

# SÅDAN GØRES HØJE LYDE BEHAGELIGE

JULIE TANTAU, AuD  
FABIAN MORANT, MS  
MIKROTEKNIK

Så længe der har eksisteret høreapparater, har brugerne klaget over, at nogle lyde er for høje, og det gør de stadig. Dette står i kontrast til de teknologiske fremskridt, der er sket inden for høreapparater. Teknologi er dog kun en del af det – den rette anvendelse af teknologien er den anden. Med udgangspunkt i behagelig høj lyd, kan teknologien forudsige det optimale MPO (maximum power output), men brugertilfredsheden afhænger af verificering og den individuelle tilpasning, og om nødvendigt en nøjagtig måling af UCL (uncomfortable loudness level). For at øge viden inden for disse områder, vil vi her give baggrundsviden og praktiske retningslinjer for MPO-verificering og UCL-måling. Derudover vil vi give et indblik i, hvordan Oasis tilpasningssoftwaren guider dig fra gennemsnitligt eller målt UCL til MPO.

Tidligere foretog eksperterne målingen af UCL før tilpasningen, men nu foretrækker de at bruge den til verificering og validering af tilpasningen.

## KOMFORT VED HØJE LYDE – ET AKTUELT EMNE

På trods af fordelene ved digital teknologi kæmper høreapparatbrugere stadig med høje lyde. I en kundetilfredshedsundersøgelse med titlen "Consumer satisfaction with hearing aids is slowly increasing" beskrev Kochkin (2010) de områder, der har de mest negative bedømmelser i forhold til høreapparaters signalbehandling og lyd kvalitet. Blandt top fem var brug i støjende omgivelser og komfort ved høje lyde. Hvordan kan tilfredsheden inden for disse to områder forbedres?

I dagens høreapparater forbedres performance i støj bl.a. ved hjælp af retningsmikrofoner og støjreguleringsystemer. Begge giver ekstra komfort, men de kan aflede opmærksomheden fra en mere grundlæggende del af tilpasningen: MPO.

MPO begrænser det lydtryk, som brugeren udsættes for. MPO har derfor en betydelig indflydelse på den samlede brugertilfredshed. Når brugerne klager over lyde, der er for høje, kan årsagen være, at MPO er for højt. Tilsvarende er der også en risiko for, at MPO kan være for lavt. I dette tilfælde er talelyde dæmpede og vanskelige at forstå (Bentler & Cooley, 2001).

Veletablerede procedurer i tilpasningssoftwaren giver fornuftige estimater for MPO for fire ud af fem brugere (Dillon, 2012). Målte UCL-værdier er derfor ikke længere en forudsætning for en tilpasning. Når MPO er for højt eller for lavt, skal det justeres. I det ene ud af fem tilfælde, hvor der er behov for det, begynder indstillingen af en passende MPO-værdi almindeligvis med en måling af UCL (uncomfortable loudness level) eller den tilsvarende måling af ubehagstærsklen (LDL – loudness discomfort level).

## DEBAT OM ANVENDELSEN AF UBEHAGELIGE LYDNIVEAUER I TILPASNINGSPROCESSEN

Både tilpasningsmetoden og eksperternes holdninger til tilpasningsprocessen har ændret sig i tidens løb. Tidligere foretog eksperterne målingen af UCL før tilpasningen, men nu foretrækker de at bruge den til verificering og validering af tilpasningen. Da Hawkins et al. (1987) diskuterede LDL-målemetoden, hævdede de faktisk, at LDL skulle måles for at fastslå høreapparatets maksimale output. Deres påstand afspejler processen, før digitale høreapparater og tilpasningssoftware fandtes.

I 2005 begyndte deres holdning at ændre sig. Mueller og Bentler evaluerede UCL-målingernes effektivitet ved at gennemgå næsten 200 artikler. De konkluderede, at beviserne "havde en tendens til at understøtte brugen af klinisk målte frekvensspecifikke LDL-værdier" (s. 470), men de undlod at anbefale den.

Syv år senere rapporterede Dillon (2012), at hvis "den tærskel-baserede anbefaling blev anvendt, forbedrede individuelle målinger af LDL ikke væsentligt tilpasningens nøjagtighed" (s. 328). Derfor konkluderede han, at den sparede tilpasningstid blev brugt bedre på en efterfølgende evaluering.

