

2.23 — Estetyka sztuk plastycznych

**Ludmila Richter**

**WSTĘPNA CHARAKTERYSTYKA  
IZOCHRONIZMU  
ZESTROJONEGO W JĘZYKU POLSKIM**

4/1983

P. 269



**WARSZAWA 1983**

Praca wpłynęła do Redakcji dnia 15 września 1982 r.

57032



Na prawach rękopisu

---

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN  
Nakład 130 egz. Ark.wyd. 1,9. Ark.druk. 2,5  
Oddano do drukarni w lutym 1983 r.  
Nr zamówienia 165/O/83 M-13.

---

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa,  
ul.Sniadeckich 8

Lutosława Richter  
Pracownia Fonetyki Akustycznej  
IPPT PAN

## WSTĘPNA CHARAKTERYSTYKA IZOCHRONIZMU ZESTROJOWEGO W JĘZYKU POLSKIM<sup>1</sup>

### Streszczenie

Uzyskanie wysokiej jakości mowy syntetycznej wymaga uwzględnienia przy jej programowaniu zjawisk iloczynowych realizowanych na płaszczyźnie suprasegmentalnej. Zalicza się do nich zjawisko izochronizmu zestrojowego, to jest tendencji do utrzymywania względnie stałej długości jednostek rytmicznych niezależnie od liczby głosek wchodzących w ich skład. Cel pracy stanowi stwierdzenie, czy tendencja taka występuje w języku polskim, a w razie uzyskania odpowiedzi pozytywnej - dokonania jej formalizacji matematycznej. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia pozwoliły zaproponować ujęcie ilościowe zjawiska izochronizmu w języku polskim za pomocą prostych wzorów matematycznych, które umożliwiają wyznaczenie czasu trwania samogłoski w sylabie akcentowanej oraz poakcentowej dla dowolnych wartości zmiennych, od których ten czas trwania jest uzależniony.

### 1. Wstęp

Zaprogramowanie rozciągłości czasowej segmentów fonetycznych w mowie syntetycznej wymaga uwzględnienia rytmu, który jest jednym z czynników decydujących o iloczynie głosek. W wielu językach rytm mowy związany jest ze zjawiskiem izochronizmu polegającym na dążności do zachowania względnie stałej długości jednostek rytmicznych niezależnie od liczby sylab. Doty-

<sup>1</sup> Praca wykonana w ramach problemu węziowego 06.9.

czy to np. języka angielskiego (Abercrombie 1967, Uldall 1971, Lehiste 1979). W językach, w których obowiązuje zasada izochronizmu, segmenty fonetyczne podlegają w mniejszym lub większym stopniu skracaniu wraz z wydłużeniem jednostki rytmicznej (Örman 1961, Elert 1964, Lindblom 1964, 1968; Nootboom 1972 a, 1972 b). Dla języka polskiego zależność tę stwierdziła Koneczna (1934) oraz Dłuska (1947), zaś na części materiału badawczego obejmującej logatomy - Richter (1978). Praca niniejsza ma na celu bliższe zbadanie tego zjawiska wraz z próbą jego interpretacji matematycznej umożliwiającej na dalszym etapie badań sformułowanie reguł rytmicznych dla celów syntezy mowy.

Propozycję interpretacji matematycznej izochronizmu na materiale języka szwedzkiego wysunął Lindblom (1968). Została ona rozwinęta w pracy : Lindblom, Rapp (1971) oraz : Carlson, Granström, Lindblom, Rapp (1972). W modelu tym iloczyn głoski określony jest za pomocą funkcji potęgowej. Zmodyfikowaną postać funkcji przyjął Nootboom (1972) w oparciu o materiał języka holenderskiego.

W odmienny sposób zostało sformułowane zjawisko izochronizmu w języku angielskim w pracy : Jassem, Krzyśko, Stolarski (1981), gdzie zastosowano model regresyjny.

Doświadczenie przeprowadzone w niniejszej pracy posłużyło do określenia przydatności dla języka polskiego modelu opracowanego przez Lindbloma, Rappa i Nootbooma.

## 2. Materiał doświadczalny.

Materiał doświadczalny obejmował trzy listy, z których każda zawierała zdania składające się z dwóch zestrojów akcentowych. Liczba sylab wchodzących w skład zestrojów była zmienna przy zachowaniu ściśle określonej struktury fonetycznej zestrojów. Zestroj akcentowy I stanowił wyraz jednosylabowy lub dwusylabowy utworzony przez dodanie do wyrazu jednosylabowego sylaby poakcentowej. Np. na liście I zestroj akcentowy I był reprezentowany przez wyrazy : /<sup>1</sup>stax/ oraz /<sup>1</sup>sta<sup>2</sup>ʃek/. Większym zmianom podlegał zestroj akcentowy II. Jego trzon stanowiła sylaba, która bądź samodzielnie tworzyła zestroj, np. /<sup>1</sup>da/ (lista III), bądź zajmowała pozycję sylaby akcentowanej w zestrojach dłuższych tworzonych poprzez stopniowe dodawanie do niej sylab przedakcento-

wych oraz poakcentowych, realizowanych często jako wyrazy proklityczne i enklityczne, np. /<sup>1</sup>davaw/, /roz<sup>1</sup>davaw/, /eroz<sup>1</sup>davaw/, /roz<sup>1</sup>davawnam/, /erozdavawnam/, /roz<sup>1</sup>davawnamdzią/, /eroz<sup>1</sup>davawnamdzią/(lista III)(dawał, rozdawał, nie rozdawał, rozdawał nam, nie rozdawał nam, rozdawał nam dziś, nie rozdawał nam dziś).

Dwusylabowy zestroj akcentowy występował w dwóch wariantach różniących się między sobą pozycją określonej sylaby, np. /<sup>1</sup>davaw/, /<sup>1</sup>rozda/. Maksymalna liczba sylab w zestroju II wynosiła 6 na każdej z list.

Łącznie lista I zawierała 14 zdań, listy II i III po 18 zdań. Listy zostały odczytane przez 10 osób (głosy męskie i żeńskie), po czym utrwalony na taśmie magnetofonowej materiał został poddany analizie oscylograficznej przy użyciu oscylografu pętlicowego. W trakcie analizy stosowano szybkość przesuwu papieru 125 cm/s. Segmentację uzyskanego zapisu oscylograficznego przeprowadzono w oparciu o zasady opisane przez autorkę (Richter 1973), następnie dokonano pomiarów czasu trwania każdej głoski z dokładnością 5 ms.

W przypadkach, gdy bezpośrednio sąsiadowały ze sobą : samogłoska oraz samogłoska niesylabiczna, charakteryzujące się takim samym rodzajem przebiegu akustycznego, wyznaczenie granic pomiędzy nimi nasuwało często wiele wątpliwości. Aby uniknąć ewentualnych błędów w pomiarach, zdecydowano się traktować te połączenia jako dyftongi, stąd w dalszym opisie mowa będzie o : dyftongu /je/ w sylabie akcentowanej zestroju II z listy I, /ja/ w sylabie akcentowanej zestroju I z listy III oraz dyftongu /aw/ w sylabie poakcentowej zestroju II we wszystkich trzech listach.

### 3. Wpływ długości zestroju akcentowego oraz pozycji w zestroju na czas trwania głosek.

Dane uzyskane z pomiarów pozwalają stwierdzić, że w przypadku niektórych głosek zachodzi skracanie ich czasu trwania wraz ze zwiększaniem liczby sylab wchodzących w skład zestroju akcentowego. Zróznicowanie długości głosek wykazuje również związek z ich pozycją w wyrazie.

#### 3.1. Samogłoski w sylabach akcentowanych.

Dane zamieszczone w tab. 1 flustrują stopień skracania się samogłosek (dyftongów) w sylabach akcentowanych. Poszczególne

wiersze tabeli odnoszące się do określonej osoby zawierają dla każdej z list (kolejne kolumny) po dwie wartości czasu trwania wyrażone w milisekundach oraz różnicę pomiędzy nimi wyrażoną w procentach. Z tych dwóch wartości czasu trwania górna oznacza w tab. 1a/ długość samogłoski w zestrojach 1-sylabowych, np. /da/ (są to wartości najwyższe występujące u danej osoby), w tab. 1b/ długość samogłoski w zestrojach 2-sylabowych, np. /davaw/ (wartości najwyższe występujące w pozycji śródgłosowej), zaś dolna wartość oznacza w tab. 1a/ i 1b/ długość samogłoski w zestrojach 6-sylabowych, np. /erozdavavnamdzić/ (nie rozdawał nam dziś). Na ogół są to wartości najniższe u danej osoby. Liczby powyższe stanowią średnie z dwóch powtórzeń, gdyż określony zestrój akcentowy II występował na każdej z list dwukrotnie. Poszczególne kolumny w tabeli zawierają dane odnoszące się do określonej listy. Głoski w nawiasach umieszczone w nagłówku tab. 1a/ oznaczają spółgłoskę następującą po danej samogłosce (dyftongu).

Wielkości wyrażone w procentach oznaczają stopień skrócenia samogłosek spowodowany równocześnie wydłużeniem zestroju akcentowego oraz zróżnicowaniem pozycji : wygłosowa - śródgłosowa (tab. 1a), względnie wyłącznie wydłużeniem zestroju akcentowego (tab. 1b).

