

# Att höra i skolan

– om hörteknik i undervisningen  
Förutsättningar och möjligheter



**Pedagoger och hörtekniker** som arbetar med elever med hörselnedsättning ställs inför ett antal frågor i sin strävan att göra undervisningen så tillgänglig som möjligt. Vad kan kompenseras med hjälpmedel och vad kan inte? Vilken effekt har akustik och hjälpmedel? Vilken betydelse har akustiken för inlärningen? Hur vet man vilka hörtekniska och akustiska lösningar man ska satsa på?

**Den här boken** försöker ge svar på dessa frågor. Här kan du få kunskaper som ökar förståelsen av olika hjälpmedels möjligheter och begränsningar. Tanken med boken är även att läsaren ska få bättre förutsättningar att kräva en teknikutveckling som svarar mot behoven i en ständigt föränderlig undervisningssituation. Boken är också användbar för personal som arbetar runt andra elevgrupper i behov av en särskilt god auditiv miljö.

**Författaren Arne Gustafsson** har mångårig erfarenhet av hörteknik i undervisningssituationer. Han är även en flitigt anlita föreläsare i ämnet, bland annat vid skandinaviska konferenser och universitetsutbildningar. I denna bok kombinerar han sina kunskaper om hörteknik, undervisningens förutsättningar, elevens behov och akustikens betydelse.

Att höra i skolan – om hörteknik i undervisningen  
Arne Gustafsson

Arne Gustafsson



Specialpedagogiska  
skolmyndigheten



[www.spsm.se](http://www.spsm.se)

Best nr: 00142  
ISBN: 978-91-28-00142-7

# **Att höra i skolan**

– om hörteknik i undervisningen  
Förutsättningar och möjligheter

Arne Gustafsson

© Specialpedagogiska skolmyndigheten  
**Författare:** Arne Gustafsson  
**Medförfattare, Gula sidorna:** Christina Dravins  
**Omslagsbild:** Henry Svahn  
**Formgivning:** Stockholm Södra Glory Reklambyrå AB  
**Tryck:** Edita, 2009  
**Best nr:** 00142  
**ISBN:** 978-91-28-00142-7

# Innehåll

---

<b>FÖRORD .....</b>	<b>4</b>	<b>KAPITEL 4 – Hörtekniska undervisningshjälpmedel .....</b>	<b>96</b>
<b>Gula sidorna – en introduktion .....</b>	<b>6</b>	<i>Möjligheten att förbättra SNR genom olika hjälpmedel och andra åtgärder .....</i>	<i>98</i>
<i>Inledande ord .....</i>	<i>6</i>	<i>Hjälpmedelsystemens uppbyggnad .....</i>	<i>101</i>
<i>Om ljud .....</i>	<i>8</i>	<i>Hur löser man elev-elev- kommunikationen? .....</i>	<i>108</i>
<i>Om hörsel .....</i>	<i>15</i>	<i>Trådlös överföring – radioteknik och FM-system i skolan .....</i>	<i>118</i>
<i>Om nedsatt hörsel .....</i>	<i>22</i>	<i>Myter om hörteknik .....</i>	<i>122</i>
<i>Om hörapparater .....</i>	<i>25</i>	<i>Nya produkter och något om dess egenskaper .....</i>	<i>124</i>
<b>KAPITEL 1 – Perceptuella konsekven- ser vid hörselnedsättningar .....</b>	<b>44</b>	<i>Översikt och slutsatser .....</i>	<i>127</i>
<i>Effekter av hörsel- nedsättningar .....</i>	<i>45</i>	<b>KAPITEL 5 – Att välja tekniska lösningar .....</b>	<b>130</b>
<i>Behovet av ett bättre signal- brus-förhållande .....</i>	<i>50</i>	<i>Teknikval – några viktiga utgångspunkter .....</i>	<i>135</i>
<i>Några senare rön om hörsel- nedsättningar och lyssnande i olika lyssningsmiljöer .....</i>	<i>52</i>	<i>Hörtekniska typanläggningar. 137</i>	
<i>Audiogrammet och hörtrösklar med hjälpmedel .....</i>	<i>53</i>	<i>Något om "mikrofonteknik" för lärare och elever samt konsekvensen för mikrofonernas och hörapparaternas/koklea- implantatens egenskaper och flexibilitet .....</i>	<i>155</i>
<i>Vidare läsning .....</i>	<i>56</i>	<i>Några avslutande ord om utvärderingar .....</i>	<i>159</i>
<b>KAPITEL 2 – Skolans auditiva miljö och akustiska förutsättningar .....</b>	<b>58</b>	<b>KAPITEL 6 – Universella tekniska lösningar och särskilda målgrupper .....</b>	<b>166</b>
<i>Tal och akustiska störningar – bakgrundsstörnivåer och efterklangstid .....</i>	<i>59</i>	<i>Universella tekniska lösningar .....</i>	<i>168</i>
<i>Rumsakustik och önskvärda akustikkrav .....</i>	<i>64</i>	<i>Särskilda målgrupper .....</i>	<i>182</i>
<i>Elektromagnetiska störningar ..</i>	<i>70</i>	<i>Sammanfattning .....</i>	<i>190</i>
<b>KAPITEL 3 – Pedagogik och teknik .....</b>	<b>72</b>	<b>Avslutning .....</b>	<b>191</b>
<i>Undervisningen av döva och hörselskadade – en allmän historik .....</i>	<i>73</i>	<b>Referenser .....</b>	<b>192</b>
<i>Hörteknik i undervisningen – en tillbakablick .....</i>	<i>77</i>	<b>Bilagor .....</b>	<b>198</b>
<i>Tidigare studier av undervisning och hörteknik – en översikt och några reflexioner .....</i>	<i>79</i>		

# Förord

Denna bok har sin bakgrund i projektet ”Auditiv miljö” inom Specialskolemyndigheten<sup>1</sup>, ett projekt som slutrapporterades 2007. Under projektets gång hade mycket material framtagits i form av olika PM, men allt fick inte plats i slutrapporten. Eftersom utbildningsmaterial inom området saknades, väcktes tankarna på en bok med temat ”hörteknik i skolan”. Boken är främst avsedd för pedagoger och tekniker, och har tillräcklig bredd för att vara relevant för alla undervisningsformer där det finns elever med hörselnedsättningar. Även för andra elevgrupper som kan ha särskilda behov en god auditiv miljö är innehållet relevant.

Under de senaste tio åren har två böcker publicerats vilka är av intresse för denna boks läsare. *Nordisk lärobok i Audiologi* från 2007 innehåller mycket basfakta om audiologins arbetsområde medan *Hörapparaturprovning* från 2000 går djupare in på just hörapparater och hur dessa utprovas.

Någon bok där hörtekniska undervisningshjälpmedel diskuteras på ett mer ingående sätt saknas, såväl på svenska som på andra språk. Den bok som varit mest inriktad mot detta område är *Hörseltekniska hjälpmedel och hörträning* från 1979 som utarbetades på uppdrag av Skolöverstyrelsen. Boken är i dag föråldrad och dessutom utgången från förlaget. Bland andra källor av mer översiktlig natur kan nämnas Specialpedagogiska institutets *Hörselboken*. En bok med många praktiska och pedagogiska tips för arbetet med hörselskadade ungdomar är *Hjälp – en elev med hörselskada i min klass* från 2007.

Innehållet i denna bok är uppdelat i olika avsnitt. Som en populär introduktion till ämnesområdet för de läsare som saknar bakgrund inom hörselvetenskap (audiologi) och ljudlära (akustik/fonetik) och som ska tillägna sig innehållet på egen hand finns ”Gula sidorna”. Dessa kan hoppas över av dem som är mer förtrogna med ämnet eller som följer ett utbildningsprogram där denna information ingår. Observera att frågor runt kokleaimplantat och dess användande fått en relativt ingående belysning i ”Gula sidorna” och kan vara relevant för en bredare läsekrets.

---

<sup>1</sup> Specialskolemyndigheten (SPM) gick den 1 juli 2008 samman med bland andra Specialpedagogiska institutet (SIT) för att skapa Specialpedagogiska skolmyndigheten (SPSM).

I olika kapitel beskrivs sedan effekterna av nedsatt hörsel, kraven på ljudmiljön och hörtekniska hjälpmedels möjligheter och begränsningar. Ett kapitel om pedagogik och teknik ger en historisk översikt och tittar på vissa utvärderingar där speciellt synpunkter på tekniken lämnats. Ett kapitel ägnas åt ”ljudutjämningsutrustning”, en för Sverige och Skandinavien hittills mindre använd teknik. Kapitlet diskuterar användningen av denna typ av utrustning eller annan hörteknik till särskilda grupper med mindre hörselnedsättningar eller neuropsykiatriska funktionsnedsättningar.

För att underlätta för läsaren inleds varje kapitel med en kapitelöversikt och avslutas med några viktiga ”Att komma ihåg”.

För innehållet i boken ansvarar undertecknad. ”Gula sidorna” och särskilt delarna som behandlar kokleaimplantat har till största delen skrivits av logoped Christina Dravins. Hörteknisk samordnare Håkan Bergkvist och samordnare Eva Andåker, båda vid Specialpedagogiska skolmyndigheten (SPSM), har tjänat som viktiga bollplank under arbetets gång. Läromedelschef Brita Lundberg (tidigare utvecklingsamordnare inom Specialskolemyndigheten) initierade projektet och controller Sofia Åkerberg har granskat språket och sett till att texten har blivit läsbar. Tack till samtliga!

Förhoppningsvis kan denna bok ge personer verksamma inom undervisningen av elever med hörselnedsättningar kunskaper som underlättar förståelsen av olika hjälpmedels möjligheter och begränsningar i relation till olika hörselförutsättningar. Tanken är också att den ska ge bättre förutsättningar att kräva en teknikutveckling som svarar mot behoven i en ständigt föränderlig undervisningssituation.

Örebro maj 2009  
Arne Gustafsson

*Ett tack till följande företag, institutioner och organisationer för bildmaterial eller underlag till bildmaterial: AB Widex, CA Tegner AB, Comfort Audio AB, GN Resound, Phonak AB, Riksgymnasierna för döva och hörselskadade (RGD/RGH) och Unga hörselskadade (UH).*

# Gula sidorna – en introduktion

*Av Christina Dravins och Arne Gustafsson*

## Inledande ord

Denna bok handlar om hörhjälpmedel som används av barn och ungdomar i skolåldern. Följande del, ”Gula sidorna”, innehåller en populär introduktion till ljudlära (akustik), hörselvetenskap (audiologi) och hörteknik; områden som är viktiga när man vill förstå effekten av nedsatt hörselfunktion. För att göra ämnet tillgängligt för alla som är intresserade förekommer förenklingar i pedagogiskt syfte. Den som önskar mer exakt och detaljerad information hänvisas till de angivna referenserna.

## Att säkra kommunikationen i klassrummet

Målsättningen för boken är alltså att lyfta fram omständigheter som påverkar möjligheterna till delaktighet och lärande för elever med hörselnedsättningar. Syftet är att ge såväl en teoretisk bakgrund som praktiskt användbara kunskaper. Författarna vill dock redan nu föregripa bokens grundläggande budskap genom att beskriva tre fundamentala principer för att trygga en god kommunikationsmiljö.

### **1. Reducera störande ljud!**

Den första principen berör störande ljud. Följande påstående sammanfattar ett mycket viktigt faktum då det gäller att skapa en god ljudmiljö för personer med nedsatt hörselfunktion:

**”Bullret är vår värsta fiende och en tyst miljö vår bästa vän”**

Relationen mellan signal (det man vill höra) och buller (ovidkommande ljud som bara stör) är viktig för alla men den är särskilt

viktig för personer med nedsatt hörsel. I det verkliga livet förs det ofta samtal i miljöer där det redan finns många ljud. Vi vet alla att det är ansträngande att försöka höra någon som talar alltför svagt, att höra någon som är långt borta eller som pratar i bullrig miljö. Målet vad gäller hörteknisk utrustning och anpassning av den akustiska miljön är huvudsakligen att göra det viktiga ljudet hörbart och att hålla tillbaka det störande. Följaktligen behandlar en stor del av denna bok tekniker och strategier som styr och reglerar förhållandet mellan signal och buller med syftet att göra det viktiga hörbart.

## ***2. Etablera rutiner för att ge stöd!***

Den andra principen berör pedagogiskt stöd som bidrar till att öka delaktigheten för elever med nedsatt hörselfunktion. För personer med nedsatt hörselfunktion är systematiskt stöd av stor vikt för att uppnå delaktighet.

Kommunikation sker ofta i ett samspel med andra. För den som har svårt att uppfatta det som sägs är extra information speciellt viktig. Sådan extra information kan vara att i förväg känna till vad som ska behandlas under en lektion eller att ha fått tillgång till speciella stödord eller bilder som anknyter till det som tas upp under lektionen. Även skriftliga instruktioner kan användas. Viktigt stöd är också att tydligt kunna se den som talar för att kunna tolka det som sägs. Det är viktigt att veta vem som har bidraget med en viss replik. Dialogisk pedagogik kräver att deltagarna är aktiva, både som lyssnare och som talare. Detta kan bli en svårighet för eleven med nedsatt hörselfunktion; tillika en utmaning för lärare och för de tekniska lösningarna.

## ***3. Etablera rutiner för att kontrollera att budskapet gått fram!***

Den tredje principen berör det faktum att man nästan aldrig vet om något missuppfattats eller ej. Det gäller att kontrollera att ett muntligt meddelande gått fram. Det kan vara lämpligt att, antingen själv eller be någon annan, upprepa det sagda. Kom ihåg att det sällan är lämpligt att fråga elever med hörselnedsättning om de uppfattat vad som sagts och anledningen till detta framgår nedan.

De kognitiva processer, som leder fram till att vi tolkar meddelanden i det sagda, är starka och robusta. Vi försöker alltid omedvetet tolka det vi uppfattat till något begripligt. En svaghet är dock att våra mentala processer sällan ”slår larm” och ger beskedet: ”Nej, det här var fel, så kan han inte ha sagt”. Detta får till följd



att vi nästan aldrig direkt uppfattar att vi hört fel utan först när missuppfattningen får konsekvenser. Elever med nedsatt hörsel-funktion riskerar därför att i hög grad drabbas av missförstånd. Hörselskadades riksförbund (HRF) publicerade 2007 en skrift med titeln *Bananer är bättre än att äta kola* som tydligt visar hur mänskliga tankeprocesser försöker kompensera och tolka ut ur bristfälligt uppfattat tal. I tabellen nedan ges ett antal slående exempel:

Uppfattades	Det som sades var
Kom hit din skit!	Välkommen hit!
Koppla er kanin den stör oss faktiskt!	Kopiera kan ni göra hos vaktis!
Vad sa katten, Charlotta?	Vi ses om en kvart i sal åtta!

Man måste komma ihåg att en elev med hörselnedsättning oftast inte är medveten om att något uppfattats felaktigt eller kanske inte uppfattats alls. Det är därför, som nämnts ovan, viktigt att kontrollera en extra gång att all information gått fram. Undersökningar av elevers erfarenheter visar att lärarnas förmåga att hantera undervisningssituationen är den faktor som värderas som viktigast för en god lärandemiljö.

## Om ljud

### Vad är ljud?

Det vi upplever som ljud är tryckförändringar som orsakas av vibrerande föremål. Tryckförändringarna sprids från en källa genom ett så kallat "medium" (någon typ av ledande substans), vanligtvis luft. Tryckförändringen sätter mediets molekyler i svängning och detta svängningsmönster sprids. Eftersom den gasblandning vi kallar "luft"

inte är synlig, kan vi inte heller se de tryckförändringarna som bildas i luften. Hörselsystemet är det sinnesorgan som kan fånga upp och omvandla sådana tryckförändringsmönster till det vi upplever som ljud.

För de flesta hörande personer är förmågan att höra något helt självklart. Trots att vi kanske inte reflekterar över hur ljud fungerar använder vi i dagligt tal många ord och uttryck som beskriver ljuds egenskaper. Svenska språket har många ord som skildrar hur ljud låter, exempelvis pipande, prasslande, dunkande och skramlande. Dessa ord beskriver faktiskt akustiska egenskaper som frekvens (*tonhöjd*, se avsnitt ”Frekvens” nedan), så kallade spektrala egenskaper (*klang, brus*, se avsnitt ”Olika ljudkaraktärer” nedan), tidsmässiga drag (till exempel längdfenomen och periodicitet) men också upplevelseaspekter av ljud. Uttrycket ”det var så tyst att man kunde höra en knappnål falla” relaterar till fenomenet *maskering* (här beskrivs snarare avsaknaden av detta fenomen) det vill säga att vissa ljud förmår ”dränka” andra.

Ljudupplevelser har ofta starka känslomässiga kopplingar och dessa är både kulturellt och personligt färgade. Musik från främmande kulturer kan till exempel upplevas som ”falsk” eftersom andra tonskalor används. Samtidigt kan en musiktyp hemmahörande i vår kultur av vissa upplevas som underbar men av andra som plågsamt ful. Ljud är alltså något som berör de flesta, samtidigt som vi ofta inte funderar speciellt mycket över den viktigaste användningen av ljud, nämligen talkommunikation.

## Ljuds egenskaper

### Frekvens

En grundläggande egenskap för tryckförändringsmönster är *hur snabbt svängningen sker*, vilket kallas **frekvens**. Frekvens anges i enheten **Hertz** (förkortat Hz) och anger hur många svängningar som sker per sekund. En ung person kan vanligen uppfatta ljud i frekvensområdet 20 till 20 000 Hz. Med stigande ålder avtar förmågan att uppfatta högfrekventa ljud.

Vid beskrivning av frekvens kan man använda olika benämningar, beroende på vilken aspekt av ljudfenomenet man önskar beskriva. Frekvens angiven i Hertz är en fysikalisk beskrivning. När det istället gäller *upplevelsen* av frekvens använder man ofta ordet

**tonhöjd**, ett fenomen vars beskrivningar lätt kan missuppfattas. Det finns nämligen en risk att man blandar ihop benämningar rörande **ljudstyrka** (se nästa avsnitt) och frekvens. I dagligt tal pratar man ofta om *låga* respektive *höga* ljud men menar då egentligen ljud med *låg*, respektive *hög* frekvens. Detta ordbruk medför att man lätt kan uppfatta att det rör sig om en beskrivning av ljudstyrkan. Det är mycket viktigt att hålla begreppen **frekvens** och **styrka** åtskilda. I det följande kommer därför termerna *mörka* och *ljusa* ljud användas för att beskriva ljud med låg respektive hög frekvens. Ett typiskt mörkt ljud är ljudet från en bastrumma medan ett ljusst ljud är pipet från fladdermöss eller en syrsas sång. Dessa ord är bättre lämpade då de avspeglar hur ljuden uppfattas snarare än deras fysikaliska egenskaper.

## Ljudstyrka

Tryckförändringsmönster har ytterligare en egenskap. Förutom att de visar hur snabbt svängningarna sker, visar de även hur stora svängningarna är. Dessa svängningars amplitud (storlek) är ett mått på dess styrka. Man kan ange styrkan som ljudtrycket i enheten Pascal (Pa).

### *Örats känslighet för ljud med olika styrka - decibelbegreppet*

Det mänskliga örat har ett arbetsområde med stor spännvid. Skillnaden är mycket stor mellan det ljudtyck som vi nätt och jämt kan uppfatta (d.v.s. det allra svagaste) och det som orsakar obehag/smärta. Förhållandet mellan dessa två ljudtryckströsklar, uttryckt i Pascal (Pa), är 1:1 000 000.

Man använder därför ett mera hanterligt mått genom att utnyttja en logaritmisk skala, nämligen **decibelskalan**. Genom att välja referensnivån för det lägsta ljudtryck vi kan uppfatta till 20  $\mu$ Pa och ge denna värdet 0 decibel (dB) kommer örats arbetsområde att sträcka sig upp mot 100-120 dB (ljudtrycksnivåer som vi upplever som obehagliga och smärtsamma). Detta sätt att beskriva ljudstyrkevariation stämmer överens med vår upplevelse av ljudstyrkan.

Man brukar säga att en ökning av ljudtrycksnivån med ca 10 dB, upplevs som en fördubbling av ljudstyrkan.

Figur 0-1 visar översiktligt ljudtrycksnivåer från olika ljudkällor. Ljudtrycksnivåer kan mätas och uttryckas på lite olika sätt. Mäts de utan några filtreringar/dämpningar brukar man använda förkortningen dB SPL (Sound Pressure Level) eller dB Lp. Andra

## Ljudnivå i decibel (dBA)



Figur 0-1. Ljudtrycksnivåer för olika ljudkällor. Illustratör: Annette Vollrathson.

vanliga mått vid ljudnivåmätning (bullermätning) är de frekvens-korrigerade måtten dB(A) och dB(C) som tar hänsyn till att hörseln har ett frekvensberoende som dessutom varierar med olika signalstyrka (se avsnitt ”Att mäta hörsel” nedan).

Eftersom hörselsinnet har så stort arbetsområde dyker dB-begreppet upp även i andra sammanhang än vid ljudnivåmätning. Vid hörselmätning används dB HL (Hearing Level, se avsnitt ”Att mäta hörsel” nedan) där referensnivån är det normala örats genomsnittliga hörtröskel för olika frekvenser och anges med 0 dB HL i tonaudiogrammet. Begreppet dB kan dessutom användas då man vill beskriva hur man förändrar ljudnivåer, till exempel genom förstärkning med hjälp av hörapparat eller dämpning av ljud genom akustiska åtgärder.

## **Olika ljudkaraktärer**

Ljud kan bestå av enkla eller sammansatta mönster av tryckförändringar. Ett ljuds egenskaper har att göra med vilket vibrerande föremål som orsakade mönstret av tryckförändringar och sättet på vilket det har uppstått. Nedan ges en översikt över några typer av ljudkaraktärer.

### *Toner*

Ett regelbundet mönster av tryckförändringar upplever vi som en **ton**. Det finns två typer av tonande ljud; **enkla** och **sammansatta**. Exempel på en enkel ton (ett tryckförändringsmönster med endast en frekvens) är ljudet från stämgaflöj. Enkla toner är relativt ovanliga i verkliga livet. Sammansatta toner är däremot mycket vanliga och består av flera regelbundna tryckförändringsmönster som alla har sin egen frekvens. Toner kan beskrivas med ord som exempelvis klingande eller ringande.

### *Brusljud*

Ett ljud som enbart består av oregelbundna tryckförändringar uppstår när det vibrerande föremålet orsakar oregelbundna och mer slumpmässiga svängningar. Detta sker till exempel om två ytor gnids mot varandra. Denna typ av ljud kallas **friktions-** eller **brusljud**. Friktionsljud uppstår när man till exempel slipar en yta med sandpapper eller när ett tungt föremål släpas över ett golv. När vinden möter motstånd uppstår också brusljud, exempelvis susandet i en skog. Brusljud kan beskrivas med ord som till exempel väsande eller susande.

### *Explosionsljud*

Explosionsljud utlöses genom en snabb tryckförändring, till exempel när korken skjuts ur en champagneflaska. Andra exempel på explosionsljud är knallen från en ballong som går sönder eller ljudet när ett skott avfyras. Explosionsljud beskrivs med ord som knallande, smattrande eller smällande.

### *Sammansatta ljud*

**Sammansatta ljud** består av en blandning av olika typer av tryckförändringsmönster. Ljud som har både inslag av regelbundna tryckförändringar (ton) och oregelbundna svängningsmönster (brusljud) kan till exempel beskrivas med ord som vinande, surrande, mullrande eller skramlande. Sammansatta ljud är mycket vanliga.

## **Förändringar av ljud – dämpning och resonans**

### *Dämpning*

Det är inte enbart källan till tryckförändringen som avgör hur tryckförändringsmönstret kommer att bli. Att de rumsliga förhållandena påverkar ljudets egenskaper är välkänt. Ljud av steg ekar i en tom lokal; men fylls utrymmet av möbler, mattor och gardiner ändras ljudet till att bli lite dovt och dämpat. Betydelsen av ordet **dämpning** syftar på en minskning eller reducering av någonting. Detta är också vad som sker med tryckförändringsmönster som stöter på mjuka ytor, de absorberas av ytorna och minskar i styrka.

### *Resonans*

Det motsatta fenomenet till dämpning är **resonans** där något i omgivningen förmår svänga med och förstärka den ursprungliga signalen. Som exempel på detta kan man jämföra ljudet från en sträng på en elgitarr, som inte är kopplad till en förstärkare, med ljudet från en sträng på en akustisk gitarr. Slår man an en av elgitarrens strängar hörs en svag men tydlig ton medan tonen från en akustisk gitarr är fyllig och klangrik. Anledningen till detta är inte strängens egenskaper utan egenskaperna hos gitarrerna. Elgitarren består av ett massivt trästycke som inte förmår att svänga med i strängens rörelse medan den akustiska gitarren har en så kallad resonanslåda som, tillsammans med luften i instrumentlådan, svänger med i strängens rörelse. Ljudet förstärks därmed samtidigt som klangfärgen påverkas av resonanslådans egenskaper.

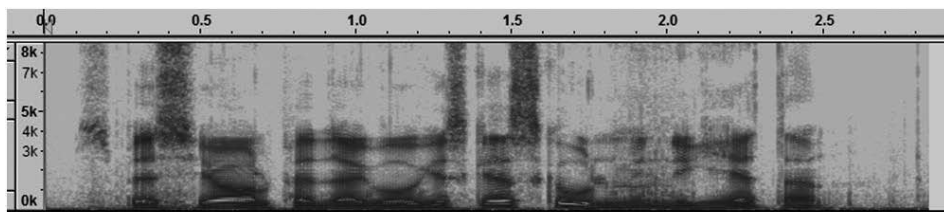
## Talljud

Tal uppstår genom att rörelser i stämband, tunga, läppar och gom samverkar för att skapa sammansatta tryckförändringsmönster. Mönstren består både av klang-, brus och explosionsljud av vilka vissa påverkas av resonans och dämpning. Talljud är rörelsemönster hos talorganen som omvandlats till tryckförändringsmönster i luften. Det finns alltså direkta samband mellan rörelsemönster i talorganen och de mönster som syns i figur 0-2.

Talljuden kan delas upp i grupper baserade på sina akustiska egenskaper; vokaler består av sammansatta klanger och [s], [f], [tje] och [sje] är brusljud. [p], [t] och [k] är tonlösa explosionsljud medan [b], [d] och [g] är tonande explosionsljud. Därutöver finns det språkljud som består av andra blandningar av tryckförändringsmönster som [m], [n], [r], [l] och [j].

Talljud kan alltså sägas bestå av specifika akustiska mönster vilka kan registreras av örat och kan mätas med en så kallad spektrograf (se figur 0-2). De svarta områdena motsvarar förstärkta deltoner (formanter) och de ”ridåliknande” områdena består av olika typer av friktionsljud.

Varje språkljud uppvisar en unik blandning av drag; det vill säga att varje ljud motsvaras av en speciell ”streckkod” eller mönster av markörer. Mellan områden med relativt stabila nivåer syns ”kalkbackar”: dessa områden (formanttransitioner) är mycket viktiga för taluppfattningen och avspeglar artikulationsövergången från ett språkljud till nästa. För mer information om detta ämne samt talakustik i allmänhet, se till exempel Keith Johnson, *Acoustic and Auditory Phonetics* (2003) eller *Nordisk lärobok i audiologi* av Arlinger (2007).



Figur 0-2. Spektrogrammet visar orden "Specialpedagogiska skolmyndigheten". X-axeln visar tid i sekunder och y-axeln frekvens i kHz. Styrkan markeras genom svärtningsgraden. Det akustiska mönstret syns tydligt genom tonande ljuds formanter medan brusljud syns som "ridåer" vilka breder ut sig över framför allt högre frekvenser.

# Om hörsel

## Vad är hörsel?

Att höra innebär att vi med våra öron fångar upp tryckförändringsmönster och omvandlar dessa till nervsignaler som därefter tolkas av hjärnan. De snabba tryckförändringarna i luft som uppstår när en källa ger ifrån sig vibrationer måste alltså (1) fångas upp, (2) omvandlas och slutligen (3) tolkas. Dessa tre funktioner bör vi lägga på minnet, eftersom dessa var för sig kan skadas och därmed ge upphov till olika typer av nedsättningar i hörselfunktionen.

Fortsättningsvis kommer uttrycket ”normalhörsel” att användas som en beteckning av en hörselförmåga som kan anses ligga inom den allmänna variationen hos befolkningen vilken anses sträcka sig till 20 dB HL (se avsnitt ”Att mäta hörsel” nedan). En nedsättning av hörseln innebär däremot en påtaglig begränsning av hörselfunktionen och utgör ett hinder i vardagen. Resultatet av denna begränsning kommer att kallas för hörselnedsättning.

## Att fånga upp ljud

**Ytterörönet** fungerar som ”ljuduppfångare”. De är trattformade och tar upp ljud (d.v.s. tryckförändringar) på ett riktat sätt, vilket innebär att deras utformning och placering gör att vi kan uppfatta varifrån ett ljud kommer. Ljudet leds vidare in i **hörselgången** som har en förstärkande effekt.

Ett exempel på hur mekanisk påverkan kan hjälpa till att göra ljud mera uppfattbart är att vi aktivt kan förstärka ytterörats funktion genom att sätta en kupad hand bakom örat. Genom att göra så skärmar vi av ljud som kommer bakifrån och vi ökar ytterörats storlek. Detta är ett knep man kan ta till i bullriga miljöer för att bättre kunna uppfatta det vi vill lyssna till. Sätter man istället den kupade handen bakåtriktad, framför örat, upplever man en annan typ av effekt.

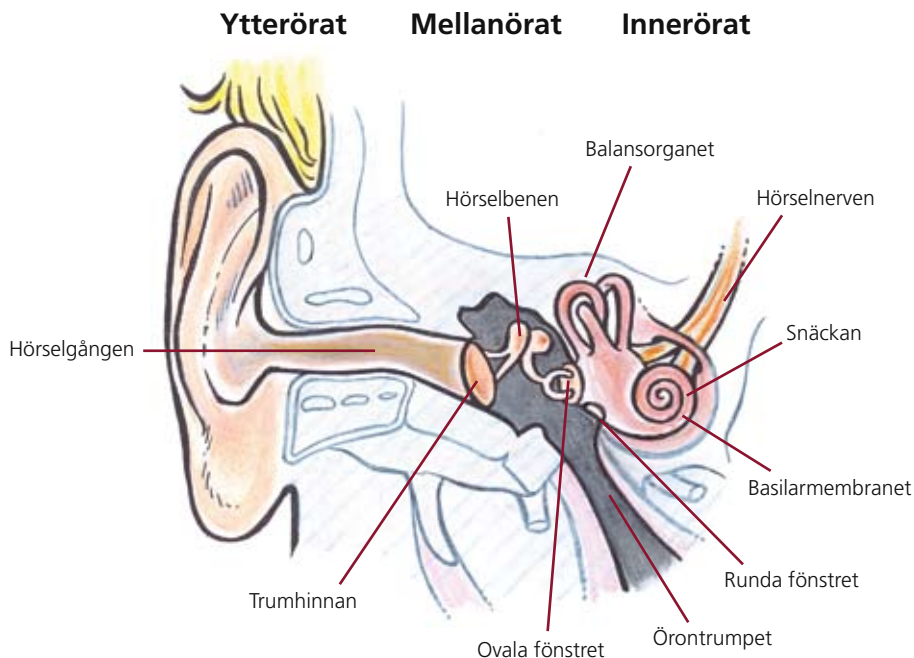


Ljudet fortplantas alltså från ytterörat genom hörselgången och träffar **trumhinnan** som sitter uppspänd längst in i hörselgången och täpper till denna. Den tunna hinnan fångar upp tryckförändringarna i luften och börjar svänga med. Mönstret av tryckförändringar har nu fångats upp av vår kropp och de transporteras vidare som rörelser (vibrationsmönster) i en mekanisk kedja av små hävstänger av ben inne i **mellanörat**.

Den mekaniska kedjan sitter alltså bakom trumhinnan och består av tre mycket små ben, kallade **hörselbenen: hammaren, städet och stigbygel**n. Denna så kallade **hörselbenskedja** för över vibrationsmönstret till det vätskefyllda **innerörat** med hjälp av det **ovala fönstret** som är fäst vid stigbygeln. Mellanörats huvudsakliga funktion är alltså att ”översätta” luftburna tryckförändringarna till vätskeburna vågrörelser. En annan poäng är att skillnaden i storlek mellan den relativt sett stora trumhinnan och det mindre ovala fönstret resulterar i en koncentration av tryckkraften via hörselbenskedjan.

Fästad i hörselbenskedjan finns ytterligare en fness – en muskel som, genom att dra ihop sig, kan minska hörselbenens rörlighet. Ofta brukar funktionen hos denna lilla muskel sägas vara en typ av hörselskydd. Om ett kraftigt ljud når innerörat utlöses en reflex (stapediusreflexen) som spänner muskeln och gör hörselbenskedjan lite mindre rörlig vilket i sin tur dämpar överföringen mellan trumhinnan och ovala fönstret. Stapediusmuskeln är mycket liten och blir därför snabbt uttröttad av starka bullerljud. Den fungerar alltså inte som skydd mot långvarigt och kraftigt buller. Vad den däremot gör är att den dämpar mörka (bas-) ljud mera än ljusa (diskantljud).

Vi kan tydligt märka av hörselbenens funktion, när det ”slår lock för örat”. Det som händer är att hörselbenens rörlighet minskas när det uppstår en tryckförändring i mellanörat. Detta sker till exempel när man flyger eller när man är förkyld. I det sistnämnda fallet beror tryckförändringen på att det syre som finns i mellanörat absorberas av de slemhinneceller som finns på väggarna vilket leder till undertryck i mellanörat vilket i sin tur påverkar trumhinnans och hörselbenens förmåga att röra sig. Det finns en liten förbindelse mellan bakre svalget och mellanörat, den så kallade **örontrumpeten**. I vanliga fall öppnas den när vi sväljer så att det kan komma in ny, frisk luft i mellanörat. När vi är förkylda så svullnar dock den lilla kanalen igen och ingen luft kan komma in.



Figur 0-3. Översikt av örats anatomi. Illustratör: Annette Vollrathson.

### Att omvandla ljud (vibrationsmönster) till nervsignaler

Inne i skullbenet finns innerörat. Det består av två olika sinnessystem: **balansorganet** (vestibularis) och **hörselsnäckan** (cochlea). Denna introduktion kommer emellertid inte att beskriva balansorganets funktion, utan bara att beröra innerörats hörselfunktion.

Hörselsnäckan är en snäckformig hålrumsbildning som består av tre parallella gångar som är ihopsnurrade. Om man skulle rulla ut dem finner man att rörkonstruktionen är cirka 32 mm lång. Inne i det mittersta röret finns nervceller (**hårceller**) vilka är fästa på rörets botten, i det så kallade **basilarmembranet**. Ovanför dessa sinnessceller hänger det ut en liten flik, som bildar ett slags ”tak”. I ena änden är rörkonstruktionen smal och styv för att sedan bli allt bredare och mjukare ju längre mot den andra änden man kommer.

När tryckförändringarna fortplantas från mellanörat sätts det ovala fönstret i rörelse. Dessa rörelser fortplantar sig genom innerörats vätska och påverkar därmed också sinnesscellerna i det mittersta röret av hörselsnäckan. Genom att konstruktion har olika styvhet

längs med basilarmembranet kommer olika svängningsmönster att utlösa vibrationer på olika platser längs med membranet.

Detta innebär att tryckförändringar (vågrörelser) med olika frekvens utlöser nervretningar på olika delar av basilarmembranet. På så sätt kan innerörat dela upp det inkommande vibrationsmönstret och registrera dess egenskaper.

Detta brukar kallas **plats-frekvensanalys** och innebär att sammansatta ljudmönster delas upp så att tryckförändringarnas olika ingående komponenter utlöser nervsignaler från olika delar av basilarmembranet, vilka sedan sänds vidare in i nervsystemet. Man kan säga att innerörat är en mycket sofistikerad frekvensanalysator. Innerörat använder sig troligen också av annan information i ljudsignalen men området är ännu inte helt utforskat.

### *Språkljudens ”streckkoder” och hur de avläses*

Det mänskliga talets ljudsignaler består som tidigare nämnts av komplexa tryckförändringsmönster. Det rör sig om en sammansättning av en mängd akustiska drag vilka tidigare benämnts som talets streckkoder. Varje språkljud uppvisar ett unikt streckkodsmönster. När talljudsmönstren når basilarmembranet och dess sinnesceller, kommer de skilda streckkodsmönstren (formantmönster) att reta olika delar av membranets celler. På så sätt avkodas vilka språkljud talsignalen innehåller. Resultatet av denna tidigare nämnda plats-frekvensanalys är att de olika talljuden utlöser olika mönster av nervretningar. Dessa signalmönster skickas via hörselnerven vidare in mot hjärnan för tolkning.

Det område som här berörs är mycket komplext och inte helt utforskat. Liknelsen med ”ljudens streckkod” verkar ju ganska lättbegriplig, men är en extrem förenkling. Låt oss fundera över ett exempel: tre personer uttalar språkljudet [a]. Den första är ett litet barn med mycket ljus röst, en är en vuxen kvinna med ganska ljus röst och den tredje personen är en mycket stor man med djup basröst. Trots att personernas röster är så olika kan vi uppfatta att alla uttalar [a]. Det är alltså inte så att alla människor har samma streckkod för språkljuden, utan det är *förhållandet* mellan delarna i streckkoden som är det viktiga.

## Att tolka nervsignalerna från innerörat

De mönster som omvandlats till nervsignaler skickas vidare till hjärnan via hörselnerverna; en från vart öra. Signalmönstren leds via ett antal omkopplingsstationer upp till hjärnans hörselcentra som finns i hjärnbarken. Det finns ett sådant centrum i varje hjärnhalva.

Signalmönstret behandlas på olika sätt för att så mycket innehåll som möjligt ska kunna utläsas ur signalen. Denna bearbetning börjar direkt i och med omvandlingen i sinnescellerna och fortsätter i de olika omkopplingsstationerna på väg upp till hjärnans hörselcentrum. Signaler från båda öronen når båda hjärnhalvorna.

Hjärnans tolkning av signalmönstren är en mycket komplex process. Det nyfödda barnet har hörsel men dess hjärna måste lära sig att hantera den information som kommer in via öronen. Barnet måste utveckla sin förmåga att höra, lyssna, tolka och förstå ljudsignalerna. Denna process kallas *hörselutveckling* och sker under tidiga barnår. Utveckling och tillväxt inom nervsystemet är nära förbundet med den ljudmässiga stimulans som barnet utsätts för. Bristande stimulans gör att nervsystemets tillväxt och ”uppkopplingar” inte kan ske på ett optimalt sätt. Det är därför mycket viktigt att tidigt upptäcka hörselnedsättningar och i dessa fall vidta åtgärder för att hjälpa barnet.

Hos en person som har utvecklat ovanstående förmågor och tillägnat sig talat språk besitter hjärnan kraftfulla medel att registrera och tolka tal och andra ljud. De flesta människor klarar att kommunicera i bullriga miljöer och att förstå personer som talar en främmande dialekt eller bryter på ett annat språk. På det hela taget är den talade kommunikationen ett väldigt robust och belastningståligt system; men det är icke desto mindre ett system som en hörselnedsättning kan sätta ur spel.

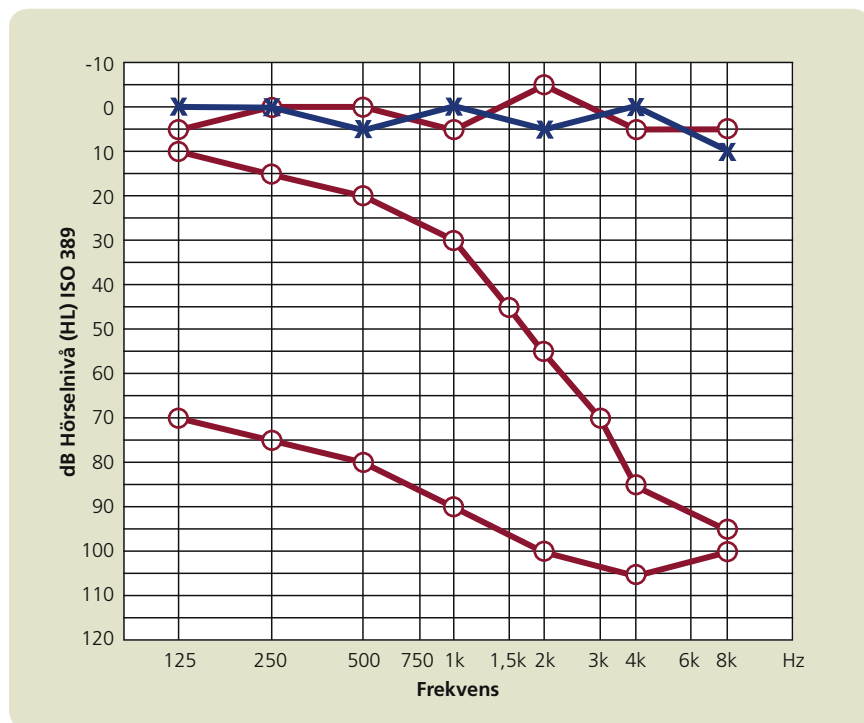
## Att mäta hörsel

Det finns många olika sätt att bedöma hörselförmåga. Ett sätt är att mäta vilken ljudstyrka som är den absolut lägsta uppfattbara för enkla toner. Man fastställer förmågan att uppfatta toner av olika frekvens och bestämmer därmed tröskelvärden, så kallade *hörtrösklar*, för olika frekvenser.

Resultatet av en sådan mätning redovisas i ett **tonaudiogram** och ett sådant finns presenterat i figur 0-4. Nivån noll (dB HL) är den genomsnittliga hörtröskeln för ett stort antal unga försöksp-

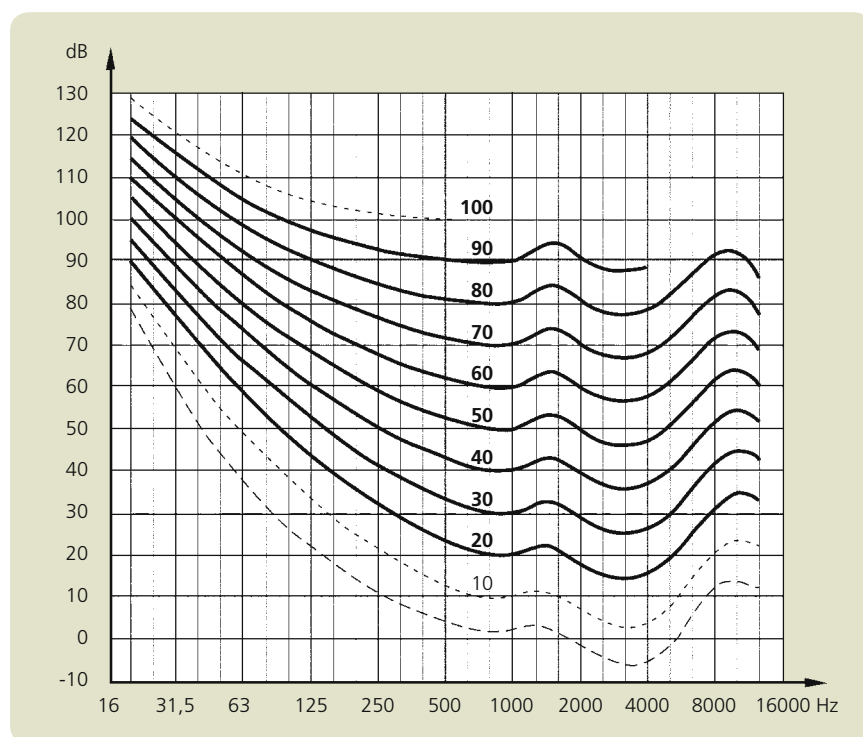
soner med normalhörsel som testats. Hörtrösklarna mäts vanligtvis i frekvensområdet 125 – 8000 Hz. Referenströsklarna är framtagna på statistisk väg och speglar en genomsnittshörsel. En person med normalhörsel kan höra både bättre och sämre än 0 dB HL. I praktiken brukar man inte tala om nedsatt hörsel förrän hörtröskeln passerat 20 dB HL.

För att få en bild av hörselnedsättningens orsak görs ofta två tröskelbestämningar, dels med hörtelefoner för att mäta en luftledningströskel, dels med en benledare/vibrator för att mäta en benledningströskel. Vid benledningmätningen låter man vibrationerna gå via skallens ben direkt till innerörat och på så sätt ”hoppa över” ett eventuellt skadat mellanöra. Om man vid mätning exempelvis får en normal benledningströskel men en nedsatt luftledningströskel har man därmed en indikation på ett ledningshinder (se avsnittet ”Om nedsatt hörsel”).



Figur 0-4. Tonaudiogram med olika hörtrösklar. Överst visas normala luftledningströsklar för väster (x) och höger (o) öra. I mitten visas en hörselnedsättning med brant fallande hörtröskel och nederst en grav hörselnedsättning.

I innerörat finns, förutom de sinnesceller som reagerar för vibrationsmönster och utlöser nervsignaler (inre hårceller), även så kallade yttre hårceller som har till uppgift att förstärka den inkommande signalen. En del av denna förstärkning ”läcker ut” från snäckan och kan fångas upp i hörselgången om man använder en mycket känslig mikrofon. Detta fenomen används idag för att undersöka hörselfunktionen på nyfödda barn. Man sänder in signaler via en hörtelefon och fångar därefter upp förstärkningssignalerna från de yttre hårcellerna. Registreras sådana förstärkningssignaler vet man att basilmembranets sinnesceller fungerar. Tekniken kallas **otoakustiska emissioner** (se vidare avsnitt ”För att lära sig höra...” nedan). Förutom de nämnda metoderna finns många andra sätt att mäta och utvärdera hörselförmåga. För ytterligare fördjupning, se *Nordisk lärobok i audiologi* (Arlinger 2007).



Figur 0-5. Människan normala hörområde och lika-hörnivå-kurvor enligt ISO-standard ISO 226. Den nedersta streckade kurvan representerar hörtröskeln vid normalt binauralt hörande med ljudkällan framför lyssnaren (Minimum Audible Field, MAF). Från *Nordisk lärobok i Audiologi* (Arlinger 2007).

### *Örats känslighet för frekvens och ljudtryck*

I början av detta kapitel diskuterades två viktiga egenskaper hos ljud, nämligen frekvens (upplevelsedimensionen mörk – ljus) och ljudtryck (upplevelsedimensionen svag – stark). Hörselfunktionen är dock beroende av kombinationen frekvens-ljudtryck för ljuduppfattningen. Figur 0-5 visar den verkliga uppmätta upplevelsen och känsligheten för ljud av olika frekvens och styrka där den nedre streckande kurvan visar en genomsnittlig hörtröskel. Audiogrammet (figur 0-4), däremot, ska ge en bild av en individuell hörtröskel/hörselnedsättning varför 0 dB HL redovisas som en rät linje för att underlätta tolkningen.

## Om nedsatt hörsel

### Vad innebär det att ha nedsatt hörsel?

Hörselnedsättningar kan ha olika orsaker och vara av olika grad, vara medfödda eller förvärvade. De kan ha diagnostiserats tidigt eller sent, förekomma på båda eller bara på ett öra.

Några av effekterna vid hörselnedsättning är begränsningar i förmågan att fånga upp, omvandla och/eller tolka vibrationsmönster till meningsfulla ljudupplevelser. Typ och grad av nedsättning beror på vilket (eller vilka) steg i processen som påverkats. I nedanstående beskrivs olika funktionsnedsättningar av hörseln, men det är viktigt att komma ihåg att det ofta förekommer blandformer. En hörselnedsättning kan också ge effekter som till exempel tinnitus och ljudöverkänslighet.

### **Konduktiv hörselnedsättning (ledningshinder)**

Det kan finnas tillstånd som gör att själva uppfångandet av ljud försvåras, till exempel avsaknad av ytteröra, hörselgång, trumhinna och/eller hörselben. Denna typ av hörselnedsättning benämns även **ledningshinder** eftersom den orsakas av svårigheter att leda vibrationsmönstren till innerörat. Om innerörat har god funktion kan

man prova ut en speciell typ av hörapparat som leder ljudet via skallbenet in till innerörat (se vidare avsnitt ”Om hörapparater” nedan). Vid ledningshinder finns goda möjligheter att uppnå god kompensation med hjälp av hörapparat(er).

### **Sensorineural hörselnedsättning**

Hörselfunktionen bygger som nämnts tidigare på att basilarmembranets sinnesceller reagerar på inkommande signaler. Om dessa sinnesceller är skadade, eller kanske till och med saknas, blir resultatet en så kallad sensorineural hörselnedsättning. Denna typ av nedsättning kan vara medfödd eller förvärvad. Den vanligaste typen är den förvärvade, med svårigheter att uppfatta ljusa (högfrekventa) ljud, vilken uppkommer med stigande ålder eller på grund av bullerpåverkan. Hos barn är emellertid den medfödda nedsättningen vanligast.

Om man saknar ett mycket stort antal av basilarmembranets sinnesceller kan man inte uppfatta tal och traditionella hörapparater har då inte heller någon effekt (se vidare avsnitt ”Om hörapparater” nedan). Om vissa sinnesceller är funktionella medan andra saknas eller är skadade, utlöses nervsignaler endast på delar av basilarmembranet medan det saknas aktivering av de membranpartier där sinnescellerna har nedsatt funktion. Avkodningen av språkljudens streckkoder kommer därmed att påverkas så att mönstren inte registreras i sin helhet. Vissa språkljud kommer således att vara svåra att uppfatta, andra språkljud kan vara svåra att särskilja medan några kan vara tydligt hörbara. Exakt hur man hör eller inte hör olika språkljud varierar från person till person. Generellt kan man dock säga att språkljud med markörer av framförallt ljus karaktär (exempelvis [s]) ofta är mindre hörbara än ett språkljud med mörka markörer (exempelvis [a]).

Om det finns ett reducerat antal sinnesceller på basilarmembranet kan i vissa fall ett normalstarkt vibrationsmönster inte ge en tillräckligt stark retning för att utlösa nervsignaler. Ökas däremot svängningsmönstret storlek så ökar chansen att nervsignaler ska utlösas. Då kan alltså en ljudupplevelse uppstå.

Att öka ljudnivån kan alltså öka hörbarheten. Det är dock inte lämpligt att öka ljudnivån generellt. En nedsättning av funktionen i innerörat medför alltså en ”ojämn hörbarhet”; vissa ljud kommer kanske att höras ganska bra och andra nästan inte alls. Den här ojämna fördelningen av hörbarhet kräver att man ”vrider upp



ljudstyrkan” mer för vissa ljud än för andra och detta är en av de inställningar som görs när man anpassar en hörapparat. Det bör påpekas att det också finns en mängd andra funktioner i en hörapparat som kan anpassas till den enskilda personens behov.

### **Retrokokeär hörselnedsättning**

Efter omvandling från vätskeburna vibrationsmönster till nervsignaler, förs signalerna vidare i hjärnans hörselsystem. En nedsättning i hörselnervens funktion kan påverka mönstret och medföra att det blir svårt att avkoda signalen. Denna typ av reducerad funktion benämns **retrokokeär hörselnedsättning**, vilket bland annat kan påverka signalmönstrets tidsupplösning. Signalerna blir svårare att uppfatta och man skulle kunna beskriva fenomenet som att språkljuden ”smetar av sig” på varandra. Detta ökar naturligtvis svårigheterna att urskilja exakt vilka ord det rör sig om.

### **Svårigheter att tolka**

Förmågan att identifiera och tolka det hörda är beroende av hjärnans tänkandeprocesser och vi är utrustade med många olika system för att avkoda och förstå det hörda. Det är känt att det förekommer nedsättningar i dessa centrala hörprocesser hos vuxna med förvärvade hjärnskador och liknande svårigheter finns beskrivna hos barn. Sådana nedsättningar försvårar processen att till fullo utnyttja innehållet i de registrerade ljudmönstren.

# Om hörapparater

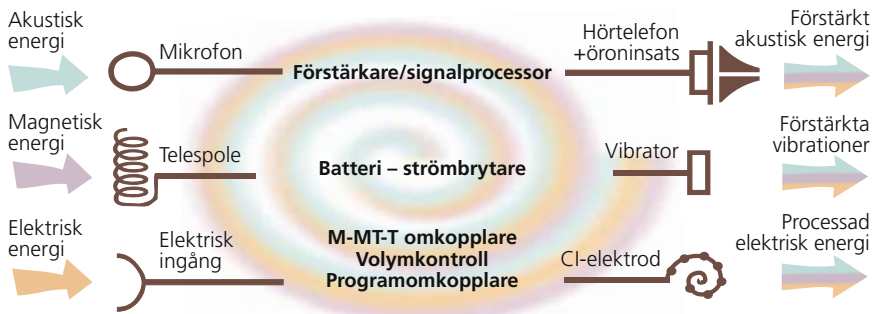
Nedsatt hörsel kan till viss del kompenseras med hjälpmedel. Då bokens huvudsyfte är att diskutera och informera om hörtekniska undervisningshjälpmedel kommer inte frågeställningar om hörapparater att belysas ingående. När det gäller övriga hjälpmedel i andra miljöer än skolor hänvisas till den internetbaserade *Hörselboken* ([www.spsm.se](http://www.spsm.se)>Läromedel>Hörselboken).

I följande del ges emellertid övergripande information om olika typer av hörapparater. För mer djupgående information hänvisas till *Nordisk Lärobok i Audiologi* (Arlinger 2007) som även innehåller information om hjälpmedel i andra miljöer än skolor. Frågor med relevans för hörapparaters användning i skolan och framförallt tillsammans med hörtekniska undervisningshjälpmedel tas upp i kapitel 4.

Hörapparaten är ett personligt anpassat hjälpmedel för att kompensera nedsatt hörselfunktion och det finns en mängd olika typer och modeller. Vid utprovningen av hjälpmedlet görs olika hörselmätningar och andra typer av undersökningar, vilka ligger till grund för val av hörapparat och inställning av dess olika funktioner.

För att kategorisera hörapparater kan många olika indelningar användas. Ett sätt är att utgå från figur 0-6 och indela hörapparaterna efter hur de presenterar ljudet till användaren.

1. Den äldsta och fortfarande mest använda hörapparaten är den som presenterar en förstärkt akustisk signal till hörselgången. Det förstärkta ljudet kommer att passera hörselsystemet på samma sätt som det gör vid det naturliga hörandet utan hjälpmedel.
2. Nästa alternativ är den apparat som presenterar förstärkta vibrationer till skallbenet. På detta sätt kan ljudet, i form av vibrationer, passera förbi ett icke funktionellt mellanöra och ledas direkt till innerörat. Där utlöses nervsignaler som ger ett hörande som i sin tur är beroende av innerörats status. Ett normalt inneröra ger i det närmaste normalt hörande.
3. Det tredje (och nyaste) alternativet är den apparat som bygger på att elektriska signaler presenteras direkt till hörselnerven. Här går man förbi både mellanöra och skadade strukturer i innerörat. Signalen har inte lägre någon direkt koppling till talsignalen utan omkodas i en ljudprocessor.



Figur 0-6. Figuren ger en översikt av hörapparaters inklusive kokleaimplantatets funktion. Till vänster i figuren är de olika ingångarna som kan kopplas in separat eller i kombination (t.ex. ett MT-läge kombinerar mikrofon och telespole).

Signalen bearbetas och förstärks sedan i en förstärkare/signalprocessor som fungerar med hjälp av ström från ett batteri. Batteriet kopplas till med en strömbrytare. Med olika reglage kan man påverka lyssnandet.

Till höger i figuren visas de olika sätten som en förstärkt signal kan överföras till personen med hörselnedsättning. De tre alternativen representerar luftledningsapparat, benledningsapparat och kokleaimplantat. Illustratör: Annette Vollrathson.

Man kan dock fundera på hur de olika typerna ska benämnas och huruvida det finns undergrupper och varianter? Populärt brukar man benämna den första gruppen ”vanliga” hörapparater eller, tillsammans med grupp 2, ”traditionella”/ ”konventionella” hörapparater. Grupp 3 är de som kallas kokleaimplantat/cochleaimplantat (på engelska *Cochlear implant*, därav förkortningen CI). Vill man vara mer precis skulle man kunna säga 1) hörapparat med akustisk ljudöverföring, 2) hörapparat med vibratorisk/mekanisk ljudöverföring och 3) hörapparat med elektrisk ljudöverföring/stimulering.

En mer fullständig uppdelning, som även tar hänsyn till hur apparaten är placerad, presenteras nedan (från *Hörapparatutprovning* av Smeds & Leijon 2000).

Ljudpresentation	Placering	Beteckning
Luftledning	I örat, allmänt <i>i beniga delen av hörselgången i hörselgången i conchan</i> Bakom örat Kroppsburen Mikrofon på motsatt sida	IÖ <i>peritympanic</i>  <i>hörselgång (CIC)</i> <i>concha</i> BÖ KB CROS
Benledning, via huden	Benledningsglasögon Hjässbygel med bentelefon	
Benledning, direkt	Benförankrad i mastoidbenet	BAHA
Elektrisk	Bakom örat Kroppsburen	CI

I fortsättningen kommer samtliga varianter att kallas för **hörapparater**, oberoende av hur de överför ljudet till hörselsinnet. Detta är ofta relevant i den pedagogiska situationen. I vissa fall där hörapparattekniken eventuellt kan tänkas ha konsekvenser för pedagogiken används beteckningen **hörapparat/CI** för att klart ange att det gäller samtliga kategorier av apparater. När diskussionen enbart rör **kokleaimplantat** kan förkortningen **CI** användas.

