

**Utveckling av skivspelare som påverkas minimalt av inre och yttre störningar**

**Development of turntable that is minimally affected by internal and external disturbances**

av

Tobias Noremalm  
Joakim Bodén

Examensarbete i huvudområdet integrerad  
produktutveckling  
Grundnivå 30 högskolepoäng  
Vårterminen 2012

Handledare: Lennart Ljungberg, (HIS)  
Stefan Zomborcsevics, (HIS)  
Lars-Ola Hoffer, (Transient design)  
Examinator: Peter Thorvald, (HIS)

## Sammanfattning

Examensarbetet utfördes i samarbete med Transient Design som är ett företag i HiFi branschen. Examensarbetet behandlar utvecklingen av en skivspelare vilket hade som mål att ge förslag på ett designkoncept samt bidra med relevanta tekniska lösningar.

Arbete inleddes med en förstudie som syftade till att bygga en bra grund för att på ett bra sätt kunna utföra resten av arbetet. Den stora delen av förstudien var dels en marknadsundersökning av enklare typ avsedd att skapa en bättre bild av den tänkta målgruppen och dels litteraturstudier inom ämnen som vibrationsteori och mätutrustning. Då en stabil grund för arbetet formats gick projektet in i idégenereringsfasen där en stor mängd olika förslag på både design och tekniska lösningar var resultatet. Utifrån denna stora grupp med förslag utfördes en rad urval med vidareutveckling däremellan. Med grund i urvalstabeller med krav baserade på kundundersökningen samt önskemål från uppdragsgivaren så togs tre olika designförslag fram. Från en av dessa vidareutvecklades det som kom att bli slutkonceptet "Walter" efter grundaren av Bauhauskolan i Tyskland varifrån formspråket hämtat viss inspiration.

Utvecklingsarbetet av skivspelaren resulterade i Walter, en avskalad design som gömmer många tekniska utvecklingar för t.ex. glidlagerkonstruktion och skivtallriksuppbyggnad.

## Abstract

The examination project was carried out in collaboration with Transient Design which is a company in the HiFi industry. The thesis project describes the development of a turntable. The project had the objective to propose a design concept as well as to propose relevant technical solutions.

The work began with a pilot study which aimed to be a foundation upon which the rest of the project was built. The two big sections of this stage were the market research which aimed to create a better picture of the intended target group and also literature studies. The literature studies covered subjects such as vibration theory and technical measuring equipments. When a good foundation for the project had been established the idea generation phase commenced. During this phase a large amount of different concepts for the design as well as technical solutions were created. Through several selection processes with further development in between, three concepts emerged as viable solutions. From one of these the final concept, "Walter", was deducted. Walter was named after the founder of the Bauhaus school in Germany. This seemed appropriate since a lot of design inspiration was gathered from the Bauhaus way.

The development process resulted in Walter, a very cleanly designed turntable that hides many technical developments including solutions for slide bearing construction and platter construction.

# Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1	4.1	Kreativitetsmetoder.....	21
1.1	Transient Design.....	1	4.1.1	Moodboards.....	21
1.2	Uppdragsbeskrivning.....	1	4.1.2	Brainstorming.....	21
1.3	Tillvägagångssätt.....	2	4.1.3	Omvänd brainstorming.....	22
2.	Förstudie.....	4	4.1.4	Skissessioner.....	22
2.1	Teoribakgrund.....	4	4.1.5	Stimulianalys á la POW.....	23
2.1.1	Oscillerande rörelse.....	4	4.2	Vidareutveckling av koncept.....	23
2.1.2	Accelerometer.....	5	4.3	Resultat.....	24
2.2	Konkurrentanalys.....	6	4.3.1	Walter.....	25
2.3	Enkätundersökning.....	7	4.3.2	Cindy.....	25
2.4	Kravspecifikation.....	11	4.3.3	Newton.....	25
2.5	House of Quality.....	14	5.	Konceptval.....	27
2.6	Målpris.....	14	5.1	Metod.....	27
3.	Materialstudie.....	15	5.2	Genomförande/Resultat.....	27
3.1	Mättriggen.....	15	6.	Tekniska lösningar.....	28
3.2	Första urval.....	16	6.1	Lagerkonstruktion.....	28
3.3	Mätningar.....	18	6.2	Skivtallriken.....	29
3.4	Resultat av materialstudie.....	20	6.3	Rotationshastighet.....	30
3.5	Sammanfattning och tänkbara felkällor i materialstudien.....	20	6.4	Tonarmsbas.....	30
4.	Idégenerering.....	21	6.5	Motorupphängning.....	31
			6.6	Fötter.....	31
			7.	Resultat.....	33
			7.1	Skivspelaren Walter.....	33