På trods af disse forskellige holdninger til, hvornår en UCL-måling bør foretages, er den stadig en vigtig del af tilpasningsprocessen. På baggrund af denne kendsgerning vil vi diskutere målingen af UCL, Oasis' anvendelse af den og validering og verificering af MPO.

UCL-målingen er tilbøjelig til at give forskellige resultater af en række årsager: brugeres individuelle adfærd, forskellige procedurer og fortolkninger af instruktioner.

### MÅLING AF UBEHAGELIGT LYDNIVEAU

UCL betegner det lydniveau, hvor en bruger finder lyde ubehageligt høje, men ikke smertefulde. I modsætning til den enkle definition er UCL-målinger tilbøjelige til at give forskellige resultater af en række årsager: brugeres individuelle adfærd, forskellige procedurer og fortolkninger af instruktioner. I et forsøg på at minimere disse udfordringer, anbefaler vi Cox Contour-testen (Cox et al., 1997) – en “videnskabelig forsvarlig procedure, der på samme tid er klinisk mulig” (s. 389).

Brugeres individuelle adfærd refererer til menneskers humør og følelser forbundet med visse lyde. Begge påvirker det lydniveau, man kan tolerere. Et godt eksempel er høj musik, som man ofte ønsker at høre til en fest, men som man sjældent bryder sig om næste morgen. Ligeledes kan man godt lide jubel på et fodboldstadion, men man bryder sig ikke om en lige så høj lyd af en negl, der skraber på en tavle (Mueller, 2009).

Et lignende argument gælder for de rentoner, der anvendes til den frekvens-specifikke måling af UCL. De fleste brugere finder dem mindre behagelige end lyde fra dagligdagen, hvilket medfører en potentiel bias.

Sammenlignet med andre måleprocedurer hjælper Cox Contour-testen (Cox et al., 1997) brugere med at bedømme lydstyrken ud fra 7 lydstyrkeniveauer, som vist i tabel 1.

**Table 1.** Lydstyrke-deskriptorer fra Contour-testen (Cox et al., 1997) til brug ved måling af LDL.

#### Lydstyrkeniveauer

7.	Ubehageligt højt
6.	Højt, men ok
5.	Behageligt, men lidt højt
4.	Behageligt
3.	Behageligt, men lidt svagt
2.	Svagt
1.	Meget svagt

Ifølge tabel 1 henviser niveau 1 til meget svage lyde, mens niveau 7 henviser til ubehageligt høje lyde. Forfatterne anbefaler at gennemgå skemaet med brugerne og holde det inden for deres synsvidde under testen. For at undgå forudindtagede fortolkninger, anbefaler forfatterne også at læse følgende instruktioner op for brugeren:

Formålet med denne test er at finde frem til din vurdering af forskellige lydes styrke. Du vil høre lyde, der stiger og falder i styrke. Du skal vurdere, hvor høje disse lyde er. Forestil dig, at du lytter til radioen på denne lydstyrke. Hvor højt ville det være? Efter hver lyd skal du fortælle mig, hvilket af disse niveauer, der bedst beskriver lydstyrken. Vær opmærksom på, at en ubehagelig høj lyd er højere, end du nogensinde ville vælge på din radio, uanset hvilket humør du er i. (Cox et al., 1997).

Sådan en etableret testprotokol giver de bedste betingelser for at opnå meningsfulde og reproducerbare resultater.

Oasis anvender ikke en bestemt metode, men understøtter alle muligheder ved at stille de nødvendige værktøjer til rådighed.

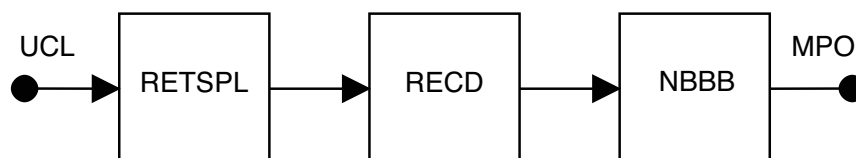
## MED OASIS FRA UCL TIL MPO

Nu hvor du har gennemført UCL-målingen, hvad skal du så gøre med den? Som tidligere beskrevet har UCLs rolle i fastsættelsen af MPO ændret sig med teknologien. De forskellige holdninger blandt eksperterne komplicerer bestemt beslutningen om, hvorvidt man bør inkorporere UCL i beregningen af MPO. I sidste ende er der ikke en bestemt teknik til at vælge en MPO-indstilling – ret forskellige måder og metoder findes. Løsningen i Oasis er ikke en bestemt metode. Oasis understøtter alle muligheder ved at stille de nødvendige værktøjer til rådighed. For at vise hvordan Oasis udfører opgaven, besvarer vi følgende spørgsmål:

- Hvordan transformerer Oasis UCL-værdier til MPO-indstillinger?
- Hvordan fortsætter Oasis, når du ikke angiver målte UCL-værdier?
- Hvorfor kan MPO-indstillingerne synes for lave?
- Hvilke muligheder har Oasis for at justere MPO?

