



MEDICINSKA FAKULTETEN

Lunds universitet

Avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi

Institutionen för kliniska vetenskaper, Lund

**Taluppfattbarhet
vid harmonisk distorsion
i mobiltelefoner**

**Karolina Löwgren
Helena Tobin**

Audiologiutbildningen, 2008

Vetenskapligt arbete, 30 högskolepoäng

Handledare:

Dag Glebe & Per Hiselius - Sony Ericsson, Lund

Ingrid Lennart - Audiologiutbildningen, Lund

SAMMANFATTNING

Syftet med denna studie var att studera om objektivt uppmätt taluppfattbarhet i brus påverkades av harmonisk distorsion i mobiltelefoners högtalarfunktion. Talmaterialet som användes hade på förhand spelats in via två olika mobiltelefoner både med och utan harmonisk distorsion till totalt fyra deltester. Bruset i materialet representerade ett bakgrundsljud som kan jämföras med omgivningsbuller som mobiltelefonanvändare ofta utsätts för i olika sammanhang. I studien deltog 37 personer med normal hörsel. Även två personer med hörselnedsättning fanns med som diskussions- och jämförelseunderlag. Individerna uppnådde värden i form av signal-/brusförhållanden i de olika deltesterna. De fick också svara på enkätfrågor för att subjektivt bedöma hur lätt eller svårt det var att uppfatta talet samt hur bra eller dålig ljudkvaliteten på talet upplevdes. Främst analyserades skillnader i resultat inom varje mobiltelefon, med och utan distorsion. Skillnaden blev statistiskt signifikant för den ena av mobiltelefonerna (mobiltelefon 2) där deltestet med distorsion gav ett bättre taluppfattbarhetsresultat än vad deltestet utan distorsion gjorde. För den andra mobiltelefonen (mobiltelefon 1) var skillnaden inte signifikant men resulterade i att flest individer, med en knapp majoritet, fick bäst taluppfattbarhetsresultat på deltestet utan distorsion. Vid jämförelse mellan de båda mobiltelefonerna var skillnaden signifikant och bäst signal-/brusförhållanden uppmättes både med och utan distorsion för mobiltelefon 1.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
INLEDNING	1
Bakgrund	1
Taluppfattning och språkljud	1
Maskering	3
Distorsion	4
Frågeställning	5
METOD	6
Material	6
Talmaterial	6
Specialbehandling av talmaterialet	6
Strukturerade enkätfrågor	8
Apparatur	8
Val av mobiltelefoner	8
Inspelning av talmaterialet	9
Utrustning vid testtillfället	9
Testdeltagare	9
Normalhörande testdeltagare	9
Testdeltagare med hörselnedsättning	9
Tillvägagångssätt vid testtillfället	10
Information till testdeltagarna	10
Tonaudiometri	10
Taluppfattbarhetstest med Hagermans listor	11
Enkät	12
Pilotstudie	12
Statistisk analys	13
RESULTAT	14
Mobiltelefon 1 'W880' - <i>utan</i> harmonisk distorsion (index 1)	14
De normalhörande testdeltagarna	14
Testdeltagarna med hörselnedsättning	15
Mobiltelefon 1 'W880' - <i>med</i> harmonisk distorsion (index 2)	15
De normalhörande testdeltagarna	15
Testdeltagarna med hörselnedsättning	16
Mobiltelefon 2 'W960' - <i>utan</i> harmonisk distorsion (index 3)	16
De normalhörande testdeltagarna	16
Testdeltagarna med hörselnedsättning	16
Mobiltelefon 2 'W960' - <i>med</i> harmonisk distorsion (index 4)	17
De normalhörande testdeltagarna	17
Testdeltagarna med hörselnedsättning	17

Upplevd taluppfattning	17
Upplevd ljudkvalitet	18
Jämförelser mellan <i>med</i> och <i>utan</i> harmonisk distorsion	19
Mobiltelefon 1	19
Mobiltelefon 2	19
Skillnader inom respektive mobiltelefon	19
Mobiltelefon 1	19
Mobiltelefon 2	20
Jämförelser mellan mobiltelefon 1 och mobiltelefon 2	20

DISKUSSION 21

Metoden	21
Ordningen på deltesterna	22
Ålder för testdeltagare	22
De objektiva resultaten	23
Mobiltelefon 1 'W880' och mobiltelefon 2 'W960'	23
Mobiltelefonernas ljudegenskaper och bakgrundsbruset	23
De subjektiva resultaten	24
Slutsatser	25
Framtida studier	26

REFERENSER 27

BILAGOR

Hagermans listor (bilaga 1)
Mobiltelefonerna (bilaga 2)
Inspelningsuppställning i ekofritt rum (bilaga 3)
Enkäten (bilaga 4)
Informationen till audionomerna (bilaga 5)
Informationsbrev (bilaga 6)
Information om testets tillvägagångssätt (bilaga 7)

INLEDNING

Inom dagens mobiltelefonindustri blir utmaningarna allt större i takt med att konkurrerande företag lanserar nya funktioner och produkter samtidigt som konsumenternas krav ökar. Mobiltelefonerna har blivit mindre vilket leder till att de tekniska komponenterna i mobiltelefonerna också blir mindre. Designen är en produktionsaspekt och det finns en risk att ljudkvaliteten påverkas negativt av en utveckling emot allt mindre telefoner. Vissa komponenter som t ex högtalaren är beroende av fysisk storlek för att klara av att prestera kraftiga ljudtryck. Det ställs därför högre krav på den tekniska utvecklingen. Trenderna i branschen påverkas av både producenter och konsumenter.

Offentliga miljöer fylls idag med allt mer ljud och buller av olika slag. Mobiltelefonanvändarna vistas inte sällan i sådana miljöer och dessa situationer ställer höga krav på ljudåtergivningen i telefonerna. Krävande ljudmiljöer kräver dessutom mer koncentration av mobiltelefonanvändaren vilket tröttar ut den som lyssnar och stjäl energi från annan tankeverksamhet. Detta blir än mer kritiskt när det gäller högtalarfunktionen (Hand-Held Handsfree) eftersom högtalaren då måste arbeta mot en mycket större luftvolym jämfört med när den sätts intill ytterörat.

Med fler ljudmässigt utmanande miljöer ställs det också höga krav på mobiltelefonanvändarnas hörsel. Normalhörande kan vid olika tillfällen ha svårt med taluppfattbarheten vid samtal i mobiltelefon och situationen för en person med hörselnedsättning blir naturligtvis märkbart svårare. I bullrig miljö vet vi att personer med hörselnedsättning behöver bättre signal-/brusförhållande (S/N-R) för att höra (Zwicker & Fastl, 1999). Enligt Hörselskadades Riksförbunds Årsrapport (2007) har idag över en miljon svenskar hörselnedsättning, allt ifrån vuxendöva till lätt hörselnedsättning. Över 640 000 av dessa är i yrkesverksam ålder. Personer, som har en begynnande hörselnedsättning som först blir märkbar i krävande lyssningsmiljöer, kan dessutom antas finnas i stort antal. Mobiltelefonerna är tekniskt begränsade ifråga om bland annat bandbredd, kodning och ljudkvalitet, och därför blir omgivningsmiljön också en kritisk faktor för den hörselskadade. Man kan tänka sig att en sämre ljudmiljö kräver en mobiltelefon med bättre ljudåtergivning. Eftersom så stor del av befolkningen har dålig hörsel finns här ett behov för mobiltefontillverkarna att uppmärksamma vid produktutveckling.

Ljudkvaliteten, det vill säga hur bra det 'låter' i mobiltelefonen, kan vara en av faktorerna som leder till hur pass nöjd en konsument i slutändan blir med sin telefon. Med vår studie ville vi undersöka om och hur *taluppfattbarhet* påverkas av ljudkvalitetskomponenten *harmonisk distorsion* i mobiltelefoner hos normalhörande personer eftersom vi inte funnit några liknande studier. Även en liten grupp personer med hörselnedsättning inkluderades eftersom de representerar en relativt stor del av befolkningen.

Bakgrund

Taluppfattning och språkljud

Perception av tal är komplext men kan i huvudsak delas upp i två slags information. Dels olika typer av signaler i kommunikationen och dels kunskaper som lyssnaren redan har. Signalerna som sänds av talaren är dels akustiska, det som vi kan höra, och dels visuella, det som vi kan se i form av bland annat läpp- och käkrörelser, ansiktsmimik och kroppsspråk. Förutom dessa signaler måste lyssnaren ha egna förvärvade kunskaper om t ex språket som talas, om personen som förmedlar budskapet, om samtalsämnet samt om världen och vårt samhälle i stort. Om lyssnaren har goda kunskaper i sådant blir den akustiska signalen inte fullt lika kritiskt viktig för att budskapet ska gå

fram. Detta kan vara till hjälp för till exempel personer med hörselnedsättning där den akustiska överföringen inte fungerar lika bra som för normalhörande personer (Lindblad, 2005).

Människan kan uppfatta ljud mellan 20 Hz och 20 kHz men den viktiga informationen som talet ger befinner sig mellan ca 100 Hz och 8 kHz. Talinformationen som finns mellan 100 Hz och 1,8 kHz spelar dock lika stor roll för taluppfattbarhet som området 1,8 till 8 kHz. Detta beror på taljudets akustiska mönster där språkljuden innehåller energi på olika frekvenser (Lindblad, 2005).

Vid en spektralanalys av ett talmaterial ses toppar i amplituden kring olika frekvenser för de olika språkljuden (Lindblad, 1998). Dessa kallas formanter och uppstår till följd av att resonanser i ansatsröret leder till att vissa frekvenser framhävs i intensitet medan andra frekvenser hålls tillbaka. Resonansen beror på vilken form ansatsröret har och detta skiljer sig åt beroende på vilket språkljud som produceras. Formanter karakteriserar framför allt de tonande språkljuden som t ex vokaler. Viktigast akustisk information i talet brukar ligga på de fyra formanterna som är lägst i frekvens (Lindblad, 1992). Dessa formanter är vanligtvis fördelade någonstans mellan ca 200 Hz och 4 kHz. Hur formanterna förhåller sig inbördes till varandra beror på vilket språkljud det är som artikuleras (Lindblad, 1998). För att perceptuellt kunna skilja vissa språkljud åt är formanten näst längst ner i frekvens, det vill säga den andra formanten, den viktigaste eftersom det är den formant som varierar mest i frekvens. Den varierar mellan 800 Hz och 2,3 kHz för män och för kvinnor mellan 960 Hz och 2,8 kHz. Man definierar formanternas egenskaper i form av frekvens, bandbredd och intensitet (Lindblad, 2005).

Det finns alltså klara samband mellan hur den akustiska talsignalen ser ut och hur denna information förnimms. Upplevelsen av talenergifördelningen på olika frekvenser är mycket viktig som betydelseskiljande element i talkommunikation och brukar benämnas klangfärg. Andra perceptoriska dimensioner i hörseln är tonhöjd, hörstyrka (*loudness*) och upplevd längd (Lindblad, 1998).

Konsonantljud i det svenska språket är i regel mer betydelsebärande när det gäller språklig information än vad vokalljud är. Om vokalerna inte uppfattas kan man i regel gissa sig till vad som sägs i ett samtal så länge konsonanterna går att förnimma, medan detta inte gäller i de fall då det råder omvänt förhållande (Sigurd, 1991). Många konsonantljud, framför allt de som produceras som brus- eller pulsljud i ansatsröret, ligger en bra bit högre upp i frekvens med sin klangfärg än vokalljuden (Lindblad, 1998). Detta gör att en stor del av den språkliga informationen kan ligga relativt högt i frekvens, över ca 4 kHz. För att uppfatta vokalljuden som innehåller akustisk information lite lägre i frekvens behöver inte grundtonen som ligger lägst i frekvens i ett periodiskt ljud vara faktiskt hörbar. Människans hörselsinne kompenserar för grundtonen genom att registrera mellanrummet mellan övertonerna i klangen som är multiplar av grundtonen (Everest, 2001).

Vid mobiltelefon-tillverkning begränsas frekvensomfånget för talsignalen både uppåt och neråt i frekvens. Dagens mobiltelefonnät tillåter upp till ungefär 3,5 kHz medan man i framtiden siktar på att dubbla detta till ungefär 7 kHz för att det ska bli lättare att kunna identifiera och skilja högfrekventa språkljud från varandra. I mobiltelefoner filtreras ljudet bort strax under 200 Hz för att undvika att få med biljud som inte är relaterade till tal. När det däremot gäller högtalarfunktionen tappar högtalaren ofta känslighet redan under sin resonansfrekvens som ofta ligger så högt som 1 kHz (D. Glebe, personlig kommunikation den 12 maj 2008). Trots att det inte är lika kritiskt med lågfrekvensljud för taluppfattbarheten kan dock ett mer basrikt ljud upplevas bättre och mer behagligt. Vid ett mobiltelefonsamtal finns mindre akustisk information än i optimala situationer i verkligheten och dessutom saknas det visuella stödet. En person med hörselnedsättning tar ofta mycket hjälp av den visuella informationen men går vid samtal i mobiltelefon helt miste om detta.

Därför blir mobiltelefonens ljudåtergivning kritisk för kommunikationen och kommer att drabba personer med hörselsättning i högre grad än normalhörande.

Maskering

Ljud omger oss på de allra flesta platser vi befinner oss på. Även i ett tyst rum är det oftast inte riktigt tyst på grund av sus från t ex ventilation, datorfläkt eller blåst utanför fönstret. Vistas vi utomhus hör vi kanske ljud från grannarna, trafiken eller rena naturljud. Detta är ljud som vi inte alltid tänker på, som hjärnan sorterar bort, eftersom det inte har någon betydelse för oss i stunden. Är ljudet däremot starkt finns risken att det man är intresserad av att höra maskeras, det vill säga inte hörs, helt eller delvis, på grund av tillkomsten av andra ljud (Everest, 2001; Voishvillo, 2006).

