

Anden etape: Sat-X3 og SUB-X3

## Vejen til den færdige højttaler.

Der er nu gået et lille års tid fra projektet var på tegnebrættet til det endelige og færdigtrimmede produkt.

Der skal lige knyttes et par kommentarer til den fysiske konstruktion af subwooferkabinetter og bafler. (se det tidligere afsnit)

Erfaringerne med tidligere konstruktioner har understreget, at der er tale om ret så store belastninger, når vibrationerne fra højttalerenhederne forplanter sig især i subwooferkabinetter, men også i bafler.

Materialetykkelsen må under ingen omstændigheder underdrives tvært imod.

Subwooferkabinetterne skal afstives, så de frie fladearealer bliver så små som muligt. Det bevirker at energien absorbers og kun afgives ved højere frekvenser, hvilke har langt svagere vibrationer, der fungerer frekvensmæssigt højere udenfor subwoofernes arbejdsområde.

Disse vibrationer bremses væsentligt mere effektivt med plader af bitumen placeret korrekt på indersiden af kabinettet.

Det er særdeles vigtigt at bund og topflader har fysisk kontakt med hinanden, via højttaler-enhederne og via stivere. Rummet (luften) i kasserne resonansdæmpes med fåreuld for at fjerne hulrumslyden, og for at afstemme trykkammeret. (Der kommer enormt over og undertryk i kassen under kraftige lydtransienter.)

SUB-X3 kasserne er fremstillet som helt lufttætte kasser. Membran, gummikant og midterkappe er på den anvendte enhed også helt lufttætte. Dette indebærer at konstruktionen bliver følsom overfor trykændringer i omgivelsernes og den indvendige luftmasses, temperatur som luftsøjle. Alle 4 kasser er derfor forsynet med et 1,5mm Ø udligningshul (dæmpet med porøst dæmpe- materiale) for at imødegå u-linearitet forårsaget af større, ikke udlignede trykforskelle. Ret så akademisk men nødvendigt. Da det ikke er hensigtsmæssigt at membranerne står statisk lidt ude eller inde i forhold til ophængenes placering i fri luft.

Baflen er opbygget som en flerlags MDF-plade vibrationsdæmpet med bitumen og filtlag samt yderligere udstyret med en aluminiumvinkel på bagkanten til dæmpning og blokering af vibrationer i længderetningen.

Den oprindelige ide med systemet var som udgangspunkt, at subwooferne skulle fungere som et "Boundary System" og placeres ved bagvæg i hvert sit hjørne, for dermed at udnytte vægfladernes forstærkning af de nedre oktaver (+3dB pr. oktav, pr. vægflade fra ca. 100 Hz). D.v.s. hjørne + gulv = 3 flader = +9dB fra 100Hz og ned.

Yderligere og måske det vigtigste nemlig at undgå udfasning (dyk i frekvenskurve relateret til lytteposition og vægflader) af direkte og reflekterede lydbølger i lyttepositionen.

Satellitterne blev placeret det sted i lytterummet, hvor det optimale stereobillede i bredde og dybde blev opnået.

Der skulle så tages hensyn til evt. stående bølgers toppe og dale, på helst ikke over ca. +/- 10 dB. Herefter skulle en rum EQ tilpasse bassen til et rimeligt lineært forløb med DSPeaker automatisk room-adaption

Denne teknik lykkedes med stor subjektiv tilfredshed hos P.-E. Almsøe, hvor hans særdeles velegnede stues akustik og højttalernes ydeevne gik op i en højere enhed uden større vanskeligheder.

Så simpelt er det ikke i undertegnedes lytterum (billede af SAT -X3 og SUB -X3 i min stue).



## Udskiftning af DSP

Den tidligere anvendte DSPeaker er udskiftet med MiniDsp.

DSPeaker blev udskiftet grundet manglende evner: 1) Kan ikke neutralisere udfasninger (dyk i frekvenskurve).  
2) Utilstrækkelig auto-korrektion af resonanser.

