



GÖTEBORGS UNIVERSITET  
SAHLGRENSKA AKADEMIN

Institutionen för neurovetenskap och fysiologi  
Enheten för audiologi

Våren 2009

**EXAMENSARBETE I AUDIOLOGI, 15 hp, VAU231**  
**Fördjupningsnivå 1 (C)**  
**Inom audionomprogrammet, 180 högskolepoäng**

Titel	
Effekten av frekvenskomprimerande hörapparater på taluppfattningen hos patienter med grava diskantnedsättningar – En experimentell studie	
Författare Marcus Liderfelt David Surac	Handledare Björn Israelsson
	Examinator Lennart Magnusson
Sammanfattning	
<p>En pilotstudie utförd på fyra patienter hämtade från Sahlgrenska Universitetssjukhuset som alla var aktuella kandidater för cochleaimplantat. Under studien utrustade vi våra testpersoner med ett par frekvenskomprimerande hörapparater av typ Phonak Naida V SP och lät dem prova dessa i ca 7 veckor. Vid mätningar med enstaviga ord under studiens gång uppmättes signifikanta skillnader (<math>p \leq 0,05</math>) i taluppfattning jämfört med deras konventionella hörapparater i 3 av 4 fall. Vi fick även signifikanta skillnader i 3 av 4 fall när transponeringsfunktionen var påslagen respektive avaktiverad.</p> <p>Samtliga testpersoner var nöjda med och valde att behålla de nya hörapparaterna vid studiens slut.</p>	
Nyckelord: Frekvenstransponering, taluppfattning, frekvenskomprimering, hörapparat, auditiv träning	



GÖTEBORGS UNIVERSITET  
SAHLGRENSKA AKADEMIN

Institute of Neuroscience and Physiology  
Department of Audiology

Spring 2009

**RESEARCH PROJECT IN AUDIOLOGY, 15 credits,  
VAU231**

**Advanced level 1 (C)**

**Within audiologist programme, 180 credits**

Title

The effect of frequency compressing hearing aids on the speech perception of patients with severe to profound hearing losses in the high frequency regions – An experimental study

Authors

Marcus Liderfelt  
David Surac

Supervisor

Björn Israelsson

Examiner

Lennart Magnusson

Abstract

A pilot study conducted on four patients, which we received from the Sahlgrenska University Hospital, who were all potential candidates for a cochlear implant. We fitted our test subjects with a pair of frequency compressing hearing aids called Phonak Naida V SP during the study and let them evaluate them for about seven weeks. Measurements made with monosyllabic words throughout the study showed significant differences in speech perception ( $p \leq 0.05$ ) compared to their regular hearing aids in 3 out of 4 cases. De-activation of the frequency transposed function showed significant decreases in 3 out of 4 cases compared to when it was activated.

All test subjects were satisfied with the new hearing aids and chose to keep using them at the end of the study.

Keywords:

Frequency transposition, speech perception, frequency compression, hearing aid, auditory training

## *FÖRORD*

Vi vill tacka följande personer:

**Björn Israelsson**, vår handledare – för hjälpen att manövrera i byråkratins djungler och införskaffandet av hörapparaterna samt idén till denna studie.

**Agneta Sandh** och **Ann-Christin Hermansson** – för att de tog sig tid att hjälpa oss med att hitta lämpliga försökspersoner.

**Lennart Magnusson** – som har visat mod genom att axla rollen som patientansvarig, samt för hjälpen med att djupare tolka våra resultat.

**Tomas Tengstrand** – för hjälp med datorer, CD-skivor och mättrum m.m.

**Radi Jönsson** – för godkännande av vår studie samt givande feedback på vårt brev.

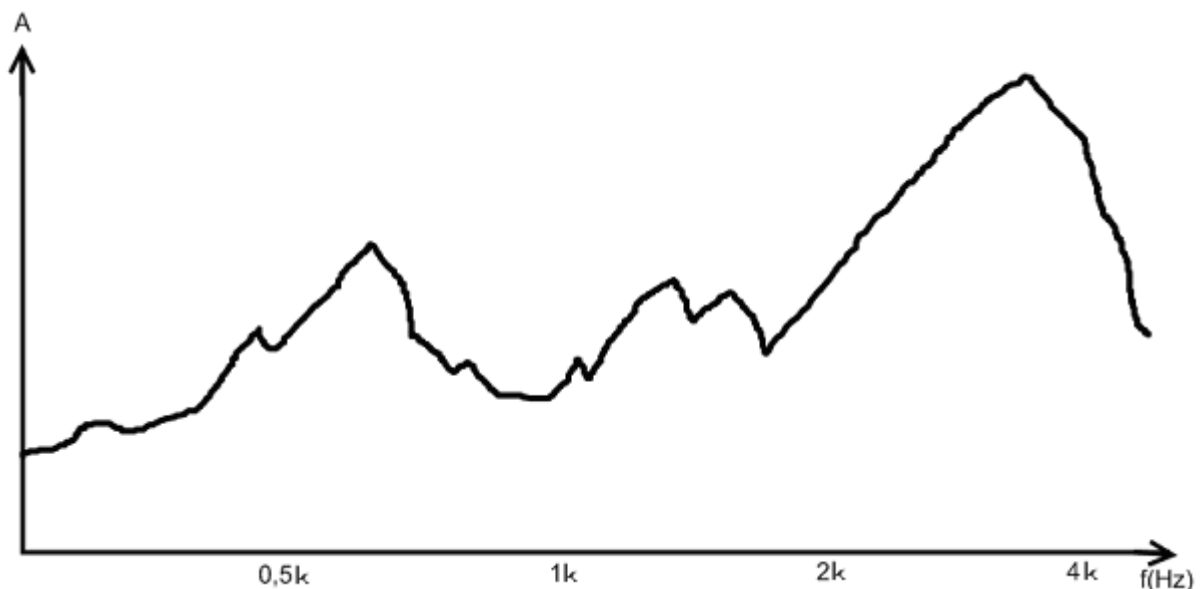
**Ann-Kristin Espmark** – för all hjälp under projektplansarbetet samt att ha förmedlat idén om denna studie till oss.

Samt alla andra på hörselvården på Sahlgrenska Universitetssjukhuset för visat intresse och aldrig sinande hjälp när vi behövde det.

<b>BAKGRUND</b>	<b>1</b>
<b>SYFTE</b>	<b>5</b>
<b>FRÅGESTÄLLNING</b>	<b>5</b>
<b>MATERIAL</b>	<b>5</b>
HÖRAPPARATEN.....	5
URVALSKRITERIER .....	7
URVALSMETOD.....	7
UNDERSÖKNINGSGRUPP .....	7
<b>METOD</b>	<b>8</b>
UNDERSÖKNINGSMETOD .....	8
PROCEDUR.....	9
STATISTISK METOD .....	9
<b>RESULTAT</b>	<b>10</b>
TESTPERSON 1.....	11
TESTPERSON 2.....	12
TESTPERSON 3.....	13
TESTPERSON 4.....	14
SIGNIFIKANSER .....	15
<b>ETISKA ÖVERVÄGANDEN</b>	<b>15</b>
<b>DISKUSSION</b>	<b>16</b>
RESULTAT.....	16
METODEN .....	18
MÖJLIGA FELKÄLLOR .....	19
FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNING .....	19
<b>KONKLUSION</b>	<b>20</b>
<b>SÖKORD</b>	<b>21</b>
<b>REFERENSER</b>	<b>21</b>
<b>BILAGA 1 – BREV TILL FÖRSÖKSPERSONERNA</b>	<b>23</b>

