

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Filozofická fakulta

Katedra bohemistiky

Bakalářská práce

Akustická analýza vokálů rodilých mluvčích

Acoustic Analysis of Vowels of Native
Speakers

Kateřina Kalová

Česká filologie – Anglická filologie

3. ročník

Vedoucí práce: PhDr. Petr Pořízka, Ph.D.

Olomouc 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité zdroje.

V Olomouci dne 16. 4. 2017

Kateřina Kalová

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat PhDr. Petru Pořízkovi, Ph.D., za cenné rady a připomínky, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	6
1 Obecné rysy vokálů.....	8
1.1 Vokály a konsonanty	8
1.2 Vokalická artikulace	9
1.2.1 Pozice jazyka.....	9
1.2.2 Postavení rtů.....	10
1.2.3 Vokalická délka.....	10
1.2.4 Nosovost.....	11
1.3 Artikulace diftongů.....	11
1.4 Formanty	12
2 Vokalický systém češtiny.....	16
2.1 Artikulační popis vokálů	16
2.1.1 Monoftongy.....	16
2.1.2 Diftongy	18
2.2 Akustický popis vokálů	18
2.2.1 Hodnoty F1 a F2	18
2.2.2 Rozdíly v kvalitě dlouhých a krátkých vokálů.....	20
2.2.3 Trvání vokálů	21
2.3 Odchyly od standardu.....	23
2.3.1 Nářeční odchyly	23
2.3.2 Nedbalá výslovnost	23
3 Práce s naměřeným materiálem	25
3.1 Fonetická segmentace hlásek	25
3.2 Metody pro normalizaci hodnot formantů.....	27
4 Materiál a metoda práce	28
4.1 Zvukový materiál	28

4.2	Metoda práce	29
4.2.1	Výběr mluvčích	29
4.2.2	Pořízení nahrávek	30
4.2.3	Určování hranic segmentů	31
4.3	Měření formantů a délky vokálů	31
4.4	Normalizace hodnot formantů	32
5	Akustická analýza	34
5.1	Zaměření	34
5.2	Zápis znaků	35
5.3	Formanty monoftongů	35
5.4	Délka vokálů	38
5.5	Formanty diftongů	39
5.6	Délka diftongů	40
5.7	Shrnutí	41
	Závěr	43
	Anotace	44
	Resumé	45
	Literatura	46
	Internetové zdroje	46
	Přílohy	48

Úvod

Každý jazyk se postupem času vyvíjí a s ním i jeho vokalický systém. Dochází ke vzniku i zániku některých samohlásek, ale i k modifikaci výslovnosti hlásek stávajících. I popis vokalického systému jazyků prochází neustálým vývojem. V roce 1863 byl sestrojen tzv. Helmholtzův rezonátor, který sloužil k analýze a napodobení samohláskových zvuků. Od této doby bylo možné popisovat vokály jak z hlediska artikulačního, tak z hlediska rezonančních frekvencí vokálního traktu – formantů. Tyto formanty se staly nejpoužívanějšími parametry pro popis vokalických systémů v různých světových jazycích. Popis samohlásek pomocí formantů umožňuje odlišit jednotlivé samohlásky pomocí prvních dvou frekvencí, a tudíž je schopen zobrazit daný vokalický systém dvojrozměrně. V oblasti psychoakustiky pak vzniklo několik studií, které se zabývaly normalizací hodnot formantů a přispěly tak cennými informacemi ke stávajícím postupům a popisům.

V českém jazykovém prostředí se vývoj popisu jazyka odráží zejména v hledání referenčních hodnot formantů pro jednotlivé samohlásky. Existuje tak vedle sebe několik referenčních hodnot, které byly získány různými metodami. V současnosti jsou tyto referenční hodnoty revidovány a ověřovány na aktuálních datech. Kromě toho nové studie revidují i teorie týkající se vokalické délky.

Pro svou bakalářskou práci jsem si vybrala téma *Akustická analýza vokálů rodilých mluvčích*. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části se věnuji obecným rysům vokálů a jejich charakteristice z hlediska artikulačního i akustického. Dále se věnuji vokalickému systému češtiny, představuji tradiční i nové teorie a věnuji se odchylkám od standardu češtiny. Uvádím také metody fonetické segmentace hlásek a normalizace hodnot formantů. V praktické části vycházím z nahrávek pořízených z několika českých korpusů. Pro vlastní analýzu používám program Praat, díky kterému lze měřit jednotlivé formanty vokálů i vokalickou délku.

Při výběru mluvčích je určujícím kritériem to, aby v jejich projevech byly zastoupeny pokud možno všechny vokály, včetně periferních. Z tohoto důvodu a z důvodu malého vzorku mluvčích není možné zaručit geografickou rozrůzněnost mluvčích. V analýze se nevěnuji každému mluvčímu odděleně, ale pracuji s hodnotami pro jednotlivé vokály jak u všech mluvčích, tak u mužů a žen zvlášť.

Při analýze se věnuji formantům a délce monoftongů a diftongů. Využívám přitom srovnání jak s tradičními, tak s novými poznatky. Při analýze monoftongů

se v první fázi zaměřuji na hodnoty formantů. Zajímají mě nejen výsledné hodnoty formantů, ale i srovnání, zda se mnou naměřené hodnoty liší od tradičních referenčních hodnot i nově naměřených. Cílem je zjistit, jestli se formantová pásma vokálů změnila, případně jakým směrem. V druhé fázi výzkumu vokálů se věnuji vokalické délce. Zde se nezajímám o absolutní hodnoty, ale spíše o poměr krátkých a dlouhých vokálů a následné srovnání jak s tradičními, tak s novými teoriemi.

Při formantové analýze diftongů využívám srovnání s analýzou monoftongů. Zajímá mě, zda se formanty jednotlivých částí diftongu liší od odpovídajících monoftongů. Při analýze trvání diftongů vycházím z tradičních popisů, které uvádějí, že délka obou částí dvojhlásky je zhruba stejná, a ověřuji tyto teze v praxi.

Výsledky práce řádně okomentuji v jednotlivých oddílech praktické části práce a následně je uvedu v závěrečném shrnutí.

1 Obecné rysy vokálů

1.1 Vokály a konsonanty

Řečové zvuky se tradičně dělí na dvě skupiny, a to vokály a konsonanty. Při výslovnosti vokálů je vokální trakt relativně otevřený a při výdechu vzduchu se v něm netvoří překážky. Konsonanty jsou naopak charakteristické zúžením vokálního traktu a na některých místech dochází k zahrazení výdechového proudu vzduchu překážkou. Podle charakteru překážky konsonanty dělíme na několik tříd. Umístění překážky dělí konsonanty podle místa artikulace, velikost překážky pak rozděluje konsonanty s odlišným způsobem artikulace. Činnost hlasivek dále dělí konsonanty na znělé a neznělé.

Avšak ne všechny hlásky mají jednoznačný charakter. U obstruentů, kam lze zařadit okluzivy, semiokluzivy a konstriktivy, je výdechový proud vzduchu skutečně zahrazen natolik, že jejich zařazení mezi konsonanty je jednoznačné. Naproti tomu u skupiny sonor je situace složitější. Sonory jsou svou akustickou charakteristikou podobné vokálům. Při jejich artikulaci je vokální trakt zúžen jen mírně, proto také, stejně jako vokály, tvoří formantovou strukturu. Například aproximanta /j/ je akusticky i percepčně podobná s vokálem /i/, anglické /v/ je blízké vokálu /u/. Je to dáno tím, že aproximanty se oproti jiným konsonantům vyznačují nejotevřenějším vokálním traktem, který se blíží výslovnosti zavřených vokálů. Díky podobnosti s vokály také sonory ze své podstaty tvoří znělostní páry, neztrácí se jejich tónový charakter, jsou tedy pouze znělé. Sonory jsou také schopny tvořit jádro slabiky, což je typické pro vokály. Podle Palkové¹ jsou mezi slabikotvorné sonory zařazeny hlásky /r/, /l/, /m/, sonora /n/ se jako slabikotvorná vyskytuje v některých nářečích jako zástupce sonory /m/, popř. ve výslovnosti přejatých slov. Přes veškerou podobnost s vokály jsou však sonory řazeny ke konsonantům, a to díky konsonantické funkci – některé sonory jsou sice schopny stát v jádře slabiky, jejich hlavní pozice je ale v onsetu a kodě, tedy v hranách slabiky.

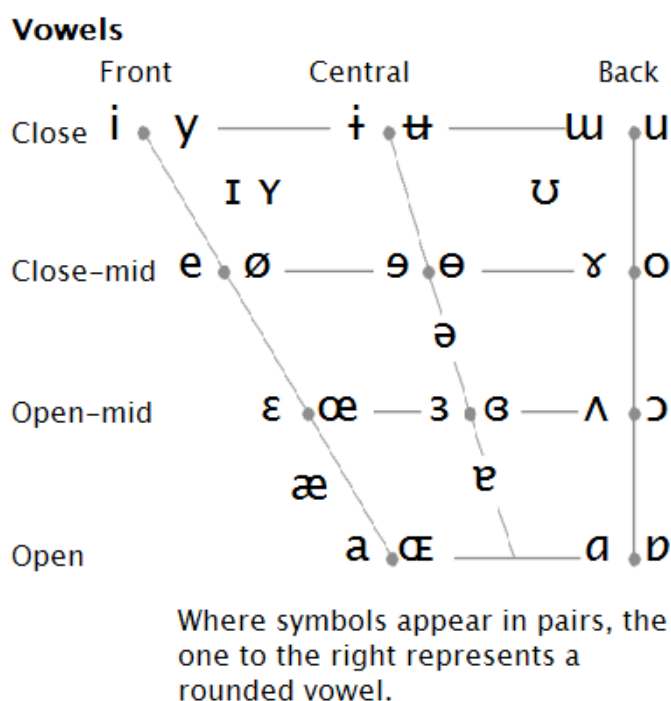
¹ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 270.

1.2 Vokální artikulace

Jak již bylo zmíněno, vokální artikulace se vyznačuje relativně otevřeným vokálním traktem a absencí překážky, výsledný zvuk má tónový charakter. O kvalitě takovýchto tónových zvuků rozhoduje velikost a tvar jednotlivých dutin vokálního traktu. Vokály jsou odlišeny podle postavení jazyka v ústní dutině a také podle tvaru retní štěrbin.

1.2.1 Pozice jazyka

Posun jazyka probíhá ve směru horizontálním a vertikálním a tvoří základ klasifikace vokálů v daném jazyce. Obrázek 1 zobrazuje rozdělení vokálů podle mezinárodní tabulky IPA (International Phonetic Alphabet).



Obrázek 1: Rozdělení vokálů podle tabulky IPA. V případě, že jednu pozici obsazují dva vokály, vokál více vpravo je labializovaný. (Převzato z: INTERNATIONAL PHONETIC ASSOCIATION. *International Phonetic Association* [online]. 2015 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <https://www.internationalphoneticassociation.org/>.)

Ve směru horizontálním jazyk odděluje pásma přední a zadní. Přední pásmo je charakterizováno posunem jazyka směrem k tvrdému patru, v zadním pásmu se jazyk posouvá proti měkkému patru. Mezi předním a zadním pásmem se poté nachází pásmo střední, které je či není obsazováno v závislosti na formálním uspořádání systému, tj. na tom, zda je při popisu jazyka použit vokální trojúhelník, či čtyřúhelník.

Vertikální pohyb jazyka vymezuje pásmo vysoké a nízké. Jako vysoké jsou označovány samohlásky s nejvyšším postavením jazyka v ústní dutině, samohlásky nízké charakterizuje nejnižší postavení hřbetu jazyka. Mezi nimi se nachází pásmo středové. Ve vysokém pásmu se jazyk přibližuje k paterní klenbě, avšak ne natolik, aby vznikla konsonantická artikulace.

Vertikální pohyb jazyka v ústní dutině také vymezuje samohlásky otevřené a zavřené. U samohlásek otevřených je průchod mezi paterní klenbou a hřbetem jazyka širší. Jejich opak, samohlásky zavřené, mají tento prostor zúžen. Avšak zatímco rozdělení hlásek na vysoké a nízké je používáno absolutně, termíny otevřenosti a uzavřenosti hlásek se používají spíše relativně, při porovnávání mezi dvojicemi vokálů (např. vokál /ɪ/ je zavřenější než vokál /e/).²

1.2.2 Postavení rtů

Kromě velikosti a tvaru dutin vokálního traktu a pozice jazyka v ústní dutině rozhoduje o kvalitě jednotlivých vokálů také tvar retní štěrbiny. Za neutrální je považováno postavení rtů, které vzniká při pootevření úst bez svalového napětí. Při zapojení svalstva rtů pak rozlišujeme tzv. zaostření koutků, tj. pohyb svalů do stran, a labializaci, tj. zaokrouhlení rtů. Stupeň provedení tohoto pohybu je přímo úměrný stupni zavřenosti vokálu. Úroveň použití rozdílu postavení rtů se v různých jazycích liší. Pro většinu jazyků včetně češtiny platí, že přední vokalická řada je nelabializovaná. Avšak např. němčina využívá labializaci i u hlásek předních (např. i–ü, e–ö, srov. *kennen* a *können*).³

1.2.3 Vokalická délka

Některé jazyky včetně češtiny využívají vokalickou délku. Mohou tak vzniknout minimální páry, které mají stejnou kvalitu, ale rozdílnou kvantitu (srov. *peče* – *péče*). Rozsah prodlužování či zkracování doby trvání samohlásky je zpravidla omezen, protože by mohlo dojít k zaměnění krátkého vokálu za dlouhý protějšek a naopak. Z hlediska činnosti artikulačních orgánů lze nalézt vazbu mezi vokalickou kvantitou, vertikální pozicí jazyka a napjatostí. Artikulační pozice dlouhých vokálů bývá zřetelněji vyhrazena, tyto vokály bývají zavřenější a napjatější.⁴

² PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 69.

³ Tamtéž, s. 70.

⁴ Tamtéž, s. 72.

1.2.4 Nosovost

V některých jazycích se využívá nosovosti. Při nosní rezonanci se sníží měkké patro, zruší se patrohltanový závěr a vzduch má možnost proudit nosní dutinou. U jazyků, které odlišují ústní a nosové samohlásky, vzniká kontrast vokálů ústních a nosových (např. francouzština využívá kontrastu a-ã, o-õ atd.). U těchto jazyků se nezdá stávat, že převažují ústní vokály nad nosovými (nikdy opačně) a že některé ústní vokály postrádají svůj nosový protějšek.⁵ Čeština však nosovost nevyužívá.

1.3 Artikulace diftongů

Diftong (dvojhláska) je výsledkem „změny artikulačního postavení v rámci časového kroku, který jinak odpovídá trvání jedné samohlásky“.⁶ Podobně hovoří i Ladefoged⁷, který tvrdí, že diftongy jsou zvuky, které obsahují změnu vokalické kvality během trvání jedné slabiky. Pro existenci diftongu jsou tedy nutná dvě kritéria. Prvním kritériem je změna vokalické kvality, tedy změna artikulačního postavení. Druhým kritériem je tautosylabické postavení dvojhlásky: vzniklý zvuk musí být součástí jedné slabiky. Toto percepčně jazykové kritérium odlišuje diftong od dvou za sebou vyslovených monoftongů (srov. /pou-ze/ a /po-u-čit/).

