

Kvalitetsredovisning SPM 2006

# Auditiv miljö

Hörselteknik och akustik  
i specialskolan

Arne Gustafsson



SPECIALSKOLEMYNDIGHETEN

© Författaren och Specialskolemyndigheten.

Detta är en rapport inom Specialskolemyndighetens kvalitetsredovisningsplan 2006.

Redovisning av projekt "Auditiv miljö", utfört under 2006.

Projektledare: Arne Gustafsson, Centrala kansliet

Sättning: Sofia Åkerberg

Publicerad: 2007-09

Serienummer: 2007:7

# Innehållsförteckning

|   |    |
|---|----|
| <b>Inledning</b>                                      |    |
| Bakgrund  | 4  |
| Syfte   | 5  |
| Metod och genomförande                                | 5  |
| <hr/>   |    |
| <b>Bakgrund</b>                                       |    |
| Inledning   | 6  |
| Historik  | 6  |
| Teknikhistoria  | 6  |
| Teknikerhistoria                                      | 7  |
| Perceptuella konsekvenser av hörselskada              | 8  |
| Hörselskadades behov av ökat signal-brus-förhållande  | 10 |
| Några senare rön om hörselskada...                    | 11 |
| Akustiska förutsättningar och skolans akustiska miljö | 12 |
| Hörseltekniska hjälpmedel                             | 14 |
| Inledning   | 14 |
| Hjälpmedelsystemens uppbyggnad                        | 16 |
| Önskvärda hörapparatfunktioner                        | 18 |
| Hur löser man elev-elev-kommunikationen?              | 19 |
| Hörseltekniska myter                                  | 24 |
| Radioteknik och FM-system i skolan                    | 25 |
| Översikt och slutsatser                               | 26 |
| <hr/>   |    |
| <b>Resultat och diskussion</b>                        |    |
| Något om elevmaterialet                               | 28 |
| Akustiska förhållanden                                | 29 |
| Önskvärda akustikkrav                                 | 31 |
| Förslag till framtida åtgärder                        | 33 |
| Hjälpmedelssituationen                                | 34 |
| Några övergripande krav på tekniken                   | 34 |
| Några kommentarer till...                             | 35 |
| Teknikval för specialskolan                           | 37 |
| Kommentarer till teknikvalet                          | 39 |
| Personal- och fortbildningsbehov                      | 40 |
| Teknik och pedagogik                                  | 40 |
| Teknikerbehov   | 41 |
| Fortbildningsbehov                                    | 43 |
| Speciella elevgrupper och behov av forskning          | 45 |
| Teknikutveckling och behov av forskning               | 47 |
| <hr/>   |    |
| <b>Sammanfattning</b>                                 | 48 |
| <hr/>   |    |
| <b>Referenslista</b>                                  |    |
| Opublicerade källor                                   | 50 |
| Publicerade källor                                    | 50 |
| Internet  | 53 |
| <hr/>   |    |
| <b>Bilagor</b>  |    |
| Bilaga 1 Förteckning över framtagna PM...             | 54 |
| Bilaga 2 Figurbilaga med teknisk beskrivning...       | 56 |
| <hr/>   |    |

# Inledning

Frågeställningar kring döva och hörselskadades tvåspråkighet är centrala för Specialskolemyndighetens (SPM) verksamhet. Projekt "Auditiv miljö" belyser faktorer med stor betydelse för möjligheterna att undervisa via talat språk i en tvåspråkig skolmiljö.

Antalet elever som har förutsättningar för talspråkig kommunikation inom specialskolan är relativt stort. Dels finns det vid vissa skolor klasser där undervisningen sker på tal, i regel en parallell organisation till de kommunala hörselklasserna. Däremot har det på några

skolor funnits enstaka hörselskadade som borde undervisats på tal men där organisationen inte medgett detta. En ny elevgrupp som ökar i antal är de elever som opererats med cochleaimplantat (CI) och vars undervisningsmiljö måste ha en mycket tydlig auditiv inriktning om specialskolan för dessa elever ska kunna vara ett alternativ till den kommunala grundskolan. För en beskrivning av elevgruppen med hänsyn till klassifikationen döv/hörselskadad och förekomsten av CI-opererade vid olika skolor hänvisas till Hermanson (2006).

---

## Bakgrund

I SPM:s kvalitetsredovisningsplan beslutades att myndigheten under 2006 ska redovisa kvaliteten i skolornas, boendenas och fritids auditiva miljö. I diskussioner om vad detta innebär, har flera olika perspektiv som behöver kartläggas kommit fram:

1. Teknisk miljö – akustik, tekniska lösningar. Vad säger nuvarande forskning, vilka olika tänkbara tekniska lösningar finns att välja emellan?
2. Organisatoriska förutsättningar och lösningar – har SPM:s skolor behov av hörseltekniker, av kontakt med landstingens CI-team med mera och kan något av detta i så fall samordnas inom myndigheten?
3. Mätning av akustik och andra auditiva förhållanden.
4. Pedagogiska konsekvenser av olika auditiva lösningar.
5. SPM:s behov av kompetens inom området.

Flera olika händelser gjorde att denna kartläggning till vissa delar tidigarelades. Exempelvis kan följande nämnas:

- Då Almbyskolan avvecklas och nuvarande verksamhet flyttat till Birgittaskolan, måste det ske upphandling av ny hörselteknisk utrustning. Kristinaskolan har testat en ny anläggning. Erfarenheter från detta, samt en kartläggning av vilka olika system som fanns, alternativt var under utveckling, skulle underlätta den upphandlingen och se till att vi inte låser fast oss i ett system som senare visar sig passa oss sämre.
- Kristinaskolan har en tekniker som i samarbete med CI-teamet i Stockholm kan justera barnens CI på avstånd. Detta sparar naturligtvis tid för eleverna, då de slipper många långa resor. Den tekniker som idag arbetar på Kristinaskolan ska gå i pension inom några år. Vi behövde undersöka vilka fördelar och nackdelar detta arbetsätt hade, så att vi, i mån av intresse av att göra något liknande (gemensamt eller skolorna var för sig), kunde fånga upp teknikerns kompetens innan han pensioneras.

## Syfte

Projektets syfte har varit att kartlägga den auditiva miljön inom SPM. I första hand skulle en grundläggande analys av elevmaterial, lokalsituation, pedagogik och teknik göras. Detta innebar att forskning inom området samt de tekniska lösningar som fanns på marknaden

skulle beskrivas. Behov av ny teknik anpassad till modern pedagogik skulle identifieras och presenteras för industrin. I andra hand skulle mätningar göras för att identifiera akustiska problemlokaler samt organisatoriska lösningar inom SPM diskuteras.

---

## Metod och genomförande

Uppdraget har inneburit litteraturstudier och kontakter med nyckelpersoner inom forskning, klinisk verksamhet, skolverksamhet och representanter för tillverkare av hörselteknisk utrustning i såväl Sverige som internationellt.

Projektledaren deltog i ett flertal nationella och internationella kurser/konferenser och var bl.a. inbjuden som föreläsare vid en nordisk konferens i Fredericia, Danmark, våren 2007.

Besök har gjorts vid SPM:s skolor samt vid Alvikskolan i Sverige och Fredericiaskolan i Danmark. Vid besöken har samtal förts med respektive ledningsgrupper och tekniker.

Under arbetets gång har det utarbetats ett antal PM som snabbt kunnat klarlägga vissa specifika frågor. En förteckning över dessa PM finns i bilaga 1. De flesta har haft med ombyggnationer, teknikutvärdering och teknikupphandling att göra. En annan viktig fråga som uppmärksammats är behovet av hörselteknisk kompetens inom myndigheten. Utöver detta har interna meddelanden om ny teknik distribuerats och kortare lägesrapporter om projektet har lämnats, både skriftligt och muntligt.

# Bakgrund

## Inledning

För en full förståelse av effekten och användbarheten av dagens och morgondagens hörselteknik är det viktigt att ha en bas i såväl historiska fakta, kunskap om olika hörselskadors konsekvenser för talperception, den akustiska miljöns betydelse, som de hörseltekniska

hjälpmedlens möjligheter och begränsningar. I denna bakgrund kommer en mycket bred genomgång av olika hjälpmedel att ske medan ett än mer specifikt belysande av för dagens specialskola aktuella tekniska lösningar kommer i resultatdelen.

---

## Historik

Som bekant har undervisning av hörselskadade och döva varit ett område där metodiska strider rasat och metodiken haft en tendens att vandra mellan ytterligheter, oberoende av målgruppens förutsättningar. Dagens specialskola med dess tvåspråkiga inriktning borde kunna uppnå en balanserad syn på olika elevers möjligheter. Vi står nu inför en ny epok, där genom introduktion av CI-tekniken, gruppen funktionellt döva minskar och gruppen hörselskadade ökar (se Dravins 2006).

På många håll är specialskolans beredskap inför denna situation mycket låg genom att hörseltekniska resurser i stor utsträckning saknas, både materiellt och personellt.

### Teknikhistoria

Även inom hörseltekniken har olika inriktningar kunnat skönjas. De första ljudförstärkarna var uppbyggda av enheterna mikrofon – förstärkare – hörtelefon, utan någon som helst möjlighet till individuell anpassning till hörselskadan. Dessa utgjorde grunden till mer moderna gruppförstärkare med möjlighet till hög grad av individuell anpassning. När hörapparaterna kunde ordinerats som ett individuellt hjälpmedel blev det möjligt att via hörapparaternas telespole och en teleslinganläggning åstadkomma ett mycket mer användarvänligt alternativ. Fördelarna med det sistnämnda systemet var

att eleven inte längre var låst till sin bänk via hörtelefonsladden, utan kunde röra sig fritt i klassrummet och ändå höra läraren bra. Dessutom behövde han/hon inte få två olika ljudbilder, utan anpassningen till hörapparaterna blev mycket snabbare.

Genom att kombinera gruppförstärkarsystemens elevmikrofoner med teleslinga och hörapparater har efter hand den klassiska hörselklassutrustningen vuxit fram (se fig. 1a i bilaga 2), och är fortfarande ett gångbart alternativ för gruppundervisning av hörselskadade. Det som under en period diskuterades intensivt var vad som skulle prioriteras; ljudkvalitetsaspekter eller praktisk-pedagogisk användbarhet. Förespråkare för den första inriktningen hade i regel sin förankring i tekniskaudiologisk forskning medan den sistnämnda gruppen hade en mer nära kontakt med pedagogiken (för en utförligare översikt, se Gustafsson 1984; PM nr 2).

Vad som på senare tid skett har varit olika försök med anpassningar till en mer dialogbaserad undervisning och grupparbeten. Riksgymnasiet i Örebro (RGH) har i samarbete med lärare och elever utvecklat utrustning som ger goda möjligheter till dialog och grupparbete med en för alla elever acceptabel ljudkvalitet (Gustafsson 2002). I det svenska Dialogprojektet (Skolverket 2000; Ivarsson 2005) har man något olyckligt låst sig vid en teknisk lösning som ursprungligen

utvecklades för individuell arbetsplatsanpassning, vilket visat sig innebära att den saknar de kvaliteter som måste finnas för att den ska accepteras även bland elever med olika grad av hörselproblem i skolsituationen (se PM nr 7; Odelius 2007).

Ser man till utvecklingen för den individualiserade eleven har tekniken varit inriktad på att förstärka kommunikationen lärare-elev och där har i många fall teknik som enbart bygger på direkt FM-radioöverföring fått större användning. Tillämpningar där man tagit hänsyn till specialskolelevernas, och egentligen alla elevers, behov av att höra varandra med god kvalitet har hittills inte presenterats med denna direkta FM-teknik.

I dag kan konstateras att valet av teknik starkt kommersialiserats och att försäljarens argument fått oproportionerligt stor betydelse för detta val, jämfört med de argument som baserats på pedagogiskt-audiologiska önskemål och fakta.

### **Teknikerhistoria**

Efter förebild från Danmark och Holland inrättades hörselengörstjänster vid de svenska specialskolorna i mitten på 60-talet. Riktmärket var att det skulle finnas en ingenjörstjänst per 100 elever. De flesta skolorna fick en hel tjänst medan Åsbackaskolan och Hällsboskolan delade på en tjänst.

När tjänsterna inrättades rådde inom pedagogiken en starkt oral inriktning och behoven av teknisk support var stora. Ingenjörernas första uppgift blev därför att modernisera den hörseltekniska utrustningen och att därefter kontinuerligt underhålla och utveckla densamma. Ingenjörernas närvaro vid skolorna gav också en naturlig möjlighet till fortbildning av övrig personal. I flera fall kunde också vissa forskningsprojekt genomföras i samarbete med forskningsinstitutioner (för en utförligare översikt, se Gustafsson 1986; PM nr 2).

Efter en tid kom skolornas undervisning emellertid att bli mer manuellt/visuellt orienterad och på de skolor som inte hade kontakt med hörselklassverksamhet efterfrågades hörseltekniskt arbete allt mindre. För ändamålet välutbildad personal slutade eller övergick till annan verksamhet inom skolan.

När nu alla specialskolor återigen ska kunna erbjuda undervisning via talat språk är det inte bara att köpa in teknisk utrustning. Det måste också garanteras att denna utrustning blir korrekt vald, att den kan installeras, introduceras, underhållas och utvecklas. De tekniska resurserna är definitivt inte i fas med behoven, utan måste återskapas till en nivå som minst når upp till den som rådde på 60-talet. Specialskolan kommer att ha ett mer komplext servicebehov genom introduktionen av CI-apparater samtidigt som den pedagogiska personalen idag inte är lika bekanta med en talinriktad undervisningsmetod och därför sannolikt kommer att kräva mycket teknisk handledning.

## Perceptuella konsekvenser av hörselskada

Hörselskador 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. Allt detta påverkar hörfunktionen i vardagen. Det är viktigt att förstå vilka individuella och miljömässiga faktorer som påverkar den hörselskadades hörande. Vad kan kompenseras med hjälpmedel och vad kan inte? För en bredare och mer ingående beskrivning av hörselskador och dess konsekvenser hänvisas till *Nordisk lärobok i Audiologi* (Arlinger 2007).

Det vanligaste sättet att beskriva effekten av en hörselskada är att redovisa den orsakade hörselnedsättningen i ett tonaudiogram. Tonaudiogrammet redovisar en hörtröskel där rena toner nått och jämt uppfattas.\* Tonaudiogrammet säger egentligen inte något om hur den hörselskadade hör tal, än mindre hur den hörselskadade hör tal i en miljö med bakgrundsstörningar. Inte desto mindre är tonaudiogrammet en mycket stark prediktor för att bedöma talförståelse om man ser till stora populationer men alltså mindre i varje individuellt fall. Försök att hitta andra mått för att förutsäga talförståelse har gett dåliga resultat. För vissa specialskoleelever kan det givetvis vara ännu mer osäkert att från audiogram dra slutsatser om förmågan att höra tal, då det inte är helt ovanligt att orsaken till hörselskadan är sådan att den även kan förknippas med andra, mer centrala, skador. Att helt ignorera audiogrammet kan emellertid leda till att en potentiell hörsel inte utnyttjas.

Ett tonaudiogram kan uppmätas på olika sätt. Dels kan man mäta med hörtelefoner eller bentelefon, vilket ger en luftledningströskel eller en benledningströskel. Dels kan man mäta med högtalare.\*\* Man får en tröskel som

benämns ljudfältströskel eller frifältströskel och som i regel motsvarar luftledningströskeln i det öra personen hör bäst på. I ljudfält kan man också mäta med det individuella hjälpmedlet (hörapparat/CI) och det är en vanlig metod i den tidiga hjälpmedelsanpassningen. Speciellt vid kontroll av resultatet vid CI-anpassningen görs ett ljudfältsaudiogram som kan visa att användaren hör toner i området 30 - 40 dB HL relativt den normala hörtröskeln (0 dB HL). Det betyder dock inte att CI-användaren nästan är normalhörande utan endast att hjälpmedlet kan göra toner hörbara på den nivån. Ett bättre mått på förmågan att fungera med hjälpmedlet är att uttrycka funktionen i ”ekvivalent hörselnedsättning med hörapparat”. Detta visar idag att en CI-användare fungerar ungefär som en välanpassad hörapparat-användare i intervallet 70 - 90 dB HL, men att variationerna är stora. Risberg (2004) nämner området 60 - 110 dB HL.

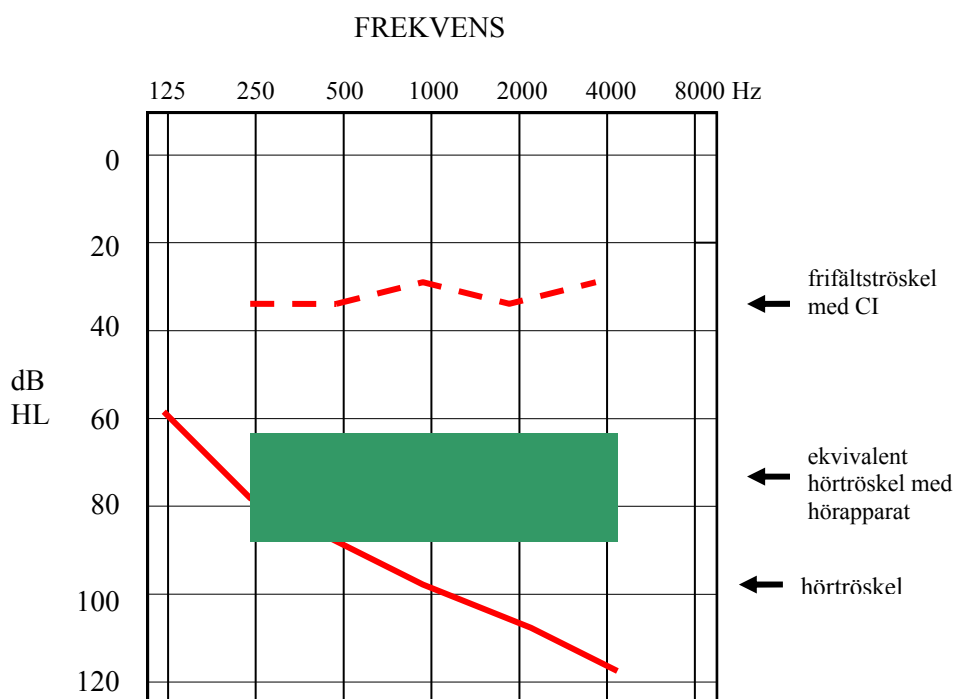
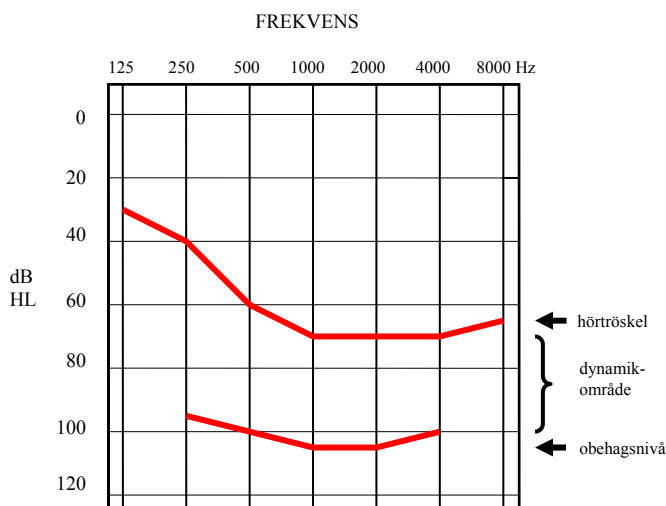
Beskrivningen ovan speglar den vanligaste kunskapen som går att få om hörselskadan utifrån audiogrammet, d.v.s. att man hör ljud svagare eller, framför allt utan hjälpmedel, kanske inte alls. Nedan beskrivs ytterligare konsekvenserna av en hörselskada och då specifikt den dominerande sensorineurala/cochleära skadetyper, där hårcellerna i cochlean är skadade. En annan skadetyper är ledningshinder, som beror på t.ex. skador i mellanörat, och som innebär att alla ljud dämpas på väg till innerörat (cochlea). Denna typ är dock relativt enkel att kompensera med hörapparater. Ytterligare andra skador kan vara lokaliserade till hörselnerven eller mer centralt och därmed ofta ge upphov till komplexa problem.

\* Hörtröskelnivån anges i dB relativt genomsnittlig normal hörtröskel, vilket kallas hörselnivå och förkortas dB HL (efter engelskans ”hearing level”). Normal hörtröskel är då 0 dB HL, men man brukar kunna tolerera ned till 20 dB HL innan man talar om en hörselnedsättning.

\*\* Mätningen sker i ett tyst rum där man genom god dämpning av reflexer har kontroll på ljudutbredning.

Figur 1. Audiogram som visar ett hörselskadat öra med en hörselnedsättning på 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.



Figur 2. Audiogram som visar en grav nedsättning med ett tonmedelvärde på ca 100 dB HL. Efter anpassning med CI uppmättes en frifältströskel på 30 - 35 dB HL. Ekvivalent funktionell hörsel kan motsvara en hörapparatbärare som har en hörtröskel i området ca 70 - 90 dB HL och väl anpassad hörapparat.

Den egenskap hos hörselskadan som audiogrammet ger god information om är **reducerad hörbarhet**. Vid en lätt hörselnedsättning är det endast de svagaste talljuden som missas. Det är vanligt att de svaga konsonantljuden försvinner först, dels beroende på att de är svaga, dels eftersom de flesta hörselskador tilltar mot diskanten. Då styrkan av tal bestäms av mer lågfrekventa komponenter är det vanligt att man upplever talet som otydligt, om än tillräckligt starkt.

Även om man har svårt att höra svaga talljud är det inte säkert att man upplever att starka ljud är dämpade i motsvarande grad. Man talar om **onormal hörstyrketillväxt** eller **loudness recruitment**. Konsekvensen av detta är att avståndet mellan hörtröskel och obehagsnivå minskar, och örat får ett **reducerat dynamikområde**. Detta faktum gör anpassningen av hörapparat 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. För anpassningen av individuella hjälpmedel, som hörapparat och CI, är uppgifter från audiogrammen viktiga.

Ett problem som finns hos örat med en sensorineural/cochleär skada är den **reducerade frekvensupplösningsförmågan**. Örat har svårt att separera olika frekvenser i ett eller flera ljud från varandra. Ett normalhörande öra kan separera ett talljud från ett bakgrundsbuller, förutsatt att de inte ligger på exakt samma frekvens. Trots att talljud och störande buller kan ha väldigt olika frekvenssammansättning har örat med en cochleär skada inte tillräcklig frekvensupplösningsförmåga för att skilja ut talinformation. Bullret så att säga maskerar talet. En annan variant av detta problem är att en lågfrekvent stark formant\*\* i ett talljud maskerar en svagare formant av högre frekvens. Detta ger negativ effekt på den hörselskadades

\* I denna framställning används ofta ordet hörapparat som ett överordnat begrepp som innehåller både hörapparat och CI.

\*\* Talljuden karaktäriseras av olika förstärkta frekvensområden, s.k. formanter.

perception och även indirekt på produktionen av tal eftersom produktion kräver att en förlaga ska uppfattas.

**Reducerad tidsupplösningsförmåga** innebär att starka ljud kan maskera svaga ljud om de kommer omedelbart före eller efter, vilket innebär ökade svårigheter att höra i bakgrundsbuller. Denna effekt är större ju kraftigare hörselnedsättningen är.

Förmågan till **binauralt hörande** påverkas även vid hörselskada, särskilt om man bara har ett funktionellt öra. Det binaurala hörandet, eller hörandet med två öron, ger möjlighet till riktningshörsel men också att undertrycka störningar vid lyssning i störande bakgrundsljud. För den hörselskadade som oftast är beroende av att komplettera hörandet med talavläsning är det extra viktigt att kunna lokalisera talaren för att inrikta uppmärksamheten 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/CI på båda öronen.

### Hörselskadades behov av ökat signal-brus-förhållande

Alla ovan nämnda faktorer kombineras när det gäller den hörselskadades förmåga till lyssnande och leder till svårigheter även med korrekt anpassad hörapparat/CI. Speciellt gäller det när man måste höra i en miljö där det förekommer bakgrundsljud. Vad som blir viktigt är 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** att användas flitigt. Det förkortas **SNR** eller **S/N** efter engelskans "Signal" och "Noise". Ett bra SNR kan åstadkommas genom välavvägd akustik och

hörseltekniska hjälpmedel utöver hörapparat/ CI. Möjligheterna med akustikåtgärder och hjälpmedel behandlas i följande avsnitt.

Vilket SNR behövs vid olika grad av hörselnedsättning? I klinisk praxis har man ofta endast undersökt om en hörselskadad kan uppfatta tal genom att presentera olika former av tal i tyst eller störd miljö. I tyst miljö har noterats hur mycket av ett budskap som uppfattats och på liknande sätt har man förfarit när en störning tillsatts. I sistnämnda fallet har eventuellt talnivå eller störnivå varierats och ett resultat i form av ett signal-stör-förhållande för uppfattning av exempelvis 50% av budskapet har erhållits. Det talmaterial och den störning som använts har gett olika uppgifter om vilket SNR som behövs vid olika grad av hörselnedsättning. Att man sökt tröskeln för att uppfatta 50% av testmaterialet ger en realistisk bild av vad som fordras om man ska orka lyssna och förstå okänt material under en hel skoldag. Följande uppgifter, hämtade från Arlinger (1999), ger mer generella uppgifter som inte är bundet till något testmaterial:

- Hörselskadade vuxna behöver upp till 10 dB bättre SNR jämfört med hörande
- Barn och äldre behöver upp till 5 dB bättre SNR jämfört med vuxna
- Annat språk än modersmålet innebär behov av upp till 5 dB bättre SNR

Dessa tre faktorer kan betraktas som oberoende av varandra vilket innebär att det för ett hörselskadat barn med annat modersmål än svenska skulle krävas upp till 20 dB bättre SNR än vad som krävs för en hörande vuxen.

Av ovanstående framgår emellertid inte hur hörselnedsättningens grad påverkar behovet av SNR. När Arlinger talar om hörselskadade vuxna bygger han på flera studier med 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 3 redovisas resultat från två studier med vuxna

lyssnare (Lyregaard 1982; Killion & Niquette 1999). Som framgår av figuren ställer CI-bärare samma krav på SNR som gravt hörselskadade. I figuren är även inlagd en uppskattning av vad som krävs för att under längre tid lyssna med god taluppfattbarhet till delvis okänt talmaterial. Forskare anger här att en vuxen normalhörande behöver ca 6 - 9 dB SNR (se t.ex. Boothroyd 2004).

### **Några senare rön om hörselskada och lyssnande i olika lyssningsmiljöer**

I modern forskning börjar man mer och mer att undersöka ytterligare faktorer i samband med talperception. Det kan vara hur snabbt man uppfattar (reaktionstid) eller hur stor ansträngning som krävs för att uppfatta (mätning av kognitiv belastning eller trötthet). Hällgren (2005) visade att en effekt av hörapparat användande kunde vara upplevelse av mindre ansträngning, när man jämförde situationen med och utan hörapparat, även om någon effekt på taluppfattbarheten inte kunde registreras i vissa test.