## BAKGRUND

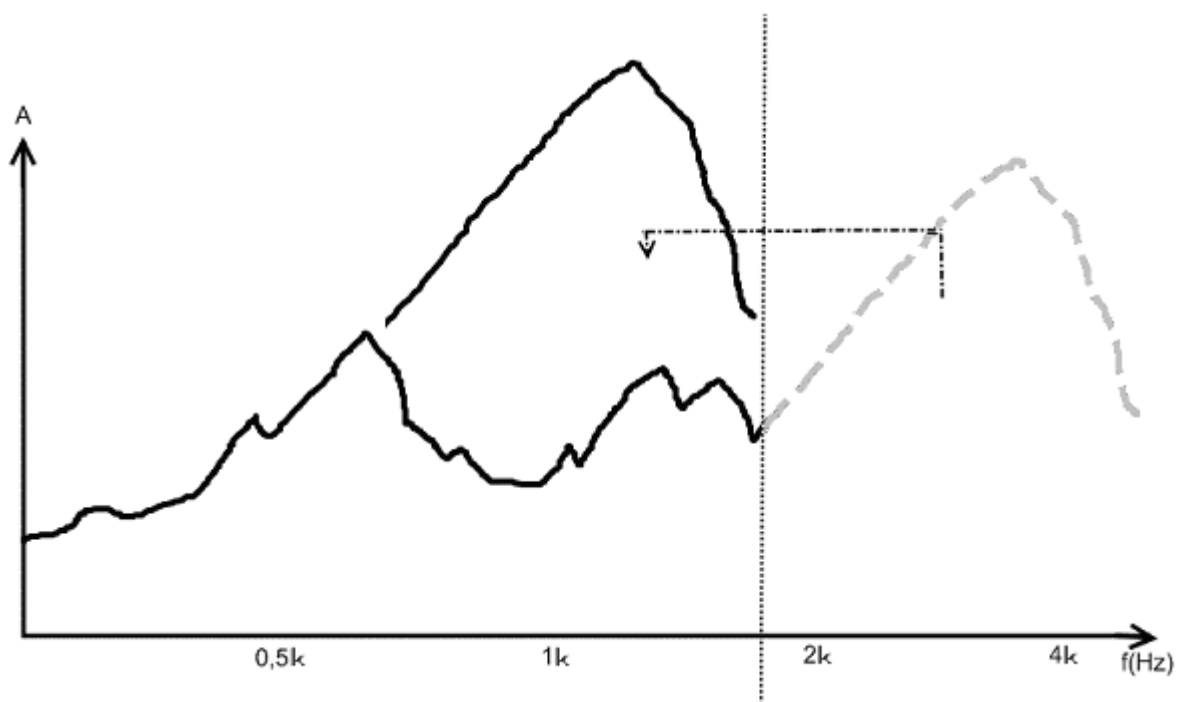
Hörapparatanpassning är traditionellt sett koncentrerad på att förstärka de inkommande ljuden och på så sätt göra dem hörbara för en person med en hörselskada. Nyare och mer förfinad teknik har gjort det möjligt att med större precision dela upp den inkommande signalen i olika frekvensområden och anpassa förstärkningen efter den hörselskadades behov, men arbetet sker bara med ett oförändrat frekvensspektra (fig. 1) (1). Detta hjälper de flesta patienter där det finns hörselrester kvar i diskantområdet eller hörselskador av konduktiv typ. Dock har det varit svårt att hjälpa patienter där det helt saknas hårceller i cochlean som reagerar på vissa frekvenser i den inkommande signalen, så kallade döda regioner (2). Detta leder till att vissa patienter med hörselskador har problem med att uppfatta tal också efter färdig rehabilitering med hörapparat. Detta gäller främst de som har en kraftig nedsättning i diskantområdet, där mycket av talets information finns. Dessa frekvenser har också visat sig ha stor betydelse för språkutvecklingen hos barn, där just informationen som finns i diskantområdet anses särskilt viktig (3).



*Fig. 1: Ett exempel på ett korttidsspektrum för en talsignal. Bilden visar en logaritmisk frekvensskala på x-axeln och amplituden i dB visas på y-axeln.*

Det har visats att nyttan av kraftig förstärkning i diskantområdet för patienter har varit begränsad vilket kan bero på bland annat distorsion i hörselsystemet eller att en stor förstärkning i diskantområdet ökar risken för ljudläckage och akustisk återkoppling (4, 5). Sådana hörselskador leder ofta till förlitning på läppavläsning, tecken som stöd eller ett cochleaimplantat (6).

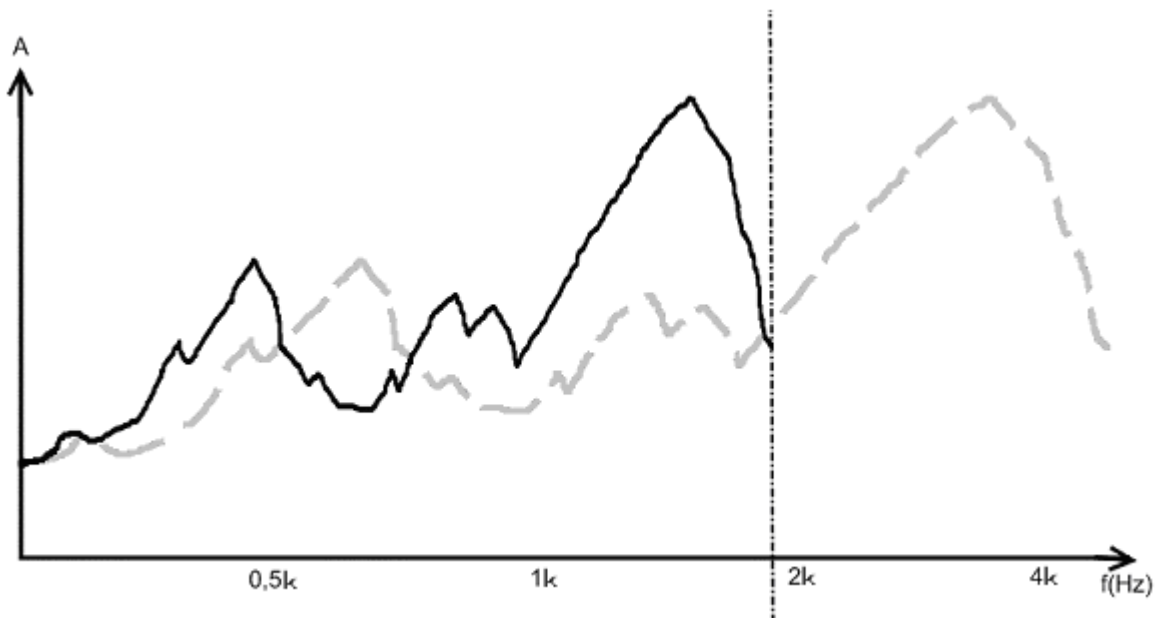
Länge har lösningar på detta problem sökts, och en möjlig lösning på detta är att flytta för patienten ohörbara signaler till ett frekvensområde där patienten har hörsel kvar. Denna teknik kallas frekvensförflyttning. En av de tidigaste varianterna var långsamuppspelning, där det spelades upp ett material långsammare än vad det var inspelat från början, och därigenom sänktes varje beståndsdel i frekvensspektrat med samma multipel som uppspelningshastighetens minskning (7). Detta fungerar inte för användning i realtid, men kan ändå vara intressant för att studera taluppfattning och hur denna fungerar.



*Fig. 2: Frekvensspektra där en logaritmisk frekvensskala visas på x-axeln och amplituden i dB visas på y-axeln. Här visas ett exempel där transponeringsfunktionen efter en brytfrekvens (den vertikala punktlinjen i bilden) tar alla högre frekvenser och flyttar nedåt i frekvensled för att sedan addera dessa med den ursprungliga signalen som redan finns där. Den delen av den ursprungliga insignalen som flyttas visas som en grå streckad linje.*

På 60-talet gjordes experiment som visade att träning var viktigt för att kunna tillgodogöra sig frekvensförflyttade talsignaler. Denna studie visade att en grupp som fick träna fick gradvis bättre resultat efter varje övningstillfälle, vilket även senare forskning visat (7, 8). Försök pekade också på att denna typ av hörapparater vid tal- och hörövningar skulle kunna användas hos barn med grava hörselnedsättningar i diskantområdet (9).

Den förmodligen mest utredda av de frekvensförflyttande teknikerna kallas transponering. Det är också den enda som finns tillgänglig i kommersiella hörapparater. Den går ut på att vissa frekvenser förflyttas, oftast de som ligger i diskantområdet, och läggs i ett lägre frekvensområde (10). Det finns dock flera olika sätt att göra detta på. En brytfrekvens kan bestämmas för att sedan ta alla ljud med högre frekvens än denna, bestämma var i frekvensled de ljud som har högre frekvens än brytfrekvensen ska flyttas till, för att sedan ta denna beståndsdel av ljudet och addera den frekvensskiftade signalen till den ursprungliga (fig. 2) (11). Detta har nackdelen att ljudet kommer att låta förvrängt, och den transponerade signalen riskerar att maskera den ursprungliga signalen.

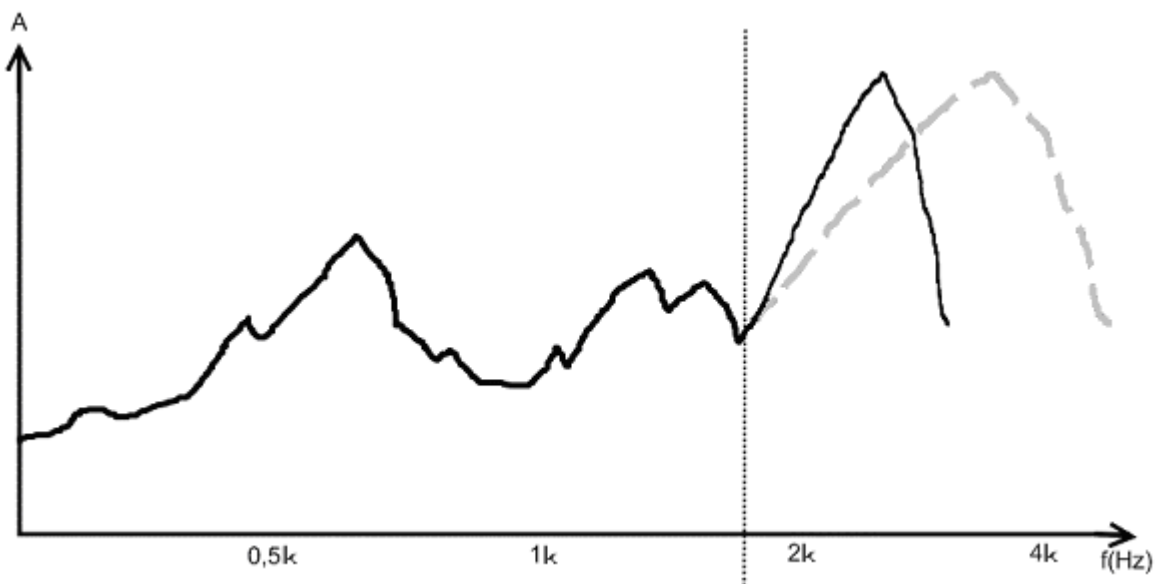


*Fig. 3: Frekvensspektra där en logaritmisk frekvensskala visas på x-axeln och amplituden i dB visas på y-axeln. Här visas ett exempel på kompression i frekvensled av hela frekvensområdet. Den ursprungliga insignalen visas som en grå streckad linje.*

Ett annat alternativ är att komprimera hela frekvensområdet och förflytta alla frekvenser nedåt i frekvensled och därmed lägga för patienten ohörbara signaler i ett hörbart område (fig. 3) (12). Förflyttningen är inte linjär, utan en högre infrekvens flyttas mer än en lägre. Detta har fördelen att inga ljud blir maskerade, men även här upplevs ljudet ofta som dovt och förvrängt. I de fall där denna metod har använts i kommersiella hörapparater tidigare filtrerades först den inkommande signalen för att sedan endast transponera insignaler med en högre frekvenskomponent än den bestämda brytfrekvensen. När en högfrekvent signal detekteras komprimeras hela insignalen i frekvensled.