### Transformering af UCL-værdier til MPO-indstillinger

Transformeringen af UCL-værdier til MPO-indstillinger kræver tre trin: RETSPL (Reference Equivalent Threshold Sound Pressure Level), RECD (Real Ear to Coupler Difference) og NBBB (narrowband to broadband) konvertering. Disse trin er vist i figur 1.



**Figur 1.** Diagram over transformeringen fra UCL til MPO.

Når UCL måles, bruges normalt rentoner gennem inserttelefoner eller hovedtelefoner, hvor resultaterne udtrykkes i dB HL. Først konverterer Oasis disse dB HL-værdier til 2cc coupler-værdier. Dette gøres ved at lægge RETSPL til HL. RETSPL er den gennemsnitlige høretærskel i en coupler for en bestemt transducer. Standarden ISO 389-1 (1998) giver transduceren specifikke RETSPL-værdier.

Næste skridt er at konvertere 2cc coupler-værdierne til øregangens SPL ved at lægge RECD til. Til dette formål anvender Oasis aldersspecifikke gennemsnitlige RECD-værdier eller individuelt målte værdier, hvis de er tilgængelige. Til børn eller personer med unormal ørefysiologi anbefales det altid at måle RECD.

Det sidste trin kræver en mindre reduktion af SPL for at balancere ændringen fra et narrowband- til et broadband- eller komplekst signal. Rentoner er narrowband-signaler, og tale er f.eks. et komplekst signal. Komplekse signaler producerer et større output end nogen af deres enkeltkomponenter eller rentoner. Broadband-signaler medfører også, at lytteren opfatter en højere lydstyrke.

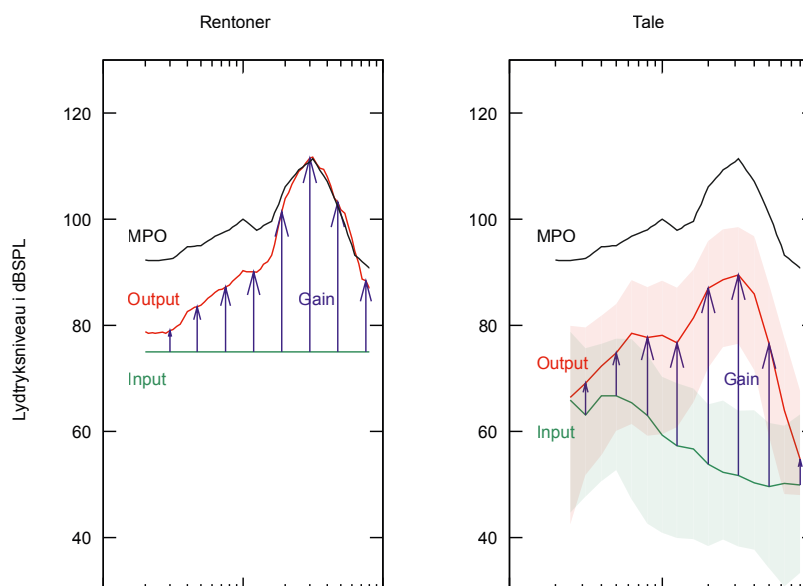
Når Oasis har udført disse tre trin, er værdien, der kommer ud af det, MPO. Formlen ser således ud:  $UCL \text{ (dB HL)} + RETSPL + RECD - NBBB = MPO$ .

### Procedure uden målte UCL-værdier

Som nævnt tidligere kan du angive målte UCL-værdier helt fra starten. Men hvad sker der, hvis du ikke gør det? I dette tilfælde anvender Oasis veletablerede procedurer (Storey et al., 1998), som bruger de målte høretærskler til at forudsige MPO-indstillinger. Dillon (2012) fandt ud af, at ved hjælp af denne metode var ca. 80 % af personerne inden for +/-5 dB af de MPO-niveauer, der blev fundet acceptable for personerne. Kun de personer, der havde en meget lille øregang eller et lille dynamikområde, havde behov for yderligere målinger.