Både de store vinduesflader (samme til venstre, men ej synligt her), rummets geometri og den valgte møblering er en udfordring. Vi havde dog haft rimeligt gode resultater med en tidligere opstilling, hvor satellitter og subwoofere var placeret sammen (samme lytte-afstand, se link til gl. speakers).

Lydproblemet med den tidligere opstilling var primært af højttaler-funktionel karakter sammen med DSPeaker.

Med det nye set-up med MiniDsp yder i lyttepositionen i sweet-spot kan opnås et lydtryk på ca. 97dB.

Målt i mode "fast C-weighting, flat 30 Hz-10KHz" uden hørlig forvrængning. Mit standard lytteniveau ligger vel rundt 86-90.



Måle-apparatur og Sweet Spot-stol.

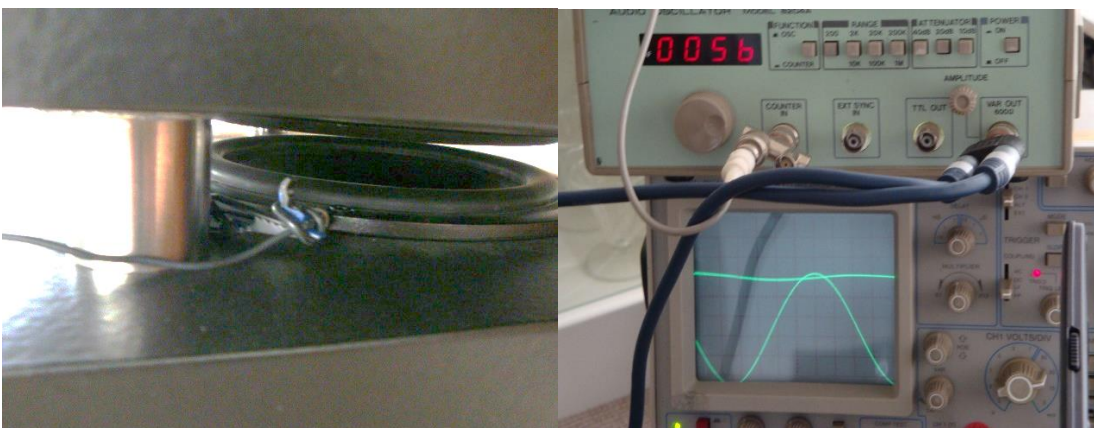
Med baggrund i vore erfaringer og ved fælles indsats anvendte vi følgende procedure til optimering af lyden i det resulterende bedst egnede sweet-spot.

Udmåling og filterjustering af coaxial-enhederne i den forventede lytteposition, dog som nærmålinger. Måleafstand 50cm og 15 grader off axis. Enhederne var monteret i den færdige baffel i den forventede lyttehøjde. Målingen blev foretaget med Behringer målemikrofon og med HolmImpulse måleprogram 15Hz – 22KHz.

Ligeledes blev filtrene, der skal sikre en optimal overgang mellem subwoofere og satellitter kontrolleret ved hjælp af tonegenerator og oscilloscope. Generator-signalets fase kan sammenlignes med en CD's- eller lignende signalkildes faser ved forskellige frekvenser. Signalet sendes ud gennem både SAT- og SUB-enheder simultant, hver med mikrofoner i nærfeltet.