Diftongy můžeme rozdělit na pravé a nepravé. V pravém diftongu si obě jeho složky zachovávají plnou vokalickou, tyto diftongy se však vyskytují velmi vzácně. V diftongu nepravém si obě fáze artikulace nejsou rovny. Jedna bývá plnější, tvoří jádro diftongu, druhá, méně výrazná, se k fázi první připojuje jako polovokál.

Podle vlastností artikulačního pohybu a artikulačních fází dělí Palková⁸ diftongy dle několika kritérií.

- a) Podle toho, jak zřetelně je vymezena kvalita obou fází artikulace, rozlišujeme dvojhlásky pevné a klouzavé. Pevné diftongy mají výchozí i konečné postavení stabilní, zpravidla se shoduje s některou jednoduchou samohláskou (např. české /ou/). Naproti tomu dvojhlásky klouzavé mají stabilní pouze jádro,

⁵ HAYWARD, Katrina. *Experimental phonetics*. Harlow: Longman, 2000. Longman linguistics library, s. 161.

⁶ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 72.

⁷ LADEFOGED, Peter. *Vowels and consonants: An introduction to the sounds of languages*. Oxford: Blackwells, 2001, s. 27.

⁸ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 72–73.

kvalita druhé části je proměnlivá. Nezáleží zde na poloze, do které by měl jazyk dospět, ale na směru posunu jazyka (např. diftongy v němčině).

- b) Na základě umístění jádra v diftongu rozlišujeme dvojhlasiky klesavé a stoupavé. Klesavé dvojhlasiky mají jádro umístěno v první artikulační fázi, druhou fázi tvoří polovokál (např. české /ou̯/). Diftongy stoupavé naproti tomu mají pořadí opačné, tedy polovokál–jádro (např. slovenské /ia/)
- c) Směr posunu jazyka dělí dvojhlasiky na 3 části:
 - a. Vertikální: posun jazyka probíhá pouze ve směru nahoru či dolů, avšak bez posunu horizontálního (např. český diftong /ou̯/). Někdy se pro tyto diftongy používá označení *stoupavé* a *klesavé* diftongy, avšak v jiném významu než v bodě b).
 - b. Diagonální: posun jazyka probíhá jak ve směru horizontálním, tak ve směru vertikálním (např. český diftong /au̯/).
 - c. Centralizované: posun jazyka probíhá z periferní oblasti artikulačního trojúhelníku do části centrální (např. diftongy v angličtině: /ʊə/, /ɪə/).

1.4 Formanty

Vokální trakt si můžeme představit jako vzduchový sloupec podobný píšťale, který je z jedné strany uzavřen hlasivkami a z druhé strany otevřen retní štěrbinou. Při rozkmitání hlasivek se celá trubice rozvibruje a vzniká zvuk. Trubice vokálního traktu však není na všech místech stejně široká, proto v různých částech vibruje s rozdílnou intenzitou. Ladefoged⁹ používá přirovnání vokálního traktu k lahvi, která má v každé své části jiný tvar a velikost, a proto každá její část při rozvibrování rezonuje odlišně.

Nejjednodušší situace nastává v případě výslovnosti smíšeného redukovaného tónu /ə/, kdy je vokální trakt ve všech svých částech relativně stejně velký, jazyk je ve střední poloze horizontální i vertikální a retní štěrba není zaokrouhlena. Předpokládejme, že délka vokálního traktu člověka je 17,5 cm a průřez 5 cm², což jsou průměrné hodnoty rozměrů mluvního traktu člověka. Frekvenční oblasti, které jsou zesíleny rezonátorem o daných vlastnostech, lze vyjádřit vzorcem:

$$F_n = (2n-1) \times 500 \text{ Hz}$$

⁹ LADEFOGED, Peter. *Vowels and consonants: An introduction to the sounds of languages*. Oxford: Blackwells, 2001, s. 33.

Po dosažení do vzorce zjistíme, že první tři rezonanční frekvence daného vokálního traktu budou 500 Hz, 1500 Hz a 2500 Hz. Neutrální vokální trakt bude harmonické složky blížíící se těmto frekvencím posilovat, ostatní frekvence základního tónu budou utlumovány.¹⁰

Základní tón se označuje jako F_0 . Tento „laryngální hlas“ je pro všechny vokály stejný.¹¹ Změna jeho výšky se v řeči projevuje jako řečová melodie. Tónové zvuky vznikající rezonancí jednotlivých částí vokálního traktu se nazývají formanty (F_1, F_2, \dots, F_n) a lze je vidět na spektrogramu v podobě tmavých pásů. Formanty hrají důležitou roli při popisu jednotlivých vokálů a jejich klasifikaci na základě akustických parametrů.

Dříve se pro označování jednotlivých formantů používaly termíny odvozené od jednotlivých částí vokálního traktu, kde byly jednotlivé formanty lokalizovány.¹² Formant F_1 se označoval jako „formant hrdelní“ a formant F_2 jako „formant ústní“. Od tohoto označování se však upustilo v souvislosti s tím, že na vzniku formantové struktury hlásek se podílí vokální trakt jako komplex.¹³

Modelová hláska /ə/ je nejjednodušší, protože při jejím vyslovení je vokální trakt ve všech částech relativně stejně velký. Změní-li se však tvar a velikost jednotlivých částí vokálního traktu, změní se také frekvenční pásma rezonance a díky tomu budou zesilovány různé harmonické složky základního tónu. Vzniknou tak různé tónové zvuky, které lze identifikovat jako jednotlivé vokály.¹⁴

Pro určení kvality jednotlivých vokálů a jejich odlišení jakožto různých prvků hláskového inventáře hrají důležitou roli zejména hodnoty prvních dvou formantů F_1 a F_2 . Tyto hodnoty jsou nejvíce proměnlivé a záleží zde více na postavení jazyka a rtů než na osobě mluvčího.¹⁵ Hayward¹⁶ jako důkaz myšlenky o důležitosti prvních dvou formantů uvádí pokusy s produkcí umělé řeči, kdy posluchači dokázali odlišit

¹⁰ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 102.

¹¹ Vokální zvuky z akustického a auditivního hlediska. KRČMOVÁ, Marie. *Fonetika a fonologie: zvuková stavba současné češtiny* [online]. Brno: Masarykova univerzita, c2008 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/1499/el/estud/ff/js08/fonetika/ucebnice/index.html>

¹² Tamtéž.

¹³ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 109.

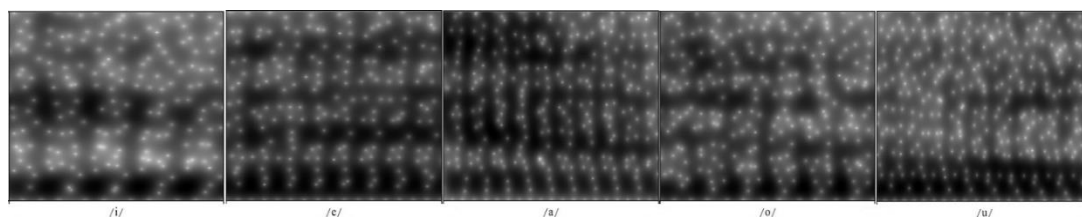
¹⁴ Tamtéž, s. 103.

¹⁵ Tamtéž, s. 106.

¹⁶ HAYWARD, Katrina. *Experimental phonetics*. Harlow: Longman, 2000. Longman linguistics library, s. 151-152.

jednotlivé vokály tvořené pouze formanty F1 a F2. Hodnoty F1 a F2 také umožňují zobrazit daný vokalický systém dvojrozměrně.¹⁷ Formanty F3 a F4 nejsou příliš výrazné při rozlišování jednotlivých vokálů, liší se z hlediska jazyka i hlásky. Formanty F5 a výše jsou závisle spíše na individuálních vlastnostech artikulačního ústrojí jednotlivých mluvčích a a na konkrétní hodnotě základního tónu.¹⁸

Základní relace prvních dvou formantů se v jednotlivých jazykových systémech podobají, odlišné jsou jen konkrétní hodnoty frekvenčních pásem. Obecně platí, že samohlásky i-ové a u-ové mají podobné pásmo prvního formantu. Podobně, i když ne vždy přesně, mají společné pásmo prvního formantu i samohlásky e-ové a o-ové. Druhý formant samohlásky výrazněji odlišuje, každá samohláska má zpravidla své vlastní pásmo F2, u jazykových systémů s vyšším počtem samohlásek však může dojít k překrývání hranic jednotlivých pásem.¹⁹ Obrázek 2 ukazuje spektrogram českých samohlásek v sekvenci i–e–a–o–u. Tmavé pásy odpovídají jednotlivým formantům. Schematické zobrazení českých samohlásek pak zobrazuje obrázek (**Příloha 3**).



Obrázek 2: Spektrogram českých vokálů i–e–a–o–u. Vytvořeno pomocí programu Praat z nahrávek mluvčí KLUS.

Samohlásky i-ové a e-ové, tedy samohlásky vyššího předního pásma, jsou charakteristické velkým rozdílem hodnot F1 a F2. Často zde dochází k percepční integraci F2 a F3, někdy i F4.²⁰ U zadních vysokých samohlásek dochází k vyšší koncentraci energie v nižším frekvenčním pásmu díky nízkým hodnotám formantů F1 a F2. U těchto hlásek může docházet k integraci formantů F1 a F2. Střední otevřené samohlásky mají, podobně jako předchozí skupina vokálů, formanty F1 a F2

¹⁷ SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), s. 7.

¹⁸ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 106

¹⁹ Tamtéž, s. 107.

²⁰ HAYWARD, Katrina. *Experimental phonetics*. Harlow: Longman, 2000. Longman linguistics library, s. 154.

relativně blízko u sebe, avšak hodnoty těchto formantů jsou však posunuty do vyšších frekvencí.

2 Vokální systém češtiny

2.1 Artikulační popis vokálů

Inventář českých samohlásek není příliš rozsáhlý. Jednotlivé hlásky jsou od sebe dobře rozlišitelné a ve všech slabikách si uchovávají své vlastnosti, nepodléhají tedy redukci, jako třeba v případě anglických vokálů. České vokály dále příliš nepodléhají vlivu okolních souhlásek nebo pozici ve slově.²¹

Standardní podoba českého jazyka využívá pět variant kvality a dvě varianty kvantity vokálů. Dále čeština využívá tři diftongy. Tabulka 1 ukazuje výsledný inventář českých vokálů.

krátké monoftongy	ɪ	e	a	o	u
dlouhé monoftongy	i:	e:	a:	o:*	u:
diftongy		eu*	au*	ou	

Tabulka 1: Inventář českých vokálů

Celkem čeština používá 13 vokálních jednotek. Většina z nich je domácího původu, hlásky označené hvězdičkou (*) jsou původu cizího. V češtině se běžně užívají, vyskytují se však pouze v přejatých slovech a odvozeninách.

2.1.1 Monoftongy

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2, z pohledu artikulačního ovlivňuje vznik hlásek zejména posun jazyka ve směru horizontálním, posun ve směru vertikálním a tvar retní štěrbin. Tabulka 2: Vokální systém češtiny Tabulka 2 zobrazuje rozdělení českých samohlásek.

krátké				dlouhé		
ɪ		u	vysoké	i:		u:
e		o	středové	e:		o:
	a		nízké		a:	
přední	střední	zadní		přední	střední	zadní

Tabulka 2: Vokální systém češtiny

²¹ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 170.

Podle posunu jazyka ve směru horizontálním se samohlásky dělí na pásmo přední, střední a zadní. V předním pásmu se vyskytují hlásky /i/, /i:/, /e/ a /e:/, střední pásmo obsazují hlásky /a/, /a:/ a zadní pásmo zahrnuje hlásky /o/, /o:/, /u/ a /u:/.

Posun jazyka ve směru vertikálním odděluje pásmo vysoké, středové a nízké. V pásmu vysokém se nacházejí hlásky /i/, /i:/, /u/ a /u:/, pásmo středové je obsazeno hláskami /e/, /e:/, /o/ a /o:/, pásmo nízké obsazují hlásky /a/, /a:/.

Zaokrouhlenost či nezaokrouhlenost retní štěrbiny dělí samohlásky na labializované a nelabializované. V češtině se zaokrouhlení rtů objevuje paralelně s vertikálním posunem jazyka: samohlásky přední a střední jsou nelabializované, samohlásky zadní jsou labializované. Zaokrouhlení rtů tedy v češtině patří k základní charakteristice hlásky a není využíváno jako distinktivní rys, na rozdíl od např. němčiny (srov. výslovnost slov *kennen* a *können*).

Čeština využívá délku samohlásek. Vokalická kvantita rozděluje samohlásky dlouhé a krátké, které jsou považovány za samostatné fonémy. Můžeme tedy nalézt minimální pár odlišných slov rozlišených pouze délkou samohlásky, např. *nota* – *nóta*, *radý* – *rády*. Ve spisovném standardu češtiny se proto neobjevuje výraznější prodlužování či zkracování hlásek, neboť by mohlo dojít k chybnému porozumění.

Rozdílu mezi otevřeností a zavřeností samohlásek se podle Palkové²² ve spisovné češtině, na rozdíl od např. angličtiny, nevyužívá (srov. anglické vokály: zavřenější /e/ – otevřenější /ɛ/). V tomto ohledu se kvalita českých vokálů nachází mezi typicky otevřenými a typicky zavřenými v neutrálním pásmu. Palková pak uvádí jediný případ rozdílu mezi otevřeností a zavřeností, a to u i-ových samohlásek, kdy krátké /ɪ/ je mírně otevřenější než dlouhé /i:/.

V českém systému samohlásek se nevyužívá nosovosti. Všechny vokály jsou vyslovovány s aktivním postavením měkkého patra, to je zvednuto a uzavírá tak dutinu nosní. Nosové zabarvení hlásky se může objevit vlivem sousední nosové souhlásky, je však považováno za důsledek nedbalé výslovnosti a ve standardní výslovnosti se nevyskytuje.²³

²² PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 170–171.

²³ Tamtéž, s. 172.

2.1.2 Diftongy

V inventáři českého jazyka se vyskytují tři diftongy: / \widehat{au} /, / \widehat{eu} /, / \widehat{ou} /. Tyto dvojhlásky jsou vždy klesavé a pevné, obě krajní polohy odpovídají některým z monoftongů. Artikulačním východiskem jádra diftongu jsou místa samohlásek /a/, /e/, /o/, polovokál u všech tří dvojhlásek odpovídá samohlásce /u/.²⁴

Jediná dvojhláska domácího původu je / \widehat{ou} /. Dvojhlásky / \widehat{au} / a / \widehat{eu} / se vyskytují v přejatých slovech a jsou vnímány jako prvek cizosti slova. Ale zatímco dvojhláska / \widehat{au} / v českém prostředí již zdomácněla je vnímána jako dvojhláska bez problémů, u dvojhlásky / \widehat{eu} / se vyskytuje problém s hodnocením této sekvence zvuků jako dvojhlásky. Při zachování stejného způsobu artikulace je možné ji vnímat buď jako diftong, nebo jako sled dvou hlásek v heterosylabickém spojení (srov. / $p\widehat{ne}u$ -matika/ a / pne -u-matika/).²⁵

2.2 Akustický popis vokálů

2.2.1 Hodnoty F1 a F2

Pro akustický popis českých samohlásek jsou určující hodnoty formantů F1 a F2. Tyto hodnoty jsou zároveň dostačující, neboť jsou schopny dostatečně rozlišit jednotlivé vokály. Referenční hodnoty formantů českých samohlásek se u jednotlivých badatelů liší. Souhrn referenčních hodnot formantů ze tří různých zdrojů ukazuje Tabulka 3 (**Příloha 1**), kterou uvádí Palková. Údaje v tabulce udávají velikost formantů v Hz.