Maskering är ett mycket viktigt begrepp inom psykoakustiken och ett fenomen som vi alla kan uppleva dagligen i mötet med människor i ljudmässigt olika miljöer. Pratar man dessutom i mobiltelefon så ökar riskerna för maskering på grund av telefonens begränsningar att överföra ljud samt frånvaro av visuella ledtrådar i kommunikationen. Om en person med bra hörsel står och pratar i sin mobiltelefon vid en tågstation där för tillfället inte någon trafik är igång eller där inga andra ljud stör, behövs troligtvis inte mycket ansträngning för att höra vad talaren i andra änden förmedlar. Kör däremot ett tåg precis förbi, ändras förutsättningarna för samtalet och de båda personerna tvingas skärpa sina sinnen, i synnerhet hörseln, för att kommunikationen ska fungera. Olika strategier kan tillämpas i ett sådant fall. Personen kan avvakta med att tala eller lyssna tills tåget kört förbi eller öka sin röststyrka för att överrösta bullret. Tåget har i detta fall maskerat talarens röst vilket får konsekvenser för samtalets fortsättning (Zwicker & Fastl, 1999).

Delvis maskering (*partial masking*) sker ofta i konversationer. Hörstyrkan minskar då för det ljud man lyssnar på och är intresserad av i situationen men man kan fortfarande höra lite av det. Vid total maskering är samma ljud inte hörbart alls (Zwicker & Fastl, 1999). Maskeringens omfattning beror på maskeringsljudets intensitet och frekvens. Ju högre intensiteten på maskeringsljudet är desto större blir frekvensområdet som kommer att maskeras. Spridningen sker asymmetriskt uppåt i frekvens och lågfrekventa maskeringsljud påverkar ett bredare område än högfrekventa maskeringsljud gör. Detta mönster härrör från basilarmembranets excitationsmönster när en ljudvåg sprider sig utefter membranet och får sinnesscellerna att utlösa nervimpulser (Gelfand, 2001).

Om maskeringsljudets frekvensinnehåll ligger långt ifrån frekvensinnehållet hos den signal man egentligen vill höra, krävs högre nivå på maskeringsljudet för att kunna maskera den. Ju närmare lyssningssignalen som maskeringsfrekvensen kommer, desto lägre kan nivån vara på maskeringsljudet för att maskera. Detta kan uttryckas i en så kallad tuning curve som man refererar till inom psykoakustiken (Zwicker & Fastl, 1999).

Det finns också risker med maskering i vardagssituationer som kan påverka hörseln negativt. Om omgivningsljuden blir tillräckligt höga kan man utsättas för hörselskadliga ljud, vid t ex mp3- och mobiltelefonanvändande, eftersom det intressanta lyssningsljudet då måste höjas för att höras och inte maskeras. Upplevelsemässigt vänjer man sig lätt vid en högre ljudnivå fastän ljudet är fysiskt skadligt (Arlinger, Hagerman, Ytterlind & Karlsson, 2001). Ofta används mp3-spelare och mobiltelefoner i miljöer där mycket andra ljud också finns till exempel på bussen, tåget, i shoppingcentret och i trafiken. Ett troligtvis ganska vanligt fenomen är en maskeringseffekt som uppstår i kombination mellan bilstereo och trafikbuller. När motorn slagits av och trafikbullret lagt sig kan ljudet från stereon bli märkbart och kanske förvånansvärt högt när omgivningsbullret minskat. Eftersom motor- och trafikbuller maskerar ljudet upptäcks inte detta förrän

maskeringskällan slås av. Det finns uppenbara faror med att höja ljudnivåerna ovanför maskeringströskeln vilket omedelbart eller på sikt skulle kunna påverka hörseln.

Distorsion

Distorsion är ett vitt begrepp men kan i allmänhet förklaras som en förändring eller förvrängning av en signals vågform efter det att den passerat ett system (Jerkert, 2006). Signalen påverkas på ett sätt som oftast är oönskat. Det finns många typer av distorsion men den vanligaste som vi stöter på i sammanhang som har med ljudåtergivning att göra, t ex i högtalare, är harmonisk distorsion vilken är en olinjär typ av distorsion (D. Glebe, personlig kommunikation den 12 maj 2008). Denna brukar kvantifieras med parametern Total Harmonic Distorsion (THD) och anges i procent. Detta värde indikerar summan av alla de harmoniska deltonerna som har uppstått genom distorsion i jämförelse med grundtonen (Everest, 2001). Teoretiskt sett kan man mäta effekten av ett oändligt antal övertoner (Hutchins, 1997). Vid en sinuston kan örat uppfatta distorsion på 1 % och vid andra mer komplexa ljud, från t ex en flöjt, kan det vara möjligt att uppfatta 2 % distorsion och ibland även 1 % (Everest, 2001).

Hörbar distorsion brukar med en samlingsbenämning kallas Rub & Buzz men det finns ingen universell definition av begreppet. Rub & Buzz är till sin karaktär olinjär. Om ett system är linjärt kännetecknas det av homogenitet och additivitet. När ett system inte kan uppnå dessa två egenskaper klassas det som olinjärt. Homogeniteten innebär att det finns ett proportionellt förhållande mellan en signals in- och utnivå. För additiviteten gäller att utnivån från ett system ska bli densamma som summan av de utnivåer som innivåerna gav var för sig (Rosen & Howell, 1991). Det finns många olika orsaker till att Rub & Buzz kan uppträda men ofta beror det på mekaniska fel i högtalaren som t ex luftläckage, löst membran eller lös spole (Celik, 2003). I mobiltelefoner klarar en liten högtalare inte alltid av att producera hur kraftiga ljudtryck som helst och det låter då 'skrälligt' när t ex membranet slår i någon mekanisk del. Det finns en stark drivkraft hos företag som sysslar med högkvalitativa ljudåtergivningssystem (HiFi) att upptäcka och definiera den hörbara distorsionen för att förbättra ljudkvaliteten i högtalarsystem.

Rub & Buzz är distorsion som inte är maskerat av andra ljud och man definierar den på olika sätt i olika branscher. Inom HiFi-branschen används uttrycket ofta för 10-30:e övertonen där maskeringseffekten från grundtonen i princip är borta. I mobiltelefonibranschen där man arbetar mer utifrån bandbegränsning används andra definitioner. En grundton på 1 kHz ger upphov till mestadels icke-hörbara komponenter i frekvensområdet 10-30:e övertonen och istället används t ex 6-9 övertonen för att beskriva dylika fenomen (D. Glebe, personlig kommunikation den 3 april 2008).

Det har länge funnits svårigheter att mäta upp icke-linjär distorsion och det finns otaliga sätt att gripa sig an problemet. Det finns oftast inte heller bara en typ av distorsion i det system man undersöker vilket komplicerar det hela. Under senare tid har perceptuella metoder inkorporerats mer i mätningarna än de gjorde förr men det finns fortfarande inga säkra eller entydiga modeller. Från olika delar av området forskar man vidare på distorsionsproblematiken (Voishvillo, 2006). Hur distorsionen mäts upp är ena sidan av myntet medan den andra är hur eller om distorsionen uppfattas och om den till och med påverkar taluppfattbarhet. I alla sammanhang är inte den senare frågeställningen alltid relevant men inom mobiltelefonibranschen är detta något man inte kan förbise. Läggs tillräckligt med resurser på forskning och utveckling av produkter som inte genererar så mycket distorsion? Ägnar man sig i så fall åt ett problem som egentligen inte har någon betydelse

för taluppfattbarheten utan enbart för ett 'bra ljud'? Från kundens sida borde både ett bra ljud och en god taluppfattbarhet vara intressant i valet av mobiltelefon.

Med tanke på distorsion har länge den största anledningen till optimering av ljudkvalitet varit att förbättra ljudupplevelsen. Mindre fokus har varit på den mer objektiva delen av problemet, alltså om man faktiskt går miste om talinformation på grund av distorsion. Detta är en frågeställning som undersökts i mycket liten utsträckning.

Frågeställning

Påverkar harmonisk distorsion i mobiltelefoners högtalarfunktion signal-/brusförhållandet vid taluppfattbarhetstest i brus? Skiljer sig resultaten mellan normalhörande och personer med hörselnedsättning åt?

Hur tar sig den subjektiva upplevelsen av taluppfattning samt ljudkvalitet i brus uttryck vid harmonisk distorsion i mobiltelefoners högtalarfunktion?

METOD

Projektet har godkänts av den Etiska kommittén vid Avdelningen för logopedi, foniatri och audiologi, Institutionen för kliniska vetenskaper Lund, Lunds Universitet.

Material

Talmaterial

Testmaterialet i studien var Hagermans listor (Hagerman, 1982) på CD-skivan Svensk Talaudiometri rev.1, 1988 (C-A Tegnér AB Stockholm). Syftet med att välja denna typ av taluppfattbarhetstest som innehöll parallellt talvägt brus var att få fram signal-/brusförhållanden (S/N-R) hos varje individ. Materialet valdes också för att det var lämpligt att använda både för testning av personer med och utan hörselnedsättning. Dessutom bestod materialet av talmeningar som var uppbyggda så att inget givet samband fanns mellan orden och därför kunde deltagarna inte gissa sig till meningen. Vi ville ha ett test som testade ren taluppfattbarhet utan någon speciell kontext som skulle kunna påverka resultaten.

Alla tallistor innehöll tio meningar med fem ord i varje mening (bilaga 1). Varje förekommande ord i testet var inspelat enbart vid ett tillfälle och hade sedan klippts in för att kunna upprepas en gång per lista, då hela tiden i en helt ny mening. Alla listor innehöll alltså samma ljud och var utformade till att ha samma svårighetsgrad med ungefär samma fonetiska balans (Hagerman, 1982).

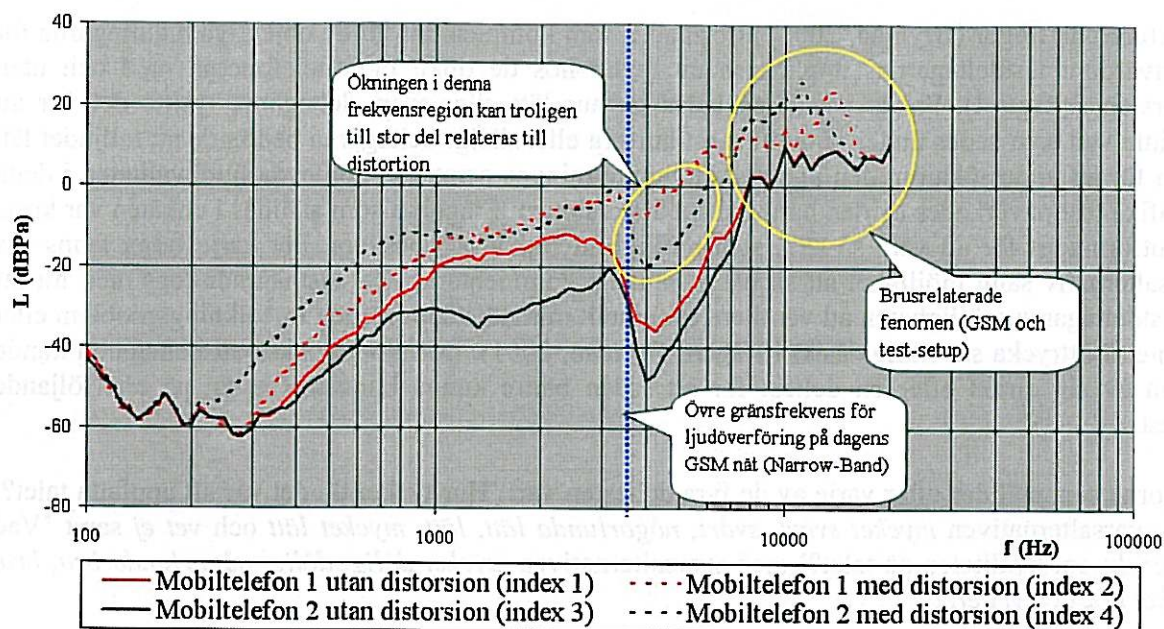
Ett S/N-R-värde anges som positivt (+) om signalen är starkare än bruset och som negativt (-) om signalen är svagare än bruset. Normalmaterialet för normalhörande personer med Hagermans listor i kombination med ett adaptivt tillvägagångssätt har medelvärdet -7,8 dB i S/N-R. För att skillnaden ska kunna bedömas som signifikant mellan två uppnådda S/N-R-trösklar behöver en skillnad på minst 1,3 dB uppmätas för S/N-R som är lägre än 0 dB och 2 dB för S/N-R som är högre än 0 dB (Hagerman & Kinnefors, 1995).

Specialbehandling av talmaterialet

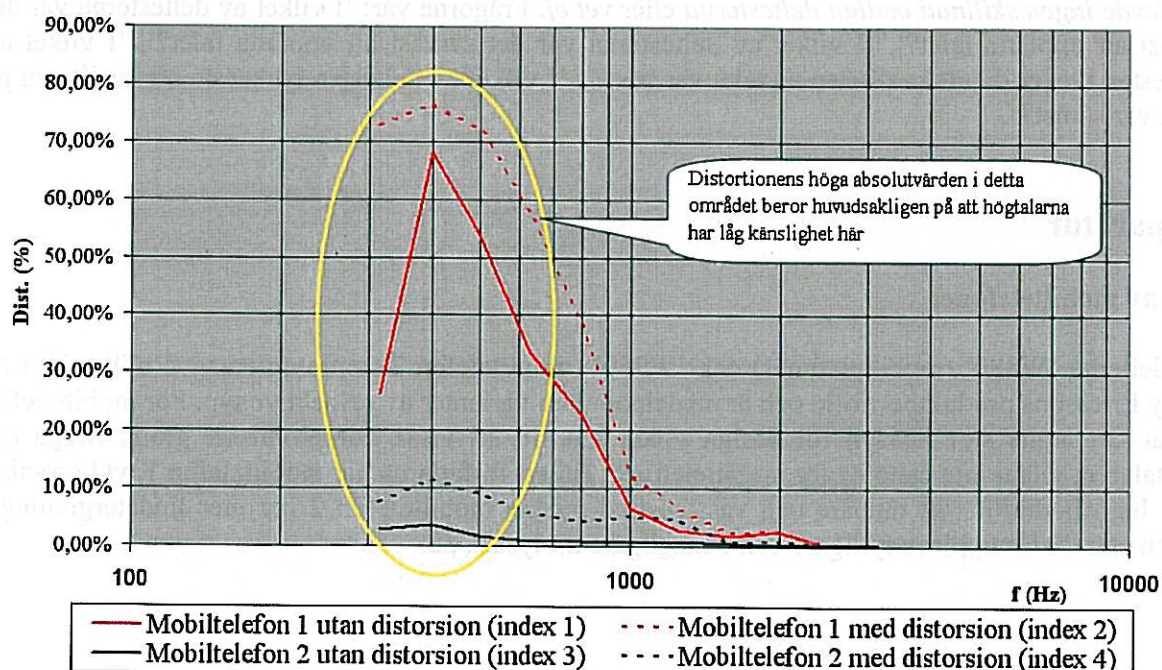
Hagermans talmaterial behandlades på ett akustiskt laboratorium på Sony Ericsson i Lund för att anpassas efter vår specifika frågeställning. Materialet filtrerades genom högtalarfunktionen i två av Sony Ericssons mobiltelefoner, 'W880' (mobiltelefon 1) och 'W960' (mobiltelefon 2) (bilaga 2). Det nya ljudet spelades in vid ytteröröronen på en testdocka (bilaga 3) på 40 centimeters avstånd mitt framför mobiltelefonen i ett ekofritt rum. Inspelningen gjordes på detta vis för att kunna simulera en situation där högtalarfunktionen på en mobiltelefon används trots att materialet presenterades binauralt i hörtelefoner via en audiometer.