Ytterligare ett mycket intressant område inom nyare forskning är hur ett särskilt budskap hanteras efter att det uppfattats. Man ska kunna integrera det som uppfattats med det som sagts tidigare och tolka innebörden av det som sagts. Vidare ska informationen kunna lagras för framtida bruk. Mycket tyder på att även om man kan höra vad som sägs så är det svårare att komma ihåg vad som sägs i en bullrig miljö. Inledande försök med bakgrundstörning i form av buller eller efterklang har bekräftat dessa antaganden (Kjellberg 2006).

Sammanfattningsvis ger en hörselskada svårigheter att höra, speciellt i en störande miljö, vilket innebär både ökad ansträngning och svårigheter att komma ihåg det man uppfattat. Dessa svårigheter är möjliga att till viss del reducera genom adekvat akustik och lämpliga hörseltekniska hjälpmedel.

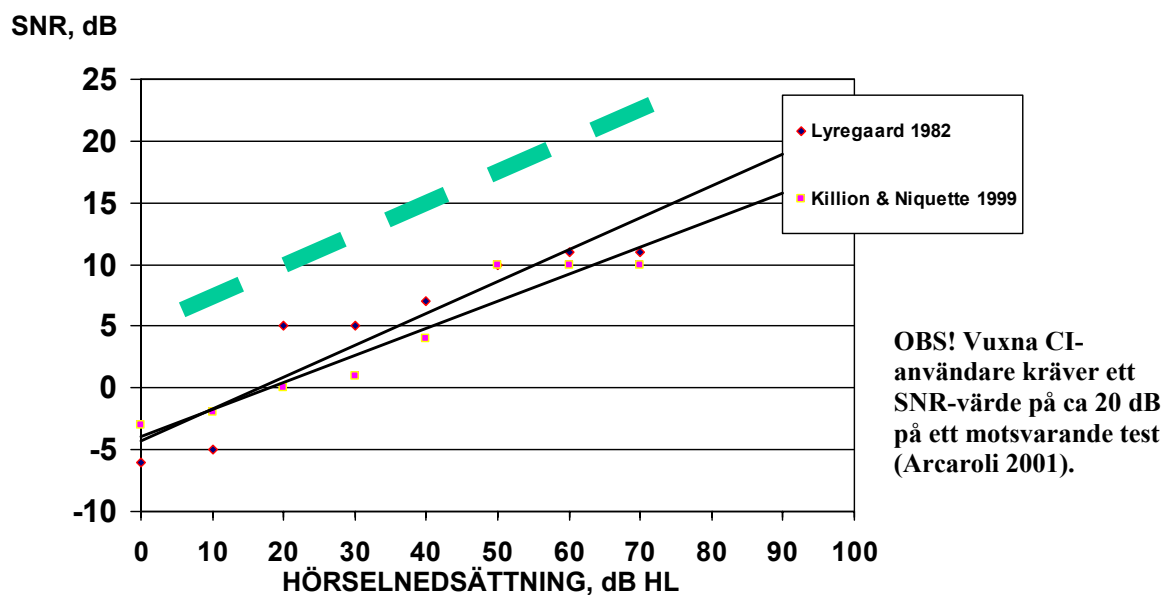


Fig. 3. Behov av SNR för olika grad av hörselnedsättning. De svarta linjerna representerar resultat från två studier där 50%-ig uppfattbarhet studerats. Den gröna linjen är en mer realistisk uppskattning för vad som kan krävas för mer fullständig uppfattbarhet under längre tid. Alla data från vuxna hörselskadade.

## Akustiska förutsättningar och skolans akustiska miljö

När man försöker beskriva en akustisk miljö kan olika begrepp användas. De två vanligaste är **bakgrundsstörnivå** och **efterklangstid**. Dessa två egenskaper hos ett rum bestämmer hur väl den intressanta signalen, vanligtvis talet, kommer att uppfattas. Det är lätt att fokusera uppmärksamheten på lärarens tal men det är lika viktigt att eleverna kan höra varandra bra. 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. Ljudnivån av normalt tal på 1 meters avstånd är ca 65 dB(A), nära munnen kan den gå upp till ca 90 dB(A) och om vi ökar avståndet så sjunker ljudnivån. Denna sänkning sker med 6 dB för varje avståndsfördubbling, så på 2 meters avstånd skulle ljudnivån sjunka till ca 59 dB(A). Detta gäller när ljudet utbreder sig i fritt fält 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 och bortanför ljudkällan är man i fjärrfältet. I närfältet har ljudet en helt annan tydlighet än i fjärrfältet där reflexerna, efterklangerna, dominerar. I fjärrfältet blir talet sin egen störning, genom att reflexerna kommer så sent att de börjar konkurrera med efterföljande talljuds direktljud, talet blir 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 hörselskadade. 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 bl.a. undervisningslandskap (för hörande) i mer moderna rekommendationer.

Fördelen med den kortare efterklangstiden är att det kritiska avståndet ökar och därmed också möjligheterna för flera grupper att arbeta i samma rum. I avsnittet "Önskvärda akustikkraV" finns en genomgång av olika förslag som har anknytning till undervisning av hörselskadade och även ett förslag på maximal efterklangstid anpassat för specialskolornas undervisningslokaler.

Ovan har jag diskuterat den talsignal som ska höras och hur den på visst avstånd och speciellt med längre efterklangstid kan bygga upp ett störande efterklangsfält, 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. Här finns både tal som inte är relevant för undervisningssituationen och andra stör ljud som kan uppkomma i rummet, t.ex. från stolar, bänklöck och stegljud.

De två första punkterna kan till stor del hanteras genom att planera var hörselskadade placeras i skolbyggnaden och speciellt vid nybyggnation

med hjälp av de normer som finns för tillåtna ljudnivåer. För trafikbuller och buller från installationer föreslås i skriften *Byggakustik* (2001), ingående i serien Svensk Standard, dB(A) och dB(C)\*-värdena 26/40 resp. 26/45 för att få tillhöra ljudklass A, det strängaste kravet. Eftersom dessa normer utgår från normalhörandes behov är ljudklass A det enda som borde vara relevant för hörselskadade. Detta uttrycks tydligt av Arbetskyddstyrelsen (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).

Den tredje punkten, aktivitetsbuller, är svårare att hantera och kräver ljuddisciplin från såväl lärare som elever. En aktuell svensk studie (Lundquist 2003) har visat att aktivitetsbullret i klasser för hörande gav ljudnivåer i intervallet 50 - 70 dB(A). Vad som i denna undersökning, och även i andra, pekats ut som 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 hörselskadade. Någon undersökning som speglar nivåerna i ett klassrum som 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 hörselskadade 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 är det uppenbart att de kan vara av samma storleksordning. För en vuxen normalhörande kan en sådan situation fungera, även om den innebär en ansträngning. För en

---

\* dB(C) är en alternativ frekvensvägning som tar mer hänsyn till lågfrekventa ljud än dB(A) och kan vara mer relevant för hörselskadade, vilka oftast är mer störda än hörande av lågfrekventa ljuds maskeringseffekt på ljud av högre frekvens.

hörselskadad blir uppgiften omöjlig (se fig. 3). För ett måttligt hörselskadat barn skulle det behövas ett SNR som är bättre än 20 dB. Detta skulle innebära att aktivitetsbullret helst skulle 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? Ljuddisciplin som minskar störningar från onödigt tal och akustikbehandling som ger kort efterklangstid är två viktiga åtgärder. De störande ljuden från stolskrap kan minskas genom att man undviker den klassiska fyrbensstolen med stålrörsben och i stället använder stolar med pelarstativ och kryssfot. Detta kan minska skrapljuden med ca 20 dB. Finns inget annat än den fyrbenta stålrörstolen, se då till att den har något på fötterna. Det finns speciella s.k. doppskor att sätta på. I brist på annat kan man använda begagnade tennisbollar på stolsbenen.

När det gäller bänkar bör varianten med bänklöck undvikas. Bättre är en bänk med hurts eller ett bord utan hurts där eleven förvarar sina saker på annan plats. 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 mest effektiva, men dessa har fått ett oförtjänt dåligt rykte genom att vissa problem med inomhusklimatet, som primärt orsakats av dålig ventilation och otillräcklig städning, skylts på dessa mattor. En norsk studie visade att en ljuddämpande golvbeklädnad var den åtgärd som hade betytt mest för en grupp hörapparatanvändande skolelever (Jonassen 2004).

Sammanfattningsvis är en god ljudmiljö grunden för att den hörselskadade ska kunna använda sina hjälpmedel. Det är lätt att tro att en hörselskada enbart kräver en förstärkning av ljudet, men det är lika viktigt att det förstärkta ljudet också är så fritt från störningar som möjligt, d.v.s. att ett bra signal-brus-förhållande föreligger. I nästa avsnitt belyses olika tekniker för att uppnå detta.

---

## Hörseltekniska hjälpmedel

### Inledning

Hörseltekniska hjälpmedel förekommer i många utföranden och är avsedda för många ändamål, t.ex. olika signalhjälpmedel för dörr och telefon, väckningshjälpmedel och de som kommer att behandlas här – hörseltekniska kommunikationshjälpmedel för undervisningen. Dessa ska användas tillsammans med den individuellt utprovade hörapparaten/CI:t, där en noggrann anpassning skett till hörseldata och där kompensation för örats nedsatta funktion görs. Denna anpassning gör att kommunikation på kort avstånd och i störningsfri miljö underlättas. På längre avstånd och i mer bakgrundsbuller kommer behovet av ytterligare hjälpmedel att bli uppenbart. Med hjälp av mikrofoner nära talaren kortas talavståndet och talet kan fås att

dominera över störningarna. Hörapparaten/CI sköter anpassningen till hörselnedsättningen och hjälpmedlet anpassningen till miljön.

I föregående avsnitt beskrevs hur störnivån i klassrummet kan minskas, men vad kan åstadkommas med olika hjälpmedel? Man får ofta intryck av att modern teknik, speciellt hörapparater, har gjort att den hörselskadades problem minskat radikalt de senaste åren. För att få perspektiv på vad modern hörapparatteknik kan göra i relation till andra tekniska och praktiska åtgärder, se tabell 1.

Innan jag kommenterar de olika punkterna ska jag bara nämna vad denna SNR-förbättring kan betyda. Det är lättast att tänka sig att man kan tolerera en något högre bakgrundstörning vid

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

| Åtgärd   | SNR-förbättring |
|--|-----------------|
| 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 m till 1m) | ca 12 dB        |
| Hörapparatkombinerade hjälpmedel som utnyttjar korta mikrofonavstånd         | upp till 25 dB  |

oförändrad talsignalstyrka. Som exempel kan tas fallet med bilaterala hörapparater – genom att utnyttja båda öronen i stället för bara ett, som vid enkelsidig anpassning, kan den hörselskadade klara sig lika bra i ett bakgrundsbuller som är ca 2 - 3 dB starkare.

Moderna hörapparater utnyttjar olika former av olinjär **signalbehandling** som både syftar till att anpassa förstärkningen till örats dynamik men även till 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 inte SNR särskilt mycket, ibland inte alls, även med den mest avancerade signalbehandlingen 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 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 olika former av ytterligare automatik.

**Riktmikrofoner** i hörapparater har under vissa betingelser visat sig kunna ge 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, men har en mycket begränsad effekt i fjärrfältet.

**Bilaterala hörapparater**, d.v.s. hörapparater på båda öronen, har många fördelar och i vissa situationer är effekten större än vad tabellens siffror anger. Dessa resultat härrör sig från tester där man haft testsignalen rakt framifrån och störningen har varit 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 skillnaden/vinsten med två hörapparater ännu större. Vid bilaterala hörapparater är alltid en av apparaterna vänd åt rätt håll och dessutom har bäraren bättre möjligheter att lokalisera ljud.

**Sunt förnuft** står för något som inte kräver någon utrustning men däremot en viss förståelse för **ljudets avståndslag**, som säger att direktljudet avtar med 6 dB för varje avståndsfördubbling. Genom att förflytta sig närmre den hörselskadade förbättras SNR avsevärt. Genom en talares förflyttning kan en elev som sitter i fjärrfältet, vilket domineras av efterklanger, hamna i det gynnsammare närfältet. Tyvärr kan man inte alltid praktiskt tillämpa

detta om läraren undervisar en stor klass, men det är nyttigt att ha denna förbättringsmöjlighet som referens till de övriga diskuterade.

En fortsättning på utnyttjandet av avståndslagen är när **hörseltekniska hjälpmedel** introduceras och utnyttjar mikrofoner som placeras nära talarens mun. Beroende på var mikrofonen placeras får vi olika stark talsignal och därmed också olika SNR. En mikrofon vid talarens mun, en s.k. bommikrofon eller ”madonnamikrofon”, finns i ett område där ljudnivån är ca 90 dB(A). Mikrofonen som sitter i en halskrok framför munnen i ett område där ljudnivån är ca 80 dB(A) och en bänkmikrofon som sitter på en elevbänk i en hörselklass kan nås av en nivå från elevens tal på 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 hörselskadade elev 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 vore stationära kontra bärbara/portabla system. En fast förlagd teleslinga arbetar numera tillsammans 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 tänkbara inkopplingsalternativ. För att reda ut begreppen och ge en översikt av olika hjälpmedel och hur de kan kombineras kommer de olika komponenterna (se fig. 4) att diskuteras.\*

Figur 4 är inte en komplett bild över vad som kan finnas i anslutning till hörselskadades undervisning men är tillräcklig för att belysa

några detaljer i ljudöverföringskedjan. De komponenter som visas är vad som används för att åstadkomma en enkelriktad kommunikation från lärare till elev eller, mer generellt, från talare till hörselskadad lyssnare. Olika tillverkare har varit mer intresserade av att utveckla denna typ av teknik jämfört med sådan som underlättar vårt behov av elev-elev-kommunikation i en dialogpedagogisk miljö. Denna del i hjälpmedelskedjan tas upp separat.

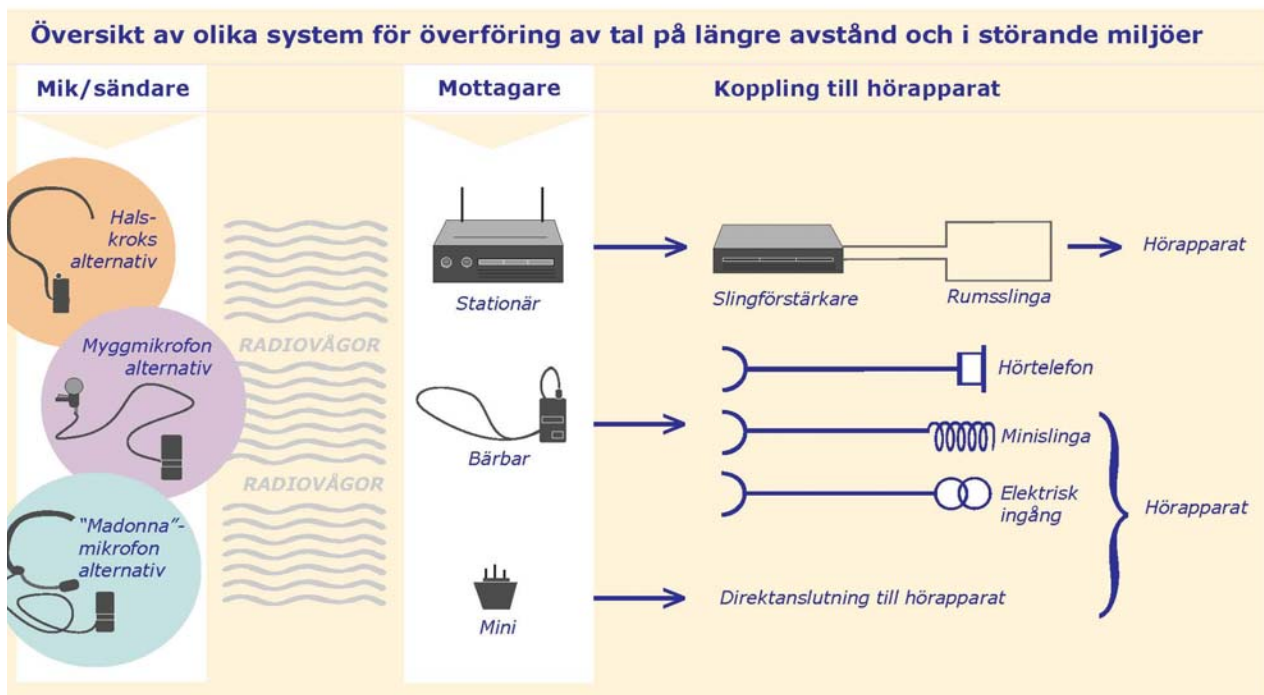
Den **trådlösa mikrofonens** egenskaper och placering kommer i mycket hög grad att bestämma ljudkvaliteten i hela anläggningen. Den trådlösa mikrofonen består av en mikrofon och en sändare med någon form av antenn. Mikrofonen och sändaren kan vara sammanbyggda eller åtskilda. Följande varianter finns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

#### 1. Mikrofon och sändare sammanbyggda

Man kan skilja på tre användningssätt; enheten bärs i en halskrok, fästes direkt i kläderna eller hålls i handen.

- a) Halskroksalternativet har tidigare varit det helt dominerande och ger ett relativt nära och konstant mikrofonavstånd och därmed försäkras 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 t.ex. när elever ska redovisa vid tavlan eller när det kommer någon besökare till klassen som ska presentera sig eller lämna något meddelande.
- b) Att fästa sändarmikrofonen direkt i kläderna har den nackdelen att mikrofonavståndet inte blir så väldefinierat och talljudens högfrekventa komponenter, som är riktade, inte når mikrofonen med samma nivå som vid halskroksalternativet.
- c) 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

\* Överföring via teleslinga och/eller FM är de två tekniker som dominerar i undervisningen. Överföring via IR (infrarött ljus) är en annan teknik som kan förekomma i vissa andra sammanhang.



Figur 4. Översikt över vissa komponenter som kan ingå i hörseltekniska hjälpmedelsystem för undervisning av hörselskadade. Källa: SIT, "Hörselboken". Illustratör: Annette Vollrathson.

tillfällig inkoppling används handhållen mikrofon i det s.k. "norska systemet" för elev-elev-kommunikation. Ett problem uppkommer om användaren samtidigt som att tala i mikrofonen ska teckna eller bokstavera.

## 2. Mikrofon och sändare åtskilda

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

- Myggmikrofonen började primärt användas då vissa lärare upplevde äldre halskroksmikrofoner 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. Alternativet är inget som lämpar sig för snabba byten mellan olika talare.
- Bommikrofon är det senaste tillskottet bland våra mikrofonalternativ och ger det akustiskt bästa resultatet. Detta genom att ljudnivån så nära munnen är hög (ca 90 dBA) och genom att mikrofonen är fäst på huvudet, följer med huvudrörelserna och garanterar en konstant

nivå. Nackdelarna är att det kan vara lite svårt att ta på den och att den definitivt inte lämpar sig för snabba talarbyten.

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 tillsammans med en teleslinganläggning eller en ljudanläggning i en samlingsal. Den stationära mottagaren har en effektivare antenn än den bärbara mottagaren och i vissa fall används dubbla antenner, s.k. 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 att man kan använda det var som helst, både utomhus och inomhus i olika lokaler. Det förekommer två varianter av bärbar mottagare som kan kopplas på olika sätt till hörapparaten.

- Den tidigare dominerande bärbara mottagaren har utgång för hörtelefon, minislinga eller elektrisk ingång på hörapparaten. Den har

en storlek något större än en tändsticksask. Den är försedd med volymkontroll och kan även ha en inbyggd mikrofon. Antennen är kombinerad med den kabel som är ansluten till utgången.

- b) En liten miniatyrmottagare som ansluts direkt till hörapparaten elektriska ingång via en s.k. audiosko är ett alternativ som används i allt större utsträckning. Miniaturiseringen har till följd att det inte finns någon åtkomlig volymkontroll och den antenn som finns är liten och inbyggd i miniatyrmottagaren. Detta påverkar räckvidden negativt.

En modern **teleslinganläggning** består av trådlös mikrofon, stationär mottagare, slingförstärkare och en fast förlagd rumslinga. En slinganläggning är driftsäker och ger eleven ett enkelt sätt att lyssna utan att behöva använda några ytterligare hjälpmedel än hörapparaten. Teleslingan var det första sättet att åstadkomma en trådlös överföring av tal till den hörselskadade eleven. Tekniken är enkel. Ett magnetfält genereras av en ström som leds genom en tråd som omsluter en yta. Magnetfältet inducerar en ström i hörapparaten telespole. Den nackdel som ofta nämns när man använder flera slingor i närheten av varandra är överhöringsproblem, beroende på att magnetfältet även sprider sig utanför den av slingan omslutna ytan. Modern slingteknik använder s.k. okorrelerade slingor, vilket är ett system av två oberoende slingsystem som har egenskapen att ge ett jämnt magnetfält inom rummet och en snabb dämpning utanför rummet. Andra lösningar bygger på att man begränsar slingorna till olika platser i rummet.

Teleslinga eller bärbart FM-system? Detta är en fråga som återkommer flera gånger i det följande. Här ska endast konstateras att teleslingsystemen ger eleven ett driftsäkert och komfortabelt system och att ett bärbart FM-system kan ge större rörelsefrihet utanför skollokalerna. 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.

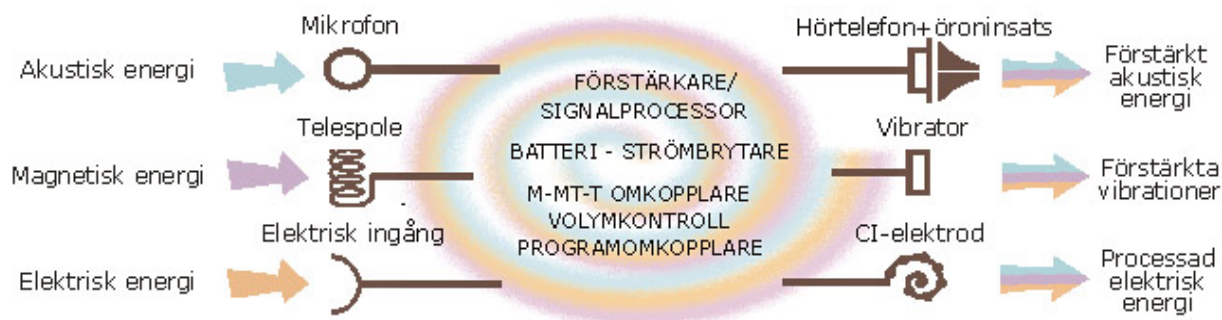
Vare sig man använder ett stationärt system (teleslinga) eller ett bärbart så avslutas det med en **hörapparat/CI** som är individuellt anpassad till hörselskadan. Men för att den ska fungera tillsammans med olika hjälpmedelsalternativ i undervisningssituationen måste vissa krav ställas på dess funktioner.

### Önskvärda hörapparatfunktioner

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

Cochleaimplantaten 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 när nya grupper av hörselskadade, 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.

I figur 5 visas det individuella hjälpmedlet hörapparat/CI med dels dess olika ingångskanaler men också med de alternativa överföringssätt till hörselsinnet som kan vara aktuella. Den konventionella hörapparaten överför förstärkt ljud till örat via en öroninsats. En hörapparat kan som alternativ överföra vibrationer via en konventionell benledare eller via en speciell benföranckrad vibrator. Och slutligen kan ett CI överföra elektriska signaler direkt till hörselsystemet via en CI-elektrod. För en korrekt



Figur 5. Översikt över olika delar i hörapparater/CI. 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". Illustratör: Annette Vollrathson.

pedagogisk funktion fordras att ingångskanaler 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.

### Hur löser man elev-elev-kommunikationen?

Undervisning där läraren är den dominerande talaren och eleverna passiva lyssnare, förekommer i mindre utsträckning än tidigare i dagens skola. Det anses numera viktigt att eleverna kan delta i samspelet och att de kan höra varandra. I hörselklasser och i specialskola har elevmedhöringen 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 den ansetts hindra en mer spontan kommunikation och gett läraren en allt för central och dominerande roll (Wennergren 2004).

Att kompromisser har gjorts och fortfarande görs när det gäller de individualplacerade eleverna kan vara förståeligt men inte försvarligt. När det gäller specialskolan och hörselklasser måste stora resurser satsas för att åstadkomma en hörselteknik som möjliggör ett dialogpedagogiskt arbetssätt med möjligheter till grupparbeten för alla elever, oberoende av hörselnedsättningsgrad.

Mot den bakgrunden kommer olika alternativa lösningar att granskas och för- och nackdelar värderas. Vad som kan observeras är att enkelt handhavande ofta ställs mot ljudkvalitetsaspekter, och där bedömning av alternativets användbarhet blir olika beroende på grad av hörselnedsättning. Olika modeller som provats i och utanför specialskolan illustreras med tekniska beskrivningar och pedagogiska kommentarer i bilaga 2.

### Hörapparaternas möjligheter

För att kunna utnyttja hörsel och hörapparater så effektivt som möjligt bör hörapparatpassningen alltid ske bilateralt där så är möjligt. Detta ger de klassiska vinsterna i form av ljudlokalisationsmöjligheter, möjligheter till störningsundertryckning och en garanti för att hörapparaten aldrig sitter på fel sida. Hörapparater med riktmikrofon skulle kunna underlätta vid grupparbeten där deltagarna inte sitter för långt från varandra. En faktor vid binauralt hörapparatlyssnande över M-läge som dagens hörseltekniska hjälpmedel inte kan kopiera är just de binaurala effekterna. Ett hörseltekniskt hjälpmedel förmedlar signalen som en monosignal, d.v.s. över en kanal vilket kan få som effekt att på kort avstånd och i lugna miljöer kan i vissa fall lätt hörselskadade höra bättre med enbart hörapparat i M-läge jämfört med över ett hjälpmedel (se PM nr 7; Odelius 2007).

### Hörapparater tillsammans med en extern mikrofon

Till hörapparaternas elektriska ingång kan anslutas en extern mikrofon som antingen kan vara rundupptagande eller riktad. Om

den placeras centralt på ett bord bör den vara rundupptagande och ger då liten vinst i signal-brus-förhållande. Om den skickas runt och används nära de olika talarnas mun erhålls stor vinst. En riktad mikrofon kan hanteras av den hörselskadade eller skickas runt. Är mikrofonen trådlös blir det givetvis lättare att skicka runt den bland kamraterna. I många fall används lärarmikrofonen i ordinarie klassrumsutrustning på detta sätt om det inte finns flera mikrofoner att tillgå.