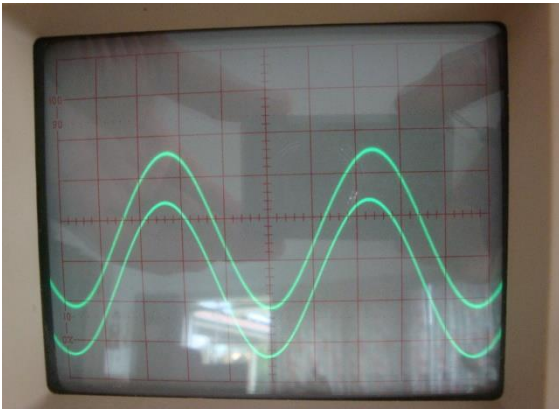


Nærfeltsmåling, coax

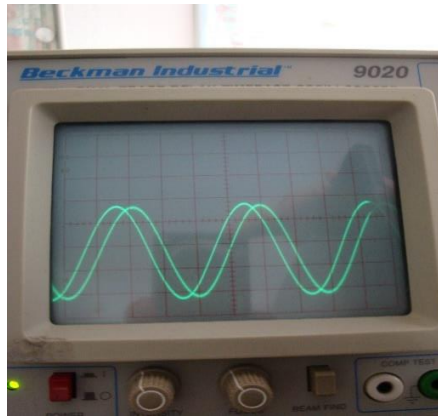


Nærfeltsmåling, subwoofer

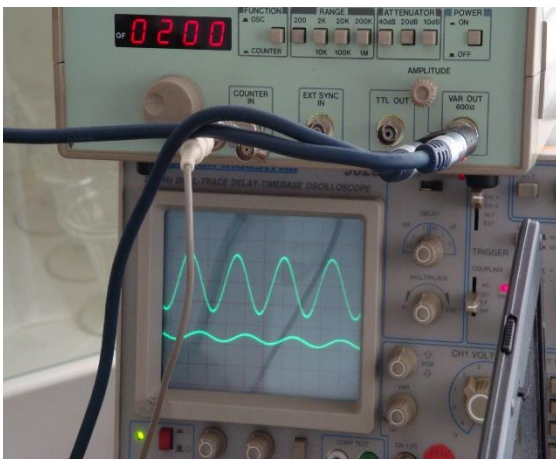
Øvre kurve satellit , nedre subwoofer, 56Hz



SUB og SAT ved 110Hz



SUB og SAT ved 125 Hz, med lille faseforskydning på 15grader



SUB nederst og SAT øverst ved 200 Hz

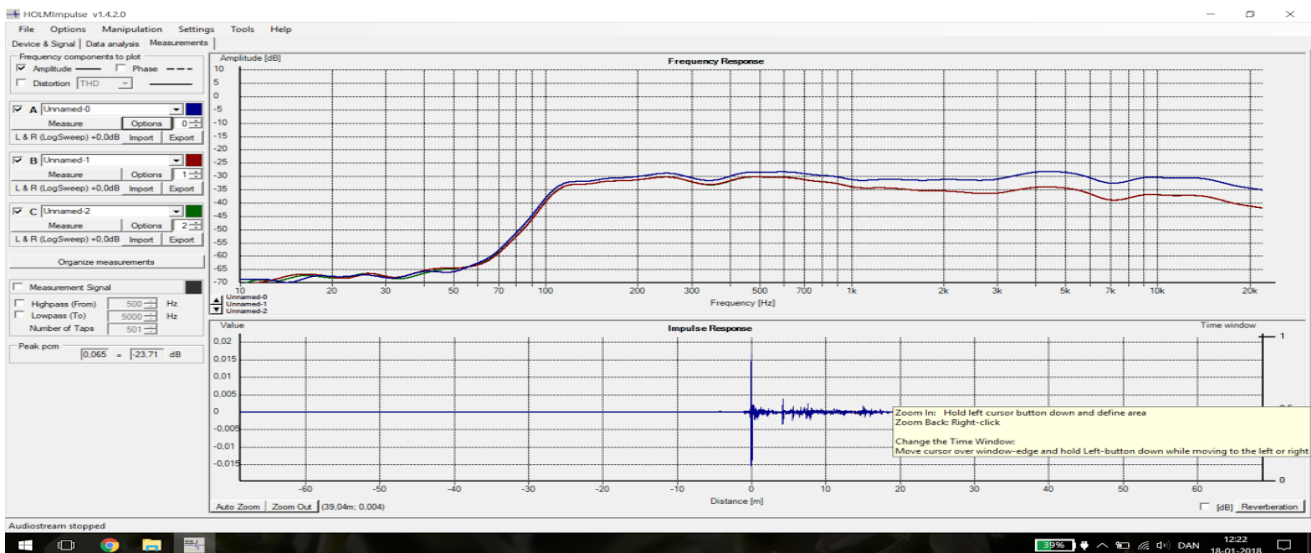
Lydanlægget fungerede som lydkilde for HT-enhederne og var i udgangspunktet indstillet "neutralt". Højre og venstre enhed blev udmålt og "korrigeret" hver for sig.