Varje mobiltelefon spelades in i vardera två omgångar, en gång med den harmoniska distorsionen minimerad genom att spela upp ljudet i högtalaren på lägsta volymsteget och en gång med den harmoniska distorsionen maximerad genom att spela upp ljudet på högsta volymsteget i respektive mobiltelefon (figur 1 och 2). I efterhand normerades de inspelade materialen så att mängden ljudenergi skulle vara densamma för de olika inspelningarna. Hädanefter i uppsatsen kommer de två mobiltelefonernas variation med minimerad harmonisk distorsion att benämnas '*utan* distorsion' medan variationen med maximerad harmonisk distorsion kommer att benämnas '*med* distorsion'.

I figur 1 är samtliga inspelningar representerade i ljudtrycksnivå som funktion av frekvens. Gränshänsen för ljudöverföring för GSM-nätet går vid ca 3,5 kHz, och precis ovanför denna gräns finns ljudenergi som troligtvis beror på distorsion i mobiltelefonen. Energin längst upp i frekvens hör till andra brusrelaterade fenomen. Figur 2 visar andelen distorsion uttryckt i procent som funktion av frekvens för samtliga deltest. De höga värdena i det lägre frekvensområdet för mobiltelefon 1 beror främst på att högtalaren inte klarar av att hantera basljud på ett optimalt sätt.



Figur 1. Frekvensrespons i L (dB Pa) som funktion av frekvens för alla fyra inspelningar av talmaterialet (här onormerat) uppspelat via högtalaren.



Figur 2. Distorsion (andel olinjära bidrag) som funktion av exciteringsfrekvens för alla fyra inspelningar. Mätningen gjordes med ett sinussvep.

Den parallella brussignalen som var tänkt att motsvara ett störande bakgrundsljud, behölls enligt grundinspelningen där det framstälts utefter tallistorna för att efterlikna bakgrundssorl vid ett cocktailparty (Hagerman, 1982). Både talsignalen och brussignalen spelades in på en CD som sedan användes i studien.

Strukturerade enkätfrågor

Strukturerade frågor (Bryman, 2001) utformades som komplement till de objektiva mätningarna för att utvärdera testdeltagarnas upplevelse av ljudet hos de olika mobiltelefonerna med och utan distorsion (bilaga 4). Fokus i enkäten lades på hur lätt eller svårt deltagarna tyckte det var att uppfatta vad som sades under taltestet samt hur bra eller dåligt deltagarna bedömde att talljudet lät. Detta för att undersöka om den upplevda taluppfattningen samt den upplevda ljudkvaliteten i detta specifika test påverkades av den harmoniska distorsionen. Frågorna som ställdes i enkäten var korta och utformades för att vara så lätta som möjligt att förstå och besvara. För varje fråga fanns sex svarsalternativ samt möjlighet att skriva eventuella kommentarer. Det sistnämnda togs med för att ge testdeltagaren möjligheten att ventilerat eventuellt missnöje som rörde t ex tolkningsproblem eller att inte få uttrycka sin riktiga åsikt i frågan (Bryman, 2001). Det gjorde också att deltagaren kunde skriva av sig direkt efter ett deltest för att sedan bättre kunna koncentrera sig på efterföljande deltest.

Frågorna som ställdes efter varje av de fyra deltesten var: 'Hur tycker du det var att uppfatta talet?' med svarsalternativen *mycket svårt*, *svårt*, *någorlunda lätt*, *lätt*, *mycket lätt* och *vet ej* samt 'Vad tycker du om kvaliteten på talet?' med svarsalternativen *mycket dålig*, *dålig*, *någorlunda bra*, *bra*, *mycket bra* och *vet ej*.

Det utformades även frågor om samma två teman som nämnts ovan fast med svarsalternativ som i efterhand rangordnade de deltest som upplevts som lättast och svårast ur taluppfattningssynpunkt samt bäst och sämst när det gällde ljudkvaliteten. Deltagarna kunde också välja att svara *jag upplevde ingen skillnad mellan deltesterna* eller *vet ej*. Frågorna var: 'I vilket av deltesterna var det lättast att uppfatta talet?', 'I vilket av deltesterna var det svårast att uppfatta talet?', 'I vilket av deltesten tycker du att kvaliteten på talet var bäst?', 'I vilket av deltesten tycker du att kvaliteten på talet var sämst?'.

Apparatur

Val av mobiltelefoner

Modellerna 'W880' (mobiltelefon 1) och 'W960' (mobiltelefon 2) representerar två olika sidor av Sony Ericssons produktportfolio och är medelpopulära varianter av respektive typ. För mobiltelefon 1 har det tagits stor hänsyn till design vilket lett till att vissa kompromisser gjorts ifråga om högtalaren, vilket inte behövts för mobiltelefon 2. Enligt författarna har mobiltelefon 1, vid lyssning i en lugn ljudmiljö, ett tunnare och vassare ljud medan mobiltelefon 2 har mer ljudåtergivning i basen och därför upplevs fylligare och behagligare att lyssna på.

Inspelning av talmaterialet

Testuppställningen med aktuell utrustning vid inspelningen av det specialbehandlade materialet följer nedan:

1. Uppspelning av filer på test-CD
2. Radio Communication Tester (CMU 200)
3. Överföring via luft (antenn-antenn)
4. Uppspelning via 'högtalarfunktionen' via testobjekt (mobiltelefon 1 respektive 2)
5. Inspelning via mikrofon i HATS (Head And Torso Simulator)
6. Normering av de inspelade filerna
7. Nya test-CD med modifierade spår (index 1-4)

Utrustning vid testtillfället

Testdeltagarna testades i ett akustiskt anpassat mätrum för audiologisk testning på Audiologiutbildningen i Lund. Talmaterialet spelades upp från en CD-spelare av modellen Technics Compact Disc Player, SL-PS740A, och styrdes via audiometer GSI 16 där talet och bruset samkördes. Samma audiometer användes till tonaudiometrin. Hörtelefonerna som användes vid samtliga tester var TDH 50-P med kuddarna MX-41/AR. I de enstaka fall som hörtrösklar via benledning mättes var det med bentelefonen Radioear B-71. Audiometern var senast kalibrerad i augusti 2007 och våra mätningar genomfördes i mars 2008.

Testdeltagare

I undersökningen medverkade 37 deltagare med normal hörsel samt två med hörselnedsättning.

Normalhörande testdeltagare

De 37 normalhörande deltagarna var mellan 21 och 30 år (medelvärde 25 år) varav nio var män och 28 var kvinnor. Kriterierna för denna grupp var normal hörsel, det vill säga tonmedelvärdet bättre än 20 dB HL (SAME, 1990), och en ålder mellan 20-30 år. Detta åldersspann valdes för att utesluta hörselpåverkan på grund av ålder (Gelfand, 2001). Medelvärdet för deltagarnas tonmedelvärden låg på 0,5 dB HL för höger öra och 0,3 dB HL för vänster öra. Tre manliga deltagare överskred 20 dB HL på en eller två frekvenser (125 Hz, 4 kHz eller 8 kHz) på något eller båda av öronen. Samtliga normalhörande deltagare hade svenska som förstaspråk utom en kvinna som varit bosatt i Sverige sedan 10-årsåldern. Sex deltagare hade tinnitus.

Testdeltagare med hörselnedsättning

De två deltagarna med hörselnedsättning blev tillfrågade via Audiologiska avdelningen på Universitetssjukhuset i Lund om att vara med i studien. Det var nödvändigt att sätta upp vissa kriterier för urval till gruppen för att få den någorlunda homogen. Kriterierna var att hörselnedsättningen skulle vara av karaktären sensorineural diskantnedsättning eller hereditär/genetisk samt av mild till måttlig grad (Gelfand, 2001) med tonmedelvärde kring 40 dB HL eller något bättre bilateralt på grund av att personer med sensorineural hörselnedsättning ofta har en markant försämrad tröskel för S/N-R (Zwicker & Fastl, 1999). Varken Ménières

syndrom/sjukdom, ledningshinder eller någon signifikant sidoskillnad fick vara orsaken till hörselnedsättningen.

Audionomerna i ovan nämnda verksamhet ombads att erbjuda skriftlig information om undersökningen till lämpliga patienter och be dem som var intresserade att lämna sitt namn, ålder och kontaktuppgifter så att vi, testledare, kunde kontakta personerna senare. Audionomerna informerades muntligt om vår studie samt om hörselkriterierna för deltagarna på möten på arbetsplatsen. Även skriftlig information på detta lämnades ut (bilaga 5).

Av de två deltagarna med hörselnedsättning var den ena man och den andra kvinna. En av dem var 55 år och den andra 75 år. Båda hade sensorineural bilateral diskantnedsättning. Den yngsta deltagarens (deltagare 1) tonmedelvärde låg på 13 dB HL för höger öra och 17 dB HL för vänster öra där alla frekvenser över 2 kHz var sämre än 20 dB HL bilateralt. Den äldre deltagarens (deltagare 2) tonmedelvärde visade 30 dB HL för höger öra och 33 dB HL för vänster öra där alla frekvenser ovanför 500 Hz visade sig vara sämre än 20 dB HL bilateralt. En av deltagarna hade ett annat skandinaviskt språk än svenska som modersmål men hade tillbringat de senaste femtio åren i Sverige. Båda deltagarna hade tinnitus.

Tillvägagångssätt vid testtillfället

Testdeltagarna testades en i taget och testtiden blev ca 50 minuter per deltagare.

Information till testdeltagarna

På förhand hade deltagarna fått ta del av skriftlig (bilaga 6) och muntlig information angående vilka vi testledare var, det övergripande syftet med studien och det ungefärliga upplägget vid det kommande testtillfället. Det skriftliga informationsbrevet berörde också konfidentialitet, deltagarsamtycke samt att den data som skulle samlas in enbart skulle användas för forskningsändamål, detta enligt de etiska regler som Bryman tar upp i *Samhällsvetenskapliga metoder* (2001). Det muntliga som eventuellt sades för att komplettera vid samma tillfälle eller av olika anledningar sades istället för att överlämna det skriftliga brevet innehöll samma information. Om någon deltagare inte tagit del av denna första information fick de göra detta vid testtillfället.

En andra skriftlig information som berörde testningen i detalj (bilaga 7), lämnades ut till alla deltagare strax innan mätningarna påbörjades. Innan varje delmoment berättades det sedan på nytt om hur just detta delmoment skulle gå till enligt samma instruktioner som deltagarna fått skriftligt. Då deltagarna ibland under testets gång ställde frågor fick de enbart svar med samma innehåll som tidigare för att utesluta variation i informationen vilket enligt Bryman (2001) annars skulle kunna ha blivit en felkälla i resultaten.

Tonaudiometri

Otoskopering utfördes på samtliga deltagare i samband med den audiologiska mätningen. Detta gjordes för att utesluta vaxpropp eller annat som skulle kunna påverka hörseltesterna. I de få fall (fem deltagare) då mycket vax förekom fortsatte testningarna med tonaudiometri och när hörseln hamnade inom normalvärdena fortsatte testgången som vanligt och resultaten behandlades tillsammans med övriga resultat.

Tonaudiometri genomfördes för att säkerställa testdeltagarkriterierna. Luftledningströsklar fastställdes hos alla deltagare. Även hörtrösklar via benledning testades hos de deltagare som tillhörde gruppen med hörselnedsättning för att utesluta ledningshinder. Tillvägagångssättet som användes vid mätningen var den modifierade/ascenderande Hughson-Westlakemetoden enligt *Metodbok i praktisk hörselmätning* (SAME, 1996). Tonmedelvärdet räknades sedan ut i dB HL på frekvenserna 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz och 4 kHz. Alla normalhörande deltagare uppfyllde hörselkriteriet för normal hörsel. Båda deltagarna med hörselnedsättning uppfyllde hörselkriteriet på sensorineural diskantnedsättning men en av dem hade bättre tonmedelvärde än kriteriet som angivits från början.

Taluppfattbarhetstest med Hagermans listor

Taluppfattbarhetstestet baserades på den senaste versionen av den adaptiva metoden för Hagermans listor i brus (Hagerman, 2002). Varje lista innehöll tio meningar med fem ord i varje mening. Metoden gick ut på att hitta en S/N-R-tröskel vid 40 % rätt, det vill säga 40 ord rätt på två listor (Hagerman & Kinnefors, 1995). Utförandet sköttes manuellt från en audiometer och både det inspelade talmaterialet och bruset presenterades tillsammans binauralt. Mätningarna bestod av fyra olika deltest där två olika mobiltelefoner med och utan harmonisk distorsion testades med samma procedur. Deltesternas inbördes ordning vid mättillfället lottades och var följande:

- Deltest I - Mobiltelefon 1 *med* distorsion (Index 2).
- Deltest II - Mobiltelefon 2 *med* distorsion (Index 4).
- Deltest III - Mobiltelefon 2 *utan* distorsion (Index 3).
- Deltest IV - Mobiltelefon 1 *utan* distorsion (Index 1).

Brussignalen hölls på en konstant nivå under hela testet medan talsignalen varierades. För att få fram en lagomnivå på talet för varje individ, testades ett par brusnivåer tillsammans med talsignalen på +5 dB. Testdeltagaren fick själv välja den nivå där talet lät mest lagom. Bland deltagarna varierade bruset mellan de tre nivåerna 50 dB HL, 55 dB HL och 60 dB HL. Av alla 37 normalhörande deltagare valde 22 personer en lagomnivå på 55 dB HL, tre personer 50 dB HL och tolv personer 60 dB HL. Båda deltagarna med hörselnedsättning valde lagomnivån till 50 dB HL.