Samogłoski (dyftongi) w sylabie akcentowanej zestroju 6-sylabowego (pozycja śródgłosowa) zostały wymówione krócej średnio o 50 % w stosunku do czasu trwania w zestroju 1-sylabowym (pozycja wygłosowa) oraz średnio o 27 % w stosunku do czasu trwania w zestroju 2-sylabowym (pozycja śródgłosowa).

Przy przejściu od pozycji wygłosowej do śródgłosowej silniejsze skracanie następowało przed spółgłoską /p/, aniżeli przed /d<sup>h</sup>/ oraz /v/, co jest związane z wpływem dźwięczności następującej spółgłoski na iloczas samogłosek (Richter 1973).

### 3.2. Samogłoski w sylabach nieakcentowanych.

Rozrzut wartości czasu trwania samogłosek w sylabach przedakcentowych nie wykazuje związku z długością zestroju akcentowego, a spowodowany jest najwidoczniej przez czynniki losowe.

Daje się natomiast zauważyć skracanie samogłosek (dyftongów) w sylabach poakcentowych wraz ze zwiększaniem liczby sylab w

zestroju akcentowym, chociaż tendencja ta jest mniej konsekwentna i systematyczna niż w sylabach akcentowanych.

Stopień skracania się dyftongów w sylabie poakcentowej (na każdej z list jest to dyftong /aw/) ilustrują dane zamieszczone w tab. 2. Poszczególne liczby oznaczają wartości czasu trwania występujące w zestroju 2-sylabowym (tab. 2a) - najczęściej są to wartości maksymalne dla danej osoby, 6-sylabowym (tab. 2a i 2b) - na ogół wartości minimalne - oraz w zestroju 4-sylabowym (tab. 2b) - wartości maksymalne występujące w pozycji śródgłosowej, a także różnice pomiędzy wartościami wyrażone w procentach.

Skracanie dyftongów w sylabie poakcentowej wyniosło średnio 38 % przy jednoczesnym zróżnicowaniu pozycji : wygłosowa - śródgłosowa, zaś 18 % tylko w obrębie pozycji śródgłosowej.

3.3. Spółgłoski w sylabach akcentowanych i nieakcentowanych.

Wyraźne różnice czasu trwania spółgłosek wymówionych w różnych zestrojach akcentowych zaobserwowano w obrębie sylaby akcentowanej i poakcentowej. W sylabach przedakcentowych spółgłoski, podobnie jak samogłoski, zachowują względnie stały czas trwania.

Tab. 3. ilustruje zróżnicowanie długości spółgłosek poprzedzających samogłoskę akcentowaną oraz spółgłosek poprzedzających samogłoskę poakcentową. W sylabie akcentowanej zestroju 6-sylabowego spółgłoski średnio skróciły się o 38 % w porównaniu z zestrojem 1-sylabowym, zaś w sylabie poakcentowej zestroju 6-sylabowego średnio skróciły się o 27 % w porównaniu z zestrojem 2-sylabowym. W odróżnieniu od samogłosek skracanie to nie odbywa się w sposób systematyczny świadczący o zależności iloczasu spółgłosek od liczby sylab w zestroju akcentowym. Rozkład wartości sugeruje raczej zależność od pozycji w wyrazie.

W odniesieniu do spółgłosek w sylabie akcentowanej stwierdzono, że bardzo zbliżone wartości u danej osoby występują dla spółgłosek poprzedzających samogłoskę śródgłosową, np. /poyjędźaw/, /poyjędźawby/ itd., zaś wyraźnie wyższe od nich wartości występują dla spółgłosek poprzedzających samogłoskę wygłosową np. /yje/ oraz dla spółgłosek nagłosowych, np. /vjędźaw/, chociaż rozrzut wartości w tej grupie jest dość znaczny. W pewnej mierze stanowi to potwierdzenie wyników uzyskanych przez Dłuską (1932). Proponuje się wyróżnić dwa stopnie długości spółgłosek w sylabie

akcentowanej w zależności od pozycji w wyrazie.

W tab. 4 zestawiono średnie wartości czasu trwania spółgłoski /v/ z listy I z uwzględnieniem podziału na dwie grupy. Dane z ostatniej kolumny oznaczają wartości względnego czasu trwania spółgłosek zaliczonych do drugiej grupy obliczonego w stosunku do czasu trwania spółgłosek zaliczonych do pierwszej grupy. Średnia wartość względnego czasu trwania spółgłosek grupy II wynosi 0,64 przy założeniu, że średnia wartość względnego czasu trwania spółgłosek grupy I wynosi 1.

Nie obliczano stosunku długości spółgłosek należących do sylaby akcentowanej z listy II i III. Na liście II samogłoskę akcentowaną poprzedzała zbitka spółgłosek /t/ i /ʃ/, które były często zastępowane zbitką /tʃ/ lub jedną spółgłoską /tʃ/, w związku z czym stosunki iloczynowe tych segmentów podlegały nieprzewidzianym zmianom. Na liście III samogłoska akcentowana następowała po zbitce spółgłoskowej /zd/, której rozsegmentowanie w wielu przypadkach nasuwało wątpliwości, zatem pomiar czasu trwania /d/ mógłby być obarczony błędem.

W sylabie poakcentowej również wyróżniono dwa stopnie długości spółgłosek : dłuższe przed samogłoską wygłosową oraz krótsze przed samogłoską śródgłosową. Podział taki znalazł odbicie w tab. 5. Jeśli przyjąć względny czas trwania spółgłosek w grupie I równy 1, to średni względny czas trwania spółgłosek w grupie II wyniósł 0,78 dla /dʒ/ (lista I) oraz 0,79 dla /p/ (lista II).

Zróznicowanie czasu trwania spółgłosek w zależności od pozycji w wyrazie okazało się być nieco większe w sylabie akcentowanej, niż w sylabie poakcentowej.

#### 3.4. Opozycja sylaby akcentowanej do nieakcentowej.

Porównywano ze sobą zestroje, w których taka sama sylaba znajdowała się w pozycji akcentowanej (zestroj dwusylabowy), bądź przedakcentowej (zestroje o różnej długości). W odniesieniu do samogłosek stwierdzono znaczne różnice czasu trwania w zależności od pozycji. Średni dla wszystkich list i wszystkich osób względny czas trwania samogłosek w sylabie przedakcentowej wynosi około 0,6 przy założeniu, że względny czas trwania samogłosek w sylabie akcentowanej wynosi 1. Jeśli chodzi o spółgłoski, to w niektórych



przypadkach wykazywały one znacznie dłuższy czas trwania przed następującą samogłoską akcentowaną, zaś krótszy przed nieakcentowaną, jednak nie stanowiło to reguły dla całego materiału.

### 3.5. Realizacja tendencji do skracania samogłosek u poszczególnych osób.

Stwierdzono, że czas trwania samogłosek w sylabie akcentowanej i poakcentowej ulega skracaniu wraz z wydłużaniem zestroju akcentowego. Nie badano jednak bliżej, czy odgrywa w tym rolę liczba  $m$  sylab pozostałych do wyprodukowania w zestroju, czy też całkowita liczba  $n$  sylab zawartych w zestroju. Nie w każdym przypadku dodawanie kolejnych sylab pociągało za sobą systematyczne skracanie samogłosek. Po sklasyfikowaniu pomiarów na skali porządkowej, tzn. uszeregowaniu wartości iloczasu według rang okazało się, że występowały pewne różnice u osób biorących udział w doświadczeniu. Określenie zgodności tych uporządkowań pozwoliłoby ocenić, w jakim stopniu stwierdzona tendencja do skracania głosek jest podobnie realizowana przez różnych użytkowników języka, tym samym na ile może być uogólniona jako zjawisko fonetyczne. Nie chodzi przy tym o porównanie wielkości różnic pomiędzy kolejnymi wartościami u różnych osób, lecz wyłącznie o zbadanie korelacji zachodzących pomiędzy rangami na różnych skalach porządkowych.

W tym celu posłużono się miarą zgodności uporządkowań wielokrotnych zwaną współczynnikiem konkordancji  $r_w$  (Góralski 1974).

Wartość współczynnika wyznacza się ze wzoru :

$$r_w = \frac{12 W}{m^2 N (N^2 - 1)} , \quad 0 \leq r_w \leq 1$$

w którym

$$W = \sum_{i=1}^N \left[ \sum_{j=1}^m r_{i,j} - \frac{m(N+1)}{2} \right]^2 ,$$

$N$  oznacza liczbę obiektów na skali porządkowej, w tym przypadku liczbę pomiarów iloczasu określonej głoski przeprowadzonych dla danej osoby,

$m$  oznacza liczbę skal porządkowych, czyli liczbę osób,

$r_{i,1}$  oznacza rangi, jakie otrzymał obiekt  $i$  ( $i=1, N$ ) w poszczególnych uporządkowaniach ze względu na cechę  $l$  ( $l=1, m$ ).

W tabl. 6 zamieszczono obliczone wartości współczynnika konkordancji dla czasu trwania samogłoski (dyftongu) w sylabie akcentowanej oraz w sylabie poakcentowej. Ponieważ na każdej z list określony zestroj akcentowy II powtarzał się dwukrotnie, najpierw w połączeniu z zestrojem akcentowym I jednosylabowym, a następnie z zestrojem akcentowym I dwusylabowym, obliczenia  $r_w$  przeprowadzono również dwukrotnie: dla pierwszej grupy zestrojów oraz dla drugiej grupy zestrojów.

