

TALUPPFATTBARHET FÖR HÖGTALARSYSTEM VID ARLANDA UTRIKES-
TERMINAL.

Björn Hagerman och Ann-Cathrine Lindblad

INLEDNING

På uppdrag av LM Ericsson Telemateriel AB har institutionen för Teknisk audiologi gjort taluppfattbarhetsprov för högtalar-systemet vid Arlanda utrikesterminal. Uppdragsgivarens målsättning är, att försöka korrelera taluppfattbarheten till parametrar såsom efterklangstid, avstånd till ljudkällan och ljudkällans direktivitet.

Institutionen för Teknisk audiologi har också intresse av ökad kunskap om taluppfattbarhetens beroende av rumsakustiken. Möjligheten fanns, att prova inspelning av talmaterialet inklusive rumsakustik över konsthuvud. Därmed skulle en bättre kontroll över försöksbetingelserna kunna erhållas än vid försök med försökspersoner direkt på mätplatsen. Konsthuvudteknik användes således för inspelning av talmaterialet, varvid även Akustik-Konsult AB medverkade (se deras rapport nr 913/1-8). Taluppfattbarhetsmätningarna gjordes sedan via hörtelefoner i ljudisolerat rum.

Inspelning av ordlistor.

Som grundmaterial användes 13 fonetiskt balanserade listor vardera innehållande 50 nonsenord (sk logatomer, listor nr 60-72) inspelade i ekofritt rum vid institutionen för Teknisk audiologi. Listorna är nivåbalanserade till lika svårighetsgrad med en uppfattbarhetskurva enligt fig 1. Dessa spelades upp över Arlanda-anläggningen via en bandspelare kopplad till mikrofonförstärkarens linjeingång och inspelning gjordes nattetid vid följande 4 mät-positioner:

- H Avgångshallen, mitt under en högtalare, huvudet riktat mot hallens mitt.
- J Avgångshallen, mellan två högtalare, huvudet riktat mot hallens mitt.
- P Pir B, väntrum B20, under den mittersta högtalaren, huvudet riktat ut mot plattan.
- Q Pir B, väntrum B20, mitt emellan 4 högtalare, huvudet riktat ut mot plattan.

En naturtrogen återgivning av inspelningen via hörtelefoner eftersträvades, varför en provlyssning gjordes, där ljudet över konsthuvud - hörtelefoner jämfördes med direktljudet från högtalaren. Härvid lyssnades till såväl de förut inspelade ordlistorna, som till en röst (samma person som talat in ordlistorna) direkt via utropsmikrofonen i centralaviseringen. Återgivningens klangfärg från de inspelade listorna justerades med hjälp av oktavfilter, så att den överensstämde så bra som möjligt med talåtergivningen via anläggningens mikrofon. Fullständig överensstämmelse gick dock ej att åstadkomma. Följande inställningar valdes för den kommande inspelningen:

| Frekvens | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | 16k | Hz |
|-------------|------|-----|-----|------|-----|----|----|----|------|-----|----|
| Avgångshall | -6 | -3 | -1 | -0.5 | 0 | 0 | -1 | -3 | -3.5 | -6 | dB |
| Pir B | -10 | -10 | -8 | -5 | -3 | 0 | -1 | -3 | -3.5 | -6 | dB |

Även ett referensband gjordes genom att kopiera originalbandet direkt med en filtrering, som bestämdes av konsthuvudets frekvensgång samt Arlanda-anläggningens frekvensgång i avgångshallen (fig 2a). Den valda filterkarakteristiken visas i fig 2b. Referensbandet bör således motsvara inspelningarna från avgångshallen så när som på inverkan av rumsakustiken.

Mätning av talnivån.

Kalibreringstonen på originalbandet kunde ej bibehållas som referens för talnivån på de inspelade banden på grund av risken för stående vågbildningar. Talnivån måste därför bestämmas på nytt för varje inspelning. Talsignalen filtrerades med vägningskurva (A) och matades in på en skrivare Brüel & Kjær 2305 med 25 dB potentiometer. Potentiometerområdet var 40 dB, gränsfrekvensen var 20 Hz och skrivhastigheten var 800 mm/s (jfr rapport TA 63). För varje inspelning inklusive referensbandet analyserades en ordlista (nr 72). Talnivån för varje inspelning bestämdes sedan som medelvärdet av topparna på bägge kanalerna för de 50 orden. Dessutom gjordes en kompletterande mätning av referensbandets lista 72 med hjälp av dator. Därvid gjordes också först vägning med A-filter, varefter talnivån mättes med integrationstiden 125 ms. Sedan beräknades talnivåns fördelning i tiden för ord och bärfraser tillsammans. Mätningen visade, att det med skrivare bestämda medelvärdet av topparna underskreds 95% av tiden, samt att 50% nivå låg 10 dB lägre än 95% nivå.

Generering av störsignal.