### Tilsyneladende lave MPO-indstillinger

Når beregningerne er gennemførte, viser Oasis MPO-kurven. Skærbilledet viser ofte MPO-værdier omkring 110 eller 115 dB SPL. Det kan vise sig, at disse værdier udgør en risiko for at begrænse input gain-kurven for 80 dB og eventuelt klipper tale. Situationen er dog mindre problematisk, end den forekommer. Grunden ligger i forskellen mellem de signaler, der vises i softwaren, og dem høreapparatet behandler i hverdagen. Denne forskel er vist i figur 2.



**Figur 2.** Betydningen af en fast MPO-kurve for narrowband-rentoner vs. broadband-tale.

Venstre diagram i figur 2 illustrerer situationen for rentoner. Med en forstærkning på 35 dB ved 3000 Hz når et 75 dB rentone-input MPO ved 110 dB SPL. I højre diagram i figur 2 er resultatet anderledes, selvom forstærkningen og inputniveauet er de samme. Taleinputtet ved 75 dB opretholder en 20 dB buffer mellem output og MPO.

Der er to årsager til, at forskellen opstår. Den første årsag er, at effekten for en rentone er koncentreret ved den specifikke frekvens, hvorimod effekten for komplekse toner er spredt over en række frekvenser. Dette resulterer i lavere spektrale niveauer for tale. Som det ses i højre graf, er taleinputtet (grøn kurve) derfor altid lavere end inputtet for rentoner. Dette er sandt, så længe begge signaler har samme totale effekt.

Taleinputtet ved 75 dB opretholder en 20 dB buffer mellem output og MPO.

Den anden årsag er talens spektrale hældning. Det gennemsnitlige talespektrum falder i de højere frekvenser og reducerer yderligere output-niveauerne sammenlignet med dem for rentoner. Effekten af disse er påvist i talesignalet ved 75 dB i det højre diagram i figur 2. Begge grafer anvender de samme forstærknings- og inputniveauer. Men på grund af det naturlige lavere taleinput og de lavere taleniveauer i de høje frekvenser er resultatet et lavere output sammenlignet med rentoner.

### Muligheder for justering af MPO

Uanset om du indtaster målte UCL-værdier eller vælger at bruge de gennemsnitlige UCL-værdier i Oasis, vil du lejlighedsvis have behov for at justere MPO. Oasis giver dig tre muligheder for dette.

Den første mulighed er at justere MPO på skærbilledet "Forstærkning" i Oasis. Her skal du manuelt øge eller sænke MPO på samme måde, som du justerer forstærkningen ved finjusteringer.

Den anden mulighed kan bruges, når du har valgt at bruge UCL-værdierne i Oasis, men har én af de fem brugere, for hvem gennemsnitsværdierne ikke gælder, eksempelvis en bruger med et lille dynamikområde. I dette tilfælde skal du måle og indtaste UCL-værdierne i audiogrammet og starte forfra med tilpasningen. En alternativ og nemmere metode er at bruge indstillingen in situ-audiometri i Oasis og måle UCL-værdierne via høreapparaterne. Oasis vil derefter genberegne MPO baseret på de målte in situ UCL-værdier.

Den tredje mulighed kan bruges, når du har indtastet den målte UCL, men ikke er enig i den beregnede MPO. I dette tilfælde kan du muligvis få et bedre resultat, hvis du fjerner UCL-værdierne fra audiogrammet og starter forfra og denne gang bruger de gennemsnitlige UCL-værdier i Oasis.

### VALIDERING OG VERIFICERING AF MPO

Det er nu tid til at verificere den opnåede MPO. Undersøgelser har vist, at verificeringen af høreapparaternes indstillinger er afgørende for at opnå brugertilfredshed (Kochkin et al, 2010). Udover forstærkning bør kontrollen også omfatte MPO (Valente et al., 2007). En metode til at verificere MPO er at indarbejde den i real-ear-målingen, hvor der anvendes et 85 dB rentone-sweep, og der kontrolleres, at det maksimale output ikke overstiger de målte UCL-værdier.

En alternativ metode er at udføre en lydstyrketest med høreapparater på (Mueller, 2009), særligt Cox Contour-testen (Cox et al, 1997). En fordel ved denne procedure er, at den også vil afsløre potentielt lave MPO-indstillinger.

