčími**. Na jedné straně jsou mluvčí, u nichž ani deset procent datových bodů ve vokálech nepřesahuje 50 % míry nazality, na druhé straně jsou takoví, u nichž 50% hranici přesahuje více než dvě třetiny datových bodů. Mluvčí se rovněž značně liší v rozdílu mezi vokály ležícími před a za nazálou. Proto se na rozdíly mezi jednotlivými mluvčími podíváme trochu blíže.

Tabulka 10-4 ukazuje průměrný počet datových bodů nad 50% hranicí ve vokálech před a za nazálou u jednotlivých mluvčích a také poměr těchto počtů. Pro srovnání uvádíme pro každého mluvčího rovněž průměrnou míru nazaloty, kterou jsme zjistili v Experimentu III (blíže viz oddíl 9.1.4). Mluvčí jsou v tabulce seřazeni právě podle jejich průměrné míry nazaloty.

mluvčí ČJ	před N	za N	za před	průměrná nazalita	mluvčí AJ	před N	za N	za před	průměrná nazalita
LJS	20,1	35,3	1,76	21,9	GMP	9,3	41,3	4,44	16,4
PIU	19,4	44,3	2,28	22,9	GAJ	1,9	2,2	1,16	17,3
UKD	21,3	40,5	1,90	23,2	GMN	10,9	45,8	4,20	19,8
SVP	21,3	38,7	1,82	24,2	CPT	10,6	60,8	5,74	23,4
SPY	23,0	46,4	2,02	25,4	DHI	29,8	46,5	1,56	26,3
PVG	23,9	46,4	1,94	25,5	CAO	49,5	67,7	1,37	29,3
JKI	25,4	60,5	2,38	26,9	CST	33,4	48,8	1,46	29,4
TLA	29,9	75,3	2,52	26,9	GDA	24,1	74,5	3,09	29,7
BEO	51,3	86,8	1,69	28,8	GDO	32,6	71,1	2,18	31,5
SLE	45,8	62,9	1,37	31,8	CJE	83,2	97,8	1,18	48,0
SJN	35,1	50,7	1,44	32,0					
UDY	48,0	83,2	1,73	33,7					
BJO	51,9	58,8	1,13	38,0					
VJU	66,0	92,8	1,41	38,9					
SAI	66,1	86,7	1,31	43,6					
<b>průměr</b>	36,6	60,6	1,8	29,6	<b>průměr</b>	28,5	55,7	2,6	27,1
<b>C<sub>var</sub></b>	44,4	31,4	22,1	21,5	<b>C<sub>var</sub></b>	79,9	43,4	59,0	32,0

**Tabulka 10-4:** Procento datových bodů ve vokálech přesahující 50% hranici míry nazaloty před nazálou a za nazálou, jejich poměr a průměrná míra nazaloty mluvčího v procentech (viz text). Čeští mluvčí nalevo, angličtí mluvčí napravo.

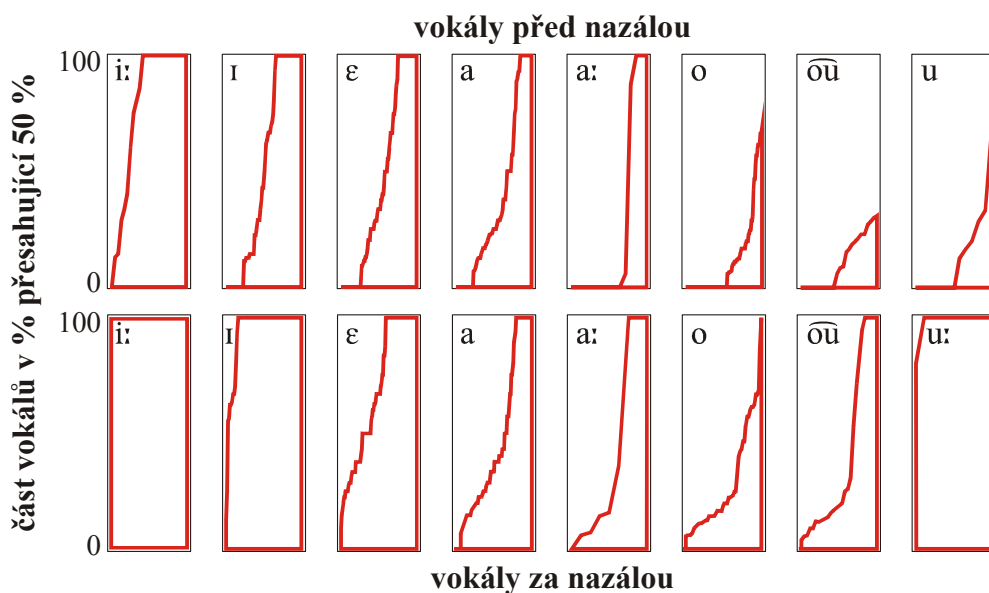
Hodnoty variačních koeficientů v tabulce 10-4 ukazují, že variabilita u anglických mluvčích je v tomto ohledu výrazně vyšší než u českých mluvčích. To se týká zejména vokálů ležících před nazálou, což je samozřejmě do značné míry způsobeno dvěma „extrémními“ mluvčími, GAJ a CJE. Za zmínku stojí rovněž rozdíl v poměru počtu datových bodů přesahujících 50 % nazaloty před nazálou a za nazálou; u českých mluvčích se pohybuje přibližně mezi 1,1 a 2,5, zatímco u čtyř z deseti anglických mluvčích tento poměr přesahuje 3,0. Dále se potvrzuje, že procento datových bodů

přesahujících 50% hranici míry nazality v obou jazycích koreluje s průměrnou mírou nazality daných mluvčích. To ukazují korelační matice v tabulce 10-5. Všechny červeně vyznačené vztahy jsou významné na hladině významnosti  $p < 0,002$ .

	před N	za N	průměrná nazalita		před N	zaN	průměrná nazalita
<b>před N</b>	1,00	<b>0,86</b>	<b>0,94</b>	<b>před N</b>	1,00	<b>0,78</b>	<b>0,94</b>
<b>za N</b>	<b>0,86</b>	1,00	<b>0,74</b>	<b>za N</b>	<b>0,78</b>	1,00	<b>0,83</b>
<b>průměrná nazalita</b>	<b>0,94</b>	<b>0,74</b>	1,00	<b>průměrná nazalita</b>	<b>0,94</b>	<b>0,83</b>	1,00

**Tabulka 10-5:** Korelace mezi body přesahujícími 50% hranici míry nazality a průměrnou mírou nazality pro jednotlivé mluvčí. Český vzorek nalevo, anglický napravo.

Dále se podíváme na to, jak se v přesahu 50% hranice míry nazality liší jednotlivé **vokály** v obou jazycích. Obrázek 10-25 ukazuje situaci pro vokály v českém vzorku. Graf tak například ukazuje, že u více než poloviny položek dlouhého [i:] před nazálou přesahovaly všechny datové body 50 % míry nazality. Oproti tomu přibližně u dvou třetin položek dlouhého [a:] před nazálou 50% hranici nepřesáhl ani jeden datový bod.



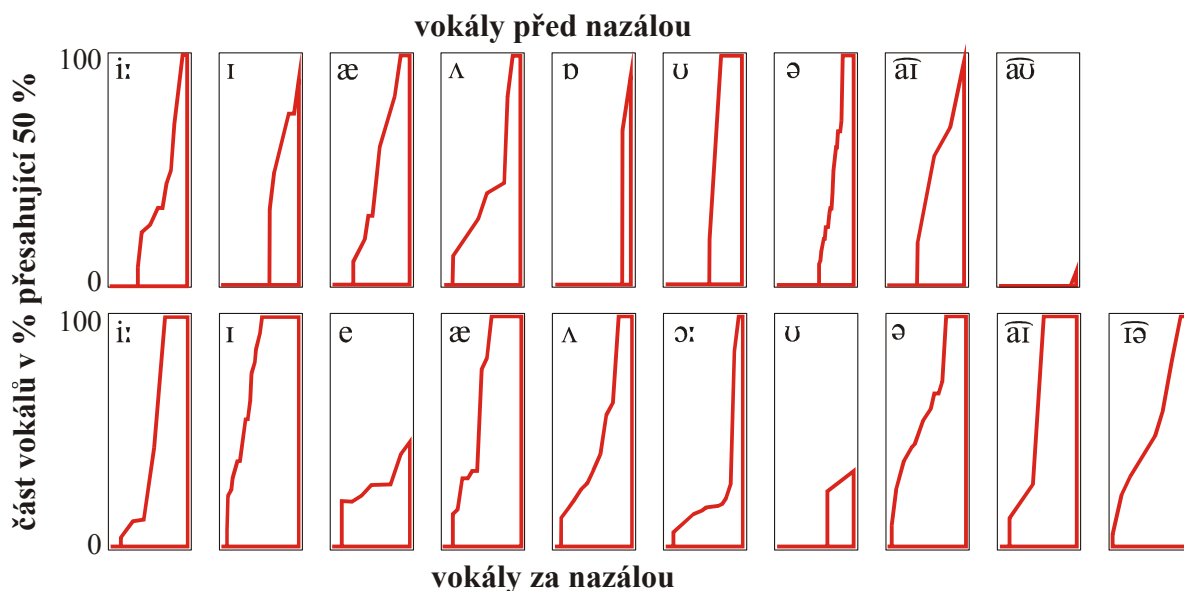
**Obrázek 10-25:** Část vokálů přesahující 50% hranici míry nazality (český vzorek). Horizontální osa u každého vokálu znamená všechny položky tohoto vokálu.

Bližší analýza grafů odhalí, že za nazálou přesahuje 50% hranici vždy více vokálů než před nazálou. Nejvíce je tomu tak u i-ových vokálů; u dlouhého [i:] za nazálou se nad hodnotu 50 % držely dokonce všechny datové body všech vokálů. Podobně jako v 9. kapitole, kde jsme uvedli, že o-ové vokály mají nejnižší průměrnou míru nazality, i tyto

údaje ukazují u [o̯ ɔ̯] nejnižší zastoupení datových bodů přesahujících 50% míru nazaloty. Nakonec zmíníme velký rozdíl mezi krátkým [u] před nazálou a dlouhým [u:] za nazálou: drtivá většina bodů u položek dlouhého [u:] měla míru nazaloty vyšší než 50 %. To se zdá potvrzovat naši hypotézu o vyšší nazalitě u periferních vokálů, zejména dlouhých.

U českého vzorku se objevuje i závislost množství datových bodů přesahujících 50% hranici na **místě artikulace nazálního konsonantu**. Na základě výše uvedených výsledků nepřekvapí, že nejvyšší procento, kdy míra nazaloty přesahuje 50% hranici, nacházíme u palatálního [ɲ] (hlásky v okolí [ɲ] hranici přesahují průměrně ze 74,9 %), dále následuje [m] (44,3 %) a [n] (40,8 %). Rozdíly jsou statisticky významné na hladině významnosti  $p < 0,05$  u předcházejícího vokálu, u následujícího vokálu jen vůči [ɲ]. V anglickém vzorku jsme podobnou závislost na místě artikulace nazály nezaznamenali.