Av de 5 olika bullerinspelningar som gjorts, utvaldes band nr 3 för analys. Det var inspelat vid cafeteria i pir B en förmiddag, då antalet resenärer där var stort. En ca en minut lång representativ sekvens analyserades i dator med avseende på frekvensinnehållet (konstant absolut bandbredd). Den resulterande frekvenskurvan visas i fig 3. För att syntetisera en stationär störsignal med motsvarande frekvenskaraktistik, byggdes en brusgenerator för varje kanal med hjälp av återkopplade skiftregister. Dessa gav vitt brus, som lågpassfiltrerades med 6 dB/okt från 400 Hz. De bägge kanalernas brus var okorrelerade. Vid inställning av brusnivån mättes bruset med A-filter, vilket gav 3 dB lägre värde än utan filter.

Uppfattbarhetsmätningar.

En del av de inspelade banden innehöll besvärande störljud, trots inspelning nattetid. Lista nr 60, 65 och 72 användes därför endast till träning av försökspersonerna. Dessutom fanns störningar i andra listor, varför endast 8 listor för varje inspelning användes. Varje försöksperson fick lyssna till en lista för var och en av de 10 betingelserna (5 inspelningar inkl referensband, 2 signalstörförhållanden). Det innebar, att för varje betingelse måste 2 listor dubbleras, olika för olika betingelser, men ingen försöksperson behövde lyssna till någon lista mer än en gång. De signalstörförhållanden som presenterades var 85dB/75dB (SPL) för alla inspelningar, 70dB/50dB för alla inspelningar utom referensbandet, samt 70 dB signal utan brus för referensbandet. Det hörtelefonset som användes vid provlyssningen på Arlanda användes även vid uppfattbarhetsförsöken (Yamaha HP 1). 10 normalhörande försökspersoner medverkade (mindre än 20 dB hörselnedsättning mellan 250 och 8000 Hz, ISO R389), vardera i 4 till 5 sessioner om en timme. Betingelsernas ordningsföljd var slumpad för varje person. Den första sessionen utnyttjades enbart för hörselmätning och träning av de speciella stavningsregler, som gäller för logatomerna. Försökspersonen matade själv in sina svar direkt till dator via ett konventionellt tangentbord. Bandspelaren styrdes av datorn, så att den startade för ett nytt ord först när svaret på föregående ord avgivits, varför försökspersonen kunde arbeta i sin egen takt. Under försökets gång noterades, att ett par försökspersoner hade vissa problem att stava rätt (även om de hörde rätt) trots träning med minst 4 listor. Det gällde framför allt skillnaden mellan lång och kort vokal, skillnaden mellan kort o och kort å samt skillnaden mellan kort o och kort u. En försöksperson skrev nästan genomgående tj i stället för sj även utan brus, trots att han troligen hörde rätt ibland.

RESULTAT

För varje försöksperson och lista har beräknats:

- 1 Procentuellt antal helt korrekta ord
- 2 " " " " initialkonsonanter
- 3 " " " " vokaler
- 4 " " " " finalkonsonanter
- 5 Medelvärde av 2, 3 och 4 ovan
- 6 Medelvärde av 2 och 4 ovan

Tabell I visar medelvärden och standardavvikelser över försökspersonerna för dessa sex variabler vid de olika positionerna och signal-brusförhållandena (S/N). Variansanalys visar, att de olika S/N i försöken påverkar resultaten signifikant ($F = 220$), samt att de olika rummen (hall, pir, "referensband") också ger signifikant skillnad i resultat ($F = 12$) medan de olika mikrofonpositionerna i resp hall och pir ej påverkar taluppfattbarheten signifikant ($F = 3.0$). F -fördelningens tabellvärden som använts för jämförelse är $F_{5\%}(1,9) = 5.12$ och $F_{1\%}(1,9) = 10.56$.

När data erhållits i form av proportioner, vilket är fallet här, är det nödvändigt att transformera resultaten på något sätt, för att stabilisera variansen. Här utnyttjades en arcsin-transformation (Gabrielsson och Seeger, 1971). Vid jämförelse mellan resultat i olika rum och positioner med samma S/N, bör observeras, att talnivån varit lika stor under dessa betingelser, vilket knappast kan gälla i praktiken.

Förväxlingsmatriser för initialkonsonant, vokal och final konsonant visas i tabell II a-c, III a-c och IV a-c för S/N = 70/00, S/N = 70/50 och S/N = 85/75. I tabell II b framgår, att några långa vokaler förväxlats med korta, trots avsaknaden av brus, vilket måste tolkas som glömska att markera lång vokal med kolon. Jfr även tabell III b och IV b. En genomgång av konsonantmatriserna (tabell III a, c och tabell IV a, c) visar, att konsonanterna B, V, M, N, K, R och L tycks vara svårare att uppfatta än övriga konsonanter. Både initial och final konsonantdel kan vardera be-

stå av en eller flera konsonanter. Försökspersonen svarar med '?' för varje ljud han ej uppfattat. De fall där han ej ens märkt att han missat något, redovisas i raden mellan 'R' och '?'. Kolumnen 'FEL' används för redovisning av otillåtna bokstäver, såsom tex Q, W och Z. Resultaten i tabell I har beräknats så, att hela initial- resp finaldelen skall vara rätt inmatad för att den skall räknas som rätt uppfattad.