7.2	Beskrivning av ingående delar .....	35
7.3	Kostnadsuppskattning Walter.....	36
7.4	Prototyp konstruktion.....	36
8.	Diskussion .....	38
8.1	Metod/Resultat .....	38
8.2	Miljö och återvinning .....	39
	Referenser.....	40

# 1. Inledning

Skivspelaren har nu på senare tid fått ett rejält uppsving sedan nedgången i popularitet efter dess storhetstid under senare halvan av 1900-talet. Faktum är att själva vinylskivan har först nu nått sin guldålder ur teknisk synpunkt då kvalitén på skivan och tillverkningsmetoden har utvecklats (Edenholm, 2011). Denna uppåtgående trend märks på flera sätt, bland annat så finns det nu en uppsjö av skivspelare på de stora internetvaruhusen och HiFi butiker men även i hemelektronikbutikerna. Denna situation inbjuder till nytt tänkande och teknisk utveckling inom området. Dagens skivspelare har en tydlig inriktning av konstruktionsmaterial som är återkommande för i stort sett samtliga tillverkare. Då det finns ett stort antal andra tänkbara konstruktionsmaterial för skivspelarens bas bör detta område utvärderas närmare vid utvecklingen av en ny skivspelare. Detta projekt ämnar tillföra ingenjörssanda till en i övrigt väldigt subjektiv värld av "förståsigpåare". De allmänna tekniska framstegen som gjorts sedan skivspelarens storhetstid märks framförallt i det lite dyrare segmentet, 5 000 kr – 20 000 kr. Det är detta prisområde som är intressant i projektet då den tänkta prisbilden är 12 000 kr – 15 000 kr till kund. Den slutgiltiga produkten inriktar sig till entusiaster inom HiFi.

## 1.1 Transient Design

Transient design är i grunden en distribueringsfirma för HiFi produkter. Företaget är beläget strax utanför Alingsås och sysslar främst med distribuering av diverse HiFi produkter, man har även utvecklat en del egna produkter, främst inom skivspelarsegmentet.

## 1.2 Uppdragsbeskrivning

Uppgiften var att skapa ett designkoncept för basen på en kommande vinylspelare i Transient Designs produktserie och är en del av ett arbete som pågått under en längre tid.

Uppdraget från Transient Design är en bas för skivspelare med följande fokus: Materialval och akustikegenskaper kontra design skall optimeras, samtidigt som kostnadskravet för material och tillverkning uppnås. Skivspelaren skall förmedla kvalitet samt skapa ett begär, men bör lätt kunna kännas igen som en skivspelare.

Mål för uppdraget är:

- Materialval som har goda vibrationsdämpande egenskaper.
- En designlösning som reducerar fortplantningen av vibrationer till skivspelarens känsliga komponenter.
- Minimering av kostnader för material och tillverkning.
- Att skivspelaren skall gå att sälja med vinst i prissegmentet 10 000 kr och 20 000 kr
- Att skivspelarens form skall kunna igenkännas som en skivspelare av kunden.
- Ritningar på skivspelarens samtliga delar.
- Framtagning av en prototyp

Arbetet skall användas som bas för en framtida produkt och kommer inte innefatta någon slutgiltig lösning för en komplett skivspelare utan arbetet är tänkt att utgöra en stabil bas vilken det går att basera en kommersiellt och ljudmässigt bra produkt på.