Ett tredje alternativ är en teknik där det först bestäms en knäpunkt som sedan komprimerar de, och endast de, frekvenser som är högre än denna i frekvensled (fig. 4) (13, 14).

Komprimeringen är inte heller linjär, utan ju högre frekvens desto större blir kompressionen, det vill säga ju högre frekvens den inkommande signalen har desto större skiftning görs nedåt i frekvensled. Fördelen med denna teknik är att den i största möjliga mån undviker att producera en för patienten onaturlig ljudbild, samtidigt som patienten ges möjlighet att uppfatta högfrekventa ljud genom att flytta dessa till ett område där patienten fortfarande har hörsel kvar.



*Fig. 4: Frekvensspektra där en logaritmisk frekvensskala visas på x-axeln och amplituden i dB visas på y-axeln. Exempel på frekvenskomprimering efter en knäpunkt (den vertikala punktlinjen i bilden). Fram till denna knäpunkt fungerar hörapparaten som en konventionell apparat, men efter denna komprimeras den inkommande signalen i frekvensled. Den ursprungliga insignalen visas som en grå streckad linje.*



Nackdelen är att de diskantrika ljuden förläggs inom ett smalare frekvensområde vilket kan medföra att det blir svårare att urskilja ljuden. Dock har forskning visat att personer med döda regioner i cochlean i de områden där diskantljud tolkas har en bättre diskrimination av basrika ljud än personer med andra typer av hörselskador (15).

## **SYFTE**

Att mäta effekten på taluppfattningen med frekvenstransponerande hörapparater jämfört med konventionella hörapparater.

## **FRÅGESTÄLLNING**

Är frekvenstransponerande hörapparater som komprimerar i frekvensled efter en knäpunkt bättre för taluppfattningen än konventionella hörapparater för patienter med grav hörselnedsättning, eller omätbar hörsel i diskantområdet, dels initialt samt efter tid för tillvänjning?

## **MATERIAL**

### **Hörapparaten**

Phonak Naida V SP

*Hörapparatsens data i korthet enligt tillverkaren (Ear Simulator Data, mätt enligt EN/IEC 60118 och IEC 60711)*

MPO (Maximum power output): 141 dB SPL (135 dB SPL vid 1600 Hz)

Maximal förstärkning: 80 dB vid 50 dB SPL innivå (69 dB vid 60 dB SPL innivå)

Harmonisk distortion: 5,0 % vid 500 Hz, 3,0 % vid 800 Hz, 2,0 % vid 1600 Hz

Frekvensomfång: <100-6900 Hz

Antal kanaler: 16

Batteristorlek: R48

### *Kompression (amplitud)*

Attacktid: 1 ms

Återhämtningstid: 50 ms

### *Översikt över apparatens funktioner*

Phonak Naida är en så kallad power-apparat, vilket innebär att den är lämpad för grava hörselnedsättningar. God möjlighet till stor förstärkning gör att den kan kompensera för stora nedsättningar, men hög förstärkning i hörapparater brukar också betyda ett högt brusgolv, enligt tillverkaren ska det dock gå att anpassa denna hörapparat även på patienter med lätta hörselskador i basområdet om det finns en brant fallande hörsel mot diskantområdet, vilket även till viss del stöds av forskning om denna typ av hörselskador (15).

Apparaten är försedd med avancerad signalbehandling med olinjär förstärkning, 16 kanaler, DFS (Digital Feedback Suppression, digital återkopplingskontroll), brusreducerare och automatisk riktningsverkan. Apparaterna har inbyggd teleslinga och kan även förses med FM-mottagare. Om en bilateral anpassning utförs går det även välja om apparaterna ska vara trådlöst synkroniserade, så att volym och programval synkroniseras mellan apparaterna automatiskt.

### *Frekvenstransponeringen i Phonak Naida V SP*

Den grundläggande principen för all frekvenstransposition i hörapparater är att flytta ljud som hos den hörselskadade tolkas på ställen i cochlean där hårcellerna är skadade eller helt borta till andra områden i cochlean där det finns mindre skador.

Vår valda hörapparats frekvenstransponerande funktion följer principen om icke-linjär frekvenskompression efter en knäpunkt (fig. 4). Först väljs en knäpunkt, vars funktion är att sätta en gräns där apparatens frekvenstransponerande funktion börjar arbeta. Detta innebär att ljud som har en frekvens som är lägre än den valda knäpunkten inte kommer att påverkas av denna funktion. Sedan väljs en kompressionsfaktor som anger hur mycket varje inkommande frekvens över knäpunkten kommer att flyttas nedåt i frekvensled. Beräkningarna som ligger till grund för valen av dessa variabler görs initialt av Phonaks programvara iPFG, men det finns möjlighet för audionomen att i efterhand ändra värdena. Vi valde dock att inte frångå de värden programmet föreslog för att ge en mer rättvis bild av hur bra apparaten fungerar för en

normal patient. Den lägsta knäpunkt som går att välja i iPFG är 1500 Hz och den högsta kompressionsfaktorn är 4:1.

### **Urvalskriterier**

Försökspersonerna ska uppfylla dessa punkter för att få delta i vår studie:

- Ha hörselnedsättning av sensorisk typ som är grav till ej uppmätbar\* i diskantområdet (>2000 Hz) när det gäller trösklarna för toner utan hörapparat.
- Ha optimalt anpassade hörapparater binauralt av bakom-örat-typ.
- Ha påbörjat en utredning för eventuellt cochleaimplantat, men inte gått så långt i processen att de riskerade att bli erbjudna operation innan studien är avslutad, och under denna ha utfört taltest med listor med enstaviga ord i ljudfält på 70 dB SPL med sina ordinarie hörapparater.
- Vara myndiga och även ha svenska som modersmål.
- Inte ha några kognitiva nedsättningar som kan störa mätningarna eller påverka tillvänjningsträningen.
- Bo inom Västra Götalandsregionen.

Vi ville även sträva efter en så jämn könsfördelning som möjligt i urvalet av försökspersoner.

\*( $\geq 100$  dB HL)

### **Urvalsmetod**

Vi fick tillgång till 11 journaler och audiogram från patienter som stod på listan för utredning av eventuellt cochleaimplantat. Utifrån dessa valde vi ut testpersoner som stämde överens med våra urvalskriterier. Från patientjournalerna togs sedan mätresultat gjorda med och utan testpersonens ordinarie hörapparat.

### **Undersökningsgrupp**

Utifrån dessa kriterier valde vi ut fem personer som vi skickade en förfrågan om intresse av deltagande i studien till tre män och två kvinnor (bilaga 1). Utav dessa fem fick vi svar från fyra, varav tre män och en kvinna. Tabell 1 visar ålder och kön samt försökspersonernas ordinarie hörapparater och tabell 2 visar testpersonernas TMV (tonmedelvärde för frekvenserna 500 Hz, 1000 Hz och 2000 Hz).

Tabell 1. Demografiska data och ordinarie hörapparater.

Testperson	Kön	Ålder (år)	Ordinarie hörapparater
1	Man	79	Phonak Perseo 311 dAz
2	Man	57	Oticon Sumo DM
3	Kvinna	53	Widex Senso P38
4	Man	79	Widex Vita SV 19

Tabell 2. Testpersonernas TMV.

Testperson	TMV Bästa öra (dB HL)	TMV Sämsta örat (dB HL)
1	67	-*
2	80	95
3	90	-*
4	75	92

\*Testpersonen svarar inte på 100 dB HL eller svagare på någon eller några av de frekvenser som krävs för att beräkna TMV

## METOD

### Undersökningsmetod

Vi valde att göra en kvantitativ, experimentell pilotstudie. Detta då vi ville se hur frekvenstransponering fungerade på personer med riktiga hörselnedsättningar, inte bara på personer med simulerade hörselnedsättningar.

Vår nollhypotes är att resultaten av de mätningar vi gjort med de frekvenstransponerande hörapparaterna dels inte kommer att avvika mer än konfidensintervallet från vad som uppmätts med testpersonens ordinarie hörapparater, samt att det inte heller finns någon statistiskt signifikant skillnad i taluppfattning efter tillvänjning samt vid avaktivering av transponeringsfunktionen.