De første korrektioner relateret til HolmImpulse-målingen blev foretaget i lydsystemet. Med HLT2A og med det passive højpasfilter, der var tilsluttet mellem rørforstærker og coaxial-enheder. Delefilteret var som udgangspunkt det anvendte SEAS standard-filter til coaxial-enhederne. De målte kurver med standard filtret var overraskende lineære og behøvede kun mindre korrektioner.

HLT2A klarede tiltet/ "frekvenshældningen", og vi adderede yderligere et enkelt passivt notch-filter i området 380 Hz, hvor vi fandt en mindre hævnning, dog lidt for stor, da dette toneområde er området for "boxy sound" - og den hører jo i alt fald ikke til et åben baffelsystem.



HLT2A og Behringer Super X-Pro CX 3400



SAT-måling 1/3 oktav: Blå kurve korrigeret HLT og notch-filter, 380Hz / Rød kurve HLT neutral.

## Problematisk sammenbygning SUB/SAT

Næste skridt var at finde en "ca. rigtig lytteposition" for sub-wooferne (position med toppe og udfasninger af de stående bølger ikke overskredet med +/- 5 dB til max +/-7 dB), dog helst med overvægt af toppe, idet det altid er bedst at dæmpe i stedet for at forstærke. (Billedet, rød kurve, grundkurven bedste kompromis uden EQ i den forventede lytteposition.) Der blev flyttet meget frem og tilbage på højttalersættene og lyttepositionen, efterfulgt af kontrollerende HolmImpulse sweep. Der skulle jo også tages hensyn til at opnå det optimale stereolydbillede i bredde og dybde.

## Anvendelsen af MiniDsp



Herefter begyndte bearbejdelsen af de stående bølger i basområdet, med deres toppe og dale, ved brugen af MiniDsp'erne.



Målemikrofon i Sweet Spot

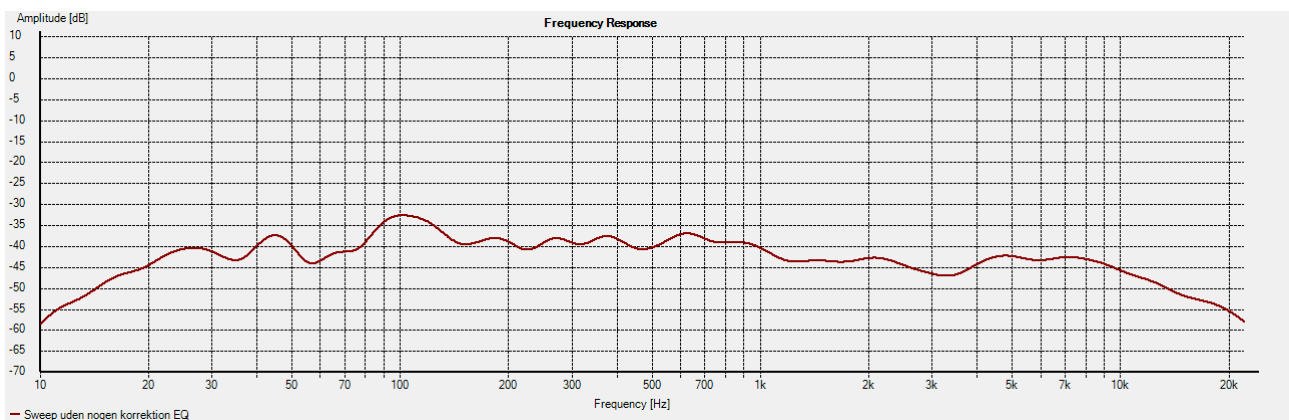
Man kan anvende DSP'erne på forskellige måder, så vi valgte den manuelt fremstillede filter konstruktion, og vores erfaring er, at det er klart bedst at bearbejde en kanal ad gangen eks. højre kanal og så venstre efterfølgende.