Yderligere kliniske målinger, såsom spørgeskema til selvevaluering vil bidrage til at opdage problemer forårsaget af en høj MPO. Ved at bruge disse spørgeskemaer i den opfølgende tilpasning kan problemer med lydstyrken, som brugerne oplever i dagligdagen opdages.

### BEVAR HØJE LYDE HØJE, MEN OK

At tilpasse høreapparater er sommetider som at gå balancegang. Høreapparatbrugere har brug for forstærkning og MPO til at høre tale tydeligt, men hvis UCL-værdierne overskrides, giver det ubehag og utilfredshed.

Som erfaringen viser, er MPO et aspekt ved tilpasningen, som ofte overses, men som kan have stor indflydelse på tilfredsheden. Vi anbefaler, at der fokuseres mere på dette med flere tilfredse brugere som følge.

En lydstyrketest med høreapparater på vil også afsløre potentielt lave MPO-indstillinger.

## Referencer

- American National Standards Institute. (2009). *American National Standard Specification of Hearing Aid Characteristics*, ANSI S3.22. New York: ANSI.
- Bentler, R.A. and Cooley, L.J. (2001). An examination of several characteristics that affect the prediction of OSPL90 in hearing aids. *Ear & Hearing*, 22, 58–64.
- Bentler, R.A. and Nelson, J.A. (2001). Effect of spectral shaping and content on loudness discomfort. *J AM Acad Audiol.*, 12, 462–470.
- Bentler, R.A. and Pavlovic, C.V. (1989). Comparison of discomfort levels obtained with pure tones and multitone complexes. *J. Acoust. Soc. Am.*, 86(1), 126–132.
- Cox, R.M.; Alexander, G.C.; Taylor, I.M.; and Gray, G.A. (1997). The contour test of loudness perception. *Ear & Hearing*, 18(5), 388–400.
- Dillon, H. (2012). Hearing Aids. Chapter 10. Prescribing hearing aid amplification. In *Hearing Aids*. New York: Thieme.
- Hawkins, D.B; Walden, B.E.; Montgomery, A.; and Prosek, R.A. (1987). Description and validation of an LDL procedure designed to select SSPL90. *Ear & Hearing*, 8(3), 162–169.
- International Organization for Standardization. (1998). Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment. Part 1 – Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and supra-aural earphones. ISO 389-1 (1998), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Kochkin, S. (2010). Marke Trak VIII: Consumer satisfaction with hearing aids is slowly increasing. *The Hearing Journal*, 61(1), 19–20, 22, 24, 26, 28, 30–32.
- Kochkin, S.; Beck, D.; Christensen, L.; Compton-Conley, C.; Fligor, B.; Kricos, P.; McSpaden, J.; Mueller, G.; Nilsson, M.; Northern, J.; Powers, T.; Sweetow, R.; Taylor, B.; Turner, R. (2010). Marke Trak VIII: The impact of the hearing healthcare professional on hearing aid user success. *The Hearing Review*, 17(4): 12, 14, 16, 18, 23, 26, 27, 28, 30, 32, 34.
- Mueller, H.G. (2009) How loud is too loud? Using loudness discomfort level measures for hearing aid fitting and verification, part 2. *Audiology Online*. Retrieved from <http://www.audiologyonline.com/articles/loud-too-using-loudness-discomfort-824>
- Mueller, H.G. and Bentler, R.A. (2005). Fitting hearing aids using clinical measures of loudness discomfort levels: an evidence-based review of effectiveness. *J Am Acad Audiol.*, 16, 461–472.
- Storey, L.; Dillon, H.; Yeend, I.; and Wigney, D. (1998). The national acoustic laboratories' procedure for selecting the saturation pressure level of hearing aids: experimental validation. *Ear & Hearing*, 29(4), 267–279.
- Valente, M.; Abrams, H.; Benson, D.; Chisolm, T.; Citron, D.; Hampton, D.; Loavenbruck, A.; Ricketts, T.; Solodar, H.; and Sweetow, R. (2007). *Guidelines for the audiologic management of adult hearing impairment*. Retrieved from <http://audiology.com/haguidelines2007.pdf> lines 2007.pdf

**Hovedkvarter**

**Schweiz**

Bernafon AG  
Morgenstrasse 131  
3018 Bern  
Tlf.: +41 31 998 15 15  
E-mail: [info@bernafon.ch](mailto:info@bernafon.ch)

**bernafon**   
*Your hearing · Our passion*