DISKUSSION

Vid tolkning av resultaten måste följande beaktas. Det gick ej att åstadkomma samma klangfärg och rumsintryck som i verkligheten vid återgivning av konsthuvudinspelningen. Denna skillnad kan ha påverkat taluppfattbarheten.

En viktig parameter i resultaten är talnivån. En ändring i signal-störavstånd med bara någon dB kan vara betydelsefull, varför relationen mellan de verkliga talnivåerna i de olika positionerna borde beaktas. Vid anläggningens praktiska användning, kommer även talarnas mikrofonteknik och talteknik att betyda mycket för uppfattbarheten. Slutligen kvarstår svårigheten, att ur de med nonsenord erhållna resultaten dra slutsatser om uppfattbarheten av hela meddelanden.

Förväxlingsmatriserna kan möjligen ge en anvisning om lämplig justering av anläggningens frekvensgång för ytterligare förbättring av taluppfattbarheten.

Lennart Persson gjorde datorprogram.

Ann Pettersson ledde lyssningsförsöken.

Håkan Sjögren deltog i planeringen.

REFERENSER:

Dahlstedt, S. 1977. Uppfattbarhetsmätning på ljudförstärkaranläggning vid Arlanda nya utrikesterminal. Rapport nr 913/1-8 Akustik-Konsult AB.

Gabrielsson, A. & Seeger, P. 1971. Tests of significance in two-way designs (mixed model) with dichotomous data. Br. J. math. statist. Psychol. 24, 111-116.

Sjögren, H. 1970. Mätning av talnivå. Rapport TA nr 63, Teknisk audiologi, Karolinska Institutet.

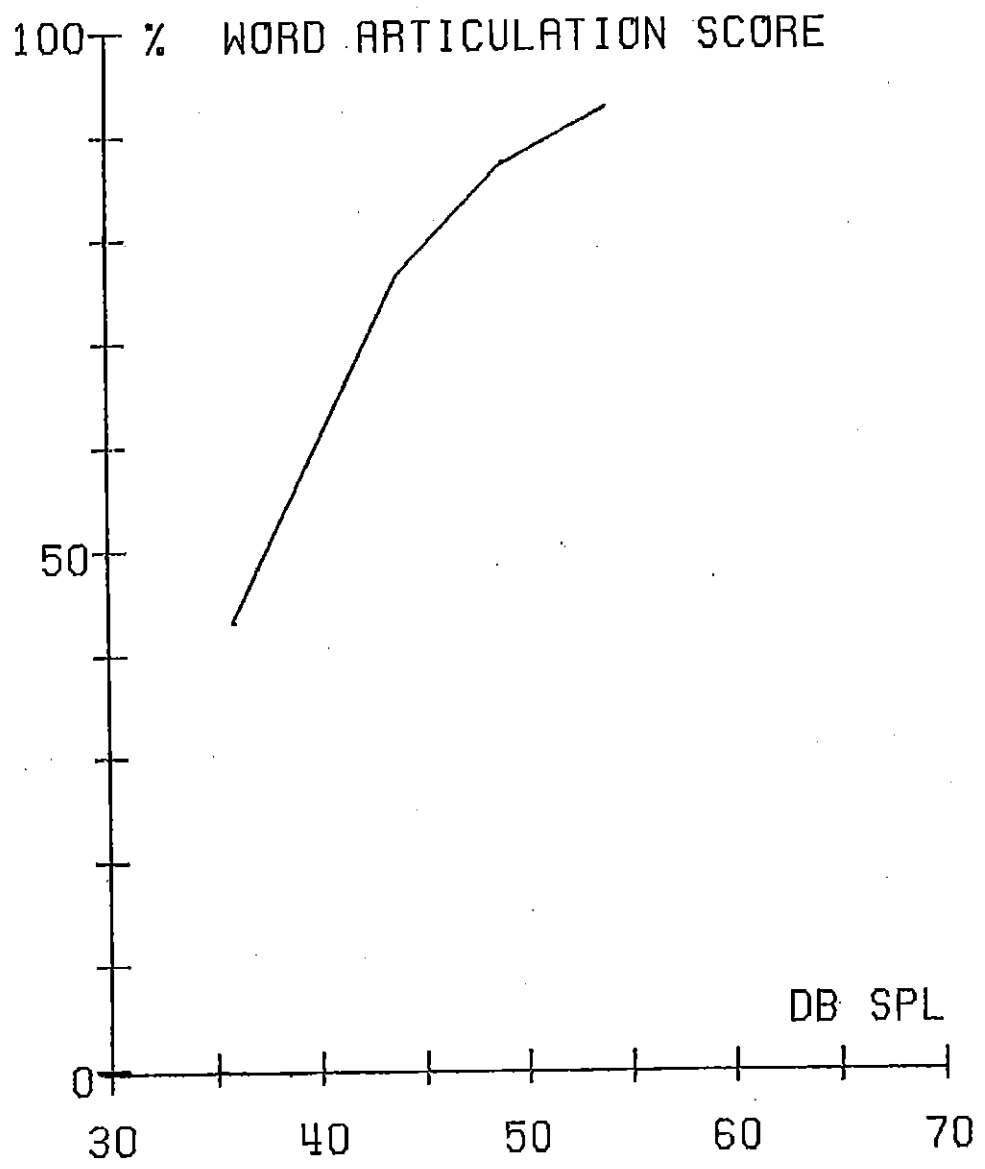


Fig 1 Uppfattbarhetskurva för logatomer.