Når de to kanaler er optimeret med MiniDsp så testes de sammen i nye HolmImpulse målinger. Den samlede bashævning efter equalizing kan passende gøres, ved at hæve et frekvensområde med et lowpass-filter.

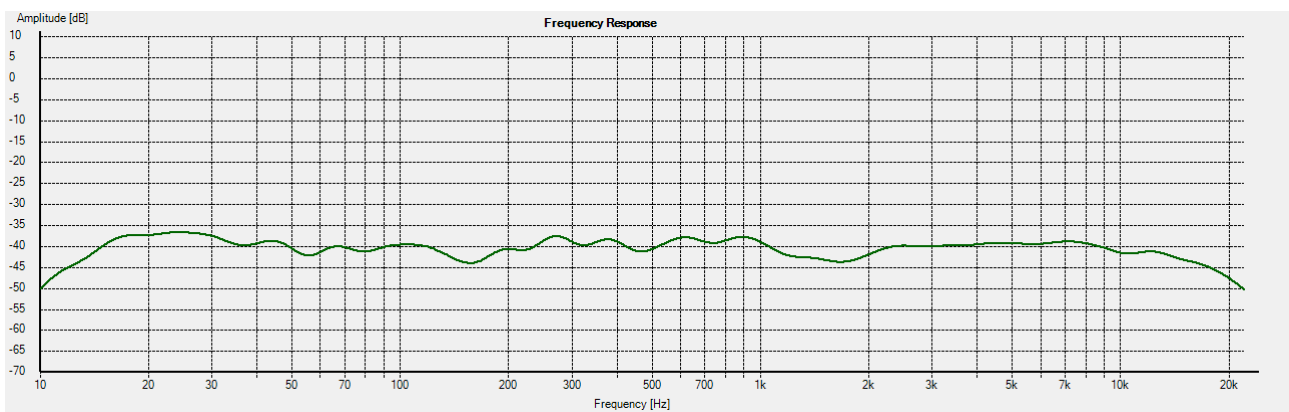
Da, der hele tiden opstår nye afvigelser efter hver korrektion, er det kunsten at stoppe med det bedste kompromis.

Kompromisets svaghed ved dette set-up er de meget store krav, der stilles til subwooferne, når disse placeres frie fra vægflader (op til  $-9\text{dB}$ ) i det tidligere viste lytterum og hermed uden bidrag fra "Boundary System".

Equalizing er vanskeligt at håndtere. Der er grænser for, hvor store korrektioner der kan foretages. Det gælder både for rummet og grejet.



Den valgte kurve er uden rum-equalizing og tonekorrektion med HLT2A.



Kurve viser resultatet af Equalizing med MiniDsp og tonekorrektion med HLT2A.