Obrázek 10-26 ukazuje stejné údaje jako obrázek 10-25, tentokrát pro anglický vzorek. Na první pohled je patrné, že situace je oproti češtině výrazně odlišná. Jednotlivé vokály jsou si v přesahu 50% hranice míry nazaloty daleko více podobné než v českém vzorku, zvláště v pozici před nazálou. Větší přesah hranice u vokálů za nazálou u anglického vzorku rovněž neplatí. U pozice za nazálou vidíme, že [i: ɪ] sice mají vyšší poměr datových bodů, které hranici přesáhly, podobné tendence však vykazuje i nízké [æ] či diftong [aɪ].



**Obrázek 10-26:** Část vokálů přesahující 50% hranici míry nazaloty (anglický vzorek).

Nakonec se podíváme na vliv **slovní hranice**. Již jsme zmínili, že u českého vzorku slovní hranice prochází pouze mezi prvním vokálem a nazálou (V#NV). Možný vliv slovní hranice na počet datových bodů přesahujících 50% hranici míry nazaloty tedy očekáváme

zejména u prvního vokálu. Takovýto vliv data skutečně vykazují: pokud vokál a nazála náleží do jednoho slova, pak průměrně 45,0 % datových bodů ve vokálu přesahuje stanovenou hranici. Pokud mezi vokálem a nazálním konsonantem slovní hranice prochází, pak je to pouhých 30,2 % datových bodů. Tento rozdíl je vysoce významný:  $t(430) = 4,0$ ;  $p < 0,001$ . Stejně jako v oddíle 10.3 však musíme poznamenat, že by bylo třeba kontrolovanějšího materiálu, abychom zjistili, jestli se skutečně jedná o vliv fungující na úrovni slova či slabiky. Vzhledem k výsledkům většiny výzkumů se druhá možnost jeví jako pravděpodobnější.

U anglického vzorku nás zajímá případný vliv slovní hranice mezi vokálem a nazálou (V#NV) na počet datových bodů nad 50 % míry nazality u prvního vokálu a vliv hranice mezi nazálou a vokálem (VN#V) na datové body u druhého vokálu. V prvním případě se opět jedná o významný rozdíl: v rámci jednoho slova průměrně 34,3 % datových bodů ve vokálu přesahuje 50% hranici, přes hranici slova jen 14,4 % datových bodů ( $t(176) = 3,4$ ;  $p < 0,001$ ). V případě hranice mezi nazálou a vokálem se žádný statisticky významný rozdíl neobjevuje.

## 10.7. Závěr

V této poslední experimentální kapitole stávající práce bylo naším cílem analyzovat průběhy nazality ve spojeních vokál-nazála-vokál ve spojitě řeči v češtině a angličtině. Na rozdíl od předcházejících experimentů jsme zde pracovali zejména v prostředí Matlab, v němž byly vygenerovány vyhlazené průběhy a vypočítán temporální rozsah a sklon nástupu a odeznívání nazality jako takové a dále temporální rozsah koartikulační nazalizace.

Tyto parametry jsme následně pomocí programu Statistica analyzovali z hlediska kvality okolních vokálů, místa artikulace intervokálních nazálních konsonantů, přítomnosti slovní hranice, v angličtině navíc z hlediska přízvučnosti příslušných vokálů a blízkosti pauzy. Statisticky významné tendence se v těchto ohledech neobjevují systematicky, obzvláště při porovnání českého a anglického vzorku. Proto byl popis výsledků v této kapitole do jisté míry selektivní.

Z fonetického hlediska zajímavější výsledky přinesl oddíl 10.4, ve kterém jsme se zabývali pohyby křivky nazality v rámci jednotlivých vokálů; hovořili jsme zde o podtypech průběhu nazality. Foneticky zajímavým jevem zde myslíme zejména částečně až úplně nazalizovanou výslovnost slova *nikdy* [ˈnɪɟɟɪ ˈnɪɟɟɪ], která se v našem českém vzorku několikrát objevila.

Diskusi jednotlivých typů průběhu nazality jsme se věnovali až v oddíle 10.5 (typologii samotnou jsme představili již v oddíle 10.2). Zde nás opět zajímal vztah s kvalitou obou vokálů a s místem artikulace nazálního konsonantu.

Oddíl 10.6 byl inspirován studií Rochet & Rochet (1999). Pokud víme, jedná se o jedinou studii koartikulační nazalizace, která je stejně jako náš výzkum založena na analýze nazometrických dat. Stejně jako Rochetová a Rochet jsme stanovili arbitrární hranici míry nazality 50 % a zajímalo nás, jakou částí jednotlivé vokály tuto hranici překročí. Zde jsme se vrátili k nevyhlazeným průběhům nazality a počítali procento datových bodů, které přesáhly 50% hranici. Procento datových bodů přesahujících stanovenou hranici jsme opět vztahovali k fonologické kvalitě obou vokálů, k místu artikulace intervokalického nazálního konsonantu a k přítomnosti či nepřítomnosti slovní hranice v rámci spojení VNV. Interpretovatelné výsledky jsme našli zejména v českém vzorku, kde důležitou roli hraje vokalická výška: obecně řečeno vysoké vokály 50% hranici míry nazality přesahují z větší části než nevysoké vokály. V obou vzorcích se ukazuje, že přes slovní hranici (V#NV) je míra koartikulační nazalizace výrazně nižší než v rámci slova. Opakujeme však, že se může jednat o slabičný (nikoli slovní) jev. Naše data rovněž naznačují korelaci mezi poměrem datových bodů přesahujících 50% míru nazality na jedné straně a průměrnou nazalitou u vokálů u jednotlivých mluvčích na straně druhé.

O některých výsledcích prezentovaných v této kapitole je třeba hovořit spíše jako o tendencích, zejména z důvodu nízkého zastoupení případů v dílčích vzorcích. V budoucím výzkumu bude nezbytné je ověřit na rozsáhlejší materiálu.

## 11. Závěr

Předmětem této disertační práce byla koartikulační nazalizace v češtině a v angličtině. Práce je rozčleněna na teoretickou část, která uvádí do různých aspektů teoretického pozadí, a praktickou část, ve které popisujeme několik experimentů zaměřených na analýzu nazality.

Úvodní teoretická část se skládá z pěti kapitol. Druhá kapitola byla věnována různým jevům, které se týkají koartikulace. Na příkladu artikulační fonologie jsme představili potřebný popisný aparát. Dále jsme se věnovali hlavním směrům ve výzkumu koartikulačních jevů; zaměřili jsme se především na dva hlavní modely koartikulace, které jsme nazvali *anticipační* a *fixní* model. Přestože jsme se v experimentální části práce percepci koartikulační nazalizace nevěnovali, základní koncepty týkající se tohoto jevu jsou v rámci druhé kapitoly rovněž představeny. Klíčovou částí této kapitoly je shrnutí lingvisticky i situačně podmíněných faktorů, které koartikulaci ovlivňují.

Třetí kapitola se soustředila na popis artikulačních orgánů relevantních pro kontrast nazality. Těžištěm popisu se tak kromě měkkého patra a vytvoření velofaryngálního závěru stala struktura dutiny nosní a paranazálních dutin. Značně odlišné údaje týkající se rozměrů těchto dutin naznačily, nakolik obtížné je zkoumání akustických projevů nejen nazalizovaných vokálů, ale i nazálních konsonantů samotných. O akustický popis se i přes tyto obtíže pokouší pátá kapitola.

Akustickému hledisku však nejprve předchází seznámení s metodologickým pozadím výzkumu nazality a nazalizace ve čtvrté kapitole. Drtivá většina metod je samozřejmě primárně určena pro výzkum v klinické oblasti. Na jedné straně se zabýváme metodami subjektivního hodnocení, které je kvůli hledisku působení na recipienty metodou klíčovou. Co se týče instrumentálních metod, jsou hnacím motorem různé poruchy řeči spojené s nazalitou. Zabýváme se postupně metodami, které nějakým způsobem zobrazují pohyb příslušných artikulačních orgánů a které reagují na aerodynamické parametry orální a nazální dutiny (průtok vzduchu, tlak vzduchu). Samostatný oddíl čtvrté kapitoly je věnován nazometru, který byl použit pro pořízení nahrávek analyzovaných v experimentální části této práce.

V páté kapitole je velmi stručný popis akustických vlastností českých i anglických orálních vokálů je následován analýzou nazálních a orálních složek nazálního brumu, zvuku inherentního nazálním konsonantům. Těžiště kapitoly spočívá v popisu nazalizovaných vokálů. Kvůli již zmíněné variabilitě existuje několik parametrů, které jsou obecně přijímány jakožto koreláty nazalizace; tyto parametry byly ověřeny jak

pokusy se syntetizovanou řečí a následným porovnáním s percepčním vjemem, tak i na analýze reálného akustického signálu. Kromě těchto parametrů představujeme i takové, které byly různými výzkumníky navrženy jako potenciální koreláty vokalické nazality. Jejich platnost je však třeba potvrdit v dalším výzkumu. Zejména parametry založené na spektrální rovnováze by se však mohly ukázat jako velmi přínosné. Závěr páté kapitoly je věnován krátké analýze akustických vlastností orálních a silně nazalizovaných vokálů, které byly nahrány zkušeným fonetikem.

Poslední kapitola teoretického úvodu představuje přehled dosavadního výzkumu v oblasti koartikulační nazalizace. Je rozčleněna na část zabývající se segmentálními vlivy a na část zaměřenou na vlivy suprasegmentální. V segmentální části se soustředíme zejména na vliv vokalické výšky, ale i na jevy konsonantické, zejména způsob artikulace a znělost. Suprasegmentální část popisuje výzkum v oblasti vlivu slabičné a větné úrovně, vlivu přízvuku a mluvního tempa. Poslední oddíl této kapitoly přibližuje studie, které zkoumají odlišnosti v nazalizaci v různých jazycích. Některé z aspektů, kterými se zabýváme v této kapitole, sledujeme i v našich experimentech.

Praktickou část této práce tvoří čtyři experimenty. Sedmá kapitola představuje úvodní experiment, ve kterém analyzujeme průměrnou míru nazality vokálů. Pro tuto analýzu byly použity nahrávky logatomů o podobě VNV, které byly nahrány patnácti českými mluvčími. Výsledky jsme analyzovali pomocí vícenásobné regresní analýzy. Již v této úvodní studii byla potvrzena důležitost vokalické výšky jako klíčového parametru určujícího míru nazality u vokálů: vysoké vokály jsou vždy silněji nazalizované než vokály nevysoké. V rámci nevysokých vokálů však významné rozdíly většinou nenacházíme. V tomto experimentu, stejně jako v Experimentu III, se projevil význam nazalizačních zvyklostí mluvčího: průměrná nazalita všech vokálů daného mluvčího se ukázala jako druhý nejvýznamnější prediktor v regresním modelu.