Posługując się słowną oceną wartości  $r$  zaproponowaną przez Góralskiego (1974, str. 34) można przyjąć, że dane zawarte w tabeli wskazują na bardzo wysoką zgodność uporządkowań wartości iloczasu u wszystkich osób biorących udział w doświadczeniu. Pozwala to stwierdzić, że realizacja tendencji do skracania określonych głosek powtarza się w taki sam sposób u różnych osób i wobec tego można ją uznać za cechę ogólniejszą, pozwalającą na sformułowanie reguły rytmicznych w języku.

Mówiąc w dalszym ciągu o iloczasię głosek, będziemy posługiwać się wartościami znormalizowanymi dla wszystkich osób, które należało wprowadzić ze względu na indywidualne różnice tempa. Usunięcie tego istotnego źródła zmienności umożliwia porównywanie ze sobą pomiarów pochodzących od różnych osób. Wartości względne uzyskano w ten sposób, że w sylabie akcentowanej za 1 przyjęto czas trwania samogłoski (dyftongu) w zestroju akcentowym jednosylabowym: /vje/, /tʃe/, /da/, zaś czas trwania samogłoski w zestrojach dłuższych obliczano w stosunku do przyjętego za 1. W sylabach poakcentowych za 1 przyjęto czas trwania dyftongu w zestroju dwusylabowym.

W oparciu o wartości znormalizowane wyliczono średnie wartości czasu trwania samogłosek (dyftongów) w sylabach akcentowanych oraz poakcentowych wymówionych w zestrojach różniących się liczbą sylab składowych (tabl. 7 i 8).

Wartości te zarówno w sylabach akcentowanych, jak poakcentowych wykazują zależność od czynnika  $\underline{n}$  (całkowita liczba sylab wchodzących w skład zestroju), jak od czynnika  $\underline{m}$  (liczba sylab pozostałych do wyprodukowania licząc od danej sylaby do końca

zestroju).

Dotychczas omówione wyniki doświadczenia stanowią dowód na obecność izochronizmu w języku polskim. We wcześniejszej pracy autorki (Richter 1978) sformułowano wniosek przeciwny w odniesieniu do części materiału doświadczalnego obejmującego wyrazy znaczące, zaś potwierdzający obecność izochronizmu w części materiału obejmującej logatomy. Rozbieżności spowodowane zostały zapewne faktem, że dobór materiału nie umożliwiał w pełni zbadania tego zjawiska.

Wykorzystany w pracy niniejszej materiał pozwolił stwierdzić, że izochronizm występuje w języku polskim w ograniczonym zakresie, gdyż nie dotyczy spółgłosek, których iloczyn wykazuje związek z pozycją w wyrazie oraz samogłosek w sylabie przedakcentowej. Natomiast w odniesieniu do samogłosek w sylabie akcentowanej i poakcentowej tendencja do ich skracania wraz z wydłużaniem zestroju akcentowego jest realizowana konsekwentnie przez różnych użytkowników języka, o czym świadczą obliczone wartości współczynnika konkordancji.

#### 4. Rola sylab nieakcentowanych w ustalaniu wzorca rytmicznego.

Jak wynika z tabl. 7 i 8, sylaby przedakcentowe zestroju II wywierają wpływ na iloczyn samogłosek w sylabach akcentowanych i poakcentowych zestroju II. Z drugiej strony stwierdzono, że w większości przypadków samogłoski w sylabach akcentowanych zestroju I są dłuższe przed następującą sylabą akcentowaną, zaś krótsze przed następującą nieakcentowaną, w tym również stanowiącą sylabę przedakcentową zestroju II. Wynikałoby z tego, że sylaby przedakcentowe zestroju II mogą wyznaczać wielkość czynnika  $\underline{n}$  wówczas, gdy jako jednostkę rytmiczną traktuje się tradycyjnie zdefiniowany zestrój akcentowy wyznaczony częściowo w oparciu o kryteria morfologiczno-składniowe (Wierzchowska 1971) lub mogą wyznaczać wielkość czynnika  $\underline{m}$ , gdyby przyjąć za jednostkę rytmiczną odcinek wypowiedzi rozpoczynający się od sylaby akcentowanej i kończący sylabą nieakcentowaną bezpośrednio poprzedzającą następną sylabą akcentowaną. Powyższe warianty można przedstawić w sposób schematyczny następująco (symbol S oznacza sylabę) :

$\underbrace{^1SS}_I \quad \underbrace{SS^1SSSS}_II$

$\underbrace{^1SS}_I \quad \underbrace{SS^1SSSS}_II$

Gdyby przyjąć za jednostki rytmiczne tradycyjne zestroje akcentowe, to samogłoska w sylabie akcentowanej zestroju I wykazywałaby zróżnicowanie pod względem iloczasowym w zależności od tego, czy jest to zestrój 1- czy 2-sylabowy. Natomiast gdyby przyjąć za jednostkę rytmiczną odcinek od pierwszej sylaby akcentowanej do drugiej sylaby akcentowanej w wypowiedzi, to iloczyn pierwszej samogłoski akcentowanej byłby uzależniony od liczby następujących sylab nieakcentowanych bez względu na ich pozycję według tradycyjnego podziału na zestroje.

W tabl. 9 zamieszczono uśrednione znormalizowane dla wszystkich osób wartości czasu trwania pierwszej samogłoski akcentowanej w wypowiedzi dla określonej pozycji oraz statystyczną ocenę różnic pomiędzy tymi średnimi przeprowadzoną za pomocą testu t Studenta.

Wartości t obliczono w oparciu o wzór :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum(x_2 - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}} \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}$$

Różnica o najwyższym stopniu istotności zachodzi pomiędzy średnim iloczasem samogłoski traktowanej jako część zestroju jednosylabowego a średnim iloczasem samogłoski akcentowanej traktowanej jako część zestroju dwusylabowego (porównanie (6) i (7)). Na podstawie powyższych wyników można powiedzieć, że największe zróżnicowanie czasu trwania samogłosek związane jest z rytmem opartym na podziale na zestroje akcentowe.

Dla iloczasu samogłosek w zestrojach jednosylabowych znaczenie posiada również fakt, czy następny zestrój rozpoczyna się od sylaby akcentowanej, czy nieakcentowanej (pozycja (1) i (5)). Jeśli następująca sylaba jest akcentowana, czas trwania samogłoski w zestroju jednosylabowym wydłuża się w sposób

istotny.

Pozostałe wartości  $\underline{t}$  w tabeli odnoszą się do wariantu, w którym zakłada się rozciągłość jednostki rytmicznej od pierwszej sylaby akcentowanej do drugiej sylaby akcentowanej w wypowiedzi. Różnica pomiędzy średnimi okazała się nieistotna lub mało istotna pod względem statystycznym dla porównania pozycji (2) i (3) oraz (3) i (4), natomiast w wysokim stopniu istotna dla porównania pozycji (1) i (2). Wysoka wartość  $\underline{t}$  dla różnicy w pozycji (1) i (2) wynika niewątpliwie stąd, że pozycja (1) obejmowała samogłoski wydłużone ze względu na następstwo sylaby akcentowanej (porównaj (1) i (5)), gdy równocześnie pozycja (2) obejmowała swym zakresem również zestroje dwusylabowe, w których samogłoska akcentowana jest znacznie krótsza niż w zestrojach jednosylabowych (porównaj (6) i (7)).

Zaobserwowane skracanie pierwszej samogłoski akcentowanej w wypowiedzi w zależności od liczby następujących sylab nieakcentowanych nie jest na tyle zdecydowane, by można było na tej podstawie utożsamiać jednostkę rytmiczną z odcinkiem zawartym pomiędzy kolejnymi sylabami akcentowanymi.

#### 5. Model matematyczny izochronizmu.

##### 5.1. Samogłoski (dyftongi) w sylabie akcentowanej.

Dla interpretacji matematycznej izochronizmu, którego obecność stwierdzono w materiale doświadczalnym, wykorzystano wzór zaproponowany przez Lindbloma i Rappa (1971), zmodyfikowany przez Nooteboom (1972). W ujęciu Lindbloma i Rappa ma on postać następującą :

$$V = \frac{D}{\frac{\frac{m}{n} \alpha}{n}} \quad (1)$$

Stała wielkość D określająca maksymalny czas trwania ma wartość 1 w naszym przykładzie (względny czas trwania samogłoski wygłoszowej w zestroju akcentowym jednosylabowym), zaś współczynnik  $\alpha$  przybiera różne wartości na różnych listach. W przypadku indywidualnego traktowania poszczególnych głosew każdy z nich charakteryzowałby się również określoną wartością  $\alpha$ , ponieważ wchodziłyby tu w grę różnice osobnicze związane z realizacją izochronizmu.

W tab. 10a) i b) oraz na rys. 1a) i 2a) zamieszczono teoretyczne wartości iloczynu samogłoski akcentowanej w różnych zestrojach obliczone dla listy I i II na podstawie wzoru (1). Przy zachowaniu stałego  $\underline{m}$  zwiększenie wartości  $\underline{n}$  powoduje wzrost wartości obliczeniowej  $V$ , co pozostaje w sprzeczności z rozkładem danych empirycznych, na co już wcześniej zwrócił uwagę Nootboom (1972). W tej sytuacji należy odrzucić model zaproponowany przez Lindbloma.