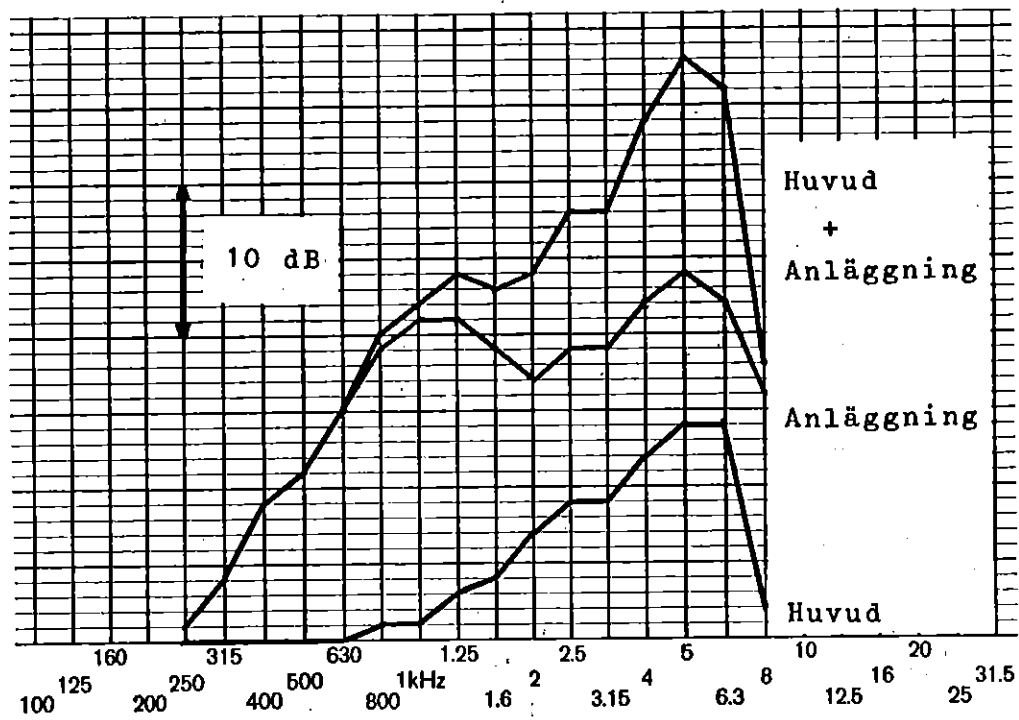


Fig 2a Frekvenskurvor för konsthuvud, Arlandaanläggning, samt för dessa två tillsammans.

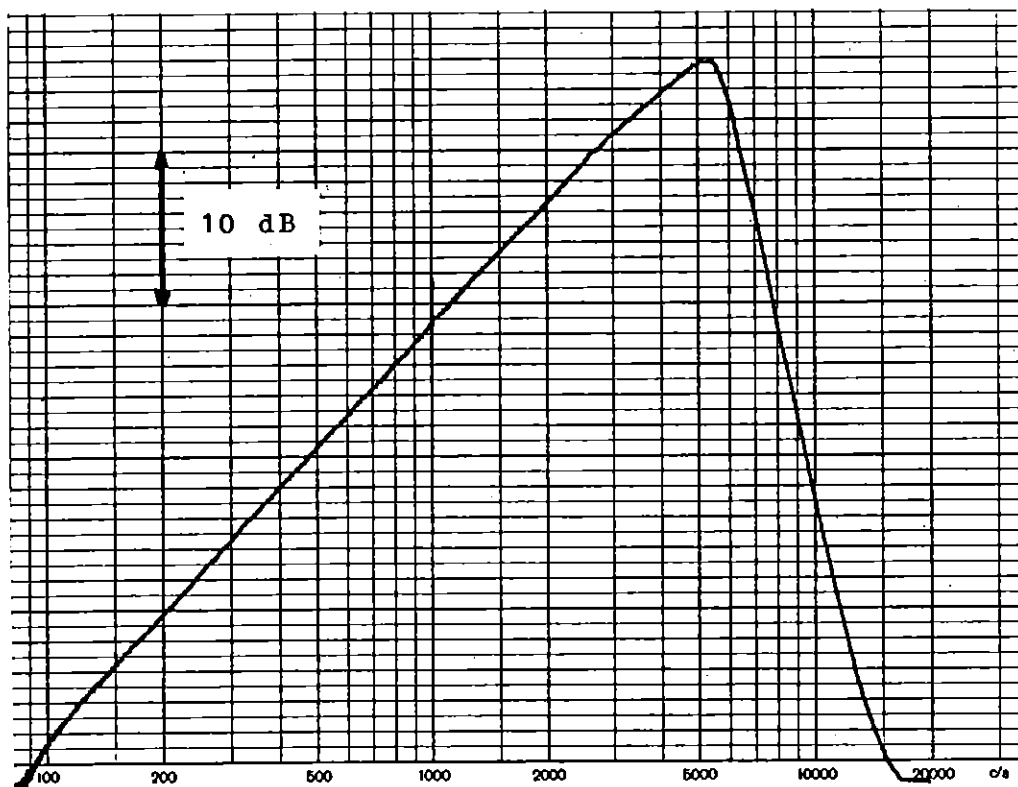


Fig 2b Frekvenskurva för filter använt vid framställning av referensband.