Cílem Experimentu II, který je popsán v osmé kapitole, bylo původně ověřit objektivně zjištěné nazometrické hodnoty v percepčním testování. Ukázalo se však, že rozdíly ve vokalické kvalitě neumožňují zaměření na percepční dojem množství nazality u daných vokálů. Tyto rozdíly se týkaly vokálů všech kvalit. Proto jsme se rozhodli ověřit schopnost českých posluchačů vnímat rozdíly v nazalitě u vokálů, jejichž spektrální vlastnosti byly manipulovány filtrováním. Celkově jsme vytvořili čtyři stupně simulované nazality. Jako posluchače jsme využili studenty fonetiky, kteří již měli s percepcí i produkcí nazality měli nějaké zkušenosti. Ukázalo se, že studenti byli schopni do značné míry rozdíly v simulované nazalitě slyšet. Výjimku představovaly vysoké vokály, u nichž spektrální manipulace kvůli výšce prvního formantu byly méně úspěšné.



Experiment III je metodologicky založen na podobném postupu jako Experiment I: jeho cílem je analýza míry nazaloty u vokálů. Rozdíl spočívá v tom, že jako materiál posloužily vokály z přirozené řeči, nikoli z logatomů. Mluvčí češtiny a angličtiny načtli krátký souvislý text. Vliv různých parametrů, kterých jsme v souvislé řeči samozřejmě mohli sledovat podstatně více, jsme zkoumali opět pomocí vícenásobné regresní analýzy. V této kapitole se tedy vracíme k některým aspektům prezentovaným v teoretickém úvodu v šesté kapitole. Tento experiment opět potvrdil velkou roli vokalické výšky; vokály se opět rozpadají na skupinu vysokých a nevysokých vokálů. Nízké vokály se od středových významně neliší. Jednou z hypotéz, které tento experiment přinesl a kterou bude třeba ověřit v dalším výzkumu, je větší náchylnost periferních vokálů - [i a ɑ u] - ke koartikulační nazalizaci. Zaměření na periferní vokály ve vokalické čtyřúhelníku by znamenalo poněkud odlišný pohled, než tradičně prezentovaný vliv vokalické výšky.

Poslední experiment, prezentovaný v desáté kapitole, se zabývá průběhem nazaloty v rámci spojení vokál-nazála-vokál, která byla extrahována z textů použitých v Experimentu III. V této studii se nejvíce ukázala vysoká variabilita sledovaných parametrů v souvislé řeči. Přesto se některé zajímavé tendence ukázaly. Výsledky naznačují, že temporální rozsah regresivní nazalizace je o něco silnější v angličtině než v češtině. To by znamenalo potvrzení zatím neověřených hypotéz o silnějších koartikulačních vazbách v angličtině. Značná část našich měření - stejně jako v předchozích experimentech - rozlišuje vysoké vokály od nevysokých. Zejména v českém vzorku se sledované parametry chovají odlišně u palatálního [ɲ] než u ostatních nazálních konsonantů. V posledním oddíle desáté kapitoly jsme stanovili 50% hranici nazaloty a zajímalo nás, které vokály ji budou nejvíce překračovat a do jaké míry. V českém vzorku se objevil jednoznačný vztah s vokalickou výškou, v anglickém vzorku byly výsledky méně průkazné.

Současná práce představuje první rozsáhlejší experimentální studii zaměřenou na nazalitu a koartikulační nazalizaci v češtině. Tomuto tématu a koartikulaci obecně bychom se rádi věnovali i v budoucnosti, protože se jedná o jevy pro češtinu doposud neprozkoumané. Novinkou je rovněž použití nazometru pro účely fonetického výzkumu češtiny. Cílem této práce kromě samotných experimentů bylo i vytvořit jistý metodický základ, který hodláme s určitými modifikacemi využít v našem budoucím zkoumání.

Jedním z problémů při interpretaci našich výsledků bylo málo porovnatelných studií. Nazometr je ve fonetickém výzkumu záležitostí poměrně novou; většinou se setkáváme se studii, které se zaměřují přímo na pohyby artikulačních orgánů. Tyto metody jsou však pro nás nedostupné. Je třeba si uvědomit, že takovéto metody poskytují zcela jiné údaje,

než nazometr. Údaje o vokalické výšce nebo například o rozkmitu pohybu měkkého patra v přízvučných a nepřízvučných slabikách nelze jednoduše porovnávat s hodnotami míry nazality u jednotlivých vokálů nebo s rozkmitem míry nazality, protože se jedná jen o jakýsi aerodynamický korelát činnosti měkkého patra a dalších orgánů při artikulaci. Doufáme, že v budoucnosti se s nazometrickou metodou budeme setkávat v zahraničním výzkumu častěji a že bude možné výsledky jednotlivých studií porovnávat.

Již několikrát jsme v této práci zmínili, že jsme se s analýzou nazalizace na souvislé řeči doposud neseťkali. Většina studií používá podstatně více kontrolovaného materiálu, většinou založeného na minimálních párech nebo opakujícím se segmentálním kontextu. To, čím je tedy naše stávající práce ojedinělá, současně představuje její největší omezení. Na jedné straně se toto omezení týká širokého záběru jevů, které jsme zejména v deváté a desáté kapitole sledovali. Na straně druhé analýza jednotlivých aspektů vedla ke vzniku malých dílčích vzorků, které neumožnily nalezení významnějších tendencí. Například při porovnávání typů průběhů nazality v Experimentu IV znamenalo vydělení jednoho vokálu a daného typu průběhu zaměření na pouhých několik jednotek výskytů. U takovýchto vzorků je samozřejmě obtížné nálezy zobecňovat.

V našem budoucím výzkumu, ve kterém se koartikulační nazalizaci budeme dále věnovat, proto bude třeba se vrátit ke kontrolovanějšímu materiálu, abychom některé doposud tentativní tendence mohli lépe ověřit. Pokud se nám podaří pořídit nazometrické nahrávky od anglických mluvčích, rádi bychom pokračovali v komparativním zaměření našeho výzkumu koartikulační nazalizace.

## 12. Bibliografie

- Andreassen, M. L., Leeper, H. A. & MacRae, D. L. (1990).** Changes in vocal resonance and nasalization following adenoidectomy in normal children: preliminary findings, *Journal of Otolaryngology*, 20 (4), str. 237-42.
- Andreassen, M. L., Leeper, H. A. & MacRae, D. L. (1991).** Clinical applications of nasometry: tonsillectomy and adenoidectomy, *Nasometer Application Notes*, str. 2-9. Lincoln Park: Kay Elemetrics.
- Appelbaum, I. (2004).** Physical segments and functional gestures. In: A. Agwuele, W. Warren & S.-H. Park (Eds.). *Proceedings of the 2003 Texas Linguistics Society Conference: Coarticulation in Speech Production and Perception*, str. 1-8. Somerville: Cascadilla Proceedings Project.
- Beddor, P. S. (2007).** Nasals and nasalization: the relation between segmental and coarticulation timing. *Proceedings of 16<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, Saarbrücken, str. 249-254.
- Beddor, P. S. & Krakow, R. A. (1999).** Perception of coarticulatory nasalization by speakers of English and Thai: Evidence for partial compensation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106, str. 2868-2887.
- Bell-Berti, F. (1993).** Understanding velic motor control: studies of segmental context. In: M.K. Huffman & R.A. Krakow (Eds.). *Phonetics and Phonology. Volume 5. Nasals, Nasalization, and the Velum*, str. 63-85. New York: Academic Press.
- Bell-Berti, F. & Krakow, R. A. (1991).** Anticipatory velar lowering: A coproduction account. *Journal of the Acoustical Society of America*, 90, str. 112-123.
- Bell-Berti, F., Krakow, R. A., Ross, D. & Horiguchi, S. (1993).** The rise and fall of the soft palate: The Velotrace. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, str. 2416.
- Benguerel, A.-P., Hirose, H., Sawashima, M. & Ishijima, T. (1977a).** Velar coarticulation in French: a fiberoptic study. *Journal of Phonetics*, 5, str. 149-158.
- Benguerel, A.-P., Hirose, H., Sawashima, M. & Ishijima, T. (1977b).** Velar coarticulation in French: an electromyographic study. *Journal of Phonetics*, 5, str. 159-167.

- Bettinelli, M., Schnell, K. & Lacroix, A. (2002).** Separate Messung und Analyse von Mund- und Nasensignalen bei natürlicher Sprache. Tagungsband ESSV, Dresden, str. 237-244.
- Bladon, A. & Al-Bamerni, A. (1976).** Coarticulation resistance in English. *Journal of Phonetics*, 4, str. 137-150.
- Boersma, P. & Weenink, D. (2007).** Praat: doing phonetics by computer (Version 4.5.18) [www.praat.org](http://www.praat.org).
- Borden, G. J. & Harris, K. S. (1984).** *Speech Science Primer*. Baltimore: William & Wilkins.
- Borovanský, L. a kol. (1960).** *Soustavná anatomie člověka, Díl I*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství.
- Bradley, D. P. & Roberts, M. E. (1991).** Influence of Greater Than Habitual Mouth Opening Upon Hypernasality as Measured by the Nasometer, *Nasometer Application Notes*, str. 30-47. Lincoln Park: Kay Elemetrics.
- Bressmann, T., Sader, R., Whitehill, T. L., Awan, Sh. N., Zeilhofer, H.-F. & Horch, H.-E. (2000).** Nasalance distance and ratio: two new measures. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 37, str. 248-256.
- Bressmann, T., Klaiman, P. & Fischbach, S. (2006).** Same noses, different nasalance scores: Data from normal subjects and cleft palate speakers for three systems of nasalance analysis. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 20, str. 163-170.
- Browman, C. P. & Goldstein, L. (1990).** Gestural specification using dynamically-defined articulatory structures. *Journal of Phonetics*, 18, str. 299-320.
- Browman, C. P. & Goldstein, L. (1992).** *Articulatory Phonology: An Overview*. *Phonetica*, 49, str. 155-180.
- Clasen, B. & Geršić, S. (1975).** *Anatomie und Physiologie der Sprech- und Hörorgane: Ein Überblick*. Forum phoneticum, Band 6. Hamburg: Helmut Buske Verlag.
- Clumeck, H. (1976).** Patterns of soft palate movements. *Journal of Phonetics*, 4, str. 337-351.