Inledningsvis började mätningen för varje nytt deltest med en och samma träningslista (lista 20). En hel träningslista användes för att minska inlärningseffekten (Hagerman & Kinnefors, 1995). Detta gav deltagarna en chans att vänja sig vid varje ny ljudkvalitet, det vill säga varje nytt deltest, samt ledde till att mätproceduren inte skiljde sig åt mellan deltesterna vilket uteslöt att resultaten skulle kunna påverkas av detta. Träningslistan inleddes med en rad fasta S/N-R (tabell 1) för de första sex meningarna och först därefter började den adaptiva justeringen av talsignalen om inte deltagaren svarade färre än tre rätt på en mening redan tidigare. Enligt den ursprungliga metoden (Hagerman, 2002) bör man börja med talsignalen 20 dB starkare än bruset i träningslistan där man utgår ifrån monaural testning. Eftersom vi testade binauralt valde vi att starta med talsignalen endast 10 dB starkare istället eftersom ljudet upplevs högre på grund av binaural summation (Gelfand, 2001). Den adaptiva ändringen av talsignalen justerades efter hur många rätt upprepade ord deltagaren svarade efter varje mening (tabell 2).

Tabell 1. Fasta S/N-R i dB för talsignalen och bruset som användes i träningslistan (lista 20) vid varje deltest.

Mening	1	2	3	4	5	6
S/N-R	+10	+10	+5	0	-5	-8

Tabell 2. Talets ljudnivå justerades efter varje mening efter hur stort antal ord som upprepades korrekt i föregående mening.

Antal korrekta ord	0	1	2	3	4	5
Ändring av talnivån i dB	+2	+1	0	-1	-2	-3

Det ingick två testlistor i varje deltest förutom träningslistan. Samma testlista återkom aldrig på grund av risken för inlärningsseffekt. Förutom träningslistan användes totalt åtta av Hagermans listor vilka visas nedan:

- Deltest I - Hagermans lista *två* och *tre*.
- Deltest II - Hagermans lista *fyra* och *fem*.
- Deltest III - Hagermans lista *sex* och *sju*.
- Deltest IV - Hagermans lista *nio* och *tio*.

Medelvärde för varje deltest räknades ut efter de två testlistornas 20 S/N-R-värden som noterats efter varje mening (Hagerman & Kinnefors, 1995). För att kunna räkna med det första mätvärdet i den första testlistan efter träningslistan krävdes det att deltagaren under träningslistan vid minst ett tillfälle passerat gränsen med två ord rätt eller färre i en mening. Alla deltagare gjorde detta och därför användes aldrig fler än två testlistor för varje deltest. Ingen hänsyn togs till ordningen som deltagarna upprepade orden i.

Enkät

Enkätfrågorna (bilaga 4) 1 och 2, angående bedömningen av den upplevda taluppfattbarheten och den upplevda ljudkvaliteten, ställdes direkt efter varje deltest. När alla deltesten var avklarade ställdes fråga 3-6 där deltesten ställdes mot varandra och jämfördes. Deltagarna läste och svarade på frågorna på egen hand men var på förhand informerade, både skriftligt och muntligt, om vad frågorna handlade om. Förhandsinformationen var viktig för att testdeltagarna skulle ha samma inställning till alla de olika deltestens enkätfrågor. Tidigare ställda frågor kan annars påverka senare ställda (Bryman, 2001). Vid två tillfällen kryssade en av de normalhörande deltagarna i två svarsalternativ istället för ett, varför resultaten i dessa frågor räknades bort (figur 5 och 8 i Resultatkapitlet).

Pilotstudie

En pilotstudie med tre manliga normalhörande testdeltagare, utöver dem som beskrivits ovan i stycket om testdeltagare, genomfördes på förhand för att se hur testerna fungerade. Det resulterade i några få ändrade detaljer i informationen om tillvägagångssättet till deltagarna, att deltestordningen

skulle lottas fram samt att S/N-R skulle beräknas på 20 mätvärden. Det är den slutgiltiga metoden som har beskrivits i detta kapitel och som härnå kommer att hänvisas till.

Statistisk analys

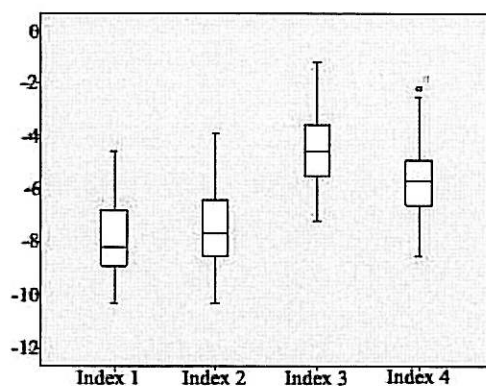
Den statistiska analysen av resultaten gjordes i SPSS 15,0 för Windows. Statistiken på resultaten i studien räknades ut enbart för de normalhörande deltagarna eftersom gruppen med hörselnedsättning var för liten att göra detta på. Statistiken för S/N-R-värdena beskrevs med centralmättet medelvärde samt i vissa fall medianvärde. Spridningen på resultaten redovisades med standardavvikelse. Paired Samples T-Test användes för beräkningen av skillnader i resultat för respektive mobiltelefon med och utan distorsion samt skillnader mellan de två mobiltelefonerna. Den generella alpha-nivån bestämdes till 0,05.

RESULTAT

Resultaten i form av signal-/brusförhållanden (S/N-R) för de fyra indexen i studien blev som följer i tabell 3. Spridningen för de normalhörande deltagarnas resultat fördelade sig som i figur 3. Deltagarresultaten kunde skilja sig åt för de olika individerna och en av dem med ett bättre resultat i den normalhörande gruppen hade följande resultat i indexordningen; -10,3, -9,2, -7,15 och -8,5 dB, medan en av dem med ett sämre resultat i samma grupp hade; -4,9, -3,9, -3,15 och -2,2 dB. I detta kapitel beskrivs sedan resultaten närmre under varje mobiltelefon. Ordningen som resultaten visas i kommer att följa den för de olika indexen (1-4) och inte deltestordningen.

Tabell 3. Översikt över genomsnittliga tröskelvärden hos de 37 normalhörande deltagarna för samtliga index.

Mobiltelefon	Index	Deltest	Medelvärde S/N-R	Standardavvikelse
Nr. 1 utan distorsion	1	4	-7,8 dB	1,5 dB
Nr. 1 med distorsion	2	1	-7,5 dB	1,7 dB
Nr. 2 utan distorsion	3	3	-4,5 dB	1,4 dB
Nr. 2 med distorsion	4	2	-5,5 dB	1,6 dB



Figur 3. Fördelningen i S/N-R hos de normalhörande testdeltagarna i index 1-4. Medianvärdet för deltagarnas resultat är markerat med horisontellt streck i varje rektangel.

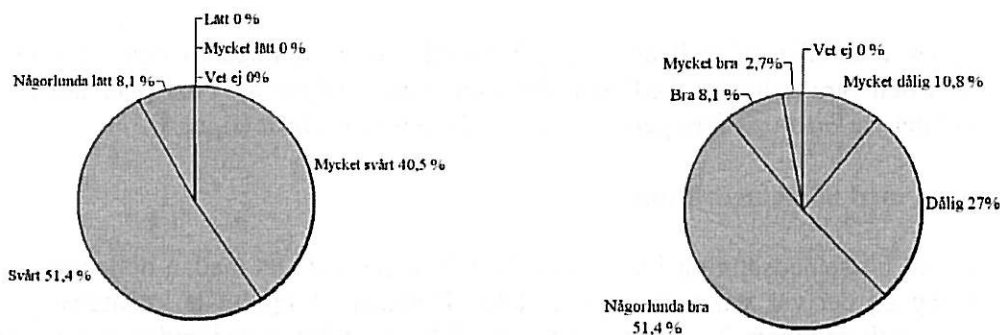
Mobiltelefon 1 'W880' - utan harmonisk distorsion (index 1)

De normalhörande testdeltagarna

Medelvärdet på alla 37 normalhörande deltagares S/N-R som uppnåddes för index 1 var -7,8 dB med standardavvikelse på 1,5 dB. Det bästa S/N-R som en deltagare hade var -10,3 dB och det sämsta var -4,6 dB.

Figur 4 visar resultaten för enkätfråga 1 och 2 som ställdes direkt efter den objektiva mätningen av index 1.

1. Hur tycker du det var att uppfatta talet? 2. Vad tycker du om kvaliteten på talet?



Figur 4. Fördelning i procent för hur de normalhörande deltagarna svarade i enkätfråga 1 till vänster respektive enkätfråga 2 till höger för index 1.

När deltagarna, efter alla index, fick jämföra dem med varandra tyckte nio personer att det var i testningen av index 1, som det var *lättast* att uppfatta talet i och fyra tyckte att det var *svårast* (figur 8). Sju av deltagarna ansåg att kvaliteten var *bäst* i detta index och sex *sämst* (figur 9).

Testdeltagarna med hörselnedsättning

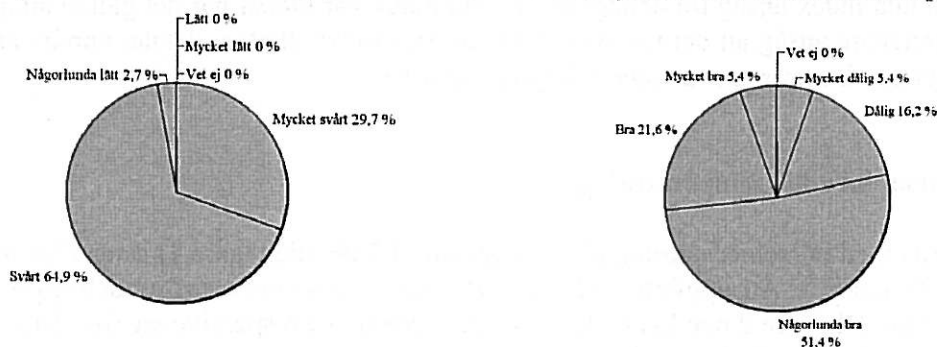
Deltagarna med hörselnedsättning hade vid testningen av index 1 -7,5 dB (deltagare 1) respektive -2,8 dB (deltagare 2) som tröskelvärden. Deltagare 1 bedömde deltestet som *svårt* när det gällde att uppfatta talet samt uppfattade kvaliteten på talet som *någorlunda bra* medan deltagare 2 bedömde att det var *mycket svårt* att uppfatta talet och att kvaliteten var *mycket dålig*. Index 1 uppfattades som *svårast* av alla deltest av deltagare 2.

Mobiltelefon 1 'W880' - med harmonisk distorsion (index 2)

De normalhörande testdeltagarna

Index 2 gav i studien ett medelvärde i S/N-R på -7,5 dB för gruppen normalhörande deltagare med standardavvikelsen 1,7 dB. Det bästa värdet bland individerna var -10,3 dB och det sämsta värdet var -3,9 dB.

1. Hur tycker du det var att uppfatta talet? 2. Vad tycker du om kvaliteten på talet?



Figur 5. Fördelning i procent för hur de normalhörande deltagarna svarade i enkätfråga 1 till vänster respektive enkätfråga 2 till höger i index 2. På fråga 1 är enbart 36 svar medräknade.

Figur 5 visar hur deltagarna svarade på fråga 1 och 2 som ställdes direkt efter index 2.

Vid jämförelsen, efter alla index hade testats, bedömde sju av deltagarna index 2 som *lättast* att uppfatta talet i och fyra deltagare bedömde det som *svårast* (figur 8). Fem personer upplevde att kvaliteten på talet var *bäst* och fyra personer upplevde den som *sämst* (figur 9).

Testdeltagarna med hörselnedsättning

Deltagare 1 med hörselnedsättning i studien hade S/N-R på -4,1 dB medan deltagare 2 hade +1,3 dB. Båda ansåg att det var *svårt* att uppfatta talet. Deltagare 1 upplevde kvaliteten på talet som *någorlunda bra* och deltagare 2 upplevde den som *dålig*. Kvaliteten bedömdes som *bäst* bland alla index av deltagare 2.

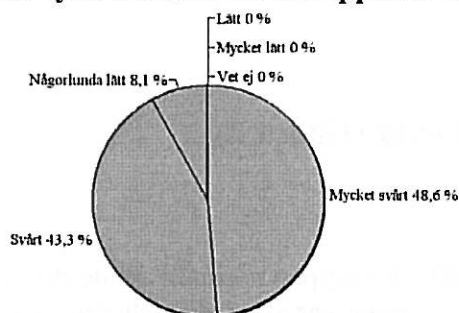
Mobiltelefon 2 'W960' - utan harmonisk distorsion (index 3)

De normalhörande testdeltagarna

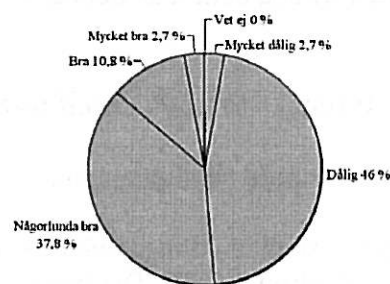
Vid testning av index 3 blev medelvärdet i S/N-R för de normalhörande deltagarna -4,5 dB och standardavvikelsen 1,4 dB. Bäst uppnådda S/N-R var här -7,2 dB och sämst uppnådda S/N-R var -1,2 dB.

Figur 6 visar resultaten för fråga 1 och 2 som ställdes direkt efter index 3.

1. Hur tycker du det var att uppfatta talet?



2. Vad tycker du om kvaliteten på talet?



Figur 6. Fördelning i procent för hur de normalhörande deltagarna svarade i enkätfråga 1 till vänster respektive enkätfråga 2 till höger i index 3.

Jämfört med alla index ansåg tre deltagare att detta index var *lättast* när det gällde taluppfattningen medan tio deltagare ansåg att det var *svårast* (figur 8). Ljudkvaliteten på talet uppfattades som *bäst* av tre deltagare och som *sämst* av åtta deltagare (figur 9).

Testdeltagarna med hörselnedsättning

För deltagarna med hörselnedsättning blev resultaten -3,7 dB (deltagare 1) samt +2,6 dB (deltagare 2) i S/N-R för index 3. Att uppfatta vad som sades upplevdes som *svårt* av deltagare 1 respektive *mycket svårt* för deltagare 2 och kvaliteten var *någorlunda bra* respektive *mycket dålig*. Deltagare 1 ansåg att ljudkvaliteten på talet var *bäst* i detta index.