Formant	F1	F2
Hlásky	pásmo	pásmo
i, í	300–500	2000–2800
e, é	480–700	1560–2100
a, á	700–1100	1100–1500
o, ó	500–700	850–1200
u, ú	300–500	600–1000

Tabulka 3: Formantová pásma českých samohlásek (Převzato z: PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 174.)

²⁴ AKUSTICKÉ VLASTNOSTI ČESKÝCH VOKÁLŮ [online]. c2012-2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.czechency.org>

²⁵ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 172.

vyplývá, že /i/ (na obrázku uvedeno jako /i/) je přední vysoký vokál, /o/ je zadní středový vokál atd.

Hodnotami formantů českých vokálů se také zabýval Radek Skarnitzl a Jan Volín (pro popis studie viz kap. 2.2.2). Jejich analýzu shrnuje tabulka (**Příloha 2**), která uvádí hodnoty formantů pro dlouhé a krátké vokály v hertzech i v jednotce ERB (Equivalent Rectangular Bandwidth), včetně směrodatných odchylek. Tabulka zároveň ukazuje procentuální rozdíl mezi hodnotami pro fonologicky dlouhý a krátký vokál daného páru.

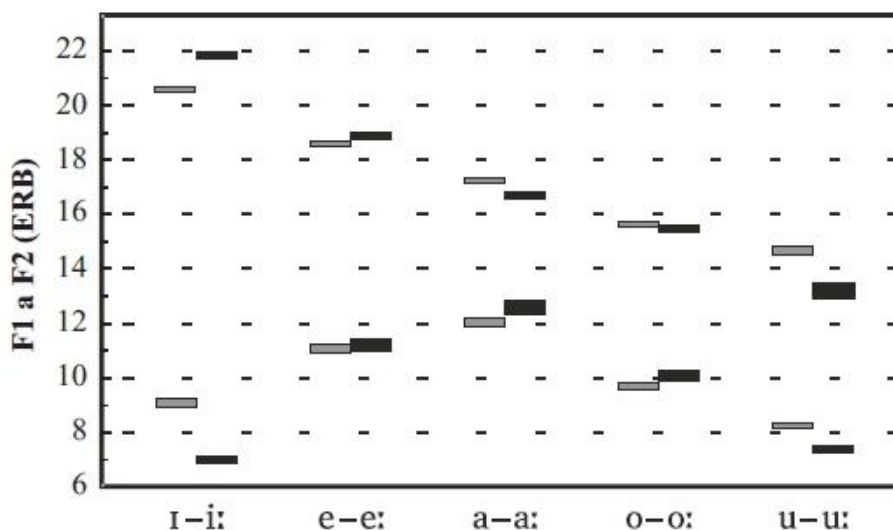
Mezi touto tabulkou a tabulkou Palkové jsou patrné některé rozdíly. Prvním rozdílem je, že zatímco Palková uvádí formantová pásma, tabulka Volína a Skarnitzla zobrazuje průměrné hodnoty včetně směrodatných odchylek. Další rozdíl je možno vidět v tom, že v tabulce Volína a Skarnitzla jsou uvedeny hodnoty pro krátký a dlouhý vokál zvlášť, zatímco Palková v tabulce Tabulka 3 krátké a dlouhé vokály nerozlišuje. Dále je patrné, že Palková uvádí údaje pouze v hertzech, avšak Skarnitzl a Volín pracovali kromě údajů v hertzech také s normalizovanými hodnotami (zde v psychoakustické hodnotě ERB). O normalizaci hodnot budu pojednávat v kapitole 3.2.

2.2.2 Rozdíly v kvalitě dlouhých a krátkých vokálů

Podle tradičních popisů se kvalita fonologicky krátkých a dlouhých vokálů, s výjimkou i-ových vokálů, příliš neliší.²⁶ Tento jev otestovala studie Radka Skarnitzla a Jana Volína *Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny* (2012). Tato studie analyzovala nahrávky 75 studentů lingvistických oborů na Filozofické fakultě, celkem pracovala se 4 125 vokály. Obrázek 4 ukazuje výsledný schematický spektrogram monoftongů. Protože výsledné hodnoty formantů ženských mluvčích se od hodnot pro mužské mluvčí příliš neliší, uvádí obrázek hodnoty pouze pro mužské mluvčí.²⁷

²⁶ Pro shrnutí viz PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994. ISBN 80-7066-843-1.

²⁷ SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), s. 8.



Obrázek 4: Schematický spektrogram českých monoftongů (pro mužské hodnoty). Šedé pruhy odpovídají krátkým vokálům, černé pruhy zobrazují dlouhé vokály. (Převzato z: SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), s. 8.)

Jak studie dokázala, hodnoty formantů pro dlouhé a krátké vokály se v případě středových a nízkých vokálů skutečně příliš neliší. Hodnoty i-ových vokálů jsou naopak výrazně odlišné, a to zejména v rozdílu hodnot F1 a F2. U dlouhého /i:/ pozorujeme výraznější rozdíl mezi těmito hodnotami, F1 se drží v nižších hodnotách a F2 v hodnotách vyšších. Hodnoty F1 a F2 krátkého /i/ se více přibližují, F1 je vyšší a F2 je nižší než u dlouhého protějšku. Studie dále ukázala, že se v českém prostředí začíná projevovat rozdíl hodnot F1 a F2 také u u-ových vokálů. Tento rozdíl je oproti rozdílu hodnot i-ových vokálů patrný v rozložení hodnot jednotlivých frekvencí. Hodnoty F1 a F2 pro krátký vokál jsou vyšší než hodnoty pro jeho dlouhý protějšek.

2.2.3 Trvání vokálů

Trvání hlásek v řeči není pevně dané, liší se podle mluvního tempa jednotlivých mluvčích. Délka samohlásek však musí být zřetelně rozlišitelná pro posluchače. Tradičně se uvádí, že délka fonologicky dlouhého vokálu je přibližně

dvojnásobná oproti jeho krátkému protějšku,²⁸ i když např. Krčmová²⁹ naznačuje, že trvání vysokých vokálů je v průměru kratší než u nevysokých. Co se týče trvání diftongů, tradičně se uvádí, že délka obou částí diftongu je zhruba vyvážená.³⁰

Délkou českých samohlásek se zabývala studie Radka Skarnitzla *Dvoji i v české výslovnosti* (2012). Studie analyzovala šest zpravodajských relací Českého rozhlasu, které byly přečteny šesti hlasateli. Celkem se při analýze pracovalo s více než 7 100 vokály. Výsledkem studie je Tabulka 4 (**Příloha 4**), která zobrazuje průměrnou délku a poměr krátkých a dlouhých vokálů.

vokál	trvání (ms)	poměr V: / V
i	53,5	1,29
i:	68,9	
e	53,5	1,72
e:	91,8	
a	63,1	1,79
a:	113,0	
o	51,7	1,73
o:	89,3	
u	57,3	1,6
u:	91,4	

Tabulka 4: Průměrné trvání a poměr trvání dlouhých a krátkých vokálů ve výslovnosti moderátorů Českého rozhlasu (Převzato z: SKARNITZL, Radek. *Dvoji i v české výslovnosti*. Naše řeč. 2012, 95(3), 143.)

Studie ukázala, že žádný z dlouhých vokálů není dvojnásobně delší než vokál krátký. Největší rozdíl mezi krátkým a dlouhým vokálem lze nalézt u a-ových vokálů, kde je dlouhý vokál přibližně o 80 procent delší než krátký. Následují vokály středové, u nichž je dlouhý vokál delší o více než 70 procent. Jiná situace je u vokálů vysokých. Ukazuje se, že nejnižší rozdíl v trvání mají vokály i-ové, kde je dlouhý vokál delší pouze o přibližně 30 procent. Může to být způsobeno tím, že u vokálů i-ových se projevují větší rozdíly i v hodnotách formantů, jak ukazuje Obrázek 4. Rozdíl v kvalitě vokálu pak umožňuje jeho kratší trvání při zachování jeho dobré

²⁸ Pro shrnutí viz PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, c1994, s. 179.

²⁹ Vokalické zvuky z akustického a auditivního hlediska. KRČMOVÁ, Marie. *Fonetika a fonologie: zvuková stavba současné češtiny* [online]. Brno: Masarykova univerzita, c2008 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/1499/el/estud/ff/js08/fonetika/ucebnice/index.html>

³⁰ AKUSTICKÉ VLASTNOSTI ČESKÝCH VOKÁLŮ [online]. c2012-2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.czechency.org>

odlišitelnosti. U u-ových vokálů je dlouhý vokál delší přibližně o 60 procent. Také se u nich, podobně jako u vokálů i-ových, projevují i rozdíly v kvalitě. Vzhledem k velikosti obou rozdílů v kvalitě a trvání se tak u-ové vokály řadí mezi vokály vysoké a nevysoké.

2.3 Odchyly od standardu

Odchyly od standardní podoby jazyka se vyskytují jak v kvalitě samohlásek, tak v jejich kvantitě. Palková³¹ sem řadí jednak nářeční difference, jednak odchyly zaviněné nedbalým výslovnostním stylem.

2.3.1 Nářeční odchyly

Nářečí se ve zvukové rovině jazyka může projevat jak inventářem, tak hláskovým složením slov.

Z hlediska kvality se v nářečí může objevit stupeň otevřenosti samohlásky. Obecně je známo, že zatímco v brněnské výslovnosti se objevuje typické zavřené /ɛ/, pro střední Čechy je typická otevřená výslovnost samohlásek, například /ɪ/ blíží se výslovnosti /e/ či výslovnost /u/ téměř jako /o/ apod. Tato problematika však může být složitější. V hanáckých nářečích se krátké vokály /u/ a /ɪ/ používají místo samohlásek dlouhých. Středové samohlásky se pak vyznačují dvěma stupni otevřenosti, které fungují jako samostatné fonémy (zavřenější vokál se vyslovuje místo /e/ a /o/, otevřenější se vyslovuje místo /ɪ/ a /u/).

Dále se vliv nářečí projevuje v krácení dlouhých vokálů. Typickým příkladem jsou nářečí lašská, v nichž se používají pouze samohlásky krátké a rozdíl v kvalitě samohlásek zcela chybí.

V některých nářečích se navíc oproti standardu objevuje „tvrdé“ /y/, které se u některých mluvčích přenáší i do spisovného projevu (např. /vystava/). Tato hláska se objevuje především v lašských nářečích vlivem polštiny a bývá posluchači hodnocena jako prvek nestandardní výslovnosti.

2.3.2 Nedbalá výslovnost

Deformace kvality vokálů označované jako „stylové“ mohou vznikat vlivem nedbalé výslovnosti či vlivem příliš rychlého mluvního tempa. V projevu bývají vnímány převážně negativně, neboť ovlivňují srozumitelnost řeči. Častěji bývají

³¹ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 187–188.

nedbalou výslovností postiženy vokály fonologicky krátké, neboť u dlouhých samohlásek je díky jejich delšímu trvání více času na to, aby artikulační orgány zaujaly správné postavení.

Jedním z projevů nedbalého výslovnostního stylu je nedokončení artikulačního pohybu rtů a jazyka. Mluvidla tak nezaujmou správnou pozici pro vznik náležité formantové struktury. Tím jsou ohroženy zejména samohlásky vysoké, které jsou charakteristické krajním postavením jazyka, a samohlásky labializované, kde je nutné výrazné zaokrouhlení rtů. Důsledkem neúplného artikulačního pohybu je tzv. centralizace samohlásek, kdy se rozdíl mezi jednotlivými vokály zmenšují směrem ke středu vokalického trojúhelníku a dochází k zmenšování rozdílů mezi hodnotami formantů a k částečné či úplné ztrátě labializace. Při takovéto „otevřené“ výslovnosti je pak vysoké přední /i/ vnímáno jako /e/, vysoké zadní /u/ jako /o/ atd.

Dalším projevem nedbalosti je vznik redukované samohlásky /ə/, tzv. *schwa*, která se může objevit místo kterékoli samohlásky plné. Schwa se může vyskytnout v krajním případě centralizované výslovnosti, často se objevuje u delších slov, a to zejména tehdy, kdy je vokál postaven mezi dvěma konsonanty s podobným místem artikulace (např. konference pak může být vyslovena jako /*komfərence*/). Redukovaná výslovnost může být také důsledkem nadměrného zkracování délky vokálu, například vlivem příliš rychlého mluvního tempa, kdy posluchač již danou hlásku nedokáže správně rozlišit.

Kvalita samohlásek často také kolísá v závislosti na pozici ve slově a na hláskovém okolí. Vysoké samohlásky bývají vyslovovány centralizovaně zejména v sousedství labiálních či velárních konsonantů. S ohledem na pozici hlásky ve slově pak bývají ohroženy koncovky mnohem více než kmen slova.

Již v kapitole 2.1.1. bylo zmíněno, že čeština nevyužívá výraznějšího krácení či prodlužování vokálů. Vyplývá to z faktu, že čeština využívá rozdílů ve vokalické délce. V nedbalém výslovnostním stylu se však krácení vokálů objevuje. Krátí se jak dlouhé, tak krátké vokály. Důsledkem nadměrného krácení krátkých samohlásek může být výše zmíněný vznik redukované samohlásky. Krácení dlouhých samohlásek pak postihuje nejčastěji koncovky slov a slova frekventovaná, např. *vidim, pani* atd.

3 Práce s naměřeným materiálem

3.1 Fonetická segmentace hlásek

Metodou segmentace hlásek se zabývali Pavel Machač a Radek Skarnitzl v knize *Fonetická segmentace hlásek* (2009). Podle této metody je třeba hranici segmentu umístit: a) na kraj formantových sloupků ve spektrogramu, b) do temporálního středu přechodové oblasti, c) do průchodu nulou v oscilogramu.

V sousedství vokálu a exploziv je pro určení hranice podstatný zejména kontrast přítomnosti a nepřítomnosti formantové struktury. Vycházíme přitom z charakteristiky vokálů a exploziv, kdy vokály mají plnou formantovou strukturu, zatímco u exploziv tato struktura chybí. Při určení hranice se můžeme setkat s rozpadem nebo tvořením formantové struktury, takový úsek je považován za přechodovou oblast a hranice je umístěna do jejího středu.³²

Frikativy lze na spektrogramu poznat podle tzv. šumového formantu. Neznělé frikativy se vyznačují pouze šumovou složkou, znělé jsou doplněny o složku tónovou. Při segmentaci se však orientujeme spíše podle nástupu a konce plné formantové struktury než podle přítomnosti šumové složky.³³

Složitější je postup u intervokalických frikativ /v/ a /h/. Hláška /v/ často v intervokalické pozici ztrácí frikci a získává vlastnosti polovokálu, mnohdy ztrácí šumovou složku. Proto se při segmentaci orientujeme podle změn ve formantové struktuře, případně podle změn v intenzitě a tvaru zvukové vlny. Hláška /h/ se dělí na neznělé [h] a znělé [ɦ]. U neznělé varianty je segmentace poměrně jednoznačná, protože akustický kontrast s vokálem bývá vysoký. Znělé [ɦ] se vyznačuje tím, že nemá vlastní šumovou složku a je silně ovlivněno sousedními vokály. Svými vlastnostmi se přibližuje vokálu s dyšnou fonací. Proto je jeho kontrast s okolními vokály mnohem nižší. Při segmentaci je proto nutné se zaměřit na šířku formantových pásem, která bude u [ɦ] širší než u vokálů. Dále je možné se při umístění hranice orientovat podle relativní intenzity F4 a F5, která je u vokálů vyšší.³⁴

³² MACHAČ, Pavel a SKARNITZL, Radek. *Fonetická segmentace hlásek*. 1. vyd. Praha: Epoque, 2009, s. 27–39.