Nedanstående genomgång fokuseras först på en översiktlig presentation av apparattyperna i ovanstående tabell, inriktat på barn och skolungdom. Sedan kommer en mer utförlig genomgång med fokus på kokleaimplantat och dess användning. Där tas skillnader i funktion och uppbyggnad upp, samtidigt som en diskussion bland annat förs om CI-brukares upplevelse av tal och musik.

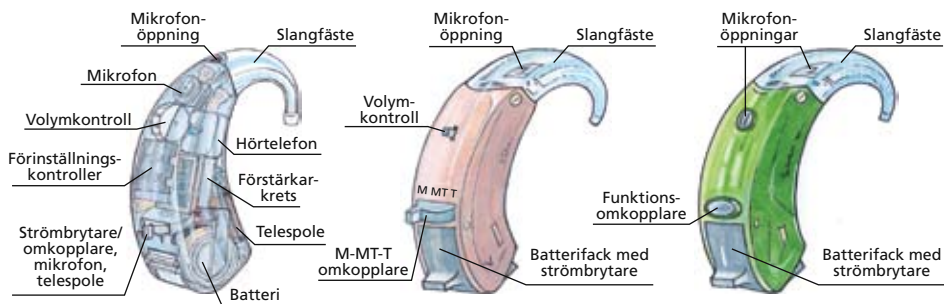
# Hörapparattyper

## Luftledningsapparater

### Bakom-örat-apparater

Om vi börjar med den apparattyp som är vanligast bland barn och skolungdom placeras den bakom örat och levererar ljudet till örat från en hörtelefon via slangfäste, slang och öroninsats (se figur 0-7). Det förekommer att hörtelefonen placeras i hörselgången och slangen ersätts då av en ledning.

För de allra yngsta barnens behov är det naturligt att söka efter små apparater, som samtidigt ska ha hög flexibilitet och vara driftsäkra. För användning tillsammans med hjälpmedel blir det viktigt att den har vissa funktioner (t.ex. M-MT-T-lägen, se vidare avsnitt "Kontroller" nedan för förklaring och kapitel 4) samt tydliga och lättanvända omkopplare. Hörapparatens storlek påverkas av hur kraftig förstärkning som krävs. För en gravare hörselnedsättning krävs i regel en större apparat.



Figur 0-7. Tre bakom-örat-apparater. a) Klassisk apparat med M-T-O-omkopplare och volymkontroll. b) apparat med tydlig M-MT-T-omkopplare och volymkontroll. c) apparat med multifunktionsomkopplare utan volymkontroll. Illustratör: Annette Vollrathson.

### I-örat-apparater

I-örat-apparater finns i olika utföranden: conchaapparat och varianter av hörselgångsapparat. Conchaapparaten utnyttjar utrymmet i conchan (övergången mellan ytteröra och hörselgång) helt eller delvis, medan hörselgångsapparat ryms i hörselgången. Då dessa hörapparater är små kräver deras användning god finmotorik.

Yngre barn kan oftast inte använda denna typ av apparat då deras öron och hörselgångar är för små. En fördel med att ha hörapparaten placerad i örat är att ytterörats naturliga förstärkning av ljud kan utnyttjas. Denna apparattyp saknar dock möjligheter till användning tillsammans med hörtekniska hjälpmedel, med undantag för conchaapparaten som kan inrymma telespole.

### *Kroppsburna apparater*

Den kroppsburna hörapparaten är numera mycket ovanlig. Den bärs i en ficka på bröstet eller i en speciell påse att hänga om halsen. Från hörapparaten går en tunn ledningstråd (hörtelefonsladd) till hörtelefonen som är placerad tillsammans med den individuellt utformade öroninsatsen i örat. Då avståndet är stort mellan mikrofon och hörtelefon kan högre förstärkning utnyttjas utan risk för återkoppling (rundgång), än vad som är möjligt i andra hörapparattyper. Tack vare sin storlek och tydliga regler är den kroppsburna hörapparaten lätt att hantera.

### *Cros-apparater*

CROS står för Contralateral Routing of Signals och används primärt vid ensidig grav hörselnedsättning. En mikrofondel placeras på örat med nedsättning och ljudet förs via sladd och hörapparatdel till det bättre örat. Sladden kan ersättas av trådlös överföring, och i vissa fall kan BAHA utnyttjas, se nedan. Effekten vid användning på barn i skolmiljö är diskutabel och andra alternativ finns (se kapitel 6).

## **Benledningsapparater**

Vissa personer med ledningsskador kan av olika anledningar inte använda öroninsats. Detta kan bero på saknad hörselgång eller tillfälliga eller kroniska sjukdomar/defekter i ytterörat, hörselgången eller mellanörat, som hindrar ljudet att nå innerörat. I sådana fall används benledningsapparater. Dessa är utrustade med en vibrator/benledare som fungerar i princip på samma sätt som en hörtelefon för luftburet ljud, men överför här istället vibrationer till skallbenet. Benledningsljudet kan ledas in till skallen på två olika sätt: ”konventionell” benledning via huden och ”direkt” benledning.

### *Direkt benledning (BAHA)*

Den benförankrade hörapparaten (BAHA) är idag den dominerande varianten för permanent bruk. BAHA finns i både kroppsburet och

huvudburet utförande. Den kroppsburna har inbyggd telespole, medan till den huvudburna kan anslutas en extern sådan.

Vid direkt benledning opereras en titanskruv in i skallbenet bakom örat. På denna skruv monteras vibratorn som förmedlar ljudintrycken via skallbenet till innerörat. Fördelen med benförankrade hörapparater är att man dels undviker att ljudet dämpas i huden bakom örat, dels slipper det ständiga trycket mot huden. Nackdelen är att det krävs ett kirurgiskt ingrepp för att kunna fästa apparaten. BAHA kan även utnyttjas som CROS-apparat genom att BAHA-apparaten sätts på den ”döva” sidan och den förstärkta signalen förs som vibrationer genom skallen till den normala koklean på motsatt sida.

### *Benledning via huden*

Vid konventionell benledning pressas vibratorn/benledaren mot huden bakom örat för att vibrationerna sedan via skallbenet ska nå innerörat. Benledaren måste trycka mot huden med ganska stor kraft vilket kan vara besvärande. Benledaren hålls på plats med en fjädrande bygel (diadem) och en kroppsburen apparat svarar för signalbehandlingen. I benledningsglasögon är vibratorn monterad i glasögonskalmarna.

En konventionell benledningsapparat kan ses som en möjlighet att testa benledningshörande inför operation eller användas för tillfälligt bruk. Konventionell benledning var tidigare ett mycket använt alternativ, men har nu ersatts av BAHA.

## **Elektriskt stimulerande hörapparater**

### *Kokleaimplantat*

Kokleaimplantatet är den dominerande elektriskt stimulerande hörapparaten även om det i begränsad omfattning används så kallade hjärnstamsimplantat. Kokleaimplantatet används när en andra hörapparater inte kan ge tillräcklig hjälp att uppfatta ljud. Så är fallet om det finns alltför få fungerande sinnesceller i innerörat. En teknik har därför utvecklats, vilken innebär att en elektriskt kodad signal sänds direkt till hörselnerven. Detta sker genom att en mycket tunn, trådliknande konstruktion kirurgiskt placeras i innerörats snäcka. Delar av hjälpmedlet opereras alltså in i kroppen.

Enkelt uttryckt kopplar man bort funktionen hos ytter-, mellan- och inneröra och låter en dator sända signaler direkt till hörsel-

nerven. Den naturliga hörseln ersätts alltså med ett datorgenererat mönster. När detta når hjärnan omtolkas det och ger upplevelser av ljud. Hjärnan kan nämligen översätta och tolka det konstgjorda mönstret till en ljudupplevelse.

Kokleaimplantat förekommer i både kroppsburen och huvudburen version. Problem har funnits med telespolelösningar (jfr BAHA), men detta är nu på väg att förbättras.

## Hörapparaters funktion

En hörapparat har till huvudsaklig uppgift

- att kompensera för nedsatt hörbarhet av intressanta ljud
- att begränsa starka ljud, så att de inte blir för starka
- att optimera taluppfattning och komfort.

Hörapparaters ljud ska vara behagligt och den ska vara bekväm att bära. Ljudet ska kunna bli starkt, men det får aldrig bli obehagligt starkt för bäraren. Detta gäller oavsett typ av ljud och hur olika yttre kontroller (volymkontroll, programomkopplare) är inställda. Avsnittet har tidigare behandlat hur hörapparater i stort fungerar och vilka typer som finns med avseende på hur de bärs. En annan indelningsgrund bygger på hörapparaters funktion, linjära respektive olinjära apparater. Ytterligare en indelning är teknisk till sin natur och syftar då på om analog eller digital teknik använts.

### Linjära och olinjära hörapparater

Äldre hörapparater hade samma förstärkning oberoende av om ljudet som kom in i apparaten var svagt eller starkt, tal eller buller. Man sade att hörapparaten arbetade linjärt. Riktigt starka ljud begränsades för att inte bli obehagliga. För att ge ett mer behagligt och naturligt hörande introducerades hörapparater som mer automatiskt kunde variera sin förstärkning beroende på insignalens styrka. Dessa hörapparater arbetar med en olinjär förstärkning vilken anpassats till örats begränsade arbetsområde (dynamik). Svaga ljud får hög grad av förstärkning, normalstarka ljud lite mindre och starka ljud ännu mindre förstärkning. Denna teknik finns i både analoga och digitala apparater. I den digitala apparaten har man dessutom introducerat egenskaper som försöker anpassa förstärkningen, inte bara



till signalens styrka utan också till dess karaktär. I dessa apparater försöker man ge talet prioritet över bullret. Kokleaimplantaten måste med nödvändighet arbeta olinjärt för att anpassas till ett extremt litet ”elektriskt dynamikområde” i hörselnerven. Ett annat exempel på olinjär signalbehandlig är omkodningen som görs i processorn för att passa överföringen till hörselnerven via ett fåtal elektroder.

## **Analoga och digitala hörapparater**

Den analoga tekniken var helt dominerande i konventionella hörapparater fram till 1990-talet. Då kom de första digitalt programmerbara analoga hörapparaterna. Skillnaden för utprovaren var att de analoga apparaterna ställdes in med hjälp av skruvmejsel och små potentiometrar, medan de digitalt programmerbara ställdes in med hjälp av dator.

För personen med hörselnedsättningen märktes ofta ingen större skillnad om man inte hade fått en apparat med flera program, en så kallad multiprogrammerbar apparat. Mot slutet av 1990-talet introducerades de första helt digitala hörapparaterna och de marknadsfördes som något som skulle revolutionera hörandet för personen med hörselnedsättningen. Skillnaderna i utbyte med denna nya teknik blev inte alltid så uppenbar. Hörapparaterna fick större inställningsmöjligheter och nya funktioner som olika former av störningsundertryckning m.m. Vissa nya hörapparater tappade möjligheter för användaren att påverka lyssnandet genom att volymkontrollen togs bort och hörapparatsens automatik förutsattes klara det mesta. Idag ses volymkontrollen åter som något användbart och kan i ökad omfattning fås för den som önskar påverka sitt lyssnande. De flesta hörapparater byggs idag med digital teknik, en teknik som bidrar till ökade möjligheter att utveckla både konventionella hörapparater och kokleaimplantat.

## **Hörapparaters delar**

De flesta hörapparater innehåller mikrofon, telespole, elingång, förstärkare/signalprocessor, kontroller för volym, programval, signalgivare, batteri samt öroninsats. Nedanstående genomgång tar upp gemensamma komponenter och några av de som skiljer sig åt vid luftledd, benledd samt elektrisk överföring. Avsnittet ”Kokleaimplantat – Fördjupning” innehåller ytterligare information om just CI.

*Mikrofon* – Mikrofonens uppgift är att fånga upp ljud för att omvandla det till en elektrisk signal. Mikrofonen i en kroppsburen hörapparat bör sitta i den övre kortsidan för att ta in så lite klädprassel som möjligt. Denna störning undviks på huvudburna apparater, vilka istället kan störas av vindbrus. Om kokleaimplantatet har en kroppsburen processorn är ändå mikrofonen placerad uppe vid örat.

*Telespole* – Telespolen gör att hörapparaten kan ta upp ljud på induktiv, elektromagnetisk väg. För att kunna lyssna över en teleslinga krävs att hörapparaten kopplas om till T-läge. Vissa apparater har MT-läge vilket innebär att både mikrofon och telespole fungerar samtidigt. Vikten av M-MT-T-läge diskuteras i kapitel 4. Tilläggs bör att det finns hörapparater som saknar telespole och dessa har begränsningar när det gäller att höra på avstånd.

*Elektrisk ingång* – Vissa hörapparater/CI har elektrisk ingång. Kallas också el-ingång eller audioingång och till den kan olika signalkällor anslutas, exempelvis en Mp3-spelare, yttre mikrofoner eller radiomottagare. Denna funktion är viktig om man vill höra störningsfritt på avstånd och inte har tillgång till teleslinga. Anslutning till elektriska ingången görs via en så kallad ”audiosko” som förekommer i olika varianter beroende på vilken apparat den ska passa till.

*Kontroller* – De kontroller som är intressanta är de som är åtkomliga för användaren. Alla hörapparater har en strömbrytare samt ofta även en omkopplare mellan M- och T-läge. Det kan dessutom finnas en kontroll för programval med vilken man kan välja funktioner anpassade till olika lyssningsmiljöer. En volymkontroll ökar möjligheterna både till anpassning mot hörselnedsättningen och lyssningsmiljön. De allra minsta hörapparaterna, hörselgångsapparaterna, saknar oftast de sistnämnda kontrollerna. I vissa fall kan dessa manövreras med en fjärrkontroll.

*Förstärkare/signalprocessor* – Denna enhet är den som sköter anpassningen av ljudet från mikrofonen till den signalväg som är aktuell för de olika hörapparatstyperna. Dessa är hörtelefon, vibrator/benledare och elektrodrad/CI-elektrod.

*Batteri* – Batterier förekommer av olika typer och i olika storlekar. De vanligaste typerna är zink-luft-batterier, alkaliska batterier och

silveroxidbatterier. Ju större batteri, desto större kapacitet och livslängd. Se även bilaga 2.

*Hörtelefon* – Hörtelefonen omvandlar den förstärkta och anpassade elektriska signalen till ljud. Från den kroppsburna hörapparaten är en sladd sammankopplad med hörtelefonen som i sin tur är placerad i örat med öroninsatsen. I huvudburna hörapparater är hörtelefonen oftast inbyggd i apparaten och ljudet leds via ett slangfäste, en plastslang och öroninsatsen in i hörselgången. Vissa bakom-örat-apparater har en extern hörtelefon som placeras direkt i hörselgången.

*Slangfäste* – Slangfästet är en integrerad ljudledande del av bakom-örat-apparaten som leder ljudet från hörtelefonen. Det är dock utbytbart av två skäl. Anpassning till örats passform kan förbättras om man till barn använder ett mindre fäste, ett så kallat barnslangfäste, i stället för det som är standard. Det finns också slangfästen med olika dämpning så att apparatens förstärkningsegenskaper kan påverkas. Denna anpassning görs i samband med utprovningen.

*Öroninsats* – Öroninsatsen har till uppgift

- att hålla hörapparaten på plats
- att överföra ljud från hörtelefonen till hörselgången
- att kontrollera ljudläckage från hörselgången.

Insatsen är en viktig del av hörapparaten och den tillverkas individuellt efter en avgjutning av örat/hörselgången. Det finns olika typer av insatser beroende på vilken hörapparat som används. Dimensionerna i insatsens ljudkanal har betydelse för hörapparatus akustiska egenskaper i bas- och diskantområdet. Insatserna kan göras i hårda respektive mjuka material, oftast akrylplast. Vid allergiska problem i hörselgången får alternativa material provas. En insats som sluter tätt ger ofta besvär i form av lockkänsla. Detta kan i viss mån kompenseras om det parallellt med ljudkanalen borrar en luftkanal/vädringskanal. Hos barn som växer måste öroninsatsen bytas ut med jämna mellanrum. En öroninsats kan även behövas för att hålla den huvudburna ljudprocessorn eller den kroppsburna processorns mikrofondel hos ett CI på plats.

Öroninsatsen behöver tvättas regelbundet, då smuts och vax lätt kan täppa igen de smala kanalerna. Insatsen rengörs med ljummet vatten och ett mildt diskmedel. En liten tandborste kan vara till

hjälp. Glöm inte att lossa insatsen från hörapparaten före rengöring. Det är mycket viktigt att insatsen är helt torr innan den sätts tillbaka på hörapparaten.

*Benledare/vibrator* – Används när det inte är aktuellt att överföra ljud via hörtelefon utan via vibrationer till skallens ben.

*Elektrodrad/CI-elektrod* – Den inopererade del som överför den elektriska stimuleringen till hörselnerven (se avsnitt ”Kokleaimplantat – Fördjupning”).

## Synpunkter på ny teknik

Det är naturligt att man som förälder eller lärare vill att barnet/ eleven ges bästa möjliga tekniska förutsättningar. Detta kan göra att man gärna vill prova ny teknik och särskilt som den många gånger marknadsförs som ”revolutionerande”. Särskilt har man i teknikskiftet analog-digital många gånger haft förväntningar att en digital apparat med nödvändighet skulle fungera bättre än en analog. Vad man då glömmer bort är att det är de funktionella egenskaperna som är avgörande för brukarnyttan, inte konstruktionstekniken. Det finns många exempel på hur elever i bästa välmening fått prova teknik med mer ”avancerad” signalbehandling samtidigt som den nya apparaten inte haft samma nödvändiga basfunktioner (t.ex. M-MT-T-läge och volymkontroll) som den tidigare. Resultatet är givetvis inte särskilt lyckat. Prioritering av hörapparatfunktioner för skolbarn diskuteras mer i kapitel 4.

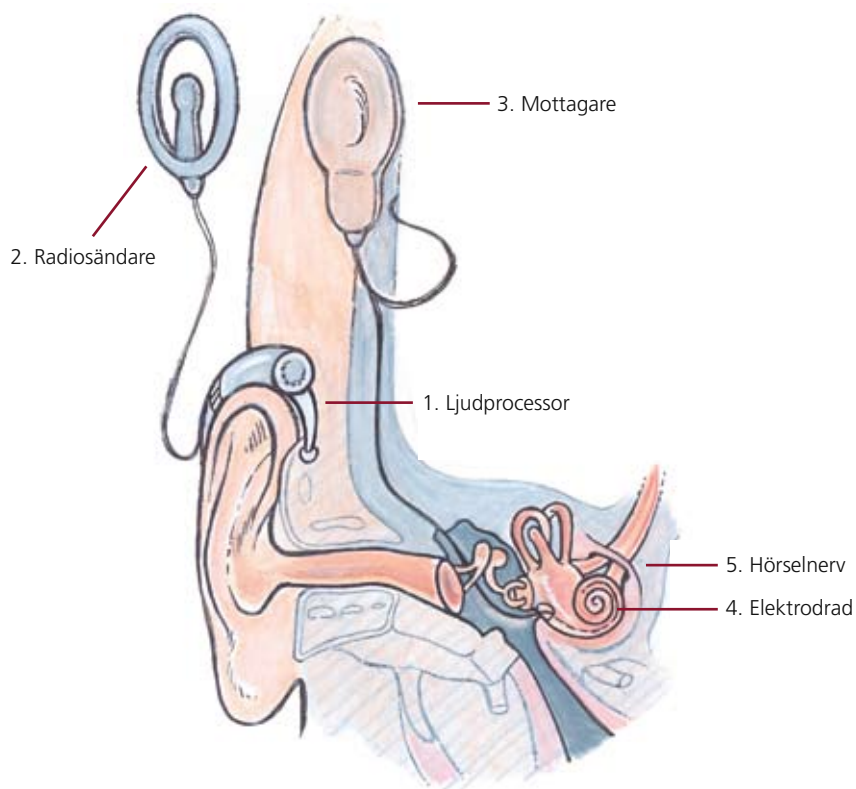
## Kokleaimplantat – fördjupning

Den elektriskt stimulerande hörapparaten, fortsättningsvis benämnd kokleaimplantat, är en teknik där den akustiska/mekaniska hörsel-funktionen ersätts med en elektrisk stimulering av hörselnerven. Detta hörhjälpmedel används vid grava hörselnedsättningar och ger information om framför allt tal, medan andra ljud ibland kan uppfattas mindre tydligt.

## Kokleaimplantatets delar

Ett kokleaimplantat består av flera olika delar. De yttre delarna, det vill säga de delar som bärs utanpå kroppen består av en så kallad ljudprocessor, en mycket liten men kraftfull dator som oftast bärs bakom örat som en traditionell hörapparat, en batterihållare, en mikrofon, en sändare och sladdar som förbinder de olika delarna. Batterihållaren kan antingen vara integrerad med ljudprocessor-delen eller bäras separat i en batteripack. Härutöver finns kontakter för anslutning av annan teknisk utrustning som till exempel extern mikrofon och hörtelefon (används för att kontrollera den inbyggda mikrofonens funktion). Kokleaimplantat har också strömbrytare och omkopplare på samma sätt som andra hörapparater.

De inopererade delarna består av en mottagare, en elektrodrad placerad i innerörat och sladdar som förbinder delarna (se figur 0-8).



Figur 0-8. Översiktsbild av kokleaimplantat. Illustratör: Annette Vollrathson.

Elektrogradens placering i snäckan medför att den inte når de djupast liggande delarna, där mörka (lågfrekventa) ljud registreras. Det finns en typ av kokleaimplantat som kombinerar akustisk och elektriskt stimulering. Tekniken bygger på att man tar tillvara den kvarvarande biologiska hörselns funktionen i de djupt liggande sinnescellerna och ”kompletterar” denna signal med elektrisk stimulering som ersättning för de icke-funktionella yttre delarna. Metoden ”elektrisk-akustisk” stimulering är i skrivande stund ovanlig.

Ett annat alternativ för att få tillgång till både ljusa och mörka ljud är att kombinera de två typerna av hörapparater. På ena örat används en traditionell hörapparat och på andra örat ett kokleaimplantat.

### **Hur fungerar ett kokleaimplantat?**

Kokleaimplantatets mikrofon (mikrofoner) fångar upp ljud, vilket bearbetas av datorn (ljudprocessorn) till ett elektriskt signalmönster. Detta signalmönster skickas via sladdar, sändare och mottagare in till innerörat. Sändaren sitter utanpå huvudet och hålls på plats av en liten magnet som fäster mot en metallplatta under huden, där också mottagaren är placerad. Överföringen av signalen sker induktivt eller med radiovågor. En tråd löper från mottagaren genom en kanal i skallbenet fram till mellanörat, genom detta och vidare in i innerörat. Den del av implantatet som placerats in i innerörat har ett antal aktiva ”punkter”, en så kallad elektrograd som kan fortplanta de elektriska impulserna till hörselnerven. Signalmönstret, som simulerar basilmembranets plats-frekvensanalys (se avsnitt ”Att omvandla ljud...” i ”Om hörsel” ovan), leds så vidare in i nervsystemet och upp till hjärnans hörselcentrum. För en visuell beskrivning av hur ett kokleaimplantat fungerar, se filmen ”Så fungerar ett kokleaimplantat” i *Hörselboken* på Specialpedagogiska skolmyndighetens hemsida ([spsm.se](http://spsm.se)>Läromedel>Hörselboken).

### **Hur bra hör man med ett kokleaimplantat?**

Kokleaimplantat ger inte en, med biologisk hörsel, jämställd förmåga att uppfatta ljud men det kan ge tillräcklig information för att uppfatta de viktigaste delarna av talsignalen. Signalen förmedlar dock, som framgått ovan, mer information om framförallt ljusa (högfrekventa) ljud.

Man kan säga att personer som hör med kokleaimplantat har **nedsatt hörselskärpa**. Det är alltså inte bristande styrka som är huvudbegränsningen utan graden av informationsinnehåll. Det bör tilläggas att man vid inställning av ljudprocessorn dessutom i allmänhet inte strävar efter att återskapa en normal hörtröskel utan hamnar på en nivå vid ca 30-35 dB HL (se kapitel 1). Härigenom sorteras en mängd svaga ljud med lågt informationsinnehåll bort medan talsignalen hamnar på en lagomnivå. Ett exempel på olinjär förstärkning.

Hur bra hörseluppfattning en användare av kokleaimplantat får, beror på ett flertal faktorer. Vissa särdrag som utmärker hörandet har att göra med egenskaper i signalöverföringen från ljudprocessorn till hörselnerven. Både nerven och processorn kan, var för sig, hantera mycket stora mängder information. Begränsningarna ligger istället i kontakten mellan de två, vilket innebär att processorn inte kan skicka ett oändligt antal signaler till nerven på en och samma gång. Detta är orsaken till att man via processorns programmering från början måste bestämma vilken del av vibrationsmönstret som ska väljas ut av processorn och som sedan sänds till hjärnan. Ljudprocessorn måste med andra ord programmeras till att vara ekonomisk och bara välja ut den information som är mest viktig.

Olika tillverkare utvecklar nya vägar att koda signalmönstret så att man kan utnyttja kontaktpunkterna så optimalt som möjligt. Denna utveckling sker kontinuerligt och den som vill fördjupa sig i just denna fråga bör vända sig till enskilda tillverkare för att få den senaste informationen. De strategier, eller programmeringsknep, som används för att överföra de för taligenkänning viktigaste mönstren får stora konsekvenser för personen som är beroende av ett kokleaimplantat för att kunna höra.

Andra faktorer som påverkar hörandet med kokleaimplantat kan ha att göra med snäckans anatomi, funktionen i hörselnerv och hörselbanor, medicinsk-tekniska faktorer samt den personliga fallenheten att kunna utnyttja signalmönstret för tolkning.

## **Kokleaimplantat – för vem?**

Från början erbjöds kokleaimplantat enbart till vuxna med en grav, förvärvad hörselnedsättning. Resultaten var positiva och man prövade då att ge barn som förlorat hörselfunktionen kokleaimplantat. Även här var resultaten uppmuntrande och många barn fick god användning av hjälpmedlet för talkommunikation. Det visade sig också med tiden att många barn med medfödd grav hörselnedsätt-

ning fick stor nytta av kokleaimplantat. Många av dem utvecklade förmåga att höra och att kommunicera via tal (se avsnitt ”Tvivel om nyttan” nedan). Samtidigt framstod med tydlighet att en mängd faktorer påverkar utfallet för det enskilda barnet.

Syftet med kokleaimplantat är i allmänhet att ge barnet möjligheter att utveckla förmåga till talkommunikation, men det är inte den enda avsikten. Under senare tid har målsättningen vidgats, så att kokleaimplantat exempelvis erbjuds i syfte att ge barn med flerfunktionshinder bättre omvärldsorientering.

### **Tvivel om nyttan**

Det var länge osäkert om kokleaimplantat skulle kunna ge förmåga att höra till barn som fötts med mycket grav hörselnedsättning.

Uppfattningarna om vad som är det mest gynnsamma kommunikationssättet för denna grupp av barn har varit motstridiga (se vidare kapitel 3).

1988 fick för första gången ett barn med en grav, medfödd hörselnedsättning ett kokleaimplantat. Reaktionerna var mycket blandade. För gemene man framstod tekniken som ett genombrott. För personer med förankring i teckenspråket upplevdes den nya tekniken dock ofta som ett hot. Man menade att barn med grava hörselnedsättningar inte skulle kunna ges hörselupplevelser genom teknik, utan först och främst måste tillförsäkras tillgång till teckenspråk.

Det framhölls vidare att tekniken var obeprövad och att man faktiskt inte visste om barnen skulle kunna lära sig utnyttja den datorgenererade signalen. Till skillnad från tidigare användargrupper hade dessa barn inte någon erfarenhet av ljudupplevelser och hade aldrig utvecklat biologisk förmåga att höra. Kritikerna underströk vidare att de långsiktiga följderna av det operativa ingreppet var okända, liksom effekten av implantation av ett främmande föremål.

Den idag sammantagna erfarenheten visar emellertid att de ursprungliga förväntningarna på brukarnytta har överträffats, men samtidigt har också kunskapen om svårigheterna med tekniken ökat. Kokleaimplantatet används numera regelmässigt vid gravt nedsatt hörselfunktion. I Sverige erhåller det stora flertalet barn med medfödd grav hörselnedsättning kokleaimplantat. Det finns dock ett fåtal barn per årskull, vilka för närvarande inte kan dra nytta av tekniken. Den förutsätter nämligen existens av vissa anatomiska strukturer, exempelvis hörselnerv.



## För att lära sig höra behövs tidig upptäckt och stöd

I Sverige erbjuds alla nyfödda barn hörselundersökning med otoakustiska emissioner (se avsnitt ”Att mäta hörsel” i ”Om hörsel” ovan). Detta innebär att de allra flesta fall av grava hörselnedsättningar upptäcks mycket tidigt. Det är sedan länge känt att resultaten av hörselhabiliterande åtgärder blir väsentligt bättre om dessa inleds innan barnet uppnått sex månaders ålder. Det bör understrykas att detta inte bara gäller habilitering med kokleaimplantat utan användning av hörapparater generellt.

Tidig upptäckt i kombination med medicinska utredningar och hörselhabilitering har väsentligt ökat möjligheterna för barn med grav hörselnedsättning att tillägna sig funktionell hörsel och att utveckla talat språk. Brukarnytan av kokleaimplantat varierar mycket i alla åldersgrupper. Då det gäller barn är variationen mycket stor.

Hörselförmågan är inte något som uppstår i örat, utan är ett resultat av hjärnans bearbetning av inkommande signaler. Barn med grav hörselnedsättning går miste om de tidiga faserna av naturlig hörselutveckling (se avsnitt ”Att tolka nervsignalerna från innerörat” i ”Om hörsel” ovan). Även barn med tidig upptäckt och hörapparat-/kokleaimplantatdebut blir försenade, i jämförelse med barn som har normalhörsel. Barnen kan sägas bli hörselförsenade och riskerar därmed att sekundärt också bli försenade i sin talspråksutveckling. Termen ”hörselålder” används ofta för att beskriva hur lång tid ett barn har haft tillgång till kokleaimplantat. Ett treårigt barn som har använt kokleaimplantat under två år har alltså en hörselålder motsvarande två år.

Ju tidigare barnet får tillgång till hörselupplevelser, desto mindre blir glappet mellan barnets kronologiska ålder och hörselålder och därmed minskar risken för talspråksförsening. Efter fyra till fem års ålder blir det allt svårare att lära sig höra om man saknar tidigare hörselupplevelser. Det finns dock barn som har stor brukarnytta av kokleaimplantat även om de fått tillgång till tekniken relativt sent. Barnen uppvisar i allmänhet mycket mindre tillförlitlig hörselfunktion än barn som fått kokleaimplantat tidigt i livet.

Det är omöjligt att med säkerhet förutsäga vilken brukarnytta ett enskilt barn kommer att få av kokleaimplantat. Förmågan att utnyttja hjälpmedlet är beroende av en mängd omständigheter, däribland inneboende egenskaper hos barnet men också en rad yttre faktorer som språkmiljö och förhållningssätt.

Inte alla barn som får kokleaimplantat är födda med gravt nedsatt hörsel. En fruktad komplikation till hjärnhinneinflammation är hörselnedsättning men det finns även andra orsaker till att barn kan få gravt nedsatt hörselfunktion även om de är födda med normalhörsel. Generellt sett har personer, som förlorat hörselfunktionen efter att de utvecklat förmåga att höra och använda talspråk, goda möjligheter att lära sig lyssna med kokleaimplantat, men naturligtvis varierar graden av brukarnytta också inom denna grupp.

## **Två kokleaimplantat**

Sedan några år tillbaka får allt fler barn dubbelsidigt kokleaimplantat, en förändring som har flera olika bevekelsegrunder. Som noterats ovan måste hörselnerven stimuleras tidigt i livet för att utveckla sin funktion. Om en person, som fått ett kokleaimplantat som barn, senare i livet skulle förlora funktionen i nerven på det implanterade örat så kommer det bli svårt att utveckla funktionell hörsel i det andra örat. Nerven kommer att vara ”otränad” och därmed ha en oåterkalleligt nedsatt funktion.

En annan anledning till att man numera ofta ger dubbla kokleaimplantat är att man hoppas att detta ska ge användaren riktningshörsel; det vill säga att kunna uppfatta varifrån ett ljud kommer. Denna förmåga är beroende av samtidig bearbetning av information från båda öronen. Att uppfatta varifrån ett ljud kommer underlättar samtal men har också en viktig funktion när det gäller att reagera på annalkande faror. Ett besläktat fenomen till riktningshörseln är förmågan att uppfatta tal i buller, något som är lättare att göra om man hör med båda öronen.

Forskningsresultaten vad gäller utvecklandet av riktningshörsel med dubbelsidigt kokleaimplantat är inte helt entydiga men nya resultat tyder på att denna förmåga kan utvecklas om barnet får kokleaimplantat på båda öronen tidigt. Det finns också resultat som visar att förmågan att höra tal i buller blir bättre med två kokleaimplantat.

## **Elever med kokleaimplantat**

Barn med kokleaimplantat är helt beroende av att den tekniken fungerar klanderfritt, utan fungerande apparat hör eleven ingenting alls. Batterier kan ta slut och sladdar gå av. Det är vanligt med smärre tekniska problem. Småbarn kan inte förväntas att själva påpeka om problem skulle uppstå med apparaturen. Äldre barn är

ofta medvetna om vad som hänt och säger till. Dock påverkas deras tal ofta inte alls av att den tekniska utrustningen slutat fungera, vilket gör att en utomstående har svårt att uppfatta att något hänt. Det är av yttersta vikt att personer i barnets omgivning har kunskap om kokleaimplantatets funktion och skötsel.

Många barn med kokleaimplantat utvecklar ett utomordentligt tydligt tal. Detta är en konsekvens av att ljudprocessorn väljer ut akustiska mönster som är viktiga för uppfattning av talljud. Man bör dock ha i åtanke att barnen ofta inte uppfattar lika väl som man skulle kunna tro av uttalet. Att höra i vardagen kan vara utmanande beroende på alla störande ljud som förekommer i verkliga livet. Man får inte invaggas i tron att barn med kokleaimplantat är normalhörande, det goda talet till trots.

Tekniken med kokleaimplantat medför nya pedagogiska utmaningar. Det är nödvändigt att personer som möter barn med kokleaimplantat har en god kunskap om hur eleven ska tillförsäkras en god akustisk miljö. Detta omfattar såväl förståelse för hur tekniken fungerar, hur den hanteras i vardagen och för lämpliga kommunikativa strategier. Det är viktigt att teknisk kringutrustning såsom till exempel teleslingor och FM-system används systematiskt.

I gruppen äldre elever finns ungdomar med hörselnedsättningar som fått hjälpmedlet relativt sent och ungdomar med förvärvade hörselnedsättningar som tidigare haft normalhörsel. Gruppen är heterogen men har behov av andra stödåtgärder än yngre elever. Strategier med olika typer av skriftligt stöd är ofta väl lämpade.

I gruppen elever med kokleaimplantat finns även barn med ytterligare funktionsnedsättningar. Målsättningen varierar alltefter individ. Det är dock viktigt att framhålla att också elever som inte använder kokleaimplantat framförallt för talspråkskommunikation behöver stöd för att utveckla förmågan att höra.

## **Musik och lyssnande med kokleaimplantat**

Musik är en central del av hörande personers kulturella gemenskap. Historiskt sett har musikaliska aktiviteter varit en del av utbildningen för personer med grava hörselnedsättningar. Många vuxna döva kan berätta om hur man undervisats i till exempel pianospelande och att blockflöjtskonserter varit en traditionell del av skolavslutningar; något som upplevts som både absurt och kränkande.

Dagens situation är annorlunda, nu önskar barn och ungdomar med hörselnedsättningar och kokleaimplantat att lyssna på musik,

något som i första hand inte varit syftet med det hörhjälpmidlet. Vuxna som förlorat hörseln och därpå fått kokleaimplantat berättar om förväntningarna på att återigen kunna höra musik, men många rapporterar att de inte alls kan uppfatta musik som innan. Anledningen är bland annat att kokleaimplantat i sin ursprungsförm programmerats för att välja ut speciella akustiska områden som är viktiga för talsignalen. Akustiskt skiljer sig musik från tal bland annat genom att ljudmönstret har mycket större spridning i frekvens. De tryckförändringsmönster som vi upplever som musik utlöser svängningsmönster över mycket stora delar av basilar membranet. Musik utgörs oftast av en blandning av ljud från olika instrument och är därmed mycket komplexa. Information från kokleaimplantatets ljudprocessor, programmerad för taluppfattning, räcker inte till för att hjärnan ska kunna urskilja spännvidden i frekvens hos musik. Resultatet är att det blir svårare att höra ut tonhöjd och tonhöjdvariationer än för personer med normalhörsel. Musikens rytm uppfattas däremot relativt sett bättre.

Moderna ljudprocessorer har flera valbara program och bland dessa finns speciella ”musikuppfattningsprogram” vilket underlättar musikhörande. Forskningen och utvecklingen inom området går för närvarande snabbt framåt.

Man bör dock hålla i minnet att barn, som inte har några hörselminnen av musik, och ingen förutfattad mening om hur det bör låta, trots allt har principiellt begränsade möjligheter att uppfatta tonrikedomen i musik i jämförelse med barn som har full hörselförmåga. Många barn med kokleaimplantat, är individualplacerade i sin lokala skola där läroplanen omfattar ämnet musik. Det är viktigt att förstå att en elev med kokleaimplantat, trots mycket gott uttal och god förmåga att uppfatta tal, kan ha stora begränsningar i förmågan att höra vissa musikaliska mönster. Det är dock viktigt att förstå att upplevelsen av musik är subjektiv. Den enskilda personens musikaliska preferenser kan aldrig ifrågasättas, däremot kan vissa typer av uppgifter vara mindre lämpade att ge till en elev som använder kokleaimplantat för sitt lyssnande.

För mer information om utfallet av kokleaimplantatanvändning hos barn och ungdomar se ”Efficacy and effectiveness of cochlear implants in deaf children” av Pisoni m.fl. i *Deaf Cogniton*, red. Marek Marschark och Peter C Hauser, Oxford University Press (2008).

# Perceptuella konsekvenser vid hörselnedsättningar

### Kapitelöversikt

Hörselnedsättningar kan ha olika orsaker samt vara av olika grad och art. Att vissa ljud uppfattas svagt eller inte alls är bara en av effekterna. Starka ljud kan upplevas vara lika starka som för personer med normalhörsel eller i vissa fall till och med att upplevas som starkare. Örats arbetsområde, det så kallade dynamikområdet, är reducerat och detta är en viktig faktor att ta hänsyn till vid hjälpmedelsanpassningen.

Kvalitativt finns också betydande skillnader mellan normalhörseln och en nedsatt hörsel. Till exempel minskar tydligheten i det som hörs, bl.a. på grund av en minskad frekvens- och tidsupplösning förmåga hos örat. Möjligheten att utnyttja binaural hörsel (samtidigt hörande med båda öronen) minskar också, vilket medför svårigheter att lokalisera ljudkällor (så kallad riktningshörsel) och dessutom försvåras lyssnande i bullriga miljöer.

En hörselnedsättning ställer krav på både miljö och hjälpmedel. För att tydliggöra detta introduceras här begreppet signal-brusförhållande (SNR), där signalen är den nyttiga informationen och bruset står för den oönskade störningen. Kravet som en hörselnedsättning ställer på SNR diskuteras och relateras till det behov som personer med normalhörsel har.

Det är en stor utmaning att åstadkomma en miljö där pedagogik, akustik och teknik samspelar för att ge optimala förhållanden för inläring. Mycket talar för att förutom svårigheter att höra och förstå, orsakar en dålig lyssningsmiljö också trötthet och problem att minnas.

I kapitlet berörs också något om tolkningen av audiogram som upptas i fritt ljudfält.

# Inledning

Det är viktigt att känna till vilka individuella och miljömässiga faktorer som påverkar ljuduppfattningen hos en person med hörselnedsättning. Vad kan kompenseras med hjälpmedel och vad kan inte?

För att lättare förstå effekten av akustik och hjälpmedel kommer detta kapitel att ingående behandla begreppet signal-brus-förhållande (SNR) och de krav en hörselnedsättning ställer på lämpliga värden.

## Effekter av hörselnedsättningar

### Att mäta och beskriva hörselnedsättningar

Det vanligaste sättet att beskriva effekten av en hörselnedsättning är att redovisa denna i ett tonaudiogram. Tonaudiogrammet åskådliggör de **hörtrösklar** vid vilka en person nätt och jämt kan uppfatta toner av olika frekvens. Hörtröskelnivån anges i dB relativt genomsnittlig hörtröskel vid normalhörsel, och kallas hörselnivå, vilket förkortas dB HL (efter engelskans "hearing level"). Den normala hörtröskeln är angiven till 0 dB HL, men man brukar inte tala om hörselnedsättning om hörtröskeln inte överstiger 20 dB HL.

Tonaudiogrammet säger egentligen inte något om hur tal uppfattas, än mindre om hur en person med hörselnedsättning uppfattar tal i en miljö med störande ljud. Om man ser till stora populationer är tonaudiogrammet ett kraftfullt verktyg för att förutsäga talförståelse. Denna användbarhet minskar emellertid om man tillämpar metoden på enskilda individer men försök att hitta andra mått för förutsägelse av talförståelse har hittills gett dåliga resultat. För vissa personer kan det givetvis vara ännu mer osäkert att från audiogram dra slutsatser om förmågan att höra och förstå tal, då det inte är helt ovanligt att orsaken till hörselnedsättningen kan för-

knippas med andra, mer centrala, skador. Att ignorera audiogrammet kan å andra sidan leda till att en potentiell hörsel inte utnyttjas.

Ett tonaudiogram kan uppmätas på olika sätt. Man kan använda hörtelefoner och bentelefon, vilket ger luftledningströsklar respektive benledningströsklar (se avsnitt ”Att mäta hörsel” i Gula sidorna). Man kan också använda högtalare och mätningen sker då i ett tyst rum där man genom god dämpning av reflexer har kontroll på ljudutbredningen. Man får en tröskel som benämns ”ljudfältströskel” eller ”frifältströskel” och som i regel motsvarar luftledningströskeln i det öra personen hör bäst med. I detta ljudfält kan man också göra mätningar med det individuella hjälpmedlet (hörapparat/CI) och detta kan användas vid hjälpmedelsanpassning.

## Effekter

### Om effekter vid sensorineural hörselnedsättning

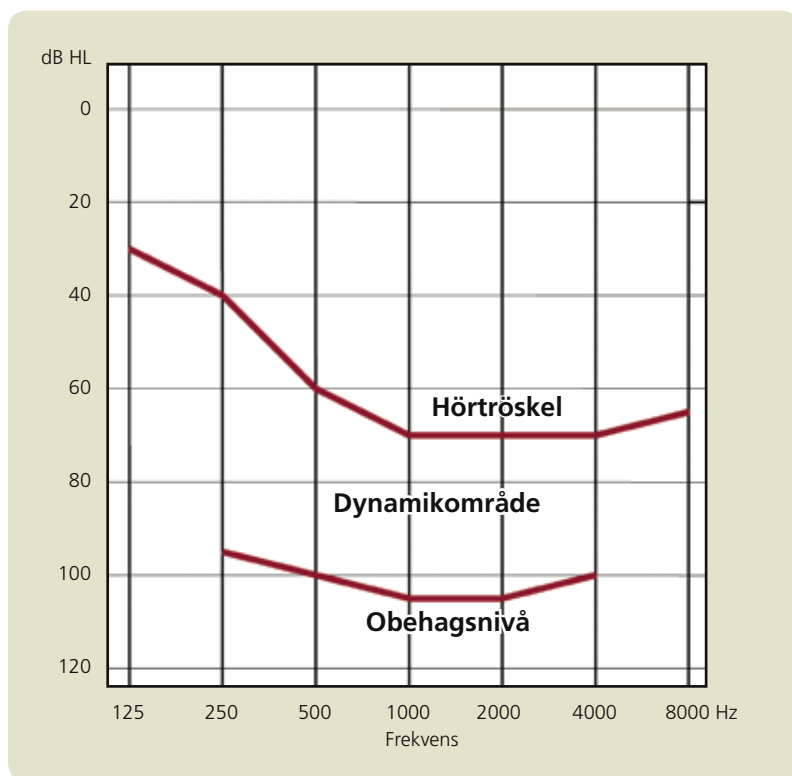
Innan diskussionen om hörselnedsättnings effekter på ljuduppfattningen (perceptionen) blir för detaljerad, är det emellertid viktigt att framhålla att talproduktionen också påverkas av en bristfällig taluppfattning. Generellt kan ett barns talkvalitet förutsägas utifrån hörselförutsättningarna, men när det gäller personer med kokleaimplantat är detta en sanning med modifikation (se avsnitt ”Hur bra hör man med ett kokleaimplantat?” i Gula sidorna). Det bör i sammanhanget påpekas att en hörselnedsättning ofta medför försenad talspråsutveckling.

### *Reducerad hörbarhet*

Som beskrivits ger tonaudiogrammet en uppfattning om hur starka ljud av olika frekvens måste vara för att en person ska kunna höra dem. Den egenskap hos hörselnedsättningen som audiogrammet ger information om är alltså **reducerad hörbarhet** och vid en lätt hörselnedsättning är det endast de svagaste talljuden som inte uppfattas. Det är vanligt att de svaga konsonantljuden drabbas i första hand, dels beroende på deras låga intensitet, dels eftersom de flesta hörselnedsättningar tilltar mot diskanten. Då talets styrka däremot bestäms av mer lågfrekventa komponenter är det vanligt att personer med hörselnedsättning upplever talsignalen som tillräckligt stark, men otydlig.

### Onormal hörstyrketillväxt

Även om en person med hörselnedsättning kan ha svårt att höra svaga ljud är det inte säkert att starka ljud upplevs dämpade i motsvarande grad. Man benämner detta **onormal hörstyrketillväxt** eller **loudness recruitment**. Konsekvensen av fenomenet är att avståndet mellan hörtröskel och **obehagsnivå** minskar, och örat får ett **reducerat dynamikområde** (se figur 1-1). Detta faktum gör anpassningen av hörapparater mycket kritisk, moderna hörapparater förstärker därför svaga ljud mer än starka och försöker att göra det utifrån örats dynamikområde för olika frekvenser. Man talar i detta sammanhang om "olinjära" hörapparater (se avsnitt "Hörapparaters funktion" i Gula sidorna). För anpassningen av individuella hjälpmedel är uppgifter från audiogrammen viktiga.



Figur 1-1. Audiogrammet visar en hörselnedsättning motsvarande ca 65 dB HL och en obehagsnivå vid ca 100 dB HL. Dynamikområdet avtar mot diskanten. OBS! Hörselnedsättningens storlek anges ofta som ett medelvärde av nedsättningen vid 500, 1000 och 2000 Hz eller 500, 1000, 2000 och 4000 Hz.



### *Reducerad frekvensupplösningsförmåga*

Ett fenomen som karakteriserar en sensorineural/kokleär skada är den **reducerade frekvensupplösningsförmågan**, vilket innebär att det blir svårt att separera olika frekvenser. Vid normalhörsel kan talljud urskiljas från bakgrundsbuller, förutsatt att de två signalerna inte ligger på exakt samma frekvens. Trots att talljud och störande buller kan ha mycket olika frekvenssammansättning medför ofta en kokleär skada att frekvensupplösningen inte blir tillräcklig för att skilja ut talinformationen. Bullret maskerar därmed talet. En variant av detta problem är att en stark lågfrekvent formant i ett talljud maskerar en svagare formant av högre frekvens (för diskussion av begreppet ”formant”, se avsnitt ”Talljud” i Gula sidorna). Maskeringseffekten är som störst av låga frekvenser på högre och denna typ av maskering benämns ofta ”uppåtmaskering” (”upward spread of masking”).

### *Reducerad tidsupplösningsförmåga*

**Reducerad tidsupplösningsförmåga** innebär att starka ljud maskerar svaga ljud om de kommer omedelbart före eller omedelbart efter varandra. Effekten blir också att man får svårt att upptäcka tysta partier i talsignalen och att fluktuerande buller blir speciellt störande. De negativa effekterna av reducerad tidsupplösningsförmåga blir större ju kraftigare hörselnedsättningen är. Den maskeringseffekt som är mest betydelsefull är troligtvis den där ett starkt ljud maskerar ett efterföljande och man benämner detta fenomen ”framåtmaskering” (”forward masking”).

### *Påverkan på binauralt hörande*

Det **binaurala hörandet**, eller hörandet med två öron, ger möjlighet till riktningshörsel men också att undertrycka störningar vid lyssning i störande bakgrundsljud. För en person med hörselnedsättning som oftast är beroende av att komplettera hörandet med talavläsning är det extra viktigt att kunna lokalisera talaren för att rikta uppmärksamhet och blick åt rätt håll. Även om förmågan till att utnyttja olika dimensioner i binauralt hörande avtar med ökande hörselnedsättning är det alltid viktigt att använda hörapparater på båda öronen. Har man enbart ett funktionellt öra, till exempel vid ensidig grav hörselnedsättning, blir alltid riktningshörseln ett problem och man får tillägna sig speciella strategier för att kompensera detta.

## **Om effekter vid andra typer av hörselnedsättningar**

De beskrivningar som getts ovan utgår från den vanligaste typen av hörselnedsättning, den sensorineurala. Alla fem uppräknade områden är då berörda i olika utsträckning beroende på grad av hörselnedsättning. I detta avseende skiljer sig den retrokokleära nedsättningen då den kan påverka samtliga faktorer, men på ett mer oklart sätt. Ledningshindret påverkar däremot primärt hörbarheten, medan övriga faktorer kan vara normala. Dessa tre angivna typer av hörselnedsättningar kan givetvis även förekomma i kombinationer, till exempel sensorineurala nedsättningar kombinerade med ledningshinder.

## **Om effekter vid hjälpmedelsanvändning**

Vilka av dessa effekter kan då förbättras/kompenseras av hjälpmedel? Den första faktorn, reducerad hörbarhet, är den som alla hörapparater/CI enklast kan korrigera. Eftersom den primära effekten av just ledningshinder är reducerad hörbarhet ger hörapparatförstärkning i just dessa fall mycket god effekt. När begränsningar finns även i den andra faktorn, onormal hörstyrketillväxt, måste förstärkningen dessutom kontrolleras för att undvika obehag. Detta kan hanteras med olinjära hörapparater.

Effekterna av den reducerade frekvens- och tidsupplösningsförmågan är mer svåråtkomliga och i detta sammanhang är det viktigt att förstärkningen görs så frekvensselektivt som möjligt. Det är till exempel av betydelse att onödigt hög förstärkning i lågfrekventa området inte leder till olika former av maskeringsfenomen. Även om kokleaimplantat, jämfört med traditionella hörapparater, utnyttjar annorlunda teknik och därmed undviker de problem i innerörat som orsakar många av effekterna beskrivna ovan, finns svårigheter även vid CI-användning. Vid den elektriska stimuleringen av hörselnerven finns till exempel ett mycket litet ”elektriskt dynamikområde”, som gör inställningen av processorn kritisk. Även det ringa antalet kontaktpunkter mellan implantat och hörselnerv bidrar till reducerad frekvens- och tidsupplösning med effekter som beskrevs ovan (se även avsnitt ”Hur bra hör man med ett kokleaimplantat?” i Gula sidorna).

Även om de binaurala effekterna minskar vid ökad hörselnedsättning är det alltid viktigt att prova ut hörapparater till båda öronen (se vidare kapitel 4 och avsnitt ”Två kokleaimplantat” i Gula sidorna).

# Behovet av ett bättre signal-brus-förhållande

Alla ovan nämnda faktorer kombineras när det gäller förmåga till hörande och leder till svårigheter, även med korrekt anpassade hörapparater/CI. Speciellt gäller det när man måste höra i en miljö där det förekommer bakgrundsljud. Det är viktigt att i möjligaste mån få den nyttiga **signalen** (oftast talet) att dominera över den onyttiga **störningen** (vanligtvis olika bullerstörningar eller ovidkommande tal). I fortsättningen kommer begreppet **signal-brus-förhållande**<sup>1</sup> att användas flitigt. Det förkortas **SNR** eller **S/N** efter engelskans "Signal" och "Noise". Ett bra SNR kan åstadkommas genom välavvägd akustik och hörtekniska hjälpmedel (utöver hörapparat/CI), något som kommer att behandlas i följande kapitel.

Vilket SNR behövs vid olika grad av hörselnedsättning? När man studerat tal i olika former av störningar har man ofta sökt efter ett värde för 50%-ig uppfattbarhet och noterat vid vilket SNR detta har skett. Det talmaterial och den störning som använts har gett olika uppgifter om vilket SNR som behövs vid olika grad av hörselnedsättning. Problemet är emellertid att man sökt tröskeln för att uppfatta endast hälften av ett testmaterial, vilket tyvärr ger en orealistisk bild av förmågan att fungera i vardagen om man betänker vad som fordras för att en person ska orka lyssna och förstå okänt material under en hel skoldag. Följande uppgifter, hämtade från Arlinger (1999), ger mer generella uppgifter som inte är bundna till något testmaterial:

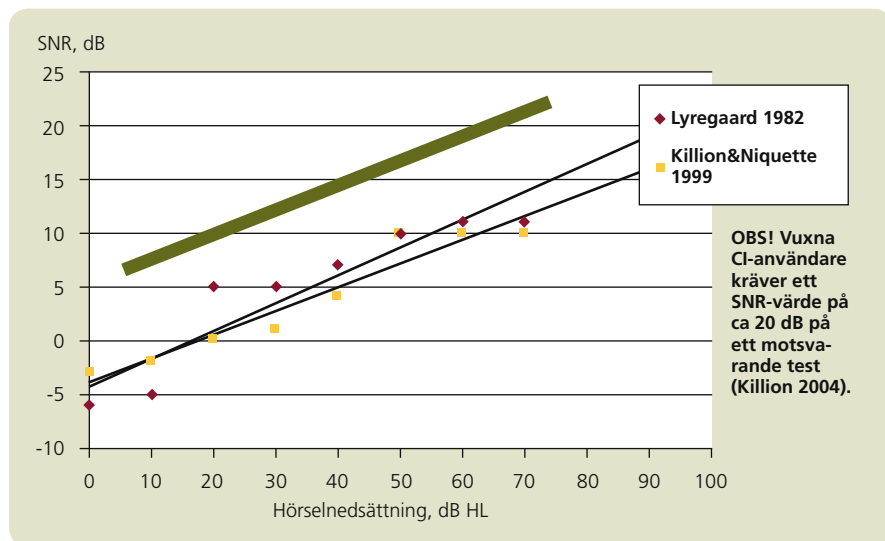
- Vuxna med hörselnedsättningar behöver upp till 10 dB bättre SNR jämfört med vuxna med normalhörsel.
- Barn och äldre med hörselnedsättningar behöver upp till 5 dB bättre SNR jämfört med vuxna med hörselnedsättningar.
- Lyssnande på annat språk än modersmålet kräver upp till 5 dB bättre SNR jämfört med lyssnande på modersmålet.

---

<sup>1</sup> Signal-brus-förhållande är använt då dess engelska förkortning SNR är så etablerad. Alternativt är begreppet signal-stör-förhållande lika användbart, men inget av dessa begrepp har någon svensk förkortning.

Dessa tre faktorer kan betraktas som oberoende av varandra vilket innebär att det för ett barn med hörselnedsättning och ett annat modersmål än det som används i klassrummet kan krävas upp till 20 dB bättre SNR än vad som krävs för en vuxen med normalhörsel.

Av dessa generella hållpunkter framgår emellertid inte hur hörselnedsättningens grad påverkar behovet av SNR. När Arlinger talar om vuxna personer med hörselnedsättning bygger han på ett flertal studier, vilka behandlat skilda grader av hörselnedsättning. För att få en uppfattning om behovet av SNR för olika grad av hörselnedsättning får man utgå från de få undersökningar som studerat detta. I figur 1-2 redovisas resultat från två studier av vuxna lyssnare (Lyregaard 1982; Killion & Niquette 1999). Som framgår av figuren har, utifrån dessa studier och studier av Killion (2004), användare av kokleaimplantat samma krav på SNR som personer med grava hörselnedsättningar. I figuren är även en uppskattning inlagd som visar vilket SNR som krävs för att under längre tid orka lyssna med god taluppfattbarhet till delvis okänt talmaterial, det vill säga situationen i skolan. Forskare anger här att en vuxen med normalhörsel behöver ca 6-9 dB SNR (se t.ex. Boothroyd 2004).



Figur 1-2. Behov av SNR för olika grad av hörselnedsättning. De svarta linjerna representerar resultat från två studier där 50%-ig uppfattbarhet studerats. Den gröna linjen är en mer realistisk uppskattning för vad som kan krävas för mer fullständig uppfattbarhet under längre tid. Alla data kommer från undersökningar av vuxna med hörselnedsättningar.