### 1.3 Tillvägagångssätt

För att på ett effektivt sätt få fram bra och välgrundade resultat tas inspiration till den tänkta arbetsgången från Ulrich och Eppinger (2008).

Det första steget i projektet är således en grundlig förstudie med fokus på litteraturstudier samt kundundersökningar, men även konkurrentanalys är en del av detta steg. Förstudien utförs i syfte att ha en bred och stabil grund för projektet samt att öka förståelsen för de tekniska aspekterna av problemet. Indata från detta steg används för att skapa underlag för en kommande urvalsprocess. I samband med förstudien utförs även en stor materialstudie som ämnar sälla ut de materialgrupper vars egenskaper matchar de ställda kraven på framförallt styvhet och pris men även bearbetbarhet alternativt gjutbarhet. Ur denna materialstudie väljs sedan de mest lämpade materialen med hjälp av en viktad materialegenskapsanalys som är en modifierad form av viktad konceptvalsmatris (Pugh, 1991) för att sedan testas i en modell och då jämföras med en referens i form av Thorens TD 309. Thorens TD 309 skivspelaren agerar referens genom hela projektet eftersom den finns tillgänglig i en närliggande butik där den kan prov lyssnas samt befinner sig i det tänkta prisintervallet mellan 10 000 kr och 20 000 kr. Skivspelaren har en slags trepunktsupphängning ("Tri-Balance") som är tänkt att bidra till en "perfekt balans i både mekaniska och estetiska termer" enligt Thorens själva. Dessutom har skivspelaren en tystgående motor med elektronisk hastighetskontroll för jämn drift (Thorens, 2012). Thorens TD 309 är en skivspelare tillverkad av MDF och akrylplast vilket är den typ av skivspelare som projektet ämnar skapa ett bättre alternativ till. Mer information om provlyssning av Thorens TD 309 återfinns i kapitel 2.2.

Idégenereringsfasen präglas av fritt tänkande där allt anses möjligt. De främsta metoderna som används i denna fas är olika skissmetoder som 6-3-

5 samt brainstorming (Mind Tools, 2012). Under en del av sessionerna med kreativitetsmetoder bjuds även andra designingenjörers studenter in att delta för att öka antalet förslag som metoderna mynnar i samt att öka bredden i förslagen.

Urvalsprocessen baseras till stor del på kundundersökningen och i detta fall även på materialstudien då vissa former eventuellt ej är möjliga i alla material vilket då omöjliggör vissa kombinationer. Det bör dock sägas att även handledarna från HIS (Högskolan i Skövde) samt Transient Design har en hel del att säga till om genom urvalsprocessen då t.ex. handledaren från Transient Design har god översikt av marknaden och därmed vet vad som går och inte går att sälja. Det som handledarna från HIS bidrar med är att agera "bollplank" i olika frågeställningar då de har goda kunskaper om vad som är möjligt att tillverka och vilka material som kan användas till för projektet rimliga kostnader, då det ofta är en fördel med ytterligare infallsvinklar till ett problem. De kvarvarande koncepten vidareutvecklas därefter ytterligare för att slutligen mynna ut i ett slutkoncept. Slutkonceptet vidareutvecklas sedan ytterligare i samarbete med Transient Design och potentiella användare för att nå fram till en slutprodukt som uppfyller kundkraven på bästa möjliga sätt samtidigt som kraven från Transient Design uppfylls.

Slutfasen fokuserar på att färdigställa flera prototyper för att i samarbete med vår företagshandledare från Transient Design kunna utvärdera olika variationer av slutkonceptet då flera olika material kan komma att vara aktuella för en specifik del. Utöver prototypbyggnation så ämnar den slutliga fasen knyta ihop säcken för projektet med en generell genomgång av allt material för att säkerställa att allt från ritningar till renderingar stämmer överens med rapport och prototyp.