³³ Tamtéž, s. 40–45.

³⁴ Tamtéž, s. 47–53.

Afrikáty jsou z jedné části tvořeny explozivou a z druhé části frikativou, proto pro jejich segmentaci používáme stejná pravidla jako pro segmentaci exploziv či frikativ.

Pro nazály je charakteristická rezonance nosní dutiny a přítomnost antiformantu, tedy antirezonance dutiny ústní. Díky přítomnosti antiformantu se ve spektrogramu objevuje většina energie v nižších frekvencích. Na oscilogramu se nazála projevuje zjednodušením zvukové vlny. Pro segmentaci jsou důležitými ukazateli hranice rozpad formantové struktury vokalických formantů, zjednodušení tvaru zvukové vlny a přítomnost periody s nižší amplitudou. Hranici segmentu umísťujeme na začátek periody s nižší amplitudou na začátku nazály, na konci nazály se orientujeme podle vokalického tranzientu, je-li viditelný. Tranzient pak považujeme za součást nazály.³⁵

Při oddělování vokálu od vibranty je nutné řídit se jejich vlastnostmi. Vibranty se vyznačují rychlým tvořením a rušením striktury v určitém místě vokálního traktu (tj. kvaziperiodickým kmitáním), zároveň také zřetelnou formantovou strukturou. Při jejich artikulaci se střídá relativně otevřený vokální trakt s kmitem. Na oscilogramu se vibranta zobrazuje jako sekvence vokalický prvek – kmit – vokalický prvek. Nejjednodušším způsobem segmentace je oddělení samotného kmitu, pokud je vokalický prvek těžko viditelný. Pokud je však identifikovatelný vokalický prvek, tedy jedna perioda před a za kmitem, oddělujeme jej jako součást vibranty. V případě hlásky /ř/ se můžeme řídit pravidly pro segmentaci frikativ, neboť začátek i konec této hlásky se vyznačuje krátkým šumem podobným šumu frikativnímu.³⁶

Nejsložitější situace nastává při segmentaci vokálů a aproximant, jelikož jsou vlastnosti aproximant totožné s vlastnostmi vokálů. Machač se Skarnitzlem proto navrhuje dvě řešení. Prvním z nich je akustický přístup, kdy se hranice mezi segmenty umísťuje do středu přechodového pásma. Orientujeme se přitom podle průběhu F2 a F3, který je mírně konvexní nebo konkávní. Druhým řešením je přístup percepční, kdy se segmentace provádí na základě poslechu. Hranici umísťujeme tak, aby sekvence vokál–aproximanta či aproximanta–vokál byla sluchově vnímána jako jedna slabika (např. [oj], nikoliv [oj^o]).³⁷

³⁵ MACHAČ, Pavel a SKARNITZL, Radek. *Fonetická segmentace hlásek*. 1. vyd. Praha: EPOCH, 2009, s. 56–66

³⁶ Tamtéž, s. 67–78.

³⁷ Tamtéž, s. 79–83.

V případě laterální hlásky /l/ jsou pravidla pro segmentaci podobná pravidlům pro nazály. Segmentace se řídí podle přítomnosti antiformantu, jednoduššího tvaru zvukové vlny a poklesu intenzity ve vyšších frekvencích. Dále je možné využít relativní intenzitu formantů F3 a F2, kdy F3 bývá u laterály výraznější než v okolních vokálech, zatímco F2 bývá u laterály méně výrazná.³⁸

Poměrně jednoduché je oddělení vokálu od rázu. Zde se segmentace řídí podle periodičnosti zvuku, přičemž aperiodické části zvuku vnímáme jako součást rázu.³⁹

Posledním případem je pozice vokálu na konci slova před pauzou. V takovém případě se můžeme setkat jak s třepenou, tak s dyšnou fonací, a to i současně v rámci jedné slabiky. Vokál od doznívající znělosti oddělíme na základě konce formantové struktury, zároveň by měl být využit i poslech.⁴⁰

3.2 Metody pro normalizaci hodnot formantů

Na výsledných hodnotách formantů se kromě fonologické kvality vokálů podílí i několik dalších faktorů. První skupinou jsou faktory fyziologické. Ty zahrnují například délku vokálního traktu, která se liší v závislosti na věku a pohlaví. Obecně, mluvčí s delším vokálním traktem vyslovují samohlásky s nižšími frekvencemi formantů než mluvčí, jejichž vokální trakt je kratší. Dále o hodnotách formantů rozhoduje také tvar vokálního traktu, který obsahuje mimo jiné také poměr ústní a faryngální dutiny a různé odchylky či anomálie v jejich anatomické výstavbě. Ze sociolingvistických faktorů pak ovlivňuje výsledné hodnoty formantů region či dialekt, dále pak příslušnost k věkové skupině či profesi. Dále je výslovnost samohlásek ovlivněna také zvykem a kontextem vyslovovaných hlásek. Pro srovnání různých mluvčích je důležité zachovat fonologickou kvalitu a sociolingvistické faktory, naopak vliv fyziologických faktorů je vhodné eliminovat.⁴¹

Pro tento účel bylo vyvinuto několik postupů, které můžeme rozdělit do dvou skupin. *Vnitřní normalizace* je založena na tom, že všechny informace potřebné k rozlišení vokálu jsou obsaženy ve vokálu samotném. Tyto metody zahrnují např. vzdálenost mezi F1 a F2, F2 a F0 atd. Do této kategorie patří například Bark,

³⁸ MACHAČ, Pavel a SKARNITZL, Radek. *Fonetická segmentace hlásek*. 1. vyd. Praha: Epocha, 2009, s. 92–100.

³⁹ Tamtéž, s. 125–131.

⁴⁰ Tamtéž, s. 136–140.

⁴¹ VOLÍN, Jan a David STUDENOVSKÝ. Normalization of Czech vowels from continuous read texts. *Proceedings of the 16th ICPhS* [online]. Saarbrücken, 2007, s. 185. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/>

ERB, Mel atd. *Vnější normalizace* pracuje s tím, že posluchač musí přizpůsobit rozlišování samohlásek charakteristice hlasu daného mluvčího. Z tohoto důvodu se metody vnější normalizace snaží určit vokální prostor, který mluvčí využívají k artikulaci.⁴² Tyto metody využívají minimální a maximální hodnotu formantů, průměr, směrodatnou odchylku atd. Vnější normalizace zahrnuje metodu Gerstmanovu, Nearyho, Lobanovovu, Wattovu a Fabriciovu, a další.

Studie Volína a Studenovského *Normalization of Czech Vowels from Continuous Read Texts* (2007) testovala šest nejúspěšnějších normalizačních metod (Bark, ERB, Gerstmanovu metodu, Nearyho metodu a metody Lobanov-Hz a Lobanov-ERB). Analýza zahrnovala celkem 3 000 vzorků vokálů (8 vzorků každého vokálu) od 75 mluvčích, kteří četli krátké úryvky textu. Studie zkoumala pouze krátké vokály, a to z různých segmentálních, prozodických i gramatických kontextů. Jako nejlepší se ukázala Lobanovova metoda (konkrétně Lobanov-Hz), která dosáhla více než osmdesátiprocentní úspěšnosti v rozlišování jednotlivých vokálů na základě hodnot formantů a zároveň zachovávala nezkreslené kontextové informace.

4 Materiál a metoda práce

4.1 Zvukový materiál

Pro analýzu bylo naplánováno použít nahrávky z mluvených korpusů MONOLOG, DIALOG, ORAL2013 a Olomoucký mluvený korpus (dále jen OMK). Při kontrole dostupného materiálu k nahrávkám se ukázalo, že kvalita záznamů v korpusech ORAL2013 a OMK je nedostačující pro akustickou analýzu, proto byly tyto korpusy z analýzy vyřazeny. Kvalita nahrávek korpusu MONOLOG i DIALOG se ukázala jako dostačující a pro akustickou analýzu použitelná.

Korpusy ORAL2013 a OMK shromažďují nahrávky neprofesionálních mluvčích z různých geografických oblastí (korpus ORAL2013 je nářečně rozrůzněn, OMK shromažďuje nahrávky mluvčích z Olomoucka). Vyřazením těchto dvou korpusů zůstaly pro analýzu pouze nahrávky profesionálních mluvčích. Navíc tím došlo ke ztrátě materiálu z několika nářečních oblastí.

Korpus MONOLOG je multimediálním korpusem mluvené češtiny, který shromažďuje záznamy monologických veřejných projevů profesionálních mluvčích

⁴²HAYWARD, Katrina. *Experimental phonetics*. Harlow: Longman, 2000. Longman linguistics library, s. 169–170.

Českého rozhlasu. Korpus obsahuje nahrávky i ortografické přepisy. Verze MONOLOG 1.0 byla vybudována v letech 2010–2012 v rámci studentského projektu *Korpus nahrávek českých řečových vzorů*. Při analýze jsem pracovala s verzí MONOLOG 1.1, která vznikla v roce 2016 v Ústavu pro jazyk český Akademie věd České republiky ve spolupráci s Ústavem formální a aplikované lingvistiky Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy.⁴³

Korpus DIALOG je multimediálním korpusem mluvené češtiny, který shromažďuje záznamy veřejných jazykových projevů dialogického typu – diskuzních pořadů českých televizí. Korpus obsahuje jak nahrávky, tak ortografické přepisy. Stejně jako MONOLOG, i DIALOG je budován a spravován na půdě Ústavu pro jazyk český AV ČR ve spolupráci s Ústavem formální a aplikované lingvistiky Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy. Při své analýze jsem pracovala s verzí DIALOG 1.2. Celková velikost této verze je 1 081 483 textových slov od 818 mluvčích. Korpus obsahuje celkem 175 nahrávek a přepisů.⁴⁴

Při výběru vhodných vzorků pro analýzu jsem dbala na to, aby byly nahrávky vysílány v co nejužším časovém rozmezí. Materiál pro korpus MONOLOG byl získáván ze zvukového archivu Českého rozhlasu, jednotlivé nahrávky byly odvysílány v letech 2007–2011 na stanicích *ČRo 1 – Radiožurnál*, *ČRo 2 – Praha*, *ČRo Rádio Česko* a *ČRo České Budějovice*. Korpus DIALOG, konkrétně verze DIALOG 1.2, obsahuje záznamy z let 1997–2010. Pro svou analýzu jsem vybrala pořady *Nedělní partie*, *Otázky Václava Moravce*, *Sedmička* a *Uvolněte se, prosím*, a to konkrétně díly vysílané v letech 2001–2010.

4.2 Metoda práce

4.2.1 Výběr mluvčích

Z každého korpusu jsem vybrala 5 moderátorů, celkem 10 mluvčích. Během nahrávání se však vyskytl problém s pořízením dostatečného množství vzorků pro periferní vokály a diftongy u některých mluvčích, zejména pro vokál /o:/ a diftong /ěu/. Pro některé mluvčí jsem vzorky uvedených hlásek vůbec nenašla, proto jsem musela upravit hledání vhodných mluvčích tak, aby v jejich projevech bylo co nejvíce

⁴³ *Korpus Monolog* [online]. Verze 1.1. Ústav pro jazyk český, AV ČR, 2016 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://monolog.dialogy.org/>

⁴⁴ *Korpus Dialog* [online]. Verze 1.2. Ústav pro jazyk český, AV ČR, 2015 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://ujc.dialogy.cz>

vzorků. Z tohoto důvodu jsem upravila poměr mužů a žen v jednotlivých korpusech, a to na poměr 4 : 1 v korpusu MONOLOG ve prospěch žen a na poměr 4 : 1 v korpusu DIALOG ve prospěch mužů. V součtu je tedy poměr mužů a žen vyrovnaný, a to 5 mužů a 5 žen. Tabulka 5: Mluvíci korpusu MONOLOG 1.1. a DIALOG 1.2.

uvádí jména mluvčích a jejich zkratky.

MONOLOG 1.1:		DIALOG 1.2:	
Jméno mluvčího	Zkratka	Jméno mluvčího	Zkratka
Jana Klusáková	KLUS	Daniel Takáč	TAKAC
Lucie Weissová	WEISS	Jan Kraus	KRAUS
Markéta Bartošová	BARTOS	Jana Bobošíková	BOBO
Martin Křížek	KRIZEK	Martin Veselovský	VESEL
Renata Kropáčková	KROPAC	Václav Moravec	MORAV

Tabulka 5: Mluvíci korpusu MONOLOG 1.1. a DIALOG 1.2.

4.2.2 Pořízení nahrávek

Nahrávky jsem pořizovala pomocí zkušební verze programu Audio Record Wizard. U každého mluvčího jsem nahrála několik krátkých úryvků řeči. Plánovala jsem nahrát 5 vzorků každého vokálu (a to jak v dlouhé, tak krátké variantě) i diftongu. V případě, že nebylo možné pro některou hlásku sehnat dostatečné množství nahrávek, použila jsem maximální množství dostupných vzorků. I tak ale pro několik mluvčích některé vokály chyběly. Nejméně vzorků bylo nalezeno pro diftong / \widehat{eu} /. Ten zcela chybí u mluvčích KLUS a VESEL, u mluvčích BARTOS a WEISS se objevuje v jednom vzorku, u mluvčího TAKAC ve třech a u mluvčího KRIZEK ve čtyřech případech. U mluvčího TAKAC se navíc nevyskytoval žádný vzorek pro diftong / \widehat{au} /. Pro ostatní vokály bylo možné nalézt dostatek vzorků. Celkem jsem pracovala s 500 vzorky monofongů (250 krátkých a 250 dlouhých) a 124 vzorky diftongů.

Snažila jsem se, aby se vokály v jednotlivých vzorcích objevovaly v co možná nejrůznějším prostředí, v různých pozicích v rámci slova a v sousedství odlišných konsonantů, aby případné ovlivnění kvality vokálu prostředím bylo minimální. Tato snaha o rozrůzněnost vzorků se setkala se značným omezením zejména u periferních vokálů a diftongů. Vzhledem k relativně malému rozsahu korpusů se často stávalo, že daný vokál či diftong se vyskytoval pouze v jednom typu prostředí. Například diftong / \widehat{eu} / se nejčastěji vyskytoval ve slově *euro* a v odvozeninách, vokál /o:/ se často objevoval ve zkratce *ODS* (vyslovované jako *ó dé es*).

4.2.3 Určování hranic segmentů

Nahrávky jsem analyzovala prostřednictvím volně šiřitelného programu Praat. U každé nahrávky jsem si nejprve extrahovala daný vokál. Opírala jsem se přitom o metodu fonetické segmentace hlásek Machače a Skarnitzla (viz kap. 3.1), zejména částmi o umístění hranice mezi vokálem a konsonantem, o oddělení rázu na začátku slov a o dělení hlásky od doznívání fonace na konci slov. Při segmentaci vokálu od aproximanty jsem využila akustický přístup.