# Några senare rön om hörselnedsättningar och lyssnande i olika lyssningsmiljöer

När det gäller talperception har man i senare forskning allt mer kommit att fokusera på faktorer som inte enbart har att göra med den rena taluppfattningen. Det kan handla om hur snabbt man uppfattar (reaktionstid) eller hur stor ansträngning som krävs för att uppfatta (mätning av kognitiv belastning eller trötthet). Hällgren (2005) visade till exempel att vid jämförande av situationer med och utan hörapparat, gav hörapparat användande en upplevelse av mindre ansträngning, även om detta användande inte alltid påverkade taluppfattbarheten.

Ett mycket intressant område inom nyare forskning är hur ett budskap hanteras efter att det uppfattats av hörseln. Man ska kunna integrera det som uppfattats med det som sagts tidigare, vidare ska informationen kunna bearbetas och lagras via olika minnesfunktioner<sup>2</sup>. Att höra och tolka belastar arbetsminnets begränsade kapacitet. Om processerna att höra och tolka är för krävande finns det risk för att det återstår för lite kapacitet för att lagra och därmed minnas informationen. Detta tyder i klartext på att även om en elev i en bullrig miljö kan höra vad som sägs, är det betydligt svårare att ta till sig kunskap och senare minnas den, än om informationen mottagits i en bättre lyssningsmiljö. Inledande försök med bakgrundstörning i form av buller eller efterklang har bekräftat dessa antaganden (Kjellberg & Ljung 2007; Kjellberg 2009) men har hittills endast omfattat vuxna med normalhörsel. Det är dock rimligt att anta att effekterna blir ännu större för barn med en hörselnedsättning eller andra perceptionssvårigheter.

---

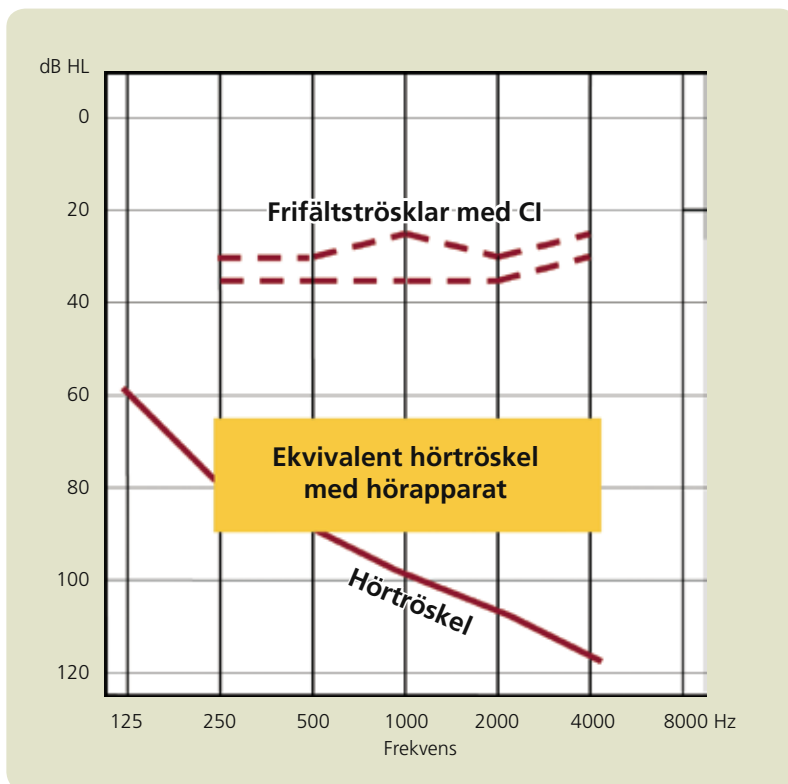
<sup>2</sup> Människans minne har flera olika funktioner. Med långtidsminne avses förmågan att bevara och lagra information under en lång tid medan korttidsminne avser förmågan att kvarhålla information under en mycket begränsad period. Som exempel kan nämnas barnsdomsminnen respektive att komma ihåg ett telefonnummer från det man läser det till dess att man slår det. Med arbetsminne avses däremot förmågan att kvarhålla nödvändig information under den period som behövs för att tillfälligt lagra informationen i korttidsminnet, för att bearbeta informationen (till exempel koppla ihop den med information i långtidsminnet) och att överföra den nya informationen till långtidsminnet.

Sammanfattningsvis ger en hörselnedsättning svårigheter att höra, vilket i en miljö med störningar innebär både ökad ansträngning och svårigheter att komma ihåg det man uppfattat. Dessa svårigheter är emellertid möjliga att till viss del reducera genom adekvat akustik och lämpliga hörtekniska hjälpmedel.

## Audiogrammet och hörtrösklar med hjälpmedel

Om man vid kontroll av funktionen hos ett kokleaimplantat gör ett ljudfältsaudiogram som visar att användaren hör toner i området 20-40 dB HL relativt den normala hörtröskeln (0 dB HL) är det viktigt att påpeka att detta inte betyder att personen nästan är normalhörande, utan endast att hjälpmedlet kan göra toner hörbara på den nivån, se figur 1-3. Det är viktigt att påpeka att resultatet vid ett sådant ljudfältstest på yngre barn speglar både barnets perceptuella mognad och ljudprocessorns inställning. Ett bättre mått på förmågan att fungera med hjälpmedlet är att uttrycka funktionen i ”ekvivalent/jämförbar hörselnedsättning med hörapparat”. Detta visar idag att användare av kokleaimplantat kan fungera ungefär som brukare av hörapparater med hörsel i intervallet 70-90 dB HL, men att variationerna är stora. Risberg (2004, 2005) nämner området 60-110 dB HL.

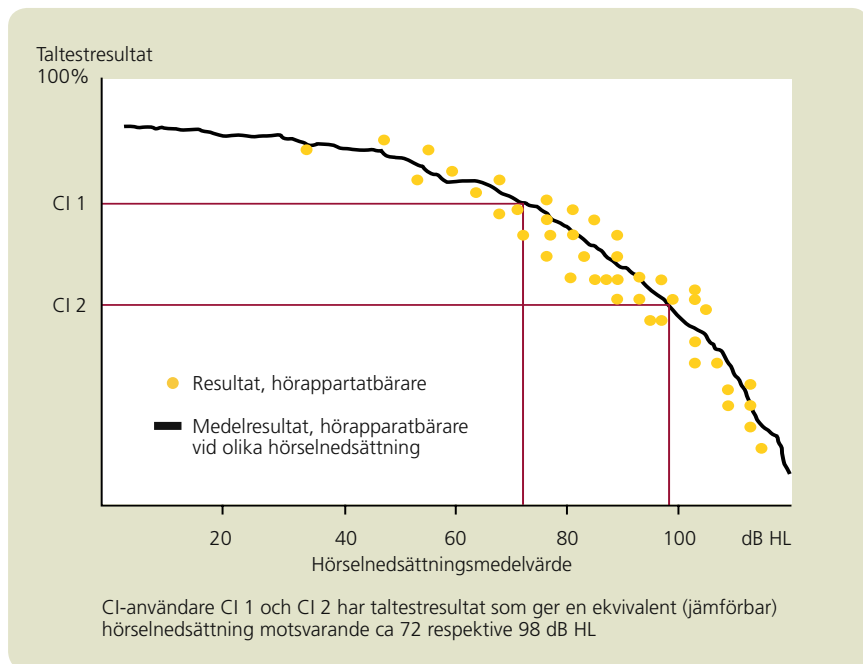
Hur får man då fram måttet ”ekvivalent/jämförbar hörselnedsättning med hörapparat”? För att få meningsfulla jämförelser måste barn med kokleaimplantat jämföras med barn som haft hörapparat lika länge och fått dem lika tidigt samt i övrigt haft samma förutsättningar och skolgång. Bland förutsättningarna ingår att det ska handla om rena sensorineurala nedsättningar, utan inslag av ledningshinder, vilket då också förutsätter att de hörapparater man jämför med är de som överför ljudet med luftledning. Vidare måste samma taltest användas. Allt detta gör att en sådan jämförelse inte är helt enkel.



Figur 1-3. Audiogram som visar en grav hörselnedsättning med ett tonmedelvärde på ca 100 dB HL. Efter anpassning med kokleaimplantat uppmättes vid olika steg i anpassningen de två frifältströsklarna i området 25-35 dB HL. Funktionellt kan hörseln motsvara vad en person med välanpassad hörapparat med hörsel i området 70-90 dB HL kan uppleva ("ekvivalent/jämförbar hörtröskel med hörapparat").

Figur 1-4a försöker illustrera hur en sådan jämförelse görs och figur 1-4b hur talmaterialet kan påverka jämförelsen. Utgående från hur en större grupp hörselskadade med hörapparat uppfattar tal på taltest redovisas medelvärdet för olika hörselnedsättningar och olika taltest. När användare av kokleaimplantat prövas med motsvarande taltest kan man bedöma hur deras resultat är i jämförelse med brukarna av hörapparater och olika grad av hörselnedsättning. Figurerna visar resultaten från tre olika taltest, där användaren av kokleaimplantat får olika ekvivalent/jämförbar hörselnedsättning beroende på testmaterialets sammansättning.

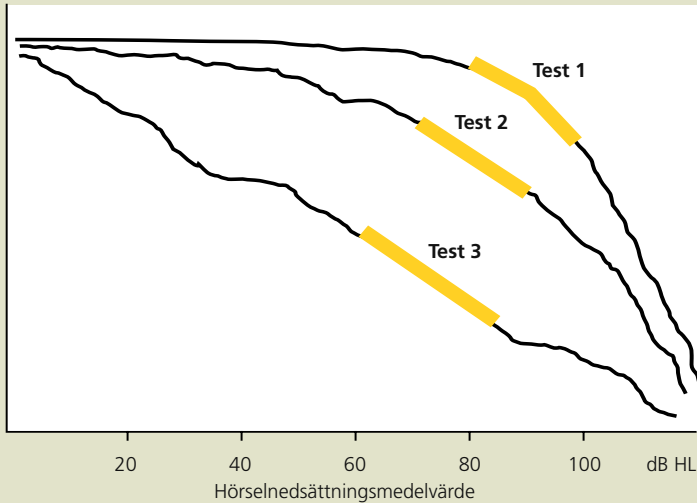
Introduktionen av kokleaimplantat har inneburit en revolution för många personer med grava hörselnedsättningar. Funktionellt kan många elever nu jämföras med barn och ungdomar som använder andra hörapparater och de kommer att återfinnas inom olika skolformer. Vad som ibland kan verka lite förvirrande är att elever med kokleaimplantat ofta uppvisar ett mycket distinkt och tydligt tal i jämförelse med vissa användare av hörapparater som överför ljudet via luftledning. Detta har sin förklaring i teknikens förmåga att kunna ge en bra överföring av talspektrums högfrekventa delar, något som hörapparater inte alltid kan åstadkomma beroende på återkopplingsproblem och andra begränsningar. Däremot är lågfrekvensinformation inte lika lätt att överföra, vilket bland annat resulterar i en mindre god upplevelse av musik jämfört med hörapparat användning (se avsnitt ”Musik och lyssnande med kokleaimplantat” i Gula sidorna).



Figur 1-4. a) Diagrammet visar resultat från mätning av taluppfattningen hos personer med hörselnedsättningar. Två personer med kokleaimplantat (CI 1 o CI 2) jämförs med genomsnittresultatet från ett större antal användare av hörapparater. Denna jämförelse ger ”ekvivalent/jämförbar hörselnedsättning med hörapparat”.



Taltestresultat  
100%



b) Resultat från tre hypotetiska taltest. Test 1 innehåller mycket lågfrekvensinformation (vokaler). Test 3 är mer diskantdominerat (konsonanter) och test 2 är mer att betrakta som satser med löpande tal. Gula områdena representerar svarsområdet för personerna med kokleaimplantat. Test 2 ger en jämförbar hörselnedsättning på mellan 70-90 dB HL, medan vokal- och konsonanttestet ger sämre resp. bättre "ekvivalent hörselnedsättning med hörapparat".

## Vidare läsning

För en bredare och mer ingående beskrivning av hörselnedsättningar och dess konsekvenser hänvisas till *Nordisk lärobok i Audiologi* (Arlinger 2007) och *När ljuden blir svagare – om hörsel och hörapparater* (Elberling & Worsøe 2005). För en mycket ingående beskrivning av hörselmätningstest och audiogram med relevans för barn och brukare av kokleaimplantat hänvisas till *Studier av hörselskärpa med hjälp av analytiska taltest* (Risberg 2005).

## Att komma ihåg

- *Audiogrammet ger ett mått på hur starka toner måste vara för att nått och jämt höras.*
- *Att höra tal är en mer komplex aktivitet än att enbart höra sinustoner och denna kapacitet kan inte alltid förutsägas utifrån audiogrammet.*
- *Ett ljudfältsaudiogram från en person med kokleaimplantat avspeglar ljudprocessors inställning och, för yngre barn, även deras perceptuella mognad.*
- *En person med hörselnedsättning behöver en så störningsfri miljö som möjligt för att höra, förstå och minnas det som sägs.*
- *För att åstadkomma detta krävs samtalsdisciplin, god akustik och lämpliga hjälpmedel.*

# Skolans auditiva miljö och akustiska förutsättningar

### Kapitelöversikt

För pedagogen är det viktigt att förstå hur de ljudsignaler som finns i ett klassrum beter sig och hur relationerna mellan nyttiga signaler och störningar ser ut. Talsignalens utbredning i rummet påverkas av ljudets avståndslag samt klassrummets akustik och detta påverkar i sin tur i hög grad möjligheterna att höra, särskilt om användaren står utan hörtekniska hjälpmedel, utöver hörapparat/kokleaimplantat. Behoven av ett bra signal-brus-förhållande (SNR) för elever med hörselnedsättning kopplas i kapitlet till styrkan hos tal på olika avstånd och uppmätta värden på störning från olika studier.

Det är viktigt att veta att det finns normer och rekommendationer för akustik i skollokaler och även om de inte är framtagna specifikt för personer med hörselnedsättning kan man stödja sig på tillgängliga rekommendationer för hörande genom att tillämpa de krav som gäller för hög ljudstandard.

En nyligen gjord inventering visar att akustiken, trots att man är medveten om dess betydelse, är dålig i skollokaler i allmänhet, vilket naturligtvis drabbar personer med hörselnedsättningar extra hårt. Oklara regelverk, brist på kompetens och förståelse hos politiker och handläggare är troliga orsaker till detta faktum.

I samband med användning av hjälpmedel finns ytterligare krav att ställa på lokalerna när det gäller störningsfrihet. Så kräver t.ex. användning av teleslinga att lokalerna inte har allt för höga magnetiska störningar. Trådlösa mikrofoner som utnyttjar radioöverföring ställer också höga krav på störningsfrihet.

# Inledning

Akustik är en viktig vetenskap, både för att beskriva den nyttiga talsignalen och störande signaler i klassrummet. Akustiska kunskaper är också nödvändiga för att anpassa rumsakustiken i skolans lokaler. För en översikt av området hänvisas till *Nordisk lärobok i Audiologi* (Arlinger 2007, för talakustik även Risberg 2005). Akustiska anpassningar av skollokaler behandlas utförligt i Sjöström (2007).

Även om akustiken är särskilt viktig i samband med undervisning av elever med hörselnedsättning, är ljudmiljön alltid av betydelse för komfortabel och effektiv talkommunikation. Oavsett om man har normalhörsel eller en hörselnedsättning, med eller utan hjälpmedel, så har alla behov av en tillrättalagd akustik. Dagens dialogpedagogik och ett därmed utökat muntligt samspel i klassrummet ställer höga krav på ljudmiljön. Akustiken samt lärarnas sätt att vara och undervisa rangordnas av elever med hörselnedsättning i vanlig klass som de två mest avgörande faktorerna för delaktighet i undervisningen (se kapitel 3 och Coniavitis Gellerstedt 2007b). Olämplig akustik innebär, förutom besvär för elever med hörselnedsättning, även svårigheter för elevgrupper med perceptions- och koncentrations-svårigheter. I sådana miljöer försvåras kommunikationen generellt, med i värsta fall röstproblem som följd, inte minst för lärarna.

## Tal och akustiska störningar – bakgrundsstörnivåer och efterklangstid

När man beskriver en akustisk miljö används olika begrepp. De två vanligaste är bakgrundsstörnivå och efterklangstid, rumsegenskaper som bestämmer hur väl den viktiga signalen, vanligtvis talet, kommer att uppfattas. I skolsammanhang är det lätt att fokusera uppmärksamheten på lärarens tal men det är lika viktigt att eleverna kan höra

varandra. I följande avsnitt granskas signal och störning mer ingående. **Talets ljudnivå** brukar mätas i enheten dB ljudtrycksnivå (dB SPL) eller med ett frekvensvägt mått dB(A) som innebär en anpassning till örats känslighet (se också avsnitt ”Ljudstyrka” i Gula sidorna). Ljudnivån av normalstarkt tal på 1 meters avstånd är ca 65 dB(A), medan den nära munnen kan gå upp till ca 90 dB(A). Ljudnivån sjunker alltså ju längre bort från ljudkällan man befinner sig. Denna sänkning sker med 6 dB för varje avståndsfördubbling, så på 2 meters avstånd skulle ljudnivån sjunka till ca 59 dB(A)<sup>1</sup>. Detta gäller när ljudet breder ut sig i ett fritt ljudfält, som när vi befinner oss utomhus. Befinner vi oss däremot i ett rum kommer det direkta ljudet att blandas upp med reflexer från väggar, golv och tak. Man brukar skilja på tidiga reflexer, som når lyssnaren med liten tidsfördröjning jämfört med direktljudet, och sena reflexer, som når lyssnaren med längre tidsfördröjning jämfört med direktljudet.

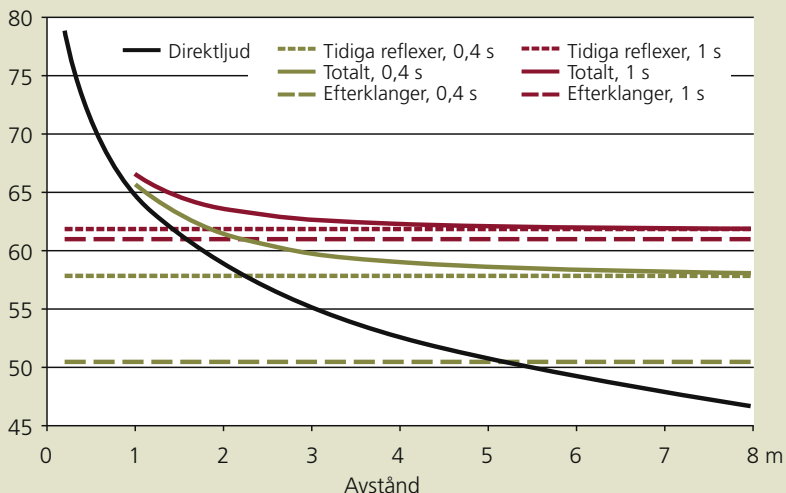
Det finns ett avstånd kallat ”rumsradien” eller ”kritiskt avstånd”, vilket definieras som ett avstånd i rummet där det direkta ljudet är lika starkt som det reflekterade, indirekta ljudet. Befinner man sig närmare ljudkällan än det kritiska avståndet är man i närfältet; bortanför det kritiska avståndet finns fjärrfältet. I närfältet har ljudet en helt annan tydlighet än i fjärrfältet där de sena reflexerna – efterklangerna – dominerar. I fjärrfältet blir talet så att säga sin egen störning genom att reflexerna kommer så sent att de börjar konkurrera med efterföljande talljuds direktljud (och tidiga reflexer) och talet blir därmed suddigt.

Ett mått på hur bra ett rum är ur akustisk synpunkt för talkommunikation är rummets **efterklangstid**. Efterklangstiden definieras som den tid det tar från det att en ljudkälla stängs av tills ljudtrycksnivån sjunkit med 60 dB. Det finns normer och rekommendationer för hur lång efterklangstiden bör vara i klassrum som ska användas av elever med hörselnedsättningar. Sedan länge har rekommendationen 0,5 sek varit dominerande, men med en förändrad undervisningskaraktär där grupparbeten blir mer förekommande är efterklangstider på ca 0,4 sek mer rimliga och vad som anges för bland annat undervisningslandskap (för elever med normalhörsel) i mer moderna rekommendationer. Figur 2-1 illustrerar sambandet mellan efterklangstid och ljudnivå i ett klassrum.

---

<sup>1</sup> En uppskattning av hur personer med normalhörsel uppfattar ljudnivåförändringar är att ca 10 dB:s ökning eller minskning av ljudnivån motsvarar en fördubbling respektive halvering av den subjektiva hörstyrkan.

Ljudtrycksnivå; dB(A)



Figur 2-1. Ljudtrycksnivåer i ett ordinärt klassrum på olika avstånd från en ljudkälla och vid två olika efterklangstider. Helledragen svart linje visar direktljudet vars nivå är oberoende av efterklangstid. Gröna linjer beskriver olika ljudnivåer vid efterklangstiden 0,4 s och röda linjer vid 1,0 s. Helledragna linjer betecknar "nyttigt" ljud och är sammansatt av direktljud och tidiga reflexer (- - -). De sena reflexerna/efterklangerna (- - - -) är att betrakta som störningar och kommer att kunna maskera det nyttiga ljudet (talet blir sin egen störning).

Följande kan utläsas ur diagrammet: Den längre efterklangstiden höjer ljudnivån i klassrummet. Längst bak är nivån på grund av tidiga reflexer ca 64 dB, men avståndet till de sena reflexerna (efterklangerna=störningen) är ca 1 dB. Med den kortare efterklangstiden fås en lägre ljudnivå i bakre delen av klassrummet (ca 58 dB) men avståndet till de sena reflexerna är ca 8 dB.

Observera att figuren endast redovisar talsignalen både som "nyttig" och "onyttig" signal. Någon annan bakgrundstörnivå är inte redovisad. Se figur 4-7 för en sådan redovisning.

Jämför man med figur 1-2, och förutsätter att ingen ytterligare störning än efterklanger finns, så kan man konstatera att en vuxen med normalhörsel skulle kunna acceptera lyssningsituationen i hela rummet med kort efterklang, men vara tvungen att sitta inom kritiska avståndet i rummet med den längre efterklangstiden.

Data beräknade enligt Boothroyd (2005).

Talsignalen och hur den på visst avstånd kan bygga upp ett störande efterklangsfält har diskuterats ovan, men när man talar om störningar i klassrummet är det normalt andra **stör ljud** som avses.

- **Utifrån kommande störningar** som trafikbuller, aktivitetsbuller från skolgård, korridorer och angränsande rum.
- **Buller inom klassrummet** som orsakas av ventilationssystem, värmesystem, belysning och apparater som overheadprojektorer, datorer, m.m.
- **Aktivitetsbuller** från elever och lärare. Hit räknas både tal som inte är relevant för undervisningssituationen och andra störljud som kan uppkomma i rummet, till exempel från stolar, bänklöck och stegljud.

Problemen nämnda i de två första punkterna kan till stor del hanteras genom att, med hjälp av de normer som finns för tillåtna ljudnivåer, planera var undervisningsgrupper placeras i skolbyggnaden, särskilt vid nybyggnationer. Som exempel anges dB(A) och dB(C)<sup>2</sup>-värdena 26 respektive 45 i skriften *Byggakustik* (Svensk Standard 2007) för ”buller i klassrum orsakat av installationer”. För att få tillhöra ljudklass A (ljudklassen med de strängaste kraven) får värdena alltså inte överskridas. Eftersom dessa normer utgår från behoven hos personer med normalhörsel är ljudklass A det enda som är relevant för personer med hörselnedsättning. Detta uttrycks också tydligt av Arbetarskyddsstyrelsen och Boverket (1996), i boken *Att se, höra och andas i skolan – en handbok om skolans innemiljö*, enligt nedan:

” Särskild uppmärksamhet måste ägnas hörselskadade elever. Högt bakgrundsbuller och dålig rumsakustik försämrar deras möjligheter att uppfatta tal i högre grad än det gör för normalhörande (s. 51).

Problemet som nämns i punkt tre ovan, aktivitetsbuller, är svårare att hantera och kräver ljuddisciplin från såväl lärare som elever. En svensk studie (Lundquist 2003) har visat att aktivitetsbullret i klasser för elever med normalhörsel gav upphov till ljudnivåer i

---

<sup>2</sup> dB(C) är en alternativ frekvensvägning som tar mer hänsyn till lågfrekventa ljud än dB(A) och kan vara mer relevant för personer med hörselnedsättningar, vilka ofta är mer störda än hörande av lågfrekventa ljuds maskeringseffekt på ljud av högre frekvens.

intervallet 50-70 dB(A). Vad som i denna undersökning, och även i andra, pekats ut som det mest störande i aktivitetsbullret är pratet i klassrummet, stolskrap, ljud från bänkar och bord samt stegljud. Ett fåtal studier har undersökt ljudnivån från aktivitetsbullret i klassrum för elever med hörselnedsättning, men undersökningar som speglar nivåerna i ett klassrum för samma elevgrupp som dessutom använder ett dialoginspirerat arbetssätt med grupparbeten inom klassrummet saknas dock. Den studie (Bess, Sinclair & Riggs 1984) som ger mest information om aktivitetsbullernivåer i klasser för elever med hörselnedsättning redovisar en mediannivå på 56 dB(A), med en variationsvidd från 48 till 66 dB(A).

Om man jämför nivåerna från aktivitetsbullret med den talnivå som finns relativt nära talaren, ca 65 dB(A), så kan de alltså vara av samma storleksordning. För en vuxen person med normalhörsel kan en sådan situation fungera, även om den innebär en ansträngning. För en person med hörselnedsättning blir uppgiften omöjlig (se figur 1-2). Som nämns i kapitel 1 kan en elev med en måttlig hörselnedsättning behöva ett SNR som är bättre än 20 dB. Detta skulle innebära att aktivitetsbullret helst skulle behöva sänkas till 40-45 dB(A), något som i dag är sällsynt enligt ovan refererade studier.

Vad kan och bör man då tänka på för att reducera aktivitetsbullret? Två viktiga åtgärder som minskar störningar från onödigt tal är ljuddisciplin och akustikbehandling som ger kort efterklangstid. De störande ljuden från stolskrap kan minskas med ca 20 dB genom att man undviker den klassiska fyrbensstolen med stålrörben och i stället använder stolar med pelarstativ och kryssfot. Finns inget annat än den fyrbenta stålrörstolen, se då till att den har något på fötterna. Det finns speciella så kallade doppskor att sätta på men brist på annat kan man exempelvis använda begagnade tennisbollar på stolsbenen.

När det gäller skolbänkar bör varianten med bänklöck undvikas. Bänkskivan ska givetvis inte vara hård och ljudalstrande utan vara av något mjukare material av linoleumtyp. Även bänkarnas ben bör ha lämpliga fötter.

En mjuk matta på golvet är enda sättet att komma åt stegljud och en sådan tar också bort mycket av skrapljud från stolar och bänkar. Textilmattor är utan tvekan en effektiv åtgärd, men de har ansetts skapa problem med inomhusklimatet, problem som dock snarare kan kopplas till dålig ventilation och otillräcklig städning.



Den åtgärd, som hade betytt mest för en grupp hörapparat användande skolelever, visade sig i en studie vara en ljuddämpande golvbeklädnad (Jonassen 1998). För ytterligare diskussion om textilmattor, se Jonassen (2004, 2009).

## Rumsakustik och önskvärda akustikkrav

Ovanstående text beskriver ett antal åtgärder som kan förbättra de akustiska förhållandena i skolan. Det är viktigt att veta att det finns normer för akustik med avseende på behoven hos personer med normalhörsel. I vissa fall finns dock kommentarer som refererar till behoven hos personer med hörselnedsättningar. Det är av avgörande betydelse att enstaka lärare inte behöver kämpa för en dräglig akustik i skolan, utan tillsammans med hörselvårdens och/eller skolans hörtekniska kompetens kan se till att olämplig akustik åtgärdas. Detta arbete underlättas om man har förståelse för akustiska begrepp och även hur olika material kan påverka akustiken.

### Kort om rumsakustik, absorption, reflexion och ljudisolering

Ljud utbreder sig i en lokal som direkt ljud och genom reflexer. En del av ljudet kan även fortplanta sig genom väggarna och ge ljud i angränsande rum. Olika material har olika egenskaper när det gäller att absorbera ljud eller att hindra spridning till angränsande lokaler (ljudisolering). För att få god absorption använder man sig av porösa material, till exempel akustikskivor av mineralull, men också gardiner ger viss absorption. Det krävs tjockare akustikskivor för att absorbera låga frekvenser och har man dessutom luftspalter mellan skiva och vägg ökar effekten i basområdet ytterligare.

Gardiner ger företrädesvis en viss absorption i det höga frekvensområdet. För att minska risken för ljudöverföring till andra lokaler måste väggkonstruktionen vara tät och ha en viss tyngd, alltså egenskaper som är motsatta de som krävdes för ljudabsorption. Det är dock svårt att dämpa överföringen av ljud i basområdet. Särskild uppmärksamhet måste riktas mot dörrar och deras ljudisolerings-egenskaper, exempelvis måste alla otätheter mellan dörr och karm samt golv elimineras (se Sjöström (2007) för mer information). När man kommer till akustikbehandlingen är det viktigt att tänka på att det för personer med hörselnedsättning krävs bra absorption i basområdet samtidigt som lokalen kan kräva en akustikbehandling som kan medge tidiga reflexioner av talspektrums övre frekvenser. Dessa två egenskaper kräver ett väl genomtänkt val av absorbenter och dess placering.

## Önskvärda akustikkraV – en kronologisk översikt med referens till behoven hos personer med hörselnedsättningar

En lokals akustiska egenskaper bestäms av ett flertal parametrar, men i detta avsnitt kommer, som tidigare nämnts, endast efterklangstid och bakgrundstörnivå att diskuteras.

Det finns i dagens Sverige inga moderna krav för dessa två parametrar med avseende på en pedagogik som bygger på grupparbeten och som dessutom tar hänsyn till elever med hörselnedsättningar. En tidig och unik rapport, som fokuserade på elever med hörselnedsättningar (men som då utgick från mer traditionell förmedlingspedagogik), utarbetades på uppdrag av Byggnadsstyrelsen redan 1968. Rapporten, *Akustiska kvalitetsnormer för skolor för hörselskadade* (Johansson 1968), anger följande maximala värden:

Frekvens, Hz	Oktavband					
	125	250	500	1000	2000	4000
Efterklangstid, sek	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
Akustisk störnivå, dB	30	30	30	30	25	20

De efterklangstider som rekommenderas i senare internationella publikationer från 80-talet och fram till dags dato, anger däremot en efterklangstid av max 0,4 sek för klassrum där elever med hörselnedsättningar vistas (Crandell & Smaldino 2000).

En faktor att framhålla i detta sammanhang har inte främst med teknik att göra, utan kan kopplas till pedagogiska förändringar. Första gången man i ett svenskt material nämner en förändring av pedagogisk inriktning där friare former och grupparbeten uppmärksammas är i *Skolhushandboken* (Skolöverstyrelsen 1979). Under rubriken ”Efterklangstid” nämns:

” Vid undervisning i en grupp på 30 elever kan efterklangstiden vara längre än vid arbete i flera mindre grupper, då behovet av kort efterklangstid – behovet av dämpning – är stort.

*Hörselskadade störs mer av bakgrundsljud, såsom skrapljud från stolar, stegljud o.s.v., än normalhörande. Det är alltså viktigt att hålla bakgrundsljudet på en låg nivå.*

*Den ideala efterklangstiden är kortare för hörselskadade än för normalhörande, och det fordras alltså bättre absorption av ljudet vid integrerad undervisning. I ett klassrum t ex bör efterklangstiden inte överskrida 0,4-0,5 sekunder mot normalt 0,6-0,8 sekunder (s. 131).*

Under rubriken ”Handikappanpassning” i boken *Att se, höra och andas i skolan* (Arbeterskyddsstyrelsen & Boverket 1996) sägs följande:

” Långa efterklangstider vid låga frekvenser försämrar möjligheten att uppfatta tal. Det beror på att lågfrekventa störningsljud maskerar de mer högfrekventa talljuden. Hörselskadade har större problem med detta än normalhörande. Vid anpassning av miljön till hörselskadade är det därför viktigt med akustiska åtgärder som ger bra absorption (och därmed kortare efterklangstid) i lågfrekvensområdet (s. 69-70).

I *Byggakustik* (Svensk Standard 2001) anges, för undervisningslokaler i klass A (hög ljudstandard), följande värden för efterklangstid, definierade som de högsta tillåtna värdena inom oktavbanden 250-4000 Hz; vid 125 Hz tillåts efterklangstiden vara 20% längre:

Undervisningsrum	0,5 sekunder
Undervisningslandskap	0,4 sekunder

För buller från installationer (t.ex. ventilation) anges för ljudklass A:

Undervisningsrum m.m.	26 dB(A)/45 dB(C)
Undervisningslandskap	30 dB(A)/45 dB(C)

Eftersom ovanstående värden gäller lokaler för elever med normalhörsel, bör man givetvis kräva A-klassade lokaler även för elever med hörselnedsättningar. Detta stöds även av *Riktlinjer för en tillgänglig statsförvaltning* (Handikappombudsmannen 2003) som uttalar sig generellt enligt följande:

”Eftersträva att uppfylla värden som finns definierade för ljudklass A i SS 02 52 68 Byggnadsakustik – ljudklassning av utrymmen i byggnader – vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell. Framför allt är detta viktigt när det gäller efterklangstiden. Ljuddämpande absorbenter i tak, textilier eller absorbenter på väggar och löstagbara mattor på golv, samt välisolerade kontorsmaskiner och fläktsystem gör det lättare för personer med hörselskada att uppfatta samtal. Detta är särskilt viktigt i samlingslokaler, sammanträdes- och mötesrum samt i lunchrum, matsalar med mera (s. 52).

I senaste versionen av *Byggakustik* (Svensk Standard 2007) har en uppdelning gjorts av skollokaler: en grupp för gymnasial och högre utbildning och en grupp för skolor, förskolor och fritidshem. Även om denna standard därmed blivit mer differentierad så avviker den inte på några avgörande punkter från 2001 års upplaga av samma skrift. *Byggakustik* (Svensk Standard 2007) kommenterar ”utrymmen för personer med nedsatt hörsel”, där efterklangstiden vid 125 Hz valts att sättas så kort som det är praktiskt möjligt. Generellt ges anvisningar för ”utrymmen för talkommunikation” där skriften pekar på vikten av att ljudabsorbenter och ljudabsorberande föremål placeras så att reflexer mellan parallella ytor undviks. Detta leder bland annat till att man rekommenderar att en del av ljudabsorptionen placeras på väggar. Även om begreppet undervisningslandskap inte nämns för gruppen skola, förskola och fritidshem så anges för ”utrymmen för undervisning eller elevarbete i mindre

grupper” kravet på efterklangstid upp till 0,4 sek, det vill säga samma som anges för undervisningslandskap för gymnasial och högre utbildning och som också gällde i den tidigare versionen.

Det är även med tanke på den ökande förekomsten av grupparbeten i undervisningen rimligt att betrakta klassrum som ”undervisningslandskap” vad gäller kraven på efterklangstid. Som en sammanfattning av ovanstående genomgång kan följande krav för klassrum för elever med hörselnedsättningar rekommenderas (Gustafsson 2007):

- Efterklangstiden inom oktavbanden 125-4000 Hz får vara max 0,4 sekunder.

Beträffande de bakgrundsstörnivåer som inte är orsakade av aktivitet i klassrummet och som måste hanteras med hjälp av ljuddisciplin och kort efterklangstid bör följande krav ställas, enligt ljudklass A i *Byggakustik* (Svensk Standard 2007):

- Störnivån från fasta installationer får vara max 26 dB(A)/45 dB(C).
- Externa störningar får vara max 26 dB(A)/41 dB(A) där det första värdet är medelvärde över längre tid och det sista ett maximalt tillåtet värde.

Hur ser då ljudmiljön ut för elever med hörselnedsättningar i svenska skolor? En översikt av situationen i svenska specialskolor för hörselskadade och döva finns i rapporten *Auditiv miljö* (Gustafsson 2007). Inom dessa skolor visar det sig att situationen i många klassrum är acceptabel, medan den i andra utrymmen, som till exempel korridorer och trapphus (särskilt i de äldre skolorna), är problematisk.

Genom den inventering som gjorts i Region Skåne, *Anpassning i praktiken för elever med hörselnedsättning – en utvärdering av hinder och möjligheter* (Sjöström 2007), finns en ingående kännedom om hur den akustiska miljön kan se ut för den individualplacerade eleven i en region som haft hörteknisk kompetens knuten till skolverksamheten. Åtgärder som skulle gett optimala akustiska förhållanden hade inte vidtagits i något av de 218 studerade undervisningsrummen trots att brister i den akustiska miljön påvisats genom mätningar och önskvärda krav preciserats. Skriften, som inte bara innehåller en genomgång av lagar, förordningar och rekommenda-

tioner utan också ger vissa praktiska tips på enklare anpassningar av möbler, rekommenderas för noggrannare studier. En andra inventering är precis avslutad där elever, föräldrar, skolpersonal, skolledare och ansvariga i kommunerna har intervjuats (Larsson & Rikardson 2008). Syftet var att få en uppfattning om elevernas upplevelse av delaktighet och vad som var orsaken till att åtgärder inte utförts i tillräcklig omfattning. En tydlig sådan orsak till uteblivna akustiska åtgärder var en förändrad situation, där landsningsanställda hörselvårdsingenjörer inte längre kunde bistå med akustikmätningar, åtgärdsförslag och kontrollmätningar. Detta har istället lagts på kommunala krafter eller inhyrda konsulter, vilka inte har den audiologiska/akustiska helhetssyn som är så viktigt för ett långsiktigt hållbart arbete. Dessutom fördröjs alla åtgärder när så många olika instanser är involverade.

I kapitel 3 redovisas ett antal svenska studier av undervisning av elever med hörselnedsättningar där klagomål på akustiken ofta framfördes. Ytterligare mindre undersökningar bekräftar att akustikproblemen kan vara stora för framför allt individualplacerade elever. Det är mycket vanligt att man uttrycker klagomål på andra utrymmen än klassrummen. Matsalar, korridorer och uppehållsrum är exempelvis ofta svåra miljöer för elever med hörselnedsättningar. Det är därför glädjande att det i *Byggakustik* (Svensk Standard 2007) framförs höga krav på bland annat efterklangstid för dessa utrymmen.

En bedömning av akustiska kvaliteter kräver såväl mätning som lyssningserfarenhet. Det är olämpligt att be en elev med hörselnedsättning utvärdera en lokals akustiska egenskaper eftersom eleven ofta saknar något att jämföra med. Det är lika olämpligt att fråga en elev om han/hon ”hör bra eller dåligt” i en viss situation. Det är inte alltid lätt att identifiera orsaken till att man anser sig höra dåligt – är det hörselnedsättningen, talarens uttal och vokabulär, hörapparaten, det hörtekniska hjälpmedlet eller akustiken som är problemet? Skolan måste få hjälp av hörteknisk kompetens för att kartlägga akustiken och ställa krav med hänsyn till elevens behov. I nästa fas kan en akustikkonsult behöva kopplas in för att optimera åtgärderna.

# Elektromagnetiska störningar

Föregående avsnitt har fokuserats på akustiska signaler, såväl de som man är intresserad av att höra, som de som kan betraktas som störningar. För att förbättra lyssningssituationen kan man introducera olika hörtekniska hjälpmedel, vilka i sin tur inte bara kräver goda akustiska förhållanden utan också tillräckligt låga nivåer av elektromagnetiska störningar.

En teleslinginstallation som bygger på att ett magnetfält överför signalen mellan teleslingan och hörapparatus telespole, kräver att det överförda magnetfältet är av rätt styrka samt att störande magnetfält är under en viss nivå (se vidare kapitel 4). Nominella fältstyrkor med toleranser och krav på frekvensområde specificeras i internationella normer (IEC 60118-4, 2006), där även krav ställs på tillåten stornivå. För mätning av fältstyrka finns speciella fältstyrkemetrar som är helt nödvändiga för att dels avgöra om en teleslinginstallation är möjlig, dels ställa in och fortlöpande garantera systemets funktion. Följden av för hög stornivå i en lokal är att SNR, som hjälpmedlet är tänkt att förbättra, kan reduceras och i värsta fall utebli. Störningen, som kommer från elnätet och andra elektriska installationer, hörs oftast som ett lågfrekvent brummande vilket minskar hörbarheten och är tröttande i längden. I takt med ökande användning av så kallade 5-ledarsystem minskar dock störningarna i moderna byggnader. Har man uppmätt för hög stornivå i en lokal som är tänkt att användas för personer med hörselnedsättningar bör man undersöka om det finns alternativ där de magnetiska störningarna är lägre. Finns inga bättre lokalalternativ tillgängliga kan en översyn av det befintliga elsystemet reducera stornivåerna. I sådana fall bör en konsult kontaktas.

En egenskap hos teleslingor är att de sänder viss energi även utanför den lokal som de är tänkta att betjäna, vilket kan bidra till magnetiska störningar i angränsade rum. Modern slingteknik med så kallade okorrelerade slingor minskar dock dessa problem (se vidare kapitel 4 och 5).

Trådlös mikrofonteknik bygger på olika former av radioöverföring, för vilken störningsbilden är mer komplex och inte lika lätt att kontrollera. I motsats till de magnetiska störningarna, vilka

genereras inom den egna byggnaden, kommer radiostörningarna även från konkurrerande system utanför byggnaden. Därför är det viktigt att välja lämpliga kanaler/frekvenser för radiosystemen (se vidare kapitel 4 och 5).

## Att komma ihåg

- *En god akustisk miljö är en grundförutsättning för att elever med hörselnedsättningar skall kunna vara delaktiga i undervisningen, med eller utan hjälpmedel.*
- *Ljudnormer bör beaktas! Lämpligen tillämpas rekommendationer som syftar till en hög ljudstandard för personer med normalhörsel, då man idag inte har några som är direkt utarbetade för elever med hörselnedsättning.*
- *Aktivitetbuller kan endast kontrolleras genom ljuddisciplin från lärare och elever. Det mest störande är icke relevant tal, men också ljud från stolar, bänkar och bord. Val av möbler och golvbeläggning är därför viktigt i detta sammanhang.*
- *Samarbeta med hörteknisk kompetens, dels för att garantera ljudmiljön, dels för att kontrollera elektriska störningar som kan påverka teleslingor och radiosystem.*



# Pedagogik och teknik

### Kapitelöversikt

Undervisning av "hörselskadade" och "döva" har en lång historia, kantad av metodiska strider. Förväntningarna på hörtekniken var stora när hörselmätningssinstrument, förstärkarutrustning och hörapparater introducerades i mitten på 1900-talet. Dessa förväntningar infriades inte för alla elever utan beroende på graden av hörselnedsättning erhöles mycket olika resultat vid användning av olika hörhjälpmedel.

Efter en kort genomgång av vissa centrala men ibland oklara begrepp som "döv/hörselskadad", skolformer, undervisningsmetoder/kommunikationssätt och kokleaimplantat ges en historisk bild över hjälpmedelsutvecklingen. Från att ha varit inriktad på att överföra enbart lärarens tal till eleverna har denna utvecklingsfokus successivt riktats mot att eleverna ska kunna höra varandra.

Kapitlet redogör för vad olika studier, oftast inriktade på att utvärdera effekten av undervisning, har att säga om olika tekniska lösningar. Inte helt överraskande finns det svårigheter med att åstadkomma undervisning i en "vanlig" grundskoleklass för elever med hörselnedsättning där han/hon kan höra klasskamraterna. Av betydelse är också att eleven har möjlighet att visuellt kontrollera sin omgivning. Olika placerings-/möbleringsalternativ blir därför viktiga. För elever med hörselnedsättning som undervisas i grupp (till exempel hörselklass) har det varit enklare att tillgodose möjligheterna att både höra och se kamraterna, men även där finns situationer där den tekniska utrustningen inte är heltäckande.

En nyligen gjord studie bland elever i "vanlig" grundskoleklass visar att en tredjedel inte använder de hörapparater som de har fått av hörselvården, en tredjedel använder enbart hörapparater/kokleaimplantat och en tredjedel använder både hörapparater/kokleaimplantat samt annan hörteknisk utrustning. Gemensamt för alla tre grupperna är att de värderar "lärarnas sätt att vara och undervisa" tillsammans med "bra ljudmiljö" som de viktigaste för-

hållandena för att vara delaktiga i undervisningen. För den grupp som använde hörtekniska hjälpmedel bedömdes dessa som mindre viktiga än de två föregående faktorerna. Detta kan tolkas som att lärarnas funktion och skolans ljudmiljö är viktiga förutsättningar för hjälpmedlens funktion, men att hjälpmedelsutvecklingen fortfarande har en bit kvar innan funktionen är optimal och anpassad till dagens pedagogik.

## Undervisningen av döva och hörselskadade – en allmän historik

I övriga delar av denna bok har begreppen ”hörselskadad” och ”döv” inte använts av två skäl. Ett är den numera, generellt använda, benämningen ”person med hörselnedsättning”, det andra är att ordet ”döv” alltmer kommit att användas ur en social synvinkel.

I följande presentation, som delvis omfattar en historisk tillbakablick, har orden dock använts på ett sätt som motsvarar det dåtida ordbruket. Ordet ”hörselskadad” syftar här på en person med hörselnedsättning som huvudsakligen använder talat språk för kommunikation medan ”döv” används för att beteckna en person med grav hörselnedsättning för vilken talad kommunikation är mycket svårt.

Undervisning av ”hörselskadade” och ”döva” har en lång historia, medan teknikens roll i undervisningen börjar få betydelse först från mitten av 1900-talet. Detta skedde i början genom introduktionen av ett hörselmätningssinstrument, audiometern, och sedan av olika ljudförstärkningsanordningar, som gruppförstärkare och hörapparater. Nedan ges en mycket kort sammanfattning av utveckling och begrepp i anslutning till framför allt undervisningen i specialskolor och hörselklasser (för mer ingående diskussioner hänvisas till Bagga-Gupta 2004; Roos 2006).

Metodiskt har undervisningen av ”döva” och ”hörselskadade” elever länge präglats av en kamp mellan olika sätt att se på *hur* man

ska förmedla kunskaper till eleverna och på vilket språk (teckenspråk eller talat språk) denna kunskapsförmedling ska ske. Historiskt har det i detta sammanhang funnits en tydlig skillnad mellan så kallade ”oralister” och ”manualister”. Oralisterna har hävdat att det talade språket är förutsättningen för att kunna integreras i samhället och för att kunna utveckla en läs- och skrivförmåga. Manualisterna har å sin sida menat att kunskapsinhämtning och socialisering lättare skulle kunna ske genom teckenspråket och att även samhällets språk, framför allt i dess skrivna form, lättare skulle kunna läras in med hjälp av teckenspråket.

Det säger sig självt att det är den orala eller talbaserade undervisningen som har störst behov av hjälpmedel för att göra det talade ordet hörbart. Den orala metoden introducerades redan under 1500-talet och fick en mycket dominerande ställning inom dövundervisningen i Europa sedan en döv-lärarkongress i Milano 1880 proklamerat dess överlägsenhet jämfört med andra undervisnings-sätt. Metodens förutsättning fram till mitten på 1900-talet var dock antingen att eleverna hade så pass god hörsel att relativt mycket information kunde uppfattas utan förstärkning eller att talet kunde avläsas via läpprörelser eller andra visuella signaler. För de bäst hörande eleverna har metoden kunnat betraktas som auditiv-oral medan den för de flesta elever fram till introduktionen av förstärkningsapparatur snarare var visuell-oral.

Det är uppenbart att hörselförutsättningarna kommer att bli relativt avgörande för utfallet av en undervisning som baserar sig på talad kommunikation. Under olika perioder har begreppen ”hörselskadad” och ”döv” haft olika betydelse och väckt olika förväntningar. Under perioder då tilltron på teknik varit stark, som under 1900-talets mitt, har det funnits en tendens att betrakta alla som ”hörselskadade” med mer eller mindre användbar hörsel. Under andra perioder, som exempelvis i slutet på 1900-talet när teckenspråket fått en stark ställning, har man betraktat de flesta inom specialskolan som ”döva” och möjligheter att utnyttja hörseln har i vissa fall negligerats. I dag har situationen förändrats genom introduktionen av kokleaimplantat. En större grupp har nu möjlighet att utveckla funktionell hörsel medan begreppet ”döv”, som nämnts ovan, står som en markering av en sociokulturell identitet.

## Skolformer

Personer med hörselnedsättning har alltid kunnat återfinnas i olika skolformer. Den ”vanliga klassen”, det vill säga en grundskoleklass, har varit och är fortfarande det vanligaste alternativet. En, eller ibland flera elev(er) med hörselnedsättning är placerade i en grupp med elever med normalhörsel. Om eleven har en grav hörselnedsättning är emellertid en sådan skolplacering ofta problematisk och specialskolor eller hörselklasser utgör då ett alternativ.

## Undervisningsmetoder och kommunikationssätt

Att enbart ta hänsyn till de metoder som bygger på manuell respektive oral kommunikation är dock förenklat. Under 1900-talets början fanns i de svenska skolorna för ”döva” elever ofta tre typer av klasser med sinsemellan olika metodik. Skriv-, tecken- och tal-klassernas grupperingar baserade sig både på hörselstatus och på begåvning. I samband med en stark tilltro till teknik på 1950- och 1960-talen blev den **oral metod** den mest dominerande. Vissa utvärderingar under 1960- och 1970-talen ifrågasatte emellertid resultaten från denna undervisningsmetod och mer stöd i form av manuella tecken introducerades under 1970-talet. Man skapade därmed en metod som ofta gick under benämningen ”**total kommunikation**”, där talet stöddes med tecken från dövas teckenspråk och handalfabet, samtidigt som skriven svenska och tal användes i undervisningen av svenska språket. Erkännandet av det svenska teckenspråket 1981 ledde till att man ifrågasatte användandet av olika former av svenskpåverkade teckenstöd. Detta ledde till en mer **tvåspråkig metod** där språken hölls isär och inlärningen av svenska språket i skriven form prioriterades. En för den svenska skolan specifik inriktning var att teckenspråket betraktades som elevernas första språk och att svenskan i dess skrivna form skulle introduceras först när teckenspråket behärskades. Svenska skulle dessutom läras in genom en kontrastiv metodik där teckenspråk och svenska jämförs.

Situationen i hörselklasserna var, och är fortfarande, mer oralt orienterad även om eleverna i vissa fall har en så grav hörselned-

sättning att de behöver någon form av teckenstöd. Detta innebär att metodiken närmar sig idén om ”total kommunikation”. För elever i ”vanliga” grundskoleklasser är givetvis oral kommunikation självklar, men det har förekommit och förekommer, att elever med grav hörselnedsättning undervisas i denna skolmiljö med hjälp av teckentolkande assistenter.

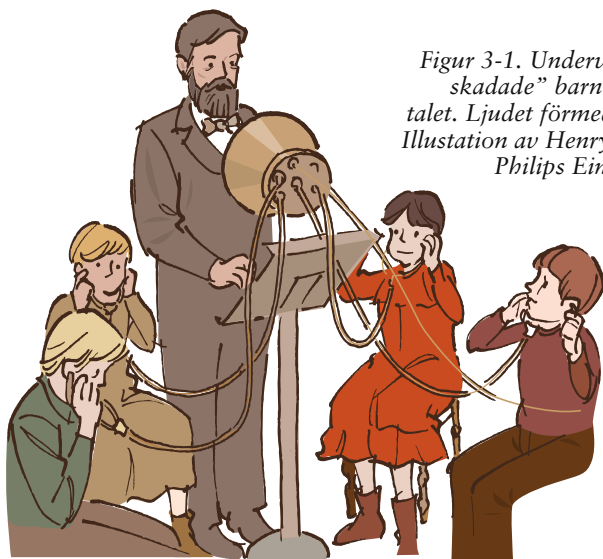
## **Kokleaimplantat – skolplacering och undervisningsmetoder**

Under senare år har kokleaimplantat förändrat bilden av möjligheterna för elever med grava hörselnedsättningar att fungera i en talad kommunikationssituation. Förväntningarna runt dessa elever speglar åter den optimism som fanns på 1950-talet när introduktionen av hörapparater och andra hjälpmedel var aktuell. Av den anledningen är det inte underligt att eleverna finns i alla skolformer; såväl i ”vanliga” grundskoleklasser, som i hörselklasser och i specialskolan. Hjälpmedlet ger definitivt inte eleverna normalhörsel utan de kommer att ha nedsatt hörselfunktion, vilket medför samma behov av anpassad skolverksamhet som andra elever med hörselnedsättning.

Det är idag accepterat att i stort sett alla barn med hörselnedsättning har nytta av att vara tvåspråkiga, det vill säga att behärska såväl svenska som teckenspråk. Det förekommer diskussioner om hur gruppen generellt, och användare av kokleaimplantat speciellt, ska kunna få tillgång till de båda språken och i vilken miljö detta ska ske.

# Hörteknik i undervisningen – en tillbakablick<sup>1</sup>

Sverige har ingalunda varit något pionjärland när det gäller att utnyttja ljudförstärkning i undervisningen av elever med hörselnedsättning. Holland är däremot ett land med lång tradition då det gäller oral undervisning och utnyttjande av förstärkarutrustning. Därifrån kommer bilden av ett gruppförstärkarsystem som byggde på ljudöverföring med hjälp av slangar och akustisk förstärkning genom resonans och en ljuduppsamlande tratt (figur 3-1).



*Figur 3-1. Undervisning av "hörselskadade" barn i början av 1900-talet. Ljudet förmedlades via slangar. Illustration av Henry Svahn efter foto, Philips Eindhoven, Holland.*

1950-talet anges generellt som det decennium då tekniken fick sitt genombrott i undervisningen av "hörselskadade" och "döva" i Sverige. Hörselmätninginstrument, hörapparater och annan förstärkarutrustning blev nu allmänt tillgänglig. Telefon- och radiotekniken bidrog till att göra denna utveckling möjlig och introduktionen av förstärkarutrustning vid svenska specialsolor skedde redan på 1940-talet. Lundell (1944) beskriver hur gruppförstärkare

---

<sup>1</sup> Se kapitel 4 för mer ingående förklaringar av eventuellt obekanta begrepp.

introducerades på Manillaskolan i Stockholm. Förstärkaren tillverkades av en lokal radiofirma och betingade ett pris på 175 kronor. Lärarmikrofonen och elevernas hörtelefoner var tillverkade i USA och dess ursprungliga militära användning gjorde att de var svåra att komma över. Funktionellt är likheten stor med lösningen i figur 3-1, eftersom endast lärarens röst förstärktes, dock med bättre kvalitet än i den akustiska varianten.

Lundells starka tro på den nya tekniken framgår av nedanstående citat där det också blir tydligt att det tidigare rådde en viss skepsis inom lärarkåren till möjligheterna att utnyttja eventuella hörselrester.

” Tack vare radioteknikens utveckling har även problemet att utnyttja hörselresterna vid undervisningen av lomhörda och dövstumma elever kommit närmare sin lösning. Den uppfattningen har tidigare varit förhärskande bland dövstumskolans lärare, att elevernas hörselgrad varit så obetydlig, att det i regel icke lönat sig att räkna därmed vid undervisningen, och mången lärare har varit mycket noga med att poängtera den absoluta frånvaron av hörsel hos sådana elever, som utmärkt sig för ett relativt gott uttal, dymedelst medvetet eller omedvetet framhävande den egna skickligheten i artikulationsundervisningens svåra konst (s. 73).

Något tidigare hade Ingvarsson (1943), utifrån lyckade försök med audiometriska undersökningar och ”hörselförstärkare” vid Manillaskolan, föreslagit:

” Till varje barndomsskola borde därför anskaffas en audiometer och erforderligt antal hörselförstärkare. Men det räcker inte enbart med tekniska hjälpmedel. Den enskilde läraren måste lära sig att handskas med dylik materiel på ett ändamålsenligt sätt och att modifiera sitt efter en äldre tids uppfattning tillrättalagda förfaringssätt vid undervisningen (s. 58).

Ovanstående citat har refererats för att visa på den tro som rådde på hjälpmedlens möjligheter för hela gruppen ”hörselskadade/döva” och som ledde till att alla elever betraktades som ”hörselskadade”, vilka kunde hjälpas med förstärkning via hörapparater och/eller gruppförstärkare. Dessutom påpekas nödvändigheten av att kunskap om hjälpmedlens handhavande finns hos pedagogerna och att de är beredda på vissa omställningar i arbetssätt. Det går att hitta många paralleller till dagens situation i den svenska specialskolan.

Nästa steg i utvecklingen var att skolorna fick förstärkaranläggningar som även inbegrep elevmikrofoner så att eleverna kunde höra varandra. En sådan kommersiellt tillgänglig utrustning tillverkades på 1950-talet av företaget Philips i Holland.

Successivt gjordes hörapparaterna starkare, mindre och driftsäkrare och de blev därmed mer användbara för barn med hörselnedsättning. När telespolen blev vanlig i apparaterna kunde utnyttjandet av teleslinga ge komfortablare och friare användning av hjälpmedlet. Detta hade stor betydelse för elever i vanlig klass som tidigare varit hänvisade till otympliga bordsförstärkare med hörtelefoner. Teleslinganläggningarna kom att bli vanliga i de flesta skolmiljöer under 1960-talet.