Det är enligt Ulrich och Eppinger, (2008)viktigt att processen inte blir linjär. Processen bör istället ha ständig återkoppling för att säkerställa att

arbetet fortskrider enligt de kundkrav och åsikter som samlats in i tidigt skede. Detta arbetsätt möjliggör i vissa fall även att en del information som samlats in men till en början inte kunnat användas kommer till användning i ett senare skede av projektet.

## 2. Förstudie

Huvudmålet med förstudien är att orientera produkten i den befintliga marknaden samt i största möjliga mån undvika de eventuella dåliga egenskaper som andra skivspelare i marknadssegmentet kan ha. Förstudien resulterar i en kravspecifikation samt olika metoder för att utföra tester på både olika material och prototyper. Förstudien är även tänkt att vara den fas då inspiration hämtas från befintliga produkter.

### 2.1 Teoribakgrund

Då de störningar som i detta projekt ämnas dämpas bort till största del består av oönskade vibrationer så är en studie av teorin bakom vibrationer på sin plats. Studien består främst av litteraturstudier men även samtal och rådfrågning med företagshandledaren och ämneskunniga på HIS. Målet med denna studie är att bättre förstå de störningar som kan uppkomma vid användande av skivspelare samt hur skivspelarens olika delar interfererar med varandra.

Det största delmålet i denna eftersträvan är att utföra en materialstudie. Studien går i korta drag ut på att mäta och jämföra dämpningen av vibrationer i olika material och materialkombinationer. Metod och tillvägagångssätt beskrivs i detalj i kapitel 3.

#### 2.1.1 Oscillerande rörelse

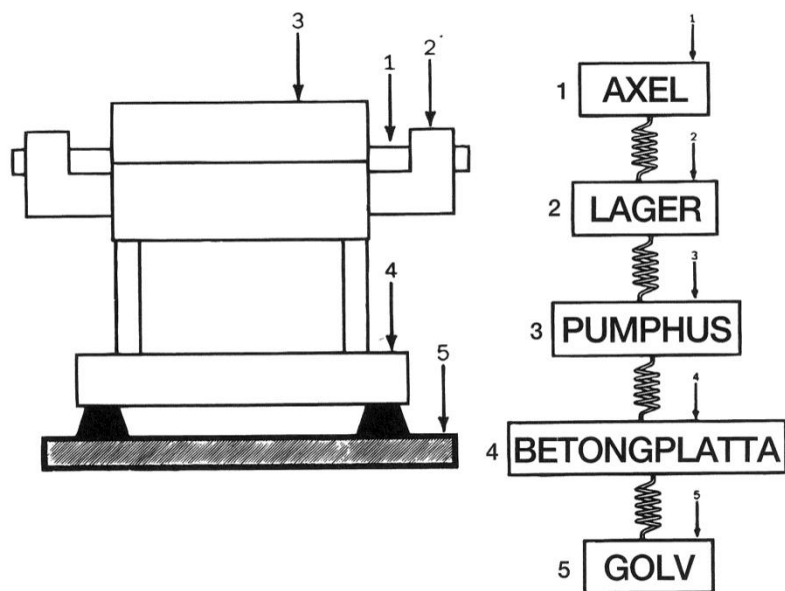
Studien av vibrationer handlar om de oscillerande rörelser av kroppar och de krafter som är förknippade med dem. Teorin introduceras på en enkel nivå då området är stort och har en mängd omfattande delar som ligger utanför projektets relevans. Alla kroppar som har massa och elasticitet är kapabla att vibrera. Således, de flesta tekniska maskiner och strukturer

upplever vibrationer i viss grad, och deras utformning kräver i allmänhet beaktande av vibrationernas beteende. (Thomson, 1993).