## **Procedur**

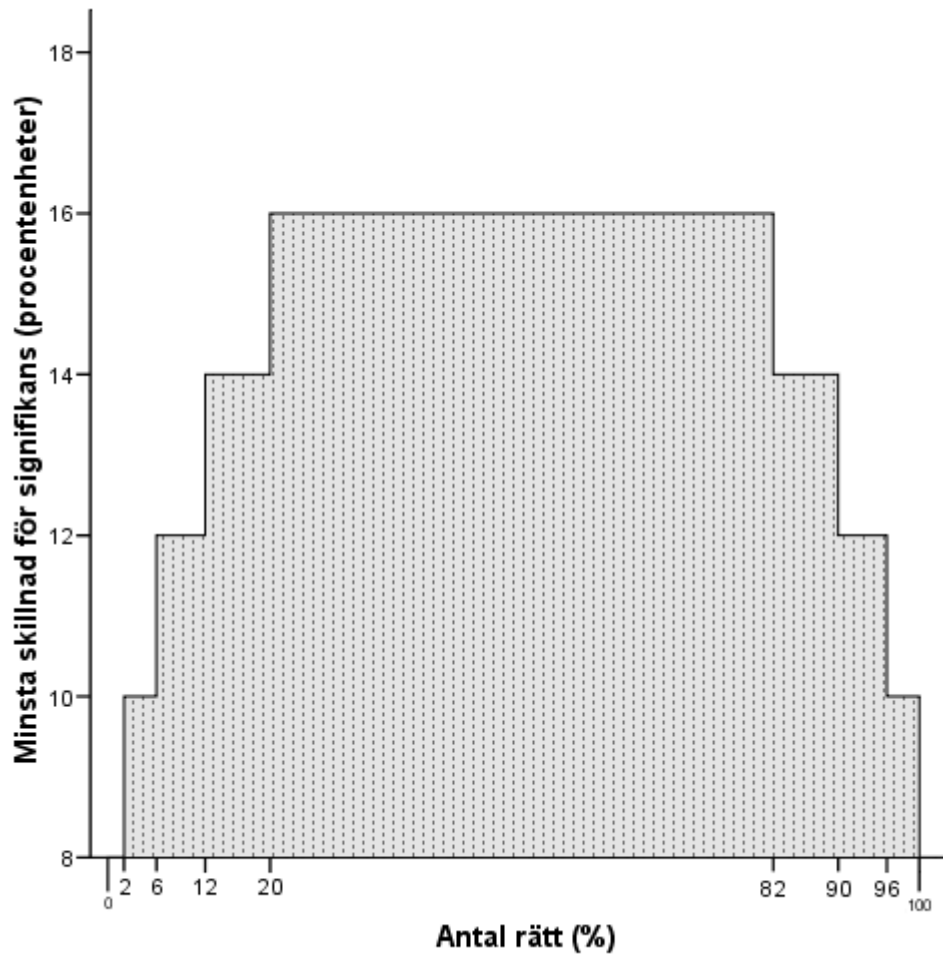
Vi började med att anpassa de nya hörapparaterna av typ Phonak Naida V SP genom en Hi-Pro-box från Madsen Electronics, snr 41075, via NOAH-modulen iPFG 2.1a, version 2.1.1.21196 enligt tillverkarens rekommendationer med små justeringar i generell förstärkning i de fall försökspersonen begärde detta. När testpersonen var nöjd med den initiala anpassningen utförde vi ett test med tallistor om 50 ord utvecklade av Gunnar Lidén från CD-skivan "Svensk Talaudiometri", C-A Tegner AB Stockholm 1988, som spelades upp i en CD-spelare "Onkyo DX-7355". Mätningen utfördes med audiometer "Interacoustics AC30", nr 1131 ver 1.08 som var kopplad till en högtalarväljare "Directional Hearing Evaluator DHA 8" ut till högtalare "Bose Interaudio 1000XL", serienummer 451372. Testpersonen placerades rakt framför högtalaren på drygt en meters avstånd. Tallistorna spelades upp på en nivå av 70 dB SPL och testpersonen instruerades enligt "SAME Metodbok i praktisk hörselmätning" (16). Under hela försöksperioden behöll vi testpersonernas ordinarie hörapparater.

Efter 7-8 veckor kallades testpersonen till ett återtest där vi först mätte taluppfattningen enligt ovanstående metod, och sedan kopplade ur den frekvenskomprimerande funktionen i hörapparaterna temporärt och mätte igen. De fick även bestämma om de ville behålla de nya hörapparaterna.

## **Statistisk metod**

Då vi inte kan generalisera på ett adekvat sätt med ett så litet datamaterial som vi har, väljer vi att beskriva varje testperson som en fallbeskrivning.

För att ta reda på vad som kan anses vara en statistiskt godtagbar ( $p \leq 0,05$ ) förändring mellan två mätningar på samma testperson använde vi oss av data baserad på den forskning Hagerman presenterade 1976 (17) (fig. 5). Dessa värden beräknas utefter hur stort konfidensintervallet är när en försöksperson upprepar ett visst antal ord rätt från listor med ett bestämt antal ord. Vad som anses vara statistiskt säkert varierar alltså både med hur många procent rätt testpersonen svarar under det första testet, samt hur långa listor som används.



*Fig. 5. Den minsta skillnaden som måste föreligga mellan två mätningar med 50 ords-listor för att få en med 95 % säkerställd förändring.*

## RESULTAT

Resultaten redovisas nedan som fallbeskrivningar tillsammans med audiogram tagna ur testpersonernas journaler.

## Testperson 1

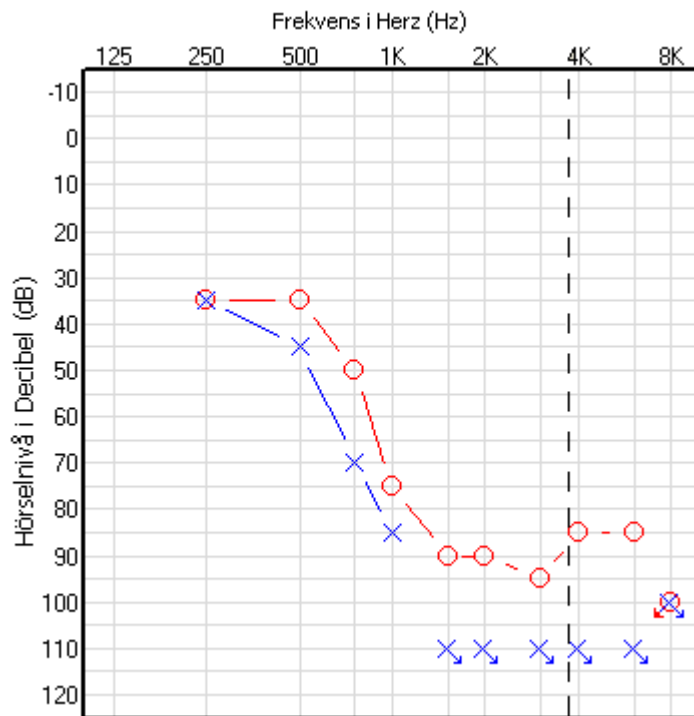


Fig. 6: Audiogrammet för testperson 1. Ringar är höger öra och kryss är vänster. Streckad linje är där frekvenskomprimeringen börjar arbeta. Kompressionströskeln är här 3700 Hz, med ett kompressionsförhållande på 2,4:1.

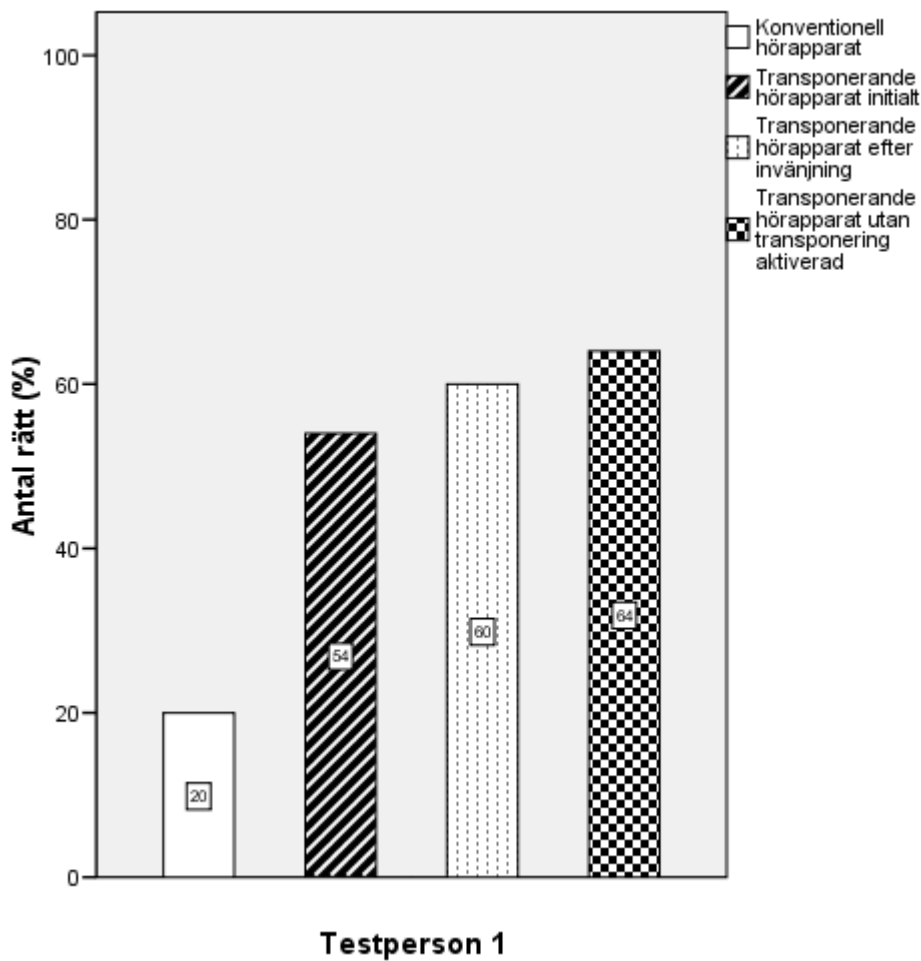


Fig. 7: Resultaten av mätningarna vid de olika tillfällena för testperson 1.