Teleslinganläggningarna gav alltså eleverna rörelsefrihet i klassrummet och för att ge lärarna lika stor rörelsefrihet introducerades ”trådlösa mikrofoner” som byggde på radioteknik. Introduktionen skedde i liten skala under 1960-talet, men när system anpassade för undervisning blev tillgängliga ökade användningen i alla skolformer.

För individualplacerade elever har det alltid varit problematiskt att höra sina klasskamrater och det är först under senare år som flera elevmikrofoner börjat användas för att avhjälpa detta. Som nämnts tidigare introducerades dessa i hörselklasser och inom specialskolan redan på 1950-talet.

I kapitel 4 fortsätter beskrivningen av den teknik som används idag och som även är önskvärd att få utvecklad inför framtiden.

## Tidigare studier av undervisning och hörteknik – en översikt och några reflexioner

Undervisningen av elever med hörselnedsättning har kritiserats av olika forskare för att inte vila på vetenskaplig grund (Risberg 1993, 2000; Bagga-Gupta 2004). Svårigheter vid tolkning av redovisade resultat kan ha ett flertal orsaker; ”hörselskadade” och ”döva” be-



handlas som en grupp, oberoende av hörselnedsättningens storlek, förekomst av tilläggshandikapp eller huruvida hörselnedsättningen är medfödd eller förvärvad är inte alltid angivet. Det kan vara svårt att identifiera använd undervisningsmetod och/eller kommunikationsmetod. Allt detta bidrar till att det kan vara svårt att dra nytta av tidigare erfarenheter och att risken därmed är stor för att upprepa tidigare misstag.

Olika utvärderingar av undervisningsresultat har dock genomgående visat att elever med hörselnedsättning som grupp inte når hörandes nivå språkligt och kunskapsmässigt, samtidigt som grad av hörselnedsättning påverkat resultaten (se t.ex. Nordén 1974; Gustafsson 1984a; Hendar 2008).

Det kan emellertid vara svårt att identifiera en enskild orsak till de dåliga resultaten – hänger det på de pedagogiska metoderna, kommunikationssättet, funktionell hörsel, begåvningsfaktorer eller hjälpmedlen?

Att en hörselnedsättning utgör en komplicerande faktor i undervisning är ganska självklart och hindren kan dessutom accentueras av olika tilläggshandikapp. Kan kompensatoriska åtgärder i form av alternativa kommunikationssätt/språk och tekniska hjälpmedel eliminera alla konsekvenser?

Kerstin Heiling uttrycker tydligt i två arbeten – ”Teknik är nödvändigt - men inte tillräckligt” (Heiling 1999) och ”Teckenspråk är nödvändigt - men inte tillräckligt” (Heiling, kommande; citerad i Bagga-Gupta 2004 och Hendar 2008) – uppfattningen att varken teknik eller teckenspråk ensamt kan kompensera en hörselnedsättning. Hon är dock knappast ensam om denna åsikt.

Då detta är en bok om hörteknik kommer nu att undersökas vilken kritik som funnits när det gäller just tekniken. Nedan följer en genomgång av några svenska studier i syfte att hitta synpunkter på faktorer som kan påverka elevers delaktighet i undervisningen. Synpunkterna kan gälla brister i den hörtekniska utrustningen men också akustik, möblering eller annat.

En större studie (Nordén m.fl.1990) som gjordes i Skåne och Kalmar län 1978-1981 konstaterade att de största problemen var relaterade till elevernas svårigheter att höra varandra, medan möjligheterna att höra läraren var bättre när hörteknisk utrustning fanns tillgänglig. Lyssningsproblemen bottnade i mycket hög grad i dåligt akustikbehandlade lokaler och höga ljudnivåer som gav

obehag vid användning av hörapparatur. Hörapparaterna förstärkte alla ljud, vilket naturligtvis gav problem i bullriga miljöer. Många elever valde därför att ta av hörapparaterna i sådana miljöer. De hörtekniska hjälpmedlens otillräcklighet för den individualiserade eleven (när det gällde att höra kamraterna) kontrasterades i studien till de särskilda undervisningsgruppernas möjligheter med individuella elevmikrofoner, små grupper och tillrättalagd akustik. Några konkreta förslag till förbättring av tekniken uttalades inte, däremot påpekades att flera elever i ”vanlig” grundskoleklass skulle må bra av en placering med bänkarna i U-form för att underlätta avläsning av kamraterna. Endast 13% av eleverna var placerade så. I en sammanfattande kommentar säger författarna:

”*Som en bakomliggande yttersta orsak till en otillfredsställande skolsituation spårar man en allmän syn på en hörselnedsättning som ett fenomen som i stort sett kan avhjälpas med tekniska hjälpmedel och därmed ge den hörselskadade möjlighet att fungera som en normalhörande individ. Information och fortbildning av skolans personal är här av kritisk betydelse (s. 159).*

Utgående från samma material som användes i ovanstående studie (som alltså härrörde från slutet på 70-talet) gör Tvingstedt (1993) en fördjupad analys av vissa data. Genom dataanalys och fallbeskrivningar utifrån videoregistreringar gjorda på elever i vanliga klasser pekar hon på tre faktorer som verkar hindrande för undervisningen:

- Dåliga möjligheter för eleven med hörselnedsättning att uppfatta klasskamraternas tal genom brist på elevmikrofoner och dålig akustik, vilket ytterligare försvåras av
- Olämplig möblering som resulterar i dåliga möjligheter att avläsa kamraterna och få en överblick av vad som händer i klassrummet.
- Problem att kunna följa med när bandinspelat material användes. Detta kunde bero på att bandspelaren inte gick att ansluta till den hörtekniska utrustningen eller att ljudkvaliteten blev för dålig och/eller att möjligheten till munavläsning försvann.

I anslutning till en fallbeskrivning som beskriver situationen för en elev med portabel teknik konstaterar Tvingstedt mer generellt:

” Man kan fråga sig om det verkligen skall behöva vara så här omständligt för en elev att åstadkomma acceptabla betingelser för att uppfatta vad som sägs på lektionerna. Tyvärr var det så – inte bara för Josefin. Den utrustning hon hade, som var standardutrustning för eleverna på högstadiet och gymnasiet och som gick att flytta mellan olika klassrum, användes också av en hel del elever på låg- och mellanstadiet. Av intervjuerna med eleverna framgick att besväret att ha hand om – och ibland behöva påminna lärarna – om den hörseltekniska utrustningen var en bidragande orsak till att många av de äldre eleverna avstod från att använda den (s. 227).

I en liknande studie, som dock utnyttjar material som insamlades under mitten av 90-talet, redovisar Heiling (1999) resultaten från enkäter till skolpersonal i olika regioner i landet. Fortfarande är möjligheterna att höra kamraterna ett bekymmer, men tillgången till hjälpmedel verkar ha ökat. I en sammanfattning säger Heiling:

” Resultaten är motsägelsefulla. Stöd i form av tekniska hjälpmedel och anpassning av miljön tycks vara väl tillgodosett i de flesta fall. När det gäller information, utbildning och fortbildning av lärare finns tydliga brister, liksom när det gäller de hörselskadade elevernas möjligheter att följa undervisningen (s. 1).

Om den sista meningen syftar på möjligheterna att höra kamraterna, är det tveksamt om stödet i form av tekniska hjälpmedel kan anses optimalt. Några beskrivningar av ”positiva” fall där hörselvårdskonsulenterna bedömt undervisningssituationerna som ”tillfredställelse”, ger exempel på situationer där extra hjälpmedel introducerats. I några fall ytterligare en mikrofon som var avsedd att cirkuleras bland eleverna, i ett annat flera takhängda myggmikrofoner ovanför olika elevgrupp arbetsplatser. Sistnämnda lösningen påminner om den ”norska modell” som beskrivits av Vik & Lange (1995) (se kapitel 4).

Trots att dessa lösningar för bättre elevmedhörning introducerade mer teknik i klassrummet såg lärarna den som enbart en tillgång och inte som en belastning. Några uppgifter om placering/möblering för att ge eleven med nedsatt hörsel optimala avläsemöjligheter och kontroll av aktiviteten i klassen fanns inte inom ramen för studiens enkäter, men i ovan nämnda fallbeskrivningar angavs följande placeringar/möbleringar: i fyrkant (slutet U), i grupper och

även i rader (!). Den av Nordén förordade U-formen verkar inte ha slagit igenom. När klassföreståndare och speciallärare i Heilings studie fick bedöma vilka situationer som fungerade väl för eleven med nedsatt hörsel nämns:

” Normalt klassrumsarbete med lärarledd genomgång och enskilt eller parvis arbete. Då klassen sitter i ring och mikrofonen skickas runt. Grupparbete i mindre grupp.

Som besvärliga situationer nämns:

” Temadagar med stora grupper. Idrott utomhus, studiebesök. I helklass med mycket bakgrundsljud och mycket diskussioner mellan elev/elev och elev/lärare (s. 86).

Det är svårt att i studien få någon detaljerad bild av vilken typ av teknisk utrustning som använts men det konstaterades vid undersökningens början (ht 1994) att hörteknisk utrustning i form av lärarmikrofon och slinga saknades i 20% av hemklassrummen. Efter ett år konstaterades att hörteknisk utrustning installerats i flera klassrum så att den nu saknades i endast 10% av hemklassrummen men att det samtidigt bedömdes att ca 10% av den existerande utrustningen fungerade dåligt. I övriga undervisningslokaler, alltså förutom elevernas hemklassrum, fanns hörteknisk utrustning i 60% av lokalerna och även här fungerade 10% av utrustningen dåligt. Hur stor andel elever som hade bärbar teknik var svårt att uppskatta men Heiling ger följande kommentar, vilket antyder att det primärt är de äldre eleverna, med en mer ambulerande tillvaro, som fått denna teknik:

” En aspekt som försvårar situationen är att några elever, enligt lärarnas kommentarer, inte vill använda den bärbara utrustning som kunde tas med till lokaler utan fast hörselteknisk utrustning. Skälen till detta tycktes i vissa fall vara att eleven besvärades av att utrustningen drar uppmärksamheten till sig. I andra fall upplevdes inte ljudkvaliteten vara tillfredställande (s. 88-89).

Bergkvist (2001) belyser i sin tur individualplacerade elevers situation i den mellansvenska regionen 2001. Elevgruppen bestod av samtliga elever i årskurs 7-9 som tilldelats hörapparat i DESTUW län.

Studien har relativt ingående ställt frågor om teknik, teknikanvändande och utbyte. Av 108 tillfrågade elever svarade 74 och av dessa 74 elever använde 12% inte några hörapparater. Av kvarvarande 65 elever var det 66% som hade/använde hörteknisk utrustning. Bland dessa var alternativet ”fast slinga” dominerade (44%) medan alternativet ”bärbar utrustning” hade tilldelats 33% och 23% hade tillgång till både fast och bärbar teknik.

Bergkvist konstaterar också att de olika landstingen hade olika inställningar till val av hjälpmedel. Ett landsting hade endast fasta teleslinganläggningar, ett annat använde endast portabla system och som tredje alternativ finns det landsting där både fast och bärbar utrustning tilldelades eleverna. Generellt användes de fasta slingorna mest, men alla klassrum som användes var inte alltid utrustade. De portabla systemen utnyttjades minst, trots att de kunde användas i de flesta lokaler. Bergkvist anser att om inte samtliga lokaler kan förses med slinga borde en blandning av fasta och bärbara system vara att föredra. Nästan var tredje elev menade att det inte finns någon automatik i användandet av lärarmikrofon, vilket innebar att eleven måste påminna läraren att ta på den. Runt 75% av eleverna uppgav att det var sällsynt att läraren arrangerade så de kunde höra klasskamraterna eller upprepade de andra elevernas svar.

Hälften av eleverna saknade hörapparater med MT-läge (se kapitel 4 och 5), vilket skulle kunnat öka delaktigheten i klassrummet och flexibiliteten i lyssnandet. Baserat på bristen på elevmikrofoner och det faktum att så många hörapparater saknade MT-läge tycks möjligheterna att höra kamraterna alltså inte ha ökat jämfört med vad som beskrevs i Heilings ca fem år äldre studie. När det gäller möblering/placering i klassrummet för eleven med nedsatt hörsel innehåller inte heller Bergkvists studie några uppgifter om detta.

På en fråga om eleverna var nöjda med den hörtekniska utrustningen svarade 67% att de var det medan 25% inte var det (5% visste inte). Bland de missnöjda förekom kritik av funktion och utseende. Bergkvist diskuterar huruvida man kan lita på elevernas bedömning av teknikfunktionen i skolan då eleverna i allmänhet saknade kunskap om andra lösningar vad gällde teknik och miljö. I detta sammanhang nämner Bergkvist en opublicerad studie från RGH (Riksgymnasiet för hörselskadade i Örebro) där en elevgrupp med motsvarande skolbakgrund och hörselnedsättning fick bedöma funktionen hos tekniken på hemmaplan under grundskoletiden

innan de kom till RGH. Vid en sådan retroaktiv bedömning med en alternativ referens ansåg nästan hälften av de tillfrågade eleverna att tekniken under grundskoletiden inte fungerat bra. Bergkvists slutsats blir att eftersom kunskap om annan teknik än den som fanns tillgänglig för eleverna saknades måste den egna studiens elevbeskrivningar av teknikfunktionen tolkas med försiktighet.

I en mycket intressant doktorsavhandling beskriver Antonsson (1998) möjligheter och hinder för högskolestudenter med nedsatt hörsel. Undersökningsgruppen utgjordes av elva studenter på olika program vid högskolan i Örebro i mitten på 90-talet. De flesta hade en gymnasiebakgrund på RGH, men olika grundskolebakgrund. Genom att dessa elever hade erfarenheter från olika skolmiljöer och tekniska lösningar kunde de i intervjuer ge sin syn på den nuvarande situationen i relation till dessa tidigare erfarenheter.

Genom de mycket detaljerade skildringarna om studenternas bakgrund och upplevelser får den oinvidig en god inblick i vikten av pedagogers förhållningssätt och metodik samt av fungerande hörteknisk utrustning, om kamraternas roll och inte minst studentens egen inställning och studieteknik. På flera ställen framkommer det dilemma som uppstår när eleven inte vet om han/hon har uppfattat rätt och den osäkerhet detta medför. Detta dilemma kan också kopplas till utvärdering av hörteknisk utrustning; hur vet man att man hör bra med använd teknik om man inte har något att jämföra med? Och hur kan man vara säker på om man inte med någon annan teknik skulle kunna uppfatta lika mycket men med mindre ansträngning?

Utifrån dessa högskolestudenters välartikulerade synpunkter kan man få många tankar om vikten av att barn garanteras goda pedagogiska och tekniska förutsättningar eftersom de själva inte alltid kan protestera när det uppstår icke-optimala förutsättningar. Avhandlingen rekommenderas för personer som har ansvar för undervisning på alla stadier.

En nyligen gjord studie (Lindahl & Nilsson 2007) bygger på intervjuer med nio elever med hörselnedsättning, fem med bakgrund i hörselklasskola och fyra med bakgrund från undervisning i "vanlig" grundskoleklass. Dessa elever är något yngre än högskolestudenterna som intervjuades av Antonsson i avhandlingen ovan. Hörselklasseleverna gick i klass 9 och var i åldern 15-17 år. De som gick i "vanlig" klass var 16-19 år och hade därmed börjat i gym-

nasiet. Hörselklass eleverna var på det hela taget nöjda med sin skola vad gäller lokaler, lärare och hörteknik. Den påminner om högskolestudenternas syn på sin tid vid RGH. För gymnasieeleverna som gick i vanlig klass fanns problem som i hög grad påminde om de som högskolestudenterna ovan beskrev såsom närvarande i högskolan: brist på förståelse från lärarna, brist på bra lokaler och brist på fungerande hörteknik. Situationen illustreras av följande uttalande från två elever:

” Det man har problem med, är lärarna. Att lära dom att man kan missa saker, att man måste kunna säga till. Lärare säger ofta: ”säg till om du inte har hört”. Men hur ska jag kunna säga till om jag inte har hört det!

” Min dröm är att man som hörselskadad skall kunna gå i vanlig skola och att man skall kunna få den teknik man verkligen behöver (s. 36).

Det första citatet speglar den osäkerhet som ofta sannolikt präglar skolsituationen för eleven med hörselnedsättning och liknar de resonemang och uttalanden som görs av högskolestudenterna. Det andra visar att åtminstone denna elev hittills inte fått tillgång till den teknik han/hon vill ha som elev i ”vanlig” skola.

Coniavitis Gellerstedt (2007a,) studerade skolsituation för elever med nedsatt hörsel genom enkätsvar från ca 600 elever vilka fått hörapparat/kokleaimplantat genom hörselvården. Eleverna fanns i såväl specialskolor som hörselklasser och ”vanlig” klass. I en ännu opublicerad rapport (Coniavitis Gellerstedt 2007b) specialstuderade författaren dessutom knappt 400 elever i ”övriga skolor”, i detta fall individualplacerade elever i ”vanlig” klass. Eleverna i denna rapport var födda 1987-93 och fördelade sig jämt på tre grupper. En grupp använde inte de hörapparater som de fått av hörselvården, en annan grupp använde enbart hörapparat/kokleaimplantat<sup>2</sup> och en tredje grupp använde hörapparat/kokleaimplantat<sup>3</sup> samt hörteknisk utrustning. Bakgrundsdata i form av audiogram saknas, men eleverna fick beskriva sin hörsel utifrån fyra kategorier: ensidig hörselnedsättning uppdelat på normal – nedsatt (18%) och normal – döv (5%); dubbelsidig hörselnedsättning uppdelat på nedsatt – nedsatt (69%) och nedsatt – döv (4%). Som en femte kategori fanns gruppen ”annan beskrivning” (5%).

---

<sup>2</sup> Av gruppen hade 4% kokleaimplantat.

<sup>3</sup> Av gruppen hade 7% kokleaimplantat.

Knappt en fjärdedel av eleverna uppgav att de hade tinnitus. Andelen elever med ytterligare funktionsnedsättning var 20% och denna andel var störst bland eleverna som använde både hörapparat och hörtekniska hjälpmedel. Den vanligaste funktionsnedsättningen i kombination med hörselnedsättning var nedsatt synförmåga.

Bland resultaten kan konstateras att eleverna som använde hörhjälpmedel dominerades av gruppen med hörselnedsättning på båda öronen medan man bland de som inte använde några hjälpmedel alls återfann en stor del av gruppen med ensidiga nedsättningar. Bland eleverna som inte använde hörapparat/kokleaimplantat i skolan menade hälften av eleverna att de inte gör detta eftersom de "inte vill" eller för att "apparaten inte gör någon nytta". De övriga eleverna i denna grupp hade angivit "annat skäl" till icke-användandet, där det i vissa fall förekom kommentarer i klartext som tydde på problem av medicinsk, teknisk eller annan art (exempelvis nämndes bland annat bullerrelaterade problem).

Går man in på detaljer i teknikanvändandet framkom det att bland den tredjedel som enbart använde hörapparat/kokleaimplantat i skolan svarade över hälften (57%) att övrig hörteknisk utrustning inte fanns. 39% angav att det fanns utrustning men att den inte användes. Bland den tredjedel elever som använde hörapparat/kokleaimplantat och hörteknisk utrustning angav 16% att det fanns ytterligare utrustning som inte användes. Orsakerna till att existerande utrustning inte användes var flera, eleverna angav exempelvis att de inte ville eller också specificerades mer tekniska och/eller pedagogiska problem.

På frågor som ställdes om användandet av lärar- och elevmikrofoner kan konstateras att det fortfarande inte tycktes finnas någon automatik i användandet av lärarmikrofoner. Även om lärarna använde sin mikrofon i samma utsträckning som angavs av Bergkvist (2001) så tycktes eleverna i denna studie i ännu större utsträckning behöva påminna läraren. När det gäller elevmikrofoner är detta den första rapport där läsaren kan få en uppfattning om tillgången på dessa. På frågan om klasskamraterna använde mikrofon så svarade 27% att det inte fanns någon. Detta tyder på att det för nästan tre fjärdedelar av eleverna ändå fanns tillgång till elevmikrofon, vilket torde vara en ökning jämfört med tidigare. Emellertid angav 26% att elevmikrofonen aldrig användes och endast 9% att den alltid/ofta användes. I denna studie var det dessutom så att eleverna i



mycket liten utsträckning påminde läraren om att elevmikrofonen ska användas (59% aldrig, 7% alltid/ofta).

Typ av använd utrustning enligt klassifikationen ”fast slinga” eller ”bärbar utrustning” gav en övervikt för den fasta slingan (59%) jämfört med bärbar utrustning (51%). Fast utrustning dominerade i grundskolan och bärbar utrustning i gymnasiet. Det fanns även en grupp som hade både fast och bärbar utrustning. Dessutom angav 6% att de hade ytterligare någon typ av utrustning, vilka klassades som central ”mikrofon”, ”konferensutrustning” eller ”annat”. Denna kategori fanns företrädesvis på gymnasiet.

Någon analys av användning och utbyte av olika hjälpmedelstyper i relation till skolstadier är inte presenterad. Vad som framgår är att grundskoleeleverna använde hörteknik i större omfattning än gymnasieeleverna. Men berodde det på att de delvis använde olika teknik, var det en ålderseffekt eller primärt en skolorganisatorisk fråga?

När det gäller utrustningens funktion är Coniavitis Gellerstedt (2007b) inne på samma tankar som Bergkvist angående tidigare erfarenheter av hörteknik:

” Trots att barnen/ungdomarna i denna elevgrupp kanske inte alltid har en uppfattning om vad en optimal teknisk anpassning av skolmiljön skulle innebära för den egna situationen, och därför eventuellt kunna uttrycka sig positivt, är det endast en dryg tredjedel som tycker att utrustningen fungerar mycket bra. Drygt var tionde tycker att den fungerar dåligt eller inte så bra (s. 10).

I tidigare studier har behovet av en placering och möblering i klassrummet som underlättar för eleven att talavläsa och ha kontroll över händelserna poängterats och placering i U-form har rekommenderats. På frågan ”Sitter ni så att du ser både läraren och de andra i klassrummet?” svarade 68% av eleverna i Coniavitis Gellerstedt studie ”alltid” eller ”ofta”. Var tionde elev svarade ”aldrig” på frågan. Författaren påpekar att frågan eventuellt kan överskatta möjligheten att se övriga personer i klassrummet i *ansiktet*. Med en viss reservation för hur svaren ska tolkas kan situationen för dagens elever alltså vara något mer positiv jämfört med vad som observerades av Nordén för snart 30 år sedan.

Även om referatet från Coniavitis Gellerstedts studie har fokuserat på tillgång, användning och utbyte av hörhjälpmedel så

nämns i undersökningen flera faktorer som också påverkar undervisningssituationen: akustik och buller samt lärarnas kompetens och förhållningssätt. Eleverna i studien fick rangordna de viktigaste förutsättningarna för att de skulle kunna delta i undervisning och skolarbete (se tabell 3-1).

Tabell 3-1. De viktigaste förhållandena för deltagande i undervisning och skolarbete. Andelen svar i respektive grupp är rangordnade efter betydelse (efter Coniavitis Gellerstedt 2007b, s. 9).

Hörapparat/CI och hörteknik	Hörapparat/CI	Inga hjälpmedel
1. Bra ljudmiljö (inget buller, stolskrap, eko mm)	1. Lärarnas sätt att vara o undervisa	1. Lärarnas sätt att vara o undervisa
2. Lärarnas sätt att vara o undervisa	2. Bra ljudmiljö (inget buller, stolskrap, eko mm)	2. Bra ljudmiljö (inget buller, stolskrap, eko mm)
3. Hörteknisk utrustning som fungerar	3. Klasskamraternas sätt att vara	3. Klasskamraternas sätt att vara
4. Klasskamraternas sätt att vara	4. Att jag kan påverka min situation	4. Att jag kan påverka min situation
5. Att jag kan påverka min situation		

Det är intressant att notera att eleverna i alla tre grupper värderade ljudmiljö samt lärarnas sätt att vara och undervisa högt, men att den grupp som använde hörteknisk utrustning placerar utrustningens betydelse först på tredje plats. Andra studier som frågat skolpersonal (klasslärare, speciallärare och skolläda-re) om vad som är viktiga förutsättningar i skolan har ofta visat att personalen prioriterat hörteknisk utrustning högre. Till exempel redovisar Heiling (1999) en rangordning där hörteknisk utrustning och akustikanpassning placeras före läraregenskaper.

Som en sammanfattning av ovanstående bör påpekas att akustiska förhållanden måste beaktas vid all undervisning men speciellt för elever med hörselnedsättning. Att så definitivt inte är fallet

framgår exempelvis av en omfattande kartläggning av förhållandena i Region Skåne (Sjöström 2007). Vidare måste lärarna ha en omfattande kunskap om elever med hörselnedsättning, hörselnedsättnings konsekvenser, akustik, pedagogik och teknik för att kunna agera enligt elevernas önskemål. Sådana kunskaper hos läraren ger också möjligheter att ställa krav på utformningen av teknik som idag inte alltid finns på plats eller, om den finns, inte har önskvärd flexibilitet. **Goda akustiska förhållanden samt lärarnas kunskaper och kompetens är förutsättningar för de hörtekniska hjälpmedlens funktion och användning.**

I många av de rapporter som skildrats ovan har framkommit att hörteknisk utrustning, inklusive hörapparater, ofta haft olika typer av fel. Inom specialskolan har noggranna uppföljningar gjorts på hörapparatfunktionen och man har konstaterat att utan kontrollprogram från lärare och tekniker är det sannolikt att inte ens hälften av elevernas hörapparater fungerar (Gustafsson 1986). Liknande siffror gällande hörteknisk utrustning för individualplacerade elever har presenterats av Holmberg (2009). Med olika kontrollprogram och tillgång till hörteknisk personal kan funktionsnivån höjas.

Ovan refererade studier har fokuserat på den individualplacerade elevens situation med en eventuell jämförelse med särskilda undervisningsgrupper. Nedan beskrivs ett antal studier som inriktat sig på undervisning av elever med hörselnedsättning i specialskola eller hörselklass och där författarna lämnat synpunkter på tekniksituationen. Emellertid finns det få studier där hörtekniken varit i fokus, det som har studerats har oftast snarare varit olika aspekter av språklig utveckling i relation till grad av hörselnedsättning (en översikt av tidiga svenska studier finns i Gustafsson (1984a)).

En central slutsats i en studie av svenskspråkiga färdigheter hos specialskolelever, gjord av Gustafsson (1984a), är betydelsen av tidigt hörapparat användande. Även när det gällde elever med grava hörselnedsättningar (>90 dB HL) kunde man fastslå att tidigt hörapparat användande påverkade den funktionella hörseln som i sin tur var korrelerad till olika språkliga färdigheter. Man kan se likheter med vad som idag konstateras med olika tidpunkter för introduktion av kokleaimplantat.

En studie på hörselklasselever (Pettersson 1987) jämförde lyssning över teleslinga och hörapparat i telespoleläge med lyssning

över talaudiometer. Talaudiometern ger en förstärkt signal med god kvalitet men utan någon korrektion anpassad efter den individuella hörselnedsättningen. Studien visade att lyssning via hörapparat gav ett bättre resultat för de flesta elever, särskilt för dem med gravare nedsättningar och mot diskanten fallande hörtrösklar (se avsnitt "Att mäta hörsel" i Gula sidorna). Detta visar betydelsen av att utnyttja hörapparaten som sista led i alla hörtekniska system, inte bara av praktiska skäl utan även av ljudkvalitetsskäl då anpassningen till hörselnedsättningen sker i hörapparaten.

De studier som i huvudsak varit inriktade på individual-placerade elever har utan undantag noterat svårigheter för eleverna att höra varandra. I gruppundervisningssammanhang har detta lösts med individuella mikrofoner placerade på elevernas bänkar. Olika ingenjörer vid de svenska special- och hörselklasskolorna har bidragit till att förbättra och framför allt praktiskt-pedagogiskt vidareutveckla de tekniska lösningarna. Som exempel kan tas den "ideala" anläggning som presenterades av Gustafsson (1984b) och byggde på användande av dubbla trådlösa mikrofoner och individuella bänkmikrofoner, samtidigt som eleverna lyssnade över teleslinga med hörapparater försedda med M-MT-T-läge. De trådlösa mikrofonerna kunde användas av lärare, besökare eller redovisande elev som inte satt i bänken.

I en studie som avsåg att beskriva situationen för elever med hörselnedsättning i hörselklass, dels i en skolmiljö anpassad för barn med normalhörsel, dels efter flytt till en teckenspråkig skolmiljö, gjordes vissa klassrumsobservationer (Ahlström & Preisler 1998). Utgående från ett antal videoregistreringar kunde författarna konstatera att lärarnas kommunikation med eleven fungerade och att lärarna använde mikrofon, men att vissa elever inte alltid kom ihåg att koppla in sin bänkmikrofon när de talade mer spontant. Problem fanns även vid mer fri undervisning då eleverna inte satt i sina bänkar utan fick kommunicera utan hjälpmedel i större utsträckning. I den situationen blev talavstånd och hörselförutsättningar avgörande för hur bra eleverna kunde uppfatta varandra. Slutsatsen blev att det skulle underlätta betydligt om eleverna kunde teckenspråk och att detta i sin tur skulle kunna bli mer naturligt att använda om undervisningen skedde i en mer teckenspråkig miljö.

Beträffande tekniken konstaterade författarna att alla elever inte hade tillgång till hörapparater med M-MT-T-läge och att detta var beroende av vilket landsting som provat ut hörapparaterna. Författarna beskrev vilka problem eleverna utan hörapparater med M-MT-T-läge hade:

” Av den anledningen fanns hörselskadade elever som måste ställa om sin hörapparat från M-läge till T-läge och vice versa. Om eleven hade M-läget påslaget och läraren använde halsmikrofonen har barnet ingen direkt nytta av hjälpmedlet utan måste uppfatta talet via luftledningen. Och om barnet hade T-läget inkopplat och samtal skedde utanför mikrofon och slinga kunde barnet inte heller uppfatta vad som sades. Därför kan man inte ta för givet att där teknik finns fungerar den maximalt för alla inblandade (s. 82).

Citatet pekar på vikten av att hörselvården och dess audionomer är införstådda med hur viktigt det är att de hörapparater som tilldelas skolbarn har de funktioner som är nödvändiga i undervisningen. Att många elever glömde koppla in sin bänkmikrofon vid spontana kommentarer var en viktig iakttagelse och i kapitel 4 diskuteras olika åtgärder för att eliminera dessa problem. Vad som är ett mycket betydelsefullt konstaterande i undersökningen är att det finns många situationer med mer fri undervisning där hörtekniken inte har tillräcklig flexibilitet, utan eleven blir hänvisad till att lyssna med hörapparaten i M-läge. Detta är ett i och för sig viktigt användningssätt och bör kunna fungera på korta avstånd och i en god akustisk miljö, men det blir nödvändigt att eleverna i så fall lär sig strategier för att hantera olika situationer och att lärarna får en känsla för i vilka sammanhang olika tekniker kan fungera (se Wennergren 2007).

I en serie rapporter från det svenska Dialogprojektet (se till exempel Wennergren 2007) diskuteras mycket ingående behovet av dialog i hörselklasser. Rapporterna kritiserar den alltför lärarstyrda situation som anses ha rått och pekar även på brister i den hörteknik som hittills använts. De refererar exempelvis till de videoregistreringar som gjordes av Ahlström & Preisler (1998) och risken för att elever med hörselnedsättning inte kan ta del av den spontana kommunikationen på grund av att eleverna måste trycka på en omkopplare för att aktivera sina mikrofoner. Wennergren kritiserar

även den möblering i halvcirkel som förknippas med hörselklassundervisning. Som ett alternativ förordar hon en teknik som bygger på en centralt placerad mikrofon som ständigt är inkopplad och förändrad möblering för att underlätta dialog och grupparbete.

” *En mer flexibel hörselteknik ansågs vara en viktig dimension för elevers rättigheter att höra allt som uttrycktes i klassrummet, inklusive spontana kommentarer som de tidigare varit utestängda från (Wennergren 2007:29).*

Att den använda tekniken med central mikrofon, vilket innebär långa mikrofonavstånd, skulle vara lösningen på teknikfrågan i hörselklass har emellertid inte bekräftats. Elever med gravare nedsättningar önskar istället andra alternativ och de med lättare nedsättningar övergår i stor utsträckning till att använda hörapparaterna i M-läge i stället för att lyssna till den centrala mikrofonen (Odelius 2007). Vad som är viktiga påpekanden från både Wennergren och Odelius är dock att tekniken i hörselklass behöver utvecklas, att lärarnas medvetenhet om dialogens betydelse för samspel och lärande behöver höjas och att detta exempelvis kan kräva andra möbleringslösningar än vad som använts tidigare. Det blir också viktigt att eleverna tillägnar sig olika strategier för lyssnande och att de blir medvetna om olika tekniska lösningars möjligheter och begränsningar. Förutsättningen för det sistnämnda är att olika tekniker finns tillgängliga för utvärdering i skolsituationen och att det inte för elever och lärare presenteras endast en, av någon annan vald, teknisk lösning.

Detta kapitel har återgivit ett antal svenska undersökningar med anknytning till pedagogikens vardag. Utländska studier med relevans för modern pedagogik förekommer ytterst sparsamt och är med få undantag fokuserade på dialogen mellan lärare och elev. I flera studier redovisas till exempel hur man med olika FM-system kan förbättra förståelsen av lärarens tal för eleven. Detta är emellertid endast en effekt av att mikrofonavståndet har minskats genom användandet av en lärarmikrofon jämfört med om eleven skulle ha lyssnat via hörapparaternas mikrofon. När man försöker studera hur elev-elev-kommunikationen fungerar i ett sådant system blir kompromisserna man får göra uppenbara (se t.ex. Lewis & Eiten 2003). Effekten av olika teknik i hörapparater diskuteras i kapitel 4.

## Att komma ihåg

- *Innan du tolkar resultat från olika studier, försök få ett grepp om vilken elevgrupp som undersökts – är bakgrundsdata redovisade (till exempel grad av hörselnedsättning, tillläggshandikapp etc.)?*
- *Som lärare är dina kunskaper om hörselskador och hörteknik nödvändiga för att kunna bedriva den undervisning som elever med en hörselnedsättning förtjänar.*
- *Uppmaningen "Säg till om du inte har hört" är inget bra sätt att förvissa sig om att undervisningen är begriplig för eleven med nedsatt hörsel.*
- *För eleven i "vanlig" grundskole-/gymnasieklass är det stora problemet att höra kamraterna, något som skulle kunna underlättas avsevärt om flera mikrofoner användes. Detta har sedan länge tillämpats i Norge och är nu på väg att introduceras i Sverige. För elever i hörselklasser och andra specialgrupper är det enklare att lösa frågan kring elevmedhöringen, och olika tekniska lösningar utvecklas och testas för en bättre anpassning till dialogpedagogik och grupparbete. Allt detta diskuteras emellertid mer ingående i kapitel 4.*

Låt stå!

## Önskelista

1. Elevmikrofoner
2. Lärare med koll
3. Anteckningsstöd
4. Max 15 elever i klassen
5. Slingsor i gymnasalen
6. Hörselpedagoger
7. Tassar på stolarna

Vi vill höra i skolan!



Figur 3-2. Affisch från Unga hörselskadade som illustrerar olika tekniska, akustiska, pedagogiska och organisatoriska önskemål (Unga hörselskadade, 2006).



# Hörtekniska undervisningshjälpmedel

### Kapitelöversikt

Hörtekniska hjälpmedel för undervisningsändamål har som uppgift att underlätta delaktigheten i undervisningen för elever med hörselnedsättningar. Hjälpmedelssystemet bygger ofta på det individuella hjälpmedlet hörapparat/CI som då utgör systemets basenhet.

Beroende på undervisningens karaktär kan hjälpmedel och hörapparater/CI användas på olika sätt. Enbart användande av hörapparater eller kokleaimplantat ger rörelsefrihet men ställer krav på störningsfrihet (bra SNR) och lämpar sig därför mest för samtal på korta avstånd.

I kapitlet diskuteras olika sätt att förbättra SNR: genom olika hörapparattekniker, genom eget agerande och inte minst genom olika hörtekniska hjälpmedel. Ett kort mikrofonavstånd är en avgörande faktor för hjälpmedlens möjligheter att förbättra lyssningsförhållandena för eleverna.

Kapitlet går noggrant igenom olika hjälpmedelsystem med detaljer som trådlösa mikrofoner med sändare och mottagare i alla dess former. Skillnaden mellan stationära och portabla system diskuteras. Olika sätt att tillgodose möjligheterna till elev-elev-kommunikation för elever som är individualplacerade ges även de en omfattande genomgång.

Radioteknik som används i hörtekniska hjälpmedel diskuteras med hänsyn till olika egenskaper.

# Inledning

Hörtekniska hjälpmedel förekommer i många utföranden och är avsedda för många ändamål, till exempel olika signalhjälpmedel för dörr och telefon, väckningshjälpmedel och så de som kommer att behandlas här – hörtekniska kommunikationshjälpmedel för undervisning. Dessa används oftast tillsammans med individuellt utprovade hörapparater/CI där en noggrann anpassning till individuella hörseldata skett. Denna anpassning gör att kommunikation på kort avstånd och i störningsfri miljö underlättas. På längre avstånd och med mer bakgrundsbuller blir däremot behovet av ytterligare hjälpmedel uppenbart. Genom till exempel mikrofoner nära talaren kortas talavståndet och talet kan fås att dominera över störningarna. Man kan säga att hörapparaten/kokleaimplantatet sköter anpassningen till hörselnedsättningen och hjälpmedlet anpassningen till miljön.

## Tre lyssningsalternativ

Det finns två huvudsakliga vägar när det gäller att använda hörhjälpmedel i skolan. Den ena är att enbart utnyttja hörapparater/CI och lyssna i mikrofonläge. Detta fungerar bra i de situationer där talavstånden är korta och i störningsfri miljö. Det andra är att använda ett annat hjälpmedel i kombination med hörapparater/CI (så kallade hörapparatkombinerade hjälpmedel) vilket blir nödvändigt när talavstånden och/eller bakgrundsstörningarna ökar.

Längre tillbaka i historien fanns även en tredje väg: hjälpmedel som användes innan hörapparater blev tillgängliga och senare som alternativ till hörapparater (så kallade hörapparatersättande hjälpmedel). Typiska sådana var gruppförstärkare i olika former (se kapitel 3).

I dag har det dessutom dykt upp en typ av högtalarbaserade hjälpmedel som är svåra att klassificera då de har många olika användningsområden och arbetssätt. De kan användas tillsammans med hörapparater/CI i M-läge, användas utan hörapparat, vara en röstförstärkare för att spara en lärares röst eller ha en monitorfunktion i ett annat hjälpmedelssystem. Dessa system kan ha olika komplexitet och består i sin enklaste utformning av en mikrofon för läraren och en högtalare. En mer sofistikerad variant är det så kal-

lade ”ljudutjämningsystemet” som strävar efter att åstadkomma ett förbättrat SNR för alla platser i klassrummet, något som fordrar att man arbetar med flera högtalare. En kritisk granskning av dessa tekniker kommer att göras i kapitel 6.

## Möjligheten att förbättra SNR genom olika hjälpmedel och andra åtgärder

I kapitel 2 beskrevs hur störnivån i klassrummet kan minskas med hjälp av olika akustiska åtgärder, men hur kan man påverka SNR genom olika hjälpmedel? Man får ofta intrycket av att modern teknik, särskilt hörapparater, har gjort att problemen för personer med hörselnedsättningar minskat radikalt de senaste åren. Mycket av hörapparatutvecklingen har satsats på miniatyrisering och nya funktioner – funktioner som ofta underlättat för personer med lättare hörselnedsättningar men däremot inte på samma sätt för en bredare grupp. Ett undantag är utvecklingen av kokleaimplantat för personer med grava hörselnedsättningar. För att få perspektiv på vad modern hörapparatteknik kan göra i relation till andra tekniska och praktiska åtgärder, se tabell 4-1.

*Tabell 4-1. Möjligheter att förbättra signal-brus-förhållandet med olika tekniker i ett klassrum.*

<b>Åtgärd</b>	<b>SNR-förbättring</b>
Signalbehandling i hörapparaten	0-2 dB
Riktmikrofoner i hörapparaten	2-3 dB
Bilaterala hörapparater	2-3 dB
Sunt förnuft (utnyttja avståndslagen, minska talavståndet från 4 till 1m)	ca 12 dB
Hörapparatkombinerade hjälpmedel som utnyttjar korta mikrofonavstånd	upp till 25 dB

Innan de olika åtgärderna kommenteras bör det nämnas vad denna SNR-förbättring kan betyda. Det är lättast att tänka sig att man kan tolerera en något högre bakgrundstörning vid oförändrad talsignalstyrka. Ta till exempel bilaterala hörapparater – jämfört med en enkelsidig anpassning kan en person med hörselnedsättning, genom att utnyttja båda öronen, klara ett ca 2-3 dB starkare bakgrundsbuller. Se figur 4-7 för en mer detaljerad bild av i hur hög grad hjälpmedel med olika mikrofonalternativ/placeringar kan förbättra SNR i relation till olika bakgrundstörnivåer och olika behov beroende på hörselnedsättning.

Moderna hörapparater utnyttjar olika former av olinjär **signalbehandling**, en funktion som syftar till att anpassa förstärkningen till både örats dynamik och omgivande ljudmiljö. Man talar exempelvis om olika former av förstärkningsreglering och störningsundertryckning. Äldre hörapparater arbetar med mer linjära förstärkningsegenskaper och utan speciella störningsreducerande tekniker. Som framgår av tabellen förbättras dock inte SNR särskilt mycket, ibland inte alls, även med den mest avancerade signalbehandling och därmed förbättras inte heller möjligheterna till taluppfattning. Däremot upplevs ofta dessa apparater som mer komfortabla och trevligare att använda i kraftigt bullersamma miljöer. Elever som emellertid är vana vid mer linjärt förstärkande hörapparater eller apparater som enbart koncentrerar sig på en anpassning till örats dynamik genom olika former av kompression kan ibland ha svårt att vänja sig vid apparater med ytterligare automatik.

**Riktmikrofoner** i hörapparater har under vissa betingelser visat sig kunna innebära fördelar, förutsatt att man kan rikta sitt hörande mot ljudkällan. Detta kan knappast små barn förväntas göra medan barn i skolåldern borde kunna klara av det. Riktmikrofoner fungerar bäst när de är nära talaren, i närfältet. Deras effekt i fjärrfältet är däremot mycket begränsad.

**Bilaterala hörapparater** (hörapparater på båda öronen) har många fördelar och i vissa situationer är effekten större än vad siffrorna i tabell 4-1 antyder. Tabellens resultat härrör från strikta testsituationer där mottagaren fått testsignalen rakt framifrån medan störningen har bestått av ett diffust störljud som kommit från olika riktningar. Om en talare däremot befinner sig på ”fel” sida om en

hörapparatbärare med endast en hörapparat är vinsten med två hörapparater inte svår att föreställa sig. Med bilaterala hörapparater är alltid en av apparaterna vänd i någorlunda rätt riktning och dessutom har bäraren bättre möjligheter att lokalisera ljudkällor. Vad gäller bilateral hörsel med kokleaimplantat hänvisas till Gula sidorna, avsnitt ”Kokleaimplantat på båda öronen”.

**Sunt förnuft** står för något som inte kräver någon utrustning men däremot en viss förståelse för **ljudets avståndslag**. Denna säger att direktljudet avtar med 6 dB för varje avståndsfördubbling, vilket alltså innebär att man genom att förflytta sig närmare en person med hörselnedsättningar kan förbättra SNR avsevärt. Genom en talares förflyttning kan en elev som tidigare suttit i fjärrfältet (vilket kan domineras av efterklanger och buller), hamna i det gynnsammare närfältet. Det är inte alltid praktiskt möjligt att tillämpa detta som lärare om man undervisar en stor klass, men det är nyttigt att ha denna förbättringsmöjlighet som referens till de övriga diskuterade.

Ett vidare utnyttjande av avståndslagen är när **hörtekniska hjälpmedel** introduceras och utnyttjar mikrofoner som placeras nära talarens mun. Beroende på mikrofonens placering får man olika stark talsignal och därmed också olika SNR. En mikrofon vid talarens mun, en så kallad bommikrofon eller ”madonnamikrofon” (se vidare i detta kapitel), fångar upp ljud i ett område där ljudnivån är ca 90 dB(A). Mikrofonen som sitter i en halskrok framför munnen arbetar i ett område där ljudnivån är ca 80 dB(A) medan en bänkmikrofon på en elevbänk i en hörselklass nås av elevens tal på nivå av ca 75 dB(A). Dessa korta mikrofonavstånd är grunden till en god ljudkvalitet, oberoende av vilket förstärkarsystem som används och helt nödvändigt för att en elev med hörselnedsättning ska få en draglig lyssningssituation.

# Hjälpmedelsystemens uppbyggnad

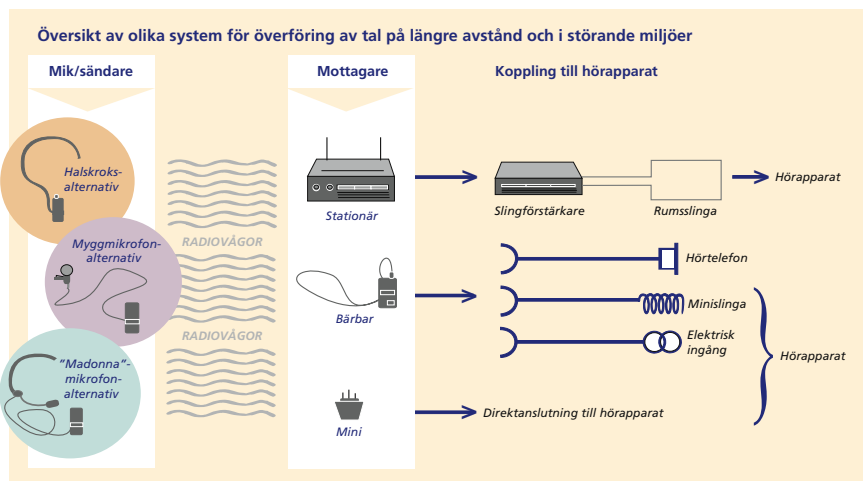
När man pratar om hjälpmedel i skolmiljön används i dagligt tal ofta begrepp som teleslinga, FM-system eller bärbar slinga. En mer korrekt benämning är stationära kontra bärbara, alternativt portabla, system. En fast installerad teleslinga kombineras med ett eller flera FM-system med stationära mottagare för att inte låsa talarna vid en mikrofonsladd. Bakgrunden till uttrycket ”bärbar slinga” är ju att den bärbara FM-mottagaren kan kopplas till hörapparaten med någon form av minislinga, vanligtvis en halsslinga, men detta är bara ett av flera tänkbara inkopplingsalternativ. För att reda ut begreppen och ge en översikt av olika hjälpmedel och hur de kan kombineras kommer följande avsnitt att diskutera de olika komponenterna (se också figur 4-1).<sup>1</sup>

Figur 4-1 är inte en komplett bild över alla de hjälpmedel som kan finnas i anslutning till undervisning av elever med hörselnedsättningar men är tillräcklig för att belysa några detaljer i ljudöverföringskedjan. De komponenter som illustreras i figuren är de som används för att åstadkomma en enkelriktad kommunikation från lärare till elev eller, mer generellt, från talare till lyssnare med hörselnedsättningar. Många tillverkare har varit mer intresserade av att utveckla denna typ av teknik jämfört med sådan som underlättar elev-elev-kommunikation i en dialogpedagogisk miljö. Denna del i hjälpmedelskedjan tas upp separat.

Den **trådlösa mikrofonens** egenskaper och placering kommer i mycket hög grad att bestämma ljudkvaliteten i hela anläggningen. Den trådlösa mikrofonen består av en mikrofon och en sändare med någon form av antenn. Mikrofonen och sändaren kan vara sammanbyggda eller åtskilda. Följande varianter ger olika akustiska och praktiska för- och nackdelar.

---

<sup>1</sup> De två tekniker som dominerar i undervisningen är överföring via teleslinga och/eller FM. Överföring via IR (infrarött ljus) är en annan teknik som kan förekomma i vissa sammanhang (se kapitel 6).



Figur 4-1. Översikt över vissa komponenter som kan ingå i hörtekniska hjälpmedelsystem för undervisning av elever med hörselnedsättningar.  
Källa: SIT, Hörselboken på webben. Illustratör: Annette Vollrathson.

## 1. Mikrofon och sändare sammanbyggda

Man kan skilja på tre användningsätt: enheten bärs i en halskrok, fästs direkt i kläderna eller hålls i handen.

- Halskroksalternativet har tidigare varit det helt dominerande, det ger ett relativt nära och konstant mikrofonavstånd, vilket därmed försäkrar ett bra SNR i anläggningen. En praktisk fördel är att den är lätt att ta på och av när det är aktuellt att skifta talare, som till exempel när elever ska redovisa vid tavlan eller när det kommer någon besökare till klassen som ska presentera sig eller lämna något meddelande.
- Att fästa sändarmikrofonen direkt i kläderna med ett clips har den nackdelen att mikrofonavståndet inte blir så väldefinierat och att talljudens högfrekventa komponenter, som är riktade, inte når mikrofonen med samma nivå som vid halskroksalternativet.
- Att hålla sändarmikrofonen i handen ger också lätt ett odefinierat talavstånd, men lämpar sig för situationer där korta kommentarer ska lämnas av flera. Tillsammans med en strömbrytare för momentan/tillfällig inkoppling används handhållen mikrofon i den så kallade "norska modellen" för elev-elev-kommunikation. Ett problem uppkommer dock om användaren ska stödja med tecken samtidigt som han/hon måste hålla i mikrofonen.

## 2. Mikrofon och sändare åtskilda

De två alternativen är myggmikrofon och bommikrofon/”Madonnamikrofon”.

- a) Myggmikrofonen började primärt användas då vissa lärare upplevde de äldre halskroksmikrofonerna som för tunga och delvis i vägen om man skulle teckna samtidigt som man talade. Myggmikrofonens placering är odefinierad och parallell till alternativet 1b ovan. Placeringen av myggmikrofon och sändarenhet kräver lämplig klädsel. Detta alternativ är inget som lämpar sig för snabbt skifte av mikrofon vid talarbyte.
- b) Bommikrofon är det senaste tillskottet bland mikrofonalternativen och ger också det akustiskt bästa resultatet genom att utnyttja det faktum att ljudnivån nära munnen är hög, ca 90 dB(A). Tack vare att mikrofonen är fäst på huvudet, följer den med huvudrörelserna och garanterar i och med det en konstant nivå. Nackdelen är att den kan vara lite svår att ta på och därmed inte lämpar sig för snabba skiften vid talarbyten. Se även kapitel 6 för fördelar vid användning tillsammans med högtalare i ljudutjämningsystem.

Den trådlösa mikrofonen sänder via radiovågor sina signaler till en **FM-mottagare** som kan vara stationär eller bärbar.

### 1. Stationär mottagare

En stationär mottagare används alltid i en stationär anläggning, till exempel en teleslinganläggning och/eller en ljudanläggning i en samlingsal. Den stationära mottagaren har en effektivare antenn än den bärbara och i dag används dessutom nästan alltid dubbla antenner samt så kallade diversitetsmottagning, vilket ger en mycket säker mottagning inom den lokal där den installerats.

### 2. Portabel/bärbar mottagare

Den stora fördelen med ett helt bärbart system är naturligtvis att man kan använda det var som helst, både utomhus och inomhus i olika lokaler. Det förekommer två varianter av bärbara mottagare som kan kopplas på olika sätt till hörapparaten.

- a) En bärbar mottagare av en tändsticksasks storlek och med utgång för minislinga, hörtelefon eller med anslutningsmöjlighet till hörapparaters elektriska ingång, var tidigare den dominerande. Denna mottagare är försedd med volymkontroll och kan



även ha en inbyggd mikrofon. Antennen är vanligtvis kombinerad med den kabel som är ansluten till utgången.

- b) En liten miniatyrmottagare som ansluts direkt till hörapparatusens elektriska ingång via en så kallad audiosko är ett annat alternativ som nu används i allt större utsträckning. Miniaturiseringen har dock till följd att det inte finns någon åtkomlig volymkontroll och den antenn som finns är liten och inbyggd i miniatyrmottagaren, vilket givetvis påverkar räckvidden negativt.

En modern **teleslinganläggning** består av minst en trådlös mikrofon med stationär mottagare, en slingförstärkare och en fast installerad teleslinga. En slinganläggning är driftsäker och ger eleven möjligheter att lyssna på ett enkelt sätt utan att behöva använda några ytterligare hjälpmedel än hörapparaten/kokleaimplantatet. Teleslingan var det första sättet att åstadkomma en trådlös överföring av tal till elever med hörselnedsättningar och tekniken är i grunden enkel. Ett magnetfält genereras av en ström som leds genom en tråd, vilken i sin tur omsluter en yta och detta magnetfält inducerar en ström i hörapparatusens telespole. En nackdel som ofta nämns i de fall man använder flera slingor i närheten av varandra är överhörsproblem, beroende på att magnetfältet även sprider sig utanför den av slingan omslutna ytan. Modern slingteknik använder dock så kallade okorrelerade slingor, där två oberoende slingsystem ger ett jämnt magnetfält inom rummet och en snabb dämpning utanför rummet. Andra lösningar bygger på att man begränsar slingorna till olika platser i rummet.

Bör man då satsa på teleslingor eller bärbara FM-system? Detta är en fråga som återkommer flera gånger i det följande. Här ska endast konstateras att teleslingsystemet ger eleven ett driftsäkert och komfortabelt system medan ett bärbart FM-system kan ge större rörelsefrihet utanför skollokalerna (se även Overvik 2009). När det gäller mini-FM-systemen så är det inte bara räckvidden som kan bli ett problem på grund av liten antenn, andra kompromisser måste även göras på grund av miniaturiseringen och strömförbrukningen.

En variant på stationärt system är då slingförstärkaren ersätts med en stationär FM-sändare och eleven utnyttjar ett FM-system, oftast mini-FM, istället för hörapparatusens telespole för att uppfatta talaren. Detta system, som funktionellt och praktiskt hamnar mittemellan teleslinga och ett bärbart FM-system, diskuteras mer utförligt i kapitel 5.

Vare sig man använder ett stationärt eller bärbart system så avslutas det med hörapparater eller kokleaimplantat som är individuellt anpassade till hörselnedsättningen. Men för att de ska fungera optimalt tillsammans med olika hjälpmedelsalternativ i undervisningssituationen måste vissa krav ställas på dess funktioner.

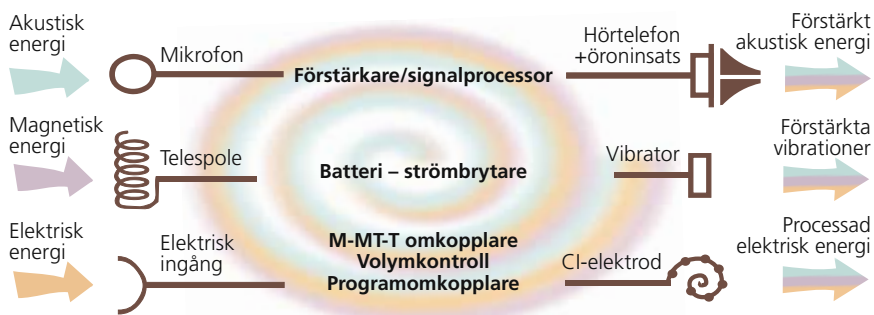
## Önskvärda hörapparatfunktioner

Utvecklingen av den moderna hörapparaten har varit koncentrerad till olika former av signalbehandling. Målsättningen har ofta varit att få lättskötta apparater med en hög grad av automatik. Detta har säkert varit betydelsefullt för många äldre personer, men ett antal negativa bieffekter kan utan tvekan skönjas när det gäller hörapparaternas användbarhet för skolbarn. Bland problemen kan nämnas multifunktionsreglage (se nedan) samt avsaknad av både volymkontroll och tydliga, logiskt utformade M-MT-T-lägen.

Kokleaimplantaten är i många avseenden att jämställa med hörapparater och samma krav på funktion ska ställas på dem. Även om de har en avancerad signalbehandling och når nya grupper av personer med hörselnedsättningar, så har de hittills inte haft den praktiska funktionalitet som hörapparaterna har haft. De har inte haft inbyggda telespoler eller haft felorienterade sådana, saknat M-MT-T-lägen, haft dåliga anslutningsmöjligheter för FM-system och oklara indikeringar av inställningar. De senaste modellerna har dock förbättrats och rättorienterade telespoler och bättre anslutningsmöjligheter för FM-system börjar komma. Även om man på detta sätt närmar sig hörapparaternas funktionalitet så har man å andra sidan också tagit till sig vissa detaljer i utförande som förvisso provats i hörapparatsammanhang men som inte varit helt problemfria. Ett fabrikat använder exempelvis fjärrkontroll för att styra implantatets funktioner vilket innebär att barnet/skolungdomen, när han/hon har glömt denna (vilket barn gör), inte kan påverka sitt lyssnande.