W dalszym ciągu zastosowano wzór wprowadzony przez Nootbooma :

$$V = \frac{D}{m^{\alpha} n^{\beta}} \quad (2)$$

Wyliczone dla materiału doświadczalnego wartości oraz różnią się między sobą na różnych listach.

Wartości teoretyczne uzyskane dla listy III są niemal identyczne z wartościami empirycznymi (tab. 10c), rys. 3a)). Nieco mniejszą zgodność stwierdzono dla listy I (tab. 10a), rys. 1b)). Natomiast dla listy II przy optymalnych dla tej funkcji wartościach  $\alpha$  i  $\beta$  odchylenia wartości teoretycznych od empirycznych są wysokie (tab. 10b), rys. 2b)).

W ujęciu Nootbooma wpływ czynnika  $\underline{m}$  jest znacznie większy, aniżeli wpływ czynnika  $\underline{n}$  który zdaniem Nootbooma jest praktycznie zerowy, co zostało potwierdzone doświadczalnie dla języka holenderskiego. Wzajemny stosunek  $\underline{m}$  do  $\underline{n}$  przybiera nieco inną postać w języku polskim. Różnice pomiędzy obliczonymi z danych empirycznych wartościami  $\alpha$  i  $\beta$  są w gruncie rzeczy niewielkie (dla listy I  $\alpha = 0,39$ ,  $\beta = 0,15$ , dla listy III  $\alpha = 0,27$ ,  $\beta = 0,15$ ), a obserwacja danych z tab. 7 pozwala wysunąć hipotezę, że wpływ czynników  $\underline{m}$  i  $\underline{n}$  jest jednakowy. Przy takim założeniu rozkłady odnoszące się do zmian czasu trwania samogłosek powinny być w przybliżeniu takie same zarówno przy zmiennym  $\underline{n}$  oraz stałym  $\underline{m}$ , jak też przy zmiennym  $\underline{m}$  oraz stałym  $\underline{n}$ . Oznacza to, że uwzględniając wszystkie przypadki, w których porównywano iloczyn samogłosek w dwóch zestrojach o tej samej wartości  $\underline{m}$ , ale różnych wartościach  $\underline{n}$  uzyskano określoną liczbę samogłosek, które mają krótszy czas trwania w zestroju o zwiększonej wartości  $\underline{n}$ , samogłosek, które zachowały taki sam czas trwania w obu porównywalnych zestrojach oraz samogłosek, które mają dłuższy czas trwania

w zestroju o zwiększonej wartości  $\underline{n}$ . Np. odpowiednie liczebności uzyskane na podstawie powyższych kryteriów wynoszą dla listy III : 50, 18, 12.

Z kolei określone rozkłady uzyskano dla sytuacji odwrotnej, tj. przy porównywaniu zestrojów o tej samej wartości  $\underline{n}$ , ale różnych wartościach  $\underline{m}$ . Dla zweryfikowania hipotezy zerowej, mówiącej że przy różnych relacjach  $\underline{n}$  do  $\underline{m}$  rozkłady odnoszące się do zmian iloczasu samogłosek są równe, przeprowadzono test  $\chi^2$  dla danych z listy II i III (budowa listy I uniemożliwiła przeprowadzenie tego typu porównań). Obliczone wg wzoru

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_t)^2}{f_t}$$

wartości wynoszą 5,970 oraz 5,467 i są mniejsze od wartości tablicowej  $\chi^2_{0,05} = 5,991$ . Na tej podstawie nie możemy odrzucić hipotezy zerowej, co upoważnia nas do stwierdzenia, że wpływ czynników  $\underline{n}$  oraz  $\underline{m}$  na iloczaś samogłoski akcentowanej jest jednakowy. Przy takim założeniu  $\alpha = \beta$ , co umożliwia pozostawienie w nieco przekształconym wzorze tylko jednego z tych współczynników, np.  $\alpha$ . Ostatecznie wzór przybiera postać :

$$V = \frac{D}{(m n)^\alpha} \quad (3)$$

Wartości teoretyczne V obliczone wg wzoru (3) są bardzo zbliżone do wartości teoretycznych obliczonych wg wzoru (2) w odniesieniu do samogłoski z listy I i III (tab. 10a, c), rys. 1c), 3b)). Natomiast dla listy II wartości obliczone wg wzoru (3) wykazują zarówno odstępstwa od obliczonych wg wzoru (2), jak też od wartości empirycznych (tab. 10b), ryc. 2c)). W tej sytuacji pozostaje do wyboru : albo odrzucić możliwość zastosowania przyjętego modelu dla samogłosek z listy II, albo zweryfikować go uwzględniając zróżnicowanie zachodzące pomiędzy samogłoskami z listy II oraz samogłoskami z listy I i III, które spowodowane jest rodzajem następstwa spółgłoskowego. Samogłoski z listy II ulegały większemu skróceniu w stosunku do iloczasu samogłoski w zestroju jednosylabowym jako poprzedzające spółgłoskę bezdźwięczną /p/, zaś w porównaniu z nimi samogłoski z listy I i

III ulegały nieco mniejszemu skróceniu jako poprzedzające spółgłoskę dźwięczną /dź/ oraz /v/. Ponieważ wartości  $\mathcal{L}$  oraz  $\beta$  spełniające funkcję (2) i (3) są bardzo zbliżone dla samogłosek z listy I i III, wprowadzono dla następującego kontekstu dźwięcznego wartości uogólnione odnoszące się do materiału doświadczalnego. Tab. 11a) oraz 1d), e), 3c), d) podają wartości teoretyczne iloczynu obliczone dla danego  $m$  oraz  $n$  w oparciu o uogólnione wartości współczynników  $\mathcal{L}$  i  $\beta$ :  $\mathcal{L} = 0,30$ ,  $\beta = 0,15$  dla funkcji (2) oraz  $\mathcal{L} = 0,22$  dla funkcji (3). Stwierdza się dużą zgodność danych empirycznych z danymi teoretycznymi.

Po zbadaniu relacji zachodzących pomiędzy wartościami empirycznymi iloczynu z listy II a wartościami teoretycznymi zamieszczonymi w tab. 11a) okazało się, że samogłoski z listy II wykazują około 1,35 raza krótszy czas trwania. Na tej podstawie wprowadzono wzór (4) i (5) na obliczanie czasu trwania samogłoski akcentowanej poprzedzającej spółgłoskę bezdźwięczną (na obecnym etapie badań odnosi się on wyłącznie do materiału doświadczalnego)

$$V = \frac{D}{1,35 m^{\mathcal{L}} n^{\beta}} \quad (4)$$

$$V = \frac{D}{1,35(mn)^{\mathcal{L}}} \quad (5)$$

Obliczone wg powyższych wzorów wartości  $V$  wykazują znacznie wyższą zgodność z danymi empirycznymi, niż przy zastosowaniu wzorów (2) i (3), (tab. 11b), rys. 2d), e)).

Zgodność przyjętego modelu z rzeczywistymi wartościami czasu trwania samogłosek akcentowanych na wszystkich trzech listach ilustruje rys. 4. Wyniki uzyskane przy zastosowaniu wzoru (2) oraz (3) są bardzo zbliżone i równocześnie niewiele różnią się od wartości empirycznych. Dokonując interpretacji matematycznej izochronizmu można więc w równej mierze korzystać z obu zaprezentowanych wzorów, przy czym względy praktyczne przemawiałyby za korzystaniem ze wzoru (3), który upraszcza nieco procedurę obliczeniową w porównaniu z wzorem (2).

#### 5.2. Dyftongi w sylabie poakcentowej.

Zastosowanie wzoru (3) dla sylab poakcentowych wymagało



wprowadzenia pewnej korekty. Na miejsce wielkości  $n$  wprowadzono  $(n - 1)$  z następujących powodów. Analogicznie jak w sylabie akcentowanej przyjęto  $D=1$  dla pozycji, w której badana samogłoska (tu dyftong) przybiera wartość maksymalną, Odnosi się to do zestroju dwusylabowego, który jest najkrótszym z możliwych zawierających sylabę nieakcentowaną. Jeśli dla zestroju dwusylabowego  $V = D = 1$ , ze wzoru

$$V = \frac{D}{(m)^{\alpha}}$$

wynika, że nie tylko  $m$ , lecz również  $n$  musi się równać 1. Warunek ten jest spełniony, jeśli zamiast  $n$  wprowadzimy  $n - 1$ . Oczywistym następstwem tego jest traktowanie zestroju dwusylabowego jako jednosylabowego, zestroju trzysylabowego jako dwusylabowego itd.

Ostatecznie przyjęto dwie postaci wzoru na  $V$

$$\text{w pozycji wygłosowej} \quad V = \frac{1,08 D}{[m(n-1)]^{\alpha}} \quad (6)$$

$$\alpha = 0,18$$

$$\text{w pozycji śródgłosowej} \quad V = \frac{D}{[m(n-1)]^{\alpha}} \quad (7)$$

Dane zamieszczone w tab. 12 wykazują dużą zgodność wartości teoretycznych z wartościami empirycznymi.