- Condax, I. D., Acon, V., Miki, C. C. & Sakoda, K. K. (1976).** A technique for monitoring velic action by means of a photo-electric nasal probe: Application to French. *Journal of Phonetics*, 4, str. 173-181.
- Curtis, J. F. (1968).** Acoustics of Speech Production and Nasalization. In: D.C.Spriestersbach & D.Sherman (Eds.). *Cleft Palate And Communication*, str. 27-60. New York: Academic Press.
- Čihák, R. (1988).** Anatomie 2. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství.
- Dalston, R. M. (1992).** Acoustic assessment of the nasal airway. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 29, str. 520-526.
- Dalston, R. M., Neiman, G. S. & Gonzales-Landa, G. (1993).** Nasometric sensitivity and specificity: a cross-dialect and cross-culture study. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 30, str. 285-291.
- Dalston, R. M., Warren, D. W. & Dalston, E. T. (1991).** Use of Nasometry as a diagnostic tool for identifying patients with velopharyngeal impairment. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 28, str. 184-189.
- Dang, J., Honda, K. & Suzuki, H. (1994).** Morphological and acoustical analysis of the nasal and the paranasal cavities, *Journal of the Acoustical Society of America*, 96 (4), str. 2088-2100.
- Dang, J. & Honda, K. (1996).** Acoustic characteristics of the human paranasal sinuses derived from transmission characteristic measurement and morphological observation, *Journal of the Acoustical Society of America*, 100 (5), str. 3374-3383.
- Daniloff, R. G. & Hammarberg, R. (1973).** On defining coarticulation. *Journal of Phonetics*, 1, str. 239-248.
- Dankovičová, J. (2001).** The linguistic basis of articulation rate variation. Frankfurt am Main: Hector.
- Dejonckere, P. H. & Hogen Esch, T. T. (2003).** Nasometric assessment of hypernasality in children: optimized speech material and normative values. *International Congress Series*, 1254, str. 169-173.

- De Jong, K., Beckman, M. E. & Edwards, J. (1993).** The interplay between prosodic structure and coarticulation. *Language and Speech*, 36, str. 197-212.
- Delattre, P. (1954).** Les attributs acoustiques de la nasalité vocalique et consonantique. *Studia Linguistica*, 8, str. 103-109.
- Dickson, S., Barron, S. & McGlone, R. E. (1978).** Aerodynamic studies of cleft-palate speech. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 43, str. 160-167.
- Dvončová, J. (1980).** Fyziologická fonetika. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo.
- Fant, G. (1960).** Acoustic Theory of Speech Production. The Hague: Mouton.
- Farnetani, E. & Recasens, D. (1999).** Coarticulation models in recent speech production theories. In: W.J.Hardcastle & N.Hewlett (Eds.). *Coarticulation: Theory, Data and Techniques*, str. 31-65. Cambridge: Cambridge University Press.
- Feng, G. & Castelli, E. (1996).** Some acoustic features of nasal and nasalized vowels: A target for vowel nasalization. *Journal of the Acoustical Society of America*, 99, str. 3694-3706.
- Fowler, C. (1996).** Listeners do hear sounds, not tongues. *Journal of the Acoustical Society of America*, 99, str. 1730-1741.
- Fowler, C. & Saltzman, E. (1993).** Coordination and coarticulation in speech production. *Language and Speech*, 36, str. 171-195.
- Fritzell, B. (1979).** Electromyography in the study of the velopharyngeal function - a review. *Folia phoniatrica*, 31, str. 93-102.
- Fujimura, O. (1962).** Analysis of nasal consonants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 34, str. 1865-1875.
- Fujimura, O. & Lindqvist, J. (1971).** Sweep-tone measurements of vocal-tract characteristics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 49, str.541-558.
- Gildersleeve-Neumann, C. E. & Dalston, R. M. (2001).** Nasalance Scores in Noncleft Individuals: Why Not Zero? *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 38, str. 106-111.

- Goldstein, J. (1991).** Two Case Studies: Evaluation of Hypernasality and Management of Cleft Lip and Palate, *Nasometer Application Notes*, str. 54-56. Lincoln Park: Kay Elemetrics.
- Gordon, M. & Ladefoged, P. (2001).** Phonation types: a cross-linguistic overview. *Journal of Phonetics*, 29, str. 383-406.
- Hammarberg, R. (1976).** The metaphysics of coarticulation. *Journal of Phonetics*, 4, str. 353-363.
- Hardin, M. A., Van Demark, D. R., Morris, H. L. & Payne, M. M. (1992).** Correspondence between nasalance scores and listener judgments of hypernasality and hyponasality. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 29, str. 346-351.
- Hattori, S., Yamamoto, K. & Fujimura, O. (1956).** Nasalization of vowels in relation to nasals. *Journal of the Acoustical Society of America*, 30, str. 267-274.
- Hawkins, S. & Midgley, J. (2005).** Formant frequencies of RP monophthongs in four age groups of speakers. *Journal of the International Phonetic Association*, 35, str. 183-199.
- Hawkins, S. & Stevens, K. N. (1985).** Acoustic and perceptual correlates of the non-nasal - nasal distinction for vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77, str. 1560-1575.
- Hedbávná, B. (2004).** Variability of formant structure of Czech vowels in connected speech. In: Z.Palková & J.Veroňková (Eds.), *AUC Philologica 1/2004, Phonetica Pragensia X*, Praha: Karolinum, str. 19-31.
- Hogen Esch, T. T. & Dejonckere, P. H. (2004).** Objectivating nasality in healthy and velopharyngeal insufficient children with the Nasalance Acquisition System (NasalView®) - Defining minimal required speech tasks assessing normative values for Dutch language. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 68, str. 1039-1046.
- Horiguchi, S. & Bell-Berti, F. (1987).** The Velotrace: a device for monitoring velar position. *Cleft Palate Journal*, 24, str. 104-111.
- House, A. S. & Stevens, K. N. (1956).** Analog studies of the nasalization of vowels. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 21, str. 218-232.

- Huffman, M. K. & Krakow, R. A. (1993).** Phonetics and Phonology. Volume 5. Nasals, Nasalization, and the Velum. New York: Academic Press.
- Huntington, D. A. (1968).** Anatomical and Physiological Bases for Speech. In: D.C.Spiestersbach & D.Sherman (Eds.). Cleft Palate And Communication, str. 1-25. New York: Academic Press.
- Hybášek, I. (1999).** Ušní, nosní a krční lékařství. Praha: Karolinum.
- Hyde, S. R. (1968).** Nose trumpet: apparatus for separating the oral and nasal outputs in speech. Nature, 219, str. 763-765.
- Chen, M. (1997).** Acoustic correlates of English and French nasalized vowels. Journal of the Acoustical Society of America, 102, str. 2360-2370.
- Chomsky, N. & Halle, M. (1968).** The Sound Pattern of English. London: Harper & Row.
- Iivonen, A. (1998).** Intonation in Finnish. In: D.Hirst a A.Di Cristo (Eds.), Intonation Systems. str. 311-327. Cambridge: CUP.
- Jusczyk, P. W. (1992).** Developing Phonological Categories from the Speech Signal. In C.A.Ferguson, L.Menn, & C.Stoel-Gammon (Eds.). Phonological Development: Models, Research, Implications, str. 17-64. Timonium, Maryland: York Press.
- Jusczyk, P. W. (1993).** From general to language-specific capacities: the WRAPSA Model of how speech perception works. Journal of Phonetics, 21, str. 3-28.
- Kaburagi, T., Wakamiya, K. & Honda, M. (2005).** Three-dimensional electromagnetic articulography: A measurement principle. Journal of the Acoustical Society of America, 118, str. 428-443.
- Kay Elemetrics Corp. (2003).** Nasometer II, Model 6400: Installation, operations, and maintenance manual. New Jersey.
- Kiritani, S. (1986).** X-ray microbeam method for measurement of articulatory dynamics - techniques and results. Speech Communication, 5, str. 119-140.



- Kiritani, S., Itoh, K. & Fujimura, O. (1975).** Tongue-pellet tracking by a computer-controlled x-ray microbeam system. *Journal of the Acoustical Society of America*, 57, str. 1516-1520.
- Kollia, H. B., Gracco, V. L. & Harris, K. S. (1995).** Articulatory organization of mandibular, labial, and velar movements during speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 98, str. 1313-1324.
- Krakow, R. A. (1993).** Nonsegmental influences on velum movement patterns: syllables, sentences, stress, and speaking rate. In: M.K.Huffman & R.A.Krakow (Eds.). *Phonetics and Phonology. Volume 5. Nasals, Nasalization, and the Velum*, str. 87-116. New York: Academic Press.
- Krakow, R. A., Bell-Berti, F. & Wang, Q. (1991).** Supralaryngeal patterns of declination: labial and velar kinematics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 90, str. 2343.
- Krakow, R. A. & Huffman, M. K. (1993).** Instruments and techniques for investigating nasalization and velopharyngeal function in the laboratory: an introduction. In: M.K.Huffman & R.A.Krakow (Eds.). *Phonetics and Phonology. Volume 5. Nasals, Nasalization, and the Velum*, str. 3-59. New York: Academic Press.
- Kuehn, D. P. & Moller, K. T. (2000).** Speech and language issues in the cleft palate population: the state of the art. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 37, str. 1-35.
- Kuehn, D. P. & Moon, J. B. (1994).** Levator veli palatini muscle activity in relation to intraoral air pressure variation. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, str. 1260-1270.
- Kühnert, B. & Nolan, F. (1999).** The origin of coarticulation. In: W.J.Hardcastle & N.Hewlett (Eds.). *Coarticulation: Theory, Data and Techniques*, str. 7-30. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kurowski, K. M. & Blumstein, S. E. (1993).** Acoustic properties for the perception of nasal consonants. In: M.K.Huffman & R.A.Krakow (Eds.). *Phonetics and Phonology. Volume 5. Nasals, Nasalization, and the Velum*, str. 197-222. New York: Academic Press.

- Ladd, D. R. (1988).** Declination “reset” and the hierarchical organization of utterances. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84, str.530-544.
- Ladefoged, P. (1993).** *A Course in Phonetics*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Liberman, A. M. (1996).** *Speech: a special code*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Liberman, M. & Pierrehumbert, J. (1984).** Intonational invariance under changes in pitch range and length. In: M.Aronoff & R.T.Oehrle (Eds.), *Language Sound Structure*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lindblom, B. (1963).** Spectrographic study of vowel reduction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 35, str. 1773-1781.
- Lindblom, B. (1987).** Adaptive variability and absolute constancy in speech signals: two themes in the quest for phonetic invariance. *Proceedings of 11<sup>th</sup> International Congress Phonetic Sciences*, Tallinn, str. 9-18.
- Lindblom, B. (1990).** Explaining phonetic variation: A sketch of the H&H theory. In *Speech Production and Speech Modeling*, W.J.Hardcastle & A.Marchal, (Eds.). Kluwer: Dordrecht.
- Lindqvist-Gauffin, J. & Sundberg, J. (1976).** Acoustic properties of the nasal tract. *Phonetica*, 33, str. 161-168.
- Litzaw, L. L. & Dalston, R. M. (1992).** The effect of gender upon nasalance scores among normal adult speakers. *Journal of Communication Disorders*, 25, str. 55-64.
- Maeda, S. (1982a).** The role of the sinus cavities in the production of nasal vowels. *Proceedings of ICASSP*, str. 911-914.
- Maeda, S. (1982b).** Acoustic correlates of vowel nasalization: A simulation study. *Journal of the International Phonetic Association*, 72, str. S102.
- Maeda, S. (1993).** Acoustics of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels. In: M.K.Huffman & R.A.Krakov (Eds.). *Phonetics and Phonology. Volume 5. Nasals, Nasalization, and the Velum*, str. 147-167. New York: Academic Press.