Ett alternativ som ger många möjligheter är en annan typ av trådlös mikrofon vars användningssätt kan förändras både vad gäller placering och riktningskaraktäristik. Dels kan eleven hålla den i handen och rikta den mot talaren, dels kan den placeras på ett bord alternativt sändas runt bland eleverna. Med en omkopplare kan eleven välja vilken riktningskaraktäristik som passar bäst i olika situationer. För att kunna utnyttja detta system fullt ut krävs både mognad och motivation av eleven. Viss utrustning framtagen för konferenssituationer bygger på en centralt placerad mikrofon som tillsammans med viss signalbehandling ska möjliggöra ett störningsfritt lyssnande, se mer om dess användning i Dialogprojektet nedan. Den centrala placeringen ger för vissa talare ett kortare mikrofonavstånd, jämfört med enbart hörapparater, och därmed ett bättre signal-brus-förhållande, medan effekten av signalbehandlingen inte förmår konkurrera med system som bygger på ännu kortare mikrofonavstånd.

I Sverige har det pågått ett projekt för att stimulera till ökad dialog i hörselklasser. Projektet var treårigt och fick stöd av Skolverket (Skolverket, 2000; Ivarsson, 2005). Utgångspunkten var att pedagogik och teknik inte gynnat dialogiska lärandemiljöer för hörselskadade. I projektet har hittills, för elevmedhöringen, använts en på arbetsbordet **centralt placerad permanent inkopplad mikrofon** med viss signalprocessning. Vinsten som rapporterats är att elevernas dialog blivit mer spontan och naturlig när man slipper knapptryckningar, men samtidigt konstateras att

vissa elever upplever ljudkvaliteten som sämre. Både lärare och elever önskar att det utvecklas utrustning där upp till tre anläggningar kan användas samtidigt i klassrummet (Wennergren 2002). Denna lösning är omöjlig så länge man arbetar med de långa mikrofonavstånd som den centrala bordsmikrofonen ger. Det kräver korta mikrofonavstånd som exempelvis i RGH-modellen nedan (Gustafsson 2002). Någon utveckling av tekniken, vilket var avsikten med ett tekniskt projekt som avknoppades från den pedagogiska delen, har ännu inte presenterats.

Det tekniska projektet (Odelius 2005) har hittills i stället varit inriktat på att utveckla metoder för att utvärdera hörselteknisk utrustning för skolbruk. Av publicerade rapporter kan konstateras att långt mikrofonavstånd inte låter sig kompenseras av olika former av signalbehandling och att flertalet elever använder hörapparaterna i M-läge i stället för att utnyttja hörapparaternas T-läge tillsammans med hjälpmedlet (Odelius 2007). Härmed bekräftas den analys som gjordes i PM nr 7 (2006), och som baserats på olika projektrapporters (Dialogprojektet 2007) iakttagelser av elevernas användning och uttalande om hjälpmedlets funktion. I PM nr 7 gjordes beräkningar på hörselskadades behov av SNR vilket ställdes mot vad som erhöles via hjälpmedlet och resultatet blev att det kunde förväntas att de lättast hörselskadade skulle vara lika hjälpta av sina hörapparater i M-läge och att de gravast hörselskadade inklusive CI-användare skulle kräva utrustning som gav bättre SNR, d.v.s. använde kortare mikrofonavstånd. Det sista bekräftas i senare projektrapporter där man konstaterar:

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 elevmedhörning är **takmikrofonen** som har använts både inom 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 har man från Norge, där man på vissa håll, efter relativt frekvent utnyttjande, helt lämnat användning av produkten (Jonassen 2004, 2007). Ett test på RGH gav även negativt resultat (Gustafsson & Sandmon 2004) och efter en längre tids användning söker man nya lösningar även på Fredericiaskolan i Danmark (Møller Kristiansen 2007).

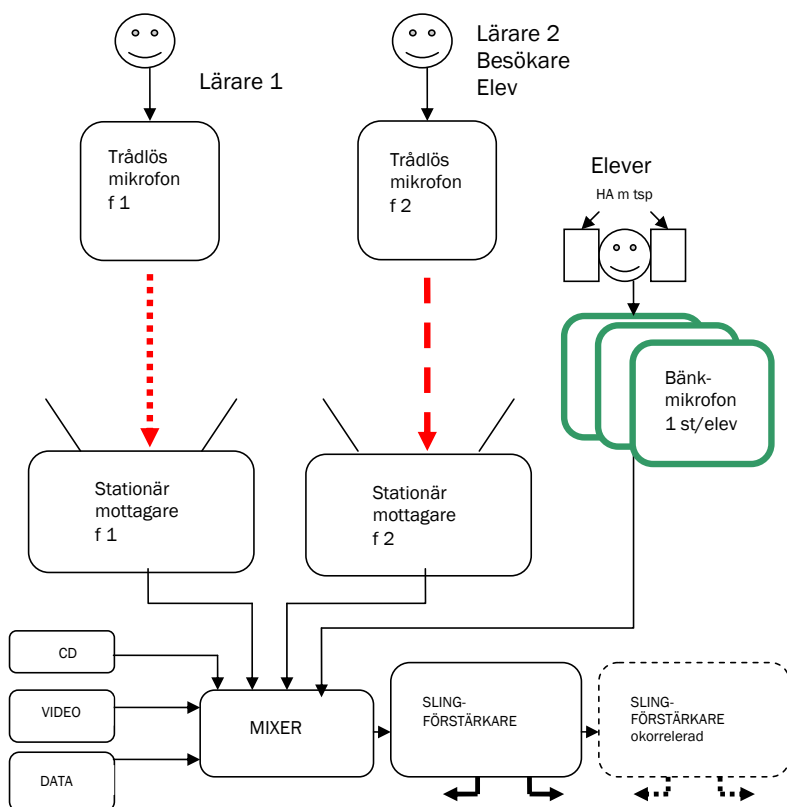
#### **Hörapparater tillsammans med flera externa mikrofoner**

Sedan länge 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 varit placerade i en halvcirkel för att underlätta talavläsning och alternativ visuell kommunikation. Denna **klassiska hörselklassutrustning** har haft 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 6 visar mikrofontypen och anläggningens uppbyggnad. (För mer detaljer hänvisas till bilaga 2, fig. 1a).

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 att den inte är så lätt att anpassa till grupparbete. Ett norskt företag, Vestfold Audio, har nyligen introducerat en trådlös bordsmikrofon, vilket gör möbleringsförändringar lättare men vilken å andra sidan kräver lika många radiokanaler som antal mikrofoner.

Även om elev-elev-kommunikationen rent tekniskt fungerat bra med klassrum och bänkar i halvcirkel och bordsmikrofoner på varje bänk, så 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) där man med hjälp av begränsade teleslingor kunnat arbeta i samma klassrum vid upp till tre bord samtidigt utan att störa varandra. Vid varje bord 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 alla på en gång, allt efter pedagogiska önskemål och elevernas behov av störningsfri ljudåtergivning. Systemet som går under beteckningen **RGH-modellen** har alla fördelar som man kan kräva av en utrustning som ska fungera i en dialogpedagogisk situation där grupparbeten är ofta förekommande. En nackdel är att det för närvarande är en fast installation och att vissa komponenter inte är kommersiellt tillgängliga utan kräver hörselteknisk personal inom verksamheten. Efterfrågan finns på en liknande produkt både från andra skolor och även de hörselskadades organisationer.



Figur 6. Klassisk hörselklassanläggning. Elevmikrofoner på varje elevbänk. Bänkarna placerade i halvcirkel.  
Bild: Comfort Audio

Finns eller har det funnits några tankar på att realisera en "RGH-modell" i en variant som inte kräver installation? Nedan redogörs för två ansatser som kan vara intressanta att belysa, "NAL-modellen" och "Companion Mics".

**NAL-modellen** är en beteckning som jag valt 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, d.v.s. bärbara FM-system som endast premierade kommunikationen lärare-elev, startades ett utvecklingsprojekt där elev-elev-kommunikationen bedömdes som lika viktig (Byrne & Christen 1981). Bland de krav som ställdes var att utrustningen skulle kunna arbeta trådlöst med en radioöverföring både mellan lärare-elev samt elev-elev, och utnyttja korta mikrofonavstånd. Detta förtydligas genom följande, även idag aktuella, uttalande:

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 (s. 299).

Den teknik som valdes byggde på en radioöverföring kallad "induction field RF (FM) amplification". Även om man utnyttjar induktiv överföring, i likhet med teleslingöverföring, så kräver detta system ingen fast installation, arbetar med en högfrekvent bärvåg och har en väl definierad räckvidd som kan 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 närmsta.

Detta är en lösning som för närvarande endast tillgodoses av RGH-modellen (Gustafsson 2002) men i NAL-modellen kunde det ske utan en fast installation. Trots de pedagogiska fördelarna med systemet hade det inte den framgång som man kunde förvänta, till stor del troligen beroende på att utrustningen hade ambitionen att kunna göra "för mycket" vilket gick ut över handhavandet, och att utrustningen med den teknik som vid den tiden stod till buds, blev relativt klumpig. I dag när de dialogpedagogiska tankarna har större förankring vore det intressant, om en teknisk lösning som utnyttjar mer modern teknik, kunde presenteras.

**Companion Mics** är framtagen för hörselskadade 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, som sysslat med utveckling av hörapparatkomponenter såsom olika typer av mikrofoner, hörtelefoner och kretsar för hörapparater. Företaget är även engagerat i flera forskningsprojekt där bl.a. hörselskadades behov av ett bra SNR visats (se Killion & Niquette 1999 och fig. 3). Tanken med produkten är att åstadkomma ett system där en hörselskadad person med 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 detta är den femte varianten av utrustningen, vilken anses vara bättre än tidigare testade lösningar, bl.a. olika typer av FM-system. Tekniken som används är välkänd inom digital telefonteknik och skulle eventuellt efter viss modifiering och anpassning kunna ingå i ett skolsystem. En tillämpning skulle kunna vara att få en trådlös variant av RGH-modellen.

För den individualplacerade eleven har utvecklingen i Sverige inte inneburit några påtagliga förbättringar vad gäller elevmedhöring och anpassning till dialogiskt lärande. Två

trådlösa mikrofoner som betjänar lärare och elever har kanske varit den mest avancerade lösningen.

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 och som hölls nära munnen. Två elever delade på en mikrofon. Vik & Lange (1995) redovisar erfarenheter där eleverna håller mikrofonerna ca 20 cm från munnen och Tveit (2000) har förändrat utförandet och användandet så att eleverna håller 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 kräver disciplin av användarna. Trycker flera elever samtidigt på mikrofonens strömbrytare bildas, genom interferens, störande brus.

En helt ny utvärdering (Rekkedal 2007) visar att antalet elevmikrofoner i klassen har avgörande betydelse för funktionen. Rekkedal kunde se en skillnad i möjligheterna att delta och uppfatta kommunikationen i olika former av undervisning, på så sätt att den 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 har jag valt att benämna den "**norska modellen**". Tyvärr har den först under 2006 börjat användas i Sverige bland individualplacerade elever. I Örebro län har ett antal klasser utrustats med en elevmikrofon per 4-5 elever (se "Ökad delaktighet för elever med hörselnedsättning" 2007). Inom specialskolan eller hörselklasser har tekniken inte fått någon större spridning, kanske beroende på att endast en mikrofon kan vara inkopplad åt gången eller att många elever vill ha händerna fria för teckenstöd eller bokstavering.

## Hörseltekniska myter

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 litet som undervisning av hörselskadade i grupp 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. **Om ett hjälpmedel utvecklats för specialskolans behov blir det sannolikt ett bra hjälpmedel. Är det däremot utvecklat för en annan målgrupp eller annan verksamhet är det inte troligt att det är ett bra hjälpmedel för specialskolan, hur nytt det än må vara.** Exempel på hjälpmedel som introducerats i skolan men som egentligen haft 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 ett bra SNR (se avsnittet "Hörselskadades behov av ökat signal-brusförhållande" samt figurerna 3 och 8). Ett annat är det mer individuellt och monologiskt orienterade Phonak MLx-S, vilket oftast används i undervisningen av individualplacerade elever.

Överhöringsproblematiken, d.v.s. att man kan höra en intilliggande teleslinga i ett angränsande utrymme, har varit uppmärksammat allt sedan introduktionen av teleslingor och olika förslag har funnits för att lösa detta problem. Det bör observeras att problemet överhuvudtaget inte existerar med rätt avstånd mellan slingorna och detta avstånd går i allmänhet att beräkna.

Problemet uppkommer då man i likhet med specialskolan vill använda många slingor samtidigt inom en skolbyggnad som inte planerats för detta. I dag finns den okorrelerade slingtekniken som medger ett kraftigt reducerat avstånd, men också möjligheten att använda begränsade slingor i olika former som man exempelvis gör i RGH-modellen. **En liknande överhöringsproblematik som den vid användandet av teleslingor uppkommer även när man använder radioöverföring via FM-teknik.**

Hade vi endast tillgång till en radiokanal skulle problemet vara mycket stort, och liknande det som gäller slingor. Nu har vi 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 ska användas i varandras geografiska närhet. Likaså kan det uppstå blandningsprodukter mellan olika frekvenser som gör att antalet användbara frekvenser ytterligare minskas. En annan komplikation fås om frekvenserna inte är bundna till vissa rum utan till lärare vilka är rörliga och undervisar olika elever på olika platser med t.ex. ett system som Phonak MLx-S eller ett annat mini-FM-system. Detta gör att situationen vid större skolenheter som Birgittaskolan och RGH, och i framtiden övriga specialskolor, inte går att jämföra med vad som råder för individualplacerade elever och enstaka hörselklasser i kommunala skolor, där behovet av kanaler är betydligt mindre.

## Radioteknik och FM-system i skolan

Trådlösa mikrofoner och FM-system utnyttjar radioöverföring för att ge elever och lärare rörelsefrihet. 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 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 vi till 800 MHz området så finns där mer av professionell utrustning med utrymme för många kanaler i ett område som är mer störningsfritt. Antennlängderna blir dessutom kortare. I det mellanliggande området runt 200 MHz ligger idag det mesta av den teknik som är framtagen för hörselskadade. Egenskaperna när det gäller störningar och antennlängd hamnar mellan de båda tidigare frekvensbanden. Rent praktiskt har utrustning i detta band kunnat göras relativt strömsnål vilket underlättat utvecklandet av mini-FM-system som kan arbeta med hjälp av en hörapparats batteri.

Ett FM-systems ljudkvalitet beror på flera faktorer. Har man begränsat utrymme och begränsad tillgång på ström får man göra vissa kompromisser. I ett mini-FM-system finns ibland, bland vuxna hörselskadade användare, upplevelsen av att det hörs ett brus, ofta benämnt ”FM-brus”. Små barn har däremot inte alltid initialt upplevt 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. Bättre hörande elever besväras särskilt av detta (se t.ex. Jonassen 2004). En annan orsak har snarare att

göra med räckvidden hos systemen. Räckvidden är bl.a. beroende av antennernas effektivitet. I ett mini-FM-system är antennerna mycket korta och ofta riktade. Detta ger kort räckvidd. Vad som händer när man ökar avståndet mellan sändare och mottagare är att en successivt svagare signal når mottagaren och detta orsakar ett s.k. ”räckviddsbrus”. När bruset blir för kraftigt i mottagaren brukar en anordning kallad ”squelch” bryta den brusiga talsignalen och eleven hamnar i tystnad.

Dessa radiosignalers utbredning är inte lika förutsägbara som en signal från en teleslinga. Framförallt beroende på mängden metallföremål i anslutning till lokalen kan direkta radiovågor och reflexer orsaka s.k. ”döda fläckar” eller ”dropouts”. Dessa kan i vissa lokaler bildas på både kortare och lägre avstånd från sändaren. Med en stationär radiomottagare med diversitetsmottagning över två antenner kan dessa problem elimineras. Hur lång är då räckvidden hos en mini-FM-mottagare? Utomhus när det inte finns några störande reflektorer kan man ha relativt lång räckvidd, inomhus är den mycket mindre och inte speciellt förutsägbar. Olika fabrikanter anger avstånd inomhus mellan 5 och 40 meter. Betraktar man ett stationärt system utnyttjar man normalt dels diversitetsmottagning för att få längre och säkrare räckvidd som nämndes tidigare men också en högre deviation när man modulerar bärvågen. Man har 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 beroende på brist på frekvensutrymme och stationära utnyttjar en högre gör att dessa system inte är kompatibla. En sändare med låg deviation passar inte till en mottagare inställd för hög deviation och tvärt om. 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. Detta blir viktigt i en flexibel skola där man inte alltid kan förutsäga vilka hjälpmedel som ska användas.

Ovan beskrivna förhållanden framgår aldrig av kommersiellt broschyrmaterial, men kan upptäckas i annan redovisning som riktar sig till

mer professionell personal som ska syssla med utprovning av produkterna (se t.ex. Platz 2003; Oticon 2007).

---

## Översikt och slutsatser

I figur 7 sammanfattas de krav som en skadad hörsel ställer på ett bra signal-brus-förhållande och det relateras till olika akustiska störnivåer i undervisningslokaler, samtidigt som man försöker åskådliggöra möjligheterna att förbättra förhållandena med olika tekniska 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 1 m) efterklanger att börja påverka den totala nivån. Vid ca 1-2 m kommer tidiga reflexer att bidra till att höja ljudnivån något, medan sena reflexer på längre avstånd kommer att bli 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 nivån vid myggmikrofonen redovisas med en större oval än halskroksmikrofonen beroende på att 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

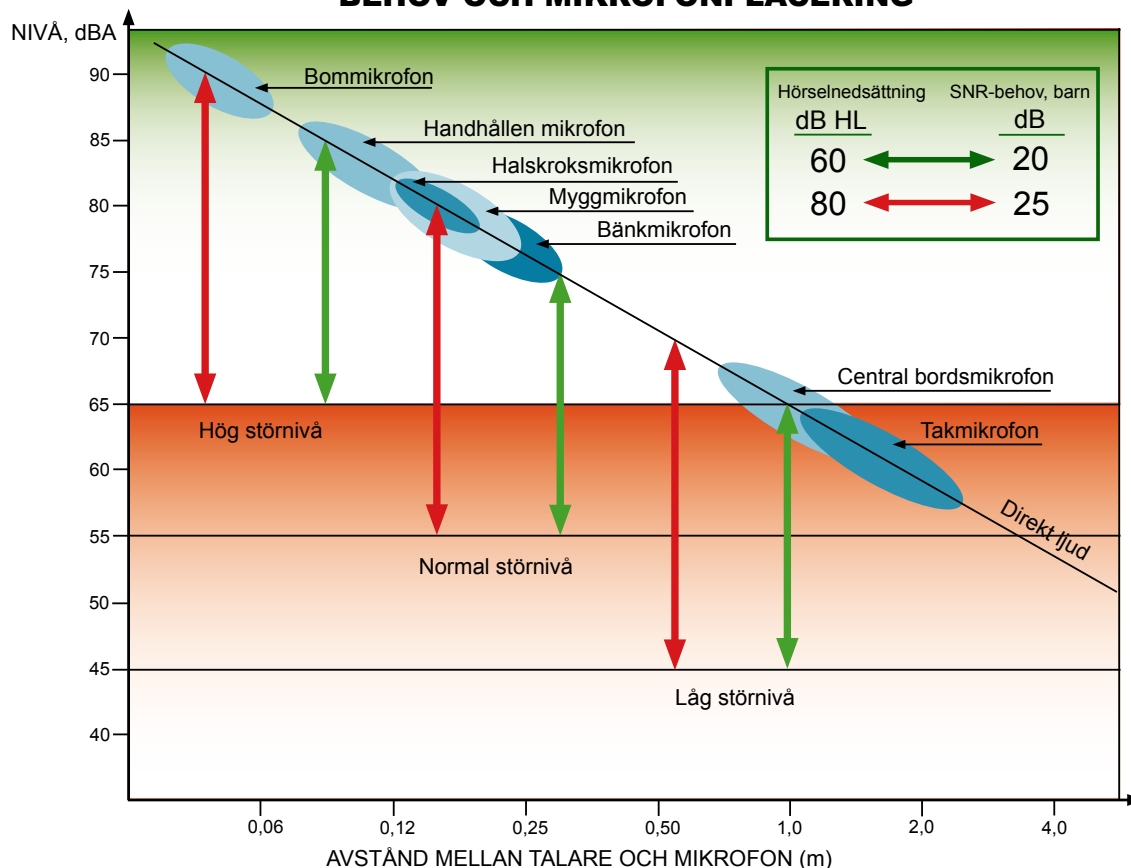
& Riggs (1984). De kan tänkas representera ett mycket tyst klassrum med individuellt arbete, ett klassrum där dialogisk aktivitet i smågrupper förekommer och slutligen ett klassrum där ljudnivån är så hög som den kan vara i en större klass för hörande.

Genom att placera in SNR-behovet för barn med två olika grader av hörselnedsättning (60 respektive 80 dB HL; CI-användare antas tillhöra den sista kategorin) som pilar mellan talnivå och störnivå kan man avläsa vad som kan vara ett rimligt mikrofonalternativ. SNR-behovet är grundat på det resonemang som fördes tidigare och det underlag som redovisades i fig. 3.

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.

Sammanfattningsvis, för att få en dräglig lyssningssituation för även de gravast hörselskadade, måste störnivåerna hållas så låga som möjligt bl.a. genom god akustikbehandling och att **talsignalen från såväl lärare som elever** måste fångas upp nära talaren för att ge ett tillräckligt bra SNR.

## TALAVSTÅND, TALNIVÅ, STÖRNIVÅ, SNR-BEHOV OCH MIKROFONPLACERING



Figur 7. Översikt av några parametrar som påverkar en hörselskadad elevs möjligheter att följa med i undervisningen. Sambandet mellan SNR-behov vid olika grad av hörselskada, 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 gravt hörselskadade korta mikrofontavstånd 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.

# Resultat och diskussion

I den relativt utförliga bakgrundsdelens har redan mycket av den analys av både hjälpmedel och forskningsresultat gällande hörselskadades behov av bra akustik och hjälpmedel redovisats.

I denna del kommer specificerade resultat och diskussioner som mer ingående tar hänsyn till situationen inom specialskolan att redovisas.

## Något om elevmaterialet

Någon speciell insamling av hörselnedsättningsdata på specialskolelever har inte gjorts inom projektet. En uppfattning om graden av hörselnedsättning är ändå viktig att ha. Från andra projekt har därför nedanstående uppgifter hämtats.

Hendar (2005) redovisar audiogramdata från Östervångsskolan år 2002. Bästa örats medelvärde för frekvenserna 0,5, 1 och 2 kHz gav följande fördelning: 5 elever (6%) hade en nedsättning i intervallet 40 - 60 dB HL; 12 (15%) i intervallet 61 - 75 dB HL; 19 (23%) i intervallet 76 - 93 dB HL och 45 (56%) hade nedsättningar större än 93 dB HL. I studien redovisades inte barn med CI, vilka vid den tidpunkten sannolikt inte var så många.

I utredningen *Alvikskolan och Manillaskolan* (Lindberg, Norman och Tepphag Olson 2004) redovisas motsvarande hörselnedsättningsmedelvärden för både Alvikskolan och Manillaskolan för vårterminen 2004. I materialet ingår både förskoleklass och särskola. Fördelningen för Manillaskolan var följande: 2 elever (1%) hade en nedsättning i intervallet 0 - 29 dB HL, 8 (5%) i intervallet 30 - 59 dB HL, 41 (27%) i intervallet 60 - 89 dB HL och 100 (66%) hade nedsättningar större än 90 dB HL. Vid Alvikskolan fanns elever inom samma hörselnedsättningsintervall men med en annan fördelning där de flesta eleverna låg i intervallet 30 - 59 dB HL. Fördelningen om man jämför Östervångsskolan med Manillaskolan visar en likartad fördelning där flertalet elever har nedsättningar större än 90 dB HL.

Jämför man hörselnedsättningsgraden vid de två specialskolorna redovisade ovan med tidigare undersökningar är det utan tvekan så att andelen bättre hörande elever är större idag än vad som redovisades för specialskolan av Lundberg (1962) och Hammarstedt & Amcoff (1979). Enligt den första studien hade 22% av eleverna vid "dövskolorna" bättre hörsel än 90 dB HL och enligt den andra hade 17% av "specialskolornas interna klasser" bättre hörsel än 90 dB HL. Detta ska ställas mot Östervångsskolans siffror enligt Hendar (2005) där 44% hade bättre hörsel än 93 dB HL och siffrorna från Manillaskolan där 34% hade bättre hörsel än 90 dB HL. Till detta kommer att andelen elever med nedsättningar större än 90 dB HL som opererats med CI ökar och uppgick enligt Hermanson (2006) till ca 17%. Detta, sammantaget med de elever med hörsel bättre än 90 dB HL, gör att ca hälften har goda förutsättningar för att kunna, under gynnsamma betingelser, fungera i en talspråkig undervisningssituation. Detta stämmer väl med uppgifter från Birgittaskolans hörselingenjör Bengt Gustavsson (pers. komm.) där 46% av eleverna (varav 24% med CI) vårterminen 2007 fick sin undervisning i talspråkig grupp.

Birgittaskolans elevmaterial har tidigare haft en annan karaktär än övriga "dövskolors" och redovisas separat av Lundberg (1962). Elevgruppens hörselnedsättningsfördelning låg då mellan dåtidens hörselklassers och dövskolors. Den typiska "Örebroelevens" hörselnedsättning befanns inom intervallet 60 - 90 dB HL. Efterhand har specialskolornas elever närmast varandra hörselmässigt och ur statistik från vt 1994 (Birgittaskolan 1995) kan utläsas att 39%

av de 158 eleverna hade hörsel bättre än 90 dB HL vilket relativt väl motsvarar de värden som angivits för Östervångskolan år 2002 (44% hörde bättre än 93 dB HL) och Manillaskolan vt 2004 (34% hörde bättre än 90 dB HL).

Vid beräkningarna ovan har gränsen 90 dB HL, undantaget materialet från Östervångskolan, använts för att göra en grov uppskattning av förändringarna över tid vid den svenska specialskolan. I det tillgängliga materialet var denna gräns identifierbar. Detta i motsats till gränsen 100 dB HL som annars kanske är en bättre vattendelare mellan en hörsel som kan vara användbar för taluppfattning med hörapparat förutsatt tidigt användande och en som inte ger

något språkligt utbyte på samma sätt (se t.ex. Gustafsson 1985). I och med introduktionen av CI finns inte längre någon lägsta gräns i audiogrammet där man kan anta att ett språkligt resultat uteblir förutsatt tidig stimulering.

Konsekvensen av elevernas grad av hörselnedsättning och individuella hjälpmedel i form av hörapparater och/eller CI är att de kräver en väl tillrättalagd akustisk miljö och hörseltekniska undervisningshjälpmedel som arbetar med korta mikrofonavstånd. Detta utesluter naturligtvis sådana lösningar som presenterades i figur 7 under rubriken central bordsmikrofon och takmikrofon.

---

## Akustiska förhållanden

De svenska specialskolorna är byggda under olika epoker och i många fall utan den hänsyn till akustisk miljö som finns idag. De äldsta är dessutom skyddade av antikvariska skäl och möjligheter att åtgärda vissa utrymmen har hittills inte funnits. Även i de antikvariskt skyddade skolorna har klassrummen i allmänhet fått en mer tidsenlig akustikbehandling medan akustiken i trapphus, korridorer, kyrksalar m.m. däremot inte är förenlig med vad som borde krävas av en skola som ska undervisa elever som använder hörapparater och CI.