#### 6. Uwagi końcowe.

Uzyskane w pracy rezultaty stanowią dowód na obecność w języku polskim zjawiska izochronizmu. Występuje ono co prawda w ograniczonym zakresie, gdyż dotyczy wyłącznie samogłosek i to nie w każdej pozycji, niemniej świadczy o istnieniu rytmu mowy, który jest jednym z czynników decydujących o rozciągłości czasowej segmentów fonetycznych. Wykazano ponadto, że przynajmniej dla materiału doświadczalnego istnieje możliwość nadania interpretacji matematycznej temu zjawisku. Może to mieć istotne znaczenie dla opracowania programu umożliwiającego kontrolowanie cech prozodycznych w mowie syntetycznej.

W związku z tym zachodziłaby konieczność sformułowania zestawu reguł rytmicznych dotyczących iloczasu głosek a uwzględniających ich różnorakie uwarunkowania fonetyczne. Ostateczny kształt regułom można nadać po zweryfikowaniu ich za pomocą testów percepcyjnych przeprowadzonych na mowie syntetycznej.

Tabl. 1. Stopień skracania się samogłosek (dyftongów) w sylabie akcentowanej

a/ Porównanie czasu trwania w zestroju jednosylabowym b/ Porównanie czasu trwania w zestroju dwusylabowym (poz. wygłosowa) i 6-sylabowym (poz. śródgłosowa) i 6-sylabowym (poz. śródgłosowa)

	/je (dż)/		/e(p)/		/a(v)/		/je/		lista I		/e/		lista II		/a/	
	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%
PD	240	42	235	65	210	46	125	10	107,5	23	145	22	142,5	23	145	22
	140		82,5		112,5		140		82,5		180		107,5		180	
WJ	260	57	222,5	65	270	33	170	34	107,5	28	170	33	107,5	28	170	33
	112,5		77,5		120		112,5		77,5		120		110		120	
PL	170	40	167,5	52	183	37	140	27	110	27	170	32	110	27	170	32
	102,5		80		115		102,5		80		115		80		115	
DG	212,5	44	-	-	-	-	150	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	120						120									
BS	245	48	242,5	65	252,5	47	152,5	22	110	23	135	30	85	6	135	30
	127,5		85		95		127,5		85		95		85		135	
ED	-	-	147,5	46	215	28	-	-	-	-	-	-	80	6	135	29
	-		80		110		-		-		-		80		110	
DK	137,5	53	-	-	-	-	125	26	-	-	-	-	-	-	-	-
	92,5						92,5									
HK	275	62	192,5	69	235	59	160	34	90	33	155	37	60	33	155	37
	105		60		87,5		105		60		87,5		107,5		160	
NS	237,5	51	180	58	187,5	15	165	29	107,5	30	105	35	75	30	105	35
	117,5		75		105		117,5		75		105		75		105	
LR	212,5	53	132,5	49	130	21	147,5	32	77,5	13	132,5	23	67,5	13	132,5	23
	100		67,5		102,5		100		67,5		102,5		105		102,5	
RC	275	50	242,5	67	265	46	220	38	105	24	225	37	80	24	225	37
	137,5		80		142,5		137,5		80		142,5		80		142,5	
PJ	-	-	200	66	220	51	-	-	-	-	-	-	97,5	31	140	23
	-		67,5		107,5		-		-		-		67,5		107,5	

Tabl. 2. Stopień skracania się dystangu /aw/ w sylabie peakcentowej.

a/ Porównanie czasu trwania w zestroju dwusylabowym (poz. wygłosowa) i 6-sylabowym (poz. średgłosowa)  
 b/ Porównanie czasu trwania w zestroju trwania w zestroju 4-sylabowym (poz. wygłosowa) i 6-sylabowym (poz. średgłosowa)

	lista I		lista II		lista III		lista I		lista II		lista III	
	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%
PD	272,5	45	305	47	267,5	55	182,5	18	220	26	167,5	28
	150		162,5		180		150		162,5		120	
WJ	245	48	245	39	262,5	54	150	15	172,5	13	165	27
	127,5		150		180		157,5		150		120	
PL	187,5	32	207,5	28	230	37	157,5	19	177,5	16	177,5	18
	127,5		150		145		127,5		150		145	
DG	197,5	27	-	-	-	-	152,5	5	-	-	-	-
	145						145					
BS	285	30	295	45	335	46	232,5	14	187,5	13	182,5	11
	200		162,5		200		200		162,5		162,5	
GD	-	-	177,5	18	200	20	-	-	162,5	11	160	0
			145		162,5				145		162,5	
DK	167,5	28	-	-	-	-	167,5	28	-	-	-	-
	120						120					
HK	295	53	255	49	260	45	170	19	197,5	34	165	14
	137,5		130		142,5		137,5		130		142,5	
ES	245	40	180	18	190	16	187,5	21	162,5	9	155	0
	147,5		147,5		160		147,5		147,5		160	
LR	170	28	170	29	207,5	54	157,5	17	157,5	24	127,5	26
	122,5		120		95		122,5		120		95	
RC	277,5	36	292,5	39	305	38	212,5	17	205	12	225	16
	177,5		180		190		177,5		180		190	
PJ	-	-	237,5	47	275	38	-	-	157,5	21	177,5	4
			125		170				125		170	

Tabl. 3. Stopień skracania się spółgłosek  
 a/ w sylabie akcentowanej b/ w sylabie poakcentowej  
 Porównanie czasu trwania w zestroju Porównanie czasu trwania w zestroju  
 1-sylabowym i 6-sylabowym 2-sylabowym i 6-sylabowym

	/w/		/tʃ/		lista II		/d/		lista III		/dʒ/		lista I		/p/		lista II		/v/		lista III			
	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%	ms	%		
PD	92,5	38	232,5	30	-	-	102,5	12	112,5	29	90	112,5	29	112,5	29	90	112,5	29	90	112,5	29	90	112,5	29
	57,5		162,5				90				80					47,5						47,5		
WJ	107,5	56	-	-	90	38	140	18	140	23	140	23	140	23	140	23	140	23	140	23	140	23	140	23
	47,5				55		115		157,5		157,5		157,5		157,5		157,5		157,5		157,5		157,5	
PL	92,5	38	335	16	113	34	80	30	102,5	35	80	102,5	35	102,5	35	80	102,5	35	80	102,5	35	80	102,5	35
	57,5		180		75		140		140		140		140		140		140		140		140		140	
DG	122,5	35	-	-	v	-	107,5	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	80						137,5		117,5		117,5		117,5		117,5		117,5		117,5		117,5		117,5	
BS	152,5	39	247,5	41	145	53	182,5	11	120	25	120	25	120	25	120	25	120	25	120	25	120	25	120	25
	92,5		240		85		-		90		90		90		90		90		90		90		90	
GB	-	-	137,5	43	40	53	-	-	-	-	-	-	-	-	75	25	77,5	25	77,5	25	77,5	25	77,5	25
	110						142,5		142,5		142,5		142,5		142,5		142,5		142,5		142,5		142,5	
DK	82,5	25	-	-	-	-	87,5	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	97,5						122,5		110		110		110		110		110		110		110		110	
HK	60	39	-	-	65	41	92,5	25	120	25	120	25	120	25	120	25	120	25	120	25	120	25	120	25
	145		235		107,5		107,5		107,5		107,5		107,5		107,5		107,5		107,5		107,5		107,5	
KS	62,5	57	180	16	85	21	105	28	138,5	21	138,5	21	138,5	21	138,5	21	138,5	21	138,5	21	138,5	21	138,5	21
	80		305		105		80		85		85		85		85		85		85		85		85	
LB	60	25	175	43	80	-	80	24	125	32	125	32	125	32	125	32	125	32	125	32	125	32	125	32
	125		377,5		142,5		117,5		142,5		142,5		142,5		142,5		142,5		142,5		142,5		142,5	
RC	60	52	210	44	75	47	77,5	34	110	23	110	23	110	23	110	23	110	23	110	23	110	23	110	23
	-				87,5		65		87,5		87,5		87,5		87,5		87,5		87,5		87,5		87,5	
PJ	-	-	-	-	26	26	-	-	107,5	7	107,5	7	107,5	7	107,5	7	107,5	7	107,5	7	107,5	7	107,5	7
	-				65		65		100		100		100		100		100		100		100		100	

Tabl. 4. Średni czas trwania spółgłoski w sylabie akcentowanej w zależności od pozycji w wyrazie (lista I).

Osoby	Grupa I		Grupa II
	spółgłoski nagłosowe " poprzedzające samogłoskę wygłosową		spółgłoski śródgłosowe poprzedzające samogłoskę śródgłosową
	W a r t o ś c i b e z w g l ę d n e (ms)		Wartości względne
BK	121	87	0,72
RC	138	74	0,54
PĐ	100	68	0,68
LR	86	53	0,62
PL	99	58	0,59
BS	129	89	0,69
WJ	98	58	0,59
DG	119	87	0,73
ES	121	73	0,60
HK	93	59	0,63
			$\bar{x} = 0,64$

Tabl. 5. Średni czas trwania spółgłoski w sylabie poakcentowej w zależności od pozycji w wyrazie (lista I i II).