I figur 4-2 visas översiktligt det individuella hjälpmedlet hörapparat/kokleaimplantat med dels dess olika ingångskanaler, dels de alternativa överföringssätt till hörselsinnet som kan vara aktuella. Den konventionella hörapparaten överför förstärkt ljud till örat via en öroninsats men vissa hörapparater kan också som alternativ överföra

vibrationer via en konventionell benledare eller via en speciell benförankrad vibrator. Och slutligen kan ett kokleaimplantat överföra elektriska signaler direkt till koklea via en elektrodrad/CI-elektrod. För en korrekt pedagogisk funktion fordras att ingångskanalerna kan användas var för sig eller i kombination. Mikrofonen (M-läget) används när man lyssnar på nära håll eller till vardags. T-läget eller FM-läget (via elektriska ingången) används när man ska höra bättre på avstånd och båda dessa lägen ska kunna kombineras med M-läget.



Figur 4-2. Översikt av olika delar i hörapparater/kokleaimplantat. Vänstra delen visar de tre ingångsalternativen; mikrofon, telespole och elektrisk ingång. Till höger visas de olika sätten att överföra signalen till hörselsinnet. Källa: SIT, Hörselboken på webben. Illustratör: Annette Vollrathson.

För en mer ingående diskussion om egenskaper hos hörapparater för skolbarn hänvisas till Arlinger (2007) men nedanstående bör dock beaktas när det gäller möjligheterna att utnyttja apparaterna i skolan.

## Funktioner viktiga för användning tillsammans med hörtekniska hjälpmedel

Det är nödvändigt med både telespole och elektrisk ingång på hörapparater/kokleaimplantat som provas ut till skolbarn. Därför bör man undvika hörapparater som är extremt små eller helt placerade i örat och därmed inte alltid kan inrymma telespole eller ha plats för en elektrisk ingång. När det gäller telespolen så är det också viktigt att den har korrekt känslighet och orientering. Känsligheten ska vara korrekt både i MT- och T-läge så att justeringar med volymkontrollen inte behövs när man kopplar mellan M-MT-T-lägena.

Telespolens lutning ska vara sådan att maximal känslighet fås när huvudet är i normal position. Detta innebär att vid en slinga som ligger i golv eller tak (=horisontell placering), ska telespolen vara vinkelrät mot detta plan. I små apparater där telespolen, om den finns, ofta är placerad där den har fått plats kan detta emellertid vara svårt att åstadkomma.

Den stora betydelsen av tillgång till M-MT-T-lägen för situationsanpassning, ljuduppfattning i olika former, grad av ansträngning vid lyssning och komfort framgår av nyare studier av Odelius & Johansson (2008) och Odelius (2009). Odelius (2009) sammanfattar:

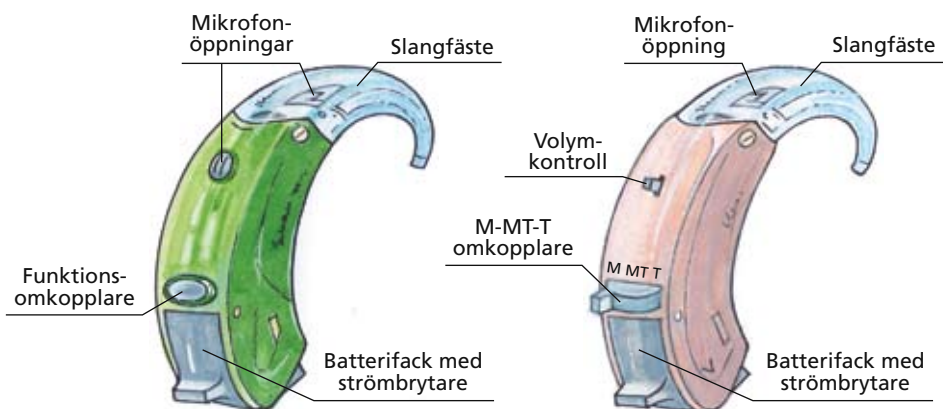
” Resultatet från elevernas svar i enkäten och hur de sedan väljer att ställa in sina hörapparater visar att eleverna gör en kompromiss av T-lägets fördelar med bättre taluppfattning och mindre grad av upplevd ansträngning och M-lägets bättre förmåga att uppfatta vad som händer i omgivningen och ett mer naturligt ljud. När eleverna passerar tröskeln för när ansträngningen att höra blir så pass stor att man växlar över till T-läge beror av ljudmiljön och grad av hörselnedsättning. Elevernas svar visar på en hög medvetenhet och väl utvecklade hörselstrategier. Resultatet visar också vikten av att kunna kombinera M och T-läget för att möjliggöra en individuell anpassning till rådande situation.

Förutom de viktiga omkopplingsmöjligheterna mellan M-MT-T resp. M-MFM-FM ökas elevens möjlighet till situationsanpassning ytterligare om hörapparaten/kokleaimplantatet dessutom har en volymkontroll.

## **Reglagens utformning**

Den ideala barn- och skolapparaten bör ha tydliga och logiskt utformade reglage, vars lägen kan avläsas av föräldrar och lärare i de tidiga skolstadierna och som underlättar för barnet att själv bemästra dem så tidigt som möjligt. En multifunktionsomkopplare i form av knapp utan lägesindikering är därmed klart olämplig (se figur 4-3). Den M-MT-T-omkopplare som är utformad som en trelägesomkopplare är bättre än att dela upp funktionen på två omkopplare.

De pedagogiska konsekvenserna av att hörapparaterna inte har önskade reglage och funktioner begränsar dels elevens valfrihet vad gäller lyssningsalternativ, dels lärarens pedagogiska möjligheter (se vidare kapitel 5).



Figur 4-3. Två hörapparater med olika omkopplartyper. Den vänstra har en s.k. multifunktionsomkopplare utan möjlighet för föräldrar eller lärare att veta aktuell inställning. Den saknar dessutom volymkontroll. Den högra har omkopplare där aktuell inställning kan kontrolleras, samtidigt som den har en volymkontroll vilket är en fördel i skolsituationen. Källa: SIT, Hørselboken på webben. Illustratör: Annette Vollrathson.

## Hur löser man elev-elev-kommunikationen?

I dagens skola förekommer i allt mindre utsträckning undervisning där läraren är den dominerande talaren och eleverna passiva lyssnare. Det är därför viktigt att eleverna kan delta i samspelet och att de kan höra varandra. I hörselklasser och i specialskola har elev-medhöringen gått att lösa med mikrofoner på de olika elevplatserna, medan det för den individualplacerade eleven varit svårare att hitta en tillfredställande lösning. På senare tid har även hörselklassernas tekniska utrustning och möblering ifrågasatts då man menar att den gett läraren en allt för central och dominerande roll och hindrat en mer spontan kommunikation (Wennergren 2004, 2006, 2007).

Att kompromisser har gjorts och fortfarande görs när det gäller de individualplacerade eleverna är förståeligt, om än inte försvarligt. När det gäller specialskolan och hörselklasser bör det vara enklare

att åstadkomma en hörteknik som möjliggör ett dialogpedagogiskt arbetssätt med möjligheter till grupparbeten för alla elever, oberoende av hörselnedsättningsgrad. I följande avsnitt kommer olika alternativa lösningar att granskas samt deras för- och nackdelar värderas. Vad som kan observeras är att enkel hantering ofta ställs mot ljudkvalitetsaspekter och bedömningen av alternativets användbarhet blir olika, beroende på grad av hörselnedsättning.

## **Hörapparaternas möjligheter**

För att kunna utnyttja hörsel och hörapparater så effektivt som möjligt bör hörapparatpassningen alltid ske bilateralt där det är möjligt. Detta ger de klassiska vinsterna i form av möjligheter att lokalisera ljud, möjligheter till störningsundertryckning och en garanti för att hörapparaten aldrig sitter på fel sida i förhållande till ljudkällan. En faktor vid binauralt hörapparatlyssnande över M-läge, som inte kan kopieras av dagens hörtekniska hjälpmedel, är nämligen just de binaurala effekterna. Ett hörtekniskt hjälpmedel förmedlar nämligen signalen som en monosignal, det vill säga över en kanal. Detta innebär att personer med lättare hörselnedsättningar i vissa fall (korta talavstånd och i lugna miljöer) kan höra bättre med hjälp av enbart sina hörapparater i M-läge än med ytterligare hjälpmedel (Odelius 2007, 2009). Hörapparater, och särskilt sådana med riktmikrofon, skulle alltså kunna underlätta vid grupparbeten där deltagarna sitter nära varandra och där bakgrundsstörningarna är låga.

## **Hörapparater tillsammans med en extern mikrofon**

Till hörapparatens elektriska ingång kan man ansluta en extern mikrofon som antingen kan vara rundupptagande eller riktad. Om den placeras centralt på ett bord bör den vara rundupptagande, men ger då på grund av långt mikrofonavstånd en obetydlig vinst i signal-brus-förhållande. Om den skickas runt och används nära de olika talarnas mun erhålls däremot en betydande vinst. En riktad mikrofon kan hanteras av en elev med hörselnedsättning eller skickas

runt. Är mikrofonen då trådlös blir det givetvis lättare att skicka runt den bland kamraterna. Om det inte finns flera mikrofoner att tillgå används i många fall lärarmikrofonen i ordinarie klassrumsutrustning på detta sätt, vilket i längden dock inte är någon hållbar lösning.

Ett alternativ som ger många möjligheter är en annan typ av trådlös mikrofon vars användningssätt kan förändras, både vad gäller placering och riktningsskarakteristik. Dels kan eleven hålla den i handen och rikta den mot talaren (riktad), dels kan den placeras på ett bord alternativt sändas runt bland eleverna (rundupptagande). Med en omkopplare kan eleven välja vilken riktningsskarakteristik som passar bäst i olika situationer. För att kunna utnyttja detta system fullt ut krävs emellertid både mognad och motivation hos eleven.

Några tillverkare av trådlösa mikrofoner anger att deras produkter, förutom det mer normala användningssättet som mikrofon på kort distans, också kan användas som central bordsmikrofon som ett alternativ vid samtal i grupp. Visserligen kan i dessa fall talavståndet förkortas för vissa deltagare runt ett bord men effekten går inte att jämföra med att utnyttja de korta mikrofonavstånd man uppnår genom att cirkulera en mikrofon. Detta trots att olika signalbehandlande tekniker använts för att förbättra SNR (om användningen av ett specifikt konferenshjälpmedel i undervisningen, se nedan).

I Sverige pågick under 2002-2006 ett projekt, stöttat av Skolverket, för att stimulera till ökad dialog i hörselklasser (Skolverket, 2000; Ivarsson, 2005). Utgångspunkten var att pedagogik och teknik dittills inte gynnat dialogiska lärandemiljöer för elever med hörselnedsättningar. I projektet användes, för elevmedhöringen, en på arbetsbordet **centralt placerad permanent inkopplad mikrofon** ("dosan") med viss signalprocessning. Den rapporterade vinsten var att elevernas dialog blivit mer spontan och naturlig när de slapp knapptryckningar, men samtidigt konstateras att vissa elever upplevde ljudkvaliteten som sämre. Både lärare och elever önskade i samband med detta att det utvecklades utrustning där upp till tre anläggningar kan användas samtidigt i klassrummet (Wennergren 2002). Denna lösning är emellertid omöjlig så länge man arbetar med de långa mikrofonavstånd som den centrala bordsmikrofonen ger, istället kräver den korta mikrofonavstånd, som exempelvis i RGH-modellen nedan (Gustafsson 2002). Någon utveckling av tekniken, vilket var avsikten med ett tekniskt projekt som avknoppades från dialogprojektets pedagogiska del, har ännu inte presenterats.

Den tekniska delen av projektet (Odelius 2005) kom i stället att inriktas på att utveckla metoder för att utvärdera hörteknisk utrustning för skolbruk. Av de rapporter som publicerats kan man konstatera att ett långt mikrofonavstånd, som exempelvis den centrala mikrofonen resulterar i, inte låter sig kompenseras av olika former av signalbehandling och att flertalet elever i dessa situationer därför använder hörapparaterna i M-läge i stället för att utnyttja hörapparaternas T-läge tillsammans med hjälpmedlet (Odelius 2007). Då teoretiska beräkningar visat på problem med långa mikrofonavstånd när de ställs mot behoven hos elever med hörselnedsättningar är studiens resultat inte förvånande. Detsamma gäller skillnader i utbyte och användning av en central mikrofon, beroende på grad av hörselnedsättning hos användaren (Gustafsson 2007).

De senare rapporterna från Dialogprojektet bekräftar också tydligt att tekniken med central mikrofon är otillräcklig och att eleverna med de gravaste hörselnedsättningarna blir särskilt missgynnade:

” Vi använder tecken som stöd för att alla ska ha en chans att hänga med eftersom tekniken inte är tillräcklig för samtliga elever (Bergqvist m.fl. 2006 s. 19).

” Mitt sätt att se på tekniken i klassrummet har blivit mer nyanserad och idag kan jag se att elever har behov av olika tekniska lösningar beroende på situation. Det finns pedagogiska situationer som kräver en mikrofon på den som talar medan det i andra tillfällen är ypperligt med en lösning som dosan. Jag ser också att de elever med störst hörselnedsättning är mer delaktiga när mikrofonavståndet är kort. Det är viktigt att beakta i det pedagogiska arbetet när jag planerar genomförandet. Jag har ändrat mitt sätt att se på hörselklassundervisning från att tro att dialogprojektet var mycket av ett teknikprojekt till att idag se det som ett pedagogiskt utvecklingsprojekt av hörselklassverksamhet (Espmark m.fl. 2006 s. 18).

En annan variant för elevmedhöring är **takmikrofonen** som har använts inom både integrerad verksamhet och i specialskolor. I regel har det varit en tryckzonsmikrofon som placerats i en platta över eleverna. En variant har haft samma signalbehandling som utrustningen som använts i Dialogprojektet. Erfarenheterna är emellertid likartade de som fås med central bordsmikrofon. Mest erfarenhet finns i Norge där man emellertid på vissa håll, efter



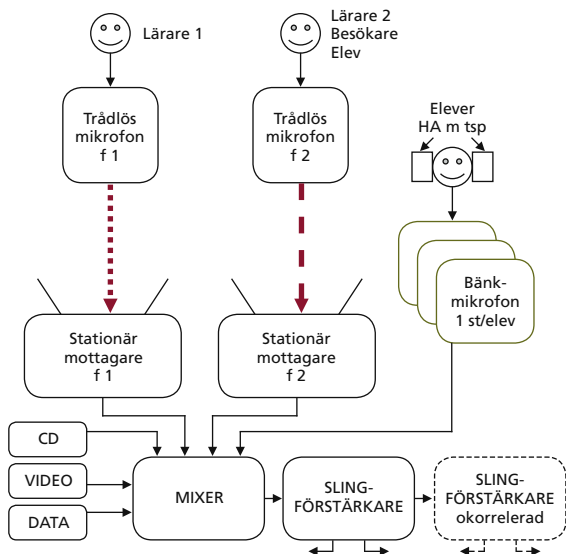
relativt frekvent utnyttjande, helt lämnat användning av produkten (Jonassen 2004, 2007). Ett test på RGH gav även det negativa resultat (Gustafsson & Sandmon 2004) och efter en längre tids användning söker man nya lösningar också på Fredericiaskolan i Danmark (Møller Kristiansen 2007).

## Hörapparater tillsammans med flera externa mikrofoner

Sedan 1950-talet har specialskolan och hörselklasserna använt bänkmikrofoner för elev-elev-kommunikation. Dessa bänkmikrofoner har garanterat ett kort mikrofonavstånd för varje elev och därmed ett bra SNR. Elevbänkarna har då varit placerade i en halvcirkel för att underlätta talavläsning och alternativ visuell kommunikation. Denna **klassiska hörselklassutrustning** har använt teleslinga som överföringsled till elevernas hörapparater. Elevmikrofonerna har normalt kunnat kopplas in en i taget eller flera samtidigt, allt efter pedagogiska önskemål och/eller elevernas behov av störningsfri signal. Figur 4-4 visar anläggningens uppbyggnad.

Fördelarna med den klassiska hörselklassanläggningen är en god ljudkvalitet och en flexibilitet i inkopplingen av mikrofonerna. Nackdelarna är att den låser möbleringen genom ett fast kablage och därmed inte är så lätt att anpassa till grupparbete. Ett norskt företag, Vestfold Audio, har introducerat en trådlös bänkmikrofon vilken gör möbleringsförändringar lättare men som å andra sidan kräver lika många radiokanaler (800 MHz-bandet) som antal mikrofoner. Ytterligare nya trådlösa konferenssystem med flera mikrofoner på 2,4 MHz eller högre frekvenser, har introducerats men ännu inte utvärderats inom skolverksamhet.

Även om elev-elev-kommunikationen rent tekniskt fungerat bra i klassrum med bänkar i halvcirkel och mikrofoner på varje bänk, ställs andra krav när undervisningen blir mer grupparbetsinriktad. Eleverna ska kunna placera sig i olika grupperingar inom klassrummet och varje grupp ska ha en acceptabel lyssningssituation. Under senare år har en försöksverksamhet pågått vid Riksgymnasiet för hörselskadade i Örebro (Gustafsson 2002; Bergkvist & Gustafsson 2008) där man med hjälp av begränsade teleslingor kunnat arbeta vid upp till tre bord samtidigt i samma klassrum utan att störa varandra. Vid varje bord



Figur 4-4. Klassisk hörselklassanläggning. Elevmikrofoner på varje elevbänk som är placerade i halvcirkel. Från Gustafsson (2007)<sup>2</sup> (Bild: Comfort Audio)

har eleverna använt myggmikrofoner för att säkra korta mikrofonavstånd. Olika varianter på mikrofonlösningar för lärare har funnits, beroende på om en eller flera lärare arbetat samtidigt.

Elevmikrofonerna har kunnat kopplas in en i taget eller flera samtidigt, allt efter pedagogiska önskemål och elevernas behov av störningsfri ljudåtergivning. Systemet, som går under benämningen **RGH-modellen**, har alla fördelar som man kan kräva av en utrustning som ska fungera i en dialogpedagogisk situation där grupparbeten ofta förekommer. En nackdel är att det för närvarande är en fast installation och att vissa komponenter inte är kommersiellt tillgängliga vilket kräver hörteknisk personal inom verksamheten. Efterfrågan finns på en liknande produkt, både från andra skolor och från brukarorganisationerna.

Modellens största nackdel är alltså att den kräver fast installation. I detta sammanhang kan det därför vara intressant att belysa två ansatser som försökt möta detta problem: ”NAL-modellen” och ”Companion Mics”.

<sup>2</sup> Figuren är av en typ som användes i rapporten *Auditiv miljö* (Gustafsson 2007). För den som tycker om denna något abstrakta figurstil hänvisas till den rapportens bilaga 2. I kapitel 5 används något mer schematiska illustrationer.

**NAL-modellen** är i denna bok beteckningen för en teknik som utvecklades vid National Acoustic Laboratories i Sydney, Australien under 1970-talet. Som en kritik mot den utveckling som dominerade skolutrustningarna på 70-talet i Australien och USA, det vill säga bärbara FM-system som endast premierade kommunikationen lärare-elev, startades ett utvecklingsprojekt där man istället försökte att betona elev-elev-kommunikationen (Byrne & Christen 1981). Bland de krav som ställdes var att utrustningen skulle kunna arbeta trådlöst med en radioöverföring mellan både lärare-elev och elev-elev samt utnyttja korta mikrofonavstånd. Detta förtydligas genom följande uttalande vilket fortfarande känns aktuellt:

” *The requirement that RF operation be available for child-to-child communication is included because this type of communication is significant and is usually neglected in the design of classroom amplification equipment. Arrangements in which the signal is picked up by a microphone placed in the center of the classroom are not satisfactory as the quality of the signal, with respect to S/N ratio and constancy of level, is usually no better than received with the conventional hearing aid, and may even be worse (Byrne & Christen 1981, s. 299).*

Den teknik som valdes byggde på en radioöverföring kallad ”induction field RF (FM) amplification”. Även om man med denna teknik, i likhet med teleslingöverföring, utnyttjade induktiv överföring krävde systemet ingen fast installation, arbetade med en högfrekvent bärvåg och hade en väl definierad räckvidd som kunde regleras. Det är den sistnämnda egenskapen som kan utnyttjas för att få en funktion som gynnar ett dialogpedagogiskt arbetssätt med grupparbeten. Genom att ställa in en kort räckvidd (t.ex. 3 m), kan flera elevgrupper kommunicera med varandra i ett klassrum samtidigt som en eller flera lärare kan gå mellan grupperna och endast höras av den närmaste gruppen.

Detta är en lösning som för närvarande endast tillgodoses av RGH-modellen, men som i NAL-modellen alltså kunde ske utan fast installation. Trots de pedagogiska fördelarna med systemet hade det dock inte den framgång som man skulle kunna förvänta sig. Detta berodde troligen till stor del på att utrustningen hade ambitionen att göra för mycket, något som gick ut över hanteringsmöjligheterna, och att utrustningen, med den teknik som vid den

tiden stod till buds, blev relativt klumpig. I dag, när de dialogpedagogiska tankarna dessutom har större förankring, vore det intressant om en teknisk lösning, som bygger på NAL-modellen men som utnyttjar mer modern teknik, kunde presenteras.

En lösning som tangerar detta önskemål är Near-Field Magnetic Induction (NFMI), en modern teknik som är starkt besläktad med den som användes i NAL-modellen. Denna trådlösa teknik för kortdistansöverföring används i hörapparatsammanhang för att överföra signaler från en centralenhet (typ Oticon Streamer) som kan ta emot signaler från olika blåtandsförsedda<sup>3</sup> utrustningar (mobiltelefoner, iPods etc.). I denna tillämpning är räckvidden ca 0,5 m vilket täcker kommunikationen mellan centralenheten som hänger om halsen och hörapparaten som har en speciell mottagarenhet inbyggd. Med en längre räckvidd i detta avseende skulle kanske NAL-modellen därmed kunna återuppstå som ett attraktivt hjälpmedel.

**Companion Mics** är framtagen för personer med hörselnedsättningar som har problem att höra i en miljö där störnivån är hög, exempelvis en restaurang. Produkten kommer från en i hörapparatsammanhang välkänd tillverkare, Etymotic Research. Företaget är även engagerat i flera forskningsprojekt där man bland annat påvisat behovet av ett bra SNR hos personer med hörselnedsättningar. Tanken med produkten är att åstadkomma ett system där en person med hörselnedsättningar med hjälp av en mottagarenhet kan lyssna till flera, samtidigt inkopplade sändare, även i en bullrig miljö. Detta kräver att mikrofonavståndet är kort, vilket åstadkoms genom att den kompakta mikrofon- och sändarenheten hängs om halsen. Utvecklingen av hjälpmedlet startade 1992 och utrustningen anses vara bättre än tidigare testade lösningar. Tekniken som används är välkänd inom digital telefonteknik och skulle eventuellt efter viss modifiering och anpassning även kunna ingå i ett skolsystem. En tillämpning skulle då kunna vara att skapa en trådlös variant av RGH-modellen men innan detta sker bör systemet utvärderas. En sådan utvärdering bör särskilt göras med avseende på vad den teknikberoende tidsfördröjningen (finns även för andra liknande

---

<sup>3</sup> Blåtandstekniken är från början utvecklad för att ge en trådlös datakommunikation över korta avstånd. För personer med hörselnedsättningar har den haft sin största tillämpning för att överföra mobilsamtal till hörapparaten. Övrig användning, som till exempel integrerad mottagare i hörapparater, har strandat på för hög strömförbrukning och en tidsfördröjning av signalen.

blåtandsbaserade tekniker) betyder för talavläsningen där man är beroende av en synkron överföring mellan visuell och akustisk signal. Kan det uppstå problem vid användning av MT-läge om man får både en direkt och en fördröjd signal?

## **Flera mikrofoner för den individualplacerade elevens elevmedhörning – ”norska modellen”**

För den individualplacerade eleven har den tekniska utvecklingen i Sverige inte inneburit några påtagliga förbättringar vad gäller elevmedhörning och anpassning till dialogiskt lärande (se kapitel 3) där två trådlösa mikrofoner som betjänar lärare och elever ofta har varit den mest avancerade lösningen (utrustningen Transett Pedagog med denna uppsättning blev en vanlig lösning under slutet av 1990-talet och början av 2000-talet).

I Norge har man däremot sedan länge gjort olika försök att placera ut flera elevmikrofoner. Från början användes trådbundna mikrofoner som hängde ned från taket, delades av två elever och som hölls nära munnen. Vik & Lange (1995) redovisade erfarenheter där eleverna höll mikrofonerna ca 20 cm från munnen medan Tveit (2000) förändrade utförandet och användandet så att eleverna höll mikrofonen ca 2 cm från munnen. På detta sätt förbättras SNR avsevärt, vilket blir viktigt för att samtliga mikrofoner ska kunna vara inkopplade samtidigt. Under senare år har de trådbundna mikrofonerna ersatts av trådlösa mikrofoner som har en strömbrytare för inkoppling av en elevmikrofon i taget (Larsen & Bigseth 2003). Samtliga elevmikrofoner går på samma radiofrekvens, vilket reducerar kostnaden för flera mottagare men som å andra sidan kräver disciplin av användarna. Trycker flera elever samtidigt på mikrofonens strömbrytare skapas, genom interferens, störande brus. Ett sätt att kontrollera att mikrofoninkopplingen görs på rätt sätt är att ansluta en eller flera kontrollhögtalare (se även kapitel 6) till systemet vilken ger en liten förstärkning av talet men som också kan avslöja detta interferensbrus. En variant som används i Norge utnyttjar trådlösa bänkmikrofoner vilka emellertid arbetar på olika frekvens och därmed undviker man interferenser. Om detta och annat om hörteknik i norska skolor, se Jonassen (2009).

En utvärdering av Rekkedal (2007) visar att antalet elevmikrofoner i klassen har en avgörande betydelse för funktionen. En grupp som hade tillgång till en elevmikrofon per 2-3 elever fungerade bättre än en grupp som hade en elevmikrofon per 5-6 elever, respektive en grupp som inte hade tillgång till några elevmikrofoner alls. Denna lösning med flera trådlösa mikrofoner i klassen för den individual-placerade eleven benämns i denna bok den ”norska modellen”.

Förutom det exempel som nämnts i kapitel 3, där takhängda mikrofoner enligt ”norsk” modell provades med gott resultat (Heiling 1999), finns också några opublicerade rapporter från södra Sverige och Örebro län där trådlösa elevmikrofoner provades tillsammans med teleslinga och högtalare med positivt resultat. Avslutningsorden i en av rapporterna lyder:

” Detta är ett hjälpmedel som verkligen behövs på marknaden. Att ändra envägskommunikation till flervägskommunikation genom detta system, underlättade medhörningen betydligt för **alla** och **särskilt för eleven/erna med hörselnedsättning**. De blev nu delaktiga i den kommunikation som sker i undervisningen (Bengtsson, Holst & Rikardson 2005).

Varför har då inte fler elevmikrofoner använts bland individual-placerade elever tidigare i Sverige?

Trots att tre landsting provat den ”norska modellen” med fler elevmikrofoner med gott resultat redan under 2005 är det endast Örebro län som infört det som ett reguljärt hjälpmedel. Under 2006 började ett antal klasser utrustas med en elevmikrofon per 4-5 elever, vilket motsvarar en mikrofon på varje grupparbetsplats (se ”Ökad delaktighet för elever med hörselnedsättning” 2007). I dag används detta system i mer än 30 klasser vilket torde vara lika många eller rent av fler än vad som används i övriga Sverige totalt (Hadzic & Birkhammar 2009). Under senaste året har ytterligare några opublicerade tester gjorts i några landsting med lika gott resultat, men ingen har ännu följt i Örebro läns spår.

Bland tänkbara förklaringar till att Sverige inte haft samma utveckling som Norge när det gäller att åstadkomma en acceptabel elev-elev-kommunikation kan följande tänkas:

- Landstingets hörselvård har inte varit medveten om behovet.
- Tekniken för elev-elev-kommunikation kostar mer än vad det kostar att bara tillgodose lärar-elev-kommunikationen.
- Pedagogerna har inte varit medvetna om möjliga lösningar.
- Det har saknats hörteknisk och pedagogisk personal som kan informera om, installera, underhålla och utvärdera tekniken.

## Trådlös överföring – radio-teknik och FM-system i skolan

I detta kapitel har begreppen stationära kontra portabla/bärbara system introducerats i stället för de ofta använda, men i viss mån otydliga, begreppen teleslinga, FM-system och bärbar slinga. Alla dessa tekniker har dock det gemensamt att de hör till kategorin trådlösa system, till skillnad från trådbundna system. Det första trådlösa systemet som kom till användning i undervisningen var teleslingan. Gruppförstärkarens sladdförbindelse ersattes då av ett magnetfält mellan teleslingan och hörapparatus telespole. Nästa variant av trådlös överföring byggde på radioteknik och kom till användning vid Fredericiaskolan i Danmark i början på 1960-talet. Syftet var att både lärare och elever skulle ha rörelsefrihet i klassrummen. I de flesta klassrum kunde elevernas rörelsefrihet uppnås med teleslingor men i sex klassrum var eleverna, på grund av överhöringen, tvungna att använda bärbara radiomottagare som utnyttjade en högfrekvent bärvåg som amplitudmodulerades (AM-teknik) för att få samma rörelsefrihet som sina kamrater. För att frigöra läraren från mikrofonsladden utnyttjades en högfrekvent bärvåg som frekvensmodulerades (FM-teknik) (Børrild 1965). Andra trådlösa tekniker som testats, men inte fått någon större spridning, är infraröd teknik (IR-system, se dock kapitel 6) som bygger på en modulering av infrarött ljus och FM-slingor där teleslingan fått sända ut en högfrekvent modulerad bärvåg. Det finns alltså flera olika tekniker för att åstadkomma trådlös överföring och dagens

FM-system är endast ett sätt bland många för att åstadkomma detta. Ytterligare varianter kan dessutom skönjas genom introduktionen av digital teknik som för närvarande sker på marknaden.

Trådlösa mikrofoner och FM-system utnyttjar radioöverföring för att ge elever och lärare rörelsefrihet. Nedan följer en genomgång av olikheter i de system som i dag är vanligast förekommande och vad dessa olikheter innebär när det kommer till funktion och användbarhet.

Radioöverföringen sker med en frekvensmodulerad (FM) bärvåg mellan sändare och mottagare. Denna bärvåg kan ha olika frekvens och i Sverige har man använt frekvensband runt 40, 200 och 800 MHz. De olika banden ligger i olika områden med hänsyn till störningar. Runt 40 MHz finns mycket övrig utrustning som kan störa, både andra FM-sändare och annan elektrisk apparatur inklusive datorer. En ytterligare nackdel är att antennerna vid dessa lägre frekvensband blir relativt långa. De flesta lärare har nog någon gång fastnat med, eller trampat på, sändarantennen till den trådlösa lärarmikrofonen. Går man till området 800 MHz så finns där mer av professionell utrustning och utrymme för många kanaler i ett område som är mer störningsfritt. Antennlängderna blir dessutom kortare. Det mesta av den teknik som är framtagen för personer med hörselnedsättningar ligger idag emellertid i området runt 200 MHz. Egenskaperna när det gäller störningar och antennlängd hamnar mellan de båda tidigare frekvensbanden. Rent praktiskt har utrusning i detta band kunnat göras relativt strömsnål, vilket underlättat utvecklandet av mini-FM-system som kan arbeta med hjälp av hörapparatens eget batteri.

Ett FM-systems ljudkvalitet beror på flera faktorer. Begränsat utrymme och begränsad tillgång på ström resulterar givetvis i vissa kompromisser. I ett mini-FM-system finns ofta, bland vuxna användare med hörselnedsättningar, upplevelsen av att det hörs ett brus, vanligen benämnt ”FM-brus”. Små barn upplever däremot inte alltid initialt bruset som en störning, utan bara något man inte har hört förut.

Orsakerna till detta brus kan vara många. Det använda frekvensområdet är litet, kanaltätheten är stor och man har ett smalbandigt radiosystem. Härigenom kan inte deviationen (ett mått på den maximala tillåtna frekvensvariationen i bärvågen) bli tillräcklig för att återge en signal med full dynamik, utan den reduceras ofta med ett hörbart grundbrus som resultat. Elever med lättare och måttliga



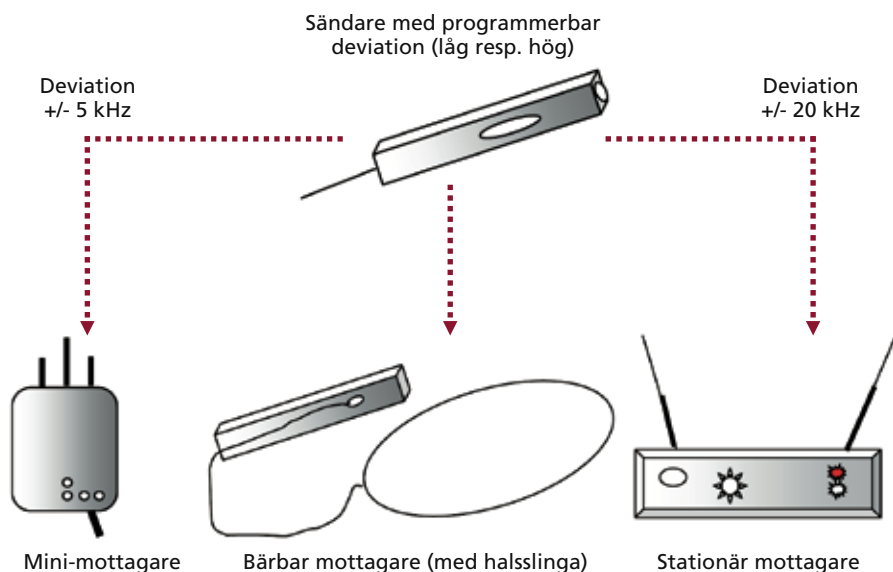
hörselnedsättningar besvärar särskilt av detta (se t.ex. Jonassen 2004, 2009). En annan orsak till brus har snarare att göra med räckvidden hos systemen, något som bland annat är beroende av antennernas effektivitet. I ett mini-FM-system är antennerna mycket korta och ibland riktade, vilket ger en kort och osäker räckvidd. Vad som händer när man ökar avståndet mellan sändare och mottagare är att en successivt svagare signal når mottagaren och detta orsakar ett så kallat "räckviddsbrus". När bruset blir för kraftigt i mottagaren brukar en anordning kallad "squelch" bryta den brusiga signalen och eleven hamnar i tystnad.

Dessa radiosignalers utbredning är inte lika förutsägbara som signalen från en teleslinga. Framförallt beroende på mängden metallföremål i anslutning till lokalen, kan direkta radiovågor och reflexer orsaka så kallade "döda fläckar" eller "dropouts". Dessa kan i vissa lokaler bildas på både kortare och lägre avstånd från sändaren men problemet kan elimineras med en stationär radio-mottagare med diversitetsmottagning över två antenner.

Hur lång är då räckvidden hos en mini-FM-mottagare? Utomhus, utan störande reflektorer, kan man ha relativt lång räckvidd, medan den inomhus är mycket mindre och inte speciellt förutsägbar. Olika fabrikanter anger avstånd inomhus mellan 5 och 40 meter. I ett stationärt system utnyttjas normalt dels diversitetsmottagning som nämdes tidigare för att få längre och säkrare räckvidd, dels den högre deviation när man modulerar bärvågen. Man har alltså ett mer bredbandigt system. Det sistnämnda ökar dynamiken i systemet och upplevelsen av "FM-brus" blir därför mycket mindre.

Konsekvensen av att mini-FM-system använder en låg deviation, bland annat beroende på brist på frekvensutrymme, medan stationära utnyttjar en högre, blir att dessa system inte är kompatibla. En sändare med låg deviation passar inte till en mottagare inställd för hög deviation och tvärtom. För att inte vara låst till antingen det ena eller det andra finns tillverkare som gör sina sändare omställbara i deviationshänseende. Dessa sändare kan efter omprogrammering enkelt ställas om att passa i båda systemen (se figur 4-5). Funktioner som dessa blir viktiga i en flexibel skola där man kanske inte alltid kan förutsäga vilka hjälpmedel som ska eller kan användas.

De försämrade ljudöverföringsegenskaperna hos mini-FM-systemens smalbandiga radioöverföring med låg deviation kontra de stationära med hög deviation och större antenner kopplade i



*Figur 4-5. Ett trådlöst mikrofonsystem (200 MHz) som med olika programmering kan betjäna olika mottagare och ge olika ljudkvalitet och räckvidd. Genom ställbar deviation kan högre ljudkvalitet/mindre brus erhållas i det stationära systemet. Även radioöverföringen förbättras i det stationära systemet genom större antenner och diversitetsmottagning. Den bärbara mottagaren skulle kunna inta en mellanställning kvalitetsmässigt om den programmerades med hög deviation. Det är vanligare att den har den lägre deviationen för att vara kompatibel med mini-mottagaren. Räckviddsmässigt kan den inte konkurrera med den stationära mottagarens genom dennas dubbla antenner och diversitetsfunktion.*

diversitet, uppstår i ännu högre grad om man vill att eleverna ska kunna höra flera talare samtidigt. I ett sådant system, ofta kallat "Team-Teaching" eller "mix", kommer de negativa effekterna att adderas med ännu högre brus och fler "döda fläckar" som följd.

De ovan beskrivna förhållandena framgår aldrig av kommersiellt broschyrmaterial, men kan istället upptäckas i redovisning som riktar sig till mer professionell personal som ska sköta utprovningen av produkterna (se t.ex. Platz 2003; Oticon 2007). Vad gäller problem vid användandet av mini-FM finns en doktorsavhandling (Buxton 2007) som speciellt belyser det komplexa samspelet mellan olika FM-kanaler, hörapparatstyper och ljudkvalitet. Vad som är viktigt att komma ihåg är att ett portabelt FM-hjälpmiddel kräver en

utvärdering i den lokal som är aktuell och inte kan lämnas ut ”över disk”. Teknikerns roll i detta sammanhang är alltså viktig! I USA, som arbetat med FM-system länge, föreskrivs daglig funktionskontroll av kunnig personal och regelbundna uppmätningar av systemens prestanda (ASHA 2002).

Vad kan den digitala tekniken innebära för utvecklingen av och funktionen hos de trådlösa överföringssystemen? Ett svenskt företag har introducerat ett digitalt modulerat radiosystem som arbetar inom 800 MHz-området. Företaget anger att den digitala tekniken i kombination med det höga frekvensområdet innebär att man får stor dynamik i systemet. Då man dessutom planerar en mini-FM-version ingående i systemet bör denna kunna undvika det ofta upplevda ”FM-bruset”, som finns i analoga mini-FM-system och som orsakas av låg deviation. Räckvidden uppges också bli bättre genom att den digitala signalen är mer robust och mindre känslig för störningar. Hösten 2008 presenterades data som stöder dynamikförbättringen hos systemet, varför det är angeläget att pröva det praktiskt samt att få proven utvärderade.

## Myter om hörteknik

Att all ny teknik per automatik är bra teknik och att överhöringsproblem bara existerar när teleslingor används är två myter/missuppfattningar som man ofta möter.

Inom ett område som är så specifikt och så litet som gruppundervisning av elever med hörselnedsättning är det kommersiella intresset för att utveckla speciella hjälpmedel tyvärr inte särskilt stort. Industrin har en tendens att prioritera utrustning som riktar sig till större målgrupper, exempelvis vuxna eller mer individuellt inriktade hjälpmedel. Exempel på hjälpmedel som introducerats i skolan men som egentligen konstruerats för en annan målgrupp är arbetsplatshjälpmedlet Comfort Conference (”dosan”). Detta riktar sig till vuxna som i högre utsträckning kan styra användandet och som är tolerantare när det gäller behov av SNR (se avsnittet ”Behov

av ökat signal-brus-förhållande” i kapitel 1 samt figurerna 1-2 och 4-7). Andra hjälpmedel är de mer individuellt och monologiskt orienterade mini-FM-systemen (typ Phonak MLx och dess efterföljare, Oticon Amigo m.fl.), vilka ofta används i undervisningen av individualplacerade elever, utan tillräckligt beaktande av behovet av elev-elev-kommunikation. Phonaks kommande Inspiro-system med flera mikrofoner (se figur 4-6) utgör dock en förändring med sin möjliga inriktning mot elev-elev-kommunikation.

Överhöringsproblematiken, det vill säga att man kan höra en intilliggande teleslinga i ett angränsande utrymme, har varit uppmärksammat allt sedan introduktionen av teleslingor och olika förslag har funnits på hur man ska lösa detta problem. Det bör dock påpekas att problemet överhuvudtaget inte existerar med rätt avstånd mellan slingorna och att detta avstånd i allmänhet går att beräkna. Problemet uppstår då man vill använda många slingor samtidigt inom en skolbyggnad som inte planerats för detta. I dag kan man utnyttja den okorrelerade slingtekniken som medger ett kraftigt reducerat avstånd mellan slingorna eller, som man exempelvis gör i RGH-modellen, begränsade slingor i olika former.

En snarlik överhöringsproblematik uppkommer dock även när man använder radioöverföring via FM-teknik. Om man hade haft tillgång till endast en radiokanal skulle problemet vara mycket stort och liknande det som gäller slingor. Nu finns flera kanaler/frekvenser och man skulle kunna tänka sig att med tillräckligt stort antal frekvenser skulle hur många rum på hur litet avstånd som helst kunna användas samtidigt. Så är nu inte fallet. Genom att mottagarna inte är tillräckligt selektiva rekommenderas att intilliggande frekvenser inte används i varandras geografiska närhet. Likaså kan det uppstå blandningsprodukter mellan olika frekvenser som gör att antalet användbara frekvenser ytterligare minskas. En annan komplikation uppstår om frekvenserna inte är bundna till vissa rum, utan till specifika lärare, vilka är rörliga och undervisar olika elever på olika platser. Detta gör att situationen vid större skolenheter inte går att jämföra med den som råder för individualplacerade elever och enstaka hörselklasser i kommunala skolor, där behovet av kanaler är betydligt mindre.

Tillgången på kanaler/frekvenser är nu trots allt begränsad och hörteknisk utrustning konkurrerar dessutom inte bara med sig själv om plats i etern. Annan kommunikationsutrustning och framför allt

radio och TV är allvarliga konkurrenter. I samband med anskaffande av trådlös utrustning måste därför tillstånd för användning sökas hos Post- och telestyrelsen (PTS). Tillstånden är tidsbegränsade. Ett litet antal frekvenser vid 169 MHz och 863-865 MHz är undantagna tillståndspflicht, men antalet är i allmänhet otillräckligt för skoltillämpningar.

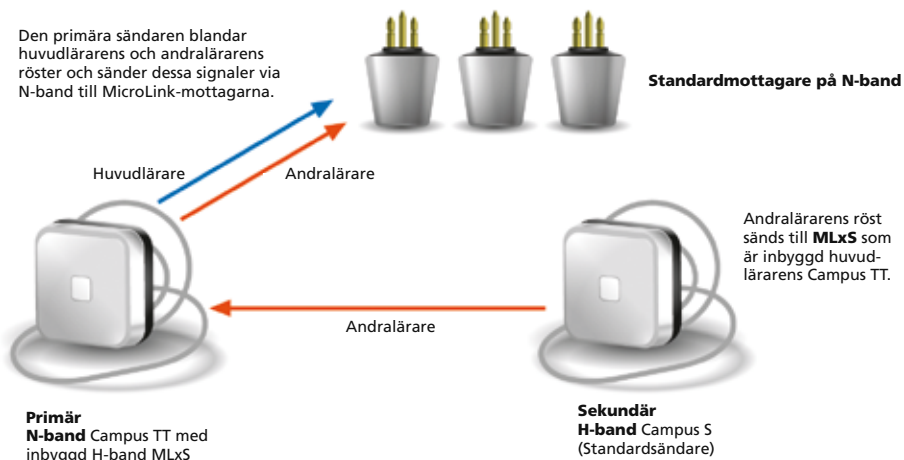
## Nya produkter och något om dess egenskaper

Under 2008 introducerades två olika produktserier som hade en klar inriktning mot undervisningssituationer. Phonak, som tidigare varit starkt inriktad mot system som har prioriterat kommunikationen lärare till elev, lanserade ett nytt system som underlättar elev-elev-kommunikation, Phonak Inspiro. Comfort Audio presenterade en produktserie med digitalt baserad ljudöverföring benämnd Digi-system. I ingetdera av fallen är alla planerade produkter tillgängliga varför dess användning i olika skolsammanhang ännu inte (våren 2009) kunnat utvärderas. Nedan kommenteras vissa egenskaper hos produkterna som bedöms ha störst värde för undervisningen.

**Phonak Inspiro** är en ny generation hjälpmedel där man tagit fasta på att det saknats möjligheter till flexibel elev-elev-kommunikation i företagets tidigare system. I ett så kallat "MultiTalker Network" kan upp till 10 mikrofon-sändare ingå (se figur 4-6). Alla sänder på samma frekvens, men endast en i taget, och detta styrs av en speciell datalänk (2,4 GHz). Sändaren som bärs av "huvudläraren" har prioritet över de övriga och kan bryta in när någon av de andra talar, medan övriga deltagare får vänta tills den som har haft ordet tystnar. Relativt det tidigare använda "Team-Teaching-konceptet" bör man kunna förvänta sig en mer störningsfri ljudåtergivning genom att endast en mikrofon tillåts vara inkopplad (bättre SNR) samtidigt som överföringen endast arbetar med en radiokanal (mindre risk för radiointerferenser). Fortfarande sker överföringen

## ”TeamTeaching” med Campus TT

Den primära sändaren blandar huvudlärarens och andralärarens röster och sänder dessa signaler via N-band till MicroLink-mottagarna.



## MultiTalker nätverk med inspiro

Endast en sändare sänder åt gången



Figur 4-6. Phonaks Inspiro-system i jämförelse med företagens s.k. Team-Teaching-system. (Bild: Phonak)

till elevens hörapparat i 200 MHz-bandet och via en mini-FM-mottagare med liten antenn, vilket naturligtvis påverkar säkerheten i överföringen. För närvarande saknas en handhållen mikrofon som är anpassad till användning enligt ”norska modellen”, där två eller flera elever delar på en mikrofon (beräknas tillgänglig under 2009). I detta sammanhang är det naturligtvis en vinst att risken att två elever kopplar in sig samtidigt, med interferensbrus som följd, är eliminerad.

**Comfort Digisystem** är en ny produktserie där digital teknik utnyttjas för radioöverföringen och även i ett mini-FM-system (beräknas tillgängligt under 2009). Den förväntade effekten är bättre ljudöverföringsegenskaper genom digital signalbehandling och en digital modulering av bärvågen i 800 MHz-området. Även om tekniska data saknas för alla produkter så ska enligt uppgift ljudkvaliteten även vid användning av mini-FM-mottagaren (Connector DT-10) vara jämförbar med vad som kan fås med företagets produkter som arbetar med konventionell analog signalbehandling och hög deviation. Detta skulle i så fall innebära att olika sändare, eller olika programmering av sändare, inte skulle behövas till mini-FM-system och i stationära produkter. Även om den digitala radioöverföringen i 800 MHz-området sägs vara robust och relativt okänslig för störningar finns naturligtvis en viss begränsning genom mini-FM-mottagarens lilla antenn, särskilt som företaget har valt att använda inre och därmed mindre antenner även på sändarna. Detta är givetvis praktiskt för användarna, men ger det begränsningar i andra funktioner? Detta får framtida utvärderingar utvisa. För övrigt finns övervakningsfunktioner liknande den som nämndes i Phonaks Inspiro-system som gör att man, vid användande enligt ”norska modellen”, kan undvika interferenser när flera talar samtidigt.

# Översikt och slutsatser

I figur 4-7 sammanfattas de krav som en hörselnedsättning ställer på ett bra signal-brus-förhållande och detta relateras till olika akustiska störnivåer i undervisningslokaler. Samtidigt åskådliggörs möjligheterna att förbättra förhållandena med olika hjälpmedel. Funktionen av hjälpmedlet blir i mycket hög grad beroende av var mikrofonen/mikrofonerna placeras. Ju närmare mikrofonen placeras den/de talande, desto större kommer dominansen över det störande bullret att bli. För att underlätta läsbarheten av figuren har talnivån redovisats som den direkta ljudkomponenten, vilken faller med 6 dB per avståndsfördubbling. I själva verket kommer på längre avstånd (större än 1m) efterklanger att börja påverka den totala nivån. Vid ca 1-2 m bidrar tidiga reflexer till att höja ljudnivån något, medan sena reflexer på längre avstånd blir enbart störande, trots att de höjer ljudnivån.

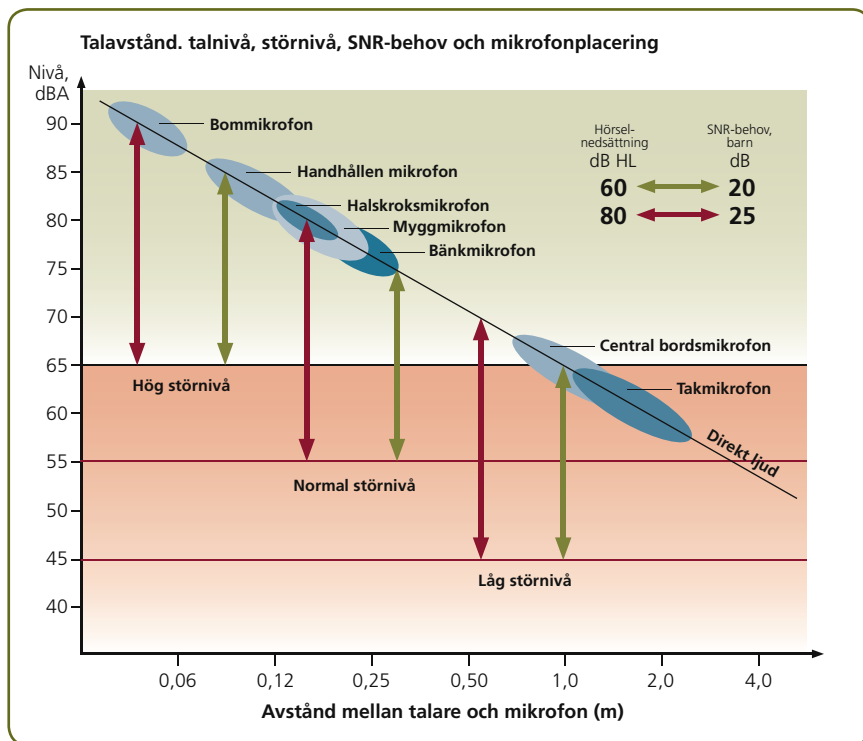
Ljudnivån antas vara 65 dBA på 1 m avstånd och utifrån detta har nivåerna vid olika mikrofonplaceringar uppskattats. Nivåerna vid de olika mikrofonerna är redovisade som ovala ytor för att ange den spridning som man kan få, beroende på placering. Detta är exempelvis anledningen till att nivå vid myggmikrofonen redovisas med en större oval än halskroksmikrofonen eftersom halskroksmikrofonens placering blir mer definierad. Störnivåerna, symboliserade med rött, har fått en markering vid 45, 55 och 65 dBA. Detta motsvarar nivåer hämtade från mätningar i olika klassrum enligt Bess, Sinclair & Riggs (1984). De kan tänkas representera ett mycket tyst klassrum med individuellt arbete, ett klassrum där dialogisk aktivitet i smågrupper förekommer och slutligen ett klassrum där ljudnivån är lika hög som den kan vara i en större klass för hörande (för mer information om ljudnivåer, se kapitel 2).

Genom att placera in SNR-behovet för barn med två olika grader av hörselnedsättning (60 respektive 80 dB HL; användare av kokleaimplantat antas tillhöra den sista kategorin) som pilar mellan talnivå och störnivå kan man avläsa vad som bör vara ett rimligt mikrofonalternativ. SNR-behovet är grundat på det resonemang som förts tidigare i boken och det underlag som redovisades i figur 1-2.

Bilden kan även användas för att uppskatta resultatet då enbart hörapparat används i M-läge. Är talavståndet kort (mindre än 1 m),



som det kan vara vid individuell undervisning, eller när man sitter i en liten grupp, kan hörapparat i mikrofonläge fungera för en elev med hörselnedsättningen ca 60 dB HL, förutsatt att störnivån i lokalen inte är för hög.



Figur 4-7. Översikt av några parametrar som påverkar möjligheterna för en elev med hörselnedsättning att följa med i undervisningen. Sambandet mellan SNR-behov vid olika grad av hörselnedsättning, störnivåer och talavstånd/mikrofonalternativ kan utläsas.

Samband: Talsignalnivå – Störnivå = SNR  
SNR-behov ger mikrofonalternativet!

Några exempel:

- För att en central bordsmikrofon eller takmikrofon ska fungera måste eleven ha bra hörsel eller störnivån i lokalen vara extremt låg, men samtidigt kan hörapparat i M-läge ge lika bra/dåligt resultat.
- Redan med "normal" störnivå i klassrummet, som vid grupparbete, kräver elever med grava hörselnedsättningar korta mikrofonavstånd som vid alternativen bänkmikrofon och kortare.
- Bommikrofonen kan klara höga störnivåer men det innebär inte att ljuddisciplin och akustikbehandling är oväsentlig. Bommikrofonens styrka är mer att den följer talarens huvudrörelser och ger en konstant ljudnivå.

Sammanfattningsvis: för att få en dräglig lyssningssituation även för de elever med störst hörselnedsättning måste störnivåerna hållas så låga som möjligt, bland annat genom god akustikbehandling och talsignalen från såväl lärare som elever måste fångas upp nära talaren för att ge ett tillräckligt bra SNR.

## Att komma ihåg

- *De flesta hörtekniska hjälpmedel kombineras med det individuella hjälpmedlet hörapparat/kokleaimplantat varför dessas egenskaper är mycket viktiga.*
- *Hörapparaten/kokleaimplantatet sköter anpassningen till hörselnedsättningen medan det hörtekniska hjälpmedlet ska sköta anpassningen till skolmiljö och undervisningssituation.*
- *Korta mikrofonavstånd är den viktigaste egenskapen hos ett hörtekniskt hjälpmedel och den som spelar störst roll för ljudkvaliteten.*
- *Ställ krav på de hörtekniska hjälpmedlen så att de utvecklas mot de behov som finns i undervisningssituationen. Nya hjälpmedel är inte med nödvändighet bra hjälpmedel om de haft en annan målgrupp eller en annan undervisningsmodell som utgångspunkt vid utvecklingen.*

# Att välja tekniska lösningar

### Kapitelöversikt

Valet av tekniska lösningar som ska underlätta delaktigheten i undervisningen styrs till viss del av olika bestämmelser och lokala överenskommelser. En översikt av dagens situation inleder kapitlet. Olika huvudmän är inblandade, vilket kan ge vissa gränsdragningsproblem när det gäller ansvaret för olika åtgärder. Utgångspunkten bör dock vara att eleven ska ha den utrustning som krävs för att uppnå delaktighet i undervisningen.

Medan akustikbehandling är en tämligen universell åtgärd är hörteknik som sådan en betydligt mer specifik åtgärd, vilken är beroende av en mängd olika faktorer: undervisningsform, lokal-typ, funktion med hänsyn till använd pedagogik och andra krav styrda av elevens hörselnedsättning och mognad.

En detaljerad genomgång av olika hörtekniska typanläggningar görs med hänsyn till om de ska användas i undervisning i hörselklass/specialklass eller vid undervisning av individualplacerad elev. Förutom en teknisk beskrivning diskuteras pedagogiska konsekvenser av olika val och ytterligare råd ges inför anskaffande av teknik.

Ett avslutande avsnitt diskuterar "mikrofonteknik" för lärare och elever samt vilka krav olika pedagogiska situationer ställer på elevernas hörapparater/CI och använda trådlösa mikrofoner.

# Inledning

Valet av hörtekniska och akustiska lösningar i undervisningen är beroende av många faktorer. Sker undervisningen i grupp eller individuellt? Hur grav är elevens/elevernas hörselnedsättning? Hur är den pedagogiska situationen? Vilket stöd finns vid val av teknik och vem betalar? Är skollocalerna lämpliga? Vem är behjälplig med analys av den akustiska miljön? Vem föreslår akustiska åtgärder och vem betalar?

De aktörer som finns närmast, särskilt de individualplacerade eleverna med hörselnedsättningar, är landstingen med hörcentraler och audiologiska avdelningar, kommunerna med specialpedagoger/hörselpedagoger och givetvis skolornas rektorer och lärare. Ansvaret för olika lösningar vilar därför på olika huvudmän. Vid diskussion om hjälpmedel i skolan används begrepp som personliga hjälpmedel, pedagogiska hjälpmedel, läromedel, utrustning och lokalanpassning. Då många hjälpmedel tenderar att kunna hänföras till flera olika grupper finns ofta oklarheter vad gäller dessa definitioner, särskilt inom andra verksamhetsområden än hörsel. Inom hörselsektorn finns ofta en uppdelning där det personliga hjälpmedlet hörapparat/kokleaimplantat utprovas/bekostas av landstinget medan lokal-anpassningar i form av akustikbehandlingar bekostas av skolhuvudmannen. Övriga tekniska hjälpmedel, exempelvis teleslingsystem inkluderande olika mikrofonutrustningar eller bärbara FM-system, tycks i de flesta fall hanteras och bekostas av landstinget (se olika varianter av "Hjälpredor", t.ex. Stockholms stad (2009), utarbetade i samverkan mellan landsting, kommun och Specialpedagogiska skolmyndigheten).