Författaren har besökt samtliga skolor och inspekterat representativa lokaler med hänsyn till akustikbehandling. Givetvis har det varit viktigt att notera goda lösningar och avsikten har varit att göra mätningar av olika lokalers akustiska kvaliteter. Prioriteringar har dock fått göras, vilket i sin tur har lett till en viss fokusering på problemlokaler. I vissa fall har speciella PM utarbetats som underlag för förbättrande åtgärder.

Nedan kommer en kort och sammanfattande genomgång av de olika skolornas situation.

### *Birgittaskolan*

Under 2006 har Birgittaskolans högstadium, efter flera års lokalisering på annan plats, flyttat tillbaka till den ursprungliga skolbyggnaden på Oskarsvägen. Denna skola byggdes i början på 60-talet utan stöd av de akustiknormer som togs fram senare (Johansson 1968) men har successivt förbättrat sin akustiska miljö så att klassrum och övriga lokaler idag håller hög standard. En nybyggnad i form av en stor gymnastikhall med biutrymmen är akustiskt föredömlig. I samband med flytten av högstadiet gjordes en del ombyggnationer på Oskarsvägen. Akustiska förhållanden i såväl äldre som i de nybyggda rummen har kontrollerats och befunnits väl uppfylla befintliga normer med efterklangstider runt 0,3 resp. 0,4 sekunder.

Emellertid kvarstår två problem som kräver åtgärder. Det ena är en lokal som finns externt, den s.k. Österängsskolan, vilken hyrs för kortare perioder. Lokalen används för undervisning av elever som är i behov av en i flera avseenden lugn och ombonad miljö. Rent akustiskt är lokalen tyvärr mycket dålig med tanke på att elever med hörapparat och CI vistas där. Ljudnivåerna är så höga att även lärarna blir mycket besvärade. Lokalen bör omedelbart

åtgärdas eller lämnas. För mer detaljer hänvisas till PM nr 8. I skrivande stund rapporterar Birgittaskolan att åtgärder påbörjats. Det andra problemet, magnetiska störningar i lokalerna vid Oskarsvägen, har varit föremål för utredningar och till viss del blivit löst. Femledarsystem har introducerats och förbättrat situationen avsevärt, men en obalans i strömmar kvarstår fortfarande och ger något höga magnetiska störnivåer i vissa lokaler som vetter mot Oskarsvägen. För mer detaljer hänvisas till PM nr 8.

#### *Kristinaskolan*

I likhet med Birgittaskolan är Kristinaskolan en skola som efterhand, sedan den byggdes 1948, fått en mer anpassad akustik. I dag ligger efterklangstiderna för de flesta klassrummen under de krav (0,5 sekunder) som specificerades enligt Johansson (1968). Förbättringar pågår kontinuerligt i samarbete med Specialfastigheter. Ett problem som uppkommit i samband med förändring av ventilationen i AB-huset är att ventilationsbullret ökat och idag ligger på oacceptabla 37 dBA i vissa rum. Detta måste åtgärdas så att ljudnivån åtminstone reduceras till 30 dBA och helst till den nivå som specificeras i avsnittet "Önskvärda akustikkraV".

Den nybyggda aulan har mycket bra akustiska egenskaper, medan den äldre gymnastiksalen är i stort behov av akustikanpassning.

#### *Manillaskolan*

Manillaskolan är en äldre byggnad i fyra våningar. Den är antikvariskt skyddad vilket leder till stora svårigheter att anpassa akustiken, speciellt i korridorer och trapphus samt i större lokaler, exempelvis kyrksalen. Klassrummen har i viss omfattning fått en förbättrad akustikbehandling. Speciellt intressanta är de tre rum som under senare år åtgärdats enligt en modell som föreslagits av akustikkonsult Lennart Nilsson. Efterklangstiden i ett av dessa, rum 051, har uppmätts till 0,35 sekunder. Detta rum bör kunna vara ett referensrum för fortsatt akustikbehandling av skolans klassrum för undervisning av elever med hörapparater/CI. För mer detaljer hänvisas till PM nr 3.

Ett mycket stort problem är den dåliga bjälklagsisoleringen, vilken noterades på flera platser i skolan och gjorde att allmän elevaktivitet, stolskrap och andra stegljud hördes till våningen under med relativt hög nivå. Vid fortsatt eventuell utbyggnad av okorrelerade slingor i golv bör detta kombineras med förbättring av bjälklagsisoleringen. Ett annat problem är den dåliga ljuddämpande förmågan hos många dörrar, vilket tillsammans med korridorers dåliga akustik, stengolv och på vissa håll elevskåp, ger störningar in till klassrummen.

Sammanfattningsvis är lokalerna idag som helhet inte lämpade för utnyttjande av varken hörapparater eller CI och det bör göras en mycket ingående analys och bedömning av vilka åtgärder som får och är möjliga att göra med hänsyn till antikvariska regler.

#### *Vänerskolan*

Skolan består av både äldre och nyare delar. De äldre delarna har de ovan nämnda problemen med dålig akustik i trapphus och korridorer.

Klassrummen fick i samband med en totalrenovering 1996 en relativt god akustikbehandling. Lite märkligt är dock att ett hörselklassrum är det enda rum som har en golvyta av parkett, vilket ger en hög stegljudsnivå och bidrar till en onödigt hög aktivitetsljudnivå. Vidare är detta rum beläget i omedelbar närhet till en större elcentral vilket ger en magnetisk störnivå som kan upplevas negativt vid lyssnande över teleslinga. För en diskussion om elektriska störnivåer hänvisas till PM nr 8. Det är viktigt att i anslutning till framtida placering av hörselklasser med teleslinga beakta såväl golvbeläggning som magnetiska störnivåer.

En stor gymnastiksal med bra akustik finns.

#### *Åsbackaskolan*

Åsbackaskolan består av övervägande nybyggda delar. Tidigt uppmärksammades projektledaren på de relativt nybyggda elevbostädernas mycket dåliga akustiska kvalitet. Detta föranledde besök och mätningar som visade på helt oacceptabla förhållanden (se PM nr 6). Förbättrande åtgärder har vidtagits av fastighetsansvariga men

kontrollmätningar är ännu inte utförda. De äldre elevbostäderna har däremot mycket god akustisk kvalitet.

Den nybyggda skoldelen har klassrum med efterklangstider som klarar de befintliga kraven enligt Johansson (1968). Efterklangstiderna är ca 0,4 sekunder. Interna störnivån från installationer är också acceptabel. Ett problem är stomljud (ljud som fortplantas i byggnadskonstruktionen) sannolikt orsakade av det traverssystem som används för förflyttningar av gravt rörelsehindrade elever. Likaså har dörrkonstruktionerna för låg isolering och gör att ljud från angränsande utrymmen kan bli störande för hjälpmedelsanvändare.

Träslöjdsalen har trots parkettgolv en mycket bra akustik. Förutom god akustikbehandling i tak är även vissa väggytor akustikbehandlade.

Den skoldel som man står i begrepp att lämna, ”Dansutskolan”, har för sina klassrum en standard som ansluter till gällande krav med efterklangstider på 0,5 sekunder eller strax under.

Den gamla skoldel som inrymmer klassrum, fritidslokaler och gymnastiksal har en varierande akustik enligt följande:

Klassrum nr 37 har en mycket kort efterklangstid beroende på dubblerade takbehandlingar, däremot är ventilationsljudet för högt. Dörrisoleringen är för dålig främst p.g.a. saknad golvlist. Fritidslokalen R35 har med hänsyn till dess storlek förvånande kort efterklangstid, den förhöjda efterklangstiden från 1000 Hz och uppåt skulle lätt kunna justeras med porösa akustikskivor, klass A på lediga väggytor. Även här saknas dörrrens golvlist. Gymnastiksalen har en acceptabel efterklangstid, men dess parkettgolv ger onödigt högt aktivitetsljud.

Sammantaget ger Åsbackaskolans lokaler en ur akustisk synpunkt mycket splittrad bild, där kontrasterna har representerats av en mycket välfungerande träslöjdsal och tre

relativt nybyggda elevboenden med mycket dåliga akustiska förhållanden. En bidragande orsak till den ojämna standarden är sannolikt att elevgruppens varierande funktionshinder, utöver hörselnedsättningar, har fått styra lokalutvecklingen.

#### *Östervångsskolan*

Denna skola har stora likheter med Manillaskolan när det gäller den akustiska miljön: trapphus, korridorer och en kyrksal som av antikvariska skäl inte har låtit sig anpassas till krav som ska ställas på lokaler där hörapparat/CI-användare ska vistas.

En generell översyn av akustiken i klassrummen gjordes i samband med renovering av skolan 1998. Klassrummen på plan 3 upplevs som bäst ur akustisk synpunkt på grund av lägre takhöjd men också genom att bättre dörrar med högre ljudisoleringsförmåga installerats. Under senare år har flera av de rum där hörselteknisk utrustning används fått kompletterande akustikbehandling. Detta har skett i samråd med akustikkonsult. Utöver klassrummen har även en avsevärd förbättring gjorts av matsalens akustiska miljö och gymnastiksalen står på tur.

I likhet med Manillaskolan kvarstår dock det faktum att t.ex. trapphus och kyrksal (samlingssal) hittills inte kunnat åtgärdas av antikvariska skäl. Vikten av att förbättra dessa utrymmen med hänsyn till dagens elevgrupp är stora och bör diskuteras för att komma till en kompromisslösning som tillgodoser både antikvariska och akustiska/funktionella krav.

#### **Önskvärda akustikkrav**

Skollokalers akustik är mycket viktig, både för den som ska lyssna och för den som ska tala. Det finns många parametrar som bestämmer en lokals akustik. Här kommer endast två, efterklangstid och bakgrundstörnivå, att diskuteras.

Några moderna krav som tar hänsyn till en pedagogik som bygger på grupparbeten och som utformats med hänsyn till hörselskadade saknas i Sverige. I det följande görs ett försök att uppdatera tidigare krav. Ofta refereras till

en rapport som utarbetades på uppdrag av Byggnadsstyrelsen, *Akustiska kvalitetsnormer för skolor för hörselskadade* (Johansson 1968), där följande maximala värden redovisas:

| 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 olika internationella publikationer från 80-talet och till dags dato, anger för hörselskadades klassrum en efterklangstid av 0,4 sek (Crandell & Smaldino 2000).

Första gången man 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* (Arbetskyddstyrelsen & 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* (2001) anges, för undervisningslokaler i klass A (hög ljudstandard), följande värden för efterklangstid, definierad som högsta värde 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 dBA / 45 dBC |
| Undervisningslandskap | 30 dBA / 45 dBC |

Eftersom ovanstående värden gäller lokaler för hörande, blir det naturligt att välja klass A om vi ska applicera dem på lokaler för hörselskadade. 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).

Det är även med tanke på den ökande förekomsten av grupparbete i undervisning rimligt att betrakta de hörselskadades klassrum som undervisningslandskap vad gäller kraven på efterklangstid.

En sammanfattning av ovanstående skulle kunna motivera följande krav på klassrum för hörselskadade:

- **Efterklangstiden ska inom oktavbanden 125- 4000 Hz vara max 0,4 sekunder.**
- **Störnivån ska vara max 26 dBA/45 dBC.**

Mot detta kan den akustiska kvaliteten som finns i Alvikskolans G-hus\* vara ett mål för framtida byggnader för hörselskadade. Det bör dock observeras att en liknande standard även kan åstadkommas i äldre lokaler, t.ex. tidigare nämnda referensrum på Manillaskolan och de äldre klassrummen på Birgittaskolan.

\* Ett skolhus som togs i bruk 2004, där akustiken och övriga egenskaper viktiga för hörselskadade prioriterats.

## Förslag till framtida åtgärder

De två äldsta specialskolorna har sin speciella miljö där antikvariska krav hindrat en akustiskt adekvat helhetsmiljö. De båda skolorna har i samband med renoveringar på 1990-talet till och med fått en sämre akustik i vissa utrymmen. De tidigare lösningarna som syftade till optimal akustik ersattes med mer estetiskt anpassade lösningar som upplevdes mer smälta in i den antikvariska miljön. Så fick t.ex. Manillaskolan en takbehandling där hårda akustikplattor monterades relativt tätt mot taket, en lösning som är mycket olämplig om man syftar till hög ljudabsorption och bullerreducering.

Det är av yttersta vikt att välrenommerade akustikkonsulter anlitas vid förändringar, tills skolan själv besitter akustisk expertis som kan vara ansvarig för att lokalerna får lämplig akustikbehandling. Med hänsyn till de krav på tillgänglighet som ställs på statliga lokaler i framtiden så måste även ur den synpunkten förbättringar vidtas (Handisam 2007).

För undervisningslokaler bör de krav som skissades i föregående avsnitt vara målet vid alla renoveringar och nybyggnationer. Konkret gäller att anpassa sig till att undervisningsmiljön förändrats och går mot mer dialog och grupparbete, vilket kräver att klassrummen har en hög ljuddämpning som kan uppnås genom bl.a. användning av s.k. klass A-absorbenter som fördelas på flera av rummets ytor.

En detalj som under en period utnyttjats relativt lite är golvbeläggningar av typen textil- eller syntetmattor med hög stegljudsdämpning och relativt hög absorption. En norsk undersökning (se Jonassen 2004) har visat att dessa mattor upplevs av de hörselskadade som den mest betydelsefulla åtgärden för att få en god lyssningsmiljö i skolan. Att användningen minskat är av hänsyn till allergiker. Problemen,

trots rätt valda mattor, har dock sannolikt orsakats av dålig ventilation och/eller felaktiga städrutiner. Ett sätt att gardera sig för problem är att lägga in mattor som lätt kan tas bort, de kan vara i mindre kvadrater eller i utrullningsbara sektioner.

Något som jag har observerat vid några skolor är att valda möbler inte varit akustik- och hjälpmedelsvänliga. Exempelvis har skolbänkar

av äldre typ med bänklöck använts. Förutom att de är en ständig bullerkälla har de också komplicerat användandet av bänkmikrofoner. Användande av bänkar med eller utan hurts eller mer konventionella sammanträdesbord eliminerar vissa av dessa störningsproblem.

---

## Hjälpmedelssituationen

De olika specialskolorna i Sverige har varierande bakgrund och erfarenhet av undervisning av hörselskadade. Detta leder till olika beredskap att möta en ny epok där talinriktad undervisning ska kunna ges inom en tvåspråkig ram. Så har t.ex. Birgittaskolan med sin tidigare speciella roll som skola för "oegentligt döva" en helt annan tradition än de skolor som arbetat med "döva" elever. Birgittaskolans teknik har funnits på plats länge och dessutom har man kunnat se resultat av användandet på ett annat sätt än vid "dövskolorna". Örebro kommuns hörselklasser, där tekniken är ett naturligt och nödvändigt inslag, övertogs 1976 och har sedan dess krävt en kontinuerlig satsning på teknik och teknikutveckling.

Under läsåret 94-95, som torde representera en period med mycket låg aktivitet när det gäller talinriktad undervisning i specialskolan, så undervisades fortfarande 25% av de 158 döva och hörselskadade eleverna med tal och hörseltekniska hjälpmedel (Birgittaskolan 1995). För de övriga specialskolorna har hörseltekniken under en lång period däremot i det närmaste varit försvunnen. Den av "dövskolorna" som haft något mer hörselinriktning än de övriga är Kristinaskolan som inom sin verksamhet haft såväl statliga som kommunala hörselklasser. Detta gör att Birgittaskolan och Kristinaskolan idag har ett annorlunda utgångsläge än de övriga skolorna. Genom att man aldrig helt lämnat tekniken, utan på ett systematiskt sätt följt, och till viss del vidareutvecklat den inom skolan eller

i samarbete med industrin, kan Birgittaskolans teknik ses som en modell för övriga specialskolor. Närheten till och samarbetet med RGD/RGH har också haft stor betydelse

### Några övergripande krav på tekniken

Innan Birgittaskolans lösningar diskuteras i detalj är det viktigt att fokusera på några övergripande krav som kan ställas på den teknik som ska användas i en specialskola. Det är lätt att fastna i tekniska krav, men praktiska krav är lika väsentliga. Hörseltekniken bör således:

- fungera tillsammans med elevens individuella hjälpmedel (hörapparat/CI),
- tillgodose kraven på ljudöverföring mellan alla aktörer i klassrummet oberoende av grad av hörselnedsättning,
- vara så lättanvänd och driftsäker som möjligt med hänsyn till ovanstående krav,
- bygga på en för undervisningen utvecklad variant av teknik som tillämpas i övriga sammanhang i samhället.

Att bygga på det eller de hjälpmedel som eleven redan har "till vardags" är idag naturligt, då det gynnar elevens anpassning till dessa, vilket är speciellt viktigt för de yngre barnen. Ett dylikt förfarande sparar också tid, då byte till alternativ apparatur inte är aktuellt. Dessutom sker ju den viktiga tekniskt-audiologiska anpassningen till hörselskadan i det individuella hjälpmedlet.

Att alla aktörer i klassrummet – lärare, elever och besökare – ska kunna höras med en ljudkvalitet som accepteras även av de med största hörselnedsättningarna är en självklarhet. Detta innebär att det ska finnas flera mikrofoner för lärare/besökare samt elevmikrofoner som alltid används med korta mikrofonavstånd.

Ett hjälpmedel som är krångligt att använda blir ofta inte använt och det gäller särskilt för de elever med lätta hörselskador som då använder enbart sin hörapparat. Lättanvända hjälpmedel är dessutom ofta driftsäkra, vilket ger en för elever och lärare gynnsam situation så att man kan satsa på de pedagogiska uppgifterna.

Skolan är en del av samhället och det/de hjälpmedel som används i skolan bör byggas på samma teknik som används i hem och offentlig miljö. Exempelvis är teleslingan idag ett hjälpmedel som eleverna träffar på utanför skolan och dessutom förekommer i de fall eleven fortsätter sina studier vid RGD/RGH.

### **Några kommentarer till teknik och teknikutveckling vid Birgittaskolan\***

Vad som kännetecknat tekniken vid Birgittaskolan är man strävat efter en lättanvänd, driftsäker teknik som tillfredställt de krav som kommit från elever med olika grad av hörselnedsättning och pedagoger med olika pedagogisk inriktning. Så har det t.ex. varit naturligt att alltid se till att elev-elev-kommunikationen haft en möjlighet att fungera, samtidigt som skolan anpassat sig till två parallellt arbetande lärares behov av varsin mikrofon i samma klass.

Några kännetecken hos den teknik som används vid Birgittaskolan är:

- väl anpassad till dialogpedagogik genom elevmikrofoner på elevplatserna,

- uniform utrustning – lärare och elever känner igen sig när de byter lokaler,
- enkelt handhavande av utrustningen för lärare och elever, inga onödiga strömbrytare,
- teleslingor (okorrelerade) ger maximal komfort och driftsäkerhet för eleven,
- god radioöverföringsfunktion genom konsekvent utnyttjande av stationära diversitetsmottagare och anpassade antenner.

Elev-elev-kommunikationen har lösts med den teknik som varit tillgänglig, vilket innebär bänkmikrofoner som kunnat kopplas in manuellt, en i taget eller kollektivt (klassisk hörselklassutrustning). Under en period förekom ingen tillverkning av denna typ av utrustning utan man var hänvisad till att köpa konventionell konferensutrustning där endast tre enheter kunde vara inkopplade samtidigt. Denna utrustning ersätts successivt med sådan där man fritt kan välja inkopplingsalternativ. Olika former av dialogpedagogik har alltid intresserat lärarna och det var därför naturligt att även Birgittaskolan testade ”dosan”, det hjälpmedel som dominerat inom det svenska Dialogprojektet (Ivarsson 2005; se även PM nr 7). ”Dosan” jämfördes med en annan typ av central mikrofon (tryckzonsmikrofon), vilken upplevdes som bättre av flertalet elever (Bergqvist 2004). Denna mikrofon har följt en hörselklass under två år och man konstaterar nu efter en längre tids användning att erfarenheterna även med denna ”bättre” mikrofon liknar den som man fått inom Dialogprojektet (Odelius 2007), nämligen att eleverna övergår till att använda hörapparaterna i M-läge. Någon fortsättning på projektet med central mikrofon är inte planerad, i fortsättningen kommer i stället lösningar som bygger på korta mikrofonavstånd att väljas enligt hörselingenjör Bengt Gustavsson (pers. komm.).

Att tekniken ska vara lättanvänd, driftsäker och funktionell har inneburit att skolan, som under tidigt 60-tal använde trådbunden gruppförstärkarteknik, övergått till system som

\* En mer utförlig diskussion om teknik och teknikutveckling vid specialskolorna finns i PM nr 2: Hörselteknisk verksamhet vid specialskolorna och vid SPM centralt.

används tillsammans med elevens individuella hörapparater/CI. Detta har först varit konventionella teleslingor, sedan teleslingor med olika arrangemang för att minska överhöringen (initialt med hjälp av motfässlingor, sedan med s.k. okorrelerade slingsystem). Under en period användes förutom konventionella slingor även s.k. FM-slingor för att utnyttja maximalt antal rum för undervisning med hörseltekniska hjälpmedel. I dag är okorrelerad slingteknik standard, vilket ger en för eleven komfortabel utrustning samtidigt som lärare och elev har ett driftsäkert system som är enkelt att använda och ger en säkerhet genom likhet mellan olika klassrum.

Genom flytten av högstadielklasserna till Birgittaskolan på Oskarsvägen krävdes lokalförändringar och det ansågs svårt att få plats med all verksamhet utan att hitta ett alternativt ljudöverföringsätt till teleslingan. Phonak introducerade vid den tidpunkten en miniatyriserad FM-mottagare (MLx-S) med tillhörande sändare som marknadsfördes som ett mer eller mindre komplett skolsystem "Multifrekvens-FM – en ny standard för skolkommunikation". Det som var nytt var att mottagarens frekvens kunde styras av en enhet som placerades vid klassrumsdörren och genom att olika klassrum tilldelades olika frekvenser skulle systemet kunna användas i intilliggande klassrum utan överhöring. Problemet var bara att utrustningen i grunden var inriktad på en monologisk undervisningssituation, där elev-elev-kommunikation inte kunde täckas in på ett tillfredställande sätt. De försök som gjordes vid Birgittaskolan har därför skett med en utrustning som endast utnyttjat MLx-S-mottagaren och frekvensstyrningsenheten (Wall-pilot), medan övrig utrustning (elevmikrofoner etc.) varit identisk med den som ingår i den klassiska hörselklassutrustningen.

Resultatet blev att eleverna föredrog teleslingan som överföringsmedium framför MLx-S och de vanligaste angivna skälen till detta hängde ihop med lättanvändhet, driftsäkerhet och ljudkvalitet (för en utförlig redovisning, se PM nr 1 och dess bilaga 2 samt PM nr 4). Vad som inte redovisats i dessa PM är den utvärdering

som gjordes efter att eleverna återgått till teleslinga. Motsvarande frågor ställdes och även frågor som syftade till direkt jämförelse mellan systemen. Medan MLx-S bedömdes som "dåligt" eller "mycket dåligt" av alla utom en elev, så bedömdes teleslingsystemet som "bra" eller "mycket bra" av samtliga. Den elev som hade bedömt MLx-S som "mycket bra" vid första utvärderingen gjorde spontant en omvärdering av sin tidigare MLx-S bedömning till "ganska dåligt". Detta speglar nog den förändrade referens han fått till teknikfunktion under den tid han gått på Birgittaskolan. Eleven hade varit individualplacerad och förändringen när han fick komma till en mindre klass med specialutbildad lärare och möjlighet att höra kamraterna påverkade förmodligen hans bedömning av MLx-S i positiv riktning. Detta visar på vikten av att vid all bedömning ha kontroll över vad som jämförelsen görs emot. Någon introduktion av MLx-S blev inte aktuell vid Birgittaskolan, i stället kunde högstadiets flytt till Oskarsvägen lösas med okorrelerade slingor, tillsammans med viss schemaläggning av institutionslokaler.

En viktig detalj i Birgittaskolans hörselteknik har varit satsningen på trådlös teknik för att frigöra läraren från en mikrofonsladd. Allt sedan introduktionen av trådlösa mikrofoner har man fått en stor erfarenhet av problem runt denna FM-teknik. Den teknik som har använts i klassrummen har byggts på stationära mottagare som vid introduktionen arbetade i frekvensområdet 40 MHz. Ett problem som uppkom relativt snabbt var att antalet tillgängliga frekvenser/kanaler inte medgav den utbyggnad som var önskvärd. När produkter anpassade för undervisningen blev tillgängliga fanns bara tre kanaler, successivt ökades antalet till 16. Detta räckte emellertid inte till för stora skolenheter som Birgittaskolan och RGH, utan man tvingades låna "danska" frekvenser, vilket gav totalt 32 tillgängliga kanaler.

Ett problem var dock att alla dessa 32 kanaler inte gick att utnyttja samtidigt i denna relativt kompakta skolenhet. Det uppstod interferensproblem. Av den anledningen krävs, då som nu, att man gör en noggrann planering av frekvenser tillsammans med test av

mottagarnas placering för att kunna utnyttja så många kanaler som möjligt. Ett annat problem är radioöverföringarnas beroende av lämpliga antennplaceringar och antennkonstruktioner för att undvika minskad räckvidd och ”döda fläckar”. Även här har olika konstruktioner utvecklats som förbättrar säkerheten i radioöverföringen samtidigt som man i stor utsträckning utnyttjat diversitetsmottagning. Det sistnämnda är en teknik där varje sändares frekvens mottas via två mottagarmoduler med egna antenner och den antenn som för tillfället har bäst signal väljs. Successivt har en övergång till frekvensområdet 200 MHz skett varvid antennkonstruktion och antennplacering inte är lika kritiska som i 40 MHz-bandet, och samtidigt har diversitetsmottagning blivit standard på dagens mottagare. Detta fördjupade intresse för radioöverföringens funktion har gjort att Birgittaskolan haft en helt annan funktionsnivå på sina tidigare utrustningar på 40 MHz-bandet, jämfört med övriga specialskolor. Detta bidrar säkert till att eleverna ställer höga krav på ny teknik som t.ex. MLx-S, vilken arbetar med en mycket liten och riktad antenn som ger en mer osäker radioöverföring.

### Teknikval för specialskolan

Teknikvalet måste baseras på den teknik som finns idag, men samtidigt ha en framförhållning så att man inte hamnar i en återvändsgränd och väljer en teknik som inte går att integrera i en framtida verksamhet.

Ett önskemål från många lärare som ska ta sig an uppgiften att undervisa i en tvåspråkig modell, där talad svenska åter är aktuell, är att tekniken inte får vara för komplicerad utan enkel att arbeta med. Samtidigt finns en vilja att lära sig tekniken. Vad som är viktigt att poängtera är att lärarnas behov av att få en handhavandemässigt enkel teknik inte får gå ut över elevernas möjlighet till att få en ljudmässigt fungerande teknik. Däremot kan man med säkerhet säga att om eleverna får en handhavandemässigt enkel och effektiv teknik kommer undervisningen bli mer friktionsfri även för lärare och övrig personal.