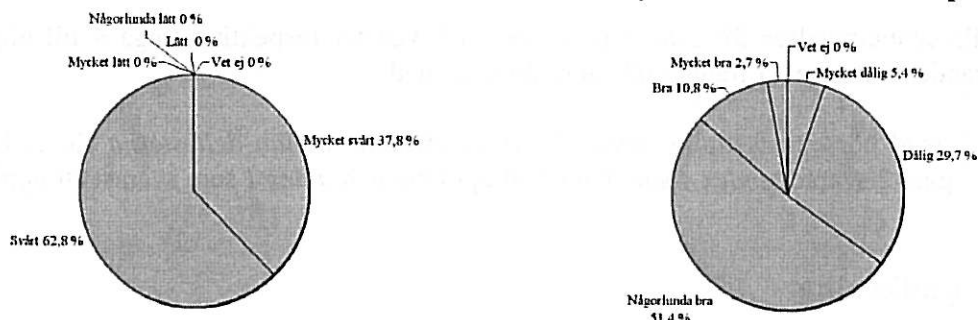
Mobiltelefon 2 'W960' - med harmonisk distorsion (index 4)

De normalhörande testdeltagarna

Resultaten för index 4 gav ett medelvärde i S/N-R som låg på -5,5 dB. Standardavvikelsen var 1,6 dB. För detta deltest var det bästa tröskelvärde -8,5 dB och det sämsta -2,2 dB hos de normalhörande deltagarna.

Figur 7 visar resultaten för fråga 1 och 2 som ställdes direkt efter index 4.

1. Hur tycker du det var att uppfatta talet? 2. Vad tycker du om kvaliteten på talet?



Figur 7. Fördelning i procent för hur de normalhörande deltagarna svarade i enkätfråga 1 till vänster respektive enkätfråga 2 till höger i index 4.

Detta index bedömdes i jämförelse med de andra indexen som *lättast* av tre deltagare och som *svårast* av lika många deltagare (figur 8). Sex deltagare ansåg att kvaliteten var *bäst* i detta deltest medan två ansåg att kvaliteten var *sämst* här (figur 9).

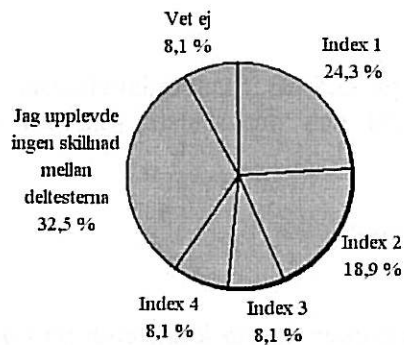
Testdeltagarna med hörselnedsättning

S/N-R för deltagarna med hörselnedsättning hamnade i index 4 för deltagare 1 på -3,6 dB samt +2,0 dB för deltagare 2. Talet var enligt dem *svårt* respektive *mycket svårt* att uppfatta och hade *någorlunda bra* respektive *mycket dålig* kvalitet. Detta index upplevdes som *lättast* av deltagare 1 när det gällde att uppfatta talet.

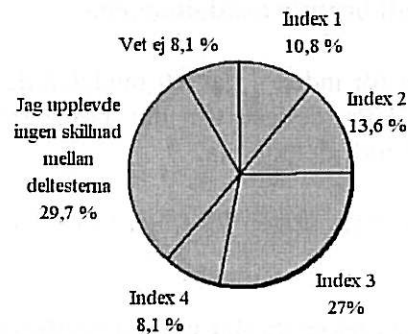
Upplevd taluppfattning

Tio av de 37 normalhörande deltagarna fick bäst S/N-R i det deltest som de enligt enkäten ansåg vara lättast när det gällde att uppfatta vad som sades. Tre personer fick i stället sämst S/N-R vid det test som de uppfattade som lättast. Fem av de normalhörande och en av deltagarna med hörselnedsättning fick bäst S/N-R vid deltestet som samtidigt bedömdes som svårast ur taluppfattningssynpunkt. Åtta personer fick sämst S/N-R vid det deltest som de ansåg vara svårast.

3. I vilket av deltesterna var det lättast att uppfatta talet?



4. I vilket av deltesterna var det svårast att uppfatta talet?



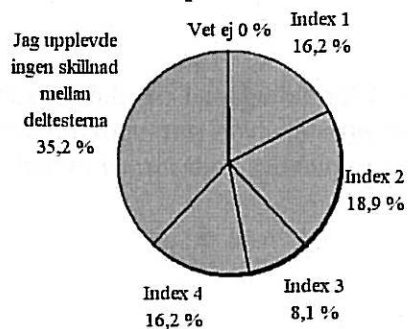
Figur 8. Procentangivelser för svaren på fråga 3 till vänster respektive fråga 4 till höger för de normalhörande deltagarna. I fråga 3 räknades 36 svar med.

Deltagare 1 med hörselnedsättning *upplevde ingen skillnad mellan deltesterna* för båda frågorna medan deltagare 2 svarade *index 4* som lättast att uppfatta och *index 1* som svårast att uppfatta.

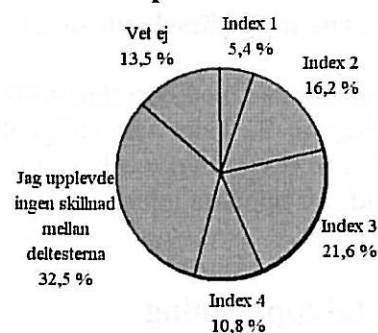
Upplevd ljudkvalitet

Sju av de normalhörande deltagarna fick bäst S/N-R i det deltest som de också upplevde hade bäst kvalitet. Fyra personer fick däremot sämst S/N-R vid det test som de ansåg hade bäst kvalitet. Fem deltagare fick bäst S/N-R vid det deltest som också bedömdes som sämst kvalitetsmässigt medan sju deltagare presterade sämst S/N-R vid det test som samtidigt upplevdes ha sämst kvalitet.

5. I vilket av deltesterna tycker du att kvaliteten på talet var bäst?



6. I vilket av deltesterna tycker du att kvaliteten på talet var sämst?



Figur 9. Procentangivelser för svaren på fråga 5 till vänster respektive fråga 6 till höger för de normalhörande deltagarna.

Deltagare 1 med hörselnedsättning svarade *index 3* och deltagare 2 svarade *index 2* på fråga 5 i enkäten. Båda deltagarna med hörselnedsättning valde svarsalternativet *vet ej* i fråga 6.

Jämförelser mellan *med* och *utan* harmonisk distorsion

Mobiltelefon 1

Alla normalhörande deltagare, oavsett vilken nivå brusets var satt till (50, 55 eller 60 dB HL), hade bäst S/N-R på något av testerna som rörde mobiltelefon 1. Det var 20 av de normalhörande deltagarna som fick det bästa resultatet *utan* distorsion och 17 som istället fick bäst resultat *med* distorsion. I 34 fall av 37 var både index 1 och 2 bland de två bästa tröskelvärdena. Hos två av de tre deltagare som avvek från detta var index 4 (mobiltelefon 2 *med* distorsion) det näst bästa värdet samt delat näst bästa värde (samma S/N-R) med index 3 (mobiltelefon 2 *utan* distorsion) för den tredje avvikande deltagaren.

Deltagarna med hörselnedsättning hade båda bäst S/N-R i testerna av mobiltelefon 1. Allra bäst resultat gav index 1 *utan* distorsion och näst bäst var index 2 *med* distorsion.

De två testomgångarna för mobiltelefon 1, index 1 *utan* distorsion och index 2 *med* distorsion, jämfördes med varandra med Paired Samples T-Test för den normalhörande gruppen vilket resulterade i $t_{36} = -1,495$ samt $p > 0,05$.

Mobiltelefon 2

Mobiltelefon 2 gav i 36 fall av 37 sämst S/N-R. Då visade 29 av de normalhörande deltagarna det sämsta resultatet på testet *utan* distorsion, sex *med* distorsion och för en person var S/N-R detsamma både *med* och *utan* distorsion. Den enda deltagaren som inte fick sämst S/N-R på något av indexen för mobiltelefon 2 hade sämst på mobiltelefon 1 *med* distorsion (index 2). Alla utom tre deltagare hade båda indexen som tillhörde mobiltelefon 2 som sämsta två resultat. Förutom i det fall som nämnts tidigare där index 2 var det sämsta värdet så var index 2 det näst sämsta värdet för två deltagare.

I samtliga fall hos deltagarna med hörselnedsättning fick de sämst S/N-R i testerna av mobiltelefon 2. Sämst respektive näst sämst värden uppnåddes för deltagare 1 i index 4 *med* distorsion respektive index 3 *utan* distorsion och för den andra deltagaren var ordningen tvärtom.

När de båda testomgångarna för mobiltelefon 2, index 3 *utan* distorsion och index 4 *med* distorsion, jämfördes med Paired Samples T-Test blev $t_{36} = 6,678$ och $p < 0,05$. Detta innebär att skillnaden i resultaten mellan index 3 och index 4 för den normalhörande gruppen var statistiskt signifikant.

Skillnader inom respektive mobiltelefon

Mobiltelefon 1

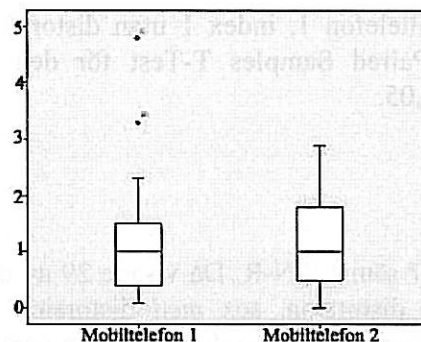
Skillnaden i S/N-R mellan index 1 *utan* distorsion och index 2 *med* distorsion hos de normalhörande deltagarna blev i medelvärde 1,1 dB med en standardavvikelse på 0,9 dB. Den största skillnaden i S/N-R mellan de två deltesterna var 4,8 dB hos en individ och den minsta skillnaden 0,1 dB. Då resultaten för den mest avvikande individen räknades bort blev medelvärdet istället 1,0 dB och standardavvikelsen 0,7 dB samt den största skillnaden i S/N-R 3,3 dB och den minsta 0,1 dB.

Deltagare 1 med hörselnedsättning uppvisade en skillnad på 3,4 dB mellan resultaten för index 1 och index 2 medan deltagare 2 hade en skillnad på 4,1 dB.

Mobiltelefon 2

För mobiltelefon 2 skilde sig de normalhörande deltagarnas resultat mellan index 3 *utan* distorsion och index 4 *med* distorsion i medelvärde med 1,2 dB. Standardavvikelsen var då 0,8 dB. Den största skillnaden var 2,9 dB för en av deltagarna och i två fall var det ingen skillnad mellan index 3 och index 4.

För de två deltagarna med hörselnedsättning var skillnaden mellan dessa index 0,1 dB för den första av deltagarna respektive 0,6 dB för den andra.



Figur 10. Skillnaden i dB inom respektive mobiltelefon mellan med och utan distorsion för de normalhörande deltagarna. Medianvärdet visas som horisontella streck inuti de två rektanglarna.

Jämförelser mellan mobiltelefon 1 och mobiltelefon 2

Med hjälp av ett Paired Samples T-Test jämfördes även mobiltelefon 1 med mobiltelefon 2 vilket visade $t_{73}=16,895$ samt att skillnaden mellan mobiltelefonerna var signifikant eftersom $p<0,05$.

DISKUSSION

I vår studie ville vi veta om harmonisk distorsion som uppstår i mobiltelefonen när ljudet höjs påverkar taluppfattbarheten i svåra lyssningssituationer. Vi var också intresserade av om det gick att uppfatta att signalen var distorderad i dessa lyssningssituationer och hur detta upplevdes, alltså den subjektiva aspekten av ljudkvaliteten. Vår frågeställning var relevant eftersom användandet av mobiltelefoner i samhället ökar alltmer. Det finns knappt några begränsningar för var man kan prata i sin mobiltelefon och det är många som använder den i miljöer där man omges av människor och mycket ljud. De flesta har varit med om situationer där vi inte kan höra vad personen vi talar med säger på grund av starka bakgrundsljud.

Vår avsikt var också att belysa det faktum att det finns skillnader mellan normalhörande personer och personer med hörselnedsättning i kommunikationssituationer där det samtidigt finns bakgrundsljud. Många personer som har en lätt eller måttlig hörselnedsättning har oftast inte så stora problem att höra när de befinner sig i en lugn och tyst ljudmiljö, utan problemen för dem uppstår istället i situationer där det tillkommer bakgrundsljud. En person med hörselnedsättning behöver då lyssningssignalen starkare än vad en normalhörande behöver jämfört med bakgrundssignalen. Vi ville därför veta om den harmoniska distorsionen påverkade taluppfattbarheten både hos normalhörande personer och hos personer med hörselnedsättning och föreställde oss att distorsion kunde ha olika inverkan på resultaten för de två olika testgrupperna.

Trots att personer med hörselnedsättning söktes på flera olika ställen under fyra månaders tid, fick vi tyvärr av olika anledningar inte tillräckligt många att medverka i studien för att kunna dra några statistiska slutsatser av resultaten. De två individuella fallen diskuteras ändå nedan och jämförs till viss del med den normalhörande gruppen. Vi anser att det är värdefullt att också ta upp och i viss mån analysera de enskilda normalhörande individernas resultat. Detta eftersom det fanns relativt stora skillnader för i vilket område på S/N-R-skalan som tröskelvärdena för indexen låg hos de olika individerna. Skillnaden mellan indexen i sig mellan olika individer kunde också skilja sig åt. Den normalhörande gruppens resultat utgör ett bra underlag för vidare forskning inom ämnet.

Metoden

I studien utgick vi från en metod som är väl beprövad som taluppfattbarhetstest inom klinisk diagnostik samt forskning och anpassade den efter vår frågeställning. Testsituationen i vårt test var dock inte jämförbar med en autentisk situation vid samtal i mobiltelefon eftersom det skulle ha varit omöjligt att kontrollera alla parametrar i en sådan situation. Emellertid har vi med vårt tillvägagångssätt kunnat testa ren taluppfattbarhet i kombination med ett störande brus vilket har gett oss en del intressanta resultat för hur distorsion kan påverka taluppfattbarheten i en mobiltelefon.