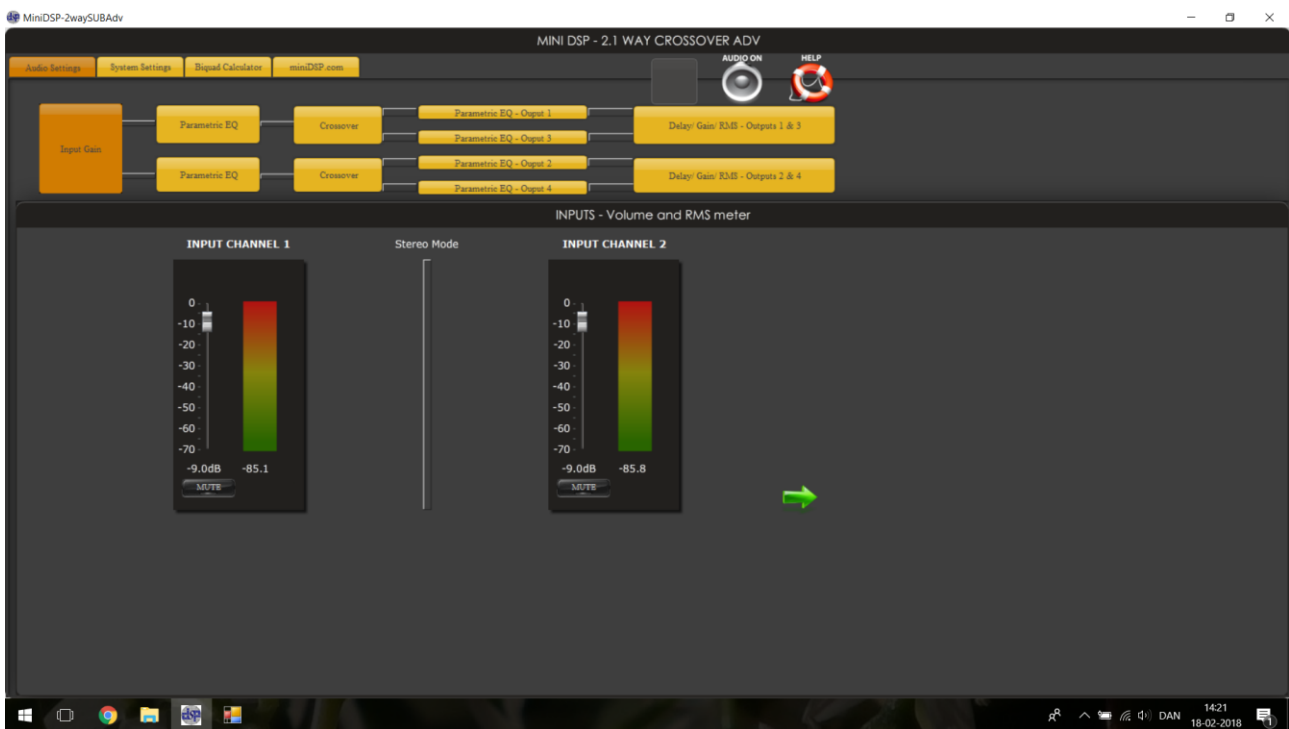
Blå kurves område er er anvendt til equalizingen for subwooferne, hvid kurve by-passed



De 6 områders anvendelse for V-kanal

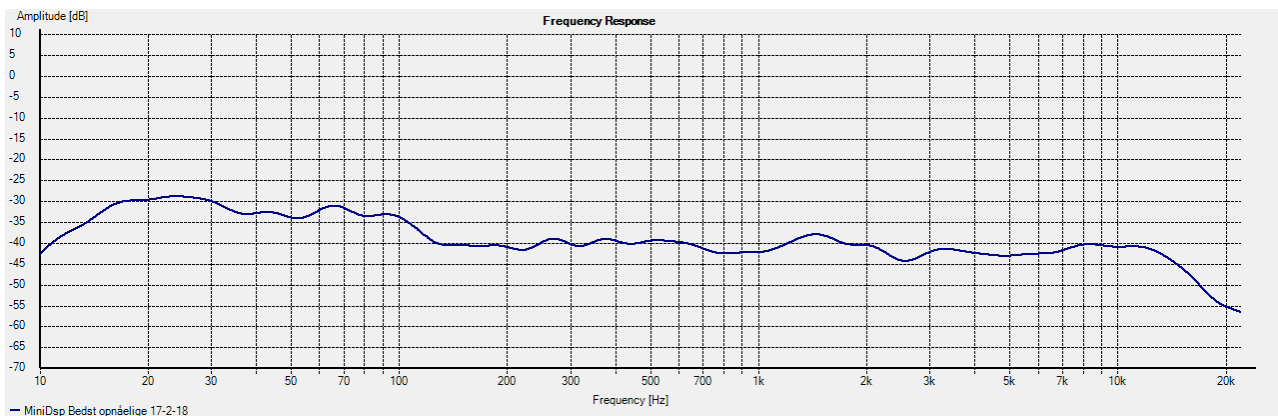


De 6 områders anvendelse for H-kanal



H&V kanal niveau for indgangssignalet fra DAC for at undgå overstyring.