### Fråga 1: Teleslingor eller mini-FM-system som överföring till elevernas hörapparater/CI?

Baserat på bl.a. kravet på enkelt handhavande för eleven, och även läraren, är valet **teleslinganläggningen**. I PM nr 4 som utarbetades inför Birgittaskolans flytt av högstadiet och där ett mini-FM-system (Phonak MLx-S) var aktuellt har dessa frågor ingående belysts. Här upprepas de synpunkter som kom fram efter besök och intervjuer med personer med erfarenhet av de två systemen i Sverige och Danmark. För mer detaljer hänvisas till PM nr 4. I uppställningen nedan används mini-FM-system som benämning, även om synpunkterna kan gälla olika typer av bärbara FM-system, såväl kroppsburna FM-mottagare som mini-FM-system.

- Mini-FM-system fordrar mycket engagerade och kompetenta lärare och många lärare söker snarare den enkelhet som teleslingan ger.
- Mini-FM-system fordrar motiverade och kunniga elever och många elever söker snarare den enkelhet som teleslingan ger.
- Mini-FM-system är ingen helhetslösning som tillhandahåller elev-elev-kommunikation och redan kravet att använda två lärarmikrofoner på ett flexibelt sätt blir vid vissa fabrikat relativt svårhanterligt.
- I-örat-apparater\* kan inte utnyttja mini-FM-system.
- Kvalitetsmässigt finns inget som talar till förmån för mini-FM-system och resurser för anpassning av hörapparater till mini-FM-mottagarna och resurser för underhåll av enheterna saknas för närvarande på de flesta skolor.

Ovan har återgivits synpunkter som enbart talar för teleslingor men det finns givetvis synpunkter som även talar för bärbara FM-system:

---

\* I-örat-apparater är de hörapparater som helt eller delvis är placerade i örat/hörselgången. De förekommer i två dominerande varianter, den större ”conchaapparaten” och den mindre hörselgångsapparaten. Ingen av apparattyperna har anslutningsmöjligheter för mini-FM, medan den större conchaapparaten i regel har telespole.

- Bärbara FM-system ger rörelsefrihet utanför klassrummet.
- Bärbara FM-system kan göra att en äldre skola som inte planerats för teleslingor kan få teknik i flera klassrum.

För att få rörelsefrihet utanför klassrummet kan bärbara FM-mottagare med halsslinga vara ett enkelt alternativ som fungerar ihop med alla apparater med telespole. Detta används som utlåningsutrustning vid studiebesök vid bl.a. Birgittaskolan och RGH.

I dag är det enklare och billigare än tidigare att installera okorrelerad slingteknik även i äldre skolor. Dels finns slingförstärkare kommersiellt tillgängliga och dels finns en nyligen introducerad mycket tunn foliekabel som kan läggas direkt på golvunderlaget utan att exempelvis fräsning av spår behöver göras. Denna kabel är använd vid nyare installationer vid Manillaskolan och RGH. Detta görs med fördel i samband med byte av golvmaterial.

## Fråga 2: Hur arrangeras elevmedhöringen i klassrummen?

Utgångspunkten måste här vara att alla elever – oberoende av hörselnedsättning – ska ha bästa möjligheter att delta i kommunikationen via tal. Detta kräver lösningar som arbetar med korta mikrofonavstånd. En lösning som finns tillgänglig idag är den **klassiska hörselklassutrustningen**. En förutsättning är att mikrofoninkopplingen kan ske manuellt, antingen en i taget eller alla på en gång, och att klassen måste avgöra vilket alternativ som passar bäst i olika situationer. Talstyrd inkoppling av mikrofonerna är något som har stora svårigheter att fungera i praktiken och reklambladens ”den talstyrda mikrofonen aktiveras omedelbart när talaren säger något och den tonar sedan mjukt bort när inget tal hörs”, ska ställas mot en skolelev med erfarenhet av olika tekniker, som menar att ”för mig går det åt en massa energi att fokusera när jag vet att ljudet kan brytas rätt vad det är”.

Begränsningarna med den ”klassiska modellen” ligger i den relativt låsta möbleringen och svårigheterna vid grupparbete i flera grupper. Om man bara ser till möbleringen skulle ett arrangemang med trådlösa bordsmikrofoner, som finns kommersiellt tillgängliga i 800 MHz-bandet, kunna lösa detta. Problemet är bara att det inte låter sig göras i särskilt många rum i brist på kanaler. Den utrustning som benämns RGH-modellen är den mest anpassade för grupparbete och bygger på att ljudkvaliteten inte ska vara sämre än i den ”klassiska modellen”. RGH-modellen kräver i dagsläget att skolan har egen teknisk kompetens för att bygga upp klassrummen på detta sätt. Vid samtal med erfarna hörselklasslärare som arbetat med lågstadieskolor ser de ett behov att ha kvar de individuella arbetsplatserna i den klassiska halvcirkeln för vissa barn som kan vara lättstörda, men kan tänka sig ett eller flera grupparbetsbord enligt RGH-modellen som komplement till halvcirkeln inom klassrummet som i så fall bör ha större yta än vad som är normalt.

## Fråga 3: Har det någon betydelse för hur man väljer de trådlösa mikrofonerna i klassrummet?

Här avses de mikrofoner som används av lärare, besökare och t.ex. redovisande elev på annan plats än den som täcks av andra mikrofoner. För en lärare som bär mikrofon under all lektionstid kan med fördel en **bommikrofon** användas. Ljudnivån hålls ju både konstant, genom att mikrofonen följer huvudrörelserna, och på behörigt avstånd från störningarna. För en mikrofon som ska tas av och på, t.ex. alternera mellan ”lärare 2”, besökare eller redovisande elev, passar en **halskroksmikrofon** bäst. Handhållna mikrofoner, som de som används i ”norska modellen”, passar inte där man har behov av att stödja med tecken eller bokstavering.

En trådlös mikrofon med mygga är sämre ur ljudupptagningssynpunkt än en bommikrofon och sämre än en halskroksmikrofon när det gäller att lätt kunna placera om den vid talarbyten (t.ex. mellan olika besökare). En kompromisslösning i alla avseenden är den trådlösa mikrofonen som fästs med en klämma i kläderna.

Andra krav på mikrofonerna är att de ska ha en **avstängningsmöjlighet**, när t.ex. inte alla elever berörs av budskapet. Det kan vara när två lärare konfererar inbördes eller när man undervisar individuellt. Denna avstängningsmöjlighet, som ska **reagera snabbt**, ska finnas för varje mikrofon och vara **oberoende** av den/de andras inställning.

För att inte låsa användningsområdet till stationärt (hög deviation) eller portabelt bruk (låg deviation) bör sändarna vara **möjliga att programmera om** för dessa två tillämpningar. Finns möjlighet till ytterligare mellanliggande deviationsgrader ökar möjligheterna att göra avvägningar mellan ljudkvalitet och kanaltillgång i stationära system.

En strategi som kan underlätta att få rum med så många trådlösa system som möjligt på en skola, är att aulor och andra större lokaler där det förekommer högtalarsystem (tänk på framtida krav på tillgänglighet) förses med utrustning på 800 MHz-bandet. Övriga undervisningslokaler använder utrustning inom 200 MHz-bandet, och fungerande utrustning på 40 MHz-bandet kan finnas som en ytterligare resurs som kan lätta på ”kanaltrycket”.

## Sammanfattning och

### Fråga 4: Vad finns tillgängligt på marknaden?

Enligt ovanstående borde en grundutrustning bestå av en teleslinganläggning, i de flesta fall okorrelerad, som i dagsläget kompletteras med elevmikrofoner enligt vad som gäller för den klassiska hörselklassanläggningen. När det gäller trådlösa mikrofoner bör en mix av olika lösningar eftersträvas. Dels 800 MHz-anläggningar för aulor och liknande, samt olika lösningar inom 200 MHz-bandet för klassrummen. Här bör beaktas behovet av både bommikrofoner och halskroksvarianter.

Produkterna skisserade enligt ovan finns för närvarande inte att tillgå från någon enskild tillverkare utan måste komma från olika leverantörer.

Okorrelerade teleslingförstärkare har två tillverkare inom landet. Den ena har hittills kunnat tillhandahålla en produkt med god diskantåtergivning, bättre än i både hörapparater och bärbara FM-system. Den andra har haft ett större sortiment med hänsyn till anpassning för olika lokalytor men inte med samma goda diskantegenskaper. En under året kommande ny generation ska enligt uppgift ha förbättrad diskantåtergivning.

Komponenter till den klassiska hörselklassanläggningen finns tillgängliga, medan RGH-modellen för närvarande saknar en kommersiell realisering.

Olika trådlösa mikrofoner finns, där även några 800 MHz-system fått lämpliga laddningssystem. Under innevarande år kommer två tillverkare att ha 200 MHz-system framtagna för hörselundervisningen med egenskaper som skissats ovan. Dessa har stationära mottagare för diversitetsmottagning och sändare som kan programmeras om för att även passa till smalbandiga mini-FM-system.

## Kommentarer till teknikvalet

För den som tagit del av Dialogprojektets kritik av den teknik som tidigare använts i hörselklassundervisningen är det kanske överraskande att teknik med bänkmikrofoner förordas. Detta görs emellertid i brist på en bättre lösning, som t.ex. en utveckling av RGH-modellen mot ett flexibelt icke trådbundet system. Dialogprojektets val av ”dosa” har utan tvekan visat sig ha stora begränsningar för gravt hörselskadade (se citaten tidigare och PM nr 7) och för att möjliggöra dialogen inom denna för specialskolan dominerande målgrupp måste hörbarhet prioriteras. Kan man inte höra är ju fundamentet för en talad dialog ganska svagt. Det som är avgörande för dialogen är trots allt inte enbart tekniken utan i mycket stor utsträckning lärarnas och elevernas förhållningssätt.

Valet av teleslingan som överföringssätt till hörapparaten kan av vissa uppfattas som ”ålderdomligt”, men bygger på en övertygelse

att vi inom specialskolan inte ska behöva kompromissa med möjligheten att erbjuda ett komfortabelt och driftsäkert lyssningsalternativ som har stor potential att samarbeta med de många aktörer och ljudkällor som kan finnas i ett klassrum. Ett argument för att utnyttja exempelvis mini-FM-system är att små barn redan kan ha vant sig vid det tidigare och att det går att använda på fritiden. Det är ett argument som liknar det man inom Dialogprojektet använt för att motivera valet av ett hjälpmedel som kan användas efter skolan (ett arbetsplatshjälpmedel). Vad som är viktigt är att specialskolan tar ett ansvar för att skoltiden blir så effektiv och stimulerande som möjligt med hjälpmedel som utvecklas för undervisningssituationen och inte optimerats för andra ändamål. Givetvis utesluter inte det ena det andra, men det är olika huvudmän som för närvarande ska bekosta de olika tekniska lösningarna.

Teknikvalet innehåller dessutom en anpassning till alternativ som kan vara aktuella i framtiden genom att exempelvis valet av trådlösa mikrofoner bör kunna medge användning i såväl portabla som stationära system. Det kommer alltid att förutom den stationära basutrustningen finnas behov av olika portabla lösningar, antingen temporära eller mer permanenta. Det är emellertid i dagsläget mer svårbedömt hur dessa kommer att se ut. Den teknik som

introducerades i och med Phonak MLx-S och dess föregångare MLx har fått efterföljare, både från Phonak med Micro-MLx-S, men också från andra tillverkare. Oticon Amigo är en produkt som i vissa avseenden infört detaljer som kan minska osäkerheten om funktionen hos produkten under drift. Phonaks senaste produkt har en annan antennkonstruktion och försöker även förbättra problemet med ”FM-brus”.

Det är angeläget att specialskolan fortsätter att bevaka utvecklingen och gör det genom att under kontrollerade former och i begränsad omfattning göra jämförande studier mellan olika teknikformer. Birgittaskolans försök med MLx-S kan vara en modell för hur man kan studera ny teknik i undervisningssituationen. Det är också angeläget att följa andra projekt, som t.ex. det vid Hunstad skole i Norge, där man försöker bygga ut ett mini-FM-system till att omfatta många av de egenskaper som vi önskat för vår specialskola (Grieg 2006; ”Hunstad skole prøver ut FM-multifrekvenssystem” 2006).

---

## Personal- och fortbildningsbehov

### Teknik och pedagogik

Faktum är att tekniken under vissa perioder betraktats som en revolution inom undervisningen av hörselskadade och döva medan den under andra setts som något i grunden oväsentligt. Dagens, ibland mycket olika, åsikter om teknikens fromma speglas i följande citat:

”Teknik är nödvändigt – men inte tillräckligt” säger Heiling (1999) i en skrift som beskriver lärarsituationen i undervisningen av hörselskadade elever.

”Teknik som dilemma eller möjlighet” talar Wennergren (2006) om i en artikel som utgår från arbetet i Dialogprojektet.

Från ett par hjälpmedelsfabrikanters broschyrer kan i stället följande läsas:

”Med X, är kommunikationen i skolan en barnlek.”

”Vi på Y är specialiserade på att utveckla den typen av hjälpmedel, som hjälper hörselskadade elever att studera på lika villkor som sina normalhörande kamrater.”

De fyra ovanstående citaten speglar två nära nog motstående inställningar till teknikens möjligheter, där producenterna ser undervisningen som något relativt enkelt bara man har rätt (d.v.s. deras) hjälpmedel. Att teknik är nödvändigt men inte tillräckligt är nog något alla med mer nära kontakt med verkligheten är överens om.

Vad Heiling (1999) konstaterar, i en undersökning som omfattar i huvudsak individualplacerade elever, är att:

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).

Vad man kan fråga sig är om tekniken som uppenbarligen fanns under perioden var optimal för ändamålet. Klassrummen var som regel endast utrustade med en trådlös lärarmikrofon tillsammans med teleslinga. Detta gjorde givetvis möjligheterna att följa dialogen bland eleverna problematisk. I dag råder, när det gäller individualplacerade elever, fortfarande i många fall motsvarande utbud av utrustning, d.v.s. möjligheterna att följa elevkommunikationen i klassrummet är långt ifrån optimal. Norge har kommit längre och viss försöksverksamhet har påbörjats i Sverige enligt ”norsk modell” med flera elevmikrofoner i klassrummen. Men icke desto mindre kommer även med framtida bättre teknik detta att gälla: Tekniken är ”nödvändig men inte tillräcklig”. Vad som är intressant är att teknikens utförande och funktion inte tydligare ifrågasatts trots elevernas brister i möjligheterna att följa undervisningen.

Wennergren (2006) för i sin diskussion om hörselklassernas teknik in många väsentliga synpunkter. I motsats till i Heilings rapport,

där det inte fanns någon direkt kritik av den hörseltekniska utrustningen, så är Wennergren mycket kritisk till den teknik som använts i hörselklasserna (eller kanske mer till den pedagogik som använts?). Inom Dialogprojektet har en teknik bytts mot en annan, som inte heller är optimal. Lärarna upplever nu ett behov av olika tekniska lösningar men efterlyser hörselteknisk baskunskap för att kunna värdera och erbjuda dessa olika tekniker. Wennergren ser som ett stort problem att pedagoger och tekniker runt hörselklasseleverna ofta är anställda av olika huvudmän, vilket motverkar samarbete och utveckling. Det finns vissa paralleller i diskussionerna runt teknikerbehovet som fördes i PM nr 2.

Citaten från tillverkarnas broschyrer har tagits med som exempel på den något glättade information som vill göra gällande att tekniken löser allt. Även om ett företag i en marknadsundersökning inför lanseringen av en ny produkt kunde konstatera att erfarna pedagoger önskade mer fakta och mindre ”reklam”, så fordrar dagens information mycket kunskap för att bedöma vad som är väsentligt. Detta är ytterligare ett argument för att pedagoger (och tekniker) måste ha god hörselteknisk (och pedagogisk) baskunskap.

Sammanfattningsvis kan konstateras att undervisning av hörselskadade med olika hjälpmedel kräver personal med god kompetens inom området och att pedagogerna behöver stöd av tekniker för att tillsammans utveckla teknik och pedagogik.

### **Teknikerbehov**

Inledningsvis berördes hur teknikersituationen sett ut i den svenska specialskolan sedan 1960-talet. Vid 60-talets slut hade de flesta skolorna minst en ingenjörstjänst. Undantaget var Hällsbo- och Åsbackaskolan som delade på en tjänst. För en mer ingående historieskrivning hänvisas till PM nr 2, som dessutom innehåller en mycket utförlig beskrivning av arbetsuppgifter och den tekniska personalens aktiviteter för utveckling av den hörseltekniska verksamheten.

Tillgången till hörselteknisk personal är i dag, jämfört med 1960-talet och några decennier framåt, mycket begränsad. Detta är beroende på en successiv anpassning till ett mindre behov av hörselteknik i "dövskolan". Att denna situation i dag leder till en mycket låg beredskap att möta elevgrupper som ska få en talbaserad undervisning är uppenbart. Man kan redan se att denna personalutarmning lett till felsatsningar och misstag som kunnat undvikas om specialistkompetens funnits.

Specialskolan kommer att ha ett mer komplext servicebehov genom introduktionen av CI-apparater, samtidigt som den pedagogiska personalen idag inte är lika bekant med en talinriktad undervisningsmetod som på 60-talet och därför kräver mycket teknisk handledning. I en ny rapport (Hermanson & Dravins 2007) efterlyser specialskolans personal en hörselteknisk grupp/hörselteknisk expertis och det finns en oro för att hörselteknikerna ska försvinna.

Behovet av att förstärka de hörseltekniska personalresurserna är mycket angeläget. Detta för att bygga ett team runt eleven där tekniskt-pedagogiska frågor kan handläggas snabbt och effektivt. Problemet är hur dessa personer ska rekryteras. Någon färdig utbildning finns inte. Den akuta situationen förstärks av att flera av de mest erfarna teknikerna i dagens specialskola står inför pensionsavgångar. En möjlighet som föreslogs i PM nr 2 var att relativt snabbt anställa en centralt placerad hörselteknisk samordnare som sedan får vara behjälplig med rekrytering av hörselteknisk personal och utbildning till skolorna. Denna tjänst är nu tillsatt och kommer att vara verksam vid myndigheten från och med oktober 2007.

Hur ser då situationen ut på skolorna idag? Våren -07 var vid de sex specialskolorna från 0,05 till 2,4 tjänst per skola sysselsatta med hörselteknisk verksamhet. Detta motsvarar uttryckt i antal tjänster per 100 elever ca 0,1 till 1,6. Skolan med högsta teknikertätheten är Birgittaskolan, som dessutom har ingenjörer med hörselteknik som sin huvudarbetsuppgift och en lämplig utbildnings- och erfarenhetsbakgrund. På övriga skolor görs insatserna av personal

som delar sin uppgift mellan hörselteknik och andra verksamheter som data, IT och andra mer administrativa och/eller arbetsledande uppgifter. Kompetensen inom det hörseltekniska området är vid dessa skolor mycket varierande.

Vad är eller kommer behovet att vara i framtiden i en tvåspråkig skola där talet åter får en framträdande roll? När de första ingenjörstjänsterna inrättades på 60-talet efter en statlig utredning (SOU 1964:61) var riktmärket en ingenjörstjänst per 100 elever. Initialt tilldelades skolorna mellan en halv och en hel tjänst, men relativt snart hade alla skolor minst en tjänst, undantaget Åsbackaskolan och Hällsboskolan som delade på en tjänst. På Skolöverstyrelsens uppdrag gjordes 1979 en noggrann genomgång av arbetsuppgifter och personalbehov (Gustafsson 1979; 1986). Nedan återges i sin helhet den sammanfattande texten om personalbehovet, vilken fortfarande är aktuell:

Vissa minimiresurser krävs för att ge den tekniska service som behövs vid våra skolor för gravt hörselskadade och döva. Om dessa resurser ej tillgodoses måste den satsning på teknisk utrustning som görs ses som kvalificerad kapitalförstörelse.

Med utgångspunkt från erfarenheterna som erhållits i Örebro sedan verksamheten startade 1966 kan vissa riktvärden ges för lämplig personaltäthet inom den tekniska verksamheten. Nedanstående förslag är en revision av tidigare (Gustafsson 1970b), där balansen mellan tjänster för teknisk audiolog/hörselingenjör och tekniker ändrats. Hänsyn tas till verksamhetens art.

Minsta antal tjänster/elev och skolform:

| <u>Tjänst</u>                    | <u>Internat</u> | <u>Externat</u> |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|
| Teknisk audiolog/hörsel-ingenjör | 1/150           | 1/75            |
| Tekniker                         | 1/150           | 1/75            |

Då skolorna ofta har en blandning av intern och extern verksamhet kan en tjänst per 100 elever vara riktmärke för båda typerna

av tjänster. Det är givet att vid relativt låga elevantal alltid den mer kvalificerade tjänsten inrättas först och att då 50 elever kan bilda underlag för en hel tjänst. Engagemanget i ITV-verksamheten, vars organisation snarast bör utredas, har i ovanstående förslag förutsatts vara marginellt (Gustafsson 1979, s. 5).

I citatets första rad nämns ”teknisk service” som ett samlingsnamn för de olika arbetsuppgifter som är nödvändiga för att få den hörseltekniska verksamheten att fungera. Arbetsuppgifterna kan sammanfattas i följande: val och inköp av utrustning, installation och anpassning, introduktion och handledning, underhåll, utvärdering och utveckling.

Det är ingen tvekan om att alla skolor, undantaget Birgittaskolan, är kraftigt underdimensionerade utifrån det behov som redovisades i uppställningen ovan från 1979. Likaså är det med motsvarande undantag, samt Kristinaskolan och Manillaskolan, ingen som når upp till vad som tilldelades skolorna 1964. I dag står de flesta skolorna inför samma uppbyggnadsuppgift som man gjorde på 60-talet. Tekniken är idag dessutom än mer komplicerad genom introduktionen av CI vilket gör att behovet av underhåll och utvärdering är mycket stort. Visserligen är det idag inte alla specialskoleelever som utnyttjar hjälpmedel, utan på vissa håll betydligt färre. Det finns genom detta en möjlighet att skola in nya befattningshavare till en ny epok där tal och hjälpmedel åter tar plats i specialskolan.

I projektbakgrunden ställdes frågan: Har SPM:s skolor behov av hörseltekniker, av kontakt med landstingens CI-team med mera och kan något av detta i så fall samordnas inom myndigheten?

Svaret på detta är utan tvekan **ja!** SPM:s skolor har **behov av hörselteknisk personal** i en omfattning och på en nivå som beskrevs 1979. När det gäller samordning föreslås att en tjänst som **hörselteknisk samordnare** inrättas för att bl. a. vara skolorna behjälplig med rekrytering och utbildning av de lokala befattningshavarna. SPM:s skolor har behov av kontakt med CI-teams och audiologiska kliniker, både från

teknisk och pedagogisk sida. Inte minst gäller det att sprida information om vad som krävs för funktioner hos ett CI respektive en hörapparat för att fungera i skolmiljön. Här har både lokala tekniker och den hörseltekniske samordnaren en viktig uppgift.

I projektbakgrunden ställdes även en konkret fråga om behovet och möjligheterna att kunna ”justera” barnens CI på avstånd. Kristinaskolan har i samarbete med CI-teamets tekniker i Stockholm kunnat testa funktionen, återställa förlorad programmering och programmera reservapparater över en fjärrförbindelse. Kristinaskolan är den skola som har längst avstånd till CI-team och förslagsvis bör arbetet kunna fortsätta där så länge nuvarande hörselingenjör finns kvar eller en ersättare med motsvarande kompetens anställts och/eller utbildats. Vid de andra skolorna är avstånden till CI-team mindre och behovet inte lika stort för motsvarande arbetssätt. Överhuvudtaget ska sådana möjligheter inte diskuteras så länge hörselteknisk kompetens saknas på skolenheten. Angelägnare är att börja med att bygga upp en kompetens som kan mätbart kontrollera hörapparater och göra enklare kontroller av CI.

### Fortbildningsbehov

Även om mycket av fortbildningen kan ha gemensamma inslag för både tekniker och pedagoger behandlas de varför sig. Något om tillgänglig grundutbildning diskuteras, vad som kan ske lokalt och vad som bör ske centralt eller genom inköp.

### Teknikerutbildning/teknikerfortbildning

Någon formell utbildning inom det hörseltekniska arbetsfältet finns inte. Det vanliga är att man har en grund inom elektronik, teleteknik eller ljudteknik. Sedan har man kompletterat med någon form av audiologiskt eller beteendevetenskapligt orienterade studier.

Det viktiga är att ha god insikt i hörselteknikens tekniska och audiologiska fundament för att på lokal nivå kunna bli en resurs för pedagogerna, både vad gäller fortbildning och i det dagliga

arbetet. Samtidigt måste ett intresse och en viss kunskap om pedagogik, särskilt den med inriktning mot hörselskadade, finnas.

Ett mycket viktigt område utöver de ovan nämnda är akustik i olika former. Det är betydelsefullt att den lokale teknikern kan delta i diskussioner om byggnadsakustiska frågor och även kunna göra vissa akustiska mätningar i skolmiljön. En annan aspekt av akustiken är talets akustik, där både talljudens utbredning respektive akustisk fonetik är viktiga för både förståelse av såväl mikrofonplacering som den enskilda hörselskadans möjlighet till taluppfattning.

Som nämndes tidigare finns ingen heltäckande grundutbildning inom det hörseltekniska arbetsfältet. Svensk Teknisk Audiologisk Förening brukar anordna kortare kurser inom olika områden som akustisk mätteknik, hörselmätningstekniker, hörapparatteknologi m.m. för anställda inom hörselvården. Även om det förekommit någon kurs med inslag av skolhjälpmedel är de inte vanliga. Här torde det vara mest effektivt att inom myndigheten anordna en eller flera veckokurser där innehållet är starkt inriktat på skoltekniken och arbetet inom specialskolan. Denna kurs skulle med fördel kunna förläggas till Örebro där även rika möjligheter till studiebesök finns. Vidare bör de videokonferenser som sker för närvarande fortsätta och vara ett forum för rapporter om test av ny utrustning och annat aktuellt.

#### **Pedagogutbildning/pedagogfortbildning**

Pedagoger verksamma inom specialskolan idag kan ha olika utbildningsbakgrund, vilken präglats av det synsätt som var dominerande när det gällde undervisning av hörselskadade och döva vid utbildningstillfället. Många av de tidigt utbildade lärarna fick inslag i sin utbildning som stöttade förståelsen för arbete med tal och tekniska hjälpmedel, men de flesta har väldigt lite av den delen i sin utbildning. Den moderna specialpedagogiska påbyggnadsutbildningen ger mer en orientering i frågor runt hörselskador och hjälpmedel, vilken inte är tillräcklig för en djupare förståelse och bedömning av t.ex. olika hjälpmedels möjligheter och begränsningar.