Våra resultat kan inte jämföras rakt av med normalmaterialet för Hagermans listor eftersom vi ändrat testet genom att manipulera talsignalen. Det hade ändå kunnat tillföra något att genomföra ett vanligt Hagermanstest i brus i samband med våra egna mätningar. Vi valde att inte göra detta i vår studie på grund av att testsituationen redan var relativt koncentrationskrävande och lång. Av samma anledning testade vi inte heller något taluppfattbarhetstest i tyst miljö. Vi hade då också fått använda oss av helt andra metoder eftersom man i sådana tester inte söker efter signal-/brusförhållanden (S/N-R). Talet skulle med all säkerhet då vara tydligt och lätt att uppfatta om ljudnivån var på en lagom nivå och vi hade därmed fått takeffekter i resultaten eftersom dessa tester är framtagna för hörseldiagnostik och inte för att testa en normalhörande grupp.

För att få större utslag i den subjektiva bedömningen hade det varit intressant att låta deltagarna lyssna på ljudet utan brus eftersom ljudkvalitetsskillnader mellan deltesten i studien verkade vara svåra att uppfatta med det störande bruset på. Deltagarna hade då troligtvis kunnat höra att signalen var distorderad vid en viss ljudnivå som vi hade kunnat registrera. Vi var emellertid inte ute efter att undersöka harmonisk distorsion i tyst miljö utan i krävande lyssningssituationer och därför var det ändå mest relevant att bedöma talet samtidigt med bruset.

Båda deltagarna med hörselnedsättning valde lagomnivån 50 dB HL vid testet, alltså en lägre nivå än de flesta normalhörande deltagarna, trots deras sämre hörsel enligt tonaudiogrammet. Vi vet inte om själva ljudnivån för bruset spelat någon roll för resultaten i relation till deltagarnas hörsel men vi tror inte att den inverkat nämnvärt. Vi vill med tanke på detta belysa problemet med recruitment för personer med en sensorineural hörselnedsättning, där talet inte blir tydligare av att man höjer ljudnivån utan snarare bara obehagligt högt och otydligt (Bauman, 2001), vilket är viktigt för mobiltelefonbranschen att känna till.

Ordningen på deltesterna

Ordningen på deltesterna lottades fram eftersom vi ville att ordningen skulle vara just slumpmässig och inte kunna listas ut av deltagarna. Det slumpade sig så att de två indexen med distorsion kom som deltest I och II och de två indexen utan distorsion kom som deltest III och IV. I princip alla deltagare fick sämst resultat på det näst sista deltestet (index 3) och bäst på det sista deltestet (index 1). Vi tror inte att det tredje deltestets sämre resultat beror på en generell formsvacka för nästan alla deltagare eftersom resultaten för det sista deltestet var bäst eller näst bäst för alla deltagare. Vi kan dock inte utesluta att deltestordningen kan ha påverkat resultaten eftersom alla deltagare tenderade att få samma ordning på hur bra eller dåligt de presterade på de olika deltesten, men vi finner det inte troligt att ordningen skulle ha en stor betydelse för resultaten. Eftersom resultaten för de två olika mobiltelefonerna blev så pass skilda åt i S/N-R från varandra, pekar det snarare på att ljudegenskaperna i mobiltelefonerna styr prestationerna i de olika deltesten. Ett alternativ hade varit att slumpa ordningen för varje deltagare och sedan medelvärdesbilda bort mätfel som berott på ordningen.

Ålder för testdeltagare

Vi valde att ha en åldersmässigt relativt homogen normalhörande grupp för att undvika att faktorer som hade med åldern att göra skulle påverka resultaten. Personer i åldern 20-30 år var lämplig eftersom denna grupp använder mobiltelefoner frekvent och inte heller hunnit komma upp i den ålder där en åldersrelaterad hörselnedsättning kan börja ge sig till känna. Hagerman (1982) testade dessutom sitt material på normalhörande personer i åldern mellan 18 och 32 år, alltså ungefär samma ålder som vi hade i vårt test. Åldersgränsen i vår studie hade egentligen ingenting att göra med vem i samhället som använder mobiltelefon i störst utsträckning utan sattes just på grund av att utesluta hörselförändringar. För gruppen med hörselnedsättning kunde vi inte begränsa åldern på samma sätt eftersom deltagarna var svåra att få tag på.

I pilotstudien såg vi exempel på en troligtvis åldersrelaterad sämre hörsel för en deltagare som var drygt 50 år och hade ett helt normalt tonaudiogram men uppnådde sämre S/N-R än de flesta normalhörande på alla deltesten. Pilotstudiedeltagarens subjektiva upplevelse korrelerade med de objektiva resultaten då deltagaren direkt upplever det svårare att uppfatta tal i en miljö där det finns störande bakgrundsljud. En av deltagarna med hörselnedsättning i studien fick mycket sämre S/N-R än den andra deltagaren med hörselnedsättning. Nämnas bör att deltagaren med det sämsta resultatet

också var 20 år äldre samt hade ett tonmedelvärde som indikerade en hörselnedsättning vilket inte den andra deltagaren hade. Förutom det sämre tonmedelvärdet kan vi inte vara säkra på hur mycket åldern dessutom påverkat S/N-R-värdet eftersom det är visat att taluppfattbarheten i brusig miljö blir sämre i takt med åldern i större grad än taluppfattbarheten i tyst miljö i relation till tonmedelvärdet. Sådana tecken kan visa sig redan vid 40- eller 50-årsåldern (Gelfand, 2001). Högre upp i åldern kan åldrandet också föra med sig påverkan på andra system i kroppen förutom hörseln, t ex sådant som rör kognitionen.

De objektiva resultaten

Mobiltelefon 1 'W880' och mobiltelefon 2 'W960'

De allra flesta deltagare fick bäst samt näst bäst resultat på något av indexen som tillhörde mobiltelefon 1 (index 1 och 2) där något fler hade bäst resultat på index 1, det vill säga *utan* distorsion. Detta gällde både för normalhörande deltagare och deltagare med hörselnedsättning men de senare nämnda verkade vara mer hjälpta av en distorsionsfri ljudåtergivning än de normalhörande vid test av mobiltelefon 1. Deltagarna med hörselnedsättning uppvisade stora skillnader (3,4 dB samt 4,1 dB) mellan mätningarna med och utan distorsion där index 1 genererade det bästa resultatet för båda deltagare. De normalhörande uppvisade här istället en minimal skillnad.

För mobiltelefon 2 (index 3 och 4) var skillnaden signifikant bättre för index 4, det vill säga *med* distorsion, hos den normalhörande gruppen vilket talar för att distorsionen i detta fall har varit positiv för taluppfattningen. Resultaten för de med hörselnedsättning vid test av mobiltelefon 2 gav däremot en väldigt liten skillnad mellan de båda indexen med och utan harmonisk distorsion och för ena deltagaren gav index 3 bättre S/N-R än index 4 och tvärtom för den andra deltagaren.

Det talvägda och relativt lågfrekventa bruset påverkar taluppfattbarheten för deltagarna med hörselnedsättning mer än de normalhörande deltagarna. En tanke är att deltagarna med hörselnedsättning och även andra personer med hörselnedsättning i allmänhet klarar av lågfrekvent maskering mycket sämre än normalhörande. Detta stämmer överens med den allmänna uppfattningen att personer med hörselnedsättning har svårt att höra i miljöer med bakgrundsbrus. Mobiltelefon 1 innehåller mindre lågfrekvens i ljudåtergivningen, vilket innebär mindre maskering av talsignalens viktiga information. För mobiltelefon 2 ger lågfrekvensen mer maskering redan från grunden och alltså blir grundresultatet sämre, men den högfrekventa distorsionen har inte lika stor betydelse för resultatet för deltagarna med hörselnedsättning som för de normalhörande deltagarna.

För den ena av deltagarna med hörselnedsättning kunde man inte se några direkta olikheter i S/N-R jämfört med den normalhörande gruppen förutom att skillnaden mellan det bästa och näst bästa resultatet (index 1 och 2) var mycket större än för alla andra normalhörande individer (förutom en deltagare). Den andra deltagaren med hörselnedsättning hade dock S/N-R som genomgående i mätningarna visade mycket sämre värden än de normalhörande och fick resultat för tre av fyra mätningar där talsignalen behövde vara starkare än brussignalen, något som ingen annan i studien behövde. Det var den deltagaren som hade kraftigast hörselnedsättning enligt tonaudiogrammet.

Mobiltelefonernas ljudegenskaper och bakgrundsbruset

Författarna har själva lyssnat igenom talmaterialet och kunde ganska direkt höra en skillnad mellan de olika indexen i tyst miljö. Vi upplevde då vid jämförelse av de två mobiltelefonerna att mobiltelefon 1 (index 1 och 2) hade 'sämre' ljudkvalitet än mobiltelefon 2 (index 3 och 4). Ändå

fick vi i resultaten signifikant bättre värden för mobiltelefon 1 än mobiltelefon 2. Mobiltelefon 2 låter behagligare och bättre i tyst miljö eftersom den släpper igenom mer lågfrekvens än mobiltelefon 1.

En mobiltelefon med 'bra ljud' är inte nödvändigtvis den mobiltelefon som ger den bästa taluppfattbarheten i stökiga bakgrundsmiljöer. Lågfrekvensinnehåll i en signal maskerar andra ljud i signalen eller i andra signaler mer effektivt än vad högfrekventa ljudkomponenter gör och därför kan detta ha bidragit till ett sämre resultat för mobiltelefon 2 än för mobiltelefon 1. Frekvensinnehållet i mobiltelefon 1 maskerar och maskeras då inte lika mycket eftersom det mest ligger i det högfrekventa området och kommer troligtvis därför också fram mer och hörs bättre i bakgrundsbruset. Det kan vara så att det tillskott av energi på något högre frekvenser som den harmoniska distorsionen innebär sedan förbättrar taluppfattbarheten om den hamnar ovanför eller 'sticker ut' i frekvensområdet för bruset. Detta skulle kunna vara fallet vid mobiltelefon 2 som vi testade där vi fick signifikant bättre resultat för mätningen med distorsion.

Distorsionen visade sig ge mycket energi vid de lägre frekvenserna enligt figur 2 (Metod-kapitlet), särskilt för mobiltelefon 1, men det beror på att högtalarnas känslighet för detta frekvensområde är låg. I realiteten är distorsionen mer fördelad över hela frekvensregionen men detta syns inte eftersom distorsionen i lågfrekvensen är procentuellt mycket större. Lågfrekvensdistorsionen maskeras dock av det lågfrekventa bruset. Dessutom bör man veta att distorsionen ritas upp vid grundfrekvensen och att delkomponenterna i högfrekvensområdet inte kan utläsas ur figur 2. I figur 1 ser man dock att det finns energi på högre frekvenser men inte hur deltonerna är fördelade.

Bruset som användes i våra test är filtrerat för att matcha de spektrala produkterna i Hagermans talmaterial (Hagerman, 1982). I vår studie har talet filtrerats genom mobiltelefonerna men bruset var samma som i ursprungsinspelningen. Eftersom vi har fått skilda S/N-R-värden i resultaten så visar det att förhållandena har påverkats av de två mobiltelefonernas olika filtrerade utsignaler. Mobiltelefon 1 utan distorsion får ett medelvärde i S/N-R hos de normalhörande deltagarna som är likadant som för Hagermans normalmaterial, det vill säga -7,8 dB, och är snarlikt resultatet med distorsion som ligger på -7,5 dB i vår studie (Hagerman & Kinnefors, 1995). Dock är Hagermans normalmaterial testat monauralt och inte binauralt som vi gjort i vår studie. En förklaring till att mobiltelefon 2 fick avsevärt sämre resultatvärden än mobiltelefon 1 skulle kunna vara att den filtrerade talsignalen på ett mindre fördelaktigt sätt i kombination med bakgrundsbruset. Om det brus vi använt oss av verkligen är representativt för ett bakgrundssorl vid ett cocktailparty, antyder våra resultat att en röst som hörs via högtalarfunktionen i mobiltelefon 2 är svårare att uppfatta när människor talar i bakgrunden än via mobiltelefon 1.

Hagermans metod är anpassad till hörtelefonen TDH-39 och därför valde också vi att hålla oss till denna typ av hörtelefon. Det är möjligt att våra resultat kan vara färgade av hörtelefonens frekvensrespons men det är inget vi går in på djupare in den här studien.

De subjektiva resultaten

Då vi ville att deltagarna under testets gång skulle tänka på hur lätt eller svår taluppfattningen var och hur ljudkvaliteten var instruerade vi dem innan att de efter testen skulle få jämföra alla deltesterna. Trots detta kan det ha varit svårt att komma ihåg hur indexen lät och koncentrationen kan ha fokuserats mest till att upprepa orden rätt och inte till själva ljudupplevelsen. Enkätfrågorna innebar en liten paus mellan varje deltest vilket dock kan ha främjat koncentrationen inför det nya deltestet.

Vi var väl medvetna om att frågorna i enkäten inte var lätta att tolka eller att besvara på grund av att de var relativt generella och eftersom talet var svårt att uppfatta. Vi ville ändå få med den subjektiva aspekten i studien. Frågorna ställdes utifrån den samlade upplevelsen av ett helt deltest och eftersom S/N-R ändrade sig hela tiden och därmed också hur många ord rätt deltagarna svarade kan det ha varit svårt att besvara frågan om hur svårt eller lätt det var att uppfatta talet. Två deltagare kommenterade detta: "Emellanåt i ett och samma deltest var det lättare men ibland svårare, så det tog ut varandra. Därav svårt att gradera varje test för sig eftersom varje test skilde sig så i varje test." "Otroligt varierande inom testen mer än mellan dem."

Bruset maskerade ofta talet och det var enligt metoden nödvändigt, men därför var det också svårt för deltagarna att besvara frågorna. Utifrån frågan om taluppfattningen kommenterade några följande, vilket indikerar att bruset tog överhanden i större delen av testet: "Svårt, man lyssnade ibland på oväsentet istället." "De första var lätta men sedan var det jättesvårt."

Olika personer har troligtvis olika referenser och tolkningar till begreppet kvalitet som användes i frågorna och därför gav vi en närmare definition av ordet. På grund av eventuella uttrötningseffekter som fler enkätfrågor hade kunnat ge, valde vi att inte lägga till fler detaljrika frågor. Bruset var dominerande i testet och i frågan om hur kvaliteten upplevdes kan det ha varit det starka bruset som påverkade testdeltagarna att uppleva den som dålig. En deltagare kommenterade detta: "Kvinnan talar tydligt men det är ändå svårt att höra vad hon säger på grund av bruset".