Det finns två allmänna klasser av vibrationer - fria och påtvingade. *Fria vibrationer* sker när ett system pendlar under inverkan av krafter inneboende i själva systemet, och när det inte finns några yttre krafter som påverkar. Systemet under fria vibrationer vibrerar vid ett eller flera av dess egenfrekvenser. Egenfrekvenser är egenskaper hos dynamiska system som beror på dess distribution av massa och styvhet. Vibrationer som sker under excitation av yttre krafter kallas *påtvingade vibrationer*. När exciteringen är oscillerande, är systemet tvunget att vibrera vid exciteringsfrekvensen. Om frekvensen av excitation sammanfaller med en av de naturliga frekvenserna (egenfrekvenser) i systemet, påträffas ett villkor för *resonans* och mycket stora svängningar kan uppstå eftersom de fria vibrationerna och de påtvingade vibrationerna förstärker varandra (Thomson, 1993).

Alla resonanser bestäms av förhållandet mellan massa och styvhet i ett svängningssystem. Figur 2.1 visar ett enkelt system föreställande en pump. Pumpen kan delas upp i flera enskilda "enmassesystem" som axel, lager, pumphus, betongplatta och golv. Denna typ av svängningssystemskiss är vanligt förekommande vid analys av resonanser i mekaniska system (Lindholm, 1995).



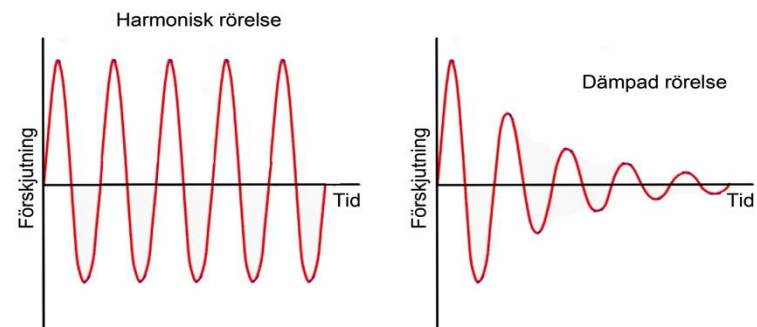


Figur 2.1. Pump uppdelad i flera enskilda "enmassesystem".

Alla enskilda "enmassesystem" kan ha resonanser horisontellt, vertikalt och axiellt (Lindholm, 1995). Detta innebär att varje enskilt element i en konstruktion kan komma i medsvängning i tre olika riktningar.

Vibrerande system är alla föremål för dämpning i viss utsträckning eftersom energin skingras genom friktion och andra motstånd. Dämpningen är av stor betydelse för att begränsa storleken på vibrationer vid resonans (Thomson, 1993).

I figur 2.2 visas två grafer över harmonisk oscillerande rörelse respektive dämpad oscillerande rörelse för vibrationer.

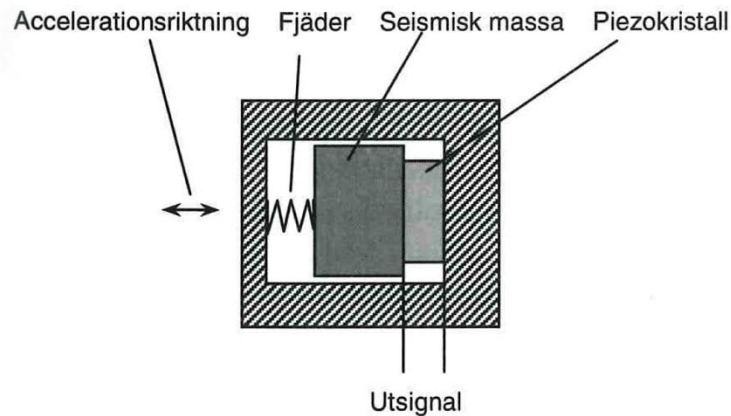


Figur 2.2. Jämförelse av harmonisk och dämpad rörelse.