Utbildningsinsatser som syftar till att öka förståelsen av ny teknik, som CI, tenderar till att bli mindre givande om man inte har förståelse för hörapparatteknikens möjligheter och hur dessa individuella hjälpmedel kan integreras med övriga hörseltekniska hjälpmedel i skolan.

För närvarande pågår diskussioner om hur en förbättrad utbildning för lärare verksamma inom undervisningen av hörselskadade och döva ska utformas, varför en djupare diskussion inte görs i detta sammanhang. Det kan dock konstateras att den pedagogiska personalen efterlyser fortbildning runt hörseltekniska hjälpmedel (Hermanson & Dravins 2007). Detta måste lösas snabbt och bör kunna ske genom internutbildning i form av föreläsningar och/eller diskussioner på samma sätt som skett utifrån "Tvåspråkighetsprojektet" (Hermanson 2006; Hermanson & Dravins 2007) och till viss del i samarbete med detta projekt.

Vad som blir viktigt att förmedla är naturligtvis de grunder som finns i denna utrednings bakgrundsdel, gällande olika förutsättningar för talkommunikation hos olika elevgrupper, betydelsen av lämplig akustik samt hörseltekniska hjälpmedels möjligheter och begränsningar. För den praktiskt arbetande läraren blir det också betydelsefullt med en djupare förståelse för hur hjälpmedlen ska användas i olika pedagogiska situationer. Vad ska man tänka på när man växlar mellan gruppundervisning och enskild undervisning och hur ska hjälpmedlen användas vid grupparbete?

I denna rapport har de tekniska hjälpmedlens funktion beskrivits i tekniska termer samtidigt som pedagogiska och praktiska konsekvenser berörts. För en mer detaljerad bild av olika hjälpmedelslösningars uppbyggnad och pedagogiska konsekvenser hänvisas till bilaga 2, där det redovisas lösningar som finns både i specialskola och hörselklasser och även sådana som förekommer vid undervisning av individualplacerade elever.

Det är viktigt att specialskolans lärare har kunskap om olika tekniska lösningar som tillämpas även utanför den egna skolan, dels för

att det blir mer vanligt med deltidselever och utbyte mellan skolformer, men givetvis också för att specialskolan behöver ha referenser att jämföra sig med och helst överträffa funktionellt.

Det är också viktigt att pedagogerna är medvetna om att hjälpmedelstekniken inte alltid är utvecklad med tanke på deras arbetssätt. I

stället för att styras av ett hjälpmedel bör de tala om vad deras undervisning kräver för typ av vidareutveckling eller alternativt hjälpmedel. Ett exempel på ett dylikt utvecklingsarbete är RGH-modellen som är ett resultat av samarbete mellan pedagoger, elever och tekniker (Gustafsson 2002).

---

## Speciella elevgrupper och behov av forskning

Hittills har jag förutsatt att de hjälpmedel som vi diskuterat ska användas för att förbättra möjligheterna till talkommunikation. Men för vissa elever är det kanske inte relevant. Jag tänker då på vissa av Åsbackaskolans elever med en grav utvecklingsstörning. För vissa elever kanske omgivningsorientering och självkontroll är viktigare.

Hur påverkar detta hjälpmedelsanvändandet? Jag väljer att exemplifiera med en elev som hade CI och använde ett bärbart FM-system i klassrummet. Det var svårt att veta om eleven reagerade på något som producerades genom lärarmikrofonen. Orsaken till detta kan vara många. Fungerade överföringen lärare-elev? Var eleven mottaglig för talspråkig information i grupp? Det är sannolikt inte oviktigt i sammanhanget att vid besök på skolan i elevens klass fungerade inte två av fyra FM-system och ett av de icke fungerade var ovannämnda elevs.

Betraktar vi enbart den tekniska funktionen så bygger mycket av användandet av dagens komplicerade hjälpmedel på att användaren själv kan kontrollera funktionen. Använder en elev hörapparat kan en utomstående lyssna på funktionen. Detta är betydligt svårare med ett CI. Kombinationen klassrummets hjälpmedel och CI har för övrigt varit och är i många fall fortfarande ett system som kan ha svårigheter att fungera tillfredställande. Dels har tidigare CI inte haft telespoler eller felorienterade sådana, eller också har möjligheterna att ansluta FM-system inte varit optimala.

En expert på teknikområdet med gedigen erfarenhet av CI, Ole Tvette på Rikshospitalet i Oslo, gjorde vid ett nordiskt möte september 2005 följande uttalande:

Hörseltekniska hjälpmedel (FM-system och teleslingor) och CI fungerar av olika anledningar så dåligt tillsammans, att små barn före skolåldern inte borde utsättas för dessa, utan få koncentrera sig på lära sig att använda och tolka ljud från enbart sitt implantat. När denna procedur är avklarad kan man koppla in de mer svår använda hjälpmedlen.

Observera att detta uttalande gäller barn utan ytterligare funktionshinder och med den teknik som fanns tillgänglig vid detta tillfälle, vilken dock är helt jämförbar med den som används på Åsbackaskolan idag. Att introducera dessa hjälpmedel till utvecklingsstörda blir alltså än mer tvivelaktigt.

För att få en mer aktuell bild, och även höra om erfarenheter med CI och hjälpmedel på utvecklingsstörda, kontaktades Ole Tvette efter mitt besök på Åsbackaskolan och han nämner att en ny CI-modell (som inte finns på Åsbacka) har inneburit vissa förbättringar men möjligheterna till felfunktion är fortfarande mycket stor. Tvette konkluderar:

Dersom barna hörer ”bra” med CI og er i stand til å selv klare alle koblinger og justeringer er slike hjelpemidler viktige.

I den situation du nevner er man avhengig av teknisk personell som er specialopplært av leverandørerne for å få dette til å fungere.

Sammanfattningsvis kan konstateres at användningen av CI och hjälpmedel på en elevgrupp som själva inte kan förmedla information om funktion är problematisk och ställer krav på pedagogiska personalen och på hörseltekniskt stöd.

Sedan till frågan om vad man kan förvänta sig av att överföra talad information i en gruppundervisningssituation till en elev på tidig utvecklingsnivå. Är det kanske bättre att i likhet med vad som föreslogs ovan, enbart använda CI-apparaten med dess mikrofonläge och koncentrera sig på uppfattning av omgivningsljud och egenproducerade ljud. I de fall tal används till eleven sker det förmodligen på kort avstånd och i lugn miljö och kan då lika gärna ske utan ytterligare hjälpmedel. **Vad man måste komma ihåg vid all användning av externa mikrofoner är att elevens "öra" flyttas från den egna personen till den externa mikrofonpositionen, och kan mycket väl försvåra omgivningsorientering och självkontroll.**

Det förefaller angeläget att med hänsyn till den elevgrupp som diskuterats klarlägga hur undervisningen ska ske och hur hjälpmedel bör användas på bästa sätt. Någon forskning som tillfredställande belyst dessa frågor har inte påträffats. Lotta Anderson (2002) nämner i sin doktorsavhandling, rörande utvecklingsstörda hörselskadade i grundskolan, att elever är ordinerade hörseltekniska hjälpmedel vilka varken används i hem eller i skolan. Hon föreslår:

...bättre uppföljning av de hörseltekniska hjälpmedlens användning och skälen till varför de ordinerats men inte används vore önskvärt så att barnets möjligheter till aktivitet och delaktighet inte försvåras av dessa skäl (s. 133).

Hon konstaterar även att forskning kring gruppen hörselskadade med utvecklingsstörning är sparsamt förekommande och har flera förslag på forskningsområden, dock inget med inriktning på användningen av hörselteknik. I en ny norsk projektrapport har man studerat "Cochleaimplantat hos barn med ulike funksjonshemninger eller døvblindhet" (Eilertsen, Borud & Helgor 2007) men dock utan att gå in på hörseltekniska hjälpmedel utöver CI.

Ovan har diskuterats utifrån en elev med CI och grav utvecklingsstörning, men det finns på Åsbackaskolan även många elever med hörapparater och stor variation av mentala funktionshinder, vilket ställer ytterligare krav vid samundervisning. För vissa elever skiljer sig naturligtvis hjälpmedelsfrågorna lite jämfört med övriga specialskolelevers medan de för andra är klart mer specifika. **Ett projekt bör initieras inom SPM som ser över möjligheterna att introducera hörseltekniska hjälpmedel på Åsbackaskolan och då primärt till de elever där talkommunikation inte har högsta prioritet.** Konkreta frågor är: När och hur ska hörseltekniska hjälpmedel introduceras? Ska hörapparater och CI som primärt ska användas för omgivningskontroll ställas in på samma sätt som om de ska användas för talkommunikation?

## Teknikutveckling och behov av forskning

Som framskyttat vid min teknikgenomgång, är det ett problem att få fram hörselteknik som beaktar de krav som en undervisning baserad på dialog och grupparbete kräver. Det är också klart att skandinavisk pedagogik i många avseenden skiljer sig från internationell pedagogik och att tillverkare av hörselteknisk utrustning riktar sig till större marknader där man fortfarande har en monologiskt präglad undervisning.

Vad som skulle behövas är dels en **kartläggning av undervisningsmiljön** i våra specialskolor så det fanns ett aktuellt underlag

för hjälpmedelsutveckling, dels att på ett vetenskapligt sätt testa **olika tekniska lösningar och idéer**. Metodutveckling har påbörjats inom Dialogprojektet (Odelius 2007) och skulle med fördel kunna appliceras på specialskolans situation och elevgrupp. Initialt skulle använd teknik kunna testas för att få en referens till vad ny teknik ska jämföras med i framtiden och hela tiden med beaktande av elevgruppens olika hörselförutsättningar.

# Sammanfattning

Projekt Auditiv miljö initierades utifrån behovet av att inventera kvaliteten på specialskolans auditiva miljö. I detta sammanhang var det flera olika perspektiv som behövde kartläggas; teknisk miljö, organisatoriska förutsättningar och pedagogiska konsekvenser. Allt detta för en så optimal anpassning som möjligt till en tvåspråkig undervisningsmodell, där talad undervisning ska erbjudas eleverna parallellt med teckenspråkig. Detta aktualiseras inte minst genom det ökande antalet elever med CI.

I en historisk tillbakablick på utvecklingen både av teknik och hörselteknisk verksamhet inom specialskolan visar rapporten att situationen idag varken materiellt eller personellt är i nivå med behoven.

En hörselskada ger inte bara en sänkning av förmågan att höra ljud, utan också andra kvalitativa försämringar av perceptionen. Bland dessa kan reducerat dynamikområde, reducerad frekvens- och tidsupplösningsförmåga och sämre förmåga till binauralt hörande nämnas. Denna rapport understryker att hörselskadade har större behov av ett bra signal-brus-förhållande (SNR) än hörande. Barn behöver ett bättre SNR än vuxna och om barnet har ett annat modersmål än svenska, ökar kraven ytterligare.

Akustiken i ett klassrum har stor betydelse för uppfattningen av tal. Det finns normer för efterklangstid och bakgrundsstörnivåer, vilka diskuteras i föreliggande rapport.

Förväntningarna på moderna hörapparater har varit stora, men även den mest avancerade signalbehandlingsteknik ger liten effekt jämfört med ett hörseltekniskt hjälpmedel som arbetar med korta mikrofonavstånd. Detta är nödvändigt för att eleverna ska höra både sina lärare och sina kamrater. Den klassiska hörselklassutrustningen åstadkom detta, men om man vill ha en större anpassning till dialog och grupparbete i klassrummen, kan utrustning som den i rapporten beskrivna RGH-modellen användas.

Elevunderlaget i specialskolan har förändrats över tid. Detta tillsammans med en förändrad pedagogik gör att kraven på funktionell teknik är mycket stora.

Akustiska förhållanden varierar mycket mellan de olika specialskolorna, där flera av de äldre skolorna har antikvariska krav som gör gemensamma miljöer dåliga för personer med hörselskador. Detta behöver åtgärdas. Rapporten presenterar önskvärda akustikkraV och förslag till åtgärder.

Birgittaskolan har haft och har fortfarande en särställning när det gäller användande av hörseltekniska hjälpmedel. Därför har rapporten utgått från den skolans krav och jämfört dessa med mer generella krav när valet av teknik för specialskolan diskuteras.

Teknikvalet har utmynnat i en rekommendation att basera tekniken på teleslingsystem som ger eleven maximal enkelhet, komfort och driftsäkerhet. I de flesta fall kommer s.k. okorrelerade slingor att behöva utnyttjas.

För elevmedhöringen rekommenderas system som bygger på korta mikrofonavstånd. I dagsläget är den klassiska hörselklassanläggningen tillgänglig kommersiellt, medan RGH-modellen kräver tillgång på tekniker för uppbyggnad.

Författaren analyserar kort vad som finns tillgängligt på den kommersiella marknaden och kommenterar teknikvalet. Det framgår med stor tydlighet att specialskolan måste fortsätta att bevaka marknaden och i kontrollerade studier testa ny teknik.

Pedagogik och teknik måste samverka runt eleven för att verksamheten ska kunna fungera och utvecklas.

Behovet av hörseltekniskt stöd har påpekats från specialskolans pedagoger och det är mycket angeläget att hörselteknisk personal anställs i tillräcklig omfattning på skolorna. En

hörselteknisk samordnare har anställts centralt som kan vara behjälplig med rekrytering och fortbildning.

Fortbildning av lärarna och övrig personal måste ske kontinuerligt. Det räcker inte med punktinsatser för att öka förståelsen av t.ex. funktionen hos CI, utan det är lika viktigt att öka förståelsen för både hörapparaters och övriga hjälpmedels möjligheter och begränsningar.

Specialskolan har i sin elevgrupp bland annat elever på tidig utvecklingsnivå. Där saknas för närvarande en klar bild av hur tekniken skall användas. Utvecklingsarbete och forskning efterlyses för denna elevgrupp.

Som framgår av rapporten saknas hjälpmedel som ger optimala förutsättningar för undervisningen av hörselskadade. Vad som är angeläget är en kartläggning av undervisningsmiljön för hörselskadade så att det finns ett underlag för adekvat hjälpmedelsutveckling.

Specialskolan bör också skapa resurser för att på ett vetenskapligt sätt testa olika tekniska lösningar och idéer.

Sammanfattningsvis: Ett stort arbete, förutom det som gäller kompetenshöjning av personalen, är utvecklingen av lämpliga hörseltekniska hjälpmedel för undervisningen. Behovet av ett strukturerat arbete inom specialskolan är viktigt för att ta fram kravspecifikationer för ny teknik. Pedagogiska modeller måste självfallet styra funktionskraven. Dessutom ställer elevernas olika hörselförutsättningar stora krav på ljudåtergivningen. Målet är inte att specialskolan ska ha all teknik, vi ska istället fokusera på att ha bra teknik. Specialskolan måste med andra ord bli tydliga och förmedla krav på hörseltekniska hjälpmedel till industrin och krav på hörapparater och CI till audiologiska kliniker/hörcentraler respektive CI-team.

# Referenslista

## Opublicerade källor

Bergkvist, H. 2004. "Utvärdering av mikrofonssystem för elevmedhörning i dialogpedagogik". Intern rapport, Birgittaskolan, Örebro.

Birgittaskolan. 1995. "Hörseltekniska enhetens mål- och verksamhetsbeskrivning". Intern rapport. 950616.

Jonassen, B. 2007. Workshopföreläsning vid "Nordisk konference om pedagogisk användelse av höretekniske hjalpemidler", Fredericia, Danmark, 070308.

Kjellberg, A. 2006. "Acoustics and speech communication: to hear, understand and remember what is said". Föredrag vid Symposium "Man and noise", Göteborg, 061108.

Larsen, P.W. och A. Bigseth. 2003. "Modern undervisningspedagogik med flere elevmikrofoner i klassrommet". Föredrag vid "TeMA Hörsel", Stockholm, 030521-23.

Møller Kristiansen, J. 2007. Workshopföreläsning vid "Nordisk konference om pedagogisk användelse av höretekniske hjalpemidler", Fredericia, Danmark, 070308.

Wennergren, A-C. 2002. "Skolans uppdrag – kräver morgondagens teknik!" Opublicerad rapport 2002-10-09. Musikhögskolan i Piteå, Luleå tekniska universitet.

## Publicerade källor

Anderson, L. 2002. *Interpersonell kommunikation: En studie av elever med hörselnedsättning i särskolan*. Doktorsavhandling. Malmö högskola.

Arbetskyddstyrelsen och Boverket. 1996. *Att se, höra och andas i skolan – en handbok om skolans innemiljö*. Stockholm: Arbetskyddstyrelsen och Karlskrona: Boverket.

Arlinger, S. 1999. "Störning av talkommunikation". I *Störande buller – Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation*, red. U. Landström. Arbete och hälsa, rapport 1999:27. Stockholm: Arbetslivsinstitutet.

Arlinger, S., red. 2007. *Nordisk lärobok i audiologi*. Bromma: CA Tegner AB.

Bess, F., J. Sinclair och D. Riggs. 1984. "Group amplification in schools for hearing impaired". *Ear and Hearing* nr 5: 138-144.

Boothroyd, A. 2004. "Room acoustics and speech perception". *Seminars in Hearing* nr 25: 155-166.

*Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell*. 2001. Svensk Standard, SS 02 52 68. Stockholm: SIS Förlag AB.

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. Washington, D.C.: A G Bell Association for the deaf.

Crandell, C.C. och J.J. Smaldino. 2000. "Room acoustics for listeners with normal-hearing and hearing impaired". I *Audiology: Treatment*, red. M. Valente, H. Hosford-Dunn och R.J. Roeser, 601-638. New York och Stuttgart: Thieme.

Dravins, C. 2006. *Språkmiljöer och lärande för elever med avancerad hörselteknisk utrustning*. Rapport 2006:2. Örebro: Specialskolemyndigheten.

Eilertsen, L-J., A.B. Borud och S. Helgor. 2007. *Lyden av kommunikasjon. Cochleaimplantat hos barn med ulike funksjonshemninger eller døvblindhet*. AKS Andebu.

- Grieg, S. 2006. "Hunstad skole på rett frekvens: Et pilotprosjekt der FM-multifrekvens er tatt i bruk i undervisningsrommene". I *Kursbok*, 46-47. Nordiska audiologiska sällskapets 19 NAS kongress, Stavanger Forum, Stavanger 28-31.5 2006.
- Gustafsson, A. 1979. *Hörseteknisk verksamhet vid specialskolan – en bedömning av personalbehovet*. Rapport från Birgittaskolan, utarbetad på uppdrag av Skolöverstyrelsen.
- . 1984. "Så här ser den ideala anläggningen ut". *Audionytt* 11, nr 3: 16-19.
- . 1985. *Svenskspråkliga färdigheter hos specialskolelever*. Örebro: RPH-Hör.
- . 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 sällskapets 9 kongress och vidareutbildningskurs i Åbo 8-11.6 1986.
- . 2002. "Klassrum för hörselskadade – några exempel på alternativa lösningar för en friare undervisning". *Nordisk tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 1, nr 3: 21-24.
- Gustafsson, A. och L. Sandmon. 2004. "Några utvärderingar av hörseteknisk utrustning i institutionslokaler vid RGH, Risbergsskolan i Örebro". *Nordisk tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 3, nr 4: 6-10.
- Handikappombudsmannen. 2003. *Riktlinjer för en tillgänglig statsförvaltning – Mot full delaktighet och jämlikhet för människor med funktionshinder*. Stockholm: Handikappombudsmannen.
- Handisam. 2007. *Riv hindren: Riktlinjer för tillgänglighet: Enligt förordning 2001:524 om statliga myndigheters ansvar för genomförande av handikappolitiken*. Stockholm: Myndigheten för handikappolitisk samordning.
- Hammarstedt, B. och S. Amcoff. 1979. *Integration av hörselskadade elever i grundskolan: En kartläggning vårterminen 1978*. Pedagogisk Forskning i Uppsala nr 15. Pedagogiska institutionen, Uppsala universitet.
- Hendar, O. 2006. *Elever i behov av särskilt stort stöd inom specialskolan för döva och hörselskadade: En studie utifrån WHO:s klassifikationssystem ICF*. Rapport 2006:3. Örebro: Specialskolemyndigheten.
- 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.
- Hermanson, M. 2006. *Pedagogiskt arbete i tvåspråkighetsperspektiv*. Rapport 2006:1. Örebro: Specialskolemyndigheten.
- Hermanson, M. och C. Dravins. 2007. *Tvåspråkighet: Resultat och diskussioner bland Specialskolemyndighetens personal*. Rapport 2007:4. Örebro: Specialskolemyndigheten.
- "Hunstad skole prøver ut FM-multifrekvenssystem". 2006. *Phonak Forum* oktober, 2006. Phonak Norge A/S.
- Hällgren, M. 2005. *Hearing and cognition in speech comprehension: Methods and applications*. Doktorsavhandling. The Swedish Institute for Disability Research, Linköpings universitet.
- Ivarsson, E. 2005. "Dialogprojektet". *Nordisk tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 4, nr 3: 11.
- Johansson, B. 1968. *Akustiska kvalitetsnormer för skolor för hörselskadade*. Rapport nr 56, Institutionen för teknisk audiologi, Karolinska Institutet, Stockholm.
- Jonassen, B. 2004. "Hvordan fungerer teknikk og pedagogikk i praksis?" *Spesialpedagogikk*, nr 9: 39-47.

- 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. 18th Danavox Symposium, 7-10 september 1999, Kolding, Danmark.
- Lindberg, K., C. Norman och K. Tepphag Olson. 2004. *Alvikskolan och Manillaskolan*. Utredning, Utbildningsförvaltningen, Bromma stadsdelsförvaltning och Specialskolemyndigheten.
- Lundberg, E. 1962. "Fördelning och skolplacering av döva och hörselskadade barn med hänsyn till graden av hörselnedsättning". *Nordisk Tidskrift för Dövundervisningen*, 64: 78-89.
- 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.
- Odelius, J. 2005. "Utvärdering av hörseltekniska hjälpmedel i hörselklass". *Nordisk tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 4, nr 3: 20-21.
- . 2007. *Communication quality. A conceptual approach focusing on classroom assistive listening devices*. Licenciatavhandling, Luleå tekniska universitet.
- Oticon. 2007. *Basic audiological and audiometric concepts of the Amigo FM-system*. Köpenhamn.
- Platz, R. 2003. "SNR advantage, FM advantage and FM fitting". I *Access: Proceedings of the first international FM conference*, red. D. Fabry och C.D. Johnson. Warville, Ill.: Phonak AG.
- Rekkedal, A.M. 2007. *Bruk av tekniske hjelpemidler i undervisningen av elever med hørselstap*. Oslo: Utdanningsdirektoratet och NAV Hjelpemiddelsentral.
- Risberg, A. 2004. "CI och behovet av begreppet hörselskärpa". *Nordisk tidskrift för hörsel- och dövundervisning* 3, nr 2-3: 23-24.
- Skolverket. 2000. *Dialogiska lärandemiljöer för hörselskadade elever*. Beslutsmeddelande Dnr 2000:2732. Stockholm: Skolverket.
- Skolöverstyrelsen. 1979. *Skolhushandboken – en orientering om skolans lokaler och miljö*. Stockholm: LiberLäromedel.
- SOU 1964:61. *Grundskola för blinda och döva: Betänkande*. Stockholm: Ecklesiastikdepartementet.
- Tveit, R.T. 2000. "Hører de bare læreren? Erfaringer med tiltak for tunghørte grunnskoleelever". *Spesialpedagogikk*, nr 4: 10-18.
- Vik, A. och H. Lange. 1995. "Klasserommikrofoner". I *Nordisk audiolgisk selskaps 12. kongress/kurs: 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.
- . 2006. "Delaktighet i klassrumskommunikation för elever i hörselklass". I *Dövhet och hörselnedsättning – specialpedagogiska perspektiv*, red. C. Roos och S. Fischbein. Lund: Studentlitteratur.
- "Ökad delaktighet för elever med hörselnedsättning". 2007. *Lika värde* nr 1, 2007.

## Internet

Bergqvist, A., J. Fredman, M. Hallberg-Sevholt, E. Karlén, A. Sandlund och AC. 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 2007.

Dialogprojektet. 2007. <<http://www.dialogprojektet.se/>>. 14 feb 2007.

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 2007.

SIT. 2007. "Hörselboken". <<http://www2.sit.se/orebro/horselboken/index.htm>>. 20 sept 2007.

# Bilaga I

## Förteckning över framtagna PM inom projekt Auditiv miljö

### PM nr 1: Phonak MLxS i specialskolan – ett alternativ? (5 s., 051017-051227)

Eftersom tillverkaren/leverantören inte kunnat hänvisa till någon större skola som använt tekniken har erfarenheterna ifrån SPM:s skolor (Kristinaskolan och Birgittaskolan) samt RGH sammanställts. Några artiklar som beskrivit interferensproblem mellan FM-system och digitala hörapparater samt CI har även refererats.

### PM nr 1, bilaga 2: Phonak MLxS i specialskolan – ett alternativ? En sammanfattning av senaste årets erfarenheter vid Birgittaskolan och Kristinaskolan. (6 s. 060621)

Redovisar resultaten, efter en knappt två terminer lång provperiod i en klass på Birgittaskolan, med en utrustning där endast teleslingöverföringen bytts mot MLx-S-överföring. Hörapparater och övrig teknik inkl. den för elev-elev-kommunikation var oförändrad. Kristinaskolans försök är mer svårtolkat då många komponenter ingått och även bytts ut under försökets gång samtidigt som någon tydlig referensanläggning inte funnits. Rapporterar även om ett försök vid Hunstad skole i Bergen samt en dansk utvärdering.

### PM nr 1, bilaga 2a: Phonak MLxS i specialskolan – ett alternativ? En sammanfattning av senaste årets erfarenheter vid Birgittaskolan och Kristinaskolan. (3 s. 061107)

Detta är en komplettering av Birgittaskoledelen efter det man återgått till teleslinga och ställt motsvarande frågor om funktion samtbett eleverna göra jämförelser mellan systemen.

### PM nr 2: Hörselteknisk verksamhet vid specialskolorna och vid SPM centralt. (15 s., 070212-070226)

Redovisar den hörseltekniska verksamhetens utveckling vid i huvudsak SPM:s skolor från tidigt 60-tal till idag. Beskriver både personalutveckling som teknikutveckling. Ger en bakgrund till behovet av hörselteknisk personal både på skolorna och centralt.

### PM nr 3: Malvaskolan – några kommentarer. (3 s., 051111)

Innehåller förutom vissa synpunkter på akustiken vid Manilla- och Alvikskolorna, en genomgång av kraven på efterklangtid och störnivå för undervisningslokaler för hörselskadade.

### PM nr 4: Birgittaskolans ombyggnad – några kommentarer. (9 s., 051227)

I huvudsak en utvidgning av PM nr 1, där synpunkter inhämtats utanför SPM-skolorna. Diskuterar utvärderingsproblem, erfarenheter från bl.a. Fredericiaskolan (den skola som vid tillfället hade mest erfarenheter av MLx-S) och gör en teknisk analys med ett försök att överblicka framtida tillgängliga frekvensområden. Beskriver konsekvenser för Birgittaskolans och SPM:s del.