## Testperson 2

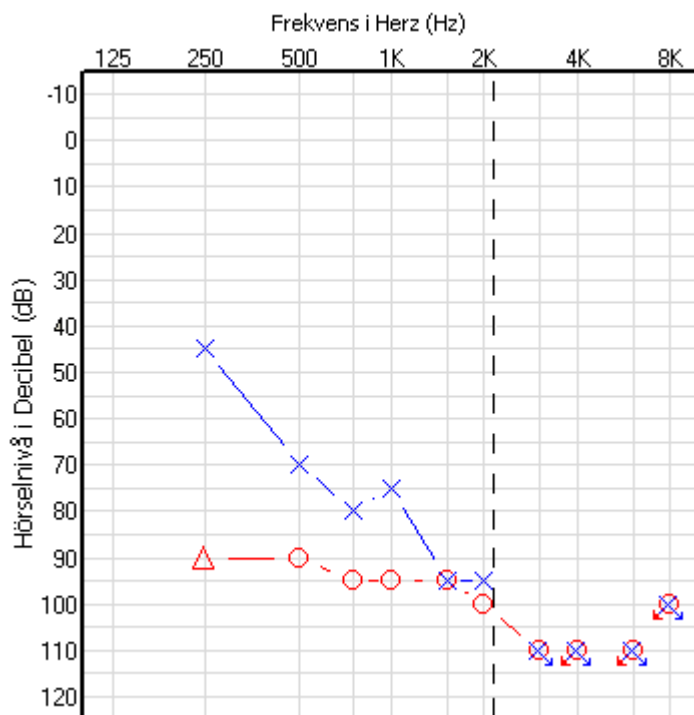


Fig. 8: Audiogrammet för testperson 2. Ringar är höger öra och kryss är vänster. Streckad linje är där frekvenskomprimeringen börjar arbeta. Kompressionströskeln är här 2100 Hz, med ett kompressionsförhållande på 1,5:1.

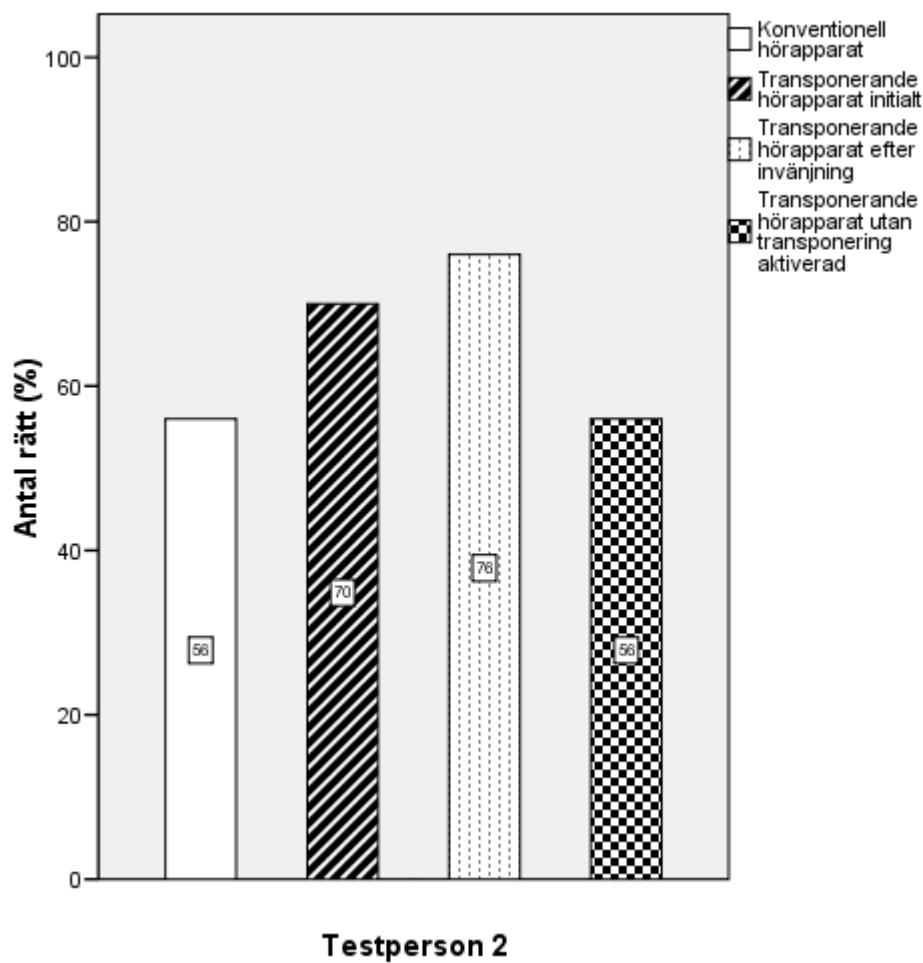


Fig. 9: Resultaten av mätningarna vid de olika tillfällena för testperson 2.



### Testperson 3

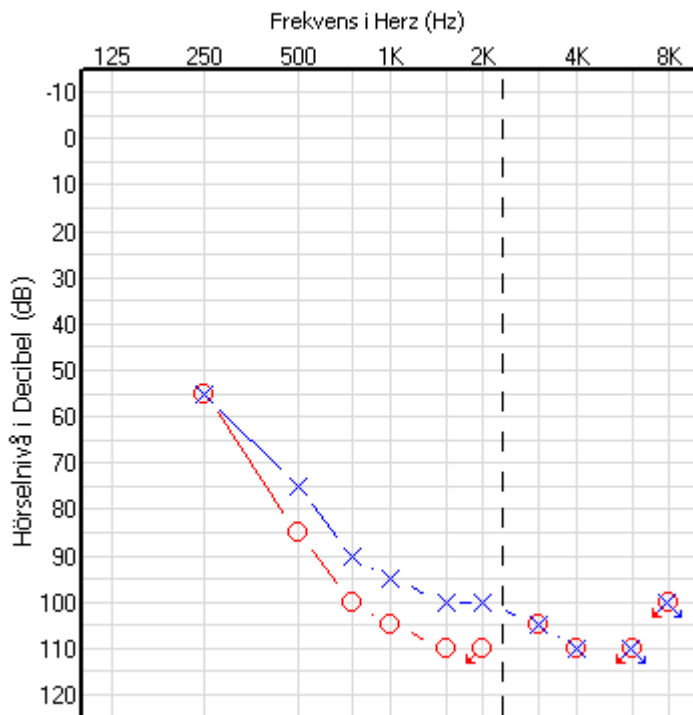


Fig. 10: Audiogrammet för testperson 3. Ringar är höger öra och kryss är vänster. Streckad linje är där frekvenskomprimeringen börjar arbeta. Kompressionströskeln är här 2200 Hz, med ett kompressionsförhållande på 1,6:1.

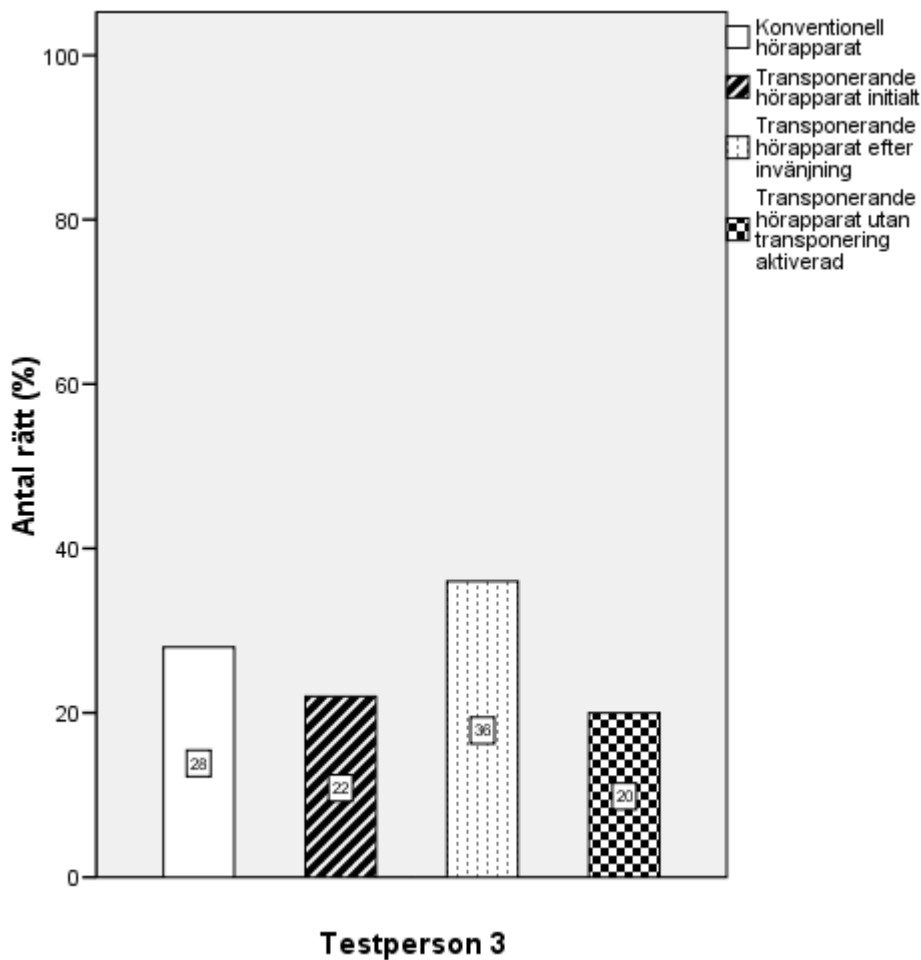


Fig. 11: Resultaten av mätningarna vid de olika tillfällena för testperson 3.