Metoda segmentace hlásek se však nezabývá dělením dvou sousedních vokálů, kde chybí přítomnost rázu, ani segmentací jednotlivých částí diftongu. V prvním případě jsem se orientovala jak podle tvaru spektrogramu a oscilogramu, tak i podle poslechu. V případě druhém jsem nejprve extrahovala daný diftong jako celek. Poté jsem jej rozdělila na dvě části, přičemž hranice mezi oběma složkami diftongu vedla středem přechodové oblasti. S takto upravenými částmi jsem dále postupovala stejně jako v případě monoftongů.

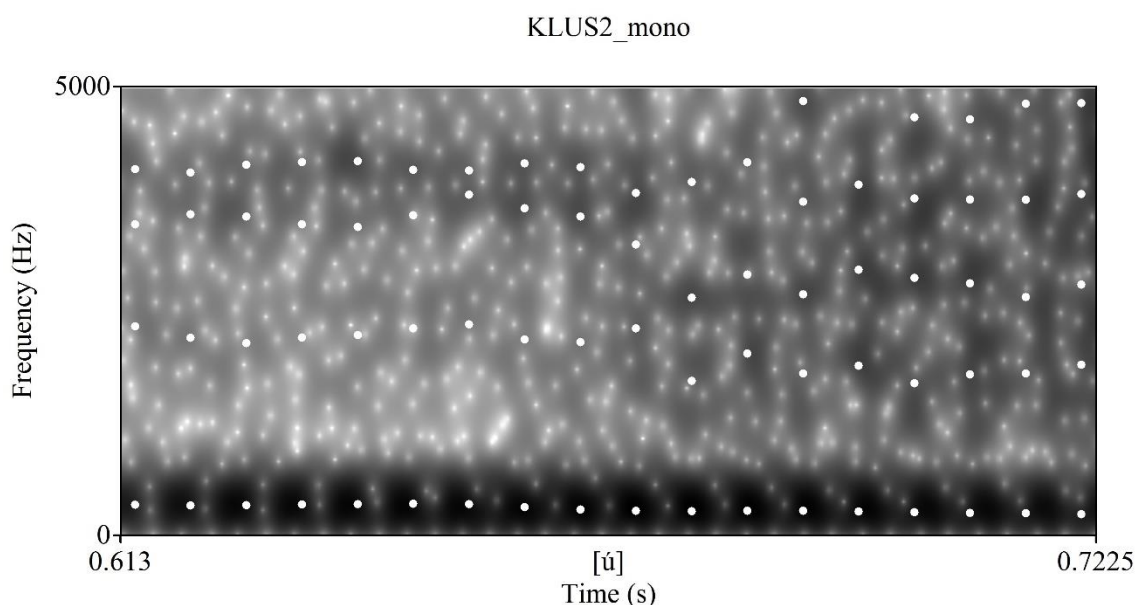
4.3 Měření formantů a délky vokálů

Na každém extrahovaném vzorku vokálu jsem provedla měření frekvencí prvních dvou formantů. Pro měření jsem použila automatické měření formantů programu Praat. Na každém vzorku jsem provedla celkem tři ekvidistantní měření z prostřední třetiny vokálu, tj. na začátku, uprostřed a na konci stabilní fáze. Shodná vzdálenost mezi měřeními byla udržována jen v rámci daného vzorku vokálu, u delších vokálů byly proto body měření dále od sebe. Při měření jsem ignorovala první a poslední třetinu vokálů, abych zajistila co možná nejstabilnější průběh formantových trajektorií a vyloučila vliv koartikulace. Z každého měření jsem získala celkem tři hodnoty pro každý formant, tyto hodnoty jsem následně zprůměrovala.

I přes vysokou spolehlivost programu se při odečtu hodnot jednotlivých formantů vyskytly chyby. Nejčastější chybou byla nesprávná detekce formantů. Buď byl formant vyhodnocen v místě, kde se neměl vyskytovat, nebo naopak nebyl vyhodnocen v místě, kde se vyskytovat měl. Druhá situace nastávala zejména u u-ových vokálů, které se vyznačují vzájemnou blízkostí prvních dvou formantů. Často se vyskytovaly případy, kdy byla trajektorie druhého formantu příliš slabá či blízká prvnímu formantu, a program ji proto nerozpoznal, jeden z příkladů ukazuje obrázek Obrázek 5. V těchto případech program často správný druhý formant

„ignoroval“ a jako druhý formant nabízel hodnoty v pásmu 1 600–2 000 Hz, které jsou pro vysoký zadní vokál velmi netypické.

Další chybou pak bylo nesprávné místo detekce formantů. Formanty byly často detekovány nad či pod tmavým pruhem v oscilogramu. Tato chyba byla někdy způsobena tím, že program detekoval formanty i u neznělých souhlásek, a proto se „snažil“ dovést formanty sousedních vokálů do místa údajných formantů konsonantických. Ve všech případech výskytů chyb jsem hodnotu pro daný formant doměřila ručně odečtem ze spektrogramu.



Obrázek 5: Chybná detekce formantu v programu Praat při analýze nahrávky mluvčí KLUS. Druhý formant se nachází tak blízko formantu prvnímu, že jej program nerozpoznal.

U každého extrahovaného vzorku jsem také změřila jeho trvání. Použila jsem automatické měření programu Praat. Hodnoty jsem měřila v milisekundách s přesností na tři desetinná místa. Měřila jsem délku monoftongů, celkovou délku diftongů i délky jednotlivých částí.

4.4 Normalizace hodnot formantů

Naměřené hodnoty formantů všech vokálů i diftongů jsem podrobila normalizaci. Přestože podle studie Volína a Studenovského⁴⁵ pro češtinu nejlépe vychází metoda Lobanov–Hz, ve své analýze jsem použila Erbovou stupnici, a to proto, že umožňuje porovnat výsledky analýzy s pracemi jiných badatelů.

⁴⁵ VOLÍN, Jan a David STUDENOVSKÝ. Normalization of Czech vowels from continuous read texts. *Proceedings of the 16th ICPHS* [online]. Saarbrücken, 2007, 185–190 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/>

Psychoakustická jednotka ERB (Equivalent Rectangular Bandwidth) je jedním z typů tzv. *vnitřní normalizace* a vyjadřuje, jak lidské ucho vnímá rozdíly ve výšce zvuku. Hodnoty ERB se vypočítávají podle vzorce:

$$ERB = 11,17 \times \ln \left| \frac{f + 0,312}{f + 14,675} \right| + 43$$

kde f je frekvence v kHz.⁴⁶

⁴⁶ MOORE, Brian C. J. a Brian R. GLASBERG. Suggested formulae for calculating auditory-filter bandwidths and excitation patterns. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1983, **74**(3), s. 752.

5 Akustická analýza

5.1 Zaměření

Vlastní akustickou analýzu jsem rozdělila do čtyř oblastí. Nejprve jsem zkoumala formanty monoftongů. Z naměřených hodnot jsem vytvořila průměrné hodnoty jak pro všechny mluvčí, tak pro mužské a ženské mluvčí zvlášť. Zároveň jsem naměřila rozdíly formantů mezi fonologicky dlouhým a krátkým vokálem daného vokalického páru. Dále jsem analyzovala vlastní výsledky měření. Porovnála jsem kvalitu jednotlivých vokálů mezi mužskými a ženskými mluvčími, poté jsem srovnala rozdíl v kvalitě dlouhých a krátkých vokálů jak pro všechny mluvčí dohromady, tak pro muže a ženy zvlášť. Výsledky vlastní analýzy jsem následně srovnala se studií Radka Skarnitzla a Jana Volína *Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny* (2012) a s formantovými pásmy uvedenými v díle Zdeny Palkové *Fonetika a fonologie češtiny* (1994). Při srovnávání hodnot z mé analýzy s referenčními hodnotami Volína a Skarnitzla je třeba vzít v úvahu, že obě analýzy pracovaly s jinou věkovou kategorií mluvčích, a proto se mohou výsledky obou analýz od sebe lišit.

Další zkoumanou oblastí byla délka monoftongů. Naměřenou délku jednotlivých vokálů jsem zprůměrovala a porovnála jsem délku fonologicky krátkého a dlouhého vokálu z daného vokalického páru. Vlastní analýzu jsem následně srovnala s výsledky studie Radka Skarnitzla *Dvojí i v české výslovnosti* (2012). Tato studie pracuje s podobným zvukovým materiálem (profesionální mluvčí Českého rozhlasu), a proto očekávám, že by výsledky analýz měly být podobné. Zajímalo mě zejména srovnání délek jednotlivých hlásek a také to, zda se od sebe liší poměry trvání fonologicky dlouhého vokálu oproti vokálu krátkému.

V třetí oblasti jsem se zabývala analýzou formantů diftongů. Nejprve jsem z naměřených hodnot vytvořila průměrné hodnoty jednotlivých částí diftongu. Dále jsem hodnoty formantů pro jednotlivé části porovnála s hodnotami odpovídajících vokálů z mé analýzy monoftongů. Následně jsem výsledné hodnoty srovnala se studií Radka Skarnitzla a Jana Volína *Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny* (2012).

Poslední zkoumanou oblastí byla délka diftongů. Z naměřených hodnot jsem vytvořila průměrné hodnoty pro celkové trvání diftongů a pro trvání jednotlivých částí. Následně jsem porovnala trvání obou částí diftongu a výsledky jsem porovnala s vlastní analýzou trvání monoftongů a se studií Radka Skarnitzla *Dvojití i v české výslovnosti* (2012).

5.2 Zápisy znaků

Zápis znaků pro jednotlivé monoftongy a diftongy se u různých badatelů liší. Proto jsem se rozhodla u tabulek převzatých z jiných zdrojů ponechat zápis znaků tak, jak je uvádí zdroj. Při zápisu znaků u vlastní analýzy či v textu jsem využila značení podle mezinárodní fonetické abecedy IPA. Fonologicky krátké vokály zapisuji jako *ɪ*, *e*, *a*, *o*, *u*. Fonologicky dlouhé samohlásky zapisuji jako *iː*, *eː*, *aː*, *oː*, *uː*. Diftongy zapisuji následovně: diftong *au* jako \widehat{au} , diftong *eu* jako \widehat{eu} , diftong *ou* jako \widehat{ou} , ukázkou slovenského diftongu *ia* zapisuji jako \widehat{ia} , ukázkou anglických diftongů zapisuji jako $\widehat{ɔə}$, $\widehat{ɪə}$.

5.3 Formanty monoftongů

Výsledné hodnoty formantů pro všechny mluvčí shrnuje tabulka (**Příloha 5**), která uvádí průměrné hodnoty formantů v hertzech i erbech. V posledních dvou sloupcích je uveden procentuální rozdíl mezi hodnotami formantu pro krátký a dlouhý vokál, který byl vypočítán z hodnoty ERB.

Pro e-ové a o-ové vokály se rozdíl kvality krátkého a dlouhého vokálu pohybuje pod hranicí rozlišitelnosti (za nejmenší vnímatelný rozdíl přitom považujeme přibližně pět procent⁴⁷), u a-ových vokálů se objevuje mírný rozdíl v hodnotě prvního formantu, a to těsně nad hranicí rozlišitelnosti. Výraznější odchylky je možné pozorovat u i-ových a u-ových vokálů. Rozdíl mezi /ɪ/ a /iː/ se objevuje v pásmu prvního formantu, pohybuje se kolem třinácti procent. U-ové vokály se liší u prvního formantu jen mírně nad hranicí rozlišitelnosti, výrazný rozdíl je patrný

⁴⁷ SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), s. 9.

u formantu F2, kde se formanty krátkého a dlouhého vokálu liší o více než dvanáct procent.

Hodnoty z tabulky shrnuje graf (**Příloha 6**). Z grafu je patrné, že zatímco středové a nízké krátké vokály se s dlouhými protějšky do značné míry překrývají, u-ové vokály se překrývají jen částečně a i-ové téměř vůbec.

Tabulka (**Příloha 7**) uvádí hodnoty formantů pro muže a ženy zvlášť. Stejně jako u předchozí tabulky (**Příloha 5**) uvádím průměrné frekvence jednotlivých vokálů v hertzech a v erbech a v posledních dvou sloupcích procentuální rozdíl fonologicky dlouhého a krátkého vokálu z daného páru.

Podle všeobecně platných tendencí jsou hodnoty formantů pro ženské mluvčí přibližně o 15 až 20 procent vyšší než hodnoty pro mužské mluvčí.⁴⁸ Tabulka však tyto tendence nepotvrzuje úplně. V pásmu druhého formantu sice mají ženy skutečně většinou vyšší hodnoty (s výjimkou vokálu /u:/, kde je hodnota pro ženské mluvčí přibližně o 0,5 erbu nižší), avšak v pásmu prvního formantu mají ženy, s výjimkou hodnot pro vokály /i/ a /a:/, hodnoty formantu nižší než muži.

Tabulka dále naznačuje, že rozdíly formantů pro krátké a dlouhé vokály se projevují výrazněji u žen než u mužů. U e-ových a a-ových vokálů mají muži i ženy srovnatelný rozdíl druhého formantu (< 1 %), avšak rozdíl prvního formantu se značně liší. Zatímco u mužských mluvčích se rozdíl pohybuje kolem 3 procent, a tedy pod hranicí rozlišitelnosti, u ženských mluvčích dosahuje rozdíl e-ových vokálů 7 procent a rozdíl a-ových vokálů až 11 procent. Opačná situace nastává u rozdílu o-ových vokálů, kde výraznějšího rozdílu prvního formantu (7,7 %) dosahují muži.

Největších rozdílů mezi dlouhým a krátkým vokálem dosahují i-ové a u-ové vokály. U i-ových vokálů se jedná zejména o rozdíl prvního formantu, který je u mužů přibližně 9 procent, u žen tento rozdíl přesahuje 18 procent. U u-ových vokálů se naproti tomu jedná o rozdíl druhého formantu, kde hodnota pro mužské mluvčí nepřesahuje 7 procent, avšak hodnota pro ženské mluvčí je větší než 18 procent.

Ve výsledku mají ženy vokalický trojúhelník výraznější a jednotlivé hodnoty pro dané vokály jsou více rozptýleny od středu. Muži mají naopak vokalický trojúhelník menší s převážně sduženými hodnotami pro stejný vokál, jak ukazují obrázky (**Příloha 8, Příloha 9**).

⁴⁸ Pro shrnutí viz SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), s. 8.

Tabulka (**Příloha 10**) srovnává naměřené hodnoty v hertzech se studií *Referenční hodnoty vokálních formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny* (2012) a také s tabulkou referenčních hodnot formantů, kterou uvádí Palková⁴⁹ a která je uvedena také v Příloha 1. Moje tabulka uvádí pouze hodnoty pro mužské mluvčí, protože Skarnitzlova a Volínova studie uvádí tabulku také pouze pro mužské hodnoty a protože se obecně jako referenční uvádějí hodnoty formantů pro mužské mluvčí.

Tabulka ukazuje, že hodnoty formantů jak z mé analýzy, tak z analýzy Volína a Skarnitzla se nijak výrazně nevybočují z formantových pásem, která uvádí Palková. Při srovnání vlastních naměřených hodnot s výsledky studie Volína a Skarnitzla je pak třeba mít na zřeteli to, že hodnoty pro studii byly vypočítávány pro mladé mluvčí, a tedy pro jinou věkovou skupinu. Výsledné hodnoty se však od mnou naměřených hodnot příliš neliší; maximální rozdíly se pohybují kolem 100 Hz. Můžeme tedy říci, že výsledky studie Volína a Skarnitzla lze považovat za referenční i pro jiné věkové kategorie.