### PM nr 5: Underlag för upphandling av hörselteknisk utrustning. (4 s., 060120)

PM nr 5 hade föregåtts av *Förstudie Teknikupphandling* (051101) som hade distribuerats till företag och leverantörer inom hörselteknikområdet och hade som syfte att presentera några tankar om teknikbehovet hos specialskolan. PM nr 5 innehöll bl.a. kravspecifikationer för hörselteknisk utrustning, baserat på önskemål från avnämarna samt ytterligare krav bestämda av vad en skadad hörsel kräver.

### PM nr 6: Akustiska förhållanden vid Åsbackaskolans nybyggda elevboende. (5 s., 060929)

Redogör för akustiska förhållanden vid Åsbackaskolans relativt nybyggda elevboenden. Akustiken hade föranlett många klagomål, och akustikmätningar visade på mycket olämpliga förhållanden. Åtgärder har vidtagits men kontrollmätningar ännu inte utförts.

### PM nr 7: ”Vad gör Ni med dom som inte hör?” – Analys av ett hjälpmedels möjligheter och begränsningar i en dialogorienterad skolmiljö. (21 s., 060612)

Ger en mycket ingående bild av det i Dialogprojektet använda hjälpmedlet Comfort Conference

(”dosan”) och dess bakgrund som arbetsplatshjälpmedel. Baserat på Dialogprojektets rapporter och fakta om den skadade hörselns behov av bra signal-brus-förhållande, görs en analys av tänkbart resultat. Lätt hörselskadade kan tänkas välja bort hjälpmedlet och enbart använda hörapparaterna i M-läge, med gravt hörselskadade och CI-användare kräver andra hjälpmedel som arbetar med korta mikrofonavstånd. Detta verifieras av senare projektrapporter från Dialogprojektet och utvärderingar gjorda inom projektets tekniska del.

**PM nr 8: Några mätningar av akustik och magnetiska störningar vid Birgittaskolan. (5 s., 070109)**

Redovisar mätningar vid Birgittaskolan av akustiska förhållanden samt mätningar på vissa magnetiska störningar. Magnetiska störningarna bedöms mot den nya standarden IEC 60118-4. 2006. Part 4. Detta görs efter viss diskussion och tolkning av denna nya standard.

Utöver dessa PM har ytterligare material producerats för att hålla olika medarbetare uppdaterade om bl.a. den tekniska utvecklingen. Som exempel kan nämnas SPM-HTM, som är tänkt att vara ett hörselteknisk nyhetsmeddelande för att underlätta för exempelvis tekniker att planera för en framtida utbyggnad av hörseltekniken i skolorna.

# Bilaga 2

## **Introduktion till figurbilaga med teknisk beskrivning och pedagogiska konsekvenser av olika utrustning för hörselskadades undervisning.**

I ett antal figurer redovisas på ett schematiskt sätt olika komponenter i olika anläggningar för hörselskadades undervisning. Figureerna kompletteras av en kort teknisk beskrivning och en redogörelse för de pedagogiska konsekvenserna som erhålls med just den typen av anläggning. Texten är i många avseenden en sammanfattning av vad som kan läsas på olika ställen i rapporten.

Följande anläggningar redovisas:

1. För klassundervisning
  - a) Klassisk hörselklassutrustning
  - b) RGH-modellen
  - c) ”Dialogisk ” hörselklassutrustning
2. För individual placerad elev
  - a) Portabel utrustning, alternativ 1
  - b) Portabel utrustning, alternativ 2
  - c) Stationär utrustning
3. Försöksanläggningar
  - a) Försöksutrustning ”MLx-S”, Birgittaskolan
  - b) Försöksutrustning ”MLx-S”, Kristinaskolan
  - c) Försöksutrustning ”MLx-S”, Kristinaskolan, version 2

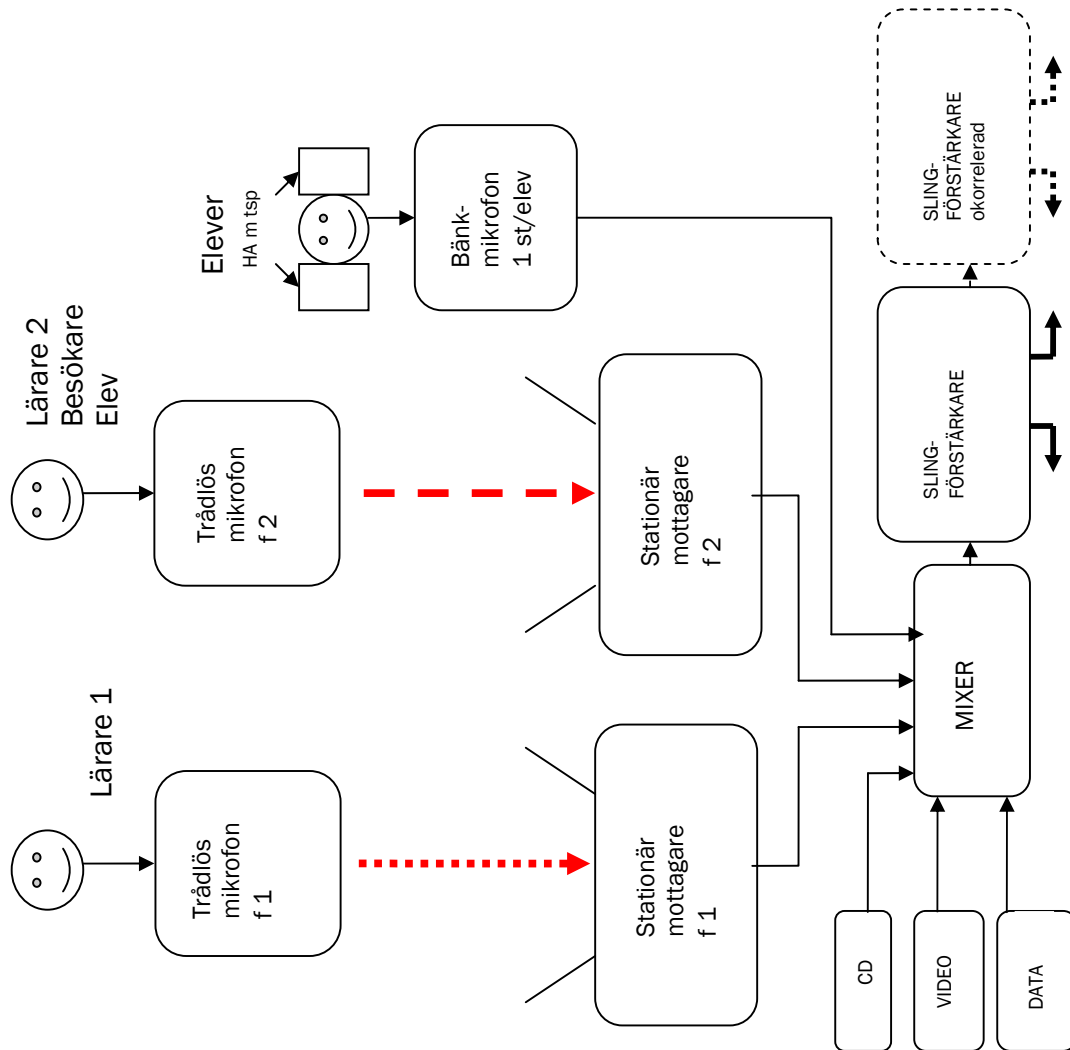
Som framgår av figurbilagan så avslutas de stationära anläggningarna med slingförstärkare, undantaget är försöksanläggningen 3a. Detta är för att få ett driftsäkert och för eleven komfortabelt system. Bredbandiga stationära mottagare med diversitetsmottagning som arbetar med hög deviation ger en säker och brusfri radioöverföring.

Ersätts slingöverföringen, som i anläggning 2a resp. 3a, med ett portabelt FM-system ökar risken för störningar i radioöverföringen. Och ersätts slingöverföringen med dubbla portabla system (s.k. mix-, duo- eller teamteaching-enheter) som i anläggningarna 2b, 3b och 3c så ökar risken för störningar i radioöverföringen ännu mer.

Beträffande försöksanläggningarnas utveckling så avslutades försöket på Birgittaskolan och man återgick till teleslingöverföring. I dag marknadsförs en utrustning som hade förenklat genomförandet av försöket men det är inte troligt att den hade påverkat utgången.

Kristinaskolans försök komplicerades av att mycket teknik var ny för gruppen. Så var funktionen av Comfort Conference otillräcklig och kan till viss del ha maskerat eventuella brister i MLx-S-överföringen. Det tog ganska lång tid innan den byttes ut trots att vissa elever var tvungna att tala i lärarmikrofonen för att bli hörda. I dag fortsätter testen med att elev-elev-kommunikationen har löst via handhållna mikrofoner (”norska modellen”) där eleverna tack vare det korta mikrofonavståndet hör bättre.

## Klassisk hörselklassutrustning



### Teknisk beskrivning:

2 st. trådlösa mikrofoner, den ena för "huvudlärare" (kan gärna vara av "madonnatyp") och den andra för lärare, besökare eller elev som redovisar ett projekt vid t.ex. tavlan (bör vara av halskroktyp).

Mikrofonerna använder olika radiofrekvenser för att kunna användas samtidigt.

2 st. stationära mottagare med diversitetsfunktion för säker radioöverföring.

Trådlösa mikrofonsystemet är bredbandigt och arbetar med hög deviation för att uppnå bästa ljudkvalitet.

Elevmikrofoner som har möjlighet till val mellan permanent och tillfällig inkoppling. Finns på varje elevplats.

Mixer är nödvändig vid inkoppling av så många signalkällor som visas på bilden.

Slingförstärkare som efter behov kan anpassas till konventionell eller okorrigerad slinga.

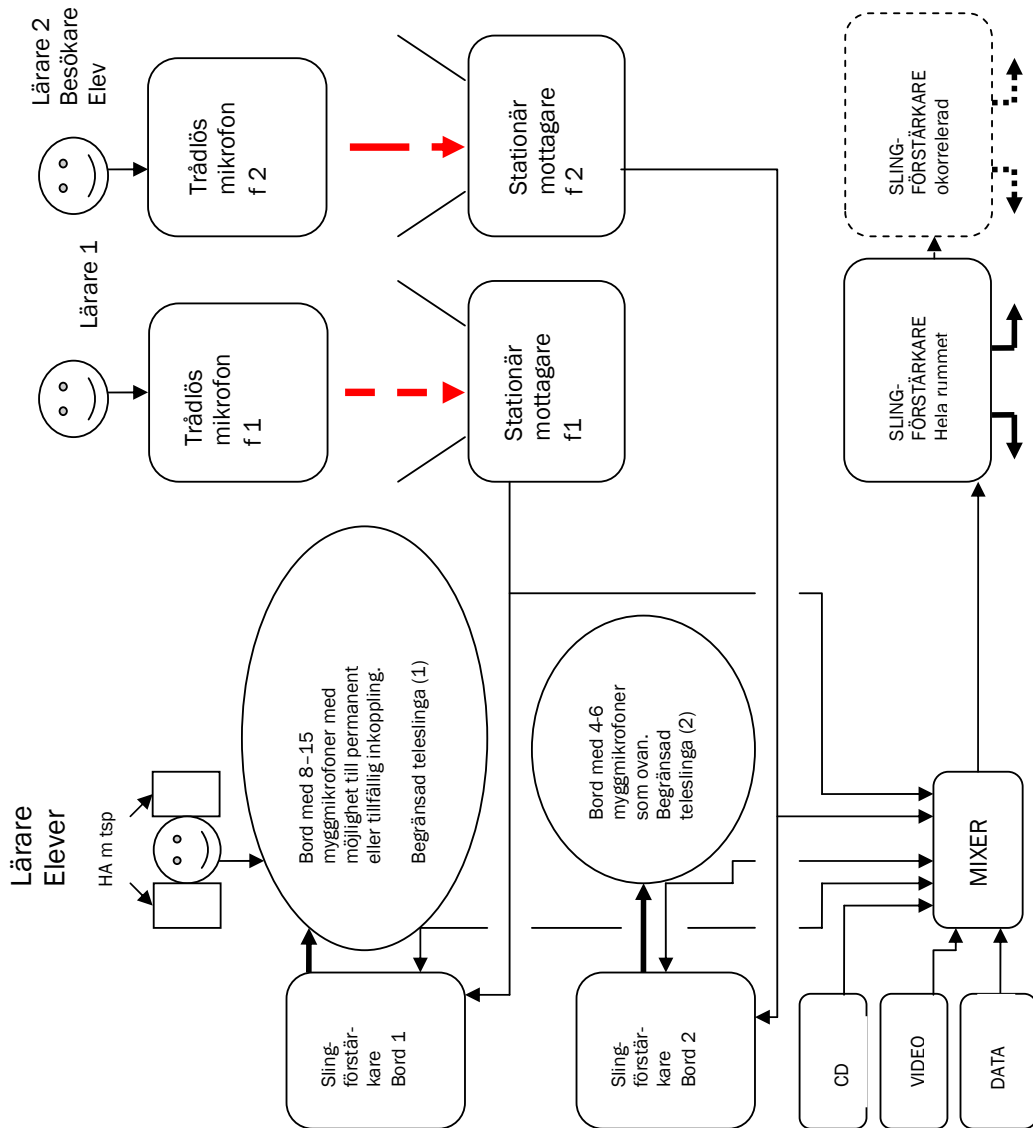
Eleverna lyssnar över hörapparater med telespole och M-MT-T-läge.

### Pedagogiska konsekvenser:

Alla kan höra alla med god ljudkvalitet. Två trådlösa mikrofoner kan arbeta samtidigt eller var för sig. I en dialogpedagogisk situation är det viktigt att enkelt kunna inkludera besökare i diskussionen, detta sker genom att hänga på halskroksmikrofonen.

Elevmikrofonerna är av svanhalstyp och kan kopplas in permanent eller endast för korta kommentarer. Vilket sätt som används beror på gruppstorlek, elevernas grad av hörselskada och störningskänslighet. Den nackdel som finns är att utrustningen är bunden till ett visst klassrum och att vid grupparbete endast en grupp har tillgång till den goda ljudkvaliteten.

## RGH - modellen



### Teknisk beskrivning:

RGH-modellen står som samlingsnamn för olika tekniska lösningar som syftar till att underlätta för grupparbete med goda möjligheter för den hörselskadade att kunna höra sina kamrater och lärare i olika konstellationer i ett och samma klassrum. För en mer utförlig beskrivning hänvisas till artikel i NTD nr 3 2002.

Det speciella med modellen är att teknik och möblering anpassats till grupparbete i 1-3 grupper. Sammanträdesbord och runda bord har använts.

Vid varje bord finns inkopplingsmöjligheter för myggmikrofoner antingen permanent eller tillfälligt via mikrofonförstärkare med omkopplare monterade i bordskanten. Detta ger kort och konstant mikrofonavstånd och lätt manövrerbarhet.

På varje bord finns teleslingor med begränsad utstrålning (vertikala slingor och/eller ett antal stavslingor). När hela gruppen undervisas tillsammans kan med fördel omkoppling göras mellan bordslingor och rumslinga för att öka rörelsefriheten i klassrummet.

Läramikrofonerna kan användas på olika sätt, t.ex. två lärare undervisar varsin grupp eller hela gruppen. Lärarna kan givetvis också använda myggmikrofonerna. Hittills har de olika lösningarna gjorts i samråd med lärare och elever. Valmöjligheterna är stora men kräver samarbete mellan tekniker, lärare och elever.

Kopplingsdiagram i bilden är inte komplett utan vissa detaljer har utelämnats för att få bättre överskådlighet.

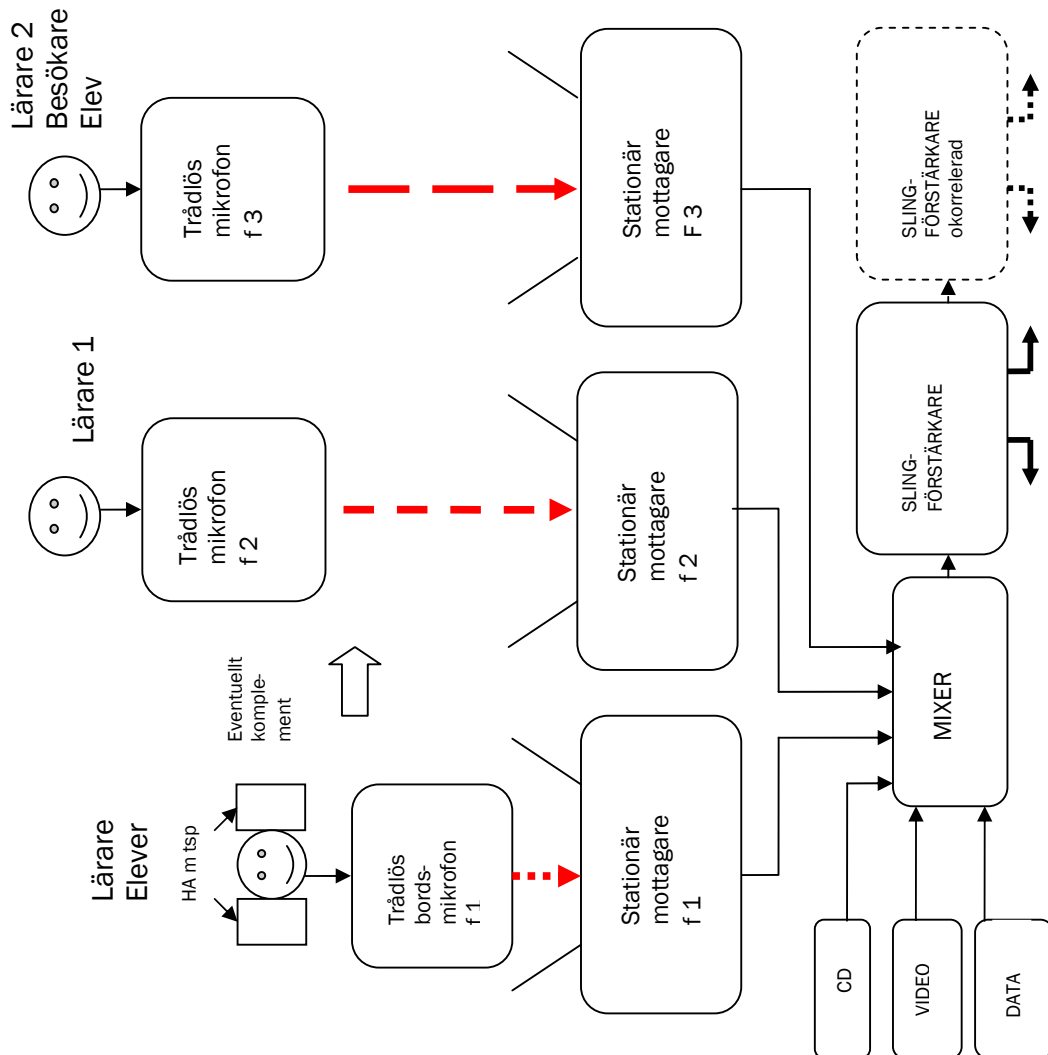
Eleverna lyssnar över hörlappar med telespole och M-MT-T-läge.

### Pedagogiska konsekvenser:

Utrustningen ger samma höga ljudkvalitet som den klassiska hörsellassutrustningen samtidigt som den ger möjlighet till en friare dialogpedagogisk undervisningssituation. Har jämfört med vad som beskrivs under "Dialogisk" hörselklassutrustning möjligheter till flera parallellt arbetande grupper där ljudkvaliteten kan accepteras av samtliga elever.

Forordrar för uppbyggnaden teknikerinsatser.

## "Dialogisk" hörselklassutrustning



### Teknisk beskrivning:

Beteckningen dialogisk hörselklassutrustning syftar på den teknik som kom att introduceras i samband med det svenska dialogprojektet. En trådlös bordsmikrofon (Comfort Conference), i projektet ofta benämnd "dosan", var centraliteten och skulle förmedla all kommunikation i klassen såväl mellan lärare och elever som mellan elever. Mikrofonen var alltid inkopplad vilket innebar att eleverna kunde tala utan att trycka på någon knapp. Mikrofonavståndet blev beroende av bordets utformning och elevantal men genomgående relativt långt.

Några svenska hörselskolor har tagit upp tekniken men har då kompletterat anläggningen med ytterligare två "lärmikrofoner", enligt modell från det "klassiska" alternativet (för detaljer, se Klassisk hörselklassutr.)

Mixer är nödvändig vid inkoppling av så många signalkällor som visas på bilden.

Slingförstärkare som efter behov kan anpassas till konventionell eller okorrelerad slinga.

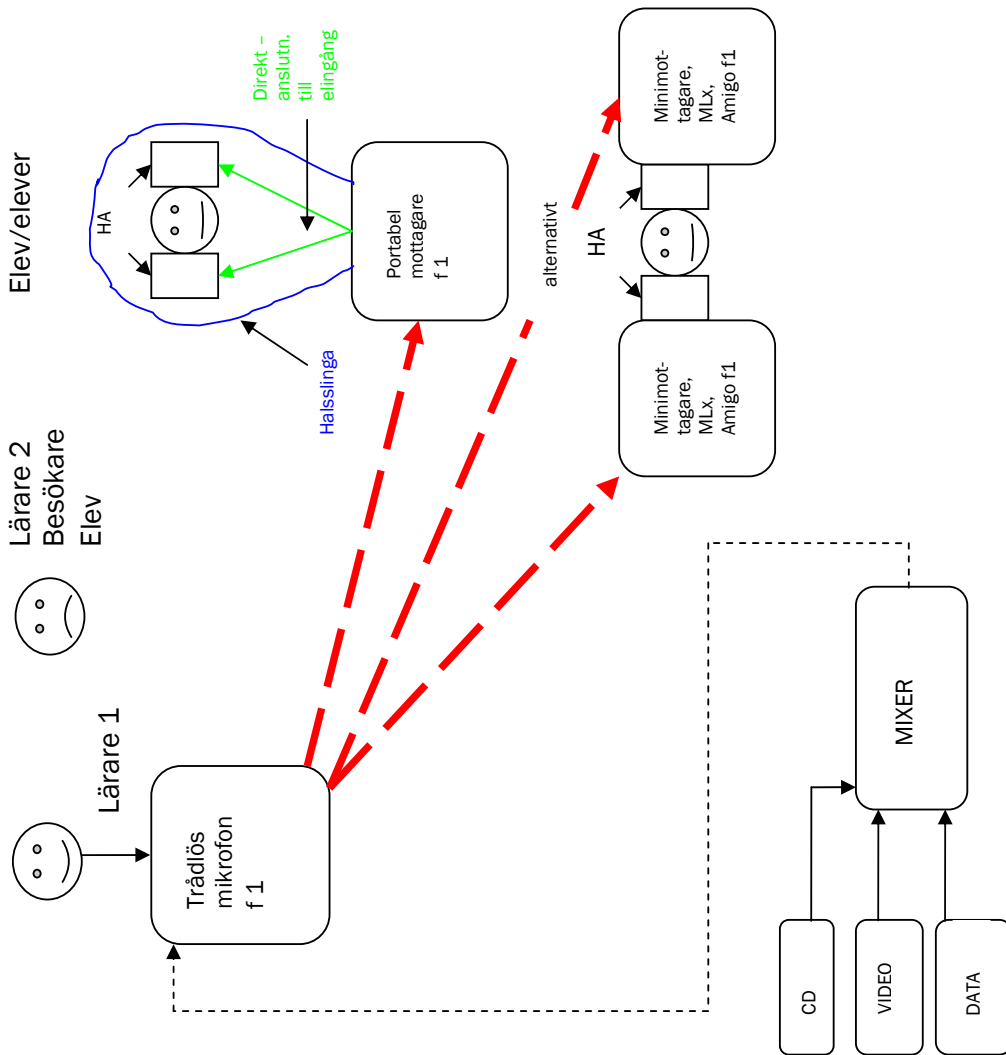
Eleverna lyssnar över hörrapparater med telespole och M-MT-T-läge.

### Pedagogiska konsekvenser:

Det långa avståndet till den centrala bordsmikrofonen gör funktionen extremt beroende av en välavvägd akustik, men erfarenhetsmässigt kommer ändå elever med gravare hörselskador och hög störningskänslighet att uppleva ljudkvaliteten som otillräcklig. Då specialskolan sannolikt kommer att ha en stor andel elever med ovan nämnda karaktäristika (inkl. elever med CI) så bör denna variant **för elevmedhörning undvikas.**

Will man ha en utrustning där eleverna inte behöver trycka på någon knapp för att nå ut till kamraterna så går det att åstadkomma med enheter som redovisats under "Klassisk hörselklassutrustning". Will man underlätta för dialog och grupparbete så erbjuder "RGH-modellen" ytterligare möjligheter.

## Individualplacerad elev, portabel utrustning. Alternativ 1.



### Teknisk beskrivning:

Standarden på utrustning i de individualplacerades klassrum varierar kraftigt. Detta gäller speciellt när man talar om den portabla utrustningen. Flermikrofonssystem är lättare att arrangera i en stationär anläggning än i en portabel. Alternativ 1 är det enklaste varianten av portabel utrustning, och kanske den vanligaste, i varje fall i Sverige. En trådlös mikrofon finns för läraren och den kan givetvis lånas ut till besökare, extralärare, assistent, besökare och för den elev som redovisar något muntligt.

Eleven använder antingen en kroppsburen portabel mottagare som kan leverera signalerna till hörapparaterna via en halsslinga eller direkt via el-ingången. Alternativt används minityrmottagare som fäst direkt på hörapparaterna (MLx, MLxS, Amigo, Scola). Observera att minityrmottagarnas antenner av naturliga skäl är små och dessutom riktade, varför räckviddsproblemen kan förekomma.

För att kunna höra från andra signalkällor måste dessa kopplas in med en kabel i lärarens trådlösa mikrofon. Mixer är nödvändig vid inkoppling av så många signalkällor som visas på bilden. Denna del är sällan utbyggd i individualplacerades klassrum utan man placerar ofta den trådlösa mikrofonen intill en högtalare med dålig ljudkvalitet som resultat.