Osoby	Grupa I spółgłoski poprzedzające samogłoskę wygłosową		Grupa II spółgłoski poprzedzające samogłoskę śródgłosową	
	Wartości bezwzględne (ms)		Wartości względne	
	Lista I - spółgłoska /d̥/			
ES	109	88	0,81	
DG	143	108	0,76	
WJ	129	106	0,82	
BS	144	117	0,81	
PL	114	86	0,75	
LR	111	84	0,76	
PD	100	88	0,88	
RC	119	88	0,74	
DK	139	95	0,68	
HK	119	93	0,78	
	$\bar{x} = 0,78$			
	Lista II - spółgłoska /p/			
HK	117	91	0,78	
PJ	110	93	0,85	
ES	131	104	0,79	
BS	121	97	0,80	
LR	119	93	0,78	
WJ	142	113	0,80	
PL	153	107	0,70	
PD	113	93	0,82	
RC	143	116	0,81	
GD	108	78	0,72	
	$\bar{x} = 0,79$			

Tabl. 6. Wartości współczynnika konkordancji dla samogłosek (dyftongów) w sylabach akcentowanych i poakcentowych

Lista I					
zdania	/je/	$r_w = 0,838$		/aw/	$r_w = 0,863$
1 - 7				2 - 7	
8 - 14		0,839		9 - 14	0,815
Lista II					
zdania	/e/	$r_w = 0,886$		/aw/	$r_w = 0,746$
1 - 9				2 - 9	
10 - 18		0,848		11 - 18	0,649
* z wyłączeniem 2 zestrojów zawierających /aw/ w pozycji wygłosowej (rozdawał, nie roz-dawał)					
					$r_w = 0,842$
					0,723
Lista III					
zdania	/a/	$r_w = 0,795$		/aw/	$r_w = 0,861$
1 - 9				2 - 9	
10 - 18		0,836		11 - 18	0,721

\* Ponieważ na liście II występowały stosunkowo duże różnice rang dla tego dyftongu spowodowane znacznym rozrzutem wartości w pozycjach wygłosowych, obliczono po raz drugi  $r_w$  z pominięciem zestrojów : rozdawał, nie rozdawał, co pozwoliło dokonać uporządkowania wartości we wszystkich pozycjach śródgłosowych i jednej podstawowej pozycji wygłosowej (dawał).

Tabl. 7. Średni względny czas trwania samogłoski (dyft.)  
w sylabie akcentowanej w zależności od całkowitej  
liczby sylab w zestroju : n oraz od liczby sylab  
pozostałych do wyprodukowania : m  
Średnie z 20 powtórzeń.

	n	m	
nie	1	1	1
wiedział	2	2	0,69
powiedział	3	2	0,65
powiedziałby	4	3	0,55
powiedziałby nam	5	4	0,53
nie powiedziałby nam	6	4	0,50
<hr/>			
trze	1	1	1
trzepał	2	2	0,51
wytrzepał	3	2	0,50
nie wytrzepał	4	2	0,48
wytrzepał go	4	3	0,44
nie wytrzepał go	5	3	0,42
wytrzepał go dziś	5	4	0,39
nie wytrzepał go dziś	6	4	0,39
<hr/>			
da	1	1	1
dawał	2	2	0,76
rozdawał	3	2	0,70
nie rozdawał	4	2	0,67
rozdawał nam	4	3	0,60
nie rozdawał nam	5	3	0,58
rozdawał nam dziś	5	4	0,55
nie rozdawał nam dziś	6	4	0,53



Tabl. 8. Średni względny czas trwania /aw/  
z listy I, II, III

	n	m	
wiedział	2	1	
trzepał		1	
dawał		1	
	3		1
powiedział		0,93	} 0,94
wytrzepał		0,97	
rozdawał		0,92	
	4		1
nie wytrzepał		0,91	} 0,89
nie rozdawał		0,87	
	4		2
powiedziałby		0,77	} 0,74
wytrzepał go		0,78	
rozdawał nam		0,67	
	5		2
nie wytrzepał go		0,71	} 0,68
nie rozdawał nam		0,65	
	5		3
powiedziałby nam		0,67	} 0,63
wytrzepał go dziś		0,64	
rozdawał nam dziś		0,59	
	6		3
nie powiedziałby nam		0,64	} 0,62
nie wytrzepał go dziś		0,64	
nie rozdawał nam dziś		0,59	

Tabl. 9. Różnice pomiędzy średnimi czasu trwania samogłosek w pierwszej sylabie akcentowanej wypowiedzi w zależności od pozycji (lista I i II).

Pozycja samogłoski	Struktura wypowiedzi z jednoczesnym podziałem na zestroje akcentowe	Lista I		Lista II	
		Średnia względne-go czasu trwania	Wartość t	Średnia względne-go czasu trwania	Wartość t
1 Samogłoska w sylabie akcentowanej zestroju I, po której następuje bezpośrednio sylaba akcentowana zestroju II	$\begin{matrix} \text{S} \\ \text{S} \\ \text{I} \end{matrix} \begin{matrix} \text{S} \\ \text{S} \\ \text{I} \end{matrix}$	0,97	4,412***	0,99	5,205***
2 Samogłoska w sylabie akcentowanej zestroju I, oddzielona od sylaby zestroju akcentowanej II jedną sylabą nieakcentowaną	$\begin{matrix} \text{S} \\ \text{S} \\ \text{I} \end{matrix} \begin{matrix} \text{SSS} \\ \text{SS} \\ \text{S} \\ \text{S} \\ \text{I} \end{matrix}$	0,85		0,85	
3 Samogłoska w sylabie akcentowanej zestroju I, oddzielona od sylaby akcentowanej zestroju II dwiema sylabami nieakcentowanymi	$\begin{matrix} \text{S} \\ \text{S} \\ \text{I} \end{matrix} \begin{matrix} \text{SSSS} \\ \text{SS} \\ \text{SSS} \\ \text{SS} \\ \text{I} \end{matrix}$	0,80	1,916	0,81	1,802
4 Samogłoska w sylabie akcentowanej zestroju I, oddzielona od sylaby akcentowanej zestroju II trzema sylabami nieakcentowanymi	$\begin{matrix} \text{S} \\ \text{S} \\ \text{I} \end{matrix} \begin{matrix} \text{SSSSS} \\ \text{SS} \\ \text{SSSS} \\ \text{SS} \\ \text{I} \end{matrix}$	0,77	2,055**	0,75	2,353*
1 Samogłoska w jednosylabowym zestroju I, po którym następuje bezpośrednio sylaba akcentowana zestroju II	$\begin{matrix} \text{S} \\ \text{S} \\ \text{I} \end{matrix} \begin{matrix} \text{S} \\ \text{S} \\ \text{I} \end{matrix}$	0,97		0,99	
5 Samogłoska w jednosylabowym zestroju I, po którym następują sylaby nieakcentowane zestroju II	$\begin{matrix} \text{S} \\ \text{S} \\ \text{I} \end{matrix} \begin{matrix} \text{S} \\ \text{SSS} \\ \text{SS} \\ \text{I} \end{matrix}$	0,88	3,297***	0,88	4,472***

6	Samogłoska w jednosylabowym zestroju I w jego wszystkich pozycjach	Ś I	(ss)ś (SS) II	0,92	6,311***	0,92	9,412****
7	Samogłoska w dwusylabowym zestroju II w jego wszystkich pozycjach	ś S I	(ss)ś (SS) II	0,79		0,76	

Tabl. 10a. Średnie wartości względnego czasu trwania /je/ (lista I).

całkowita liczba sylab n	liczba sylab po- zostałych do wypro- dukowania m	wartości empiryczne	$V = \frac{D}{n^{\frac{m}{n}} \alpha}$ $\alpha = 0,54$	$V = \frac{D}{m^{\alpha} n^{\beta}}$ $\alpha = 0,39$ $\beta = 0,15$	$V = \frac{D}{(mn)^{\alpha}}$ $\alpha = 0,25$
1	1	1	1	1	1
2	2	0,69	0,69	0,69	0,70
3	2	0,65	0,67	0,65	0,64
4	3	0,55	0,57	0,53	0,54
5	4	0,53	0,51	0,46	0,46
6	4	0,50	0,53	0,45	0,45

Tabl. 10b. Średnie wartości względnego czasu trwania /e/ (lista II).

całkowita liczba sylab n	liczba sylab po- zostałych do wypro- dukowania m	wartości empiryczne	$V = \frac{D}{n^{\frac{m}{n}} \alpha}$ $\alpha = 0,90$	$V = \frac{D}{m^{\alpha} n^{\beta}}$ $\alpha = 0,50$ $\beta = 0,20$	$V = \frac{D}{(mn)^{\alpha}}$ $\alpha = 0,35$
1	1	1	1	1	1
2	2	0,51	0,54	0,62	0,62
3	2	0,50	0,52	0,57	0,54
4	2	0,48	0,54	0,54	0,48
4	3	0,44	0,39	0,44	0,42
5	3	0,42	0,42	0,42	0,39
5	4	0,39	0,31	0,36	0,35
6	4	0,39	0,34	0,35	0,33

Tabl. 10c. Średnie wartości względnego czasu trwania /a/ (lista III).

całkowita liczba sylał n	liczba sylał po- zostałych do wypro- dukowania m	wartości empiryczne	$V = \frac{D}{m^{\alpha} n^{\beta}}$ $\alpha = 0,27$ $\beta = 0,15$	$V = \frac{D}{(mn)^{\alpha}}$ $\alpha = 0,20$
1	1	1	1	1
2	2	0,76	0,75	0,76
3	2	0,70	0,70	0,70
4	2	0,67	0,67	0,66
4	3	0,60	0,60	0,61
5	3	0,58	0,58	0,58
5	4	0,55	0,54	0,55
6	4	0,53	0,53	0,53