Bakgrunden till en ansvarsfördelning enligt ovan går tillbaka till 80-talet där betänkandet *Tekniska hjälpmedel för handikappade* (SOU 1981:23) föreslog att landstingen skulle ta över ansvaret för hjälpmedel inom utbildningsväsendet. Genom propositionen 1982/83:174 *Om vissa ersättningar till sjukvårdshuvudmännen, m.m.* beslutades bland annat att hörcentralerna skulle ansvara för hjälpmedel för elever med hörselnedsättningar i undervisningen. Två senare utredningar, *Hjälpmedel* (SOU 2004:83) och *Vems är ansvaret för hjälpmedel i skolan?* (Hjälpmedelsinstitutet 2008) pekar på många gränsdragningsproblem i detta sammanhang men

också på vikten av att eleverna får de hjälpmedel de behöver. Utredningarna betonar därför betydelsen av samarbete mellan landsting och kommun. Oklarheter i kostnadsansvar får inte fördröja eller hindra eleven från att få rätt hjälpmedel. En viktig fråga är var kompetensen för utprovning och bedömning av hjälpmedel finns. Om man undantar vissa specialskolor, som har egen expertis, står det klart att kompetensen inte finns inom kommunerna utan inom landstingets hörselvård, något som har lett till den praxis som avspeglas i de ovan nämnda "Hjälpredorna", där alla hörtekniska hjälpmedel, inklusive hörapparater och kokleaimplantat samt akustikmätningar, hanteras av hörselvården.

Dessa senaste utredningar pekar emellertid mot en avvikelse från rådande praxis genom synen på utrustning och lokalanpassning. Hjälpmedelsinstitutet säger till exempel i *Vems är ansvaret för hjälpmedel i skolan?*

” Skolhuvudmannen har ansvar för att erbjuda ändamålsenliga lokaler. Hörslingor är ett exempel på produkter som kan anses tillhöra skolans grundutrustning och lokalanpassning. Dock tycks oenighet ibland förekomma kring hörslingor och FM-system, något som kan hänga samman med att existensen av hemklassrum blir mindre vanligt och att därför fler slingor krävs (s. 29).

Att ingen av de sistnämnda utredningarna har förmått tränga tillräckligt djupt in i frågan om hjälpmedel för personer med hörselnedsättningar kan illustreras av skrivningen i *Hjälpmedel*:

” Det är rimligt att fasta installationer som innebär ett steg på vägen mot en förbättrad allmän tillgänglighet bekostas av och installeras av skol- eller utbildningshuvudmannen. [...] Detsamma borde gälla för fast hörslinga. När en sådan väl installerats bör den i allmänhet inte nedmonteras för att användas på en annan plats (s. 148).

Man får i detta citat intrycket av att fast hörslinga/teleslinga skulle vara liktydigt med enbart slingtråden (som självklart inte tas ned) men en teleslinganläggning är ju mycket mer omfattande med slingförstärkare, ett antal trådlösa mikrofoner med stationära mottagare, vilka till viss del anpassats till elevens undervisningssituation och som representerar anläggningens stora värde. Dessa tas självklart ned för att användas i ett annat klassrum. En helt annan sak är till

exempel teleslinganläggningar i samlingssalar och gymnastiksalor där de ökar tillgängligheten för allmänheten och kan bekostas av skolhuvudmannen. Ett hjälpmedel som inte diskuterats i någon av ovanstående utredningar men som sannolikt kommer att hanteras olika beroende på om man ser det som ”universellt” eller individuellt hjälpmedel är ljudutjämningsystemet som behandlas i kapitel 6.

Sammanfattningsvis kan konstateras att den senaste utredningen som rör hjälpmedel i skolan, *Hjälpmedel*, inte lett till några beslut om förändringar av det som innefattas i prop. 1982/83:174, utan att denna fortfarande är giltig. Utredningarna *Hjälpmedel* och *Vems är ansvaret för hjälpmedel i skolan?* pekar primärt på vissa oklarheter som borde diskuteras samt på behovet av samordning mellan huvudmännen för att säkerställa att elever får nödvändiga hjälpmedel.

Vad som idag skulle behövas är en genomgång av de hjälpmedel som finns för personer med hörselnedsättningar där hjälpmedlen analyseras utifrån de villkor som gäller idag, definierade av en förändrad undervisningssituation och teknisk utveckling. Dagens hjälpmedel blir, om de ska ge elever med hörselnedsättningar möjlighet att följa undervisningen, betydligt kostsammare än vad de var när man på 80-talet diskuterade kostnadsfördelningen mellan olika huvudmän. Detta kan orsaka diskussioner om FM-system och hörslingor/teleslingor liknande de i citatet ovan. Det är givetvis viktigt att betalningsansvaret kartläggs, men det är lika viktigt att tillförsäkra kompetens på alla nivåer för att välja rätt hjälpmedelslösningar, anpassa dessa till den pedagogiska situationen och garantera en korrekt användning. Situationen är idag dessutom i vissa avseenden svårare än tidigare då Skolöverstyrelsen utfärdade anvisningar angående statsbidrag för hörselteknisk utrustning avsedd för skolsituationer (SÖ 1975-02-02). Anvisningarna innehöll normer för tillverkning och bedömning av hörselteknisk utrustning samt angav följande som villkor för att få statsbidrag:

- a) att den hörseltekniska utrustningen är typgodkänd av SÖ
- b) att utrustningen är rekommenderad av hörselvårdskonsulent eller motsvarande expert samt
- c) att utrustningen, när den inte längre behövs överlämnas till hörcentral vid centralasarettet, för att kunna ställas till förfogande för annan hörselskadad elev eller annan hörselklass eller hörselklinik. (SOU 1981:23, s.42).

I dag saknas denna typ av normer för tekniken och följaktligen finns inga möjligheter att få ett godkännande av lämpliga produkter. Detta gör i sin tur att många tillverkare inte presenterar uttömmande data som skulle kunna underlätta bedömningen av och jämförelsen mellan produkterna. För närvarande pågår ett arbete på nordisk basis med att återskapa en situation där produktkrav ställs och produkter därmed kan jämföras. För att inte vara helt beroende av leverantörerna är det därför viktigt att landstingen/skolorna har teknisk och pedagogisk expertis för bedömning och provning av nya hjälpmedel. Vad som kan bidra till en eventuell framtida förbättring när det gäller hjälpmedelskunskaper, hjälpmedelskvalitet och hjälpmedelsförsörjning är utredningen *Ökad likvärdighet för elever med funktionshinder* (SOU 2007:87), där man föreslår ökat stöd till elever med hörselnedsättningar i olika skolformer, nationell samordning och inrättande av regionala resurscentra. Vid dessa resurscentra skulle, utöver pedagogiska samordningsfunktioner, finnas resurser för hörteknisk samordning. Ett ökat ekonomiskt stöd skulle komma verksamheterna till del om åtgärder utförs och godkänns enligt ställda krav. Exempelvis kan åtgärderna gälla akustik och hörteknisk utrustning.

Det som sagts ovan speglar den situation som råder för enstaka elever som går i kommunala skolor. När det gäller statliga skolor ligger ansvaret för lokalanpassning *och* hörteknisk utrustning, utöver hörapparat/kokleaimplantat, på skolhuvudmannen. För kommunala hörselklasser var tanken i betänkandet (SOU 1981:23) att dessa skulle behandlas på samma sätt som övriga elever i grundskolan och hjälpmedlen skulle bekostas av landstinget. Skrivningen i propositionen 1982/83:174 är inte lika tydlig när det gäller hörselklasserna och idag har dessa kostnader i ökad utsträckning därför lagts på kommunerna.

# Teknikval – några viktiga utgångspunkter

Om man förutsätter att den syn som funnits i tidigare utredningar fortfarande gäller, det vill säga att barnets behov är i centrum och en samverkan finns mellan olika huvudmän som gör att hjälpmedelsförsörjningen inte begränsas eller fördröjs genom oklara samverkansavtal, så kan man gå vidare med val av teknik. Det finns några viktiga faktorer som är avgörande för hjälpmedelsvalet och följande kan nämnas som de mer övergripande:

- Undervisningsform – klassundervisning eller integrerad undervisning
- Lokaltyper – hemklassrum eller institutionslokal

Som mer detaljerade egenskaper finns dessutom:

- Audiologisk funktion – hörbarhet/störningsfrihet
- Pedagogisk funktion – exempelvis anpassning till dialogpedagogik och grupparbete
- Driftsäkerhet
- Hanterbarhet – användbarhet

Undervisning i klass, antingen det sker inom kommunens hörselklasser eller den statliga specialskolan, ger möjligheter till att bygga upp en hörteknik utan kompromisser. Man kan använda en funktionell teknik som har hög driftsäkerhet och alltid finns på plats. Det är till exempel enkelt att arrangera så att eleverna hör varandra med god kvalitet genom egna mikrofoner nära munnen. I den integrerade miljön kan det däremot vara svårare att klara just det sistnämnda.

Vad gäller lokaltyper är det uppenbart enklare att utrusta ett hemklassrum/teoriklassrum än vad det är att utrusta en institutionsal, speciellt om den senare även ska utnyttjas av en annan grupp elever.

När man kommer till de mer detaljerade egenskaperna borde det vara självklart att göra allt för att underlätta hörandet i vad man måste förutsätta är en lämplig och akustiskt anpassad lokal. Man måste också utgå från att den personliga hörapparaten/koklea-implantatet är korrekt vald, anpassad till hörselnedsättningen och har möjligheter att samspela med övrig teknik. Den teknik som man



väljer måste givetvis anpassas till kraven på ljudkvalitet från eleven med hörselnedsättningen och, om det är flera i en och samma grupp, till den elev som har störst krav – i regel han/hon med den gravaste hörselnedsättningen. Den största enskilda faktorn av betydelse i detta sammanhang är att åstadkomma korta mikrofonavstånd.

Pedagogisk funktion kan inbegripa mycket, men rent generellt är det naturligtvis viktigt att tekniken är anpassad till den rådande pedagogiska situationen. Kan alla höra alla? Finns mikrofoner som kan användas av samtliga lärare och assistenter? Finns mikrofoner som enkelt kan användas av eleverna? Fungerar situationen för en elev med grav hörselnedsättning även vid grupparbete på skilda platser?

Driftsäkerheten är mycket viktig och i hög grad kopplad till den service en utrustning kan få. I grunden har stationär utrustning, som tillhör ett rum och där enheter kan laddas upp när den inte används, hög driftsäkerhet. Portabel utrustning som flyttas utsätts för större påfrestningar, särskilt om det innebär att enheter ska kopplas ihop via små kontakter flera gånger om dagen.

Hanterbarhet/användbarhet är mycket viktiga begrepp när det gäller hjälpmedel. Hjälpmedel som upplevs som svår använda tenderar att bli oanvända. Begreppen kan ha lite olika värde för elev och lärare även om det oftast sammanfaller. En lärare kan uppleva att flera elevmikrofoner är jobbigt att introducera och att få att fungera; att det vore enklare med en central mikrofon som hängde i taket och inte krävde något engagemang. Elevens utbyte av en sådan lösning är i allmänhet emellertid marginell eller till och med negativ och får inte accepteras bara för att läraren tycker att det är enkelt.

När teknikdiskussionerna i det fortsatta blir mer konkreta är det viktigt att påpeka att det inte finns någon universell teknik som täcker alla undervisningssituationer. Till viss del påverkar även grad och typ av hörselnedsättning teknikvalet, men inte i lika hög utsträckning som det gör för valet av hörapparater. Hjälpmedlets roll är primärt att lyfta fram det intressanta talet och låta det dominera över störningarna. En mycket viktig fråga är när användningen av hjälpmedel är befogad – kan man höra för bra? Detta är en fråga av samma karaktär som när det är befogat med hörapparat. I båda fallen kan svaret inte ges förrän man har provat. Man kan tänka sig användningsalternativen:

- Inga hjälpmedel överhuvudtaget
- Endast hörapparat
- Endast tekniskt hjälpmedel (se kapitel 6)
- Både hörapparat och tekniskt hjälpmedel

Det enda som kan sägas med bestämdhet är att samtliga fall kräver en väl tillrättalagd akustisk miljö. Vad som i övrigt blir uppenbart är att det fordras kompetens även runt en elev med en lätt hörselnedsättning för att kunna sätta in lämpliga åtgärder, se vidare kapitel 6. Saknas detta finns risken att ett användbart hjälpmedel inte delas ut eller att en utrustning, vars utbyte inte står i relation till besväret vid användandet, väljs. För en beskrivning av situationen i Sverige hänvisas till kapitel 3 samt Coniavitis Gellerstedt (2007a, 2007b). En annan viktig faktor är elevens ålder, vilken påverkar acceptansen av olika hjälpmedelstyper. Ett hjälpmedel som använts i lägre åldrar kan efter hand kanske väljas bort och i så fall är det viktigt att det finns exempelvis pedagogisk och/eller teknisk personal som kan erbjuda alternativa lösningar (se Jonassen (2004, 2009) för vidare diskussion kring denna fråga).

## Hörtekniska typanläggningar

Tanken med detta avsnitt är att ge en mer detaljerad bild av olika aktuella tekniska lösningar, med beskrivning av för- och nackdelar ur såväl teknisk som pedagogisk synpunkt, än den översikt som gavs i kapitel 4. Det finns ingen tvekan om att den hörtekniska standarden är väldigt olika i olika delar av landet, oavsett om det gäller tillgång på teknik, hörteknisk personal eller kompetens hos pedagoger.

Vad som bör vara utgångspunkt för teknikvalet är elevens situation. Tekniken måste vara funktionell, driftsäker och så enkel som möjligt att använda, utan att man gör avkall på förmågan att höra och vara delaktig i skolarbetet. Man kan ibland, framför allt när det gäller elever som är individualplacerade, se att teknikval istället påverkats av faktorer som personaltillgång, organisatoriska

lösningar och inte minst okunskap. Brist på hörteknisk kompetens gör till exempel att man kanske undviker att installera teleslingor eller andra stationära anläggningar till förmån för portabla system som man tror inte behöver någon ”installation” eller uppföljning i aktuell skolmiljö. Fokus på portabla system innebär också att behovet av väl akustikbehandlade lokaler (typ hemklassrum) riskerar att inte uppmärksammas, då eleven med sin utrustning kan placeras vart som helst. Dessutom är det så att utrustning som ska tillgodose möjligheterna att höra kamraterna och består av flera trådlösa mikrofoner med stativ inte längre är särskilt portabel. Flera undersökningar (se kapitel 3) lyfter också fram elevers missnöje med att själva få ta ett stort ansvar för teknik och teknikanvändning.

En annan tanke är att de typanläggningar som diskuteras ska ha möjligheter att byggas ut till olika komplexitetsgrad utan att vitala komponenter ska bytas. Ett problem som börjar drabba hörtekniska hjälpmedelssektorn är att olika tillverkare väljer, för sitt eget fabrikat, unika egenskaper så att olika fabrikat inte längre är kompatibla. Förhoppningsvis är ny teknik så komplett att den innehåller vad som behövs för att tillgodose olika portabla och stationära tillämpningar.

## Hjälpmedelskedjans olika delar

Som nämndes tidigare kan man tänka sig att det behövs olika typer av hjälpmedel till olika undervisningssituationer eller till olika faser i en elevs utbildning. En ambulerande skoltillvaro kan till exempel göra att stationär teknik byts mot eller kompletteras med portabel. Byte kan också bero på det motsatta, då portabel teknik är för krävande att hantera och då byts mot eller kompletteras med stationär sådan där eleven endast behöver bekymra sig om att koppla om hörapparaten/kokleaimplantatet till T- eller MT-läge. För att skaffa både stationära och portabla alternativ kan man idag ofta behöva vända sig till olika leverantörer.

Man kan se hjälpmedelskedjan, från lärar-/elevmikrofoner till elevens hörapparat/kokleaimplantat, som *en del* (grön del i nedanstående figurer) med olika mikrofoner som samlar upp ljud och *en annan del* (gul del i nedanstående figurer) som för över detta ljud till hörapparaten via teleslinga eller radioöverföring. I vissa fall

kan man vinna på att blanda olika fabrikat för att få bästa möjliga egenskaper hos hela systemet.

Vad som kan skilja mellan olika tillverkare är synen på hur många funktioner ett hjälpmedel ska innehålla. Ska man bygga ihop flera mottagare och även slingförstärkare eller ska allt vara i skilda enheter? Vad är mest praktiskt och ekonomiskt? Inköpsavtal som sluts med enbart ett fabrikat/en leverantör kan motverka valfriheten och möjligheten till anpassning till olika undervisningssituationer och elever.

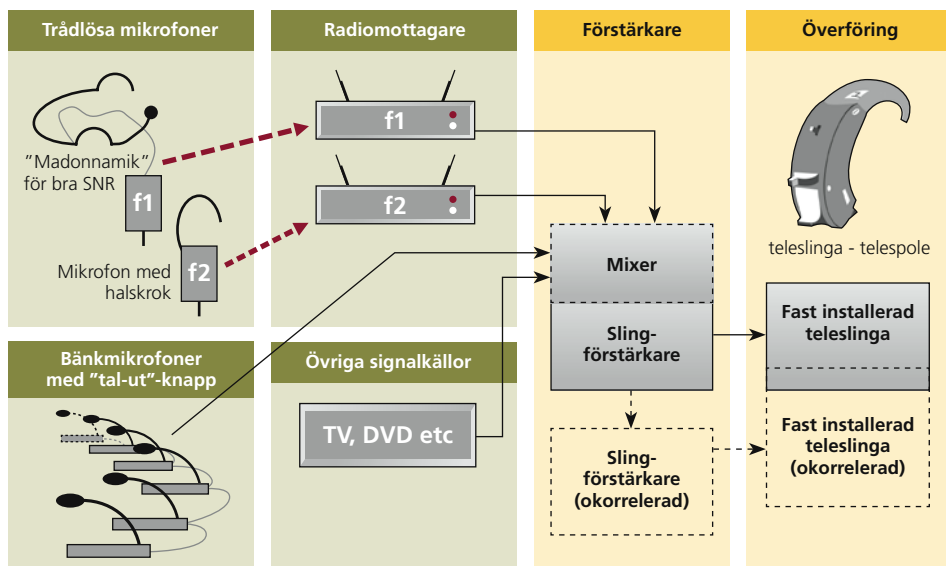
## Utrustning för gruppundervisning i hörselklass/specialklass

Denna utrustning har en lång tradition och har utvecklats ur äldre tiders gruppförstärkare som var ett hörapparatersättande hjälpmedel (se kapitel 3 och 4). Vad som har hänt är att man behållit någon form av mikrofonarrangemang för lärare och elever medan hörtelefonlyssandet ersatts med utnyttjande av hörapparater/kokleaimplantat som sista länk i överföringskedjan. Nedan beskrivs grundvarianten samt två alternativa lösningar med olika utvecklingsfilosofi.

### **a) Klassisk hörselklassutrustning – en teleslingbaserad utrustning för maximal komfort och driftsäkerhet**

Teknisk beskrivning: Figur 5-1 visar en schematisk bild över anläggningen där de olika komponenterna framgår. Två trådlösa mikrofoner finns, den ena för ”huvudläraren” och den andra för ”assistentlärare”, besökare eller en elev som redovisar vid annan plats än ordinarie elevplats. Den första bör vara en bommikrofon (”madonnamikrofon”) och den andra bör vara av halskrokstyp för att underlätta byten mellan användare. Mikrofonerna sänder på olika radiofrekvens för att kunna användas samtidigt, vilket ger möjlighet till ökad spontanitet. Stationära mottagare med diversitetmottagning används för säker radioöverföring utan störningar och ”dropouts”. Trådlösa mikrofonsystemen utnyttjar bredbandig radioteknik och hög deviation för bästa ljudkvalitet. Elevmikrofoner finns på varje elevplats, bänkmikrofoner av svanhalstyp, och de är försedda med omkopplare för tillfällig eller mer permanent inkoppling. För inkoppling av olika signalkällor: CD, video, data

etc., är det nödvändigt med en mixer. Slingförstärkaren matar normalt en rumsslinga om det inte finns angränsande rum som kan störas. Om flera rum ligger nära varandra används okorrelerad slingteknik med dubbla slingförstärkare, eller begränsade slingor. Eleverna lyssnar över hörapparater/kokleaimplantat med M-MT-T-läge.



Figur 5-1. Klassisk hörselklassanläggning. Elevmikrofoner på varje elevbänk. Eleverna lyssnar via hörapparater/CI med M-MT-T-läge.

Pedagogiska konsekvenser: Alla kan höra alla med god ljudkvalitet och maximal komfort. Två trådlösa mikrofoner kan vid behov arbeta samtidigt eller oberoende av varandra. I en dialogpedagogisk situation är det viktigt att enkelt kunna inkludera besökare i diskussionen och här kan detta ske genom att hänga på halskroksmikrofonen. Elevmikrofonerna kan kopplas in permanent eller endast för korta kommentarer. Vilket sätt som används beror på gruppstorlek, elevernas grad av hörselnedsättning och störningskänslighet.

Nackdelen med utrustningen är att den är bunden till ett visst klassrum och genom sitt kablage binder möbleringen; snabba omflyttningar blir alltså opraktiska. En lösning på detta erbjuder norska företaget Vestfold Audio som marknadsför trådlösa bänkmikrofoner

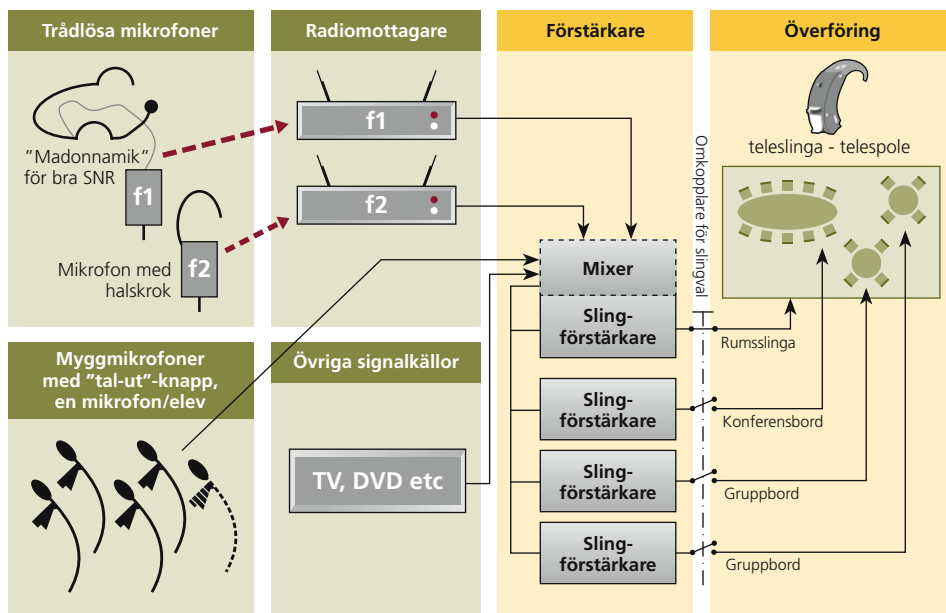
(se kapitel 4). Vid grupparbete kan endast en grupp utnyttja denna klassiska teknik vilket har lett till andra utvecklingslinjer (se RGH-modellen).

Överväganden vid teknikanskaffning: Utrustning finns kommersiellt tillgänglig. Trådlösa mikrofoner med stationära mottagare finns i sortimentet hos firmor som tillhandahåller speciell utrustning för undervisning av elever med hörselnedsättningar men också hos sådana som producerar mer eller mindre professionell utrustning. Viktigt är att utrustningen arbetar med diversitet och hög deviation (se kapitel 4). Den utrustning som tagits fram för undervisningen har oftast fördelen med ett enklare laddningsförfarande och något bättre utformade reglage. En vinst är om utrustningen kan programmeras till att också användas till bärbar utrustning. Elevmikrofoner som uppfyller de flesta krav finns för närvarande från endast två tillverkare. Slingförstärkare i olika utföranden finns även de hos i huvudsak två tillverkare. Man kan se att olika företag tillhandahåller separata enheter eller kombinationsenheter. Vad man väljer kan vara beroende av behovet av flexibilitet, tillgång på service och reservenheter och/eller en kostnadsfråga.

### **b) RGH-modellen – tar hänsyn till behovet av grupparbete**

Teknisk beskrivning: Figur 5-2 ger en schematisk bild av RGH-modellen, ett samlingsnamn för olika tekniska lösningar som syftar till att underlätta för grupparbete med goda möjligheter för elever med hörselnedsättning att höra sina kamrater och lärare i olika konstellationer i ett och samma klassrum. Modellens teknik och möblering har anpassats till grupparbete i 1-3 grupper. Sammanträdesbord och runda bord har använts. Varje bord har inkopplingsmöjligheter för myggmikrofoner (permanent eller tillfälligt) via omkopplare monterade i bordskanten. Detta ger kort och konstant mikrofonavstånd och lätt manövrerbarhet. Varje bord har teleslingor med begränsad utstrålning (vertikala slingor och/eller stavslingor). När hela gruppen undervisas tillsammans kan en omkoppling med fördel göras mellan bordsslingor och rumsslinga för att öka rörelsefriheten i klassrummet. Lärarmikrofonerna kan användas på olika sätt, till exempel två lärare undervisar varsin grupp eller hela gruppen. Lärarna kan givetvis också använda myggmikrofonerna. Olika lösningar kan väl-

jas i samråd med lärare och elever. Kopplingschemat i bilden är inte komplett, vissa detaljer har utelämnats för att få bättre överskådlig-  
 het. Detaljer runt de trådlösa mikrofonerna och inkoppling av övrig  
 utrustning, se den klassiska hörselklassutrustningen ovan. Eleverna  
 lyssnar över hörapparater/kokleaimplantat med telespole och M-MT-  
 T-läge. För detaljer hänvisas till Gustafsson (2002) och Bergkvist &  
 Gustafsson (2008).



Figur 5-2. RGH-modellen. Hörteknik som medger grupparbete i flera grupper.

Pedagogiska konsekvenser: Utrustningen ger samma ljudkvalitet som den klassiska hörselklassutrustningen, samtidigt som den ger möjlighet till en friare dialogpedagogisk undervisningssituation. Den har, jämfört med dialogprojektets teknikmodell (se nedan), möjligheter till flera parallellt arbetande grupper där ljudkvaliteten kan accepteras av eleverna oberoende av grad av hörselnedsättning. I likhet med den klassiska modellen har man i RGH-modellen möjlighet att välja hur elevmikrofonerna ska kopplas in, en i

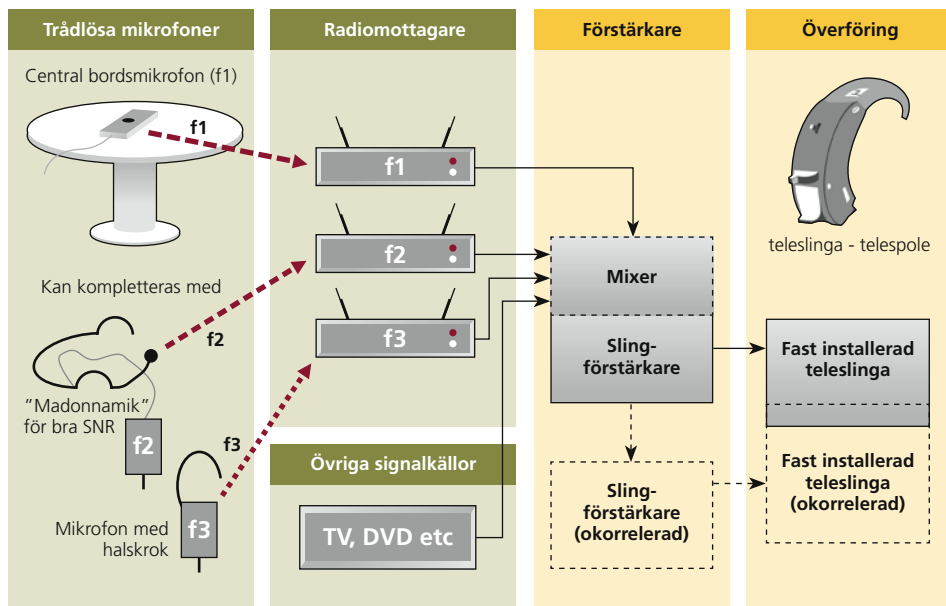
taget eller alla samtidigt. Detta bestäms av elevgruppens hörsel­för­­sättningar i relation till störnivån för att optimera möjligheterna till spontanitet.

Överväganden vid teknikanskaffning: Modellen kan för närvarande inte anskaffas komplett utan fordrar viss teknikermedverkan för sin uppbyggnad. Detta gäller myggmikrofonernas inkoppling till och slingornas montering på borden. Förhoppningsvis finns hörtekniker inom skola eller hörselvård som kan vara behjälplig. Inför inköp kan vid diskussion med leverantörer av alternativ teknik refereras till RGH-modellens funktion för att åskådliggöra de unika egenskaperna som möjliggör grupparbete och flexibel inkoppling av mikrofoner.

### **c) Dialogprojektets teknikmodell – ett försök till förändring**

Teknisk beskrivning: Figur 5-3 ger en översikt av vad som kan ingå i modellen. Fokus har lagts på att eleverna ska kunna tala utan att aktivt (genom knapptryckning) koppla in någon mikrofon. En central, trådlös mikrofon ska ta upp allt ljud som finns i klassrummet och på så sätt antas eleverna höra allt, såväl spontana kommentarer som mer styrda. Dialogprojektet kritiserade även den halvcirkelsmöblering som förknippades med den klassiska utrustningen. Istället ville man vara mer fri i detta avseende, något som dock motverkades av sladdförbindelsen mellan mikrofonerna. I sin mest extrema form finns inga extra mikrofoner för lärarna utan även deras tal ska förmedlas av den centrala mikrofonen. I en mer konservativ variant finns lärarmikrofonerna kvar och den utrustningen är identisk med den klassiska hörselklassutrustningen, men elevmikrofonerna är ersatta av en central mikrofon.





Figur 5-3. Dialogprojektets teknikmodell. I sin mest extrema form används endast den centrala bordsmikrofonen. Kan kombineras med lärmikrofoner.

Pedagogiska konsekvenser: Långt avstånd mellan talare och centrala bordsmikrofonen gör funktionen extremt beroende av en välavvägd akustik, men erfarenheten visar att många elever med gravare hörselnedsättningar och/eller hög störningskänslighet ändå kommer att uppleva ljudkvaliteten som otillräcklig (se kapitel 3 och 4). Detta gäller både elever med hörapparat och kokleaimplantat.

Överväganden vid teknikanskaffning: Den centrala mikrofonen som modellen bygger på är ett arbetsplatshjälpmedel som är framtaget för en annan målgrupp och den har uppenbarligen inte tillräckliga kvaliteter för barn och ungdomar i skolmiljön. Vill man undgå knapptryckningar så kan man använda elevmikrofoner som har möjlighet att kopplas in permanent, men utnyttjar korta mikrofonavstånd. Vill man undvika sladdar mellan enheterna för att få lättare för möbleringsförändringar kan man utnyttja trådlösa bänkmikrofoner.

## Utrustning för undervisning av individual-placerade elever

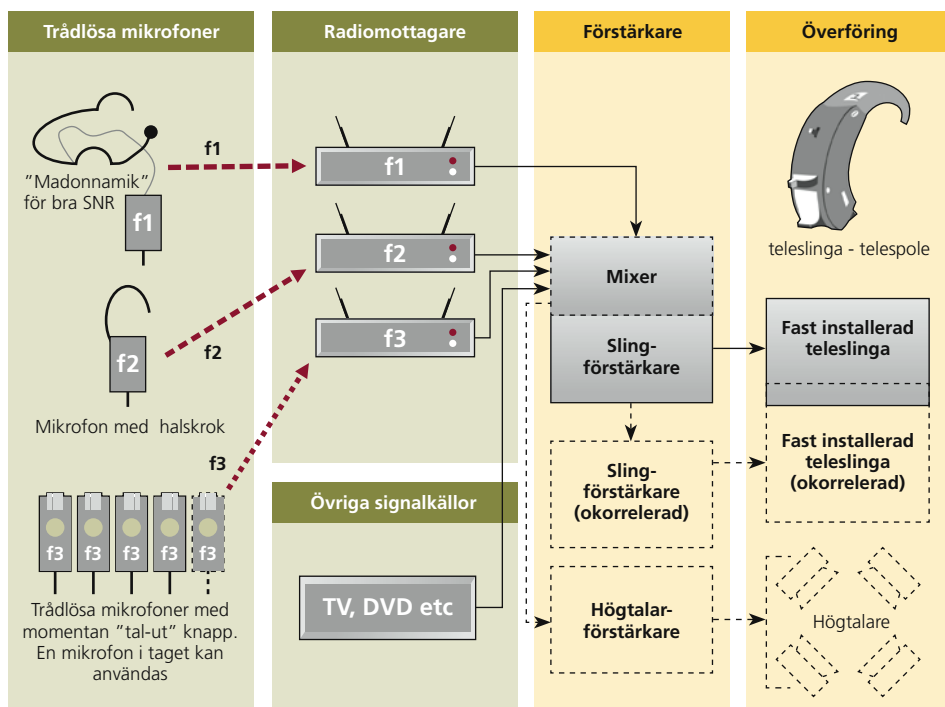
Även denna utrustning har lång tradition och har utvecklats från att vara uppbyggd kring en mikrofon som först placerades framför eller på katedern och där tanken var att primärt fånga upp lärarens röst. Nästa steg var att läraren bar mikrofonen på bröstet vilket kortade mikrofonavståndet och förbättrade SNR. Det tog ganska lång tid innan man började dubblera mikrofonerna för att även ge eleverna en möjlighet till kommentarer. Att de trådlösa mikrofonerna underlättade denna utveckling är givet. Figur 5-4 innefattar denna utveckling från en mikrofon till flera lärar- och elevmikrofoner. Utvecklingen när det gäller elevernas sätt att lyssna har gått via bordsförstärkare med sladdanslutna hörtelefoner till trådlöst lyssnande via hörapparat/kokleaimplantat (se kapitel 3).

### **a1) Utrustning för individualplacerad elev – stationär utrustning med möjlighet till flera mikrofonalternativ samt med maximal komfort och driftsäkerhet genom användande av teleslinga**

Teknisk beskrivning: Standarden på utrustning i individualplacerade elevers klassrum varierar kraftigt. Från att ha endast en lärarmikrofon till att ha flera och från att inte ha någon elevmikrofon till att ha flera. Utrustningen i figur 5-4 ska i sin mest utbyggda form i möjligaste mån ge den individualplacerade eleven samma hörmöjligheter som den klassiska hörselklassutrustningen skapar för hörselklasseleverna. Två trådlösa mikrofoner finns och de kan användas av två lärare, lärare och assistent, besökare eller elev som redovisar vid annan plats än elevplats. En av mikrofonerna bör vara en bommikrofon ("madonnamikrofon") och den andra bör vara av halskrokstyp för att underlätta byten mellan användare. Mikrofonerna sänder på olika radiofrekvens för att kunna användas samtidigt, och ge möjlighet till ökad spontanitet. Stationära mottagare med diversitetsmottagning används för säker radioöverföring utan störningar och "dropouts". Trådlösa mikrofonsystemen utnyttjar bredbandig radioteknik och hög deviation för bästa ljudkvalitet.

För att höra medeleverna fordras någon form av elevmikrofoner. Även om det i dag finns klassrum som saknar elevmikrofoner torde det vanligaste alternativet i Sverige vara att det finns en

speciell elevmikrofon. Vad som bör vara ett mål är utrustning med många elevmikrofoner enligt den ”norska modellen”, där två elever delar på en trådlös mikrofon, eller en modifierad variant, ”Örebro-modellen”, där varje grupp om 4-5 elever delar på en trådlös mikrofon. Utan att fixera antalet elever per mikrofon bör ett riktmärke vara att alla elever ska nå en mikrofon från arbetsplatsen, alltså blir den aktuella möbleringen avgörande för mikrofonantalet. Dessa mikrofoner bör ha sin egen radiofrekvens för att inte inkräkta på friheten att använda de två ovan nämnda trådlösa mikrofonerna. Elevmikrofonerna placeras lättåtkomligt i bordsstativ på elevbord eller gruppbord. Den stationära mottagaren för elevmikrofonerna har samma egenskaper som de övriga två. För inkoppling av olika signalkällor och olika slingteknik, se alternativet klassisk hörselklassanläggning. För en enstaka elev på en skola behövs inte okorrulerade slingor. Eleverna lyssnar över hörapparater/kokleaimplantat med M-MT-T-läge.



Figur 5-4. Stationär utrustning för individualplacerad elev med möjlighet till flera trådlösa mikrofoner och baserad på överföring via teleslinga.

Pedagogiska konsekvenser: Fullt utbyggd gör denna modell att alla hör alla med god ljudkvalitet och lite besvär. Teleslingan garanterar att maximal komfort erhålls via ett driftsäkert system och genom endast en omkoppling på hörapparaten. Genom att alla elevmikrofoner arbetar på samma radiofrekvens kan, för att undvika interferensbrus, endast en vara inkopplad åt gången men detta fordrar då relativt disciplinerade användare och en inträningsperiod. Det kan underlätta om det finns medhöringshögtalare som ger en lätt förstärkning och som talar om att man ”tryckt in sig på anläggningen”. Dessa högtalare gör också att man undviker att trycka in strömbrytaren samtidigt som någon annan. Om elever vill stödja med tecken kan det vara ett problem med handhållna mikrofoner och ett alternativ kan då vara trådlösa bänkmikrofoner av svanhalstyp. Denna under a1 beskrivna anläggning påminner mycket om den som beskrivs i Jonassen (2009) och används i Vest-Agder Norge.

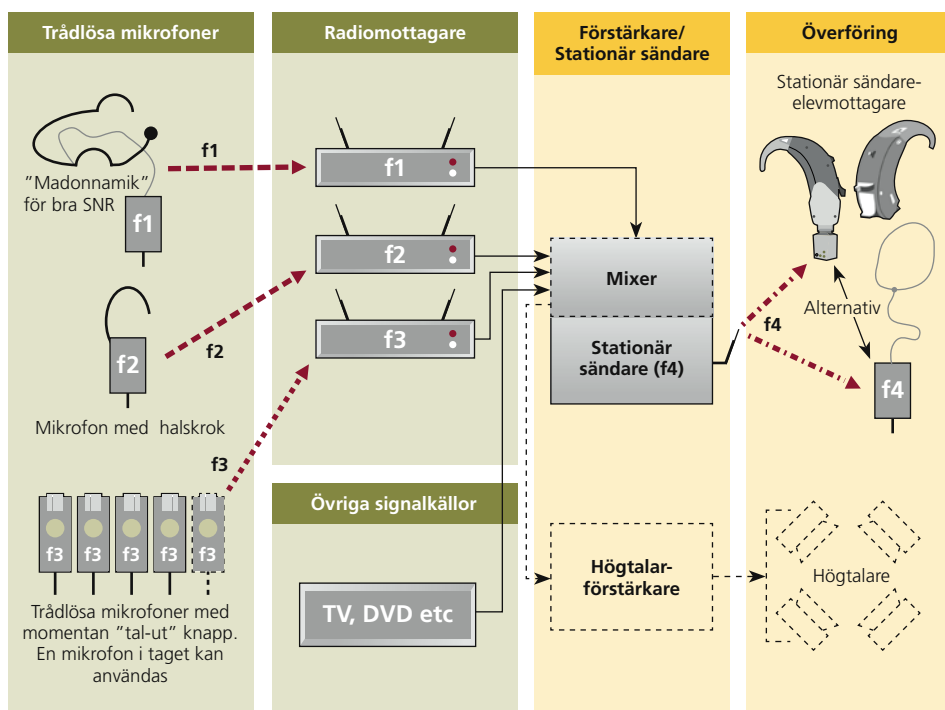
Överväganden vid teknikanskaffning: Utrustning i olika utföranden finns kommersiellt tillgänglig. Såväl kombinationsenheter med upp till tre mottagare inklusive mixer och slingförstärkare samt laddare för mikrofoner, som utrustning som byggs upp av diskreta komponenter. Lösningen som skissats ovan bygger på klasser/grupper som inte är särskilt små. Har man små grupper skulle man kunna överväga att utnyttja flera kanaler även för elevmikrofonerna och på så sätt undvika problem med interferensbrus och samtidigt ge möjlighet till ökad spontanitet. Kompromissa inte med diversitetsanvändningen för att vinna kanaler och minska kostnaden!

## **a2) Utrustning för individualplacerad elev – variant av stationär utrustning med radioöverföring direkt till hörapparat/kokleaimplantat**

Det kan i vissa sammanhang finnas problem att utnyttja teleslinga, antingen på grund av hög magnetisk störnivå i lokalen som sådan eller att man har lokaler som ligger för nära varandra (t.ex. i våningsplanen över varandra). Om man inte har möjlighet att förändra lokalvalet kan det då bli aktuellt med en lösning där överföringen till hörapparaten sker via radioförbindelse. Övriga mikrofonarrangemang och mixermöjligheter behålls enligt alternativ a1.

Teknisk beskrivning (figur 5-5): Teleslingan med dess förstärkare ersätts med en stationär radiosändare som sänder till bärbar/a mottagare som används av eleven. Mottagarna överför sedan signalen till hörapparaterna/CI. Detta kan ske på två sätt:

- 1) Via kroppsburen mottagare som kopplas till hörapparaten via minislinga eller kabel. Alternativet med minislinga (hals slinga eller "slingkrok") är inte gångbart om man valt bort teleslingan på grund av hög magnetisk störnivå i lokalen.
- 2) Via mini-FM-mottagare som monteras direkt på hörapparaten. Elevernas hörapparater/kokleaimplantat måste medge inkopplingslägena M-MT-T och/eller M-MFM-FM.



Figur 5-5. Stationär utrustning för individualplacerad elev med möjlighet för flera trådlösa mikrofoner och baserad på radioöverföring till hörapparat/kokleaimplantat.

Pedagogiska konsekvenser: Funktionellt är det inte några skillnader för vad som kan utföras med tekniken ur pedagogisk synpunkt jämfört med a1 (teleslingbaserad anläggning). Nackdelen för eleven är att man introducerat ytterligare apparater för att få den funktion som man fick på ett enklare sätt i teleslingfallet. De portabla komponenterna är sårbara jämfört med stationära och dessutom tillkommer en radiolänk som är störningskänslig då den arbetar utan diversitet och med mindre effektiva antenner.

Överväganden vid teknikanskaffning: Ett företag levererar en kombinationsenhet som har både tre mottagare och en sändare sammanbyggd. Separata sändare finns även från andra leverantörer. Vid installation och intrimning av anläggningen är det viktigt att välja rätt radiofrekvenser så att inte interferenser uppkommer.

### **a3) Utrustning för individualplacerad elev – ”portabel” utrustning med radioöverföring till hörapparat/kokleaimplantat**

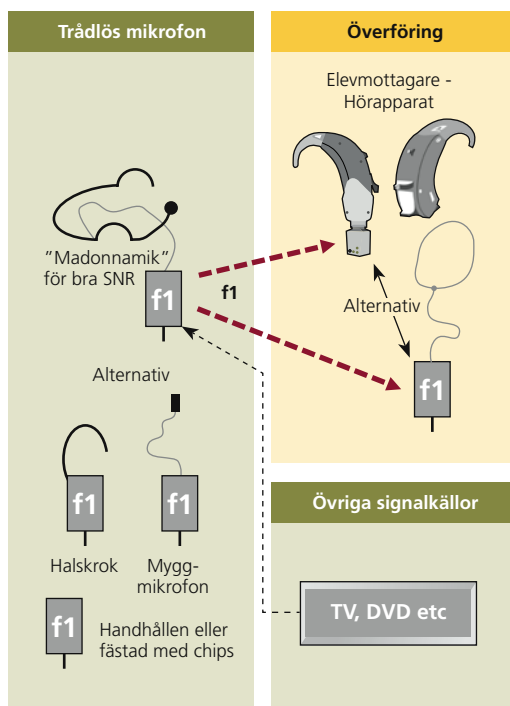
Denna utrustningstyp är idag mycket vanlig, särskilt bland äldre elever. Argumentet har ofta varit att eleven får full rörelsefrihet genom att hela utrustningen anses portabel. Till viss del var detta realistiskt när man bara såg till de enkla system som behövdes för att klara lärar-elev-kommunikationen, men idag gäller inte detta, under förutsättning att man menar att elev-elev-kommunikationen är lika viktig. Eftersom förutsättningarna blir väldigt olika beroende på vad man försöker åstadkomma med denna ”portabla” utrustning beskrivs några olika nivåer av komplexitet samt som avslutning några ännu inte tillräckligt utvärderade nyare alternativ.

#### *Alternativ 1 – Enkel variant för envägskommunikation*

Teknisk beskrivning (figur 5-6): En trådlös mikrofon sänder till ett av två mottagaralternativ som redovisats under a2. Om det finns magnetiska störningar i lokalen bortfaller alternativet med hals-slinga till den kroppsburna mottagaren. Möjlighet finns annars till olika kvalitet på överföringen genom val av utrustning inom olika frekvensband och med olika deviation (800 MHz respektive 200 MHz, med hög respektive låg deviation). Det andra alternativet är den direkt på hörapparatens anslutna mini-FM-mottagaren. En

”madonnamikrofon” väljs om den ska sitta på en och samma person hela tiden eller en halskroksmikrofon om den skall kunna växlas ofta mellan olika talare. Inkoppling av olika signalkällor (CD, DVD, data) är inte lika enkel som vid stationär utrustning, där allt kan vara förberett och bara startas, utan sker istället via en sladdanslutning till den trådlösa mikrofonen.

Figur 5-6. Enkel utrustning för kommunikation talare-lyssnare. Flera mikrofonalternativ för talaren och två mottagaralternativ för lyssnaren visas.

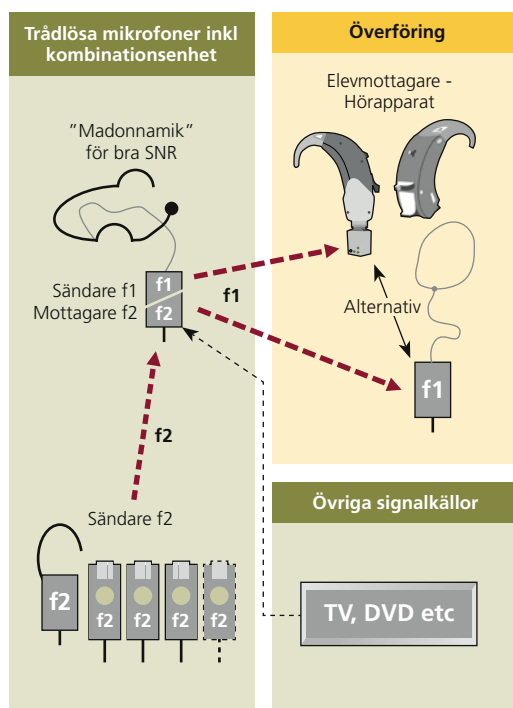


Pedagogiska konsekvenser: Lösningen är typisk för något som kan användas vid exempelvis studiebesök där envägskommunikation har prioriterats. Förhoppningsvis finns inte denna enkla lösning kvar i klassrum där det bedrivs en mer dialogiskt orienterad pedagogik. I så fall krävs det att läraren måste upprepa allt som eleverna säger eller låna ut den egna mikrofonen för kommentarer och ingendera av dessa varianter underlättar undervisningssituationen. Inkoppling av olika signalkällor med sladd minskar dessutom lärarens rörelsefrihet.

Överväganden vid teknikanskaffning: Eftersom denna enkla variant kan ses som ett komplement för en elev som har en annan utrustning som primärt klassrumsalternativ (t.ex. teleslinga) blir det en fråga om vad som kan vara mest komfortabelt vid användningen utanför de slingförsedda klassrummen och vid studiebesök. En klar fördel med kroppsburen mottagare och halsslinga är att man enkelt får en överföring till båda hörapparaterna och att en sådan lösning fungerar med alla apparater som har telespole.

## Alternativ 2 – Variant som ger möjlighet att använda flera mikrofoner

Teknisk beskrivning (figur 5-7): Vad som är typiskt för dessa varianter är att man måste göra kompromisser relativt vad som kunde åstadkommas i de system som beskrevs under speciellt a1, men också a2. I denna variant utnyttjar man för "huvudläraren" en enhet som brukar kallas "Team-Teaching" eller "Mix". Ursprungligen var dessa tänkta att användas när man hade två parallellt arbetande lärare och man ville att båda skulle kunna nå ut till eleverna. Eftersom elevernas radiomottagare bara kunde ta emot på en frekvens ( $f_1$ ) måste en lärare/assistent sända till "huvudlärarens" enhet som innehöll en mottagare på en annan frekvens ( $f_2$ ).



I huvudlärarens enhet kunde signalerna sedan "mixas" och sändas till elevens mottagare på frekvens ( $f_1$ ). Nästa steg var att utnyttja lärare-/assistentmikrofonen som elevmikrofon – från början som en "skicka-runt-mikrofon", för att senare utvecklas till användande av flera mikrofoner för att få den funktion som den så kallade "norska modellen" har.

Figur 5-7. Enkel utrustning som ger möjlighet att använda flera mikrofoner men med begränsningar jämfört med alternativen a1 (fig. 5-4) och a2 (fig. 5-5).

Pedagogiska konsekvenser: Även om denna anläggning ger större möjligheter till interaktion mellan flera personer än alternativ 1, så saknar den mycket av flexibiliteten som finns i den utrustning som är stationär. "Huvudlärarens" mikrofon måste alltid vara påslagen för att den eller de andra mikrofonerna ska kunna gå ut till eleverna.



Om ”huvudläraren” övergår till individuell undervisning av andra elever än eleven med hörselnedsättning och den eleven förutsätts lyssna på ”assistenten” och/eller övriga elever via anläggningen måste ”huvudläraren” kunna stänga av enbart mikrofonen, utan att stänga av sändaren, med en ”mute-omkopplare”. Det är dock inte alla så kallade ”mix-enheter” som har den möjligheten. Även om anläggningen ger rörelsefrihet och kan användas utanför skollokalen, så bör det vägas mot den kvalitetsförsämring som orsakas av att man använder två radiolänkar som är störningskänsliga då de arbetar utan diversitet och med mindre effektiva antenner (beträffande inkoppling av externa signalkällor, se alternativ 1).

Överväganden vid teknikanskaffning: De många begränsningar som finns i dessa så kallade Team-Teaching-systemen har lett till att man väljer andra alternativ (a1 eller a2) om man kan, samtidigt som fabrikanterna gjort vidareutvecklingar som minskar begränsningarna (se alternativ 3).

**Sammanfattning av begränsningarna i portabla anläggningar typ a3:** Ljudkvalitetsbegränsningar uppstår genom att den hittills använda tekniken arbetat med låg deviation, som ger ”FM-brus”, och att små antenner kan ge en osäker radioöverföring med ”drop-outs”. Detta accentueras i de system som bygger på att två sådana överföringar används samtidigt som i de så kallade Team-Teaching-systemen. Som generell begränsning finns också problemet med att elevmikrofonerna inte kan aktiveras samtidigt utan att interferensbrus uppkommer i något av alternativen under a, men att dessutom inkoppling av medhöringshögtalare för kontroll av detta inte är möjligt i en anläggning som ska vara portabel.

**Alternativ 3 – Andra varianter som ger möjligheter att använda flera mikrofoner, några nyare tekniska lösningar (status årsskiftet 2008/09)**

- Flera frekvenser för elevmikrofonerna

Som antydde tidigare finns möjligheter, framför allt om grupperna inte är för stora, att elevernas mikrofoner får olika frekvenser. Detta ökar kostnaden, men eliminerar interferensproblemet, samtidigt som en möjlighet till ökad spontanitet ges. I Norge finns exempel-

vis anläggningar som bygger på Vestfold Audios bänkmikrofoner. Även vid RGH har vid den akustiskt krävande frisörutbildningens praktiska moment använts nio kanaler med möjlighet till samtidig inkoppling. I detta fall förutsätts att elever och lärare använder bommikrofoner för att få tillräckligt bra SNR.

- Phonak Inspiro med ”talarstyrning”

Som en förbättring av företagets Team-Teaching-system har detta system utvecklats, vilket bygger på att endast en bärvågsfrekvens används för alla enheterna och att ett ”Multi-talker-network” styr inkopplingen av de upp till tio möjliga mikrofonerna. Genom att endast en mikrofonensändare är aktiv minskas dels den akustiska störnivån från aktivitet i rummet, dels brus från ofullkomlig teknik och flera radiolänkar. Genom att endast en bärvågsfrekvens används i stället för två, som i ett konventionellt Team-Teaching-system, minskas risken för interferens mellan olika radiokanaler. När en handhållen mikrofon blir tillgänglig (under 2009) för användning enligt ”norska modellen” kommer det att innebära att risken för interferensbrus vid samtidig inkoppling är eliminerad. Möjligheten till spontana kommentarer är borta med undantag för ”huvudläraren” som kan bryta in i samtalet när som helst. Denna prioritering av en ren signal bör gynna elever med grava hörselnedsättningar.

- Comfort Digisystems styrning av flera mikrofoner

Som en fortsättning på företagets ”Mix”- och ”Momentan”-enheter som kan användas när fler än en lärare skall höras, har företaget i denna senaste produktserie även infört en kontrollsignal som kan styra så att flera sändare på samma frekvens inte kan vara aktiva samtidigt. En värdefull egenskap vid användning enligt den ”norska modellen”. Likheten med Phonak Inspiros funktion är slående när det gäller att kontrollera att endast en sändare är aktiv åt gången. Skillnaden är att Inspiros inkoppling är talarstyrd medan Digisystems inkoppling sker manuellt med en central och tydlig omkopplare. Denna omkopplare kan för övrigt programmeras till att få flera olika funktioner som ökar användningsområdet. En handhållen sändare finns redan tillgänglig men däremot inte mini-FM-mottagare eller stationär mottagare (båda beräknas tillgängliga under 2009).

## **b) Takmikrofonen – en möjlighet för eleven att höra allt?**

Parallellt med utvecklandet av olika varianter av elevmikrofoner för korta mikrofonavstånd som beskrivits ovan har det pågått försök med att använda en mer ”kollektiv” mikrofon som placerats centralt i klassrummets tak. Eftersom dessa takmikrofoner ger långa mikrofonavstånd, även om man använder flera, har resultaten blivit negativa (se kapitel 4). Den enda tillverkare som marknadsfört takmikrofoner som ett hjälpmedel för personer med hörselnedsättningar anger också att dessa kräver god akustik med efterklangstider om 0,5 s eller kortare, något som torde vara sällsynt i dagens klassrum för individualplacerade elever (Sjöström 2007). Tillverkaren rekommenderar också att eleven har möjlighet att stänga av takmikrofonen när han/hon störs av klassrumsbullret och behöver koncentrera sig på läraren. Förutsättningarna är alltså inte de bästa för utnyttjande av en produkt som kan tyckas tilltalande för en lärare som ställs inför uppgiften att undervisa en elev med hörselnedsättning i sin klass. Inte minst som företagens reklam för dessa mikrofoner säger att de ”hänger i taket och fångar upp allt som blir sagt i klassrummet. På detta sätt kan eleven höra sina medelever.”

Sammanfattningsvis kan man konstatera, vilket redan berörts i kapitel 4, att takmikrofonens funktion som något som endast tar upp allt *önskvärt* ljud är ett önsketänkande. I de fall där den introduceras kommer man oundvikligen att få den effekt som kunde observeras i samband med dialogprojektets centrala bordsmikrofon, nämligen att flera elever övergår till att lyssna enbart över hörapparaternas mikrofonläge. Vad detta betyder för koncentration och kognitiv belastning är uppenbart.

# Något om "mikrofonteknik" för lärare och elever samt konsekvensen för mikrofonernas och hörapparaternas/koklea-implantatens egenskaper och flexibilitet

Hörapparater/CI och teknisk utrustning syftar till att underlätta för eleverna att höra med minsta möjliga ansträngning. Om situationen var så enkel att det fanns en undervisningsmodell som inte förändrades, till exempel att man alltid undervisade till en grupp eller alltid undervisade enskilt skulle man kunna skraddarsy tekniken för en sådan miljö. Nu är ju detta inte fallet, istället växlar man mellan klass-, grupp- och individuell undervisning. Vad detta ställer för krav på hörapparater/kokleaimplantat har tagits upp tidigare i denna bok men upprepas här:

- Det måste finnas M-MT-T- respektive M-MFM-FM-läge **M-läget** är till för kortdistanslyssnande i en akustiskt god miljö och är ett läge som alltid ska finnas till hands för situationer där det inte finns hjälpmedel eller de är komplicerade att använda. Det är också viktigt att komma ihåg att lyssning via M-läget och dubbla apparater ger möjlighet till binaural hörsel, med förbättrad riktningshörsel och viss störningsundertryckning som effekt.

**T-läget** eller **FM-läget** är den inställning som används när man har ett hjälpmedel som samlar upp det intressanta ljudet nära källan genom mikrofoner eller direktanslutning till annat ljudmedium, till exempel video, dator etc.