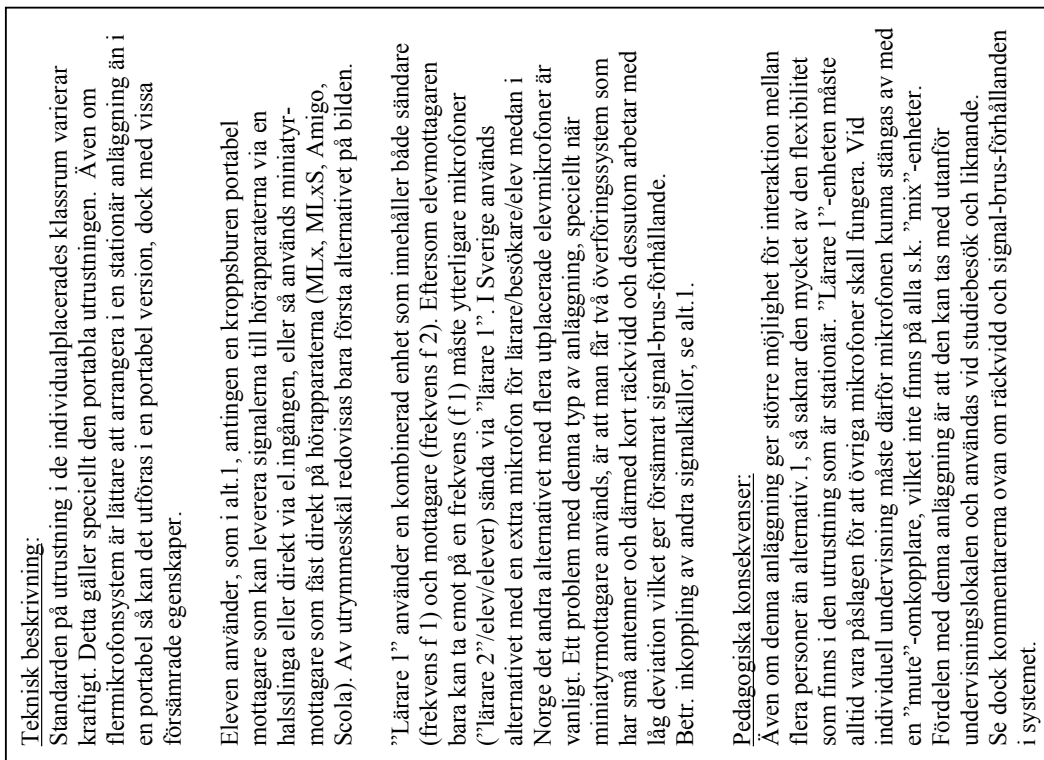
Portabel mottagare med halsslinga kan användas av alla som har en hörapparat med telespole, alltså ett mycket generellt alternativ. Denna typ av mottagare kan i vissa fall även ha en inbyggd mikrofon.

Har apparaten en el-ingång som är anpassad till minityrmottagare kan sådana användas.

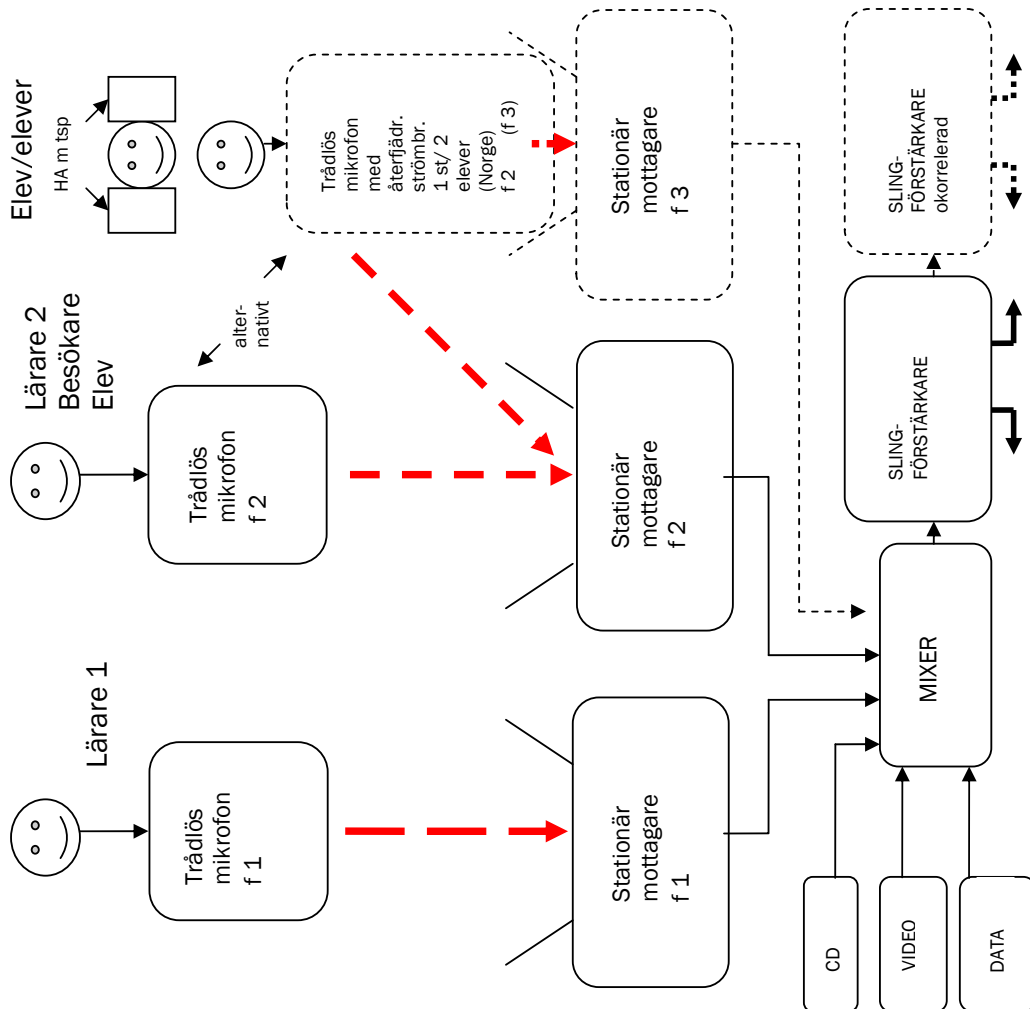
### Pedagogiska konsekvenser:

Denna typiska anläggning utgår från en äldre syn på undervisning där enkliriktad kommunikation lärare – elev var det viktiga. Läraren kan naturligtvis ”låna ut” sin mikrofon för kommentarer från andra, men detta är mycket svårt att göra utan att det stoppar upp tempot för mycket. Det är viktigt att eleven på något sätt kan ha en viss medhöring via hörapparaternas inbyggda mikrofon (MT- eller MFM-läge). Fördelen med denna enkla anläggning är att den kan tas med utanför undervisningslokalen och användas vid studiebesök och liknande.

## Individualplacerad elev, portabel utrustning. Alternativ 2.



## Individualplacerad elev, stationär utrustning



### Teknisk beskrivning:

Standarden på utrustning i de individualplacerades klassrum varierar kraftigt. I vissa fall finns bara en lärarmikrofon som skall betjäna både lärare och elev. Det dominerande i Sverige är nog en lösning med två trådlösa mikrofoner, en för läraren och en som kan användas att skickas runt bland eleverna. I Norge har ett system använts sedan länge där flera handhållna trådlösa mikrofoner finns utplacerade i klassrummet (1 st. per 2 elever). Dessa arbetar på samma frekvens och kan inte användas samtidigt, varför det fordras viss disciplin när det gäller hanterandet av strömbrytaren. Se för övrigt kommentarer till det trådlösa systemet i texten till *klassiskt hörselklassrum*.

Mixer är nödvändig vid inkoppling av så många signalkällor som visas på bilden. Denna del är sällan utbyggd i individualplacerades klassrum utan man placerar ofta en trådlös mikrofon intill en högtalare med dålig ljudkvalitet som resultat.

Slingförstärkare kan efter behov anpassas till konventionell eller okorrelerad slinga. Är det bara en hörselskadad elev på skolan kan konventionell slinga användas.

Eleverna lyssnar över hörselapparater med telespole och M-MT-T-läge.

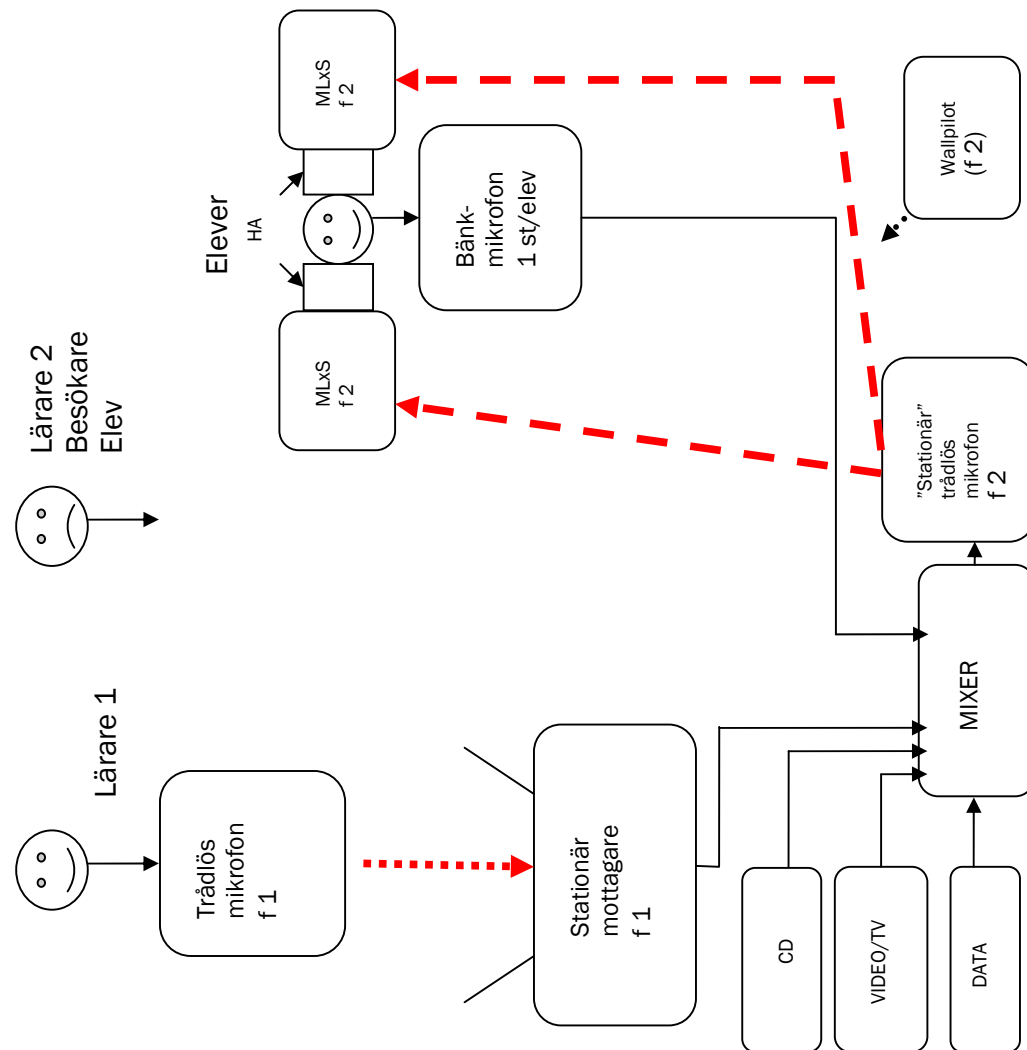
En tredje stationär mottagare som arbetar på en egen frekvens och betjänar elevmikrofonerna ute i klassrummet, gör att dessa kan arbeta oberoende av lärar- och besöksmikrofonen.

### Pedagogiska konsekvenser:

Eleven kan uppfatta en eller två lärare bra förutsatt att det finns två trådlösa mikrofoner på olika frekvens.

Det stora problemet för den individualplacerade eleven är att uppfatta kamraterna. Även med den extra mikrofonen som kan skickas runt bland eleverna blir det en ganska trög och konstlad kommunikation som saknar spontanitet. Med den "norska modellen" ökar möjligheterna till kamratmedhörning men den kräver disciplinerade användare. Tyvärr är det en relativt oprövad lösning i Sverige, kanske av kostnadsskäl. Den nackdel som finns är att utrustningen är bunden till ett visst klassrum. Den är däremot driftsäker och lättanvänd.

## Försöksutrustning "MLxS", Birgittaskolan



### Teknisk beskrivning:

En trådlös mikrofon med stationär diversitetsmottagare arbetande med hög deviation för bästa ljudkvalitet.

Elevmikrofoner som har möjlighet till val mellan permanent och tillfällig inkoppling. Finns på varje elevplats.

Mixer är nödvändig vid inkoppling av så många signalkällor som visas på bilden.

Alla signalkällor i systemet sänds över en trådlös mikrofon (Comfort Selecta T10) på frekvensen f 2 (låg deviation) till elevernas MLxS-mottagare.

Elevernas MLxS-mottagare styrs till f 2 via Wallpilot samt har f 2 som förvald frekvens.

Eleverna måste ha hörapparater som är MLxS-kompatibla och har telespole och M-MT-T/M-MFM-FM-läge.

### Pedagogiska konsekvenser:

Eleverna kan höra läraren och kamraterna. En andra trådlösmikrofon saknas. Den skulle kunna underlätta vid flera lärare i klassen, vid besök i klassen och när elev skall redovisa projekt vid tavlan.

Elevmikrofonerna är av svanhalstyp och kan kopplas in permanent eller endast för korta kommentarer. Vilket sätt som används beror på gruppstorlek, elevernas grad av hörselskada och störningskänslighet. Dessa elevmikrofoner är en garanti för att alla elever oavsett grad av hörselskada får bästa möjligheter att uppfatta sina kamrater.

Den nackdel som finns är att utrustningen är bunden till ett visst klassrum och att vid grupparbete endast en grupp har tillgång till tekniskt stöd. En tanke har varit att använda trådlösa mikrofonen (f 2)

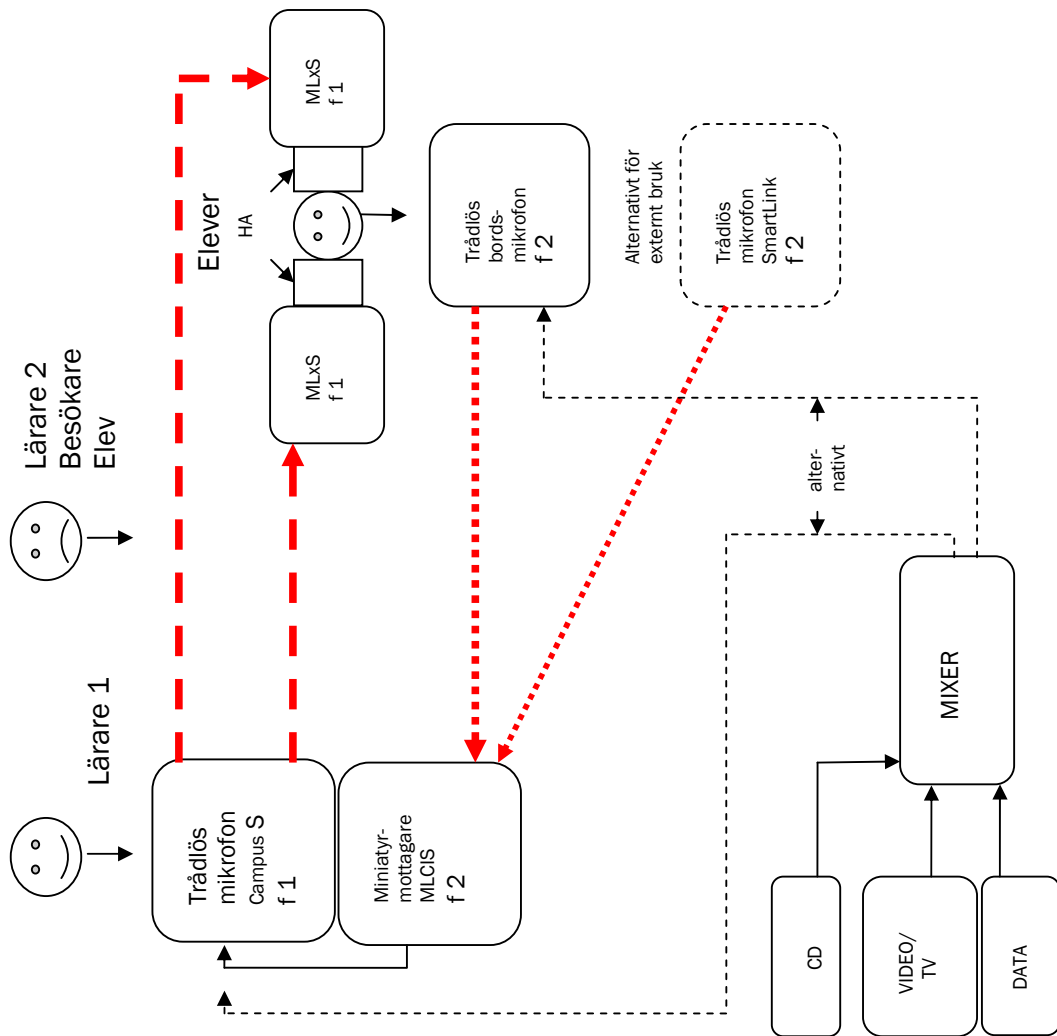
även utanför klassrummet. Detta skulle underlätta av att den kunde laddas samtidigt som den används som stationär sändare i klassrummet. Räckviddsmässigt finns begränsningar genom användningen av MLxS. Se PM nr 1.

### Vidareutvecklingsförslag och frågor:

Det är viktigt att kunna inkludera en andra trådlös mikrofon och detta bör testas och beaktas för bedömning av framtida frekvensbehov.

Kan laddningsförfarandet modifieras på trådlös mikrofon f 2?

## Försöksutrustning "MLxS", Kristinaskolan



### Teknisk beskrivning:

En trådlös lärarmikrofon på frekvensen f 1 sänder till elevernas MLxS-mottagare som har f 1 som förvald frekvens.

Elevernas tal förutsatt förmedlas via den trådlösa bordsmikrofonen (Comfort Conference) på frekvensen f 2. Denna sänder till miniatyrmottagaren MLCIS som är fäst på lärarsändaren och ansluten till dess audioingång.

Då audioingången är upptagen får man en komplikation när annan signalkälla (t.ex. TV, CD) skall kopplas in. Antingen får man bryta upp förbindelsen från miniatyrmottagare MLCIS och koppla bort den trådlösa bordsmikrofonen (orealistiskt) eller också får en specialmixer anslutas till den trådlösa bordsmikrofonen och signalkällan ta den ”omvägen”.

Ett problem med denna typ av anläggning är att man får två överföringssystem som har små antenner och därmed kort räckvidd och dessutom arbetar med låg deviation vilket ger försämrat signal-brus-förhållande.

### Pedagogiska konsekvenser:

Systemet saknar den enkelhet i handhavande som är önskvärd. Speciellt vid inkoppling av yttre signalkällor (TV etc.) är det en risk för att det blir för komplicerat och man väljer att hänga en mikrofon intill en högtalare för att få ut ljudet till eleverna.

**Användande av den trådlösa bordsmikrofonen (Comfort Conference) har visat sig vara otillräcklig för elever med större hörselproblem och bör undvikas i specialskolan.**

Saknar extra mikrofon för ”lärare 2”, besökare eller vid tavlan redovisande elev.

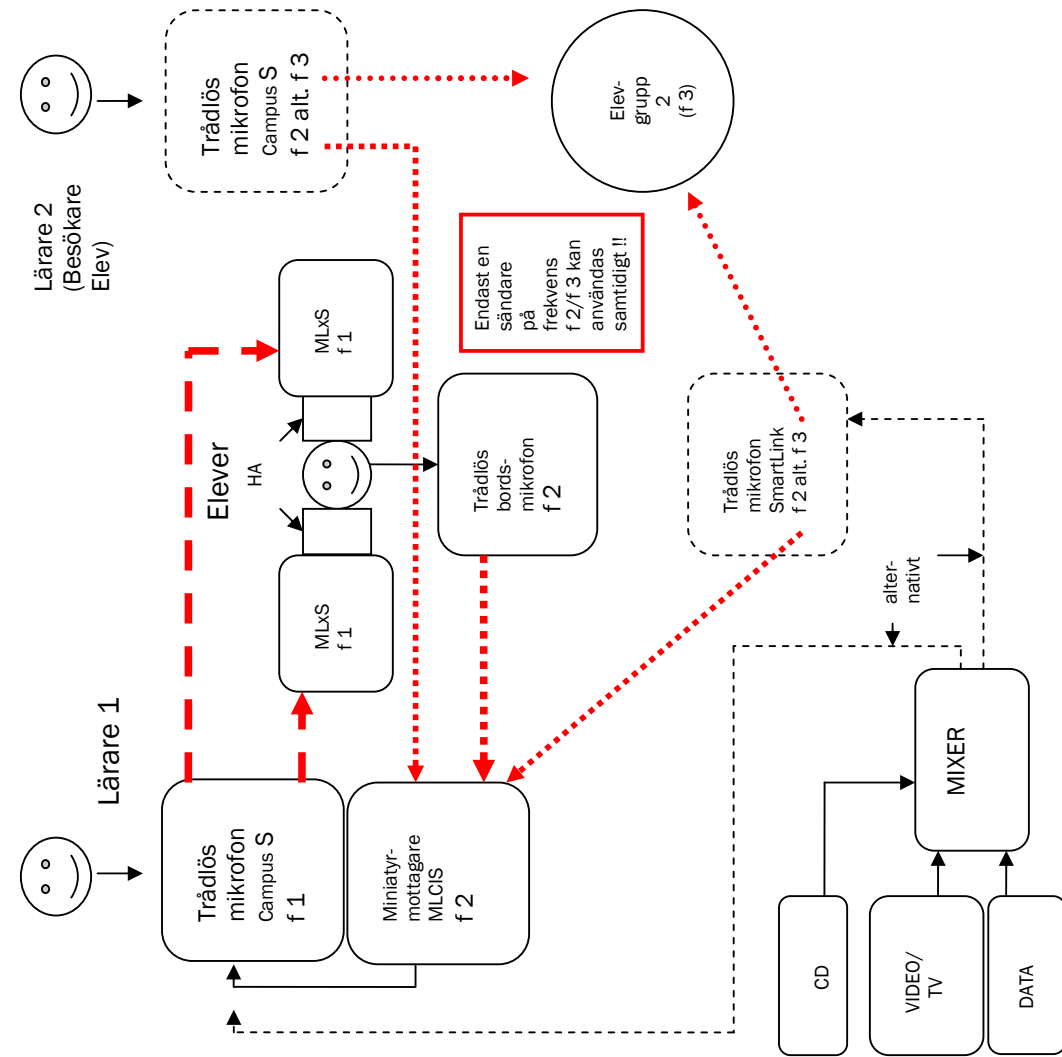
Den stora fördelen med den skissade anläggningen är att den kan användas utanför klassrummet och då tillsammans med alternativet Smartlink som handhållen mikrofon för elevmedhörning.

### Vidareutveckling och frågor:

Den mest angelägna förbättringen måste vara att åtgärda elevmedhörningen. Läraren är för vissa elevers behov tvungen att låna ut lärarmikrofonen som komplement till bordsmikrofonen. Detta är inte rimligt.

Hur löser man inkopplingen av yttre signalkällor (TV etc.)?

## Försöksutrustning "MLxS", Kristinaskolan vers.2



SPM/AG/051208

### Teknisk beskrivning:

Denna version 2 är en komplettering av tidigare "försöksutrustning" (se den texten för grundfunktionen) och här kommenteras i huvudsak de nya alternativen och deras användning.

Det nya är introduktionen av en trådlös mikrofon som finns för arbete i ett intilliggande gruppum på frekvensen f 3, men som kan fungera även i klassrummet. Den kan användas på två sätt:

1. som extra mikrofon för lärare 2, besökare eller elev som redovisar projekt, och då används den på frekvens f 2 vilket innebär att bordsmikrofonen och Smartlinken måste vara avstängda.
2. som mikrofon för en elevgrupp på frekvensen f 3 som då inte har tillgång till någon annan information från klassen.

Som alternativ till att bryta upp förbindelsen från miniatyrmottagare MLCIS när man vill koppla in en yttre signalkälla (t.ex. TV) väljs här en inkoppling till Smartlinken och den "omvägen".

### Pedagogiska konsekvenser:

Systemet saknar den enkelhet i handhavandet som är önskvärd. Speciellt vid inkoppling av yttre signalkällor (TV etc.) är det en risk för att det blir för komplicerat och man väljer att hänga en mikrofon intill en högtalare för att få ut ljudet till eleverna.

Med så många alternativa sändare som kan styra mottagarnas frekvenser är det mycket lätt att fel uppkommer och det krävs mycket av lärare och elever för att undvika problem.

**Användande av den trådlösa bordsmikrofonen (Comfort Conference) har visat sig vara otillräcklig för elever med större hörselproblem och bör undvikas i specialskolan**

Den stora fördelen med den skissade anläggningen är att den kan användas utanför klassrummet och då tillsammans med alternativet Smartlink som handhållen mikrofon för elevmedhörning.

### Vidareutveckling och frågor:

Den mest angelägna förbättringen måste vara att åtgärda elevmedhörningen. Läraren är för vissa elevers behov tvungen att låna ut lärarmikrofonen som komplement till bordsmikrofonen. Detta är inte rimligt.

# SPM Rapportserie

2006:1. Maria Hermanson. *Pedagogiskt arbete i tvåspråkighetsperspektiv*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2006:2. Christina Dravins. *Språkmiljöer och lärande för elever med avancerad hörselteknisk utrustning*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2006:3. Ola Hendar. *Elever i behov av särskilt stort stöd inom specialskolan för döva och hörselskadade: En studie utifrån WHO:s klassificeringsinstrument ICF*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2006:4. Nätverket för utåtriktad verksamhet. *Utåtriktad verksamhet*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2006:5. MajLis Bäckman och Cristina Brenner. *"Vi får vara med och bestämma..." En uppföljande rapport om elevinflytande på Kristinaskolan*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2006:6. Anneli Örlegård. *Stärk elevernas inflytande på skolorna! Projekt rapport från SPM:s elevdemokratiprojekt 2005*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2006:7. Elsa Foisack. *Divisionssagor – ett sätt att komma igång med divisionsbegreppet*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2007:1. Brita Lundberg. *Specialskolemyndighetens kontakter med Myndigheten för skolutveckling, Skolverket och Specialpedagogiska institutet under 2006*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2007:2. Sofia Åkerberg. *Att tänka som en förälder... En undersökning av Specialskolans boendearbete med elever i behov av särskilt stort stöd samt förekommande samverkan i detta avseende mellan boende, skola, fritids och elevhälsa*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2007:3. Elsa Foisack. *Vi öppnar en affär: Praktisk matematik för elever i behov av särskilt stöd*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2007:4. Maria Hermanson och Christina Dravins. *Tvåspråkighet: Resultat av diskussioner bland Specialskolemyndighetens personal*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2007:5. Eva Eriksson, Ingegerd Petterson och Pär Furå. *Upplevelsebaserat lärande utomhus*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2007:6. Nätverket för utåtriktad verksamhet. *Studiebesök i Norge*. Örebro: Specialskolemyndigheten.

2007:7. Arne Gustafsson. *Auditiv miljö: Hörselteknik och akustik i specialskolan*. Örebro: Specialskolemyndigheten.





SPECIALSKOLEMYNDIGHETEN

SPM  
Box 6074  
700 06 ÖREBRO  
019-33 39 00  
019-33 39 03 text  
019-33 39 19 fax  
ck@ck.spm.se  
www.spm.se