Tabl. 11. Średnie wartości względnego czasu trwania samogłoski (dyftongu) w sylabie akcentowanej przy uogólnionych wartościach  $\alpha$  oraz  $\beta$ .

a/ lista I i III

całkowi- ta liczba sylab n	liczba syl- lab pozosta- łych do wy- produkowania m	wartości empirycz- ne z listy I	wartości empirycz- ne z listy III	$V = \frac{D}{m^{\alpha} n^{\beta}}$ $\alpha = 0,30$ $\beta = 0,15$	$V = \frac{D}{(mn)^{\alpha}}$ $\alpha = 0,22$
1	1	1	1	1	1
2	2	0,69	0,76	0,73	0,74
3	2	0,65	0,70	0,69	0,67
4	2	-	0,67	0,66	0,63
4	3	0,55	0,60	0,58	0,58
5	3	-	0,58	0,57	0,55
5	4	0,53	0,55	0,52	0,52
6	4	0,50	0,53	0,50	0,50

b/ lista II

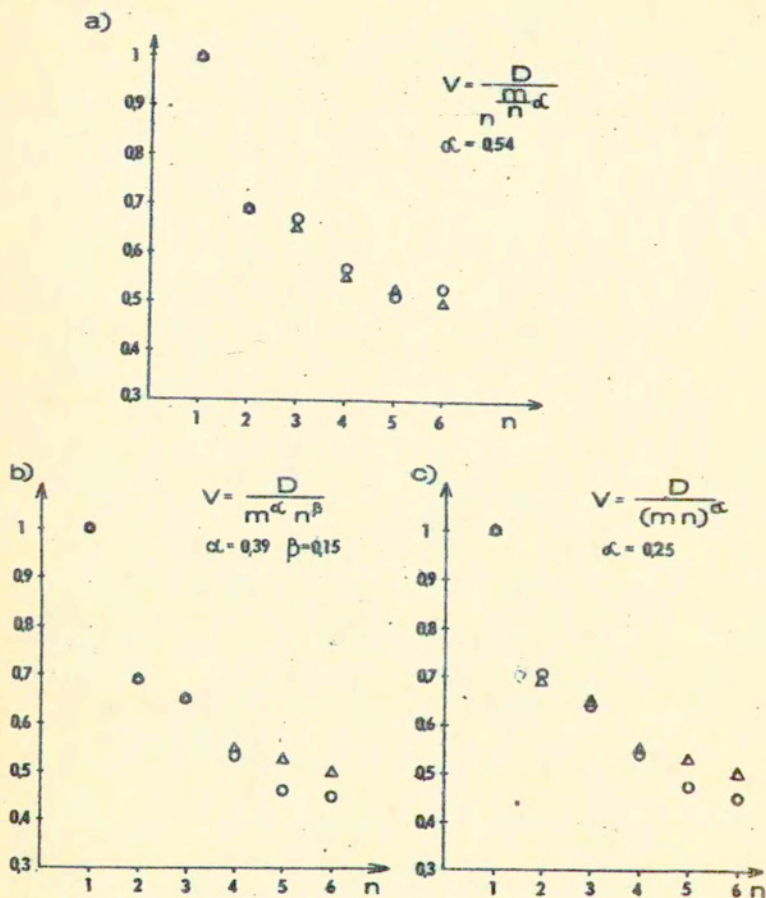
całkowi- ta liczba sylab n	liczba syl- lab pozosta- łych do wy- produkowania m	wartości empiryczne	$V = \frac{D}{1,35 m^{\alpha} n^{\beta}}$ $\alpha = 0,30$ $\beta = 0,15$	$V = \frac{D}{1,35 (mn)^{\alpha}}$ $\alpha = 0,22$
1	1	1	1*	1*
2	2	0,51	0,54	0,55
3	2	0,50	0,51	0,50
4	2	0,48	0,49	0,47
4	3	0,44	0,43	0,43
5	3	0,42	0,42	0,41
5	4	0,39	0,39	0,39
6	4	0,39	0,37	0,37

\* Dla  $n=m=1$  stosowano wzór na  $V$  bez współczynnika 1,35 w mianowniku, ponieważ w tej pozycji z założenia  $V=D=1$

Tabl. 12. Średnie wartości względnego czasu trwania dyftongu /aw/ w sylabie poakcentowej (lista I, II, III).

Pozycja	Całkowita liczba sylab pomniejszona o 1 $n - 1$	Liczba sylab pozostałych do wyprodukowania $m$	Wartości empiryczne	Wartości teoretyczne
Wygłosowa $V = \frac{1,08 B}{[(n-1)m]^{\alpha}}$ $\alpha = 0,18$	1	1	1 <sup>*</sup>	1 <sup>*</sup>
	2	1	0,94	0,95
	3	1	0,89	0,89
Śródgłosowa $V = \frac{B}{[(n-1)m]^{\alpha}}$ $\alpha = 0,18$	3	2	0,74	0,72
	4	2	0,68	0,69
	4	3	0,63	0,64
	5	3	0,62	0,61

\* Dla  $(n-1) = m = 1$  stosowano wzór na V bez współczynnika 1,08 w liczniku, ponieważ w tej pozycji z założenia  $V = B = 1$ .

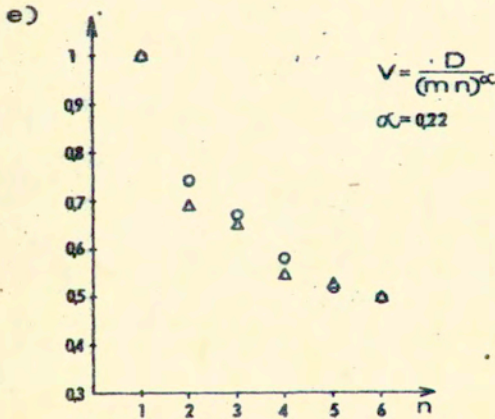
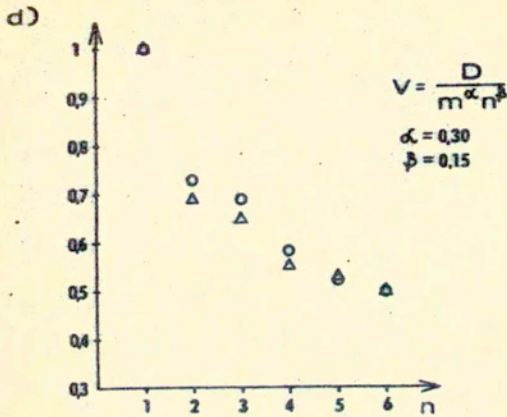


Rys. 1 a, b, c. Wartości względnego czasu trwania dyftongu akcentowego /je/ (lista I).

$\Delta$  - wartości empiryczne

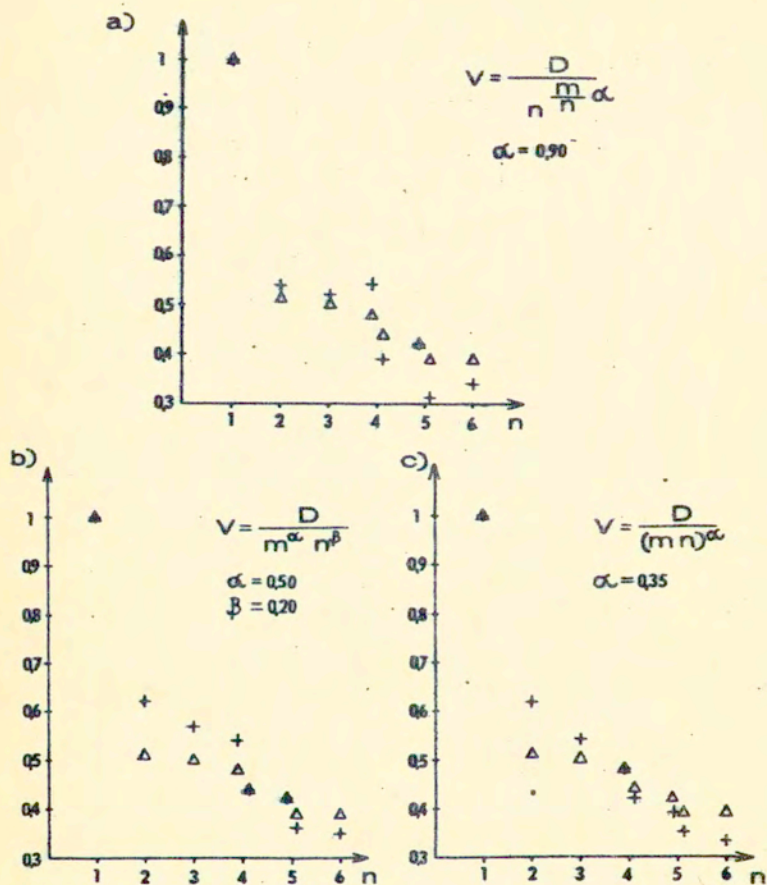
$\circ$  - wartości teoretyczne obliczone w oparciu o różne postaci wzoru na V oraz różne wartości  $\alpha$  i  $\beta$ .





Rys. 1 d, e. Wartości względnego czasu trwania dyftongu akcentowego /je/ (lista I).