## Testperson 4

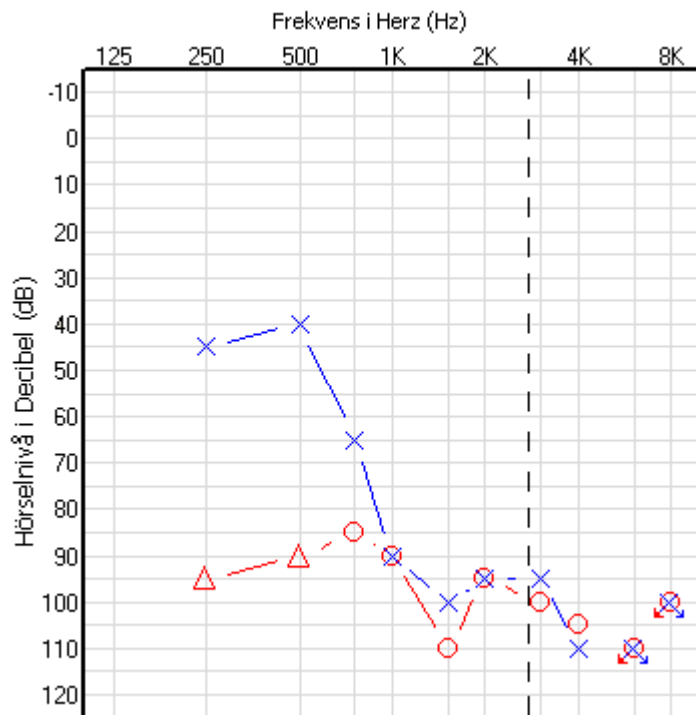


Fig. 12: Audiogrammet för testperson 4. Ringar är höger öra och kryss är vänster. Streckad linje är där frekvenskomprimeringen börjar arbeta. Kompressionströskeln är här 2700 Hz, med ett kompressionsförhållande på 1,8:1.

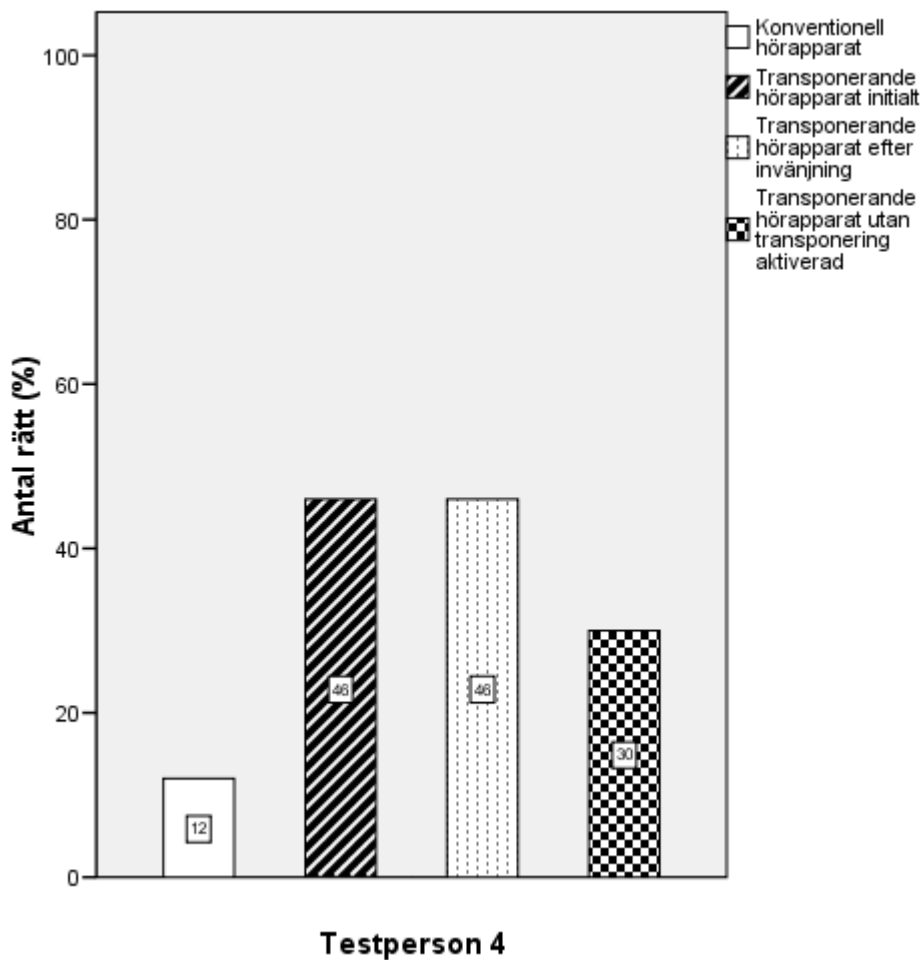


Fig. 13: Resultaten av mätningarna vid de olika tillfällena för testperson 4.

## **Signifikanser**

Som kan avläsas med hjälp av fig. 5 och fig. 7 så fick testperson 1 en signifikant skillnad mellan sina ordinarie apparater och de frekvenstransponerande hörapparaterna då skillnaden mellan dessa var större än 16 procentenheter. Ingen signifikant förändring kunde däremot ses vare sig av träning eller av frekvenstransponering.

Testperson 2 har signifikant bättre taluppfattning med de nya hörapparaterna efter tillvänjning jämfört med sina ordinarie (fig. 9). Det blev även en signifikant skillnad när transponeringsfunktionen var påkopplad respektive avstängd.

Hos testperson 3 gick det inte att se någon signifikant förbättring jämfört med testpersonens tidigare hörapparater eller efter tillvänjningsperioden. En signifikant minskning av taluppfattningen när transponeringen stängdes av kunde däremot ses (fig. 11).

Testperson 4 fick signifikant bättre taluppfattning jämfört med sina gamla hörapparater. Även en signifikant försämring då transponeringen kopplades ur kunde märkas (fig. 13).

## **ETISKA ÖVERVÄGANDEN**

Försökspersonen måste vara medveten om att den här studien inte innebär någon förändring i dennes ordinarie behandling. Detta då vi inte är legitimerade audionomer som har rätt att ge patienten behandling. Dock fick vi genom delegering rätt att utföra vår studie under handledning av ansvariga. Vi ville heller inte redovisa testresultaten i testpersonens journal, då vi inte kände att vi kunde ta ansvar för testpersonens vidare behandling. Detta skapade etiska överväganden, då alla testpersonerna fick förbättrad taluppfattning, och vissa hade med de testresultat vi mätte upp inte varit aktuella för cochleaimplantat. Detta blev dock ett mindre problem, då vi inte gjorde alla de test som normalt utförs på en kandidat för cochleaimplantat. Vi överlät därmed ansvaret på testpersonens ordinarie vårdgivare att om så anses nödvändigt göra om de tester som behövs för en bedömning av ett eventuellt cochleaimplantat, eller om testpersonen med sina nya hörapparater hör för bra för en operation.

Ett annat dilemma är om testpersonen får en signifikant bättre taluppfattning med sina nya hörapparater, men ändå väljer att gå vidare med en cochleaimplantatoperation och då får försämrad taluppfattning med implantatet jämfört med de apparater vi har tillhandahållit. Detta då en sådan operation är irreversibel.

Det kan vara krävande för försökspersonen att vänja sig vid en ny ljudbild och eventuellt kan det även vara en tillvänjningsperiod om denne skulle välja att återgå till sin gamla apparat. Men detta bedöms inte ge några långsiktiga problem.

Försökspersonen måste få möjlighet att behålla den/de nya apparaterna om denne så väljer.

Testpersonen informerades om att han/hon kunde avbryta studien när som helst utan närmare förklaring.

Testpersonens personuppgifter hanterades strikt konfidentiellt, och inga uppgifter som kunde knytas till en viss person lämnades ut till någon obehörig. Inga uppgifter som kan användas för att identifiera någon testperson redovisas heller i resultatet.

## **DISKUSSION**

### **Resultat**

I slutet av studien valde samtliga försökspersoner att behålla de nya transponerande hörapparaterna.

När vi kopplade ur transponeringsfunktionen tyckte inte någon av testpersonerna att ljudet ändrades nämnvärt, men det syntes tydligt på tre av fyra testresultat. Detta fenomen har rapporterats även i tidigare försök med frekvenstransponering (18). Testpersonerna i vår studie upplevde heller inga problem med själva tillvänjningsperioden. En testperson tyckte att musik lät konstigt i början, men uppgav själv att det började bli bättre efter tillvänjningsperioden. Önskas det kan dock ett musikprogram, det vill säga ett program där ingen frekvenstransponering sker, läggas till i de hörapparater vi använde i vårt projekt, men det var ingen av testpersonerna som var intresserade av att testa detta. Samtliga försöksdeltagare tyckte att ljudet var behagligt, detta beror troligen på att stor förstärkning av

diskantrika ljud ofta upplevs som ”vasst”. Detta uppkommer inte i samma omfattning hos en frekvenstransponerande hörapparat, då dessa höga frekvenser flyttas nedåt i frekvensled innan de förstärks.