- Mannell, R., Harrington, J. & Cox, F. (2005).** An Introduction to Phonetics and Phonology. Version 3.4.  
<http://www.ling.mq.edu.au/speech/phonetics/phonetics/index.html>
- Manuel, S. (1999).** Cross-language studies: relating language-particular coarticulation patterns to other language-particular facts. In: W.J.Hardcastle & N.Hewlett (Eds.). Coarticulation: Theory, Data and Techniques, str. 179-198. Cambridge: Cambridge University Press.
- Manuel, S. Y. & Krakow, R. A. (1995).** Correlating movement and acoustic measures of nasalization. Journal of the Acoustical Society of America, 97, str. 3365.
- Mitterer, H. (2006).** On the causes of compensation for coarticulation: Evidence for phonological mediation. Perception & Psychophysics, 68, str. 1227-1240.
- Moll, K. L. (1968).** Speech characteristics of individuals with cleft lip and palate. In: D.C.Spiestersbach & D.Sherman (Eds.). Cleft Palate And Communication, str. 61-118. New York: Academic Press.
- Moll, K. L. & Daniloff, R. G. (1971).** Investigation of the timing of velar movements during speech. Journal of the Acoustical Society of America, 50, str. 678-684.
- Moon, J. (1990).** The influence of nasal patency on accelerometric transduction of nasal bone vibration. Cleft Palate Journal, 27, str. 266-270.
- Mra, Z., Sussman, J. E. & Fenwick, J. (1998).** HONC Measures in 4- to 6-year-old children. Cleft Palate-Craniofacial Journal, 35, str. 408-414.
- Narayanan, S., Nayak, K., Lee, S., Sethy, A. & Byrd, D. (2004).** An approach to real-time magnetic resonance imaging for speech production. Journal of the Acoustical Society of America, 115, str. 1771-1776.
- Nellis, J. L., Neiman, G. S. & Lehman, J. A. (1992).** Comparison of Nasometer and listener judgments of nasality in the assessment of velopharyngeal function after pharyngeal flap surgery. Cleft Palate-Craniofacial Journal, 29, str. 157-163.
- Netter, F. H. (2003).** Anatomický atlas člověka. Praha: Grada Publishing.
- Ohala, J. J. (1971).** Monitoring Soft Palate Movements in Speech. Project on Linguistics Analysis Reports (Berkeley), str. 13.

- Ohala, J. J. (1993).** Coarticulation and phonology. *Language and Speech*, 36, str.155-170.
- Palková, Z. & Volín, J. (2003).** The role of F0 contours in determining foot boundaries in Czech. In: *Proceedings of 15<sup>th</sup> ICPhS*, str. 1783-1786. Barcelona: Organizing Committee.
- Petrovický, P. & Doskočil, M. (2001a, b).** *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi*, I. svazek (pohybové ústrojí), II. svazek (orgány a cévy). Martin: Vydavatelstvo Osveta.
- Pruthi, T. & Espy-Wilson, C. Y. (2007).** Acoustic parameters for the automatic detection of vowel nasalization. *Proceedings of ICPhS, Saarbrücken*, str. 1925-1928.
- Reddy, N. P., Simcox, D. L., Gupta, V., Motta, G. E., Coppenger, J., Das, A. & Buch, O. (2000).** Biofeedback therapy using accelerometry for treating dysphagic patients with poor laryngeal elevation: Case studies. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37 str. 361-372.
- Roach, P. (2000).** *English Phonetics and Phonology*. Cambridge: CUP.
- Rochet, A. P. & Rochet, B. L. (1999).** Patterns of assimilation nasality in English as a function of vowel height. *Proceedings of ICPhS, San Francisco*, str. 699-702.
- Romportl, M. (1973).** Zur akustischen Analyse und Klassifizierung der Nasale. In: *Studies in phonetics*, str. 78-83. Praha: Academia.
- Rossato, S., Badin, P. & Bouaouni, F. (2003).** Velar movements in French: An articulatory and acoustical analysis of coarticulation. *Proceedings of ICPhS, Barcelona*, str. 3141-3144.
- Seaver, E. J., Karnell, M. P., Gasparaitis, A. & Corey, J. (1995).** Acoustic rhinometric measurements of changes in velar positioning. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 32, str. 49-54.
- Sefton, S. E. & Beddor, P. S. (2005).** Nasals and nasalization: The interplay between segmental duration and coarticulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 117, str. 2620.
- Shockey, L. (2003).** *Sound patterns of spoken English*. Oxford: Blackwell Publishing.

- Skarnitzl, R. (2005a).** Symmetricity of Czech vowel-nasal and nasal-vowel transitions in separated oral-nasal recordings. In: R. Vích (Ed.), *Electronic Speech Signal Processing, Proceedings of the 16th Conference joined with the 15th Czech-German Workshop "Speech Processing"*, Studentexte zur Sprachkommunikation: Band 36, str. 68-75. Dresden: Verlag der Wissenschaften.
- Skarnitzl, R. (2005b).** Nasality in Speech. *ATE Newsletter*, 16, str. 30-33.
- Skarnitzl, R. (2005c).** English Word Stress in the Perception of Czech Listeners. In: J.Čermák, A.Klégr, M.Malá & P.Šaldová (Eds.), *Patterns, A Festschrift for Libuše Dušková*, str. 183-194. Praha: Kruh moderních filologů.
- Skarnitzl, R. (v tisku, očekáváno 2008).** Nazalita v řeči rozhlasových moderátorů. *Čeština doma i ve světě*.
- Solé, M.-J. (1992).** Phonetic and phonological processes: the case of nasalization. *Language and Speech*, 35, str. 29-43.
- Sovák, M. (1978).** Uvedení do logopedie. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Sovák, M. (1984).** Logopedie předškolního věku. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Stevens, K. N. (1998).** *Acoustic Phonetics*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Sussman, H. M., Fruchter, D. & Cable, A. (1995).** Locus equations derived from compensatory articulation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, str. 3112-3124.
- Sussman, H. M., Bessell, N., Dalston, E. & Majors, T. (1997).** An investigation of stop place of articulation as a function of syllable position: A locus equation perspective. *Journal of the Acoustical Society of America*, 101, str. 2826-2838.
- Škodová, E., Jedlička, I. a kol. (2003).** *Klinická logopedie*. Praha: Portál.
- Tanowitz, J. & Beddor, P. S. (1997).** Temporal characteristics of coarticulatory vowel nasalization in English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 101, str. 3194.

- Tihelka, D. & Matoušek, J. (2006).** Unit selection and its relation to symbolic prosody: a new approach. Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Spoken Language Processing, Interspeech 2006. Pittsburgh, str. 2042-2045.
- Tronnier, M. (1999).** Variation in pre-nasal vowels in Osaka Japanese. Proceedings of ICPHS, San Francisco, str. 391-394.
- Vaissière, J. (1988).** Prediction of articulatory movement of the velum from phonetic input. *Phonetica*, 45, str. 122-139.
- Vatikiotis-Bateson, E. & Fowler, C. A. (1988).** Kinematic analysis of articulatory declination. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84, str. S128.
- Vayra, M. & Fowler, C. A. (1992).** Declination of supralaryngeal gestures in spoken Italian. *Phonetica*, 49, str. 48-60.
- Veroňková, J. (2004).** Dependence of individual speech rate on speech task. In: Z.Palková & J.Veroňková (Eds.), *AUC Philologica 1/2004, Phonetica Pragensia X*, Praha: Karolinum, str. 79-95.
- Vokurka, M., Hugo, J. a kol. (2005).** *Velký lékařský slovník*, 5. vydání. Praha: Maxdorf.
- Warren, D. W., Dalston, R. M. & Mayo, R. (1993).** Aerodynamics of nasalization. In: M.K.Huffman & R.A.Krakov (Eds.), *Phonetics and Phonology. Volume 5. Nasals, Nasalization, and the Velum*, str. 119-146. New York: Academic Press.
- Warren, D. W., Rochet, A. P., Dalston, R. M. & Mayo, R. (1992).** Controlling changes in vocal tract resistance. *Journal of the Acoustical Society of America*, 91, str. 2947-2953.
- Watterson, T., Lewis, K. E. & Deutsch, C. (1998).** Nasalance and nasality in low pressure and high pressure speech. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 35, str. 293-298.
- Watterson, T., Lewis, K. E. & Foley-Homan, N. (1999).** Effect of stimulus length on nasalance scores. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 36, str. 243-247.
- Watterson, T., York, S. L. & McFarlane, S. C. (1994).** Effects of vocal loudness on nasalance measures. *Journal of Communication Disorders*, 27, str. 257-262.

**Wells, J. C. (1982).** Accents of English 2: The British Isles. Cambridge: Cambridge University Press.

**Young, L. H., Zajac, D. J., Mayo, R. & Hooper, C. R. (2001).** Effects of vowel height and vocal intensity on anticipatory nasal airflow in individuals with normal speech. Journal of speech, language, and hearing research, 44, str. 52-60.

[http://www.superduperinc.com/P\\_Pages/pe2166\\_2167.htm](http://www.superduperinc.com/P_Pages/pe2166_2167.htm) (staženo 10.9.2007)

## 13. Přílohy

### 13.1. Příloha 1 - skórovací listy v percepčním testu

#### Nazalizace u vokálů

*A*

Uslyšíte dvojice hláskových spojení [sVs], ve kterých je prostřední samohláska do různé míry nazalizovaná.

Zakroužkujte samohlásku, kterou považujete za silněji nazalizovanou.

Pokud se vám zdají obě samohlásky stejné, nekroužkujte žádnou.

0.	e	e
0.	a	a

1. e e	11. e e	21. e e
2. a a	12. a a	22. i i
3. i i	13. i i	23. u u
4. e e	14. o o	24. a a
5. o o	15. e e	25. o o
6. i i	16. u u	26. e e
7. u u	17. a a	27. i i
8. o o	18. i i	28. o o
9. u u	19. u u	29. a a
10. a a	20. o o	30. u u

A B C D



## Nazalizace u vokálů

B

Uslyšíte dvojice hláskových spojení [sVs], ve kterých je prostřední samohláska do různé míry nazalizovaná.

Zakroužkujte samohlásku, kterou považujete za silněji nazalizovanou.

Pokud se vám zdají obě samohlásky stejné, nekroužkujte žádnou.