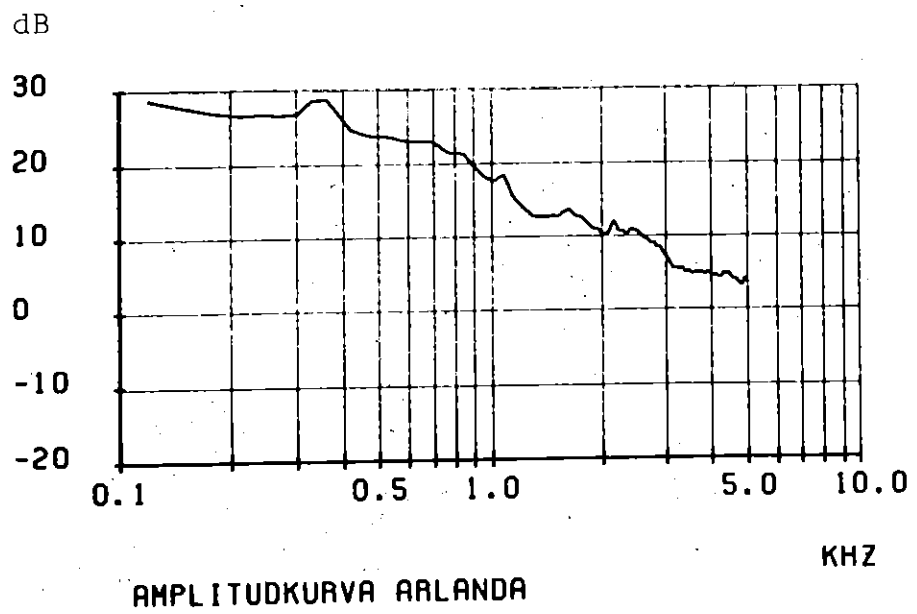


Fig 3 Frekvensanalys av buller. Konstant absolut bandbredd använd.

| POSITION | S/N | HELORDSRÄTT | INITIAL | VOKAL | FINAL | MEDEL | KONSMED | MEAN | N=10 |
|-----------------|-------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|------|
| (R) REF. INSP. | 70/00 | 95.00 4.74 | 99.40 1.35 | 96.40 3.10 | 99.00 2.54 | 98.27 1.76 | 99.20 1.32 | MEAN ST. DEV | N=10 |
| (P) PIR BÄTTRE | 70/50 | 89.40 3.78 | 97.80 2.20 | 96.20 2.90 | 94.80 2.70 | 96.27 1.45 | 96.30 2.11 | MEAN ST. DEV | N=10 |
| (Q) PIR SÄMRE | 70/50 | 86.00 6.99 | 98.40 1.84 | 94.40 6.45 | 92.60 3.89 | 95.13 2.52 | 95.50 2.17 | MEAN ST. DEV | N=10 |
| (H) HALL BÄTTRE | 70/50 | 87.00 5.19 | 96.60 2.32 | 95.40 2.50 | 93.20 3.43 | 95.07 1.81 | 94.90 2.33 | MEAN ST. DEV | N=10 |
| (J) HALL SÄMRE | 70/50 | 81.20 8.95 | 94.40 2.46 | 92.40 7.17 | 91.20 3.55 | 92.67 3.68 | 92.80 2.25 | MEAN ST. DEV | N=10 |
| (R) REF. INSP. | 85/75 | 77.80 6.76 | 91.60 2.46 | 93.60 4.30 | 89.60 3.75 | 91.60 2.20 | 90.60 2.41 | MEAN ST. DEV | N=10 |
| (P) PIR BÄTTRE | 85/75 | 66.00 12.51 | 85.60 8.78 | 90.20 4.94 | 82.40 6.65 | 86.07 5.37 | 84.00 7.50 | MEAN ST. DEV | N=10 |
| (Q) PIR SÄMRE | 85/75 | 55.00 10.03 | 85.80 6.70 | 86.00 5.42 | 74.00 6.80 | 81.93 4.27 | 79.90 5.93 | MEAN ST. DEV | N=10 |
| (H) HALL BÄTTRE | 85/75 | 57.20 14.40 | 86.40 6.98 | 88.40 8.10 | 70.80 10.25 | 81.87 7.03 | 78.60 7.07 | MEAN ST. DEV | N=10 |
| (J) HALL SÄMRE | 85/75 | 56.20 8.66 | 83.80 5.12 | 88.40 5.15 | 72.00 7.54 | 81.40 4.12 | 77.90 5.53 | MEAN ST. DEV | N=10 |

Tabell I Resultat av uppfattbarhetsförsök vid olika betingelser medelvärdes-
bildat över de 10 försökspersonerna.