Den harmoniska rörelsen har en oförändrad kurva över vibrationens storlek medan amplituden på den dämpade rörelsens kurva minskar (Thomson, 1993). En dämpad rörelse kommer att eftersträvas för alla material i skivspelaren och för hela systemet så att de känsliga delarna påverkas minimalt av oönskade vibrationer och interfererar minimalt med varandra.

### 2.1.2 Accelerometer

En accelerometer är en elektromekanisk enhet som mäter accelerationskrafter. Accelerometrar kan användas för att mäta vibrationer på bilar, maskiner och byggnader. De kan också användas för att mäta seismisk aktivitet, lutning, dynamisk avstånd och hastighet, med eller utan påverkan av tyngdkraften (Bengtsson, 2003). För alla vibrationsmätningar i materialstudien som behandlas i kapitel 3 användes en accelerometer med piezokristall (Figur 2.3)



Figur 2.3. Accelerometer med piezokristall.

En piezoelektrisk accelerometer fungerar på så vis att en seismisk massa placeras i kontakt med en piezokristall. När accelerometern påverkas av vibrationer (accelereras) kommer massan på grund av sin tröghet att orsaka ett tryck på piezokristallen. Laddningen som genereras över kristallen blir proportionell mot vibrationen. Accelerometern kan kopplas till oscilloskop som presenterar utsignalen i form av sinuskurvor (Bengtsson, 2003).

Vid användning av en accelerometer är den bästa metoden att anbringa enheten med en stålskruv. Om det inte är möjligt att gånga in en tapp i objektet som vibrationer skall mätas på kan ett tunt limskikt användas istället (Lindholm, 1995).

## 2.2 Konkurrentanalys

I syfte att kartlägga det tänkta prissegmentet för skivspelaren utfördes en konkurrentanalys där 25 skivspelare i priskategorin 10 000 kr – 20 000 kr listades och jämfördes med de betygsättningar skivspelarna fått online samt en PNI (positivt, negativt, intressant) session, se Bilaga 1. Dessutom utfördes ett besök på HiFi punkten i Skövde för att lyssna på den enligt dem mest prisvärda skivspelaren i priskategorin ca 15 000 kr. Skivspelaren i fråga var en Thorens TD 309 (Figur 2.1.) och lät i en typiskt otekniskt bedömning mycket bra. Dock så kunde konstruktionen på skivspelaren varit bättre. Med avseende på vibrationer upplevdes konstruktionen som relativt dålig då ljudet påverkades kraftigt vid knackningar på skivspelarens underlag. Konstruktionsmaterial som MDF och plast var karakteristiskt och massan var relativt låg i sammanhanget. Projektgruppen bedömer att det finns utrymme för förbättringar genom andra val av konstruktionsmaterial inom prisramen då flera billiga material med hög vikt och styvhet finns. Resultat på vibrationstester för konstruktionsmaterialen presenteras i kapitel 3.

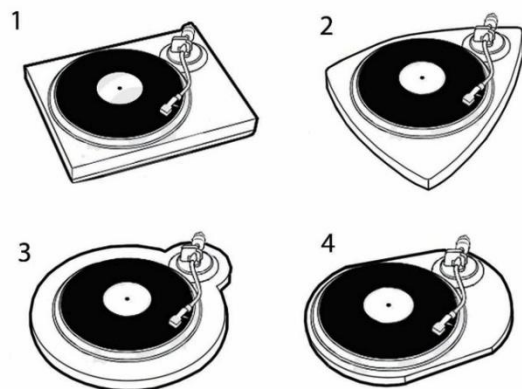


Figur 2.1. Test av Thorens TD 309.

## 2.3 Enkätundersökning

En enkätundersökning utfördes på både svenska och utländska Hifi-forum (minhembio.com, audiokarma.org, samt vinylengine.com) där trådar för projektet startats i syfte att få feedback på de beslut som tas i projektet. De frågor som ställdes i enkäten åskådliggörs i Figur 2.2.