0. e e
0. a a

1. i i	11. e e	21. a a
2. a a	12. a a	22. i i
3. e e	13. e e	23. u u
4. u u	14. o o	24. e e
5. o o	15. i i	25. o o
6. a a	16. u u	26. a a
7. e e	17. u u	27. i i
8. u u	18. i i	28. o o
9. o o	19. a a	29. e e
10. i i	20. o o	30. u u

A B C D

## **13.2. Příloha 2 - souvislé texty použité v Experimentu III a Experimentu IV**

### **13.2.1. Český text**

Martin Kopeček, zaměstnanec jedné zahraniční banky, se dnes po práci sešel se svou kamarádkou Lenkou na Mattonku. Scházeli se takhle každý druhý týden, už od studií na ekonomce. Martin řekl, že se svou manželkou Blankou pojede na dovolenou do Norského přístavního města Alesund.

„Do Norska se asi nikdy nepodívám, já maximálně tak do Boubínské džungle,“ poznamenala smutně Lenka. „Hlavně není nikdo, s kým bych tam jela. A mimoto na pořádnou dovolenou z učitelského platu nikdy nenašetřím.“

„To nemůžeš vědět,“ řekl Martin konejšivým hlasem, „to nikdy není tak horké. Věř mi!“

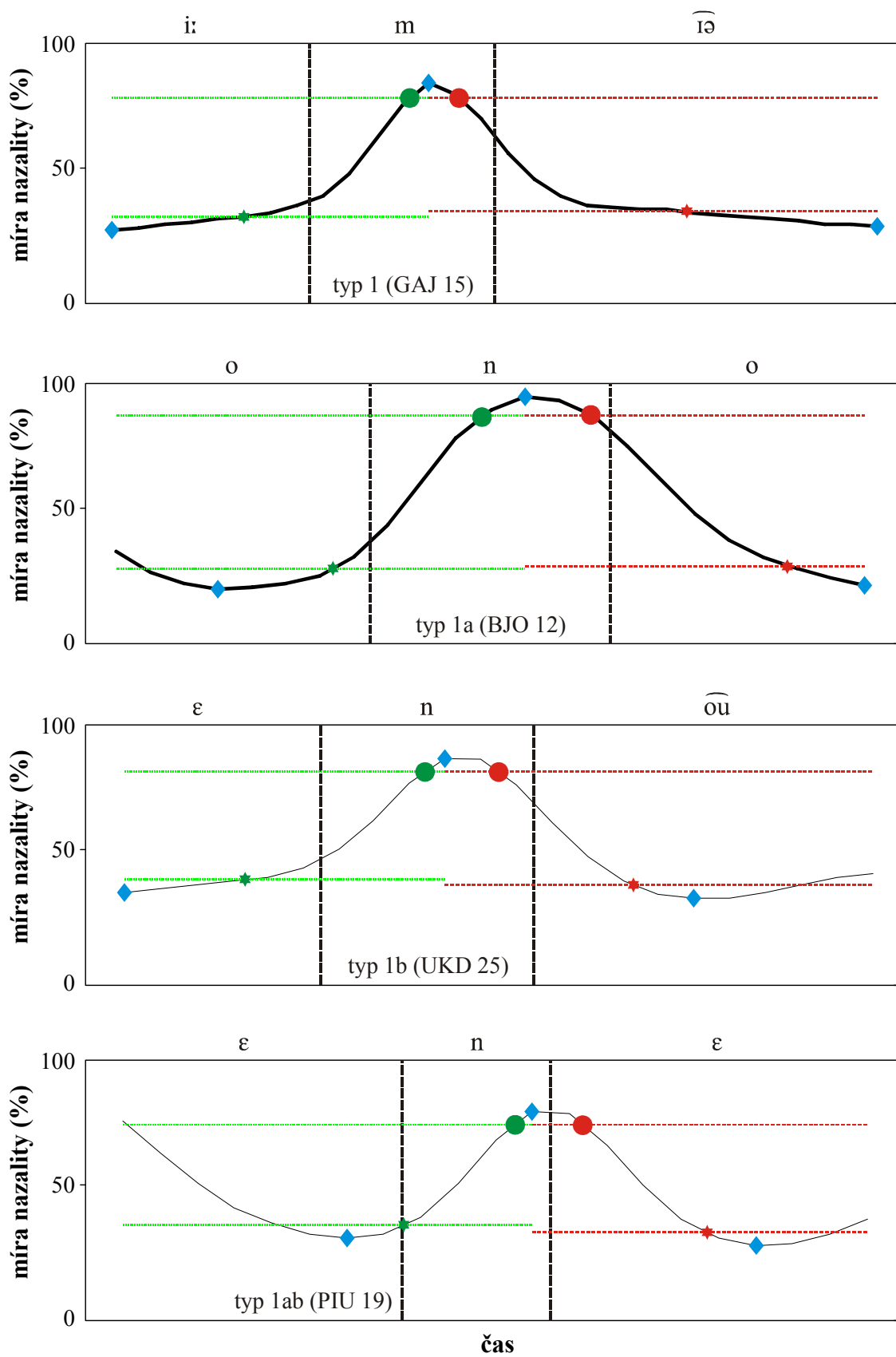
### **13.2.2. Anglický text**

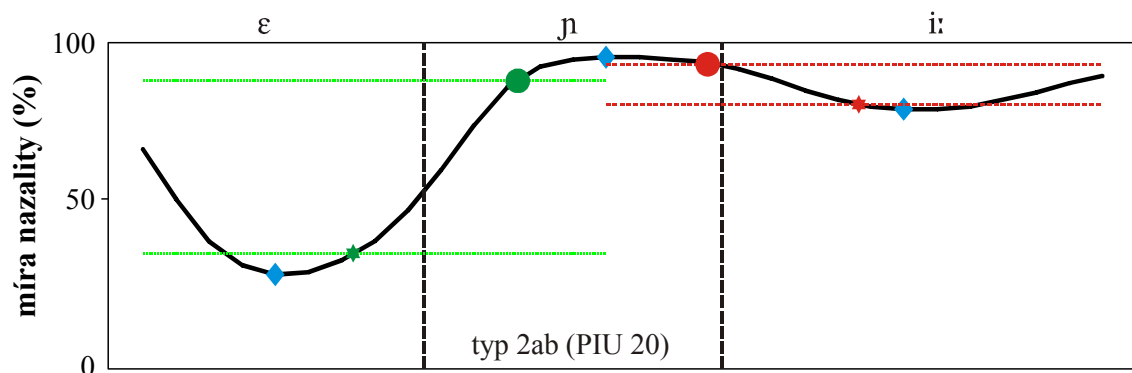
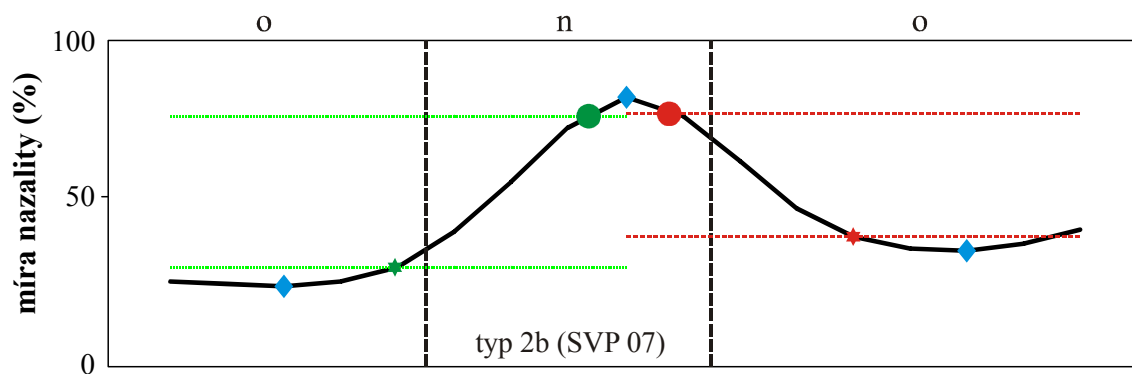
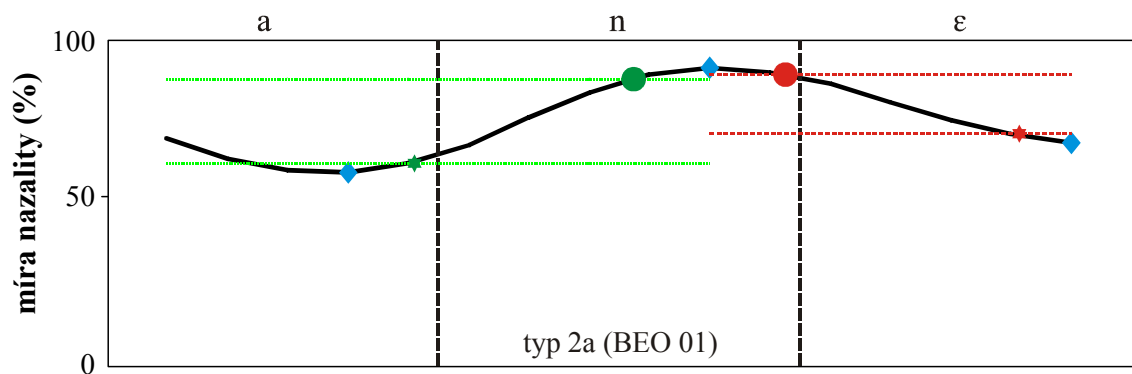
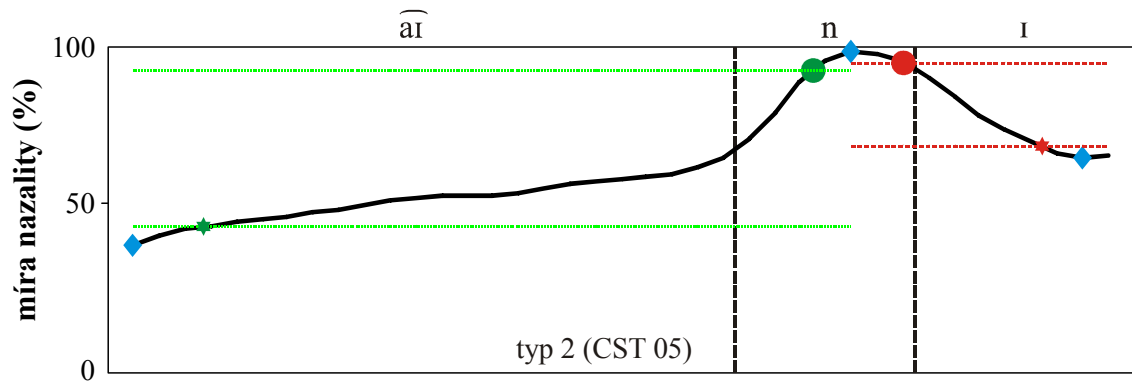
Martin Callister, an employee of a multinational bank, met with his friend Sammy for a glass of wine. They have been meeting like this every other week, since their graduation from the university of economy. Martin said that he was going with his wife Sandra for vacations to the Norwegian town of Alesund.