I det fallet där frekvenstransponeringen inte gjorde någon skillnad när den inaktiverades tror vi det beror på att knäpunkten sattes onödigt högt, och därmed kunde testpersonen inte dra nytta av de transponerade signalerna i de taltester som användes under testet p.g.a. att vid frekvenser  $\geq 4000$  Hz så finns mindre av talets information än runt de lägre frekvenserna runt 2000 Hz (19).

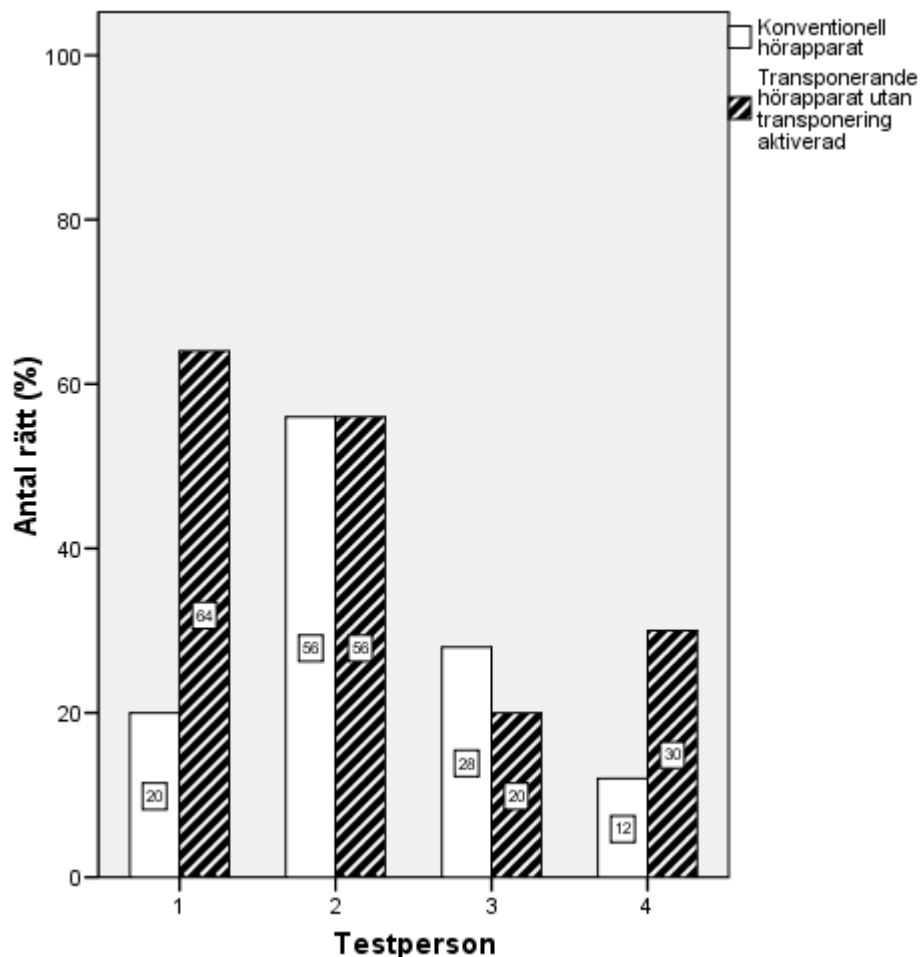


Fig. 14. Testpersonernas ordinarie hörapparater jämfört med Phonak Naida V SP med transponeringsfunktionen avstängd.

Testpersonen själv tyckte dock att det var skillnad när funktionen kopplades bort, och detta kan bero på att de ljud som transponeringen gjorde hörbara för honom var omgivningsljud som han tyckte var viktiga, vilket även andra studier pekar på kan vara viktiga för denna typ av personers hörselnedsättningar (20).

I de tre fall där frekvenstransponeringen visade sig ge signifikant förbättrade resultat sattes knäpunkten för när frekvenskompressionen skulle börja arbeta lägre, och detta verkar ha givit bättre resultat.

Något förvånande är det faktum att inga signifikanta förbättringar kunde ses efter träningsperioden, även om de flesta fick något bättre resultat. Förmodligen behövs en längre tillväjningsperiod.

### **Metoden**

Att mäta taluppfattningen hos våra testpersoner med listor med enstaviga ord i ljudfält föll sig ganska naturligt, då vi ville mäta taluppfattningen med hörapparaterna på, och de hade redan testats med denna metod med deras konventionella hörapparater nyligen.

Vi tror att det är mycket viktigt att utföra taltest i ljudfält med patientens hörapparater på plats för att verifiera att de fungerar optimalt. Detta bör göras löpande under den ordinarie rehabiliteringen och inte bara när de ska utredas för cochleaimplantat. Det är ju trots allt taluppfattningen som fokus ska ligga på, och som de allra flesta patienter upplever som den viktigaste målsättningen med rehabilitering med hörapparater. Vi tror att det är särskilt viktigt för patienter med grava nedsättningar där små justeringar kan ge stora skillnader i taluppfattningen.

När vi formulerade vår forskningsansats var vi mest intresserade av om vi kunde öka testpersonernas taluppfattning jämfört med deras ordinarie hörapparater. Under testets gång blev det dock viktigare för oss att försöka utvärdera om transponeringen i sig gjorde skillnad, därav mätningen med och utan frekvenskomprimeringsfunktionen aktiverad under andra mätningen men inte under första.

## **Möjliga felkällor**

Då vi inte själva utförde de initiala testerna med testpersonerna och deras ordinarie hörapparater vet vi inte om testpersonerna instruerades på samma sätt som under vårt test, eller om testpersonen har kunnat öva upp förmågan att diskriminera tal i just denna typ av test. Då flera tester utfördes under testpersonens utredning för cochleaimplantat kan detta ha inneburit att testpersonen var trött när taltesterna utfördes den gången.

Alla testpersoner hade inte heller samma hörapparater från början och vissa anpassningar misstänker vi var suboptimala för just den testperson som bar dem. Detta ska dock i teorin inte kunna inträffa, då varje patient bedöms och ska ha optimala hörapparater innan en cochleaimplantatutredning påbörjas. Dock kan det inte uteslutas att detta har påverkat de stora förbättringar som syntes i experimentet, framförallt när testpersonernas ordinarie hörapparat jämförs med den transponerande hörapparaten med transponeringsfunktionen avstängd (se fig. 14), då denna bör fungera som en konventionell hörapparat med denna inställning. Testperson 1 och 4 hade signifikant skillnad mellan resultaten i detta avseende.

Trots att alla testpersoner använde två hörapparater var det några som hade sämre hörsel på ena örat. Inga av anpassningarna tog dock hänsyn till detta vad det gäller transponeringsknäpunkt och kompressionsförhållande. Detta kan ha gjort att de med mycket stor skillnad mellan öronen därför kan ha haft mindre nytta av den transponerande funktionen, då den verkar anpassas efter hörseln på det bättre örat, än de som har en symmetrisk hörselnedsättning.

Då tallistorna som användes under testet har olika svårighetsgrad för olika individer kan även detta ha påverkat resultatet i viss mån.

## **Förslag till fortsatt forskning**

Vi skulle gärna se en studie med fler deltagare, då det på ett bättre sätt skulle kunna undersökas om hörselskadade med denna typ av hörselnedsättningar som grupp blir hjälpta av en hörapparat med denna typ av frekvenstransponering. Vår studie hade tyvärr för få deltagare för att kunna säga något om resultatens eventuella normalfördelning. Vi kunde inte heller beräkna någon statistik på gruppen, då antal frihetsgrader var för få för att kunna utföra statistiska beräkningar på icke normalfördelat material, till exempel Wilcoxons rangsummetest.

Vidare skulle vi gärna se olika tester där transponeringsknäpunkten och frekvenskompressionsfaktorn varierades för att undersöka vid vilka nivåer som bäst taluppfattning nås, och om det finns något samband med TMV, kurvans lutning eller någon annan faktor. Att låta två jämförbara testgrupper ha samma apparater, men en grupp hade transponeringen påslagen och en avslagen och sedan jämföra för att se om transponeringen har betydelse, och i så fall hur stor, och om det är väldigt individuellt eller om det går att uttala sig generellt.

Att utföra studier över längre tid skulle också vara mycket intressant, då vi tror att ytterligare träning kommer att göra så att testpersonerna kan tillgodogöra sig mer och mer av informationen i det transponerade ljudet. Med korta testperioder är det svårt dels att veta om testpersonen har uppnått sin optimala kapacitet, och dels skulle det vara bra att veta hur lång tid det tar innan denna förmåga är helt upptränad. Vi tror att det tar längre tid för vissa än andra att träna hjärnan att ta till vara på de ledtrådar som transponeringen eventuellt möjliggör, och ju längre tid sedan hörselskadan inträffade ju längre tid för anpassning borde rimligtvis behövas. Kanske är även patientens ålder av betydelse.