Störst andel av deltagarna upplevde ingen större skillnad mellan deltesterna både ifråga om taluppfattning och kvalitet: "De var väldigt lika och svåra alla." Flest personer angav i enkäten i jämförelsen av alla deltest att index 1 var lättast att uppfatta talet på samt hade bäst kvalitet medan index 3 var det deltest som flest deltagare tyckte var svårast samt sämst kvalitetsmässigt. För dessa deltagare som faktiskt svarade att de upplevde en skillnad stämmer resultaten överens med de objektiva mätningarna där bäst S/N-R uppnåddes på index 1 och sämst S/N-R på index 3.

Den deltagare med mest uttalad hörselnedsättning och avsevärt sämst resultat i S/N-R gav i enkäten också sämst betyg jämfört med alla andra testdeltagare om taluppfattning och kvalitet. Deltagarens upplevelse var alltså mer negativ än de andras även om vi letade efter ett individuellt tröskelvärde omkring 40 % för alla deltagare under större delen av testet.

Slutsatser

När vi tittar på hur utfallet av den subjektiva bedömningen blev, ser vi att metoden kan ha medfört att distorsionen helt eller delvis maskerades av bruset. Detta eftersom knappt någon subjektiv skillnad upplevdes mellan distorsionens närvaro och frånvaro vid respektive mobiltelefon för en stor del av deltagarna. Inte heller skillnader mellan de två olika mobiltelefonerna verkade noteras subjektivt. Om det är en ren maskeringseffekt som har åstadkommit vid testningarna kan distorsionen alltså vara gömd i bruset. Eftersom vår frågeställning trots allt utgick ifrån distorsion vid taluppfattbarhet i brus och inte i tyst miljö så har vi ändå lyckats testa det vi var intresserade av.

De objektiva resultaten i vår studie tyder dock på en statistisk signifikant skillnad mellan de två olika testningarna av mobiltelefon 2 där det visade sig att distorsionen påverkade taluppfattbarheten positivt för den normalhörande gruppen, det vill säga att talsignalen kunde vara i snitt 1 dB lägre i förhållande till brussignalen med distorsion än vad den kunde utan distorsion. Enligt den ursprungliga adaptiva metoden till Hagermans listor ska skillnaden mellan två testtillfällen dock vara minst 1,3 dB (för S/N-R bättre än 0 dB) för att visa någon signifikant hörselmässig förändring,

men på grund av vår specialbehandling av talmaterialet kan vi egentligen inte jämföra våra resultat med detta.

De största skillnaderna i dB uppmättes mellan mobiltelefon 1 och 2 och dessa var signifikanta. Detta har inte mycket med distorsionen att göra utan antyder att det finns andra egenskaper i ljudåtergivningen som skiljer mobiltelefonerna åt. Det är inte okomplicerat att jämföra dem med varandra då det finns många aspekter i mobiltelefonernas uppbyggnad och tekniska utförande att ta hänsyn till, som t ex storlek på högtalare och filtreringsegenskaper. Hur distorsionen påverkar taluppfattbarheten verkar bero på hur den samverkar med andra egenskaper som t ex bakgrundsljud, bandbredder, maskering och vilken del av talsignalen som innehåller viktig talinformation.

Slutsatserna vi kan dra av våra resultat är att harmonisk distorsion inte verkar ha så stor negativ påverkan på taluppfattbarhet i brus och att distorsionen vid vissa tillfällen tvärtom kan bidra till att höra talsignalen bättre i bakgrundsbrus. I tyst miljö tror vi inte att harmonisk distorsion har någon betydelse för den objektiva taluppfattbarheten utan endast för den subjektiva upplevelsen, komfortaspekten, av ljudet.

Vi har fortfarande anledning att tro att personer med hörselnedsättning inte får samma typ av resultat som normalhörande när det gäller distorsion i mobiltelefoner men eftersom dessa deltagare var för få till antalet kan vi, som vi nämnt tidigare, inte dra några generella slutsatser om detta.

Framtida studier

I vår studie var det inte möjligt att ha full kontroll på distorsionens karaktär på grund av många olika faktorer. Det hade varit intressant att själv konstruera distorsionen med hjälp av ett datorprogram för att sedan använda det i ett taluppfattbarhetstest. Bättre kontrollerade parametrar är sedan lättare att manipulera och kunna dra slutsatser efter.

I tyst miljö verkar distorsion upplevas mer störande än i brusig miljö. I stökiga bakgrundsmiljöer flyttas fokus från själva upplevelsen av ljudet till i huvudsak att uppfatta budskapet i signalen. Undersökning av hur distorsion uppfattas subjektivt vid tal i tyst miljö skulle kunna bidra till att kartlägga vilken lyssnarkomfort som ska eftersträvas vid mobiltelefonutveckling. I en tyst omgivningsmiljö verkar talsignalen dock kunna förvrängas mycket utan att man faktiskt går miste om vad som sagts ur ett taluppfattbarhetsperspektiv.

Att vidare undersöka taluppfattbarhet i mobiltelefoner är naturligtvis relevant, kanske speciellt när det gäller andra ljudkvalitetsaspekter än distorsion. Också fler personer med olika typer av hörselnedsättning borde i framtiden inkluderas i studier som rör ljudkvalitet i mobiltelefoner eftersom det är extra viktigt med en god ljudåtergivning för deras taluppfattbarhet. Att kunna tala i mobiltelefon utan alltför stor ansträngning kan vara mycket viktigt i vardagen för någon med hörselproblematik och kan innebära en livskvalitetshöjande faktor.

För en person med hörselnedsättning är ofta trådlösa system (bluetooth) och slingsystem som är kompatibla med hörapparaten en stor hjälp. Det hänger alltså inte enbart på mobiltelefonen för dessa personer utan också på att det ska finnas ett utbud av andra tillbehör som kan kopplas till hörapparaten. Därför är det relevant för mobiltelefonbranschen att även titta på hur taluppfattbarhet och ljudkvalitet fungerar tillsammans med sådana system.

Deltest IV

1. Hur tycker du det var att uppfatta talet?

- Mycket svårt
- Svårt
- Någorlunda lätt
- Lätt
- Mycket lätt
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

2. Vad tycker du om kvaliteten på talet?

(Med kvalitet menas här "behagligheten" eller "klangen" på talet)

- Mycket dålig
- Dålig
- Någorlunda bra
- Bra
- Mycket bra
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

Deltest III

1. Hur tycker du det var att uppfatta talet?

- Mycket svårt
- Svårt
- Någorlunda lätt
- Lätt
- Mycket lätt
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

2. Vad tycker du om kvaliteten på talet?

(Med kvalitet menas här "behagligheten" eller "klangen" på talet)

- Mycket dålig
- Dålig
- Någorlunda bra
- Bra
- Mycket bra
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

Deltest II

1. Hur tycker du det var att uppfatta talet?

- Mycket svårt
- Svårt
- Någorlunda lätt
- Lätt
- Mycket lätt
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

2. Vad tycker du om kvaliteten på talet?

(Med kvalitet menas här "behagligheten" eller "klangen" på talet)

- Mycket dålig
- Dålig
- Någorlunda bra
- Bra
- Mycket bra
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

BILAGA 4 - Enkäten

ENKÄT

Kryssa endast för ett svarsalternativ till varje fråga. Sätt krysset för det alternativ som stämmer bäst överrens med din uppfattning.

Deltest I

1. Hur tycker du det var att uppfatta talet?

- Mycket svårt
- Svårt
- Någorlunda lätt
- Lätt
- Mycket lätt
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

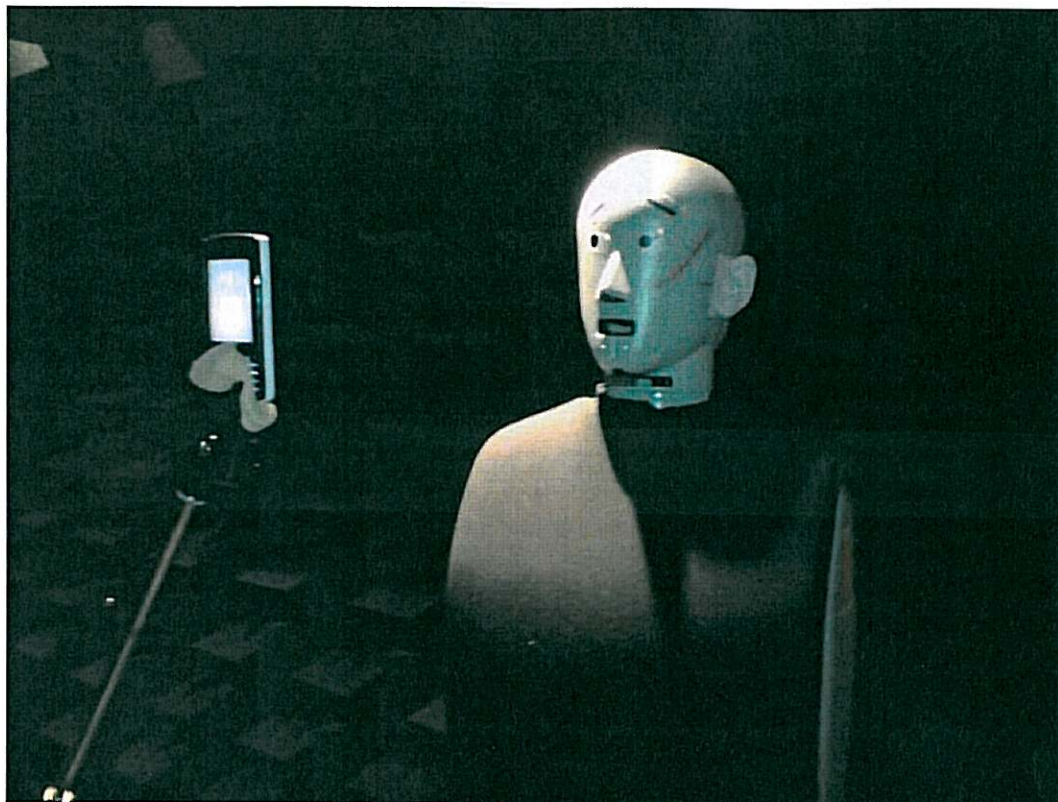
2. Vad tycker du om kvaliteten på talet?

(Med kvalitet menas här "behagligheten" eller "klangen" på talet)

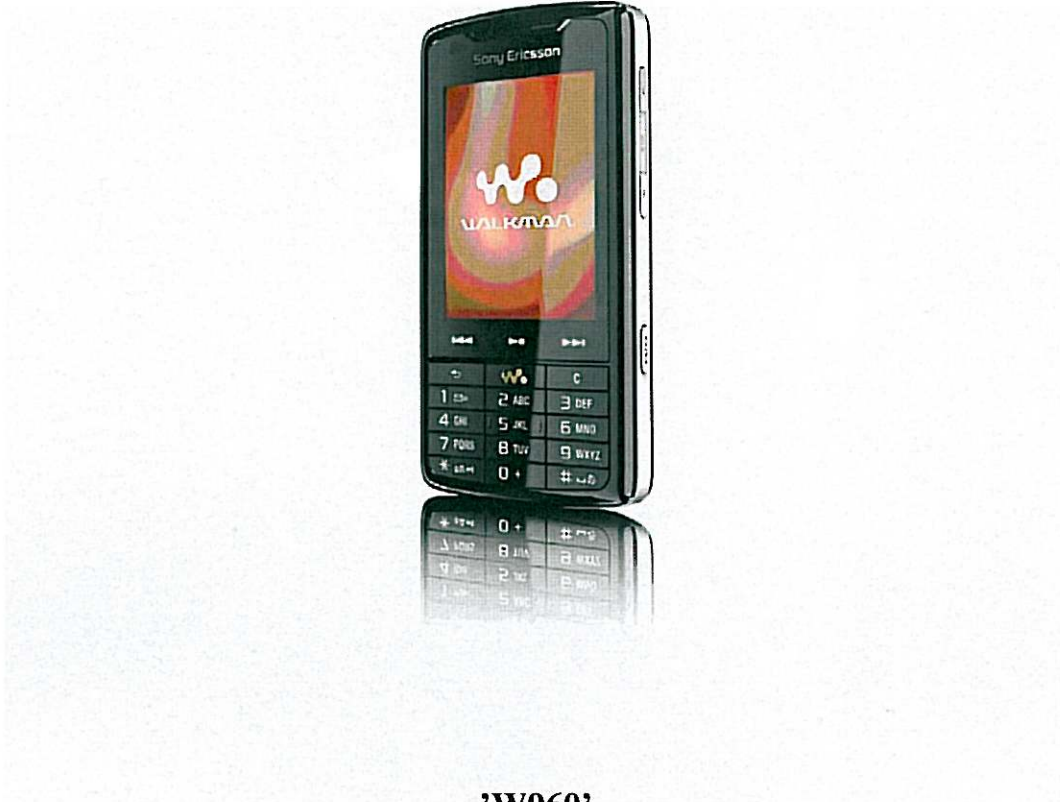
- Mycket dålig
- Dålig
- Någorlunda bra
- Bra
- Mycket bra
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

BILAGA 3 - Inspelningsuppställning i ekofritt rum



www.sonyericsson.com



'W960'



BILAGA 2 - Mobiltelefonerna



'W880'



BILAGA 1 - Hagermans listor

HAGERMANS MENINGAR

TRÄNINGSLISTA

- 1 Britta flyttar åtta svarta ringar
- 2 Elsa gav sex nya vantar
- 3 Peter köpte sju ljusa skålar
- 4 Karin ägde fyra vackra knappar
- 5 Bosse visar tre lätta dukar
- 6 Anna höll två mörka korgar
- 7 Jonas lånar elva hela lådor
- 8 Svante tog arton gamla bollar
- 9 Gustav ser nio fina pennor
- 10 Märta har tolv stora mössor

LISTA 2

- 1 Elsa ägde nio fina pennor
- 2 Gustav lånar två gamla lådor
- 3 Bosse gav sju mörka bollar
- 4 Britta visar arton stora knappar
- 5 Peter flyttar åtta ljusa skålar
- 6 Svante tog tolv hela dukar
- 7 Märta har elva lätta korgar
- 8 Karin höll fyra vackra mössor
- 9 Jonas köpte sex nya vantar
- 10 Anna ser tre svarta ringar