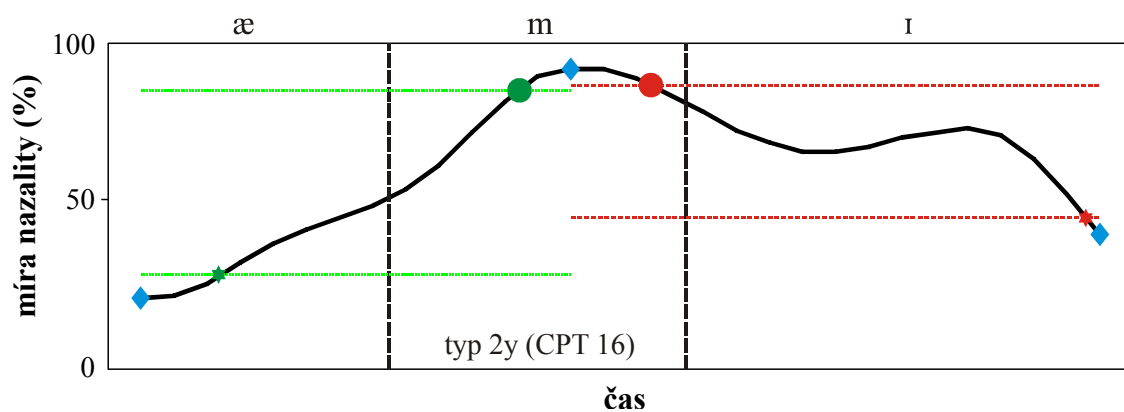
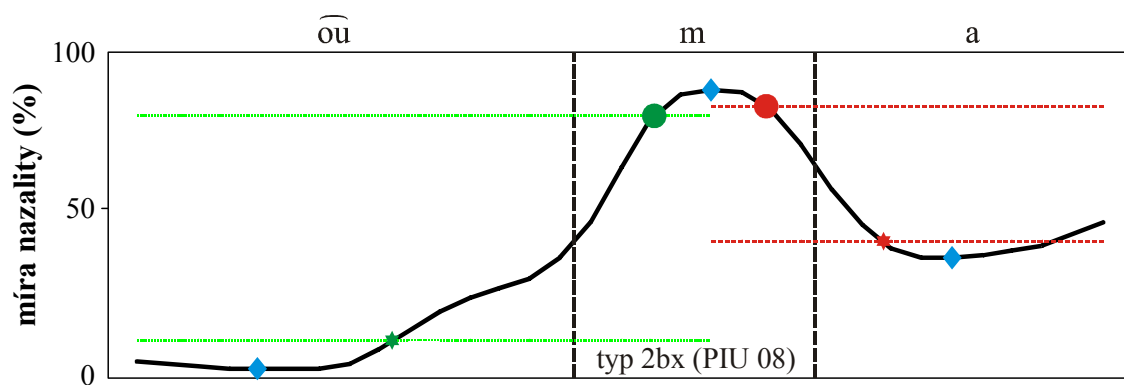
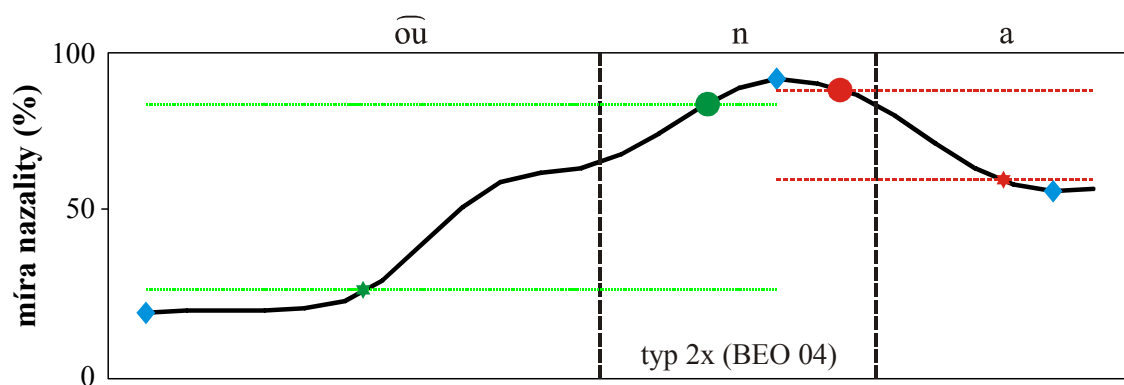
“I doubt I will ever see Norway, the best that’s in store for me is the jungle in South Bohemia,” Sammy said sadly. “Most importantly, there is no one who could go with me. And I’m not mentioning the fact that I will hardly ever save enough money for a real vacation from my teacher’s salary.”

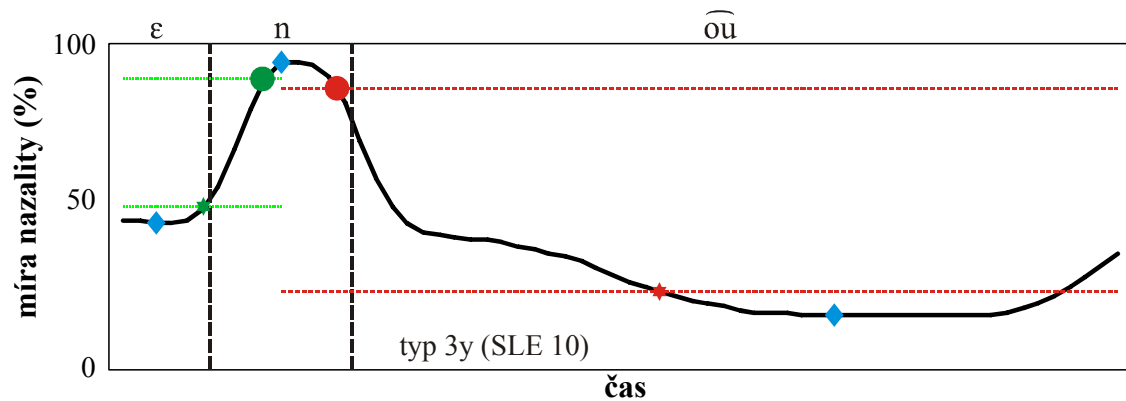
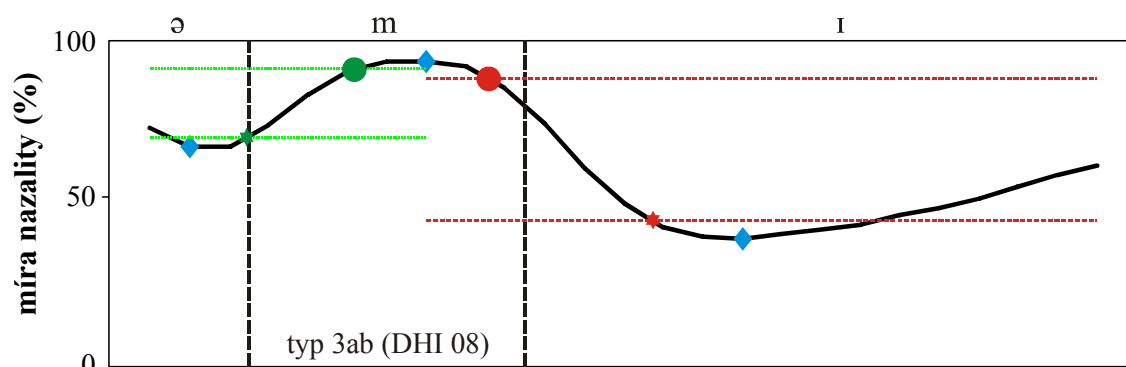
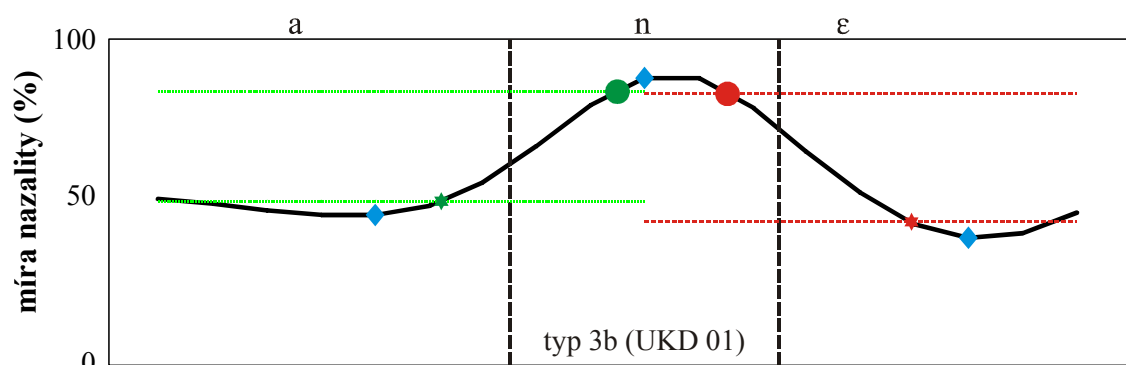
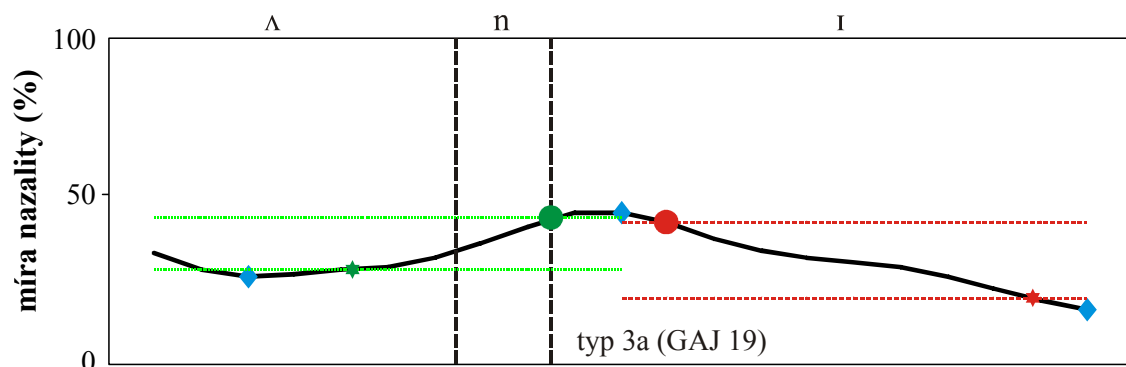
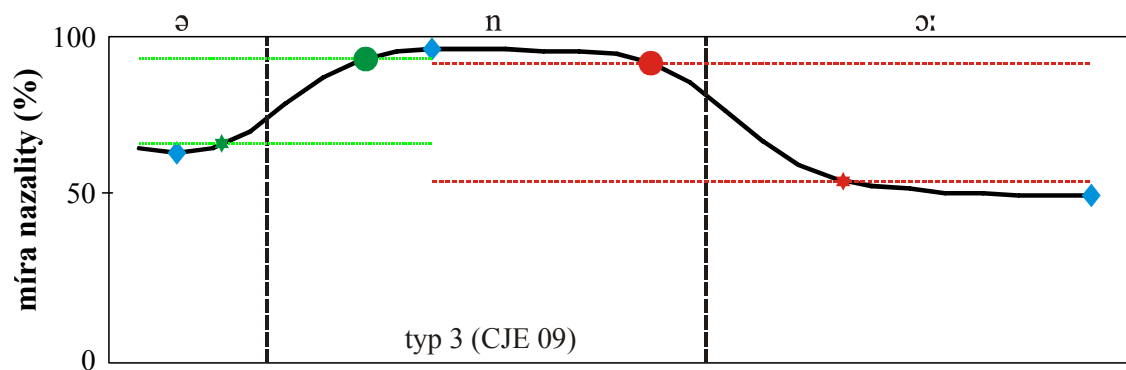
“You can’t know that,” Martin said consolingly. “Things are never as bad as they seem. Trust me!”