Protože Palková ve své tabulce uvádí pouze hodnoty v hertzech a nepracuje s normalizací, provádím srovnání normalizovaných hodnot pouze s Volínem a Skarnitzlem. Tabulka (**Příloha 11**) uvádí průměrné hodnoty jednotlivých vokálů pro mužské mluvčí v erbech a procentuální rozdíl mezi hodnotami pro krátký a dlouhý vokál, vypočítaný z hodnot ERB.

Rozdíl hodnot jednotlivých vokálů není příliš velký. Většinou se odchylky pohybují pod hranicí jednoho erbu, ve čtyřech případech se odchylka pohybuje v rozmezí 1–2 erby. Větších rozdílů si však lze povšimnout u procentuálního rozdílu hodnot pro dlouhý a krátký vokál. Za zanedbatelné odchylky lze považovat ty, které se pohybují pod hranicí rozlišitelnosti (5 %), např. rozdíl e-ových a a-ových hodnot pro oba formanty a o-ových hodnot pro formant F2. Nejvýraznější rozdíl hodnot mezi mou analýzou a studií Volína a Skarnitzla vidíme u rozdílu i-ových hodnot. Zatímco u rozdílu F2 se odchylka pohybuje mírně nad hranicí rozlišitelnosti, u rozdílu F2 se výsledky obou analýz rozcházejí. Mnou naměřené hodnoty udávají rozdíl prvního formantu necelých 9 procent, Volín a Skarnitzl naměřili více než 30procentní rozdíl. Podobná situace nastává u u-ových vokálů. Zde jsem u obou formantů naměřila rozdíl

⁴⁹ PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 174.

pouhých 6 procent, který je jen mírně nad hranicí rozlišitelnosti. Skarnitzl a Volín však u obou formantů naměřili rozdíl přes 12 procent u prvního formantu a více než 11 procent u druhého formantu. Podle jejich analýzy jsou tak i-ové a u-ové vokály mnohem více odlišené než podle mého měření. Při srovnání o-ových vokálů nastává opačná situace. Při srovnání rozdílu prvního formantu se hodnoty Volína a Skarnitzla pohybují pod hranicí rozlišitelnosti, avšak hodnoty z mé analýzy tuto hranici překročily. O-ové vokály jsou tak podle mého měření v prvním formantu více rozlišené než vokály u-ové a blíží se vokálům i-ovým. Ve druhém formantu jsou ale rozdíly nerozlišitelné, a tudíž podobné výsledkům studie Skarnitzla a Volína.

5.4 Délka vokálů

Délku jednotlivých vokálů jsem srovnávala s hodnotami v tabulce ze studie *Dvojí i v české výslovnosti* (2012), kterou uvádím v příloze Příloha 4. U této studie je výhodou, že pracuje s hlasateli Českého rozhlasu, tedy s podobným materiálem jako má analýza. Výsledkem srovnání je tabulka (**Příloha 12**), kde porovnávám naměřené doby trvání a poměr trvání dlouhého a krátkého vokálu daného páru.

Z tabulky je patrné, že trvání vokálů v obou analýzách se od sebe příliš neliší. Rozdíl délky trvání jednotlivých samohlásek se ve většině případů pohybuje v rozmezí 1–4,5 ms. Má analýza například potvrzuje výraznější trvání dlouhého /a:/ oproti jiným vokálům a výrazně kratší trvání dlouhého /i:/.

Výraznější rozdíly mezi oběma analýzami je možno nalézt u dlouhých zadních vokálů. Vokál /u:/ je v mé analýze o více než sedm milisekund kratší než u Skarnitzla, vokál /o:/ je naopak o více než sedmnáct milisekund delší. Je však nutné vzít v potaz, že vokál /o:/ nebyl ve Skarnitzlově studii zastoupen dostatečným množstvím vzorků (studie uvádí pouze 5 výskytů tohoto vokálu).⁵⁰

Poslední dva sloupce tabulky srovnávají poměry krátkých a dlouhých vokálů daného vokalického páru. Podle Skarnitzlovy studie není ani jeden fonologicky dlouhý vokál dvojnásobně delší než vokál krátký. U e-ových, a-ových a o-ových vokálů je delší vokál jen o 70 až 80 procent delší než krátký. Má analýza však tuto skutečnost potvrzuje pouze u e-ových vokálů, kde je fonologicky dlouhé /e:/ delší o téměř 84 procent než krátké /e/. V případě a-ových vokálů je dlouhé /a:/ téměř dvojnásobné oproti krátkému /a/, u o-ových vokálů je pak trvání dlouhého /o:/ oproti krátkému /o/

⁵⁰ SKARNITZL, Radek. Dvojí i v české výslovnosti. *Naše řeč*. 2012, **95**(3), s. 143.

více než dvojnásobné. Je tedy možné říci, že v případě středových a nízkých vokálů se potvrzují spíše teorie, že trvání fonologicky dlouhého vokálu je přibližně dvojnásobkem trvání vokálu krátkého. Naproti tomu situace u vysokých vokálů se blíží spíše Skarnitzlově studii. U i-ových vokálů můžeme v obou sloupcích vidět výrazně menší poměr trvání než u ostatních vokálů, fonologicky dlouhé /i:/ je jen o přibližně 30 procent delší než krátké /i/. Jak potvrzují i údaje o hodnotách formantů pro i-ové vokály (**Příloha 7**), výrazné rozdíly v hodnotách formantů pro krátký a dlouhý vokál umožňují snížit rozdíly v trvání. U u-ových vokálů je fonologicky dlouhý vokál delší přibližně o 50 procent v mé analýze a o 60 procent ve Skarnitzlově studii. Zadní vysoké vokály tak z hlediska trvání leží v pásmu mezi hláskami i-ovými a a hláskami středovými a nízkými.

5.5 Formanty diftongů

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1, diftongy ve standardní češtině se skládají ze dvou částí. Protože čeština používá výhradně klesavé diftongy, první částí je vždy jádro, které je realizováno některý z vokálů /a/, /e/, /o/. Druhá část se k jádru připojuje jako polovokál a jeho realizace se shoduje s vokálem /u/. Fakt, že obě části diftongu se shodují s některou z českých samohlásek, umožňuje srovnat hodnoty formantů jednotlivých částí diftongů s materiály použitými pro analýzu monoftongů. S materiály pro monoftongy srovnávám výsledky své analýzy také proto, že pro diftongy v současnosti prakticky neexistují tabulky referenčních hodnot formantů.

U diftongů mě zajímaly nejprve hodnoty formantů jednotlivých částí. Tabulka (**Příloha 13**) ukazuje průměrné hodnoty formantů jednotlivých částí diftongů pro všechny mluvčí. Dále zobrazuje srovnání s průměrnými hodnotami odpovídajících vokálů z mé analýzy a ze studie Radka Skarnitzla a Jana Volína *Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny* (2012).

Hodnoty pro první formant v hertzech se u prvních částí diftongů a jim odpovídajících monoftongů příliš neliší. Maximální odchylky se pohybují kolem 50 hertzů. Hodnoty pro druhý formant mají odchylky zvýšené. Hodnoty pro a-ovou část se blíží spíše studii Volína a Skarnitzla, hodnoty pro monoftong z mé analýzy jsou přibližně o 170 hertzů vyšší. U e-ové části se hodnoty pro druhý formant blíží spíše mé analýze monoftongů, liší se o cca 60 hertzů. Oproti Volínovi a Skarnitzlovi se hodnota diftongu liší o 120 hertzů. O-ová část se opět přibližuje spíše mé analýze, liší se přibližně o 50 hertzů. Hodnoty studie Volína a Skarnitzla jsou pak o necelých

100 hertzů nižší. Podobné tendence, i když v jiných jednotkách, lze nalézt i u hodnot v erbech.

Druhá část českých diftongů odpovídá českému vokálu /u/. V tabulce můžeme vidět, že hodnoty formantů druhé části se neblíží zcela jedné nebo druhé studii. Hodnota prvního formantu se jak v hertzech, tak v erbech blíží výsledkům mé analýzy monoftongů. Naopak druhý formant se přibližuje spíše studii Volína a Skarnitzla.

Přestože lze mezi jednotlivými částmi diftongu a odpovídajícími monoftongy nalézt drobné odchylky, nejde o odchylky nijak významné. V závěru lze říci, že jednotlivé části diftongu odpovídají monoftongům jak artikulačně, tak akusticky.

Graf (**Příloha 14**) zobrazuje průměrné hodnoty diftongů pro muže a ženy zvlášť. Šipky začínají v místě jádra diftongu a končí v místě polovokálu. Jak je z grafu patrné, jednotlivé hodnoty se u mužů a u žen příliš neliší; maximální odchylky se pohybují přibližně kolem 1 erbu.

5.6 Délka diftongů

Další zkoumanou hodnotou byla délka diftongů a jejich částí. Zajímalo mě zejména to, zda jsou obě části diftongu stejně dlouhé, popř. která část diftongu je delší. Výsledky ukazuje tabulka (**Příloha 15**), která uvádí celkové trvání jednotlivých dvojhlásek, trvání jednotlivých částí a také poměr trvání druhé a první části.

Tabulka ukazuje, že průměrné trvání diftongů je jen mírně delší než průměrné trvání nejdelšího monoftongu z mé analýzy.⁵¹ Při porovnání délky trvání jednotlivých částí je patrné, že u žádného z diftongů není trvání jádra shodné s trváním polovokálu, ale že polovokál trvá v průměru déle než jádro. V případě dvojhlásky / \widehat{au} / je u-ová část diftongu o 15 procent delší, u dvojhlásek \widehat{eu} a \widehat{ou} je u-ová část delší o 27 procent. Ukazuje se tak, že u českých diftongů je sice první část vokálu považována za plnější z hlediska artikulace, avšak větší důraz, co se týče trvání, je kladen na druhou část dvojhlásky, tedy na polovokál. Protože jsou ale všechny diftongy v češtině klesavé, a tudíž chybí srovnání se stoupavými dvojhláskami, není v tuto chvíli možné říci, zda je prodloužení u-ové části způsobeno její pozicí (druhá v pořadí), nebo charakteristikou (polovokál).

Tabulka dále srovnává trvání jednotlivých částí diftongů s trváním odpovídajících monoftongů jak z mé analýzy, tak se studií Radka Skarnitzla *Dvojí i v české*

⁵¹ Průměrné trvání dlouhého monoftongu /a:/ je 116,93 ms.

výslovnosti (2012). Při srovnání délky jader diftongů a fonologicky krátkým /a/, /e/ a /o/ vidíme, že se jejich trvání příliš neliší, maximální odchylka je mírně přes 5 milisekund. A-ová část diftongu je jen mírně kratší než monoftong, e-ové a o-ové části jsou naproti tomu mírně delší. Když si srovnáme délku polovokálu /u/ s monoftongickým /u/, vidíme, že polovokál je průměrně o 18 procent delší než monoftong z mé analýzy a o 15 procent delší než monoftong ze Skarnitzlovy studie. Ukazuje se tak, že u-ová část je průměrně nejen delší než části a-ové, e-ové či o-ové, ale je i delší než krátké monoftongické /u/.

5.7 Shrnutí

Při analýze formantů monoftongů se ukázalo, že většina hodnot formantů se příliš neliší od tradičních i nových referenčních hodnot. Potvrzují se také teze, že v posledních letech dochází k odlišení kvality fonologicky dlouhého a krátkého vokálu, a to u vysokých samohlásek. V tomto směru jsou výraznější vysoké přední vokály /i/ a /i:/, které jsou odlišené více, méně výrazné jsou vysoké zadní vokály /u/ a /u:/, které leží v pásmu mezi rozlišenými a nerozlišenými dvojicemi vokálů. Tyto tendence se u mé analýzy projevují méně než u srovnávané studie. To se však dalo očekávat, neboť mluvčí z obou analýz se lišili věkem. Je tak možné, že se u mladších mluvčích projevují rozdíly v kvalitě vokálů výrazněji než u starších mluvčích. Na druhou stranu se u starších mluvčích objevil výraznější rozdíl v kvalitě o-ových vokálů. Protože se u mladých mluvčích tento rozdíl téměř nevyskytuje, je možné, že starší mluvčí vyslovují /o/ a /o:/ odlišně, zatímco mladší mluvčí mezi těmito hláskami rozdíl nedělají.

Při srovnání průměrných hodnot formantů pro mužské a ženské mluvčí se nepotvrdily obecně uznávané tendence, že ženy mívají hodnoty formantů vyšší než muži. Má analýza ukázala, že ženy mají hodnoty formantů více rozptýlené než muži, proto je jejich vokalický trojúhelník otevřenější a více se vzdaluje středním hodnotám. Muži mají naproti tomu vokalický trojúhelník sevřenější a jednotlivé hodnoty se více blíží středu.

Při srovnání trvání jednotlivých vokálů se u nevysokých vokálů potvrzují spíše tradiční teze, které tvrdí, že dlouhý vokál je přibližně dvojnásobkem vokálu krátkého. V tomto ohledu se nejvýrazněji projevily o-ové vokály, kde fonologicky dlouhé /o:/ přesahuje svůj krátký protějšek více než dvojnásobně. Naopak u vysokých vokálů se ukázalo, že trvání dlouhých vokálů je výrazně kratší než trvání dlouhých vokálů

nevysokých. V tomto ohledu se poměr trvání i-ových vokálů projevuje výrazněji než poměr trvání u-ových vokálů. V oblasti vysokých vokálů se tak potvrzují spíše novější teorie. Vzhledem k tomu, že u vysokých vokálů se projevují i odlišnosti spektrální, je možné konstatovat, že spektrální odlišení členů vokalického páru u vysokých vokálů umožňuje ekonomicky snížit rozdíl v jejich trvání.

Při analýze formantů diftongů se ukázalo, že hodnoty pro jednotlivé části diftongů se příliš výrazně neliší od odpovídajících monoftongů. Lze tedy konstatovat, že obě části diftongu odpovídají monoftongům jak artikulačně, tak akusticky.

Analýza délky diftongů a jejich částí ukazuje, že trvání celého diftongu je jen mírně delší než trvání nejdelších monoftongů. Z analýzy trvání jednotlivých částí pak vyplývá, že zatímco trvání první části diftongu je přibližně stejné, druhá část diftongu se v průměru výrazně prodlužuje jak oproti první části, tak i oproti odpovídajícímu monoftongu. Kvůli povaze českých diftongů však zatím není možné říci, zda se tato část prodlužuje kvůli své pozici, či charakteristice.

Závěr

Cílem této práce byla akustická analýza vokálů. Věnovala jsem se monoftongům i diftongům, a to jak z hlediska kvality, tak z hlediska trvání.

Celkově se dá říci, že většina hodnot formantů se od tradičních i nových referenčních pásem příliš neliší. Při srovnání průměrných hodnot formantů pro mužské a ženské mluvčí se nepotvrdilo, že ženy mívají hodnoty formantů vyšší než muži, ale ukázalo se, že vokalický trojúhelník ženských mluvčích je otevřenější a rozptýlenější než vokalický trojúhelník mužských mluvčích. Při analýze trvání vokálů se u nevysokých vokálů potvrdila teorie, že trvání dlouhého vokálu je přibližně dvojnásobkem trvání krátkého vokálu.