INITIAL CONSONANT CONFUSION MATRIX

GROUP DATA
KEY= 00

10 LISTS

COLUMNS ARE ORIGINAL, ROWS ARE ANSWERS
S/N = 70/00 (ONLY THE REFERENCE RECORDING)

| | V | B | P | T | D | C | K | H | F | S | SJ | TJ | J | M | N | NC | L | R | ? | FEL | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|-----|---|
| V | 40 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| B | . | 39 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P | . | . | 43 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| T | . | . | . | 49 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| D | . | . | . | . | 24 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| C | . | . | . | . | . | 24 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| K | . | . | . | . | . | . | 62 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| H | . | . | . | . | . | . | . | 26 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| F | . | . | . | . | . | . | . | . | 30 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| S | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 92 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| SJ | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 15 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| TJ | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 10 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| J | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 23 | . | . | . | . | . | . | . |
| M | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 29 | . | . | . | . | . | . |
| N | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 23 | . | . | . | . | . |
| NC | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| L | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 83 | . | . | . | . |
| R | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 72 | . | . | . |
| ? | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| FEL | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Tabell IIa Förväxlingsmatris för initialkonsonant från försöken utan brus.

VOWEL CONFUSION MATRIX

GROUP DATA
KEY= 00

10 LISTS

COLUMNS ARE ORIGINAL. ROWS ARE ANSWERS
S/N = 70/00 (ONLY THE REFERENCE RECORDING)

| | A | O | U | A | E | I | Y | Ä | Ö | A: | O: | U: | A: | E: | I: | Y: | A: | Ö: | ? |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| A | 71 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| O | . | 14 | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| U | . | . | 44 | . | . | . | . | . | 3 | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . |
| Ä | . | . | . | 43 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| I | . | . | . | . | 44 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Y | . | . | . | . | . | 16 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . |
| Ä | . | . | . | . | . | . | 61 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . |
| Ö | . | . | . | . | . | . | . | 17 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| A: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 25 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| O: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 19 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| U: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 24 | . | . | . | . | . | . | . |
| Ä: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 29 | . | . | . | . | . | . |
| E: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 14 | . | . | . | . | . |
| I: | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | 23 | . | . | . | . |
| Y: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . |
| Ä: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 14 | . | . |
| Ö: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 18 | . |
| ? | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Tabell IIB Förväxlingsmatrix för vokaler från försöken utan brus.

FINAL CONSONANT CONFUSION MATRIX

GROUP DATA 10 LISTS COLUMNS ARE ORIGINAL, ROWS ARE ANSWERS
 KEY= 00 S/N = 70/00 (ONLY THE REFERENCE RECORDING)

| | V | B | P | T | D | C | K | H | F | S | SJ | TJ | J | M | N | NG | L | R | ? | FEL | |
|-----|----|---|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|-----|---|
| V | 16 | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . |
| B | . | 5 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P | . | . | 31 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| T | . | . | . | 92 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| D | . | . | . | . | 44 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| C | . | . | . | . | . | 26 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| K | . | . | . | . | . | . | 85 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| H | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| F | . | . | . | . | . | . | 1 | . | 9 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| S | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 82 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| SJ | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 10 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| TJ | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| J | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 15 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| M | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 30 | . | . | . | . | . | . | . |
| N | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 68 | . | . | . | . | . |
| NG | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 19 | . | . | . | . |
| L | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 73 | . | . | . |
| R | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 72 | . | . |
| ? | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| FEL | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Tabell IIc Förväxlingsmatrix för final konsonant från försöken utan brus.

INITIAL CONSONANT CONFUSION MATRIX

GROUP DATA COLUMNS ARE ORIGINAL, ROWS ARE ANSWERS
 KEY= 50 40 LISTS S/N = 70/50

| | V | B | F | T | D | G | K | H | F | S | SJ | TJ | J | H | N | NG | L | R | ? | FEL |
|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|---|-----|----|-----|-----|---|-----|
| V | 148 | 6 | 2 | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | 2 | 1 | . | . | . | . | . |
| B | 15 | 159 | 5 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P | . | . | 147 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| T | . | . | . | 211 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| D | . | . | . | . | 90 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| G | . | . | . | . | . | 100 | 7 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| K | 1 | . | . | . | 1 | 1 | 234 | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| H | . | . | . | . | . | . | . | 112 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| F | . | . | . | . | . | . | . | . | 145 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| S | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 383 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| SJ | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 38 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| TJ | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 9 | 39 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| J | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | 89 | . | . | . | . | . | . | . |
| M | 4 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 100 | . | . | . | . | . | . | . |
| N | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 181 | . | . | . | . | . |
| NG | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| L | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 326 | . | . | . |
| R | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 298 | . | . |
| ? | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| FEL | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Tabell IIIa Förväxlingsmatrix för initial konsonant. S/N = 70/50