LISTA 3

- 1 Gustav ser tolv svarta skålar
- 2 Jonas flyttar sju ljusa lådor
- 3 Märta köpte fyra hela mössor
- 4 Elsa lånar tre mörka vantar
- 5 Karin visar åtta gamla dukar
- 6 Bosse ägde sex vackra ringar
- 7 Peter gav två stora bollar
- 8 Britta tog arton nya pennor
- 9 Svante har nio fina knappar
- 10 Anna höll elva lätta korgar

LISTA 4

- 1 Peter köpte två fina knappar
- 2 Bosse gav sex nya dukar
- 3 Britta flyttar fyra lätta vantar
- 4 Anna höll tre vackra ringar
- 5 Svante visar åtta stora pennor
- 6 Karin tog tolv mörka lådor
- 7 Elsa lånar arton hela bollar
- 8 Jonas ser elva svarta mössor
- 9 Märta ägde nio gamla korgar
- 10 Gustav har sju ljusa skålar

LISTA 5

- 1 Jonas visar arton lätta korgar
- 2 Anna gav sju fina ringar
- 3 Gustav köpte sex hela knappar
- 4 Svante tog nio ljusa dukar
- 5 Bosse höll tre mörka vantar
- 6 Britta har fyra vackra skålar
- 7 Karin ägde åtta nya lådor
- 8 Märta lånar tolv stora mössor
- 9 Elsa ser två svarta pennor
- 10 Peter flyttar elva gamla bollar

LISTA 6

- 1 Elsa flyttar tre stora mössor
- 2 Märta tog nio vackra skålar
- 3 Britta lånar tolv lätta ringar
- 4 Gustav har sju hela vantar
- 5 Svante höll arton nya bollar
- 6 Jonas köpte två gamla lådor
- 7 Bosse visar åtta fina dukar
- 8 Karin ägde fyra mörka korgar
- 9 Anna gav sex svarta pennor
- 10 Peter ser elva ljusa knappar

LISTA 7

- 1 Karin flyttar åtta fina korgar
- 2 Britta ser fyra lätta pennor
- 3 Gustav höll tre svarta mössor
- 4 Peter ägde elva stora vantar
- 5 Märta tog sex mörka dukar
- 6 Svante lånar sju hela ringar
- 7 Jonas visar två ljusa lådor
- 8 Bosse har arton nya bollar
- 9 Anna gav nio vackra knappar
- 10 Elsa köpte tolv gamla skålar

LISTA 9

- 1 Bosse köpte sju mörka bollar
- 2 Jonas flyttar tre stora korgar
- 3 Svante har tolv hela pennor
- 4 Anna tog åtta ljusa knappar
- 5 Britta ägde arton svarta ringar
- 6 Peter höll nio nya lådor
- 7 Elsa ser elva gamla skålar
- 8 Karin visar fyra fina vantar
- 9 Märta gav sex lätta dukar
- 10 Gustav lånar två vackra mössor

LISTA 10

- 1 Bosse lånar fyra vackra korgar
- 2 Svante höll tolv svarta dukar
- 3 Märta gav åtta ljusa knappar
- 4 Anna flyttar sju gamla pennor
- 5 Karin ser tre fina bollar
- 6 Britta visar sex hela mössor
- 7 Peter tog elva nya vantar
- 8 Jonas har två lätta skålar
- 9 Gustav köpte nio mörka lådor
- 10 Elsa ägde arton stora ringar

LISTA 11

- 1 Svante lånar sex ljusa lådor
- 2 Peter höll sju fina skålar
- 3 Bosse köpte nio hela bollar
- 4 Jonas visar arton nya dukar
- 5 Karin ser två mörka ringar
- 6 Gustav flyttar fyra gamla korgar
- 7 Märta tog tolv svarta vantar
- 8 Anna har elva stora pennor
- 9 Britta gav åtta lätta knappar
- 10 Elsa ägde tre vackra mössor

Sigurd, B. (1991). *Språk och språkforskning*. Lund: Studentlitteratur.

Voishvillo, A. (2006). Assessment of Nonlinearity in Transducers and Sound Systems - from THD to Perceptual models. *Audio Engineering Society 121st Convention*, San Fransisco.

Zwicker, E., & Fastl, H. (1999). *Psychoacoustics. Facts and models* (2. uppl.). New York: Springer.

REFERENSER

Arlinger, S., Hagerman, B., Ytterlind, Å., & Karlsson, H. (2001). *Ljuv musik och öronproppar: Om hörsel, musik och hörselskador*. Stockholm: Prevent.

Bauman N. (2001, juni). Center for hearing loss help: Recruitment from Hearing Loss Explained. Hämtad 31 maj, 2008, från <http://www.hearinglosshelp.com/articles/recruitment.htm>

Bryman, A. (2001). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Översättning till svenska av Nilsson, B. (2007). Malmö: Liber AB.

Celik, S. (2003). *Audibility of Loudspeaker Distortion Detected by Transient Analysis*. Göteborg: Chalmers University of Technology.

Everest, F. A. (2001). *Master handbook of acoustics* (4. uppl.). New York: McGraw-Hill.

Gelfand, S. A. (2001). *Essentials of Audiology* (2. uppl.). New York: Thieme.

Hagerman, B. (1982). Sentences for testing speech intelligibility in noise. *Scandinavian Audiology* 11: 79-87.

Hagerman, B. (2002). Speech recognition threshold in slightly and fully modulated noise for hearing-impaired subjects. *International Journal of Audiology* 41:321-329.

Hagerman, B., & Kinnefors, C. (1995). Efficient adaptive methods for measurements of speech reception threshold in quiet and in noise. *Scandinavian Audiology* 24:71-7.

Hörselskadades Riksförbund, HRF (2007). Årsrapport: *Äh, det var inget viktigt - om hörselskadades situation i Sverige*. Hämtad 7 maj, 2008, från http://www.hrf.se/upload/pdf/Cdelen2007_24maj_sid25_27.pdf

Hutchins, T. (1997, februari). Signalteori för hörselrehabilitering. Hämtad 6 maj, 2008, från <http://teamh.se/hh/p127Site/hi/SR4132.html>

Jerkert, J. (2006). *Akustik från grunden*. Stockholm: Universitetsservice US-AB.

Lindblad, P. (1992) *Rösten*. Lund: Studentlitteratur.

Lindblad, P. (1998). *Talets akustik och perception*. Göteborgs universitet, Institutionen för lingvistik.

Lindblad, P. (2005). *Språkljudens akustiska mönster och hörselnedsättning*. Lunds universitet, Institutionen för lingvistik.

Rosen, S., & Howell, P. (1991). *Signals and Systems for Speech and Hearing* (4. uppl.). London: Academic Press.

SAME (1990). *Handbok i hörselmätning*. Solna: Lic Förlag.

SAME (1996). *Metodbok i praktisk hörselmätning*. Bromma: CA Tegnér AB.

Efter alla deltest

3. I vilket av deltesterna var det lättast att uppfatta talet?

- Deltest 1
- Deltest 2
- Deltest 3
- Deltest 4
- Jag upplevde ingen skillnad mellan deltesterna
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

4. I vilket av deltesterna var det svårast att uppfatta talet?

- Deltest 1
- Deltest 2
- Deltest 3
- Deltest 4
- Jag upplevde ingen skillnad mellan deltesterna
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

5. I vilket av deltesten tycker du att kvaliteten på talet var bäst?
(Med kvalitet menas här "behagligheten" eller "klangen" på talet)

- Deltest 1
- Deltest 2
- Deltest 3
- Deltest 4
- Jag upplevde ingen skillnad mellan deltesterna
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

6. I vilket av deltesten tycker du att kvaliteten på talet var sämst?
(Med kvalitet menas här "behagligheten" eller "klangen" på talet)

- Deltest 1
- Deltest 2
- Deltest 3
- Deltest 4
- Jag upplevde ingen skillnad mellan deltesterna
- Vet ej

Eventuella kommentarer:

BILAGA 5 - Informationen till audionomerna

Kriterier för testdeltagare till vår undersökning

Hej audionomer!

Hittar ni någon patient som är på besök hos er och som matchar kriterierna nedan så får ni gärna fråga dem om de vill delta i vår undersökning. På så sätt bidrar de till framtidens forskning om talkvalitet i mobiltelefoner. Denna typ av forskning är intressant kanske särskilt för personer med hörselnedsättning eftersom de behöver bättre talkvalitet och ljudförhållanden för att höra.

Om de skulle kunna tänka sig att vara med i vårt test kan ni dela ut en informationsblankett om undersökningen och be dem skriva upp sina kontaktuppgifter till oss.

Testdeltagarna kommer att få en biobiljett som tack för medverkan.

Kriterier för att kunna delta i testet:

- Ålder från 20 år
- Svenska som modersmål
- Bilateral sensorineural hörselnedsättning
 - Tonmedelvärde kring 40 dB HL eller lite bättre (basen kan vara helt normal)
 - Diskantnedsättning eller hängmatta av något slag (t.ex. bullerskada, liknande presbyacusic, ototoxisk påverkan eller hereditär hörselnedsättning)
 - Ej signifikant sidoskillnad
 - Ej Ménière
 - Ej ledningshinder

Tack för att ni hjälper oss i vårt projekt!

Hälsningar

Karolina Löwgren och Helena Tobin

BILAGA 6 - Informationsbrev

Vill Du vara med och påverka ljudkvaliteten i framtidens mobiltelefoner?

Vi är två studenter som går sista terminen på audiologiutbildningen vid Lunds Universitet. Vi studerar bland annat hörsel, ljud, medicin, lingvistik, teknik och beteendevetenskap. Audionomexamen ingår i utbildningen. Som avslutande moment ska vi skriva vår magisteruppsats till vilken vi nu söker frivilliga testdeltagare!

Genom olika hörseltest vill vi undersöka hur taluppfattning påverkas av olika ljudkvaliteter i mobiltelefoners högtalarfunktion.

Vi kommer att basera vår studie på en normalhörande grupp. Personer med hörselnedsättning kommer också att ingå i studien eftersom de har stora behov av bra ljudförhållanden och representerar en relativt stor grupp i samhället. / I många lyssningssituationer krävs det bättre ljudförhållanden för personer med hörselnedsättning än för personer med normal hörsel. Eftersom en stor del av befolkningen har nedsatt hörsel tycker vi att det är viktigt att även personer med hörselnedsättning blir representerade i vår studie.

Undersökningen

Testen som ska utföras kommer att innefatta hörselprov och några taluppfattningstest. Vid testtillfället kommer Du även att få göra en subjektiv bedömning av ljudet.

Dina resultat kommer att behandlas under sekretess och enbart för forskningsändamål.

Skulle Du ha anmält ditt intresse men av någon anledning inte längre vill/kan ställa upp så kan Du meddela oss detta per e-post eller telefon eller avbryta vid själva testtillfället.

Tid och plats

Testningarna kommer att utföras i Audiologiutbildningens lokaler (samma byggnad som Hörselvården) på Lunds Universitetssjukhus. Det tar ca 1 1/2 timme och testtillfället blir någon gång i mars 2008.

Kontaktuppgifter

Du som är intresserad är välkommen att lämna telefonnummer och/eller e-postadress samt ditt födelseår så tar vi kontakt med Dig och bestämmer datum, tid, mötesplats och svarar på eventuella frågor. Om Du hellre vill ta kontakt med oss så finns våra kontaktuppgifter här nedan.

Vi är mycket tacksamma för Ditt deltagande och stöd till vår forskning! Du får en biobiljett som tack för Din medverkan.

Lund 2007-12-20 Karolina Löwgren 07XX-XXXXXX Helena Tobin 07XX-XXXXXX
karolina.lowgren.155@student.lu.se helena.tobin.905@student.lu.se

Handledare: Dag Glebe (Sony Ericsson) och Ingrid Lennart (Audiologiutbildningen i Lund).

BILAGA 7 - Information om testets tillvägagångssätt

Taluppfattning i mobiltelefoner

Helena Tobin & Karolina Löwgren 2008-03-06.

Audiologiutbildningen i samarbete med Sony Ericsson.

TESTETS TILLVÄGAGÅNGSSÄTT

Genom olika hörsel- och taluppfattningstest vill vi undersöka hur taluppfattning påverkas av olika ljudkvaliteter i mobiltelefoners högtalarfunktion (så kallad *loudspeaker*). Sammanlagt tar testerna max. 1 1/2 timme.

Talmaterialet som vi använder är delvis inspelat i ett akustiklaboratorium på Sony Ericsson och vid testningen använder vi oss av utrustning som tillhör Audiologiutbildningen.

Testningen

Under testningen kommer du att sitta i ett ljudisolerat rum med dörrarna stängda. Vi som är testledare sitter utanför rummet och styr testet. Om du undrar över något kan du alltid prata med oss inifrån boxen. Vi kommunicerar då via mikrofon- och högtalarsystem och ser varandra genom glasrutan.

1. Hörselprov som tar ca 15 minuter:

- Vi tittar först i dina öron och kontrollerar hörselgångens status.
- Du får sedan lyssna i hörlurar på korta toner. Så fort du hör en ton ska du trycka på en knapp.

2. Fyra deltester och varje deltest tar ca 10 min:

- Vid deltesterna testas hur du uppfattar tal när det samtidigt spelas upp ett brusande ljud. En kvinnlig röst läser då upp meningar med fem ord i varje mening. Det finns inget givet samband mellan orden i meningarna och meningarna har inget med varandra att göra. När en mening är klar upprepar du orden du hört direkt. Därefter följer nästa mening. Samtidigt som meningarna läses upp hör du ett brusande ljud. Styrkan på talet kommer att öka och minska under testets gång och bruset kommer därför bitvis att höras mycket. Det blir då svårare att höra vad som sägs och om du inte är säker på vad som sades så gissa gärna!
- Efter varje deltest kommer någon av testledarna in i rummet och du får svara skriftligt på två korta frågor om det senaste testet, som gäller *svårighetsgraden* att uppfatta talet samt *kvaliteten* på talet. Därefter följer nästa deltest.
- När alla fyra deltesten är klara kommer du att få svara skriftligt på ytterligare några frågor där du jämför de olika deltesten med varandra. Det du då jämför är *svårighetsgraden* att uppfatta talet samt *kvaliteten* på talet i de olika deltesten.