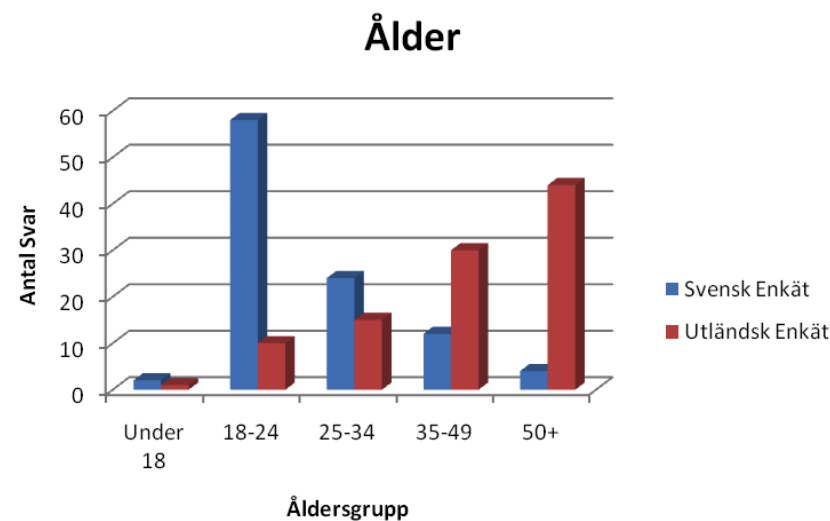
1. Ålder?
2. Kön
3. Vilken av följande inkomstkategorier tillhör du? (ej obligatorisk)
4. Använder du i dagsläget en skivspelare?
5. Skulle du kunna tänka dig att betala 15 000 SEK för en skivspelare?
6. Vilka formspråk föredrar du? (välj max 2)



7. Vilken typ av utseende föredrar du? (kryssa för max två rutor)
8. Vad tycker du är dåligt med de skivspelare du har erfarenhet av?
9. Vad tycker du är bra med de skivspelare du har erfarenhet av?

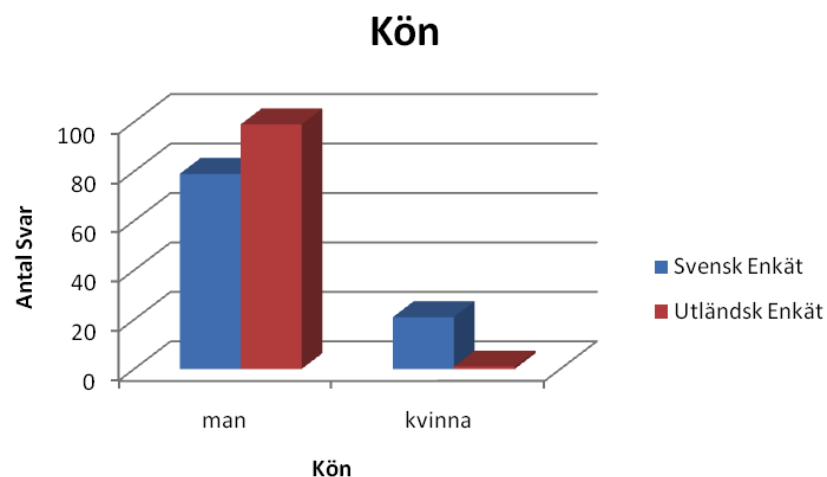
Figur 2.2. Sammanställning av frågor från enkätundersökning.