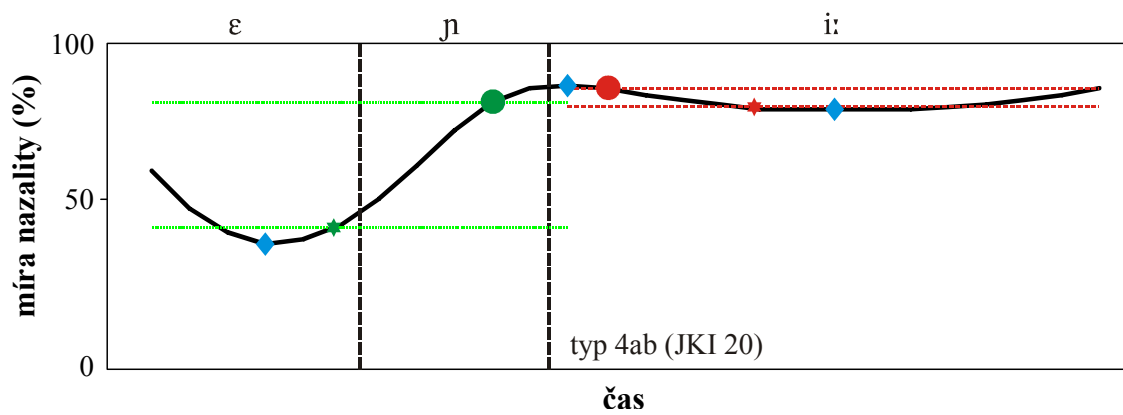
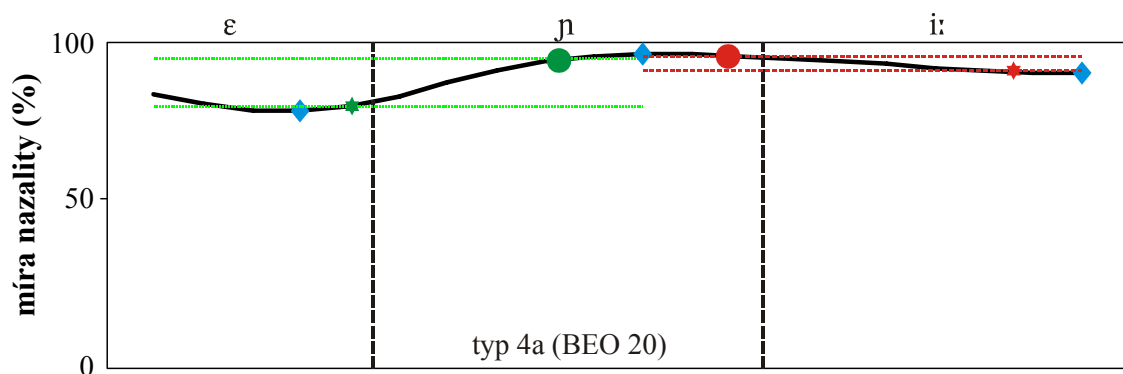
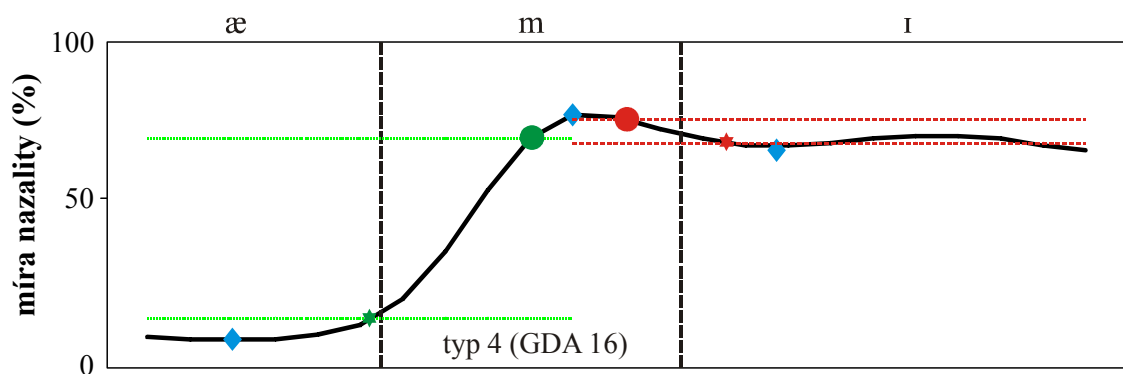
### 13.3. Příloha 3 - ukázka zaznamenaných typů a podtypů průběhu nazalality

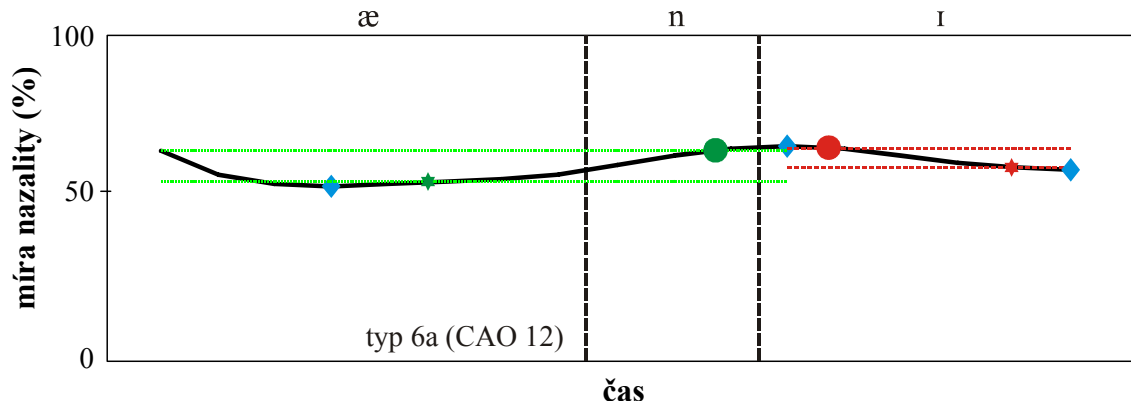
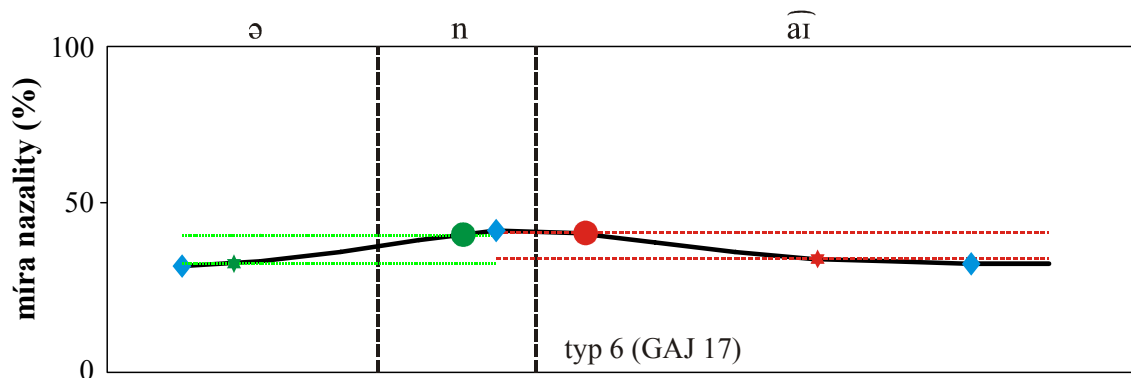
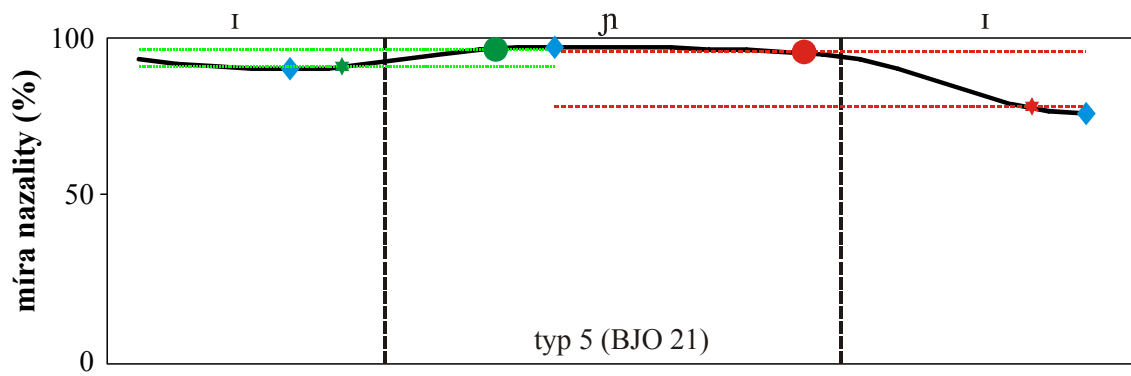














### 13.4. Příloha 4 - CD s ukázkami

Příložený CD-ROM obsahuje celkem tři složky:

- ve složce „1. text“ se nachází celý text této práce
- složka „2. nahrávky“ obsahuje zvukové ukázky
  - Experiment I - ukázka logatomů [a:Va:] od jednoho mluvčího
  - Experiment II - spojení [sV:s] s původní i manipulovanou nazalitou
    - např. SAS0 znamená původní nenazalizovaný vokál, SAS3 třetí (nejvyšší) stupeň manipulované nazality
  - Experiment III a IV - jeden český a jeden anglický text
    - složka obsahuje akustický signál (z mikrofону) a nazometrický filtrovaný stereo signál
- ve složce „3. ukázky dat“ se nacházejí vybraná data z Experimentu III a IV
  - Experiment III - datový list jednoho mluvčího se zdrojovými daty pro vícenásobnou regresní analýzu
    - dva příklady slova *přístavního* s elidovaným [ɸ]
  - Experiment IV - datový list jednoho mluvčího s parametry křivky nazality
    - příklady spojení *nikdy ne(podívám)* a *do Norska* s nekanonickým /d/