Vi efterlyser en metod för att snabbt kunna utvärdera hörapparater med avseende på taluppfattningen, gärna utan att behöva ett mättrum, då vi tror att det skulle kunna hjälpa audionomen att kvalitetssäkra hörapparatpassningen.

## **KONKLUSION**

Våra resultat visar att patienter med grav diskantnedsättning skulle kunna ha nytta av den här typen av signalbehandling i sina hörapparater. 3 av 4 testpersoner fick signifikant bättre taluppfattning än med sina gamla apparater, och 3 av 4 fick signifikant sämre resultat med den frekvenskomprimerande hörapparaten med frekvenskomprimeringen avstängd än när den var på. Någon signifikant förbättring av resultatet kunde inte ses efter en träningsperiod på ca 7 veckor.



## SÖKORD

frequency transposition, speech perception, frequency compression, hearing aid, auditory training

## REFERENSER

1. Moore BC. Perceptual consequences of cochlear hearing loss and their implications for the design of hearing aids. *Ear Hear.* 1996 Apr;17(2):133-61.
2. Moore BC. Dead regions in the cochlea: conceptual foundations, diagnosis, and clinical applications. *Ear Hear.* 2004 Apr;25(2):98-116.
3. Stelmachowicz PG, Pittman AL, Hoover BM, Lewis DE, Moeller MP. The importance of high-frequency audibility in the speech and language development of children with hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2004 May;130(5):556-62.
4. Dillon H. *Hearing aids.* Sydney  
Stuttgart: Boomerang Press ;  
Thieme; 2001. p. 202-4.
5. Simpson A, McDermott HJ, Dowell RC. Benefits of audibility for listeners with severe high-frequency hearing loss. *Hear Res.* 2005 Dec;210(1-2):42-52.
6. Auer ET, Jr., Bernstein LE. Enhanced visual speech perception in individuals with early-onset hearing impairment. *J Speech Lang Hear Res.* 2007 Oct;50(5):1157-65.
7. Tiffany WR, Bennett DN. Intelligibility of slow-played speech. *J Speech Hear Res.* 1961 Sep;4:248-58.
8. Foust KO, Gengel RW. Speech discrimination by sensorineural hearing impaired persons using a transposer hearing aid. *Scandinavian Audiology.* 1973;2(3):161-70.
9. Beasley DS, Mosher NL, Orchik DJ. Use of frequency shifted/time compressed speech with hearing impaired children. *Audiology.* 1976;15(5):395-406.
10. McDermott HJ, Dean MR. Speech perception with steeply sloping hearing loss: effects of frequency transposition. *Br J Audiol.* 2000 Dec;34(6):353-61.
11. Johansson B. The use of the transposer for the management of the deaf child. *J Int Aud.* 1966;5:362-72.

12. McDermott HJ, Dorkos VP, Dean MR, Ching TY. Improvements in speech perception with use of the AVR TranSonic frequency-transposing hearing aid. *J Speech Lang Hear Res.* 1999 Dec;42(6):1323-35.
13. Simpson A, Hersbach AA, McDermott HJ. Improvements in speech perception with an experimental nonlinear frequency compression hearing device. *Int J Audiol.* 2005 May;44(5):281-92.
14. Simpson A, Hersbach AA, McDermott HJ. Frequency-compression outcomes in listeners with steeply sloping audiograms. *Int J Audiol.* 2006 Nov;45(11):619-29.
15. Moore BC, Vinay SN. Enhanced discrimination of low-frequency sounds for subjects with high-frequency dead regions. *Brain.* 2009 Feb;132(Pt 2):524-36.
16. Svenska audiologiska metodboksgruppen, Almqvist B. Metodbok i praktisk hörselmätning. [2. uppl.] ed. Bromma: C-A Tegnér; 2004. p. 102-5.
17. Hagerman B. Reliability in the determination of speech discrimination. *Scandinavian Audiology.* 1976;5(4):219-28.
18. Rees R, Velmans M. The effect of frequency transposition on the untrained auditory discrimination of congenitally deaf children. *Br J Audiol.* 1993 Feb;27(1):53-60.
19. Magnusson L. Speech intelligibility index transfer functions and speech spectra for two swedish speech recognition tests. *Scandinavian Audiology.* 1996;25(1):59-67.
20. Ranjbar P, Borg E, Philipson L, Stranneby D. Auditive identification of signal-processed environmental sounds: monitoring the environment. *Int J Audiol.* 2008 Dec;47(12):724-36.

# **Göteborgs Universitet**

Institutionen för neurovetenskap och fysiologi

## **Information om studie av frekvenstransponerande hörapparater**

### **Studiens bakgrund**

Många personer med en hörselskada har, även efter adekvat hörapparatpassning, svårt att uppfatta tal. Detta märks extra tydligt hos dem som har svårast att höra de ljusa tonerna (diskantljud), då mycket av de språkbärande ljuden, framför allt de språkljud som kallas konsonanter, finns just i detta område. Inom hörapparatindustrin har man länge försökt att hitta en lösning på detta problem, och en möjlig lösning är att flytta dessa högfrekventa ljud till en lägre frekvens och därmed göra dessa hörbara för en person med en hörselskada som har drabbat diskantområdet. Denna teknik kallas frekvenstransponering. Du tillfrågas härmed om deltagande i en studie av hörapparat med denna teknik. Du har tidigare genomgått tester på Sahlgrenska Universitetssjukhuset och dessa tester har visat att du har en hörselnedsättning som passar att prova denna typ av hörapparat.

### **Studiens genomförande**

Deltagande i studien innebär att du kommer att få besöka oss vid två tillfällen som kommer att ta ca två timmar vardera. Vid det första tillfället kommer vi att byta ut dina befintliga hörapparater mot nya hörapparater som förutom konventionell förstärkning och signalbehandling även frekvenstransponerar högfrekventa ljud. Vi kommer att avsluta detta besök med att göra en likadan mätning som du har gjort med dina nuvarande hörapparater där vi testar din taluppfattning med de nya hörapparaterna.

Efter detta inledande besök kommer du att få använda dina nya hörapparater under minst sex veckor. Vi kommer att finnas till hands (se mobilnummer) under denna mellanperiod om du upplever att ljudet i hörapparaterna behöver justeras eller om något annat behöver göras med dina nya hörapparater samt om du omgående vill återgå till dina gamla hörapparater.

Vid nästa besök kommer vi att göra samma taltest som vid det första tillfället, och då tillsammans med dig utvärdera vad du har tyckt om dessa hörapparater. Efter studiens slut får du själv välja om du vill behålla de nya apparaterna eller om du vill ha tillbaka dina gamla hörapparater.

Att vänja sig vid en ny ljudbild kan upplevas som tröttande för vissa till en början. Detta kan även upplevas när du åter byter tillbaka till dina gamla apparater.

Du kan när som helst välja att avbryta studien utan närmare förklaring. Det gör du enklast genom att kontakta oss, så kommer du omgående att få tillbaks dina gamla hörapparater. Att delta eller avbryta denna studie kommer inte att påverka din eventuella ordinarie behandling. Detta gäller också om du väljer att inte delta i denna studie.

Studiens resultat kommer att ligga till grund för en uppsats vid Göteborgs Universitet. Resultatet av studien kan du ta del av genom kontakt med nedan angivna personer. Några personuppgifter eller några namn kommer inte att användas i resultatet. Ditt namn och dina personuppgifter kommer att behandlas strikt konfidentiellt så att inga obehöriga kommer att kunna ta del av dem.

### **Ansvariga**

Marcus Liderfelt  
Student vid audionomprogrammet, Göteborgs Universitet  
[guslidema@student.gu.se](mailto:guslidema@student.gu.se)  
Mob.nr 073-933 52 92

David Surac  
Student vid audionomprogrammet, Göteborgs Universitet  
[gussurda@student.gu.se](mailto:gussurda@student.gu.se)  
Mob.nr 076-211 52 40

### **Handledare**

Björn Israelsson  
Teknisk audiolog, Hörsel- & Dövverksamheten, Sahlgrenska Universitetssjukhuset  
[bjorn.israelsson@audiology.gu.se](mailto:bjorn.israelsson@audiology.gu.se)  
Tel.nr 031-342 37 97

### **Projektansvarig**

Lennart Magnusson  
Teknisk audiolog, Sahlgrenska Universitetssjukhuset  
Universitetslektor, Göteborgs Universitet  
[lennart.magnusson@vgregion.se](mailto:lennart.magnusson@vgregion.se)  
Tel.nr 031-342 91 75

## Svarsblankett

### Skriftligt informerat samtycke till studie av frekvenstransponerande hörapparater

Jag har tagit del av ovanstående information och samtycker till att delta i studien.

Datum \_\_\_\_\_

---

Namnunderskrift

Namnförtydligande

#### Önskemål om tid för första besökstillfället

Var god och kryssa i de tider som passar dig. Kryssa gärna i flera.

Måndag 2/2

Tisdag 3/2

Onsdag 4/2

8.00-10.00

8.00-10.00

8.00-10.00

10.30-12.30

10.30-12.30

10.30-12.30

13.00-15.00

13.00-15.00

13.00-15.00

Passar inga av dessa tider dig så kan du kontakta oss så kan vi försöka hitta en lösning som passar dig.

Väljer du att delta i studien är vi tacksamma om du skickar in denna svarsblankett snarast möjligt via bifogat svarskuvert. Kuvertet behöver ej frankeras.

Om du väljer att inte delta i studien kan du bortse ifrån detta brev.