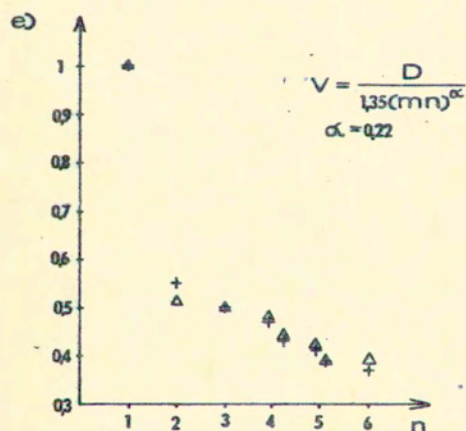
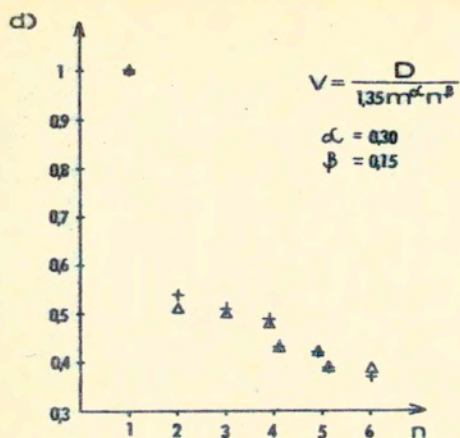
- Δ - wartości empiryczne
- O - wartości teoretyczne obliczone w oparciu o różne postaci wzoru na V oraz różne wartości  $\alpha$  i  $\beta$ .



Rys. 2 a, b, c. Wartości względnego czasu trwania samogłoski akcentowanej /e/ (lista II).

Δ - wartości empiryczne

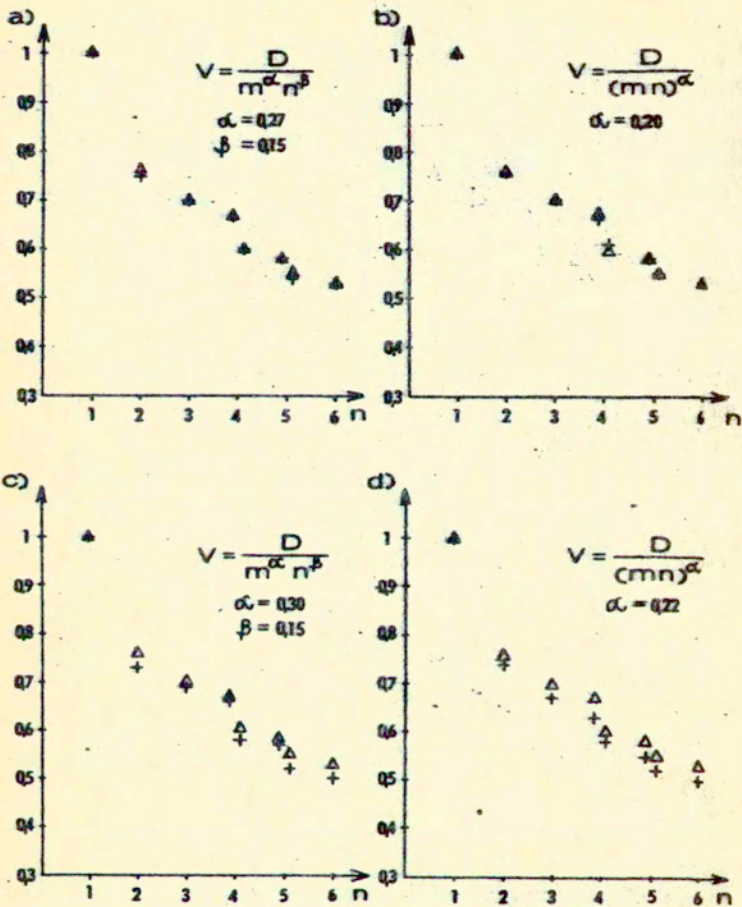
+ - wartości teoretyczne obliczone w oparciu o różne postaci wzoru na V oraz różne wartości  $\alpha$  i  $\beta$ .



Rys. 2 d, e. Wartości względnego czasu trwania samogłoski akcentowanej /e/ (lista II).

$\Delta$  - wartości empiryczne

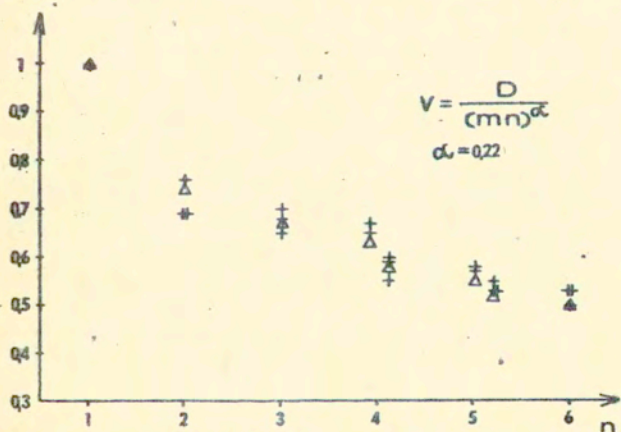
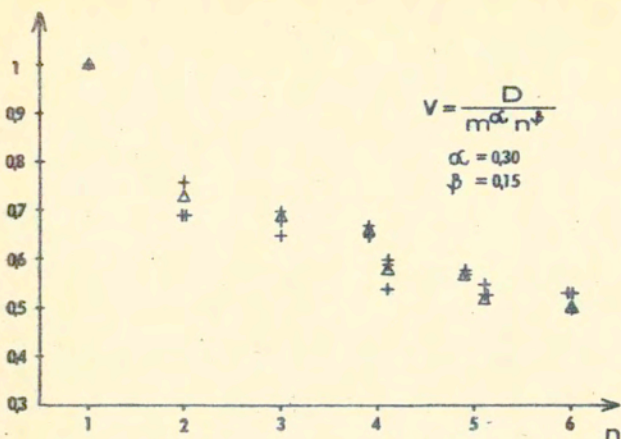
+ - wartości teoretyczne obliczone w oparciu o różne postaci wzoru na V oraz różne wartości  $\alpha$  i  $\beta$ .



Rys. 3. Wartości względnego czasu trwania samogłoski akcentowanej /a/ (lista III).

$\Delta$  - wartości empiryczne

$+$  - wartości teoretyczne obliczone w oparciu o różne postaci wzoru na V oraz różne wartości  $\alpha$  i  $\beta$ .



Rys. 4. Zgodność wartości teoretycznych z wartościami empirycznymi z listy I, II\*, III.

+ - wartości empiryczne z trzech list  
 Δ - wartości teoretyczne

\* wartości empiryczne z listy II zostały pomnożone przez 1,35 w celu usunięcia różnic spowodowanych następstwem spółgłoskowym.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ABERCROMBIE, D. : Elements of General Phonetics, Edinburgh, 1967.
- 2 CARLSON, R., GRANSTRÖM, B., LINDBLÖM, B., RAPP, K. : Some timing and fundamental frequency characteristics of Swedish sentences : data, rules a perceptual evaluation, Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report, 4, 11-20, 1972.
- 3 DEUSKA, M. : Rytm spółgłoskowy polskich grup akcentowych, Kraków, 1932.
- 4 DEUSKA, M. : Prozodia języka polskiego, Kraków, 1947.
- 5 ELERT, C. : Phonologic Studies of Quantity in Swedish, Uppsala, 1964.
- 6 GÓRALSKI, A. : Metody opisu i wnioskowania statystycznego w psychologii, Warszawa, 1974.
- 7 JASSEM, W., KRZYSKO, M., STOLARSKI, P. : Regresyjny model izochronizmu zestrojowego w sygnale mowy, Prace IPPT, Warszawa, 1981.
- 8 KONECZNA, H. : Studium eksperymentalne artykulacji głosek polskich, Prace Filologiczne, XVI, 33-168.
- 9 LEHISTE, I. : The perception of duration within sentences of four intervals, Journal of Phonetics, 1979, 313-316.
- 10 LINDBLÖM, B. : A note on segment duration in Swedish polysyllables Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report, 1964, 1-3.
- 11 LINDBLÖM, B. : Temporal organisation of syllable production, Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report, 1968, 2-3, 1-6.
- 12 LINDBLÖM, B., RAPP, K. : Reexamining the compensatory adjustment of vowel duration in Swedish words, Speech Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report, 1971, 4, 19-26.
- 13 NOOTEBOOM, S. : Some timing factors in the production and perception of vowels, Institute for Perception Research, Eindhoven, Annual Progress Report, 1972 a/, 221.
- 14 NOOTEBOOM, S. : Production and Perception of Vowel Duration, A Study of Durational Properties of Vowel in Dutch, Utrecht, 1972 b/.
- 15 ÖHMAN, S. : Syllabic function of vowel length, Speech

Transmission Laboratory Quarterly Progress and Status Report, 1961, 1.

- 16 RICHTER, L. : The duration of Polish vowels, *Speech Analysis and Synthesis*, 1973, 3, 87-117.
- 17 RICHTER, L. : Wpływ pozycji w zestroju akcentowym oraz długości wyrazu na czas trwania głosek w języku polskim, *Lingua Posnaniensis*, 1978, XXI, 91-114.
- 18 ULDALL, E. : Isochronous stresses in R.P., in : *Form and Substance*, ed. L.L. Hammerich et al. eds., Odense, 1971, 205-211.
- 19 WIERZCHOWSKA, B. : *Wymowa polska*, Warszawa, 1971.