VOWEL CONFUSION MATRIX

GROUP DATA COLUMNS ARE ORIGINAL, ROWS ARE ANSWERS
 KEY= 50 40 LISTS S/N = 70/50

| | A | O | U | A | E | I | Y | Ä | Ö | A: | O: | U: | A: | E: | I: | Y: | Ä: | Ö: | ? |
|-------|----|-----|-----|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| A 298 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 4 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| O | 45 | . | 15 | . | . | . | . | . | . | . | 5 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| U | 7 | 140 | 1 | . | . | 1 | . | . | 2 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Ä | 1 | 1 | 148 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . |
| E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| I | . | . | . | . | 172 | 3 | 4 | . | . | . | . | . | . | 2 | 2 | . | . | . | . |
| Y | . | . | . | . | 5 | 61 | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Ä | . | . | . | . | . | . | 262 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . |
| Ö | . | . | 6 | . | . | . | . | 71 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . |
| A: | . | . | . | . | . | . | . | . | 119 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| O: | . | 4 | . | . | . | . | . | . | . | 76 | . | . | 5 | . | . | . | . | . | . |
| U: | . | . | 1 | . | . | . | . | 1 | . | 83 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| Ä: | . | 2 | . | 1 | . | . | . | . | . | 1 | 113 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| E: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 43 | . | . | . | . | . |
| I: | . | . | . | . | . | 3 | . | . | . | . | . | . | . | 3 | 92 | . | . | . | . |
| Y: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | 28 | . | . | . | . |
| Ä: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | 63 | . | . |
| Ö: | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 78 | . |
| ? | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Tabell IIIB Förväxlingsmatrix för vokaler. S/N = 70/50

FINAL CONSONANT CONFUSION MATRIX

GROUP DATA
 KEY= 50
 40 LISTS
 COLUMNS ARE ORIGINAL. ROWS ARE ANSWERS
 S/N = 70/50

| | V | B | P | T | D | G | K | H | F | S | SJ | TJ | J | M | N | NG | L | R | ? | FEL | |
|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|-----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|---|
| V | 49 | 3 | 2 | . | . | 1 | . | . | 5 | . | . | . | . | 6 | 3 | . | 1 | . | 12 | . | |
| B | 2 | 12 | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P | . | . | 119 | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| T | . | . | . | 363 | 4 | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . |
| D | . | . | . | 5 | 160 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 2 | . | . |
| G | . | . | . | . | . | 104 | 7 | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | 1 | . | . | . |
| K | . | . | . | . | . | . | 323 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| H | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| F | . | . | 2 | . | . | . | 1 | . | 48 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| S | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 335 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| SJ | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | 32 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| TJ | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | 6 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| J | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 59 | . | . | . | 1 | . | . | . | . |
| M | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 89 | 1 | . | . | . | . | . | . |
| N | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 16 | 249 | . | . | . | 1 | . | . |
| NG | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | 74 | . | . | . | . | . |
| L | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | 271 | 3 | 1 | . | . |
| R | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 291 | 1 | . | . |
| ? | 5 | . | 3 | 3 | . | . | 4 | . | . | 3 | . | . | 4 | 5 | 2 | . | 1 | 3 | . | . | . |
| FEL | 4 | . | 1 | 1 | . | 1 | . | . | 1 | 2 | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Tabell IIIc Förväxlingsmatris för final konsonant. S/N = 70/50

INITIAL CONSONANT CONFUSION MATRIX

GROUP DATA 50 LISTS COLUMNS ARE ORIGINAL, ROWS ARE ANSWERS
 KEY= 75 S/N = 85/75

| | V | B | P | T | D | G | K | H | F | S | SJ | TJ | J | M | N | NG | L | R | ? | FEL | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|---|-----|---|
| V | 177 | 46 | 12 | . | 2 | 4 | . | 2 | 17 | . | . | . | . | 12 | 2 | . | 2 | 3 | 2 | . | |
| B | 18 | 150 | 7 | . | 3 | . | . | 1 | 5 | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | |
| P | 1 | 2 | 160 | 9 | . | . | 2 | . | 14 | 1 | . | . | . | 1 | 1 | . | . | . | . | . | |
| T | . | . | 1 | 255 | 6 | . | 3 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| D | . | . | . | . | 102 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | 1 | . | . | |
| G | . | 4 | . | . | . | 110 | 9 | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | 1 | . | . | . | |
| K | 2 | . | 3 | . | 1 | 3 | 289 | 1 | 1 | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | |
| H | 1 | . | . | . | . | . | 1 | 133 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | |
| F | . | . | 3 | 1 | . | . | . | . | 142 | 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| S | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 466 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| SJ | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 50 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| TJ | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 6 | 49 | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| J | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | 104 | . | . | . | 3 | . | . | . | |
| M | 7 | 4 | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 101 | 8 | . | 2 | . | 1 | . | |
| N | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 11 | 135 | . | 3 | . | 2 | . | |
| NG | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| L | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 384 | 1 | 1 | . | |
| R | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | 6 | 365 | . | . | |
| ? | 2 | 5 | 1 | 2 | . | . | . | . | . | 1 | . | . | 1 | . | . | 6 | . | . | . | . | |
| FEL | 2 | 3 | 3 | . | 1 | 3 | 3 | 2 | 5 | 3 | . | . | . | 1 | 3 | . | 4 | 1 | . | . | |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Tabell IVA Förväxlingsmatris för initial konsonant. S/N = 85/75