U vysokých vokálů analýza potvrdila trend, který se objevil v nových studiích, a to odlišení vysokých vokálů od nevysokých jak v oblasti spektrální, tak v oblasti trvání.

Při analýze formantů diftongů se ukázalo, že obě části diftongu odpovídají monoftongům jak artikulačně, tak akusticky. Výzkum délky diftongů a jejich částí nepotvrdil tradiční teorie o vyváženosti trvání obou částí, ale ukázal, že druhá část diftongu se většinou oproti první části výrazně prodlužuje.

Hypotéza, že výsledky analýzy pro starší mluvčí se mohou lišit od výsledků analýzy pro mladší mluvčí, se při rozboru potvrdila. U starších mluvčích se zkoumané jevy projeví také, ale v menší míře.

Analýza se samozřejmě nevěnovala všem mluvčím daných korpusů, ale vybranému vzorku pěti mluvčích z každého korpusu, který byl zařazen do analýzy. Protože korpusy shromažďující záznamy neprofesionálních mluvčích byly z analýzy vyřazeny, věnovala se práce pouze profesionálním mluvčím. Zároveň je také nutno říci, že záznamy z použitých korpusů byly limitovány časově a například nahrávky současných relací nebyly do korpusů zařazeny. Je tak zřejmé, že téma vokálů rodilých mluvčích není ještě zcela vyčerpáno. Do budoucna by bylo zajímavé analyzovat vokály na nahrávkách současných pořadů i mluvených projevů neprofesionálních mluvčích, zejména s přihlédnutím k vývoji českého jazyka v oblasti vysokých vokálů.

Anotace

Univerzita Palackého v Olomouci

Filozofická fakulta

Katedra bohemistiky

Jméno: Kateřina Kalová

Název práce: Akustická analýza vokálů rodilých mluvčích

Vedoucí práce: PhDr. Petr Pořízka, Ph.D.

Počet znaků: 73 364 znaků

Počet příloh: 15 příloh, 1 CD

Počet použitých zdrojů: 10 tištěných zdrojů, 7 internetových zdrojů

Klíčová slova: čeština, akustická analýza, vokály, monoftongy, diftongy, formanty, vokalická kvalita, vokalická kvantita, korpus, normalizace

Anotace: Tato bakalářská práce se věnuje akustické analýze vokálů rodilých mluvčích českého jazyka z nahrávek z českých korpusů mluveného jazyka. Úkolem bylo komplexně a detailně analyzovat a charakterizovat české vokály a diftongy z akustického hlediska - kvalita i kvantita. Byla provedena formantová měření a následná normalizace hodnot. K praktické části byl použit fonetický program Praat. Naměřené výsledky formantové analýzy i analýzy trvání byly následně porovnány s tradičními i novějšími referenčními hodnotami formantů českých vokálů a referenčními hodnotami pro trvání vokálů. Výsledky výzkumu i komparace byly uvedeny ve shrnutí. Veškeré poznatky vyplývající z této práce byly následně uvedeny v závěru.

Resumé

This bachelor thesis concerns with acoustic analysis of vowels of native speakers of standard Czech language. The subject was to analyze and characterize Czech vowels and diphthongs in complex and in detail in terms of acoustic quality and acoustic quantity. Theoretical part of the thesis focuses on general characteristic of vowels, Czech vowel system and methods of phonetic segmentation and normalization of formant values. Practical part of the thesis presents aims of the measurements, sources of recordings, methods used for phonetic segmentation, recording and formant normalization. Acoustic analysis inspects ten speakers who were chosen from two Czech corpora of spoken language. Phonetic measurements were taken and all values of formants were normalized. In the practical part of the thesis, phonetic software Praat was used. Recorded values of formant analysis were compared with traditional and new reference values of Czech vowel formants and results of vowel quantity analysis were compared with reference values of vowel quantity. Results of diphthong analysis were also compared with result of monophthong analysis. All results of the research were stated in the final summary.

Literatura

HAYWARD, Katrina. *Experimental phonetics*. Harlow: Longman, 2000. Longman linguistics library. ISBN 0-582-29137-2.

KRČMOVÁ, Marie. *Fonetika a fonologie: zvuková stavba současné češtiny* [online]. Brno: Masarykova univerzita, c2008 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/1499/el/estud/ff/js08/fonetika/ucebnice/index.html>

LADEFOGED, Peter. *Phonetic data analysis: an introduction to fieldwork and instrumental techniques*. Malden, Mass.: Blackwell Publishing, c2003. ISBN 978-0-631-23270-4.

LADEFOGED, Peter. *Vowels and consonants: An introduction to the sounds of languages*. Oxford: Blackwells, 2001.

MACHAČ, Pavel a SKARNITZL, Radek. *Fonetická segmentace hlásek*. 1. vyd. Praha: Epoque, 2009. 146 s. Erudica; sv. 14. ISBN 978-80-7425-031-6.

MOORE, Brian C. J. a Brian R. GLASBERG. Suggested formulae for calculating auditory-filter bandwidths and excitation patterns. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1983, **74**(3), 750–753.

PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994. ISBN 80-7066-843-1.

SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokálních formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), 7–11.

SKARNITZL, Radek. Dvojí i v české výslovnosti. *Naše řeč*. 2012, **95**(3), 141–153.

VOLÍN, Jan a David STUDENOVSKÝ. Normalization of Czech vowels from continuous read texts. *Proceedings of the 16th ICPhS* [online]. Saarbrücken, 2007, 185–190 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/>

Internetové zdroje

BOERSMA, Paul a David WEENINK. *Praat: doing phonetics by computer* [online]. Verze 5.4.08. c1992-2015 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: www.praat.org. Staženo 24. 3. 2015.

CzechEncy – Nový encyklopedický slovník češtiny [online]. c2012-2017 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <https://www.czechency.org/>

SOFTONIC INTERNACIONAL S.A. *Audio Record Wizard: A Powerful Lightweight Sound Recorder* [online]. Verze 7.21. c1997-2016 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <https://audio-record-wizard-1.en.softonic.com/>

Korpus Monolog [online]. Verze 1.1. Ústav pro jazyk český, AV ČR, 2016 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://monolog.dialogy.org/>

Korpus Dialog [online]. Verze 1.2. Ústav pro jazyk český, AV ČR, 2015 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://ujc.dialogy.cz>

INTERNATIONAL PHONETIC ASSOCIATION. *International Phonetic Association* [online]. 2015 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <https://www.internationalphoneticassociation.org/>

MCCLOY, Daniel R. *Normalizing and plotting vowels with phonR 1.0.7* [online]. 2016-08-26 [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://drammock.github.io/phonR/>

Přílohy

I. Příloha 1

Formantová pásma českých samohlásek (PALKOVÁ, Zdena. Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru. Praha: Karolinum, 1994, s. 174)

Formant	F1	F2
Hláška	pásmo	pásmo
i, í	300–500	2000–2800
e, é	480–700	1560–2100
a, á	700–1100	1100–1500
o, ó	500–700	850–1200
u, ú	300–500	600–1000

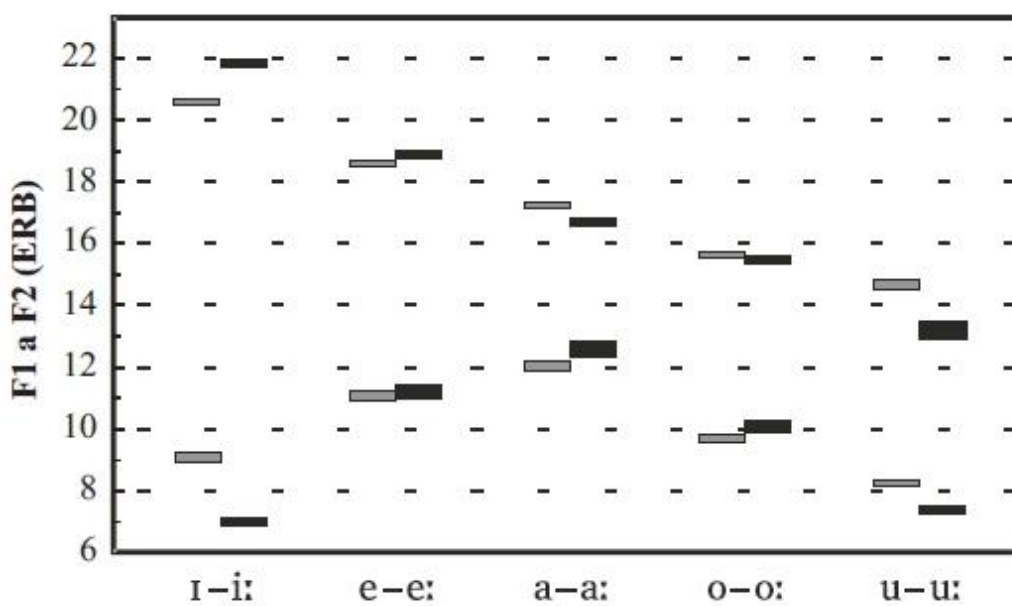
II. Příloha 2

Hodnoty formantů českých monoftongů (mužské hodnoty) a procentuální rozdíl mezi hodnotami pro krátký a dlouhý vokál jednotlivých párů. V závorkách pod hodnotami formantů jsou uvedeny směrodatné odchylky. (SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), s. 9.)

vokál	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F1 (ERB)	F2 (ERB)	rozdíl F1 %	rozdíl F2 %
i	414,9 (76,6)	1943,2 (202)	9,06 (1,08)	20,64 (0,87)	30,55	5,8
i:	281,7 (33,2)	2255,2 (151,6)	6,94 (0,58)	21,91 (0,56)		
e	566,3 (98,5)	1518,8 (127,7)	11,05 (1,18)	18,62 (0,7)	1,16	1,69
e:	575,7 (86)	1578 (122,9)	11,18 (1,03)	18,94 (0,63)		
a	648,5 (94,8)	1286 (113,5)	12,01 (1,03)	17,26 (0,72)	4,23	3,05
a:	698,6 (96,5)	1206,3 (97,2)	12,54 (1,01)	16,75 (0,65)		
o	457,7 (69,3)	1054,8 (129,8)	9,68 (0,93)	15,66 (0,92)	3,68	1,16
o:	483,7 (54,9)	1027,9 (82)	10,05 (0,75)	15,48 (0,62)		
u	359,2 (43,1)	936,6 (145,1)	8,25 (0,66)	14,71 (1,19)	12,55	11,36
u:	304,1 (37,7)	768,9 (132,4)	7,33 (0,64)	13,21 (1,24)		

III. Příloha 3

Schematický spektrogram českých monoftongů (pro mužské hodnoty). Šedé pruhy odpovídají krátkým vokálům, černé pruhy zobrazují dlouhé vokály. (SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), s. 8.)



IV. Příloha 4

Průměrné trvání a poměr trvání dlouhých a krátkých vokálů ve výslovnosti moderátorů Českého rozhlasu (SKARNITZL, Radek. Dvojí i v české výslovnosti. *Naše řeč*. 2012, 95(3), 141–153.)

vokál	trvání (ms)	poměr V: / V
ɪ	53,5	1,29
i:	68,9	
e	53,5	1,72
e:	91,8	
a	63,1	1,79
a:	113,0	
o	51,7	1,73
o:	89,3	
u	57,3	1,6
u:	91,4	

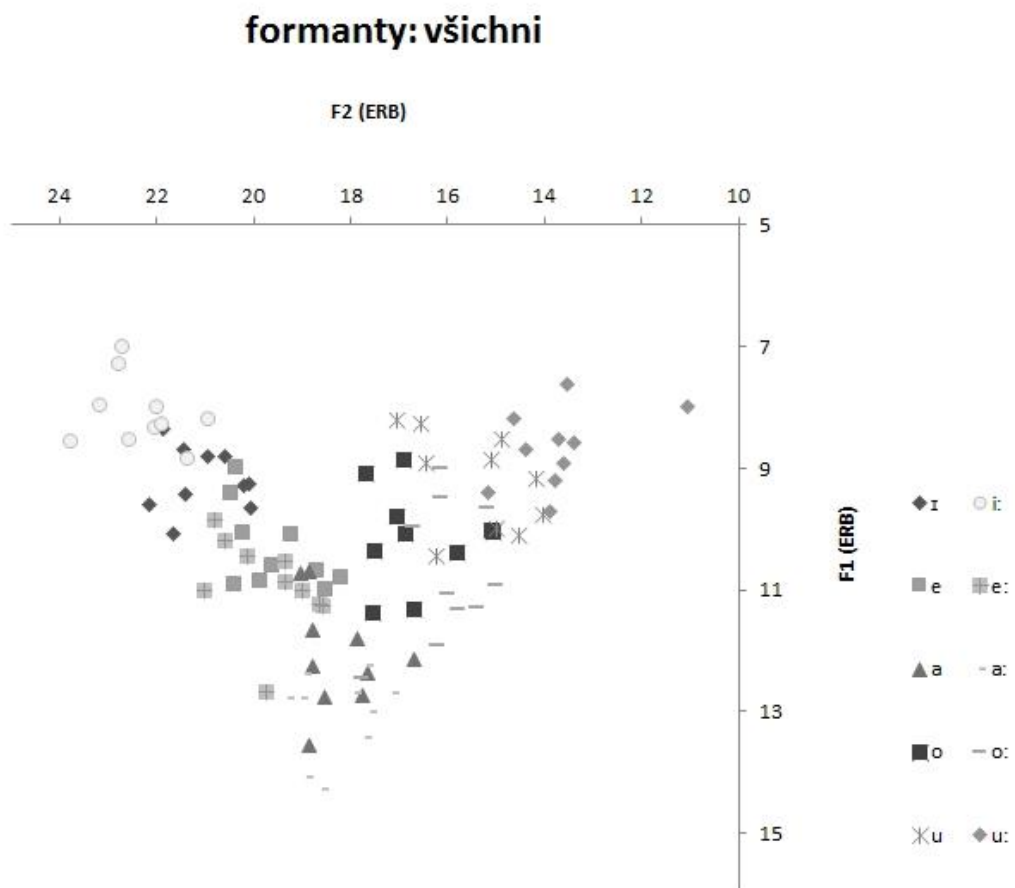
V. Příloha 5

Hodnoty formantů českých monoftongů (hodnoty pro všechny mluvčí) a procentuální rozdíl mezi hodnotami krátkého a dlouhého vokálu

vokál	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F1 (ERB)	F2 (ERB)	Rozdíl F1 %	Rozdíl F2 %
i	422,06	2040,2	9,19	21,04	13,18	5,61
i:	352,46	2387,37	8,12	22,29		
e	507,59	1703,61	10,36	19,54	5,04	0,86
e:	552,71	1738,78	10,91	19,71		
a	655,87	1454,5	12,07	18,28	7,51	0,16
a:	747,3	1455,45	13,05	18,25		
o	492,93	1199,16	10,14	16,61	5,32	3,75
o:	538,52	1107,05	10,71	16,01		
u	425,95	1038,4	9,23	15,39	6,34	12,25
u:	388,15	828,18	8,68	13,71		