**MT-** eller **MFM-läget** är lägen som har möjlighet att i olika sammanhang förena M-lägets globala karaktär med T-/FM-lägets riktade/specifika karaktär. Ursprungligen utvecklades MT-läget för att eleven skulle kunna få en återkoppling på den egna rösten och även i viss mån höra de närmast sittande eleverna. I dag är det ett sätt att få en viss

kontroll på omgivningen när det intressanta talet överförs på annat sätt. Dessa kombinerade lägen ger även möjligheter för läraren att snabbt växla mellan kollektiv och individuell undervisning enligt nedan.

- Viktiga egenskaper hos trådlösa mikrofoner

I tidigare kapitel har olika mikrofonutföranden som passar olika bra i olika sammanhang beskrivits. Till exempel passar bommikrofonen (madonnamikrofonen) bra när den ska sitta på en och samma person under längre tid, medan halskroksmikrofonen är lämplig när man växlar mellan talare och framför allt när man vill ha händerna fria. På en mer detaljerad teknisk nivå är det också viktigt att på ett enkelt sätt kunna koppla till och från mikrofonen med en omkopplare som är lättillgänglig och har distinkt funktion och resulterar i en mycket snabb inkoppling av talet. Man ska inte behöva vänta med att börja tala för att mikrofonen ”startar” långsamt. Denna egenskap är speciellt viktig när en lärare växlar mellan kollektiv och enskild undervisning. Vidare skall denna inkoppling ske utan extra inkopplingsljud, ”knäppar”. I vissa tidigare så kallade Team-Teaching-system var det inte alltid fallet att två lärare kunde koppla in sig oberoende av varandra. Den ena läraren hade prioritet och när denne kopplade bort sin mikrofon för att gå över till enskild undervisning, blockerades samtidigt den andre lärarens tal till övriga klassen.

- Några funktioner hos hjälpmedel som är begränsande eller onaturliga

Även om det berörts tidigare förtjänar det att påpekas igen. Alla hörapparatkombinerade hjälpmedel överför signalen som en monosignal, det vill säga den normalt tillgängliga informationen som man kan utnyttja om man lyssnar via två öron, med eller utan hörapparater, är inte tillgänglig. Detta innebär att hörselsystemets förmåga att höra riktning och uppfatta i störande miljö reduceras. Detta är en av förklaringar till att elever i vissa situationer, speciellt vid närkommunikation och i akustiskt goda miljöer, kan välja att använda hörapparater i M-läge i stället för att utnyttja ett hörtekniskt hjälpmedel, särskilt om detta ger ett dåligt SNR.

När hjälpmedel med extern/a mikrofoner används, flyttas i praktiken lyssnarens öra till hjälpmedlets mikrofonposition, allt för att uppnå ett bra SNR. Detta kan rubba elevens rumsuppfattning. Speciellt bör detta uppmärksammas när man introducerar hörapparater/kokleaimplantat och hjälpmedel till barn på tidig utvecklingsnivå, där förbättrad taluppfattning kanske inte är det primära.

## Byta perspektiv

Det är nyttigt att tänka sig in i hur en undervisningsmiljö eller lyssningsmiljö ser ut ur den hjälpmedelsutnyttjandes perspektiv. Målet bör vara att det som presenteras via hjälpmedel är så naturligt och meningsfullt som möjligt, med de undantag som krävs för att så långt som möjligt kompensera för funktionsnedsättningen.

### **Kollektiv – individuell undervisning**

En lärare som undervisar en klass med elever utan hörselnedsättning använder medvetet eller omedvetet röststyrkan för att adressera budskapet. Med en viss röststyrka förstår klassen att detta angår alla, med en lägre röststyrka har talet förmodligen inte syfte att nå alla. Det finns en naturlig skillnad mellan det kollektiva budskapet och det tal som är mer individuellt inriktat. Är läraren i elevens omedelbara närhet kan han/hon anpassa röststyrkan så att den passar vid individuell undervisning och på så sätt behöver inte hela klassen lyssna på det som enbart berör någon enskild elev.

Hur kan detta fungera tillsammans med hjälpmedelsanvändning i klasser där det finns elever med hörselnedsättning? Vid klassundervisning används mikrofoner för att få budskapet tydligt och med ett bra SNR – i den situationen är det inga komplikationer. Om man tar den andra situationen när läraren övergår till individuell undervisning och man förutsätter en klass med endast en individualplacerad elev, vad gäller då? Talar läraren enbart till eleven med hörselnedsättning kan mikrofonen fortfarande vara påslagen och ge bästa taluppfattbarhet. Om läraren ger individuell undervisning till en annan elev bör mikrofonen stängas av så att eleven med hörselnedsättning kan koncentrera sig på den uppgift som är aktuell för henne/honom. Kom ihåg att ovidkommande tal är det som betraktas som mest störande, inte bara vid talperception utan också vid ”tysta” problemlösningsuppgifter. En förutsättning för att eleven ska vara beredd att lyssna på ena eller andra sättet utan besvärande omkopplingar på hörapparaterna är att dessa har ett kombinerat MT- eller MFM-läge eller att eleven kan välja någon annan kombination som upplevs som optimal. I en hörselklass kan samma strategi tillämpas när det gäller klassundervisning, medan individuell undervisning alltid bör ske med avstängd ”lärarmikro-

fon”. Detta var några enkla exempel och det finns mängder av andra som kan ges lämpliga lösningar genom att resonera utifrån naturlighet, meningsfullhet och taluppfattbarhet.

### **Gruppundervisning/Grupparbete**

Gruppundervisning är en mycket stor utmaning där de största svårigheterna inte uppstår för den individualplacerade eleven, utan för elever som ska bilda grupper inom exempelvis en hörselklass. Detta har lett till utvecklandet av RGH-modellen som en lösning för dylika grupper. För en individualplacerad elev kan gruppundervisning i allmänhet genomföras relativt enkelt om det finns lämplig akustik, möblering och ett efter möbleringen lämpligt antal elevmikrofoner. Är det två eller flera ”individualplacerade” elever i en klass blir situationen genast svårare om inte alla placeras i samma grupp.

### **Hjälpmedlen**

Kraven på olika omkopplarfunktioner hos hörapparaterna är alltså stora för att en pedagogiskt optimal funktion ska vara möjlig. Som också framgått behöver olika mikrofoner som används av framför allt lärare kunna kopplas till och från snabbt och enkelt, vilket i sin tur ställer krav på lättillgängliga omkopplare och att de reagerar utan fördröjning. Denna egenskap är inte alltid specificerad av tillverkarna varför den måste testas och tas med i bedömningen av olika hjälpmedels lämplighet.

### **Pedagogens kompetens**

Utöver vad som är viktig kunskap om hörselnedsättningar, hjälpmedel och akustik har detta avsnitt diskuterat begrepp som naturlighet och meningsfullhet vid lyssnandet i den pedagogiska situationen. Det kommer ständigt att dyka upp frågeställningar som kräver att pedagogerna sätter sig in i hur den egna pedagogiken och den använda tekniken är anpassad till elevens förutsättningar i en föränderlig skola.

# Några avslutande ord om utvärderingar

I kapitel 4 ställdes frågan: Bör man satsa på teleslingor eller bärbara FM-system? Föreliggande kapitel har beskrivit olika tekniska lösningar och de pedagogiska konsekvenserna av dessa lösningar. Det bör ha blivit uppenbart att det behövs olika tekniker för olika undervisningssituationer och kanske också för olika stadier i en elevs utbildning och utveckling. I den beskrivning av radioteknikens möjligheter som gjordes i kapitel 4 framgick också den skillnad som finns mellan stationära och portabla utrusningar vad gäller både ljudkvalitet och radioöverföringssäkerhet. Driftsäkerhetsaspekten talar även den för de stationära systemen (se även Overvik 2009). Finns det då inga studier som jämför system på ett mer övergripande sätt och tar hänsyn till flera aspekter, som ljudkvalitet, driftsäkerhet, hanterbarhet etc.? Att studier i stort sett saknas eller att de som finns har utvärderat annat än vad som är relevant för modern pedagogik nämndes i kapitel 3. Här ska dock redogöras för två utvärderingar som starkt berör frågan: vad ska man satsa på?

## Birgittaskolan

En mindre utvärdering finns omnämnd i Gustafsson (2007) och gjordes när Birgittaskolan i Örebro behövde fler klassrum med hörteknik. Skolan arbetade med okorrelerade slingor men skulle byggas om för att ta emot ytterligare klasser. Phonaks multifrekvens mini-FM-system (MLxS) med frekvensstyrningsenheten Wall-pilot marknadsfördes som det nya skolsystemet och blev föremål för test. Eftersom skolan var mycket mån om en flexibel elev-elev-kommunikation utnyttjas bänkmikrofoner enligt klassisk hörselklassmodell. Denna flexibilitet vad gäller mikrofonernas inkoppling, individuellt eller flera samtidigt, kan inte återskapas med något mini-FM-system. Testet gjordes därför på så sätt att överföringen teleslinga – hörapparat ersattes med överföringen radiosändare – MLxS-mottagare kopplad till elevens hörapparat. Genom att utnyttja samma



elever (ålder 10-12 år), samma hörapparater, samma elev- och lärarmikrofoner och endast förändra överföringssättet till elevernas hörapparater kunde en rättvis jämförelse göras mellan överföring via mini-FM-system och teleslinga. Två utvärderingstillfällen användes. Med flerårigt användande av teleslinga som referens värderades MLxS-överföringen efter nästan två terminers användning med hjälp av en femgradig skala. En av sju elever gav mini-FM-tekniken godkänt (mycket bra) betyg. Övriga elever gav underkända betyg (dåligt eller mycket dåligt). Av dessa elever använde två koklea-implantat. Eleven som gav mini-FM-tekniken godkänt hade en bakgrund som individualplacerad och därför inte samma funktionsreferens som de elever som hela tiden gått på Birgittaskolan. Efter återgång till teleslinga och två månaders användning gjordes en förnyad utvärdering på samma sätt som gjorts efter MLxS-användningen. Samliga elever gav teleslingöverföringen godkänt (bra, mycket bra) betyg. De vanligaste orsakerna till att eleverna föredrog teleslingan hängde ihop med enkelhet vid användandet, driftsäkerhet och ljudkvalitet (för en utförligare redovisning se Gustafsson (2007) och däri givna referenser). Någon introduktion av mini-FM blev inte aktuell på Birgittaskolan utan bastekniken utgörs fortfarande av okorrelerade slingor.

## Fredericiaskolen

En senare utvärdering med syfte att studera hur teleslinga och mini-FM används när man har tillgång till båda och vilket system som föredras, är gjord av Poulsen (2009). Studien är en enkätundersökning gjord vid Fredericiaskolen, Center for Høretab, och bygger på 67 svar (elevernas ålder 6-17 år, svarsprocent 88 %). Fredericiaskolen har en lång tradition när det gäller användning och även utveckling av hörteknik. I samband med introduktionen av Phonaks multifrekventa mini-FM-system, MLx-S, och den frekvensstyrande enheten Wall-pilot, påbörjades 2003 ett utbyte av det tidigare använda okorrelerade slingsystemet. Efterhand som mini-FM-systemen introducerades deaktiverades teleslingorna. Den pedagogiska personalen gjorde emellertid vissa observationer rörande elevernas användning och reaktioner på den nya tekniken,

som ledde till att man återinstallerade teleslingorna parallellt med mini-FM-systemen. Eleverna kan alltså välja vilket system de vill utnyttja. I likhet med testet på Birgittaskolan försöker man hålla alla faktorer konstanta utom överföringen till hörapparat, antingen via teleslinga eller via mini-FM-mottagare. Skillnaden mellan de två skolornas utrustningar är att Birgittaskolan använder korta mikrofonavstånd för elevmikrofonerna (bänkmikrofoner av svanhalstyp) medan Fredericiaskolan i huvudsak använder en takmikrofon (urkopplingsbar tryckzonsmikrofon). Undantaget är en klassavdelning (5 elever) som är lokalintegrerad på en angränsande skola där man använder olika mikrofonalternativ som ger korta talavstånd. Denna enhet arbetade ursprungligen enbart med mini-FM, men man ger nu eleverna möjlighet att även använda enheter med halsslinga.

Resultaten är mycket noggrant redovisade med möjlighet att se hur eleverna har valt lyssningsalternativ i förhållande till användande av hörapparat alternativt CI och många andra redovisade parametrar. I en sammanfattning säger författaren:

” Idet det multifrekvente FM har været kraftigt markedsført igennem de seneste år, var det overraskende, at kun 9 av de 67 indkomne svar viste en præference for at anvende FM, og at der var så få af eleverne med CI der foretrak FM. Samtidigt var der en overraskende stor del af elevgruppen, der helt fravalgte at bruge extra kommunikationsteknisk udstyr, og det giver naturligt anledning til undren i fagkredsene, for hvad kan vi gøre bedre, hvad er årsagen til, at eleverne vælger, som de gør? (Poulsen 2009 s. 3).

Om man ser till hela elevgruppen, oberoende av apparatalternativ, framkommer följande:

43 % föredrar teleslingan, 16 % föredrar mini-FM, två elever växlar mellan de båda alternativen beroende på situation och 41 % använder helst inte någon form av extra hörteknik. Av de 67 elever som besvarat enkäten finns fyra som inte har eller använder hörapparat/CI. Dessa finns inte med i redovisade beräkningar.

En uppdelning av dessa siffror på användargrupperna Hörapparat respektive CI görs i nedanstående tabell, vilken redovisar antal i respektive kategori:

Användar- grupp	Föredrar teleslinga	Föredrar mini-FM	Ingen skillnad, växlar mellan alternativen	Föredrar att inte använda extra hörteknik
Hörapparat	14	9	2	18
CI	12	1		7

Någon köns- eller åldersfaktor som kan förklara skillnader i preferenser finns inte, även om eleverna som använder extra hörteknik tenderar till att vara något yngre än de som inte använder (genomsnittsålder 12,9 år jämfört med 14,2 år).

När det gäller gjorda val är eleverna mycket klara över orsakerna till dessa och de redovisas mycket ingående i undersökningen. Det finns synpunkter på ljudkvalitet som talar för och emot både teleslinga och mini-FM, men bland CI-användarna särskilt förekommer många kommentarer som tyder på störningar i radioöverföringen som ger brus och/eller osäker funktion. Ett annat argument mot mini-FM är den höga strömförbrukningen som belastar hörapparatbatteriet. Dessutom nämns besväret att komma ihåg extra tillbehör som ”audioskon” och att det är besvärligt att ta av och på mini-FM-mottagaren. Även mottagarens tyngd anges som ett problem.

Det faktum att 41 % av eleverna väljer att inte använda extra hörteknik, trots att sådan fanns tillgänglig, både i form av FM och teleslingbaserad utrustning, var överraskande för Poulsen, men det skedde som framgår av undersökningen efter noggranna överväganden från eleverna. Sammanfattningsvis kan det enligt författaren finnas två orsaker till detta. Dels att tekniken har för dålig teknisk funktion, dels att den inte är anpassad till den pedagogik den ska betjäna och därför ger för litet utbyte.

I en diskussion om lämplig hörteknik (eller ”kommunikationsteknisk utstyr” som är det uttryck författaren använder) kommer Poulsen in på flera elevmikrofoner på korta avstånd för att garantera att eleven med hörselnedsättning blir delaktig i klassrumsdialogen. Hon är kritisk till att vissa nya system väljer att ha en sändarenhet (lärarens) som är master och kan ta ordet från övriga, eller med författarens egna ord:

” *Et sådant system med én sender som master understøtter icke ligeværdighed i undervisningens samtale (Poulsen 2009 s. 18).*

Många av Poulsens iakttagelser och reflexioner stämmer väl med vad som sagts tidigare i detta kapitel och kan ytterligare förstärkas med följande citat:

” **Kender du ikke din teknik, kender du heller ikke din pædagogik** (Poulsen 2009 s. 18).

I en fortsatt diskussion om orsaken till att elever väljer bort extra hjälpmedel påpekas att många av dem påtalar att i lugna miljöer utan bakgrundstörningar, på tu man hand och på kort avstånd, kan man klara sig utan extra hjälpmedel. Men det är inte motiv för att välja bort extra hjälpmedel även vid mer krävande undervisningssituationer, som många gjort i denna undersökning, med framför allt angivande av deras dåliga funktion som orsak. Att däremot välja bort extra hjälpmedel i vissa situationer kan ses som en utvecklad strategi för att optimera kommunikationssituationen.

## Jämförelser

Båda dessa undersökningar visar att teleslingan fortfarande föredras av flertalet elever i skolmiljön. I båda undersökningarna påpekas mini-FM-systemets problem med störningar i radioöverföringen (allt från brus till tystnad), svårigheter med hantering, ökad batteriförbrukning och att mini-FM-mottagaren tynger ned hörapparaten.

Vad som är ett stort problem är att så många i den senare undersökningsgruppen helt väljer bort extra hjälpmedel och att detta gäller både för de elever som använder hörapparater och de elever som använder CI. Detta bör rimligtvis tolkas som en indikation på att de extra hjälpmedlen inte är tillräckligt funktionella och att denna funktionalitet måste sökas i något annat än enbart sättet att överföra signaler till hörapparaterna/CI. Eftersom Fredericiaskolen använde i huvudsak en central takmikrofon för att överföra elevernas tal kan det vara en orsak till missnöje (se tidigare i denna bok). Från undersökningen vid Birgittaskolan, med dess individuella elevmikrofoner, finns inte någon rapport om motsvarande motvilja att använda extra teknik. Undantaget var en elev med en lättare

hörselnedsättning som inte uppskattade mini-FM utan ofta drog sig för att koppla över till FM-läge. Något liknande beteende visade inte eleven vid användning av hörapparatsens telespole.

Andra studier som visat på lågt användande av extra hjälpmedel är de som gjorts i anslutning till det svenska Dialogprojektet. Man har där använt en central bordsmikrofon och kunnat observera att många elever övergår till att använda hörapparaterna i M-läge, samtidigt som det inte är en lösning för eleverna med gravare nedsättningar (Odelius 2007).

## Behov av fortsatta utvärderingar

Vad gäller den miljö som den individualplacerade eleven befinner sig i saknas det i stort sett utvärderingar av tekniken. De studier som finns (t.ex. Coniavitis Gellerstedt 2007a, 2007b) går inte tillräckligt djupt in på teknikfunktion och utbyte.

Särskilt intressant är att i fortsättning studera hur elev- och lärarmikrofoner ska fungera för att passa i en modern pedagogisk situation där man strävar efter delaktighet i en klassrumsdialog där alla deltar på lika villkor.

Att kontinuerligt följa och utvärdera ny teknik kommer att vara aktuellt i alla skolformer. Den senaste digitalt baserade FM-tekniken bör utvärderas mot tidigare teknik, antingen den används i tillämpningar som mini-FM, i kombination med halsslingsor eller i stationära system.

Många senare utvärderingar har visat att det inte bara är möjligt utan också betydelsefullt att söka information direkt hos eleverna om deras upplevelser av olika teknik på en mer djupgående nivå än enbart alternativen ”använder”–”använder inte”. Se ovan och exempelvis Odelius (2007, 2009) och Wennergren (2007).

Det är fortsatt viktigt att se hur eleverna kan utveckla olika strategier för att utnyttja olika hjälpmedel optimalt, men det ska ske i relevanta pedagogiska miljöer där hjälpmedlen valts med tanke på maximal delaktighet. En elev ska inte tvingas utveckla en strategi för lyssning och hjälpmedelsanvändning i förhållande till olämpliga eller otillförlitliga hjälpmedel.

## Att komma ihåg

- *Även om bestämmelserna i olika dokument är otydliga vad gäller kostnadsansvar finns klara indikationer på att elever ska ha de hjälpmedel och den skolmiljö de behöver, vilket kan kräva ett utvecklat samarbete mellan landsting och kommun.*
- *Valet av hörtekniska hjälpmedel måste styras av en anpassning till pedagogik samt elevens hörselförutsättningar och individuella hjälpmedel.*
- *Driftsäker teknik och genomtänkta val av mikrofonlösningar för såväl lärare som elever bör prioriteras.*
- *Som pedagog är det mycket viktigt att man kan sätta sig in i vad olika teknik innebär för elevens möjligheter att uppleva talkommunikationen i klassrummet som hörbar, naturlig och meningsfull.*

# Universella tekniska lösningar och särskilda målgrupper

### Kapitelöversikt

Kapitlet har två syften, dels att presentera en för Skandinavien relativt ny teknik, dels att diskutera dess användbarhet för ett antal särskilda målgrupper. I det senare avsnittet kommer denna teknik också att ställas mot annan hörteknik och åtgärder, primärt avsedda för elever med hörselnedsättning.

Universella tekniska lösningar är något som gagnar alla. Den i undervisningssammanhang kanske mest kända är akustikbehandling. Akustikbehandling har naturligtvis extra stor betydelse för elever med hörselnedsättningar i olika former.

Finns det andra universella lösningar som kan hjälpa elevgrupper som har behov av en bra lyssningsmiljö? Många elever med hörselnedsättningar använder inte de hjälpmedel som de fått via hörselvården, hjälpmedel de sannolikt behöver för sitt lyssnande. Det finns också indikationer på att många elever med neuropsykiatriska funktionsnedsättningar har behov av en förbättrad lyssningssituation.

I kapitlet diskuteras utförligt det så kallade Sound Field Amplification System, något som tidigt introducerades i USA. Systemet bygger på att utnyttja högtalare i klassrummen. I dag finns det många som anser att systemet är en lösning som hjälper alla elever att uppnå bättre resultat i skolan. Det skulle alltså kunna betraktas som ett universellt hjälpmedel.

Vad kan denna teknik ha för betydelse för de målgrupper som nämndes ovan? Detta diskuteras ingående i senare delen av kapitlet.

# Inledning

Coniavitis Gellerstedt (2007a, 2007b) konstaterar att elever med hörselnedsättning i vanlig klass fördelar sig på tre ungefär lika stora grupper utifrån deras hjälpmedelsanvändning. Trots att samtliga elever hade tilldelats hörapparater/CI av landstingets hörselvård, användes de endast av två tredjedelar av eleverna. Av de två tredjedelar som alltså använde hörapparat/CI, använde hälften enbart hörapparat/CI och andra hälften hörapparat/CI tillsammans med hörtekniska hjälpmedel. Hjälpmedelsanvändarna dominerades av elever med dubbelsidiga hörselnedsättningar. Däremot var andelen elever med ensidig nedsättning större bland den tredjedel av eleverna som inte använde hjälpmedel.

Studien ger otydlig information om skillnader i grad av hörselnedsättning inom och mellan grupperna. Det är dock rimligt att tänka sig att ju större behov man har av hjälpmedel, desto sämre är hörselförutsättningarna. Man bör alltså kunna anta att det finns skillnader i grad av hörselnedsättning mellan elever med dubbelsidig hörselnedsättning som enbart använder hörapparat och de som använder både hörapparat och andra hjälpmedel. Andra enkätsvar pekar också mot denna slutsats.

De föregående kapitlen har bland annat diskuterat lämpligheten hos olika hjälpmedelslösningar och den ständiga strävan att utveckla dessa. Den elevgrupp som varit i fokus när man utvecklat lösningarna har definitivt varit den med större hörselnedsättningar. Men genom att alltid söka efter enkla och lättanvända utrustningar har dock förhoppningen varit att även elever med lätta hörselnedsättningar ska känna sig motiverade att använda tekniken.

Man kan dock fundera på om det eventuellt skulle kunna finnas annan teknik och/eller åtgärder än de traditionella som vore mer inriktade på den elevgrupp som inte använder de hörapparater de fått tilldelade? Andra målgrupper som har behov av ett störningsfritt lyssnande är elever med inlärningsproblem, svårigheter med uppmärksamhet eller auditiva perceptionsstörningar.



# Universella tekniska lösningar

Akustikbehandling är en universell lösning som gagnar alla i skolmiljön, både lärare och elever. Under senare år har man i Skandinavien dessutom börjat diskutera teknik som på många håll i USA betraktas som ”universell”. Tekniken gick tidigare under benämningen ”Sound field amplification” men benämns numera ofta ”Sound field equalization system”. På svenska används ”Ljudutjämningsystem” eller ”Ljudutjämningsutrustning”.

## Akustikbehandling

Att akustikbehandling i sig är en sådan universell lösning är uppenbart och ett av bokens kapitel är också ägnat åt att förtydliga detta (se kapitel 2). Detta kapitel fokuserar särskilt på bakgrundsstörnivåer och efterklangstider och dessa variabler finns också specificerade i olika dokument. Elevgrupper som ställer minst lika stora krav på den akustiska miljön som elever med hörselnedsättningar, är de med olika funktionsnedsättningar som drabbar perception, uppmärksamhet och inläring.

Från Coniavitis Gellerstedts (2007a, 2007b) studie kunde utläsas att en bra ljudmiljö, tillsammans med ”lärarnas sätt att vara och undervisa”, var de två viktigaste förutsättningarna för elevernas deltagande i undervisning och skolarbete. Enkät svar i Coniavitis Gellerstedts studie och data i Norden m.fl. (1990) stödjer också antagandet att en dålig akustisk miljö kan vara en av orsakerna till att exempelvis tilldelade hörapparater inte används.

**En god akustisk miljö med låga, externt och internt alstrade, ljudnivåer samt korta efterklangstider gynnar alla, såväl elever som lärare, oberoende av hörselstatus. Akustiska åtgärder är dessutom något som inte kräver tillsyn och service för att fungera.**

Trots att man är medveten om akustikens betydelse är den inte alltid optimerad i klassrum där man undervisar elever med hörselnedsättningar, vilket exempelvis visats i en omfattande studie från

Skåne (Sjöström 2007). En uppföljande rapport (Larsson & Rikardson 2008), med specifik inriktning på elever med lätta hörselnedsättningar (bl.a. ensidig hörselnedsättning) som inte tilldelats hörhjälpmedel, avhandlar bland annat orsaken till uteblivna åtgärder. Särskilt intressant är diskussionen om vad uteblivna åtgärder kan kosta samhället i form av senare åtgärder för att kompensera eventuella brister under grundskoletiden.

## **Akustisk ljudförstärkning i klassrum – från enkla högtalarsystem till ljudutjämningsystem**

I det följande beskrivs en typ av hjälpmedel som, från att ha varit inriktat på att framför allt hjälpa elever med lätt hörselnedsättning i en dålig akustisk miljö, har utvecklats till att betraktas som något som kan användas mer generellt. Det handlar alltså om ett slags universellt hjälpmedel, vilket emellertid förutsätter en acceptabel akustisk miljö. Enligt framför allt amerikanska studier kan tekniken vara till hjälp för alla elever men kanske primärt de där problem med uppmärksamhet, inläring eller auditiv perception förekommer. En ytterligare målgrupp är elever som av olika anledningar inte undervisas på sitt hemspråk.

Tekniken kan liknas vid de högtalarsystem som används i större konferens- och samlingssalar som genom lämplig förstärkning gör talet hörbart i hela lokalen. I normala klassrum består systemet av högtalareförstärkare och lämpligt antal högtalare (ofta fyra eller fler) som placerats för att åstadkomma en jämn ljudnivå i hela klassrummet. Till anläggningen hör också en eller flera trådlösa mikrofoner med stationära mottagare.

Tekniken har haft flera olika benämningar: Sound field amplification system, Sound reinforcement systems, Teacher's voice amplification system, Sound field distribution system, Sound field system och Sound field equalization system. Som synes är många av dessa benämningar beskrivande; de betonar att ljud ska förstärkas, att ljud ska fördelas i ett rum och en av dem att det är just lärarens röst som ska förstärkas. Att elevernas möjligheter att bli hörda av varandra också är viktigt är något som först observerats under senare år. För en översikt av Sound field-konceptet hänvisas till Crandell m.fl. (2005).

I många fall har man också lagt till FM för att markera att trådlös teknik används i dessa system. Idag förekommer förutom FM även IR-överföring.

Användningen av dessa system har varit mycket begränsad i Sverige. Det är först i samband med introduktionen av flera elevmikrofoner på samma frekvens, enligt den ”norska modellen” (se kapitel 4), som högtalare kommit till användning. De utnyttjas då primärt som kontroll- eller medhöringshögtalare vid undervisning av individualplacerad elev med hörselnedsättning. I samband med detta har dock positiva effekter för övriga elever rapporterats, antingen genom att elever med svag röst eller lärarens tal lättare uppfattats. I Norge har man använt tekniken längre än i Sverige och då just för den elevgrupp som inte haft eller velat använda tilldelad hörapparat eller annat hjälpmedel (Jonassen 2004, 2009).

## Historik

Den tidiga utvecklingen och användningen av ”sound field amplification system” (SFA<sup>1</sup>) har helt dominerats av aktivitet i USA. Från introduktionen i slutet av 1970-talet har användningen ökat starkt och nya målgrupper, respektive krav på yttre förutsättningar, har diskuterats. Det finns ett stort antal rapporter, dock av skiftande vetenskaplig kvalitet, runt tekniken men genomgående är att de alla visar på positiva effekter av SFA. Den första publicerade studien är ”Mainstream Amplification Resource Room Study”, MARRS, (Sarff 1981). Man undersökte då elevernas hörselstatus och huruvida de hade svårigheter i skolan. Bland 601 undersökta barn bedömdes 197 ha lätta hörselnedsättningar och dessa hade också eftersläpningar på olika språk- och kunskapstest. Eleverna kunde efter matchning fördelas på två grupper om 55 elever vardera. Den ena gruppen fick tillgång till SFA, med en lärarmikrofon och två högtalare placerade i främre delen av klassrummet. Den andra gruppen togs ur sina klasser och fick undervisning individuellt eller i små grupper av speciella resurslärare. För båda grupperna förbättrades resultaten, men mest för gruppen som hade fått tillgång till SFA, och effekterna tycktes vara större ju yngre eleverna var. Man jämförde också kostnaderna för de olika åtgärderna och konstaterade

---

<sup>1</sup> SFA används som förkortning eftersom det var det som användes i den tidigare litteraturen. I dag förekommer lika ofta SFS (förkortning för Sound Field System).

att SFA-alternativet kunde genomföras till betydligt lägre kostnader än resursrumsalternativet (Sarff, Ray & Bagwell 1981).

Som ett exempel på en senare och betydligt större studie kan nämnas den som gjorts av Rosenberg m.fl. (1999) i Florida. Projektet "Improving Classroom Acoustics (ICA): A three-year FM sound field classroom amplification study" startades för att utvärdera effekten av hjälpmedlet på elever i förskola och lågstadium. 2054 elever ingick och 64 klassrum utrustades med SFA medan 30 var utan och därmed fick tjäna som kontroller. Studien konstaterade att bakgrundsljudnivåerna i de utrustade klassrummen inte hade förbättrats jämfört med tidigare studier. Medelnivån var 47 dB(A) och 59 dB(C) och endast 2 klassrum höll sig under de önskvärda 35 dB(A). Den uppmätta förstärkning av lärarrösten i SFA-klasserna uppgick till ca 7 dB, en förstärkning som alltså ger en motsvarande förbättring i SNR-värdet. Enligt studien gav denna SNR-vinst dels ett bättre lyssnings- och inlärningsbeteende, dels bättre färdigheter för försöksgruppen jämfört med kontrollgruppen. Även här fann man att yngre elever hade störst nytta av SFA. Genomgående gavs positiva omdömen från lärare och elever om tekniken. Också denna studie påpekar att SFA är en mycket kostnadseffektiv lösning.

Ett stort antal studier har presenterats sedan dess och SFA har mer och mer kommit att betraktas som ett universellt hjälpmedel. Förespråkare för denna linje anser till och med att alla nybyggda klassrum bör utrustas med SFA. Det finns dock åsikter som är mer kritiska till utvecklingen och som menar en förutsättning för att SFA ska fungera är en acceptabel akustisk miljö. En sådan förbättring av akustiska förhållanden skulle då göra SFA överflödiga i klassrum för hörande elever. En trolig förklaring till SFA:s utbredning i USA är brister i den akustiska miljön, beroende på att man först 2002 fick en standard som ställde krav på klassrumsakustiken (ANSI S12.60-2002). Med skandinaviska mått mätt är de amerikanska kraven emellertid relativt blygsamma. Dåliga förhållanden när det gäller bakgrundsljudnivåer, till exempel fläktljud, och långa efterklangstider har därmed tvingat fram en till synes enkel (och billig) lösning. I stället för förändring genom akustisk ljudsanering bygger denna lösning på förstärkning av lärarrösten.

## Nutid och kritik

Även om utvecklingen av SFA dominerats av USA har även andra länder tagit till sig tekniken. Då har man främst fokuserat på användningen för grupper som haft särskilda behov, till exempel elever med lättare hörselnedsättningar, elever med perceptions- eller koncentrationssvårigheter och elever vars hemspråk inte varit det aktuella undervisningsspråket. När det gäller SFA som generell hjälpmedel även för hörande har man inte accepterat det okritiskt utan försökt göra egna utvärderingar. I Nya Zeeland har Stephenson (2007) gjort en granskning av publicerade undersökningar och konstaterar att:

” *The current evidence does not provide strong evidence of a positive effect of sound field amplification in classrooms because of study design and analysis problems, but neither is there evidence to suggest there are no benefits. There is a real need for randomised controlled trials investigating the effect of both sound field amplification and classroom acoustic augmentation on children’s academic and behavioural performance before implementing amplification on a wide scale. (s. 13).*

De studerade artiklarna i Stephensons granskning skulle vara publicerade mellan 1990 och november 2006. Krav ställdes på att studierna skulle mäta både kunskaps- och beteendemässiga förändringar hos eleverna. Undersökningsgruppen skulle bestå av minst 20 elever. Krav ställdes på tydliga metodbeskrivningar, undersökningsdesign och adekvat statistisk analys. Sju artiklar uppfyllde dessa högt uppställda krav varav en var den tidigare nämnda amerikanska Rosenberg m.fl. (1999) och en annan en studie gjord i Nya Zeeland (Heeney 2006). Dessa två longitudinella studier ansågs ge de bästa bevisen för positiva effekter av SFA. Heeneys studie följde 626 elever under ett år. Eleverna gick i åk 1 – 6. 438 elever i 30 klassrum fick tillgång till SFA och 188 elever i 12 klassrum tjänade som kontroller. Bland resultaten kan nämnas att SFA ökade lyssnings- och läsförmågan, fonologisk kompetens och koncentrationen hos eleverna. Vidare upplevdes klassrummen som tystare och mer harmoniska. Lärarna kunde tala med mindre ansträngning och eleverna upplevde att de hörde bättre. Som sammanfattning säger Heeney att SFA inte är någon universallösning för alla problem i modern undervisning, utan förutsätter effektivt lärarbete och att utbytet påverkas av andra faktorer som klassrumsakustiken.

Heeney ser dock SFA som ett universellt hjälpmedel och förordar användning i alla klassrum.

Båda dessa studier använde samma typ av SFA-utrustning och de flesta lärarna använde bommikrofon. I båda studierna användes fyra väggplacerade högtalare. Någon speciell elevmikrofon fanns inte, men när läraren lånade ut sin mikrofon till eleverna var det mycket uppskattat.

England har börjat använda SFA i relativt stor skala. Flera studier har gjorts som visar på nyttan av SFA som ett alternativ för grupper där hörselnedsättningen inte är så stor att hörapparater måste kompletteras med andra, mer individuella, hjälpmedel. Intressant är dock en strävan att kartlägga förutsättningarna för att SFA ska fungera optimalt och här sker ett samarbete mellan olika universitets akustiska och pedagogiska institutioner. Sådana förutsättningar kan vara (Shield m.fl. 2005):

- Att akustiska förhållandena i klassrummet måste vara lämpliga
  - mindre klassrum med acceptabel akustik inte aktuella
  - större klassrum med långa efterklangstider olämpliga
  - normalstora klassrum (>50 m<sup>2</sup>) ska ha acceptabla efterklangstider
- Att högtalarna är rätt placerade
- Att installationen är gjord i samförstånd med läraren som ska använda SFA
- Att läraren får utbildning i användandet
- Att tekniken fungerar.

Bakgrunden till ovanstående punkter är erfarenheter från olika projekt, där det i ett fall konstaterades att endast hälften av anläggningarna användes i de klassrum där de installerats. Liknande lärdomar finns från andra håll, till exempel nämns i Rosenberg m.fl. (1999) ett projekt i Florida som misslyckades på grund av dålig audiologisk support och bristande utbildning av lärarpersonalen.

Erfarenheterna från Skandinavien är relativt begränsade men viss användning av SFA förekommer.

En dansk studie (Kirketerp & Larsen 2006) undersökte effekten av SFA i 12 klassrum för elever i åk 3. Utrustningen som användes bestod av ett FM-baserat SFA-system med lärarmikrofon (typ bommikrofon), handhållen elevmikrofon och fyra högtalare. 495 elever och 24 lärare, lika fördelade på kontroll- och försöksgrupp, svarade

på frågeformulär om förhållanden i undervisningen. Inga mätningar av studieresultat gjordes. Observationstiden var 3-5 månader. Efterklangstiderna i lokalerna var i genomsnitt 0.54 sek. med ett max på 0,8 sek. (se senare i detta kapitel och kapitel 2 för referensvärden). Resultaten pekar i samma riktning som de tidigare refererade, men författarna hade förväntat sig större effekt av SFA. De tydligaste effekterna var att lärarna var mindre trötta och hade mindre behov av att höja rösten samt att eleverna kunde höra sina kamrater bättre. Andra effekter som framkom var att eleverna var mer koncentrerade och att läraren sällan hade behov av att upprepa sig. Som tänkbara orsaker till att resultaten blev mindre tydliga än förväntat (enligt författarna själva) anges problem med introduktionen av systemen och att lärarna inte fick tillräcklig instruktion i användandet. Det fanns även vissa tekniska problem. Ett påpekande som är välkänt från undervisning av individualplacerade elever med hörselnedsättning är bekymret med att det endast fanns en elevmikrofon som ska skickas runt (se även Rekkedal 2007). Sammanfattningsvis ville dock 87,5% av lärarna behålla systemet efter försöksperiodens slut.

Från Island kommer en studie (Jonsdottir 2003) som i huvudsak inriktats på att utvärdera hur SFA påverkar lärarnas röst men som också försöker utvärdera elevreaktioner. Utvärderingen görs efter bara en mycket kort tids användning av systemet men författaren anser ändå att lärarens röst skyddas och att eleverna hör bättre. Som i de flesta studier rörande SFA påpekas att det finns nackdelar, dels av teknisk natur, dels beroende av att lärarna inte har fått tillräckliga kunskaper om hur SFA ska användas. En tredjedel av eleverna upplevde att ljudet var för högt, en femtedel att det till och med var störande och det fanns även problem med återkoppling. Resultatet är dock inte överraskande med tanke på att anläggningen inte var inriktad på ljudutjämning, utan endast förstärkning med en högtalare placerad på "lärarsidan" i klassrummet, samtidigt som man använde myggmikrofon istället för bommikrofon. Jonsdottir föreslår ökad användning av SFA samt forskning om hur tekniken kan utvecklas för att både vara enkel att hantera och passa i olika lokaler. Ska SFA användas finns det dessutom behov av expertis inom skolan för att instruera lärarna och klara av fel, annars är det lätt att även enklare fel gör att systemen inte används.

De båda sistnämnda studierna hade breda målgrupper och såg SFA som ett universellt hjälpmedel. I kapitlet har det tidigare nämnts att Norge använt SFA för att stödja elever som inte velat

eller kunnat använda hörhjälpmedel (Jonassen 2004, 2009). För närvarande sker en tydlig inriktning mot att se SFA, och då i dess form som är inriktad mot ljudutjämning, som ett mer universellt hjälpmedel (Vik 2007, 2008a). Ett treårigt utvecklingsprojekt är därför påbörjat, där man vill utveckla rutinverktyg för att mäta effekten av ljudutjämning, sprida kunskap innan kommersiella intressen gör sig allt för gällande och, med Viks ord (Vik 2007), ”lansera lydutjevning på landsbasis för nedbygging av funktionshämmande barriärer”. Hittills har projektet resulterat i två rapporter och ett visst medieintresse.

I Sverige har man i samband med introduktionen av flera elevmikrofoner i klassrummen för de individualplacerade eleverna med hörselnedsättning fått viss erfarenhet av att utnyttja högtalare. Primärt var de tänkta att användas som en kontroll för eleverna att de hanterade mikrofonerna korrekt, men efter hand upplevdes positiva effekter även för övriga elever. Elever med svaga röster gjorde sig lättare hörda och övriga elever upplevde det lättare att höra överhuvudtaget, trots att man i allmänhet inte hade prioriterat ljudutjämning utan hade ”kontroll-/medhöringshögtalarna” placerade på ”lärarväggen”.

Utöver användningen i dessa klasser förekommer systemet i mindre skala på olika platser i landet. Rapportering av effekter görs dock bara undantagsvis och de få rapporter som finns innehåller sällan beskrivningar över använd utrustning och/eller bygger på ett mycket begränsat antal försökspersoner.

## **Sammanfattning**

Ljudutjämningsystem är något som har fått stor spridning, framför allt i USA. Från att ha varit en utrustning som primärt riktade sig till elever med lättare hörselnedsättningar, vilka ofta undervisades i akustiskt undermåliga lokaler, har den kommit att betraktas som en mer universell teknik som även kan användas av hörande. Yngre elever och elever med perceptions- och uppmärksamhetssvårigheter ingår numera också i målgruppen. Utrustningen ska dock inte ses som ett alternativ till akustiksanering, utan som ett komplement vilket kräver att bakgrundsstörningar och efterklangstider hålls på rimliga nivåer. Gränsvärden som 35 dB(A) och 0,6 sekunder nämns ofta i olika artiklar. Effekterna av ljudutjämningsystemen är en behagligare undervisningssituation där rösten sparas och behovet av upprepningar minskar för läraren. För eleverna underlättas



hörandet och de blir mer motiverade att lyssna. Härigenom ökar koncentrationen, vilket leder till att ljudnivån sänks. I de studier som utvärderat effekten på språk- och kunskapsutvecklingen har man ofta noterat förbättringar oavsett vilken grupp man utvärderat. En annan grupp som även kan uppvisa stora förbättringar är elever med annat hemspråk än undervisningsspråket.

I samband med användande av utrustningen nämns relativt frekvent problem med funktion och ljudkvalitet, vilket emellertid inte sällan kan hänföras till olämpliga installationer, dålig introduktion till lärare och bristande resurser för uppföljning och service (för en kritisk granskning av existerande studier hänvisas till Stephenson 2007).

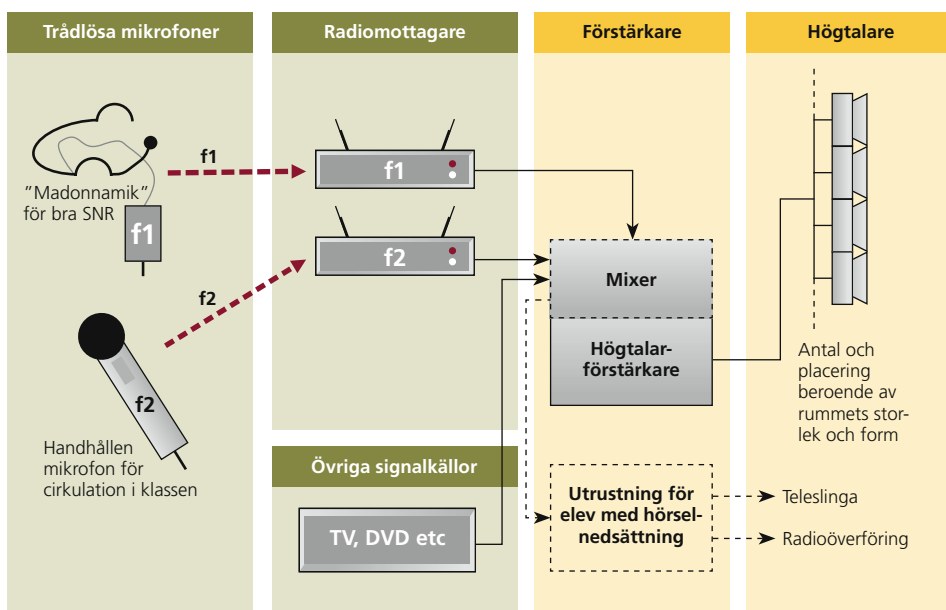
## Ljudutjämningsystemets teknik och uppbyggnad

När man nu närmar sig utnyttjandet av högtalare för ljudutjämnning sker det i Sverige från två håll. Dels finns utrustning för elever med hörselnedsättning där man kompletterar anläggningen med högtalare. Dels finns en mer normal användning för vilken det finns en potentiell målgrupp utan behov av individuella hörtekniska hjälpmedel (till skillnad från de målgrupper som denna bok hittills fokuserats på). För att undvika problem, som tidigare utvärderingar pekat på, ges i det följande några tips.

Inledningsvis användes uttrycket universellt hjälpmedel. Det ska dock understrykas att ljudutjämningsystemet inte kan ersätta de hjälpmedel som nu används för de flesta elever med hörselnedsättning, alltså de som bygger på korta mikrofonavstånd och någon form av trådlös överföring till hörapparat/CI. Som tidigare nämnts är ljudutjämningsystemet primärt aktuellt för elever med lättare hörselnedsättningar samt de med normal hörsel, men med andra störningar som drabbat perception, inläring och/eller uppmärksamhet.

I likhet med systemen för elever med hörselnedsättningar bygger även denna teknik på att det finns mikrofoner som samlar upp ljud. Istället för att leverera detta till en hörapparat via någon trådlös teknik (teleslinga, FM), så levereras i detta fall det förstärkta ljudet via ett antal högtalare, till lyssnare som oftast inte har hörapparat. Figur 6-1 illustrerar ett ljudutjämningsystem med ingående kom-

ponenter. Som synes är likheten med ett stationärt system för en inkluderad elev med hörselnedsättning slående (se figur 5-4 eller 5-5). Högtalarna ersätter slingförstärkaren eller en stationär FM-sändare. I likhet med utrustning för elever med hörselnedsättning finns tekniken tillgänglig i olika utföranden, komponenterna kan finnas i separata enheter eller ha olika grad av integrering.



Figur 6-1. Ljudutjämningsystemets olika delar. Figuren visar ett FM-baserat system med diversitetsmottagare. Som alternativ till radioöverföringen finns IR-överföring, se texten för beskrivning av skillnader.

## Högtalarna

Högtalarna är vad som primärt skiljer utrustningen från tidigare diskuterade anläggningar i kapitel 4 och 5 och de måste betraktas som ljudutjämningsystemets viktigaste del. Eftersom det handlar om ljudutjämnning är det rimligt att anta att antalet högtalare och dess placering är mycket avgörande.

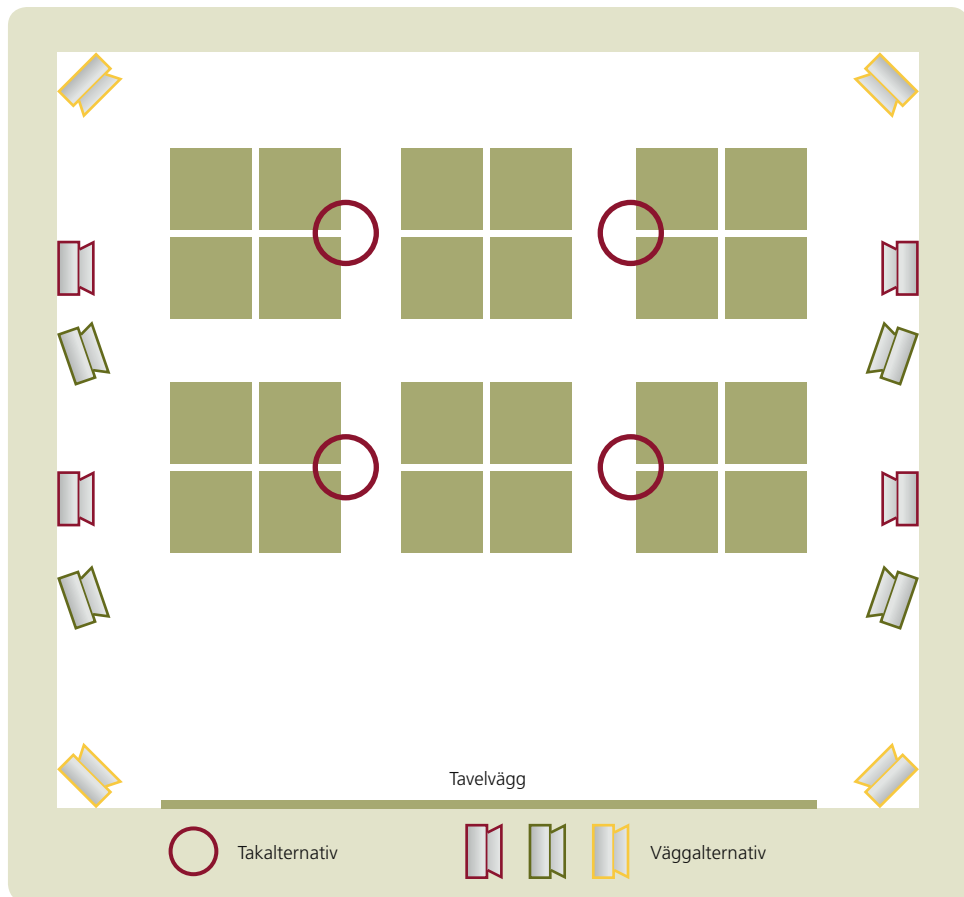
De som är mest drabbade av störande ljudnivåer i ett klassrum är de som sitter längst bort från den intressanta ljudkällan, vilken

tidigare ofta var en lärare med en relativt fast position i klassrummet främre del. Det är därför överraskande att man tidigare så ofta även placerade högtalarna i klassrummets främre del (se t.ex. Sarrf 1981; Jonsdottir 2003). Det borde vara mer logiskt, om man tar hänsyn till en lärare som konstant befinner sig i främre delen, att placera högtalarna i bakre delen. Idag rör sig läraren emellertid mer fritt, vilket innebär att när han/hon befinner sig i bakre delen av rummet finns behov av att ljudet kan levereras via högtalare i främre delen. Alltså går det åt minst fyra högtalare i ett medelstort klassrum (två i den bakre och två i den främre delen) för att åstadkomma ljudutjämning. Utöver att det blir behagligare att lyssna för alla med jämn ljudspridning, utan onödigt höga ljudnivåer i någon del av lokalen, minskas risken för återkoppling med optimal placering av högtalarna.

Högtalarnas placering ska resultera i minsta möjliga avstånd till alla elever, vilket innebär att takmonterade högtalare i allmänhet ger bäst resultat. Dessa kan dock vara svåra att montera om det inte finns en särskild undertakskonstruktion. Korta högtalaravstånd är givetvis en parallell till korta talavstånd eller korta mikrofonavstånd för att kunna optimera SNR. Högtalaren kan i detta sammanhang helt enkelt ses som en ”ny” talare.

Om takmonterade högtalare av någon anledning inte kan användas är väggmonterade högtalare det näst bästa alternativet. Här finns flera placeringsmöjligheter vilka alla till viss del är beroende av lokalens utformning. Vissa generella riktlinjer för placering finns i *Building Bulletin* '93 (DfES 2003) och leverantörernas installationsguider innehåller mer specifika sådana.

Ett antal alternativa högtalarplaceringar visas i figur 6-2. Med tanke på ljudutjämningen ser man ofta placeringar som tar hänsyn till möblering, vilket resulterar i en förskjutning mot bakre delen av klassrummet i stället för en helt symmetrisk placering. Högtalare kan ha olika riktningskaraktäristik och ge olika täckningsyta och ju färre högtalare man använder, desto större täckningsyta behöver de ha. Med hänsyn till återkopplingsrisken bör vägghögtalare placeras minst 2 m över golvet.



Figur 6-2. Olika högtalarplaceringar i ett klassrum med syfte att ge en jämn ljudspridning. Fyra olika placeringsalternativ utnyttjande fyra högtalare vardera är redovisade.

## Högtalarförstärkare

I ett integrerat ljudutjämningsystem får förutsättas att högtalare och högtalarförstärkare är anpassade till varandra för att åstadkomma ett bra ljud utan distorsion. Om man bygger upp ett system av separata enheter är det givetvis viktigt att förstärkaren har ingångar för trådlösa mikrofoner och olika AV-hjälpmiddel (DVD, data, etc.). Ofta har ett ljudutjämningsystem anpassats för att ge en optimal talöverföring med en viss framhävnin g av medelhöga frekvenser. Musikåter-

givning kan då uppfattas som ”tunn”. Rent praktiskt är det viktigt att en separat högtalarförstärkare inte placeras allt för lättillgängligt så att användare oavsiktligt ändrar förstärkning och tonkontrollinställning med återkopplingsproblem som följd.

## Trådlösa mikrofoner

Här kommer läsaren delvis att känna igen de stationära hjälpmedel för individualplacerad elev som diskuterades i kapitlen 4 och 5. Det finns dock några skillnader och medan det finns system som fortfarande utnyttjar FM-teknik för den trådlösa överföring kommer det samtidigt fler och fler som utnyttjar IR-teknik.

IR-tekniken är en teknik för trådlös överföring som utnyttjar infrarött (IR) ljus som överföringsmedium. IR-överföringen skiljer sig från radioöverföringen (FM) genom att den kräver mer ”fri sikt” mellan sändare och mottagare, medan radioöverföringen ”går runt hörn”. Detta är både till IR-teknikens för- och nackdel. Fördelen är att många anläggningar kan utnyttjas i samma byggnad utan ”kanalproblem”, signalen blir kvar i rummet. Nackdelen är att man kan få problem med räckvidden i större lokaler och i lokaler med oregelbunden form. För att möta detta måste man placera ut flera sensorer för att fånga upp signalen (jämför med FM-system och diversitetsmottagning, se kapitel 4). Moderna IR-system är mindre känsliga för störningar från solljus och lysrörsarmaturer än tidigare genom att bland annat överföringsfrekvensen höjts till 2,3-2,5 MHz.

Väljer man FM-teknik bör mottagarna vara diversitetsmottagare för att undvika störningar och ”dropouts”. Tekniken bör också arbeta med en deviation som medger bästa möjliga ljudkvalitet (se kapitel 4). Många tidigare och även ett antal nu marknadsförda anläggningar är inte försedda med diversitetsmottagare, vilket skulle kunna förklara de anmärkningar som rapporteras som ”knaster och brus” i många rapporter. Liknande fenomen kan uppträda i de IR-baserade anläggningarna, men fördelen med dessa är att de kan installeras i obegränsat antal rum på en skola. Man undviker dessutom den kanalplanering som måste göras med FM-systemen. En ljudutjämningsanläggning bör medge användande av flera mikrofoner. De flesta moderna anläggningar medger att man använder två mikrofoner samtidigt (vanligtvis en lärar- och en elevmikrofon avsedd att skickas runt). Det finns dock IR-baserade kompakta anläggningar som ger möjlighet till upptill fyra samtidigt mikrofoner.

Vilken mikrofontyp ska användas? Det finns möjlighet att använda alla de typer som diskuterats i kapitel 4. Här kommer särskilt bommikrofonen med sitt korta avstånd till munnen till sin rätt. Den relativt sett höga ljudnivån kräver mindre förstärkning, vilket i sin tur minskar risken för återkoppling som kan uppstå om man kommer nära högtalarna. Elevmikrofon ska finnas och här kan man observera att dagens ljudutjämningsystem använder andra typer av handhållna mikrofoner, ofta större och inte lika lättmanövrerade, än vad man kanske är van att se i utrustningar för elever med hörselnedsättningar.

### **Från kontrollhögtalare till högtalare för ljudutjämnning**

De hörtekniska utrustningar som beskrivits i kapitel 5, och som bygger på stationär trådlös teknik, har allt av mikrofoner som behövs i ett ljudutjämningsystem. I bästa fall finns flera mikrofoner som är nåbara för alla elever och som i och med detta skulle kunna eliminera de problem som rapporterats från SFA:s där man bara haft en elevmikrofon. Vad som kan behövas är att eventuellt byta lärarmikrofon, från en mikrofontyp med längre mikrofonavstånd och som därmed lättare orsakar återkoppling, till en bommikrofon.

När det kommer till de högtalare som behövs för att hörteknisk utrustning också ska fungera som ljudutjämningsutrustning gäller fortfarande det som påpekades i avsnittet ovan om placering, m.m. Ofta har kontrollhögtalare eller medhöringshögtalare hamnat på främre väggen, eventuellt i samutnyttjande med redan installerad utrustning för lysning på annan AV-teknik. Även om denna placering i många fall har fungerat, är risken att elever på främre raden utsätts för högre ljudnivåer än nödvändigt, för att man ska få önskad effekt på bakre raden. Alternativa placeringar och/eller fler högtalare rekommenderas därför. För att driva dessa högtalare behövs i regel en separat förstärkare eller högtalare med inbyggda förstärkare. Vad som är viktigt är att det inte finns möjlighet för "obehöriga" att komma åt inställningen som gjorts av förstärkningen i samband med installation och introduktion. Finns en separat förstärkare bör den därför placeras skyddat.