Efterfølgende har vi rig mulighed for at lave kvalitetslyd, tilpasset subjektivt til ens personlige smag og med hensyntagen til indspilningers klangfarve.

Ovenstående kurve målt i Sweet Spot viser en subjektiv meget fin bas, eks. til orgelmusik eller til den musiktype, der ofte anvendes til HiFi-demo. Der er her taget hensyn til hørekurven i bassen.

For de fleste er 17-20 Hertz kun en svag "rumlen" selvom der afsættes store energier, som ofte kan føles. Bashævningen (blå kurve) er primært foretaget med volumenknapperne på den 'Behringer Super X-Pro CX 3400', der anvendes i signalvejen i frekvensområdet ca. 10-180Hz.

## Epilog

Den optimale situation er selvfølgelig, at højttalerne uden videre, straks passer perfekt til rummet og gengive-grejet. At - rummet er uden resonanser og stående bølger og har den rette efterklangstid uden farvning af lyd gengivelsen. At - lyttepositionen er optimal for flere personer, der alle kan få fuld nydelse af stereobilledets dybde højde og bredde. At - det ikke er nødvendigt at anvende absorbere og diffusere til at absorbere effekt og interferenser.

Ovenstående er så godt som aldrig tilfældet, uanset højttalernes pris og kvalitet, og det samme gælder for forstærkeranlægget.

Der er kun kompromiserne tilbage, og det opnåede equalizing-resultats kvalitet er udelukkende op til lytternes subjektive vurdering.

Det er her MiniDSP'erne er inde i billedet.

## Effektkrav relateret til lydtryk

Blot som et ekstremt (og dog ret så realistisk) eksempel, går vi ud fra at et effektkrav til subwooferne, for at kunne afgive det ønskede lydtryk, er 30 Watt ved musik. Ved frekvensen ca. 45 Hz er der et dyk/ udfasning i en given lyttepositionen på ca. -15dB. For at neutralisere denne udfasning, skal der bruges 31,623 gange mere effekt = 978,69Watt!

Det ovenfor beskrevne vil gøre sig gældende, hver gang musikkens frekvensspekter indeholder ca. 45 Hz, som man vel og mærke ønsker fuld korrigeret. Subwoofer enhederne vil ligeledes belastes til det yderste under de store effektsving.

Ændres lyttepositionen ændres udfasningen.

## Kompromisset

Hvis nu udfasningen "kun" er på ca. 8 dB, ville der skulle anvendes 6,3 gange effekten = 189 Watt hvilke lige netop er de benyttede klasse D forstærkeres max output (forstærkeren anvendt til Sub X-3). Ergo tæt på grænsen og derfor ikke optimalt.

Yderligere bør man være opmærksom på, at der til en udfasning et sted i lytterummet (hvor en bølgetop rammer en bølgedal af ens frekvens), findes en anden situation, hvor to tilsvarende bølgetoppe adderes, og her vil den afsatte effekt så stå med næsten fuld styrke. (978 Watt eller 189 Watt som vist i ovenstående eksempel). Findes der interiører i disse områder er det meget sandsynligt, at der opstår mislyde som følger af kraftigt medsving.

Det er derfor nemt at slutte sig til, at de uundgåelige kompromisser/svagheder ved et DSP set-up, er de meget store krav, der kan blive stillet til subwooferne afhængigt af hvor de placeres i rummet og i forhold til lyttepositionen.

Store effekt-transienter og store membranudsving udover det lineære område. Medfører uvægerligt hørbare forvrængninger.

Yderligere information om højttaler og lytterumm, kan varmt anbefales bogen:

"Praktisk Elektroakustik" (ISBN 978-87-91117-20-6) Afsnit 4. "HØJTALERE OG RUM" siderne 79-99.

Forfattere: Eddy Bøgh Brixen og Jan Voetmann.

Musikforlaget Fog

J.G & A.R. Marts 2018

---