VOWEL CONFUSION MATRIX

GROUP DATA 50 LISTS COLUMNS ARE ORIGINAL, ROWS ARE ANSWERS
 KEY= 75 S/N = 85/75

| | A | O | U | A | E | I | Y | Ä | Ö | A: | O: | U: | A: | E: | I: | Y: | A: | Ö: | ? |
|----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|---|-----|----|-----|----|----|-----|----|----|----|---|
| A | 377 | . | . | . | . | . | . | . | . | 6 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| O | . | 39 | 3 | 14 | . | . | . | . | . | . | 11 | . | 2 | . | . | . | . | . | . |
| U | . | 9 | 158 | 17 | . | . | . | . | 7 | . | 5 | 3 | 1 | . | . | . | . | . | . |
| Ä | . | 5 | 3 | 168 | . | . | . | . | 1 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . |
| E | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| I | . | . | . | . | 212 | 3 | 13 | . | . | . | . | . | . | 4 | 1 | . | . | . | . |
| Y | . | . | 1 | . | 3 | 71 | 7 | 3 | . | . | . | 4 | . | . | 1 | . | . | 2 | . |
| Ä | . | . | . | . | 1 | . | 306 | 5 | . | . | . | . | . | 2 | . | . | 5 | . | . |
| Ö | 1 | . | 4 | . | . | . | 3 | 67 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . |
| A: | 2 | . | . | 4 | . | . | . | . | . | 144 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| O: | . | 20 | 5 | . | . | . | . | . | . | . | 93 | . | 8 | . | . | . | . | . | . |
| U: | . | . | 2 | . | . | 3 | 3 | 2 | . | . | 2 | 103 | 1 | . | . | . | . | 2 | . |
| Ä: | . | 2 | 1 | 4 | . | . | . | . | . | . | 4 | 139 | . | . | . | . | . | . | . |
| E: | . | . | . | . | . | 2 | . | 1 | . | . | . | . | . | 65 | . | . | 21 | . | . |
| I: | . | . | . | . | . | 3 | . | 2 | . | . | . | . | . | 1 | 120 | 3 | . | . | . |
| Y: | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | 31 | . | . | . |
| Ä: | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | 63 | . | . |
| Ö: | . | . | 1 | 1 | . | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | 87 | . |
| ? | . | . | . | . | . | 1 | . | 3 | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Tabell IVb Förväxlingsmatrix för vokaler. S/N = 85/75.

FINAL CONSONANT CONFUSION MATRIX

GROUP DATA 50 LISTS COLUMNS ARE ORIGINAL, ROWS ARE ANSWERS
 KEY= 75 S/N = 85/75

| | V | B | P | T | D | G | K | H | F | S | SJ | TJ | J | M | N | NG | L | R | ? FEL | | |
|----------|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|-----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|----------|---|---|
| V | 40 | 6 | 2 | . | . | . | . | . | 7 | . | . | . | . | 18 | 13 | 1 | 3 | 1 | 19 | . | |
| B | 2 | 9 | 11 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | 1 | 1 | . | . | |
| P | 1 | . | 117 | 2 | 2 | . | 3 | . | 6 | . | . | . | . | 3 | . | 1 | . | 4 | 2 | . | |
| T | . | . | 3 | 440 | 8 | . | . | . | . | 6 | . | . | . | . | 1 | . | . | 1 | 5 | . | |
| D | . | 4 | 3 | 15 | 194 | 1 | 1 | . | . | . | . | . | 1 | 1 | 11 | . | . | 3 | 3 | . | |
| G | 1 | . | 1 | . | 1 | 111 | 25 | . | . | . | . | . | . | 1 | 2 | 6 | . | 4 | . | . | |
| K | . | . | . | . | . | 13 | 374 | . | 5 | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | . | |
| H | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| F | . | . | 3 | . | . | . | 5 | . | 41 | 3 | . | . | . | 1 | 1 | . | 1 | 1 | 3 | . | |
| S | . | . | . | 2 | . | . | . | . | . | 398 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| SJ | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | 2 | 47 | . | . | . | . | . | . | 3 | . | . | |
| TJ | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | 4 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | |
| J | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | 61 | 1 | 8 | 1 | 3 | . | 7 | . | |
| M | 2 | . | 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 68 | 10 | 2 | 2 | . | 5 | . | |
| N | 3 | . | 2 | . | 1 | . | . | . | 1 | . | . | . | 1 | 25 | 240 | 3 | 3 | 1 | 3 | . | |
| NG | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 1 | 60 | . | . | . | . | |
| L | 2 | . | 1 | . | . | 2 | 1 | . | . | . | . | . | 3 | 7 | 14 | 8 | 293 | 13 | 3 | . | |
| R | . | 1 | 1 | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | 1 | 1 | 1 | 2 | 9 | 324 | 2 | . | |
| ? FEL | 15 | . | 7 | 7 | 4 | . | 12 | . | 5 | 5 | . | . | 13 | 13 | 17 | 4 | 20 | 12 | . | . | |
| | 7 | . | 5 | 4 | . | 1 | 5 | . | 2 | 4 | . | . | 2 | 7 | 7 | 2 | 6 | 8 | . | . | |
| | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Tabell IVc Förväxlingsmatrix för final konsonant. S/N = 85/75