## Ljudutjämningsystemens fortsatta utveckling

Även om Skandinavien, och då särskilt Sverige, inte hört till de länder som drivit utvecklingen av denna typ av utrustning, skulle ett större engagemang i framtiden kunna gynna dess utveckling. Flera elevmikrofoner som i ”norska modellen” eller ”Örebro-modellen” skulle definitivt kunna eliminera de besvär som rapporterats där man haft tillgång till endast en elevmikrofon. Generella frågor utgående från ett mer elevcentrerat arbetssätt med dialog och grupparbeten skulle sannolikt också kunna belysas på ett annat sätt från skandinaviskt håll jämfört med vad som varit fallet i SFA:s hemland USA.

En annan faktor av betydelse är att klassrumsakustiken i Sverige och även övriga skandinaviska länder är bättre än vad den är i många andra länder, inklusive USA. Detta skulle kunna leda till goda möjligheter att optimera ljudutjämningsutrustningar och även undersöka i vad mån bra akustik kan minska behovet av denna typ av utrustning. Forskning i denna riktning har initierats i Nya Zeeland och England och ett projekt är även planerat i Norge (Vik 2008b).

## Särskilda målgrupper

Denna bok har fram till detta kapitel fokuserats på elever med hörselnedsättningar och deras hjälpmedel. Det har dock kunnat konstateras att en tredjedel av individualplacerade elever inte använder tilldelade hörapparater medan en tredjedel använder hörapparater men inte har eller använder hörteknisk utrustning (Coniavitis Gellerstedt 2007a, 2007b). Man vet också att bland de som inte använder hörapparater finns en stor del elever med ensidig hörselnedsättning och det finns skäl att tro att många har lättare hörselnedsättningar.

Utgående från dessa erfarenheter diskuteras i det följande alternativa åtgärder och/eller hjälpmedel som skulle kunna vara aktuella för dessa elevgrupper samt för andra som har svårigheter att höra trots mer eller mindre normal hörsel, mätt med tonaudiometri. Vad

som förenar dem med eleverna med hörselnedsättning är att de har behov en god akustisk miljö med ett tillfredsställande signal-brusförhållande (SNR).

För de berörda grupperna är det inte ovanligt att man både diskuterar och använder hörhjälpmedel. Utbytet är dock ofta beroende av vad man har för förväntningar och kunskaper om elevens behov och hjälpmedlets funktion. Dessa undergruppers behov av lyssningshjälp var tidigt uppmärksammat i USA (se t.ex. *Amplification for children with auditory deficits*, Bess m.fl.1996).

Tilläggs-handikapp sätter ofta våra referenser ur spel och vi måste kanske fråga oss vad hjälpmedlet ska användas till. Vad är exempelvis målet för hörhjälpmedel till en elev på tidig utvecklingsnivå – omgivningsorientering eller taluppfattning?

## Elev med ensidig hörselnedsättning

Här avses en elev som har ett öra med normal hörsel och ett med en så kraftig hörselnedsättning att hörapparat inte hjälper. De vanligaste svårigheterna har att göra med att hörselsinnet binaurala förmåga satts ur spel och det blir därigenom svårt att höra varifrån ett ljud kommer och att höra i en störande miljö. Har man den som talar på ”fel” sida accentueras problemen med taluppfattningen. Det är också stora skillnader mellan att vara född med en ensidig hörselnedsättning och att förvärva den senare i livet (Gustafsson 1992). Är man född med en ensidig hörselnedsättning har man vanligtvis tillägnat sig strategier för att hantera situationen och klarar sig förvånande bra i många situationer. Detta kan ibland leda till att den ensidiga nedsättningen kan undgå upptäckt under relativt lång tid.

Åtgärderna för denna elevgrupp kan vara av olika omfattning och har under åren påverkats av olika tekniska möjligheter. En naturlig åtgärd är att tänka över elevens **placering** i klassen. Tidigare var det förhållandevis vanligt att vända elevens hörande sida mot klassen, alltså en placering i en ytterkant. I bästa fall sammanföll detta med en placering vid rummets fönstersida så att bättre ljusförhållanden underlättade talavläsning. I dag kompliceras ofta denna åtgärd av en mer spridd möblering som gynnar grupparbete och man får då tillsammans med eleven försöka att optimera hans/hennes placering.



Eftersom hörselns binaurala funktionen satts ur spel, blir behovet av ett bra SNR mycket viktigt. Detta leder i sin tur till krav på en **god akustik**. Även om de värden som skisserats i kapitel 2 är önskvärda, bör åtminstone de krav som anses som minimikrav enligt Boverkets byggregler (Boverket 2008) och som baserar sig på ljudklass C i Svensk standard (2007) vara uppfyllda. Dessa specificerar maximala efterklangstider till 0,5 sekunder och ljudnivåer från installationer till 30 dB(A) respektive 50 dB(C) för skolor och förskolor. För gymnasial och högre utbildning anges motsvarande efterklangstid till 0,6 sekunder och samma ljudnivåer.

**Hörapparater** i form av CROS-apparat (se Gula sidorna), det vill säga en hörapparat där en mikrofon placeras på den ”döva” sidan och ljudet via sladd eller trådlöst förmedlas till en hörapparatdel på det hörande örat, är en teknik som provats men som sällan gett positiva resultat. Arrangemanget upplevs bland annat som för krångligt att använda, samtidigt som det inte förbättrar SNR tillräckligt mycket (Gustafsson 1992; Bess m.fl. 1996; Arlinger 2007). Finns det en teleslinganläggning i klassrummet som förbättrar SNR kan både en CROS-apparat och en konventionell hörapparat till det bättre örat användas med de fördelar som nämns i nästa avsnitt.

Ett annat alternativ är övriga **individuella hörtekniska hjälpmedel** som förkortar lyssningsavståndet och förbättrar SNR. Det finns många varianter, varav ett FM-baserat trådlöst system (typ a3, alternativ 1, enligt kapitel 5), med en lärarmikrofon och en elevmottagare med hörtelefon, är en lösning. Observera att med denna lösning kommer lärarens hörbarhet, och inte övriga elevers, att prioriteras. Det finns dock mottagare som har en inbyggd mikrofon, vilken kan möjliggöra att viss elevmedhöring. Förutsättningarna för att kunna använda ett hjälpmedel av denna karaktär är att det finns möjligheter att via volymkontroller och eventuellt ytterligare dämpning anpassa ljudnivån till ett normalt öra. Att komplettera med elevmikrofoner (typ a3, alternativ 2) kan göra utrustningen allt för ”svåränvänd”.

Ett ytterligare alternativ kan vara det tidigare nämnda **ljudutjämningsystemet**. En förutsättning för optimal användning av denna utrustning är som alltid lämplig akustik. För ses utrustningen med lärar- och elevmikrofon och lämplig placering av högtalarna kommer eleven att kunna placera sig relativt fritt med hänsyn till

ljudutbredningen. Hon/han kan därmed välja en plats som ger bästa visuella kontroll av händelserna i klassen. Förbättring i SNR kan röra sig om ca 10 dB och ska i dessa sammanhang ställas mot de 20-25 dB som kan åstadkommas med ett individuellt hörtekniskt hjälpmedel. Denna mindre vinst i SNR kan emellertid uppvägas av ökad komfort för eleven och känslan av att inte bli behandlad annorlunda. Som en del i "Örebromodellen" (se kapitel 5), där flera elevmikrofoner introducerats för elever med hörselnedsättning, har även samma teknik (med två eller fyra högtalare) provats med gott resultat för några elever med ensidig hörselnedsättning (Hadzic 2007).

**Sammanfattningsvis** kan följande vara en lämplig prioriteringsordning för att stötta en elev med ensidig hörselnedsättning: (1) Optimera akustiken och elevens placering. (2) Pröva ett ljudutjämningsystem. (3) Pröva ett individuellt hörtekniskt hjälpmedel eventuellt baserat på hörapparat.

## **Elever med lätt och/eller fluktuerande hörselnedsättning**

När man talar om en lätt permanent hörselnedsättning refererar man ofta till ett audiometriskt medelvärde (baserat på fyra frekvenser: 500, 1000, 2000 och 4000 Hz). Enligt WHO:s klassificering anges då gränserna för lätt hörselnedsättning mellan 26-40 dB HL på bästa örat (Arlinger 2007). Detta är givetvis ett mycket grovt mått men kan trots detta ge en uppfattning om vilka elever det gäller. Beroende på hörselnedsättningens frekvensmässiga karaktär kan problem finnas även vid nedsättningsmedelvärden mindre än 25 dB HL, särskilt då de höga frekvenserna är drabbade.

Ett vanligt hörselproblem i denna grupp, framför allt i de tidigare åren, är det som orsakas av inflammationer i mellanörat vilket leder till en konduktiv hörselnedsättning (ledningshinder). Beroende på inflammationernas frekvens och längd kan periodvisa åtgärder behövas. Nedsättningens storlek är i allmänhet jämförbar med den som ovan beskrevs under lätt hörselnedsättning men kan i vissa fall vara större och den drabbar också basområdet i större omfattning än vad som är vanligt vid de sensorineurala nedsättningarna.

I allmänhet tilldelas barn med lätta nedsättningar **hörapparater**. Utbytet av sådana i ett klassrum med aktivitetsbuller kan bli problematisk. Precis som ovan blir krav på goda akustiska förhållanden, bra **SNR** samt även riktig **placering** med hänsyn till talavläsning och överblick av verksamheten i klassrummet viktiga. Utprovnigen av hörapparater till denna grupp är inte enkel, utan kräver ofta mycket arbete. Gränsen, där utbytet av hörapparat blir positivt jämfört med att inte använda hörapparat, beror på många faktorer hos individen men också hos undervisningsmiljön. Ibland måste man acceptera att även med perfekt akustik och välanpassad hörapparat kan utbytet upplevas som för dåligt och inte motivera det besvär eleven upplever vid användandet. Sannolikheten för detta är större ju närmare eleven ligger den normala hörtröskeln. Med tanke på detta förhållande hade det varit intressant med mer information rörande exakt hörselstatus hos den tredjedel av eleverna som inte använde sina hörapparater i Coniavitis Gellerstedts studie.

Även inom denna grupp kan det dock vara aktuellt att introducera hjälpmedel från det **hörtekniska sortiment** som behandlades i kapitel 5. Ju närmare man kommer ca 40 dB HL i audiogrammet, desto större blir anledningen att överväga alternativa hjälpmedel. I stort kan man följa samma resonemang som fördes i fallet med ensidig hörselnedsättning men här blir det naturligt att bygga på de hörapparater som eventuellt har utprovats. Prioriteras elevens komfort bör systemet bygga på teleslinga. Är eleven däremot motiverad att använda annan bärbar teknik kan man använda olika varianter av FM-system. Använder eleven inte hörapparater kan FM-system med hörtelefoner vara ett alternativ. Särskilt gäller detta elever med fluktuerande hörselnedsättning.

Det är naturligt att även se **ljudutjämningsystemet** som ett mycket attraktivt alternativ för denna elevgrupp. Förutsättningarna är återigen god akustik samt lärar- och elevmikrofon(er). Om man väljer att börja med denna teknik så kan man (om det behövs) mycket enkelt gå vidare med att komplettera med andra, mer SNR-förbättrande, individuella hjälpmedel (t.ex. teleslinga, FM) som då ansluts till ljudutjämningsutrustningen, vilken dock måste vara förberedd för detta.

**Sammanfattningsvis** kan följande vara en lämplig prioriteringsordning för att stötta en elev med lätt/fluktuerande hörselnedsättning. (1) Optimera akustiken och elevens placering. (2) Testa ett ljudutjämningsystem alternativt testa ett individuellt hörtekniskt hjälpmedel eventuellt baserat på hörapparat.

## Elever med "normal" hörsel men med behov av ett förbättrat signal-brus-förhållande, t.ex. elever med auditiva perceptionsstörningar, uppmärksamhetssvårigheter och inlärningsproblem

En god ljudmiljö är en förutsättning för ett framgångsrikt skolarbete. En dålig ljudmiljö leder till problem med uppmärksamhet och inläring, även för individer med normala hörselförutsättningar (Boman & Enmarker 2004; Dockrell & Shield 2006). Har eleverna då redan i utgångsläget svårigheter med uppmärksamhet och inläring är det uppenbart att deras lyssningsförhållanden behöver optimeras.

De åtgärder som är mest naturliga att börja med är att se till att undervisningslokalerna har lämpliga akustiska egenskaper. Några särskilda normer för dessa elevgrupper finns inte. Även om det förslag som presenterats i kapitel 2 för elever med hörselnedsättning skulle vara önskvärt så borde åtminstone Boverkets minimikrav (Boverket 2008) uppfyllas (se tidigare). En påtaglig fördel med **akustikbehandling** och **bullersanering** är att dessa åtgärder gynnar alla, såväl elever som lärare, och i motsats till andra tekniska hjälpmedel inte kräver underhåll eller kunskaper om hantering. Åtgärderna utgör dessutom förutsättningar för introduktionen av hörtekniska hjälpmedel enligt nedan.

**Ljudutjämningsystemet** har mer och mer börjat betraktas som aktuell även för dessa elevgrupper. Dess kollektiva karaktär gör att ingen elev behöver känna sig utpekad och dess öppna funktion, där alla kan höra när något inte fungerar, är styrkor i detta sammanhang. Lärar- och elevmikrofon bör finnas för att göra anläggningen flexibel, samtidigt som läraren bör utnyttja en mikrofonteknik som tar hänsyn till om undervisningen sker i helklass eller individuellt (se kapitel 5). Högtalarplaceringen måste vara inriktad på ljudutjämnning så att man undviker att få de onödigt höga ljudnivåer och större risk för återkoppling som finns vid exempelvis utnyttjande av bara en högtalare. Detta är inte minst viktigt då det i denna grupp kan finnas elever som är extremt ljudkänsliga.

Inom gruppen finns elever som är extremt störningskänsliga och i dessa fall är kanske inte den SNR-förbättring från ljudutjämningsystemet tillräcklig. Annan **hörteknisk utrustning** kan då bli aktuell. Vill man maximera möjligheterna att höra en lärare eller

någon annan person kan ett sådant FM-system som beskrivs i kapitel 5 (typ a3, alternativ 1) användas. Särskilda synpunkter på val av mikrofon, sändare och mottagare kan dock vara befogade för denna elevgrupp.

För att maximera SNR bör en bommikrofon väljas. Om mikrofonen däremot ska användas av flera talare bör en annan typ övervägas. Mottagaren måste vara enkel att använda med tydliga regler och volymkontroll samt, med hänsyn till att användarna är normalhörande, även möjlighet till begränsning av ljudstyrkan. Mottagarens hörtelefon typ kan väljas med hänsyn till komfort och dämpning av omgivningsljud. Med hänsyn till användargruppen känslighet för störningar måste radioöverföringen vara mycket säker, utan brusinslag och ”dropouts”, och detta måste noggrant testas i aktuell lokal.

Det ovanstående innebär alltså att det kommer att finnas en eller flera elever i klassrummet som har hörtelefoner utanpå eller i öronen. Fokus har då legat på att återge läraren med maximalt SNR och samtidigt eventuellt utestänga omgivningen. En konsekvens av detta blir emellertid att eleven inte kan uppfatta klasskamraterna. För att läraren inte ska behöva repetera allt som sägs i klassrummet måste systemet förses med minst en elevmikrofon. Detta innebär i sin tur att man därmed närmar sig uppbyggnaden hos de mer komplexa systemen för elever med hörselnedsättningar (kapitel 5, typ a3, alternativ 2). Det finns i detta sammanhang dock inget som hindrar att ett individuellt hörtekniskt hjälpmedel kombineras med en ljudutjämningsutrustning, då ljudutjämningsutrustningen redan bör ha en elevmikrofon.

**Sammanfattningsvis** kan följande vara en lämplig prioriteringsordning för att stötta en elev med stort behov av bra lyssningsförhållanden (SNR). (1) Optimera akustiken (den är även en förutsättning för nästa steg). (2) Pröva ett ljudutjämningsystem och/eller ett individuellt hörtekniskt hjälpmedel beroende på hur bra SNR som krävs och vilka behov gruppen som helhet har.

Via skoldatateken har hörtekniska hjälpmedel introducerats för denna elevgrupp i Sverige (Forsberg 2008). Det är angeläget att dessa försök utvärderas och att de alternativ som nämnts ovan kan ställas emot varandra.

Från Norge rapporterar Østerlie & Wennberg (2009) om ett pågående projekt där man utvärderar ett FM-baserat hjälpmedel (Phonak EduLink). Hjälpmedlet är utvecklat för elever med

”Auditory Processing Disorders”, vilket är ytterligare en benämning på en kategori elever som behöver en lyssningsmiljö med bra SNR. De första resultaten pekar på att många har nytta av hjälpmedlet och man är nu intresserade av att göra en uppföljning efter två år för att se om utrustningen fortfarande används.

Även om det ovanstående har fokuserat på akustikens och auditiva miljöns betydelse finns det många faktorer som är av betydelse för grupper med uppmärksamhetssvårigheter. Tufvesson (2007) har i sin doktorsavhandling specialstuderat grupper med ADHD, autism och Downs syndrom. Hon pekar i denna, förutom akustiken, även på ljusförhållanden, möblering, m.m., som betydelsefulla faktorer för dessa elevers arbetsmöjligheter och trivsel.

## Elever med utvecklingsstörning

När det kommer till elever med utvecklingsstörning kan de ha olika grad av hörselnedsättningar i kombination med kognitiva funktionsnedsättningar. Eleverna med lätta hörselnedsättningar har sällan fått hörapparater medan de med gravare nedsättningar fått hörapparater/CI i olika omfattning. Denna grupps hjälpmedelsanvändande har diskuterats i rapporten *Auditiv miljö* (Gustafsson 2007) och här ska bara återges den fråga som togs upp tidigare i detta kapitel och som även berördes i kapitel 5: Är hjälpmedlets viktigaste syfte att ge omgivningsorientering eller taluppfattning av andras eller egen röst? Prioriterar man omgivningsorienteringen är sannolikt de hjälpmedelsystem som är framtagna för talkommunikation i grupp eller enskilt inte optimala. Eftersom de exempelvis använder korta mikrofonavstånd för att framhäva någons tal ”flyttas” lyssnarens öra till de olika mikrofonpositionerna och omgivningsorientering och självuppfattning försvåras.

För elever med utvecklingsstörning och normal hörsel eller lättare hörselnedsättningar med eller utan hörapparat blir akustikbehandling extremt viktig för att hålla nere oönskade ljud. I många fall är individuella tekniska hjälpmedel svåra att få att fungera, då eleverna själva sällan påpekar om det uppstår fel. Detta skulle eventuellt tala för ett ljudutjämningsystem eftersom alla i rummet blir medvetna om när det uppstår fel. Observera dock att det inte finns någon anledning att introducera ett sådant system om det handlar om en liten lokal med få elever.

# Sammanfattning

Den akustiska miljöns betydelse för undervisningens resultat och allas trivsel i skolans kan inte nog poängteras.

Introduktionen av ljudutjämningsutrustning ser till att talaren blir mer hörbar i klassrummet, vilket underlättar elevernas lyssning. Studier visar att när eleverna hör lärare och kamrater bättre blir de mer fokuserade. Därmed sker också en automatisk sänkning av den bakgrundsljudnivå som orsakas av exempelvis prat eller stolsskrap.

Utrustningen bör rikta sig till de grupper som inte utnyttjar de hjälpmedel som de fått tilldelade (primärt de med mindre hörselnedsättningar). Därutöver kan man använda det till grupper med olika kognitiva funktionshinder där ett förbättrat SNR är önskvärt. För att installera, introducera, underhålla och utvärdera denna teknik krävs bland annat tekniska resurser, resurser som idag är en bristvara.

I väntan på erfarenheter från användningen i ovan nämnda grupper bör man vänta med en mer generell användning av ljudutjämningsutrustning. Detta för att vänta in forskning där möjligheter att åstadkomma förbättringar i ljudmiljön med mer anpassad akustikbehandling undersöks.

## Att komma ihåg

- ***Akustikbehandling och -sanering är de absolut viktigaste åtgärderna för att skapa en gynnsam lyssningssituation för alla i skolan.***
- ***Ljudutjämningsystem är i sig ingen ersättning för akustikåtgärder utan kräver att lokalerna har en acceptabel akustisk standard.***
- ***Ljudutjämningsystem kan vara en ersättning eller komplement till andra hörtekniska hjälpmedel vid lätta hörselnedsättningar eller vid normal hörsel men behov av förbättrat SNR på grund av perceptionsstörningar, uppmärksamhetssvårigheter eller dylikt.***

# Avslutning

Denna bok har försökt peka på förutsättningar, möjligheter och begränsningar som gäller vid användande av hörhjälpmedel i skolan. För att nå de mål som satts upp i skollag och andra styrdokument är det uppenbart att det krävs kompetens och såväl ekonomiska som personella resurser på alla nivåer inom hörselvård och skola. De oklarheter som kan uppstå när det gäller vem som ska bekosta och/eller ansvara för att elever får adekvata hjälpmedel får inte hindra att eleverna får de hjälpmedel som kan ge dem maximal delaktighet i undervisningen.

Något som i dagsläget bör prioriteras för att skapa en sådan delaktighet för individualplacerade elever är introduktionen av fler elevmikrofoner (se bland annat figur 3-2). Detta kräver såväl pedagogiska som tekniska resurser i en omfattning som idag saknas på många håll i landet. Det är viktigt att vara medveten om att introduktion av ny teknik blir meningslös om den inte följs av utvärdering och underhåll. Först då har vi gått den elev, som citerades i kapitel 3, till mötes på ett ansvarsfullt sätt.

” *Min dröm är att man som hörselskadad skall kunna gå i vanlig skola och att man skall kunna få den teknik man verkligen behöver.*  
(Lindahl & Nilsson 2007, s. 36).

Kostnadsfrågan är givetvis central och nya utmaningar innebär ofta ökade kostnader. Det är dock viktigt att påpeka att en verksamhet som bedrivs med begränsade resurser tenderar att mista helhetssynen på hjälpmedelsbehovet. Det är också lätt att man på ett föga kostnadseffektivt sätt splittrar resurserna på flera aktörer runt skolbarnen. Man kan i dessa fall dock fråga sig vad kostnaden för utebliven hjälp blir för eleven på lång sikt.

Några skolorganisatoriska diskussioner har inte förts i denna bok, men med hänsyn till elevens valfrihet och olika förutsättningar är det en förhoppning att olika skolformer ska kunna leva vidare och etablera ett bättre samarbete än vad som finns idag. Det måste skapas en högkvalitativ hörteknik och akustisk miljö som stöder olika pedagogiska riktningar vid såväl undervisning i specialskola, som i hörselklass och vanlig klass.



# Referenser

---

## Publicerade källor

- Ahlström, M. och G. Preisler. 1998.**  
*Hörselskadade barn flyttar in i dövskolan.*  
Stockholm: Stockholms universitet:  
Psykologiska institutionen.
- American National Standards  
Institute (ANSI). 2002.**  
*Acoustical performance criteria, design  
requirements and guidelines for schools.*  
ANSI Standard S 12.60.
- American Speech-Language-Hearing  
Association (ASHA). 2002.**  
Guidelines for fitting and monitoring  
FM systems. I *ASHA Desk reference.*  
Rockville.
- Antonsson, S. 1998.**  
*Hörselskadade i högskolestudier. Möjligheter  
och hinder.* Doktorsavhandling. Linköping  
Studies in Education and Psychology. Nr 59.  
Linköping: Linköpings universitet.
- Arbetskyddsstyrelsen och Boverket. 1996.**  
*Att se, höra och andas i skolan – en handbok  
om skolans inommiljö.*  
Solna: Publikationsservice.
- Arlinger, S. 1999.**  
Störning av talkommunikation. I *Störande  
buller – Kunskapsöversikt för kriteriedokumen-  
tation*, red. U Landström. Arbete och hälsa,  
rapport 1999:27, 28-43.  
Stockholm: Arbetslivsinstitutet.
- Arlinger, S., red. 2007.**  
*Nordisk lärobok i audiologi.*  
Bromma: CA Tegner AB.
- Bagga-Gupta, S. 2004.**  
*Literacies and deaf education. A theoretical  
analysis of the international and Swedish  
literature.* Forskning i fokus nr 23.  
Stockholm: Myndigheten för skolutveckling.
- Bergkvist, H. 2001.**  
*74 röster om skolan: Att vara hörselskadad  
individualplacerad i år 7, 8 eller 9: Enkätun-  
dersökning bland elever i DESTUW län som är  
ordinerade hörapparat.*  
Örebro: Specialpedagogiska institutet.
- Bergkvist, H. och A. Gustafsson. 2008.**  
Tekniken rustas upp i specialskolorna.  
*Audio-Nytt* 35(3):10-13.
- Bess, F., J. Sinclair och D. Riggs. 1984.**  
Group amplification in schools for  
hearing impaired. *Ear and Hearing*  
5(3):138-144.
- Bess, F., J. Gravel och A.M. Tharpe, red. 1996.**  
*Amplification for children with auditory deficits.*  
Nashville, Tennessee: Bill Wilkerson Center Press.
- Boman, E. och I. Enmarker. 2004.**  
*Noise in the school environment.  
Memory and annoyance.*  
Doktorsavhandling. Gävle universitet.
- Boothroyd, A. 2004.**  
Room acoustics and speech perception.  
*Seminars in Hearing* 25:155- 166.
- Boothroyd, A. 2005.**  
Modeling the effects of room acoustics on  
speech reception and perception. I *Sound Field  
Amplification: Application to speech percep-  
tion and classroom acoustics, 2nd ed*, red. C.C.  
Crandell, J.J. Smaldino och C. Flexer, 23-48.  
USA: Thompson.
- Boverket. 2008.**  
*Bullerskydd i bostäder och lokaler. Handbok.*  
Karlskrona: Boverket.
- Buxton, C. 2007.**  
*Are distortion levels a problem with digital  
signal processing hearing aids and frequency  
modulation (FM) system?*  
Doktorsavhandling. Capstone project 2007,  
Washington university, St.Louis.
- Byrne, D. och R. Christen. 1981.**  
Providing an optimal auditory signal with  
varied communication systems. I *Amplification  
in education*, red. F.H. Bess, B.A. Freeman och  
J.S. Sinclair. 286-304. Washington, D.C.: A G Bell  
Association for the deaf.
- Børriid, K. 1965.**  
Induktionssløjfeproblemer og en løsning  
på dem. *Nordisk Tidsskrift for Døvunder-  
visningen*, 67(1): 2-19.

- Coniavit Gellerstedt, L. 2007a.**  
*Om elever med hörselskada i skolan.*  
Örebro: Specialpedagogiska institutet.
- Crandell, C.C. och J.J. Smaldino. 2000.**  
Room acoustics for listeners with normal-hearing and hearing impairment. I *Audiology: Treatment*, red. M. Valente, H. Hosford-Dunn och R.J. Roeser, 601-638.  
New York och Stuttgart: Thieme.
- Crandell, C.C., J.J. Smaldino och C. Flexer. 2005.**  
*Sound Field Amplification: Application to speech perception and classroom acoustics, 2nd ed.*  
USA: Thompson.
- DfES. 2003.**  
*Building Bulletin '93: Acoustic design of schools.*  
Department of Education and Skills. London.
- Dockrell, J. och B.M. Shield. 2006.**  
Acoustical barriers in classrooms: the impact of noise on performance in the classroom.  
*British Educational Research Journal*, 32, 509-525.
- Elberling, C och K.Worsøe. 2005.**  
*När ljuden blir svagare – om hörsel och hörapparater.*  
Herlev: Bording A/S.
- Gustafsson, A. 1984a.**  
*Svenskspråkliga färdigheter hos specialskolelever. En litteraturoversikt och en empirisk studie.*  
Högskolan i Örebro: Institutionen för psykologi och pedagogik. (Publicerad av RPH-Hör).
- Gustafsson, A. 1984b.**  
Så här ser den ideala anläggningen ut.  
*Audionytt* 11(3):16-19.
- Gustafsson, A. 1986.**  
Teknisk audiologisk verksamhet bland barn inom olika skolformer – En översikt av situationen i Sverige. I *Aktuella frågor inom den medicinska, pedagogiska och tekniska audiologin i Norden: Kursbok*, red. A. Salmivalli och T. Jauhiainen, 38-45.  
Nordiska Audiologiska Sällskapet 9 kongress och vidareutbildningskurs i Åbo 8-11 juni 1986.
- Gustafsson, A. 1992.**  
Hörapparatpassning på barn – tekniska synpunkter. I *Nordisk Audiologisk Selskaps 11 Kongress/Kursus: Kongressrapport*, red. B Walter, 23-27. Odense, 20-23.5.1992.
- Gustafsson, A. 2002.**  
Klassrum för hörselskadade – några exempel på alternativa lösningar för en friare undervisning.  
*Nordisk tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 1(3): 21-24.
- Gustafsson, A. 2007.**  
*Auditiv miljö: Hörselteknik och akustik i specialskolan.*  
Örebro: Specialskolemyndigheten.
- Gustafsson, A. och L. Sandmon. 2004.**  
Några utvärderingar av hörselteknisk utrustning i institutionslokaler vid RGH, Risbergsskolan i Örebro. *Nordisk tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 3(4):6-10.
- Gustafsson, A., M. Lundström, J. Martony och S. Serrebo. 1979.**  
*Hörseltekniska hjälpmedel och hörträning.*  
Örebro: Lanprodukter.
- Handikappombudsmannen, 2003.**  
*Riktlinjer för en tillgänglig statsförvaltning – Mot full delaktighet och jämlikhet för människor med funktionshinder.*  
Stockholm: Handikappombudsmannen.
- Hendar, O. 2008.**  
*Måluppfyllelse för döva och hörselskadade i skolan. Redovisning av uppdrag enligt regleringsbrev: Slutrapport.*  
Örebro: Specialskolemyndigheten.
- Heaney, M. 2006.**  
*Classroom sound field amplification, listening and learning.*  
Doktorsavhandling.  
University of Newcastle, NSW.
- Heiling, K. 1999.**  
*Teknik är nödvändigt – men inte tillräckligt: En beskrivning av lärarsituationen i undervisningen av hörselskadade elever.*  
Pedagogisk-psykologiska problem nr 659.  
Institutionen för pedagogik, Malmö högskola.
- Hjälpmedelsinstitutet. 2008.**  
*Vems är ansvaret för hjälpmedel i skolan?*  
Hjälpmedelsinstitutet ([www.hi.se/publicerat](http://www.hi.se/publicerat)).
- Hällgren, M. 2005.**  
*Hearing and cognition in speech comprehension. Methods and applications. Doktorsavhandling.*  
The Swedish Institute for Disability Research, Linköpings universitet.
- Hörselskadades Riksförbund, HRF. 2007.**  
*Bananer är bättre än att äta kola.*  
Stockholm: HRF.
- IEC 60118-4. 2006.**  
Electroacoustics – Hearing aids – Part 4: Induction loop systems for hearing aid purposes – Magnetic field strength.  
Geneva: International Electrotechnical Commission.
- Ingvarsson, I.M. 1943.**  
Hörselrester och hörapparater.  
*Nordisk Tidskrift för Dövstumskolan* 45(5): 56-59.
- Ivarsson, E. 2005.** Dialogprojektet.  
*Nordisk tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 4(3):11.

- Johansson, B. 1968.**  
*Akustiska kvalitetsnormer för skolor för hörselskadade.*  
Rapport nr 56, Institutionen för Teknisk Audiologi, Karolinska institutet, Stockholm.
- Johnsson, K. 2003.**  
*Acoustic and Auditory Phonetics; 2nd ed.*  
Oxford: Blackwell.
- Jonassen, B. 1998.**  
*Middels og moderat tunghørte elevers erfaringer med hjelpetiltak i grunnskolen: intervju med syv tunghørte elever i videregående skole i Vest-Agder.*  
Hovedoppgave i spesialpedagogikk, Universitetet i Oslo.
- Jonassen, B. 2004.**  
Hvordan fungerer teknikk og pedagogikk i praksis? *Spesialpedagogikk* nr 9: 39-47.
- Jonassen, B. 2009.**  
Bruk av hørselsteknisk utstyr i norsk skole. I *Hørsel – språk og kommunikasjon. En artikkelsamling*, red. A.L. Hansen, N. Garm och E. Hjelmervik, 287-297. Statped skriftserie nr. 70, Møller kompetansesenter. Trondheim.
- Jonsdottir, V.I. 2003.**  
*The voice an occupational tool.*  
Akademisk avhandling, University of Tampere.
- Killion, M.C. 2004.**  
Myths about hearing in noise and directional microphones. *Hearing review*, 11(2): 14, 16, 18-19, 72-73.
- Killion, M.C. och P.A. Niquette. 1999.**  
Hearing aids – Past, present and future: SNR loss comes with age. I *Auditory models and non-linear hearing instruments*, red. A.N. Rasmussen, P.A. Osterhammel, T. Andersen och T. Poulsen, 325-340.  
18 th Danavox Symposium, 7-10 september 1999, Kolding, Danmark.
- Kirketerp, M. och N.B. Larsen. 2006.**  
*Lydforhold i klassevaerelser.*  
Audiologopedisk speciale, december 2006.  
Køpenhamns universitet.
- Kjellberg, A. och R. Ljung. 2007.**  
Höra, förstå – och minnas. *Audio-nytt*, 34(4): 16-17.
- Larsson, S och U. Rikardson. 2008.**  
*Anpassningar i praktiken för elever med hörselnedsättningar – en utvärdering av hinder och möjligheter. Slutrapport.*  
Örebro: Riksförbundet för döva, hörselskadade och språkstörda barn.
- Lewis, D.E. och R.E. Eiten. 2003.**  
Assessment of advanced hearing instrument and FM technology. I *Access; Proceedings of the first international FM conference*, red. D. Fabry och C.D. Johnson.  
167-173. Warreville, Ill.: Phonak AG.
- Lindahl, S. och J. Nilsson. 2007.**  
Säg till om du inte har hört! – *En studie om nio ungdomar med hörselnedsättning och deras syn på sin skolgång.*  
C-uppsats. Institutionen för vårdvetenskap och socialt arbete. Växjö universitet.
- Lundell, H. 1944.**  
Ljutförstärkarinstallationer i dövstumskolans klassrum. *Nordisk Tidskrift för Dövstumskolan*, 46(6): 73-80.
- Lundqvist, P. 2003.**  
*Classroom noise – Exposure and subjective response among pupils.*  
Doktorsavhandling. Umeå University Medical Dissertations, 844.
- Lyregaard, P.E. 1982.**  
Frequency selectivity and speech intelligibility in noise. I *Binaural effects in normal and impaired hearing*, red. O.J. Pedersen och T. Poulsen, 113-122. 10th Danavox symposium, June 8-11, 1982, Klarskovgård, Danmark.  
*Scandinavian Audiology*, suppl. 15.
- Marschark, M och P.C. Hauser, red. 2008.**  
*Deaf Cognition.*  
Oxford University Press.
- Nordén, K. 1974.**  
*Psykologiska studier av döva ungdomar.*  
Pedagogisk-psykologiska problem, Nr 267, 1974.  
Malmö: Lärarhögskolan i Malmö.
- Nordén, K., A-L. Tvingstedt och T. Äng. 1990.**  
*Hörselskadade elever i vanliga skolor. Vad säger forskningen?*  
F 90:7. Stockholm: Skolöverstyrelsen.
- Odelius, J. 2005.**  
Utvärdering av hörseltekniska hjälpmedel i hörselklass. *Nordisk tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 4(3):20-21.
- Odelius, J. 2007.**  
*Communication quality. A conceptual approach focusing on classroom assistive listening devices.*  
Licenciatavhandling 2007:16.  
Luleå tekniska universitet.
- Odelius, J. och Ö. Johansson. 2008.**  
The effect of binaural processing techniques on speech quality ratings of assistive listening devices in different room acoustic conditions. *Proceedings of the conference Acoustics '08*, 1507-1511. Paris, 29.6-4.7 2008.

**Oticon, 2007.**

*Basic audiological and audiometric concepts of the Amigo FM-system.*  
Köpenhamn.

**Overvik, O. 2009.**

Hörselstekniske hjelpemidler. I *Hørsel – språk og kommunikasjon. En artikkelsamling*, red. A.L. Hansen, N. Garm og E. Hjelmervik, 278-286. Statped skriftserie nr. 70, Møller kompetansesenter. Trondheim.

**Pettersson, E. 1987.**

Speech discrimination tests with hearing aids in tele-coil listening mode.  
*Scandinavian Audiology*, 16: 13-19.

**Platz, R. 2003.**

SNR advantage, FM advantage and FM fitting. I *Access; Proceedings of the first international FM conference*, red. D. Fabry og C.D. Johnson. 147-154. Warreville, Ill.: Phonak AG.

**Poulsen, A.R. 2009.**

*Har skoleelever med høretab præferencer indenfor brug af FM og/eller teleslynge?*  
Rapport från Center for Høretab, Fredericia, april 2009.

**Prop. 1982/83:174.**

Om vissa ersättningar till sjukvårdshuvudmännen, med mera.

**Rekkedal, A.M. 2007.**

*Bruk av tekniske hjelpemidler i undervisningen av elever med hørselstap.*  
Oslo: Utdanningsdirektoratet og NAV Hjelpemiddelsentral.

**Risberg, A. 1993.**

Vilar undervisningen av hörselskadade och döva på vetenskaplig grund? *Nordisk Tidskrift för Dövundervisningen*, 95(1): 36-40.

**Risberg, A. 2000.**

Hinder för kunskap – några funderingar kring undervisningen av barn med CI.  
*Barnplantabladet*, våren 2000: 7-8.

**Risberg, A. 2004.**

CI och behovet av begreppet hörselskärpa. *Nordisk Tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 3(2-3): 23-24.

**Risberg, A. 2005.**

*Studier av hörselskärpa med hjälp av analytiska taltest.*  
Projekt rapport Hjälpmedelsinstitutet, projektnummer 97/0216.

**Roos, C. 2006.**

Teckenspråk och pedagogik. I SOU 2006:29, *Teckenspråk och teckenspråkiga. Kunskaps- och forskningsöversikt.*  
Stockholm: Fritzes.

**Rosenberg, G.G. m.fl. 1999.**

Improving classroom acoustics (ICA): a three-year FM sound field classroom amplification study. *Journal of educational audiology*, 7: 8-28.

**Sarff, L. 1981.**

An innovative use of free-field amplification in classrooms. I *Auditory disorders in school children*, red. R. Roeser og M. Downs, 263-272. New York: Thieme-Stratton.

**Sarff, L., H. Ray og C. Bagwell. 1981.**

Why not amplification in every classroom?  
*Hearing Aid Journal*, October 1981.

**Sjöström, M. 2007.**

*Anpassningar i praktiken för elever med hörselnedsättningar – en utvärdering av hinder og möjligheter. Delrapport 1.*  
Örebro: Riksförbundet för döva, hörselskadade og språkstörda barn.

**Skolverket, 2000.**

*Dialogiska lärandemiljöer för hörselskadade elever.* Beslutsmeddelande Dnr 2000:2732.  
Stockholm: Skolverket.

**Skolöverstyrelsen. 1979.**

*Skolhushandboken – en orientering om skolans lokaler og miljö.*  
Stockholm: Liber Läromedel.

**Smeds, K. og A. Leijon, red. 2000.**

*Hörapparaturprovning.*  
Bromma: CA Tegner AB

**Snellman, S. og T. Lindberg. 2007.**

*Hjälp – en elev med hörselskada i min klass.*  
Raamo: Painorauma Oy.

**SOU 1981:23.**

*Tekniske hjælpemiddel for handikappede. Betänkande från integrationsutredningen.*  
Stockholm: Utbildningsdepartementet.

**SOU 2004:83.**

*Hjälpmiddel. Betänkande av LSS- og hjælpemedelsutredningen.*  
Stockholm: Fritzes.

**SOU 2007:87.**

*Ökad livkvalitet for elever med funktionshinder. Slutbetänkande av Utredningen om statlige specialskoler.*  
Stockholm: Fritzes.

**Stephenson, M. 2007.**

The effect of classroom sound field amplification and the effectiveness of otoacoustic emission hearing screening in school-age children. *NZHTA Technical Brief* 2007;6(3).

**Svensk standard, 2001.**

*Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell.* Svensk standard SS 25268. Stockholm: SIS Förlag AB.

**Svensk standard, 2007.**

*Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell.* Svensk standard SS 25268:2007. Stockholm: SIS Förlag AB.

**Tufvesson, C. 2007.**

*Concentration difficulties in the school environment – with focus on children with ADHD, autism and Down's syndrome.* Doktorsavhandling. Lunds universitet.

**Tveit, R.T. 2000.**

Hører de bare læreren? Erfaringer med tiltak for tunghørte grunnskoleelever. *Spesialpedagogikk*, nr 4: 10-18.

**Tvingstedt, A-L. 1993.**

*Sociala betingelser för hörselskadade elever i vanliga klasser.* Doktorsavhandling. *Studia psykologica et pedagogica series altera* CIII. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.

**Vik, A. och H. Lange. 1995.**

Klassersmikrofoner. I *Nordisk audiologisk selskaps 12. kongresskurs: NAS '95, 7-10 juni 1995*, 218-220. Oslo.

**Wennergren, A-C. 2004.**

Communication quality for hard of hearing students in learning situations. IFHOH 7th World Congress 2004, 4-9 juli, Helsingfors, Finland.

**Wennergren, A-C. 2006.**

Delaktighet i klassrumskommunikation för elever i hörselklass. I *Dövhet och hörselnedsättning – specialpedagogiska perspektiv*, red. C. Roos och S. Fischbein. 145-168. Lund: Studentlitteratur.

**Wennergren, A-C. 2007.**

*Dialogkompetens i skolans vardag. En aktionsforskningsstudie i hörselklassmiljö.* Doktorsavhandling 2007:34. Luleå tekniska universitet, Institutionen för pedagogik och lärande.

**Ökad delaktighet för elever med hörselnedsättning. 2007.**

*Lika värde* nr 1 2007, 6-7.

**Østerlie, T.L. och S. Wennberg. 2009.**

Utprovning av FM-utstyret EduLink. I *Hörsel – språk och kommunikasjon. En artikkelsamling*, red. A.L. Hansen, N. Garm och E. Hjelmervik, 298-305. Statped skriftserie nr. 70, Møller kompetansesenter. Trondheim.

## Öpublicerade källor

**Bengtsson, M., J. Holst och U. Rikardson. 2005.**

Utvärdering av Transett 904 TMS. Öpublicerad rapport, 050118.

**Coniavitis Gellerstedt, L. 2007b.**

Om elever och hörselteknik. Fortsatta bearbetningar av elevstudien 2006. Rapport till Specialpedagogiska institutet, november 2007.

**Hadzic, H. 2007.**

Med rätt att höra alla – även barn med ensidig dövhet har rätt att höra alla. Poster vid Audiologisk dag i Örebro, 29 oktober 2007.

**Hadzic, H. och I. Birkhammar. 2009.**

Örebro-modellen – ökad delaktighet i undervisningen. Föredrag vid TeMA Hörsel, Jönköping, 090513.

**Heiling, K. Kommande.**

Teckenspråk är nödvändigt – men inte tillräckligt. (manuskript citerat i Bagga-Gupta 2004 och Hendar 2008).

**Holmberg, S. 2009.**

Hur fungerar skolhörselteknisk utrustning som skall användas av integrerade hörselskadade elever? Föredrag (och abstract) vid konferensen Tema Hörsel, Jönköping, 090513-15.

**Jonassen, B. 2007.**

Workshop-föreläsning vid Nordisk konference om pedagogisk användelse av höretekniske hjälpmedler Fredericia, Danmark, 070308.

**Kjellberg, A. 2009.**

Effekterna av bakgrundsbuller och andra akustiska förhållanden i skolan. Föredrag vid 2. Nordiske Konference om kommunikation, teknik og paedagogik Fredericia, 11-12 mars 2009.

**Larsen, P.W. och A. Bigseth. 2003.**  
Modern undervisningspedagogik med flere elevmikrofoner i klassrummet.  
Föredrag vid TeMA Hörsel, Stockholm, 030521.

**Møller Kristiansen, J. 2007.**  
Workshop-föreläsning vid Nordisk konferens om pedagogisk anvendelse av höretekniske hjælpemidler, Fredericia, Danmark, 070308.

**Odelius, J. 2009.**  
Utvärdering av hörseltekniska hjälpmedel och elevers hörselstrategier i klassrummet.  
Föredrag (och abstract) vid konferensen Tema Hörsel, Jönköping, 090513-15.

**Wennergren, A-C. 2002.**  
Skolans uppdrag – kräver morgondagens teknik!  
Opublicerad rapport 2002-10-09.  
Musikhögskolan i Piteå, Luleå tekniska universitet.

## Internet

**Bergqvist, A., J. Fredman, M. Hallberg-Sevholt, E. Karlén, A. Sandlund och A.C. Söderberg. 2006.**  
Flerstämmighet eller Varför fröken inte får prata hela tiden.  
Intern rapport Dialogprojektet. <[http://www.dialogprojektet.se/rapporter/manus\\_sv\\_till\\_hemsida.doc](http://www.dialogprojektet.se/rapporter/manus_sv_till_hemsida.doc)>. 14 febr. 2009.

**Espmark, S., L. Carlsson, M. Lennartsson, E. Melander, M. Monthan, K. Rutqvist och C. Örn. 2006.**  
Med SO i våra tankar. Ett förändringsarbete mot ökat elevvärde i hörselklassmiljö.  
Intern rapport Dialogprojektet. <<http://www.dialogprojektet.se/rapporter/so.doc>>. 14 april 2008.

**Forsberg, A. 2008.**  
Kan ett hörselhjälpmedel vara till hjälp i skolan för ett barn med kognitiva funktionshinder.  
Rapport från ett projekt i Norrköping. <[http://www.skoldatek.se/dmd/rapport\\_080606\\_norrkoping\\_audiofon.pdf](http://www.skoldatek.se/dmd/rapport_080606_norrkoping_audiofon.pdf)>. 26 mars 2009

**Shield, B., A. Carey, J. Dockrell och K. Rigby. 2005.**  
Improving the acoustic environment of schools for pupils and teachers.  
Föredrag, LARCI seminar, Research for Education – Making a difference, 11 november 2005. <[http://www.soundfield.uk.com/pdfs/Classroom%20Sound-Field%20Systems\\_files/Institute%20of%20Education%20UniofLondon.ppt](http://www.soundfield.uk.com/pdfs/Classroom%20Sound-Field%20Systems_files/Institute%20of%20Education%20UniofLondon.ppt)>. 27 mars 2009.

**Specialpedagogiska skolmyndigheten. 2009.**  
Hörselboken.  
<<http://www.spsm.se/Laromedel/Horselboken/>>. 18 mars 2009.

**Stockholm stad. 2009.**  
Hjälpredda VT 2009. Planering för elever med funktionsnedsättningar i skolan från förskoleklass till och med gymnasiet.  
Stockholm: Utbildningsförvaltningen/Skolstöd. <<http://www.stockholm.se/skolstod>>. 26 mars 2009.

**Vik, A. 2007.**  
Lydutjevningssanlegg = hjelpemiddel for alle.  
Föredrag vid Etterutdanningskurs for audio-pedagoger, audiografer og ingeniører, Oslo, 071025. <<http://www.n-t-a-f.org/Lydotjevning07.pdf>> 27 mars 2009.

**Vik, A. 2008a.**  
Lydutjevningssanlegg i klasserom = universell utforming.  
Poster vid Auditorium Acoustics, Oslo 3-5 oktober 2008. <<http://hlfu.no/Documents/Dokumentbase/Prosjektdokumenter/2007/H%C3%B8yttaleranlegg%20i%20klasserom/Poster%202008%20Lydutjevningssanlegg%20i%20klasserom%20er%20lik%20universell%20utforming.no.pdf%20204767.pdf>>. 27 mars 2009.

**Vik, A. 2008b.**  
Akustisk mønsterklasserom. Kartlegging av lydforhold. Hvordan er lydnivåerne og hvilke faktorer er utslagsgivende?  
Prosjektbeskrivning. <<http://www.hlf.no/Documents/Dokumentbase/Prosjektdokumenter/2009/Akustisk%20m%C3%B8nsterklasserom/Prosjektbeskrivelse%20Akustisk%20M%C3%B8nsterklasserom%202008%203%20103.doc>>. 27 mars 2009.

# Bilaga 1

## Felsökningsschema – hörapparat (HA)

Symptom	Orsak	Åtgärd
HA är tyst	Batteriet är slut Batteriet är felvänt (ska inte gå utan våld) HA är avstängd Omkopplaren i T-läge Vax i insatsen Fukt i slang eller insats Skarpa veck på slangen	Byt batteri (+) på HA mot (+) på batteriet  Sätt på HA Ändra till M-läge Rengör insatsen Ta isär och låt självtorka Byt slang själv eller besök hörcentral
Svagt ljud i HA	Veck på slangen  Vax i insatsen Batteriet börjar ta slut Volymen för låg	Byt slang själv eller besök hörcentral Rengör insatsen Byt batteri Öka volymen
HA piper	Hål på slangen  Insats sitter fel Insats för liten Vax/vaxpropp i hörselgången  Volymen för hög	Byt slang själv eller besök hörcentral Försök att justera läget Kontakta hörcentral Kontakta sjukvårdspersonal för vaxborttagning Sänk volymen

Detta felsökningsschema gäller för bakom-örat-apparater och i tillämpliga delar andra hörapparatyper.

De flesta "felen" beror på förbrukade batterier; blockerad ljudpassage i slang, insats eller hörselgång; felinställda omkopplare. I tabellen har markerats att volyminställningen kan vara felaktig. Denna punkt kan vara aktuell för en mycket ovan användare, men för en rutinerad användare tyder det mera på att något är fel med hörapparaten, dess anpassning eller eventuellt en förändring av hörseln. Kontakta hörselvärderna i dessa fall och när ovannämnda åtgärder inte fått hörapparaten att fungera.

Bra att ha till hands: Reservbatterier, "steto-clip" för att lyssna på hörapparater, bruksanvisningar till aktuella hörapparater.

# Bilaga 2

## Hörapparaters energiförsörjning

### *Batterityper*

- zink-luftbatterier
- silveroxidbatterier
- alkaliska batterier

Batterier förvaras i rumstemperatur och fuktfritt (obs! ej i kylskåp) och förbrukade batterier lämnas för återvinning.

### *Zink-luftbatterier*

Zink-luftbatterier behöver syre för att aktiveras och har därför små hål på ena sidan. Dessa batterier levereras med en tejpbitt över hålen. Tejpbiten tas bort innan batteriet placeras i hörapparaten. När tejpbiten avlägsnats sker en viss självurladdning ur batteriet även när det inte används. Om hörapparaten används mycket sporadiskt rekommenderas silveroxidbatteri. Zink-luftbatterier finns i flera storlekar och färgen på tejpens anger batteriets storlek. Ju större batteri desto större kapacitet. Starka apparater använder i regel stora batterier för att man inte ska behöva byta batteri så ofta. Till vissa starka huvudburna apparater och framför allt kokleaimplantat rekommenderas att speciella batterier som har förmåga att leverera höga strömstyrkor används. Kontrollera att det inte blir kvar några tejprester på batteriet när tejpens avlägsnas. Dessa kan täppa till lufthålen och även fastna på batterikontakterna med dålig funktion som resultat.

### *Silveroxidbatterier*

Dessa batterier har mycket lite självurladdning och lämpar sig därför i apparater som används mycket sällan. Kan även användas i starka och vattentäta apparater men blir då ett mycket kostsamt alternativ.

### *Alkaliska batterier*

Alkaliska batterier benämns vanligtvis AA eller R6. Batterierna används i kroppsburna apparater.



# Bilaga 3

## **Att kontrollera om kokleaimplantatet fungerar**

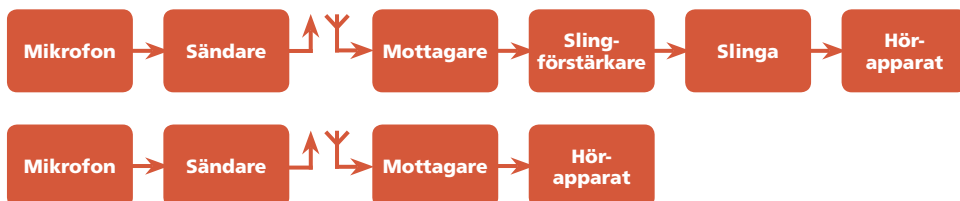
En påtaglig skillnad mellan en traditionell hörapparat och ett kokleaimplantat är att ljudprocessorn inte ger ifrån sig en hörbar ljudsignal, utan ett elektriskt mönster. Detta innebär man inte på ett enkelt sätt kan kontrollera funktionen hos ett kokleaimplantat, exempelvis genom att sätta apparaten till örat. Man kan däremot lyssna på mikrofonsignalen genom en speciell hörtelefon. Denna demonstrerar dock enbart funktionen i mikrofondelen och ger inte någon information om/hur ljudprocessorn fungerar. En testplatta som hålls mot ljudprocessorns sändarspole kan ge en uppfattning om signal sänds till mottagaren. För mer ingående information om sätt att kontrollera ljudprocessorns funktion hänvisas till de olika tillverkarnas manualer.

Även vid kokleaimplantat är nog den vanligaste orsaken till dålig funktion att batterierna är förbrukade. Följ fabrikantens råd om batterityp. Behövs specialbatterier? Detta är mycket troligt om kokleaimplantatet används tillsammans med mini-FM-mottagare.

# Bilaga 4

## Felsökningsschema "Hörtekniska hjälpmedel"

Hörtekniska hjälpmedel finns i många utföranden och är av olika komplexitet. Ta till exempel en hjälpmedelskedja som innehåller trådlös mikrofon med sändare, mottagare, slingförstärkare och hörapparat eller den något "kortare" som kan symbolisera ett mini-FM-system.



Hur ska man då kunna kontrollera att hela hjälpmedelskedjan fungerar?

- 1. Test med tal.** Läraren väljer ut ett talmaterial med lagom svårighetsgrad med hänsyn till elevens hörsel förutsättningar. Genom att tala i mikrofonen och låta eleven lyssna via sin hörapparat i T-läge/FM-läge, med hela hjälpmedelskedjan inkopplad, bedöms om eleven klarar det på "normalt" sätt. Testet görs vanligtvis utan möjlighet till talavläsning.
- 2. Återkopplingstest.** Hela hjälpmedelskedjan är inkopplad och eleven tar av hörapparaten när korrekt volym ställts in. Håll lärarens mikrofon nära elevens hörapparat i T-läge/FM-läge. Om hjälpmedelskedjan fungerar hörs ett återkopplingsljud.
- 3. Lyssningstest.** Detta utförs av läraren som lyssnar via egen hörapparat eller lånar elevens. Båda förfarandena har sina för- och nackdelar. Har läraren egen hörapparat med egen öroninsats kan lyssnandet ske smidigt och under längre tid och läraren få en säker referensljudbild. Via elevens hörapparat sker normalt lyssnandet med ett "stetoclip" vilket sällan resulterar i ett lyssnande som kan utnyttjas för annat än en snabbkontroll av funktionen i grova drag.

Vilket eller vilka test ska man välja? Att göra en daglig kontroll av tekniken är något som poängteras från många håll och som blir särskilt viktigt när man har yngre elever som inte hunnit bygga upp en säker referens till vad god funktion och ljudkvalitet står för. Att testa eleven med tal (1) kan läggas in på ett naturligt sätt i morgonrutinen. Svarar eleven på en nivå som är under vad man kan förvänta sig måste man gå vidare med till exempel lyssnings-testet (3), för att få en bekräftelse på om något är fel och eventuellt kunna lokalisera felet. Upplever läraren att anläggningen fungerar och har lyssnat med en egen hörapparat är det troligt att felet ligger i elevens hörapparat. Denna kan då testas separat med något av ovannämnda test, men då i M-läget. Bekräftas felet går man vidare till felsökning av hörapparaten enligt bilaga 1.

Hur går man vidare med en detaljerad felsökning på hörtekniska anläggningen? Om man söker den vanligaste orsaken till fel och särskilt vad gäller tysta anläggningar, finns en stor likhet med hörapparatfelet, nämligen att någon del inte får nödvändig strömförsörjning. Kontrollera därför att stationär utrustning är ansluten till elnätet/vägguttaget och påslagen (normalt finns en kontrollampa som indikerar detta). Kontrollera även att övriga anslutningskablar är på plats. Den portabla delen av anläggningen har som regel uppladdningsbara batterier som måste vara uppladdade, vilket görs varje natt. I bästa fall finns även här en kontrollampa som kan indikera ett korrekt laddningstillstånd. Mini-FM-mottagare får sin ström från hörapparatsens batteri varför detta måste vara i god kondition. I vissa fall kan hörapparaten fungera i M-läge men batteriets kondition räcker inte till för att driva mini-FM-mottagaren. När det gäller radiotekniken förutsätter den givetvis att sändare och mottagare är inställda på samma frekvens. Detta måste kontrolleras. Även här kan vissa mottagare ha en kontrollampa som indikerar att den tar emot en radiosignal. När det gäller radiosystem finns det alltid risk för störningar. Kontakta hörteknisk personal om detta uppträder och inte verkar ha någon annan orsak, till exempel trasiga sändarantennor.

Viktigt är att användaren har fått ingående instruktion om hela hjälpmedelskedjans funktion och att det finns tillgång till manualer där man kan hämta ytterligare information om just de fabrikat som används. I dessa manualer bör finnas både funktionsbeskrivningar, felsökningsråd och åtgärdsförslag.