VI. Příloha 6

Formantová pole českých monoftongů pro všechny mluvčí



VII. Příloha 7

Hodnoty formantů českých monoftongů (pro muže a ženy zvlášť) a procentuální rozdíl mezi hodnotami krátkého a dlouhého vokálu

frekvence formantů a trvání: muži

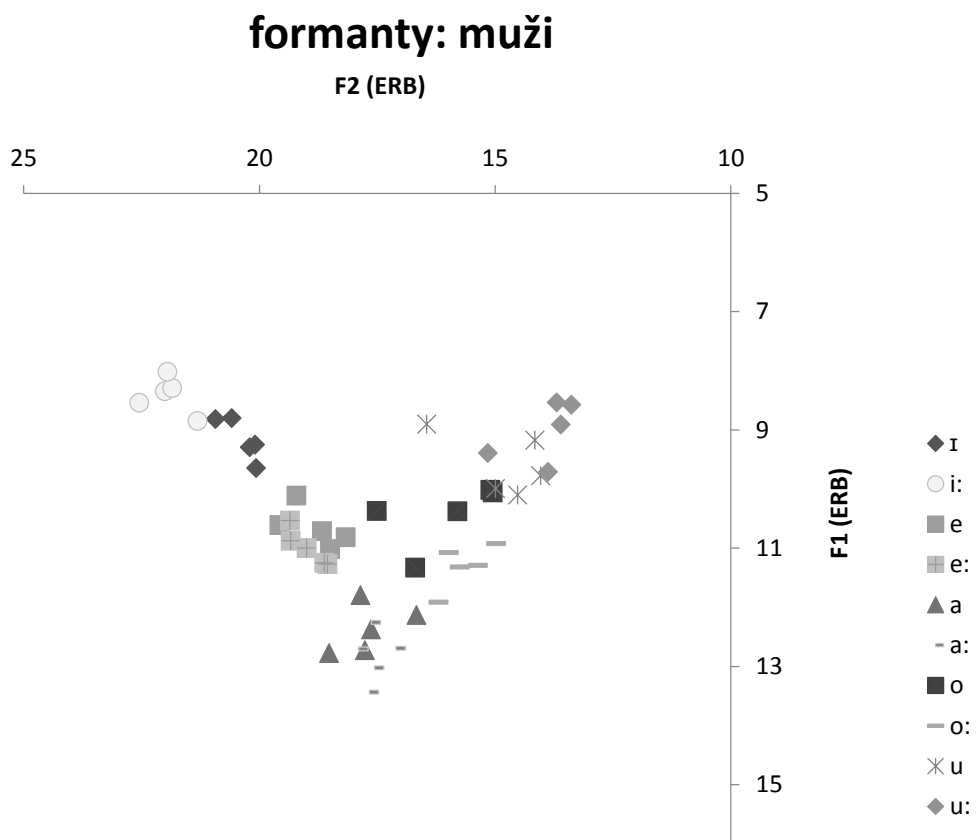
vokál	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F1 (ERB)	F2 (ERB)	Rozdíl F1 %	Rozdíl F2 %
ɪ	419,23	1879,38	9,16	20,38	8,92	7,11
i:	371,85	2270,93	8,41	21,94		
e	529,53	1558,51	10,65	18,83	3,09	0,74
e:	556,57	1583,22	10,99	18,97		
a	679,46	1368,5	12,36	17,69	3,59	0,68
a:	723,28	1337,29	12,82	17,57		
o	515,46	1112,4	10,43	16,03	7,7	2,36
o:	583,27	1052,9	11,3	15,66		
u	450,23	955,56	9,59	14,83	6,32	6,38
u:	411,02	848,65	9,02	13,94		

frekvence formantů a trvání: ženy

vokál	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F1 (ERB)	F2 (ERB)	Rozdíl F1 %	Rozdíl F2 %
ɪ	424,89	2201,02	9,23	21,7	18,03	4,15
i:	333,06	2503,81	7,82	22,64		
e	485,65	1848,71	10,06	20,25	7,2	0,98
e:	548,85	1894,35	10,84	20,45		
a	632,29	1561,99	11,78	18,86	11,23	0,37
a:	771,31	1573,61	13,27	18,93		
o	470,41	1285,93	9,84	17,19	2,67	5,01
o:	493,76	1161,21	10,11	16,37		
u	401,67	1121,25	8,87	15,96	6,35	18,49
u:	365,28	807,7	8,34	13,47		

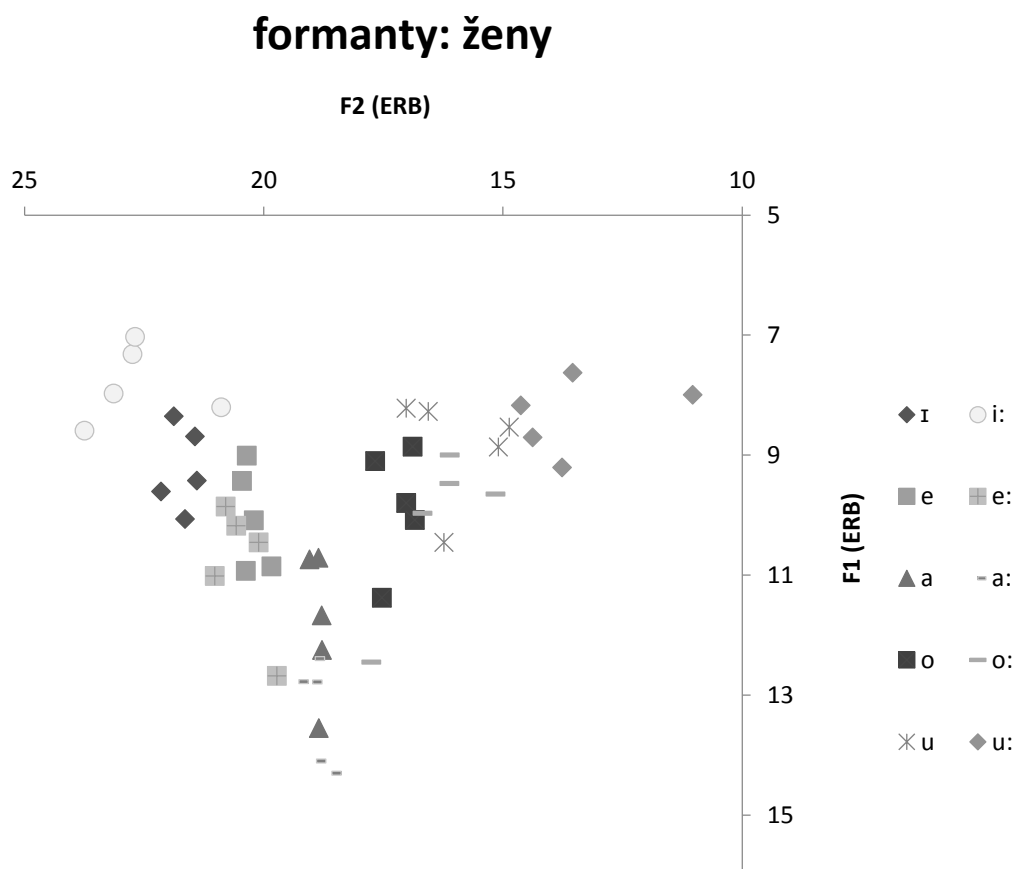
VIII. Příloha 8

Formantová pole českých monoftongů (pro mužské mluvčí)



IX. Příloha 9

Formantová pole českých monoftongů (pro ženské mluvčí)



X. Příloha 10

Srovnání hodnot formantů českých monoftongů (v Hz)

Údaje převzaty z:

SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokálních formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), 7–11.

PALKOVÁ, Zdena. *Fonetika a fonologie češtiny: s obecným úvodem do problematiky oboru*. Praha: Karolinum, 1994, s. 174.

Vokál	F1 (Hz)			F2 (Hz)		
	Kalová	Skarnitzl-Volín	Palková	Kalová	Skarnitzl-Volín	Palková
i	419,23	414,9	300–500	1879,38	1943,2	2000–2800
i:	371,85	281,7		2270,93	2255,2	
e	529,53	566,3	480–700	1558,51	1518,8	1560–2100
e:	556,57	575,7		1583,22	1578	
a	679,46	648,5	700–1100	1368,5	1286	1100–1500
a:	723,28	698,6		1337,29	1206,3	
o	515,46	457,7	500–700	1112,4	1054,8	850–1200
o:	583,27	483,7		1052,9	1027,9	
u	450,23	359,2	300–500	955,56	936,6	600–1000
u:	411,02	304,1		848,65	768,9	

XI. Příloha 11

Srovnání hodnot formantů českých monoftongů (v ERB) a procentuální rozdíl mezi hodnotami pro krátký a dlouhý vokál jednotlivých vokalických párů (SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), 7–11.)

vokál	F1 (ERB)		F2 (ERB)		Rozdíl F1 %		Rozdíl F2 %	
	Kalová	Skarnitzl–Volín	Kalová	Skarnitzl–Volín	Kalová	Skarnitzl–Volín	Kalová	Skarnitzl–Volín
i	9,16	9,06	20,38	20,64	8,92	30,55	7,11	5,8
i:	8,41	6,94	21,94	21,91				
e	10,65	11,05	18,83	18,62	3,09	1,16	0,74	1,69
e:	10,99	11,18	18,97	18,94				
a	12,36	12,01	17,69	17,26	3,59	4,23	0,68	3,05
a:	12,82	12,54	17,57	16,75				
o	10,43	9,68	16,03	15,66	7,7	3,68	2,36	1,16
o:	11,3	10,05	15,66	15,48				
u	9,59	8,25	14,83	14,71	6,32	12,55	6,38	11,36
u:	9,02	7,33	13,94	13,21				

XII. Příloha 12

Průměrné trvání vokálů a poměr trvání dlouhých a krátkých vokálů ve srovnání se studií Radka Skarnitzla (SKARNITZL, Radek. Dvojití i v české výslovnosti. *Naše řeč*. 2012, **95**(3), 141–153.)

vokál	trvání (ms)		poměr V:/V	
	Kalová	Skarnitzl	Kalová	Skarnitzl
i	50,08	53,5	1,32	1,29
i:	66,08	68,9		
e	50,69	53,5	1,84	1,72
e:	93,23	91,8		
a	58,79	63,1	1,99	1,79
a:	116,93	113		
o	48,24	51,7	2,2	1,73
o:	106,35	89,3		
u	56,04	57,3	1,5	1,6
u:	84,14	91,4		

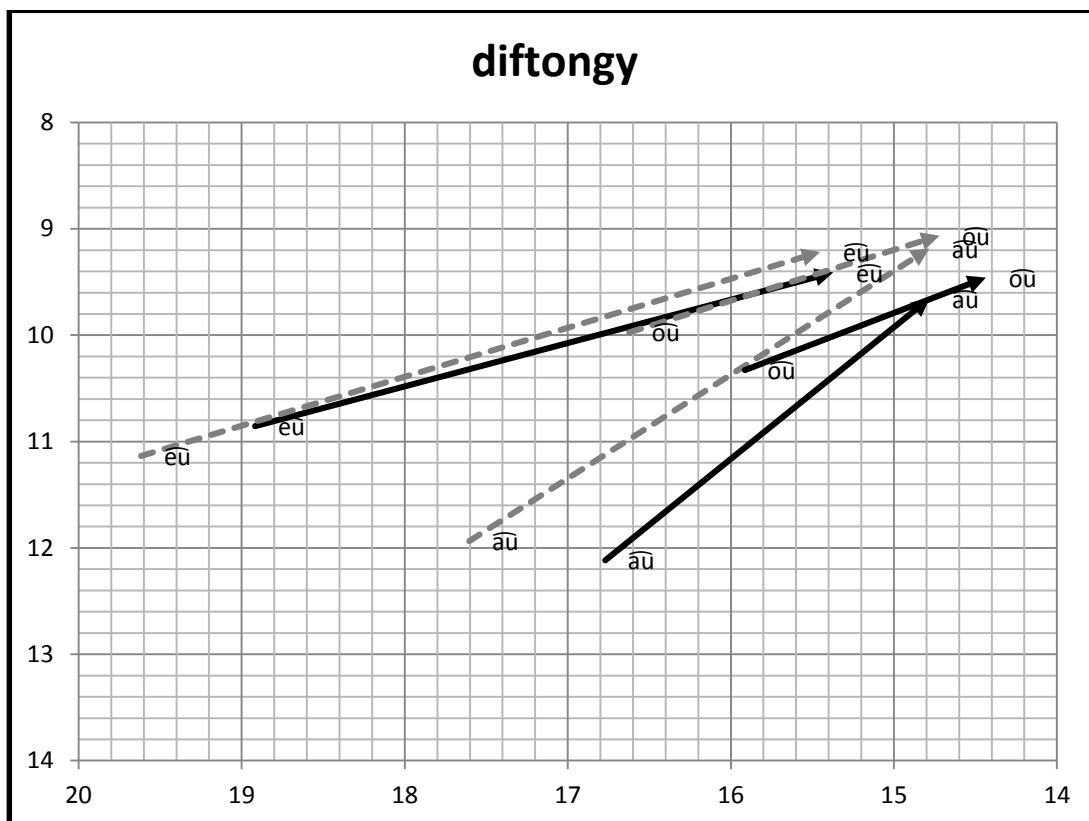
XIII. Příloha 13

Průměrné hodnoty formantů českých diftongů v hertzech i erbech a srovnání jednotlivých hodnot s hodnotami monoftongů (údaje pro kolonky *Volín–Skarnitzl* převzaty z: SKARNITZL, Radek a Jan VOLÍN. Referenční hodnoty vokalických formantů pro mladé dospělé mluvčí standardní češtiny. *Akustické listy*. Česká akustická společnost, 2012, **18**(1), 7–11.)

	vokál	F1 1. část (Hz)	F2 1. část (Hz)	F1 2. část (Hz)	F2 2. část (Hz)	F1 1. část (ERB)	F2 1. část (ERB)	F1 2. část (ERB)	F2 2. část (ERB)
Kalová	au	650	1282,64	437,77	941,97	12,02	17,23	9,39	14,78
	eu	558,3	1643,5	430,78	1024	11	19,27	9,31	15,41
	ou	493,5	1147,3	427,76	918,19	10,15	16,27	9,26	14,58
	a	655,87	1454,5			12,07	18,28		
	e	507,59	1703,61			10,36	19,54		
	o	492,93	1199,16			10,14	16,61		
	u			425,95	1038,4			9,23	15,39
Volín– Skarnitzl	a	648,5	1286			12,01	17,26		
	e	566,3	1518,8			11,05	18,62		
	o	457,7	1054,8			9,68	15,66		
	u			359,2	936,6			8,25	14,71

XIV. Příloha 14

Formantová pole českých diftongů. Šipky začínají v místě jádra diftongu a končí v místě polovokálu. Plné černé šipky označují mužské mluvčí, přerušované šedé šipky označují ženské mluvčí



XV. Příloha 15

Průměrná délka českých diftongů, délka a poměr trvání jednotlivých částí a srovnání hodnot s hodnotami monoftongů (údaje pro kolonky *Skarnitzl* převzaty z: SKARNITZL, Radek. Dvojití i v české výslovnosti. *Naše řeč*. 2012, **95**(3), 141–153.)

	vokál	trvání 1. část (ms)	trvání 2. část (ms)	trvání celkem	poměr 2. část / 1. část
Kalová	au	57,45	66,16	123,61	1,15
	eu	52,42	66,48	118,89	1,27
	ou	52,53	66,53	119,06	1,27
	a	58,79			
	e	50,69			
	o	48,24			
	u		56,04		
Skarnitzl	a	63,1			
	e	53,5			
	o	51,7			
	u		57,3		