Enkätundersökningens huvudsyfte är inte att samla in förslag på tekniska lösningar utan i första hand bilda en uppfattning om hur stor del av ”Hifi-världen” som tillhör målgruppen, vilket formspråk som föredras samt huruvida användare har exempel på aspekter av deras skivspelare som de gillar alternativt ogillar. Sammanlagt har 200 personer svarat på dessa enkäter, där 100 svar är från Sverige och 100 svar från andra länder, vilket får anses som ett ansevärt antal då det i princip endast är personer med intresse för HiFi-produkter som svarat på enkäten. Resultaten från enkätundersökningarna åskådliggörs i Figur 2.3–2.9. Graferna representerar fråga 1-7 där de tillfrågade fick välja bland ett antal svarsalternativ. Den svenska enkäten representeras i samtliga diagram av en blå stapel (till vänster) och den utländska av en röd stapel (till höger). Figur 2.3 visar åldersfördelningen på de personer som genomfört undersökningen. Åldersfördelningen skiljer sig då åldern tenderar att vara lägre för den svenska och högre för den utländska undersökningen.



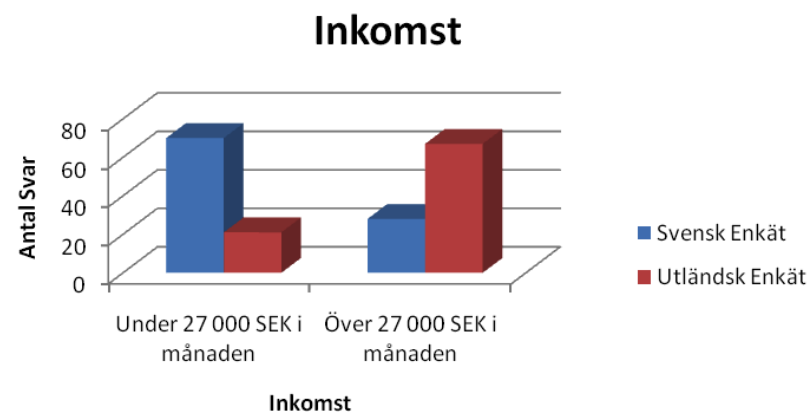
Figur 2.3. Grafen beskriver svarsfördelningen för fråga 1 i enkäten.

Figur 2.4 visar könsfördelningen av svaren. Skivspelaren verkar framförallt intressera män. Detta visar extra tydligt i den utländska undersökningen då 100 % av svaren är från män.



Figur 2.4. Grafen beskriver svarsfördelningen för fråga 2 i enkäten.

I Figur 2.5 visas hur hög inkomst personerna som deltagit i undersökningen har. Beloppet 27 000 SEK valdes som brytpunkt mellan eftersom det är den ungefärliga medelinkomsten i Sverige (Statistiska centralbyrån, 2012). Frågans syfte är att ta reda på hur många HiFi-entusiaster som har en inkomst över medel. Då försäljningspriset för den tänkta skivspelaren kommer att vara ca: 15 000 SEK riktas produkten framför allt mot de som har en högre inkomst än medel.



Figur 2.5. Grafen beskriver svarsfördelningen för fråga 3 i enkäten.

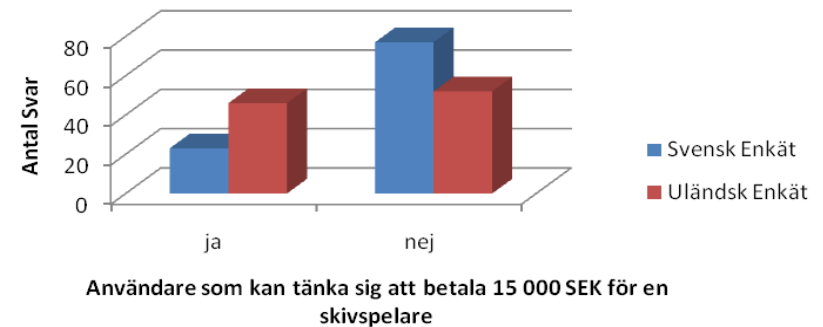
Figur 2.6 visar hur stor del av personerna som genomförde undersökningen som regelbundet eller sporadiskt använder en skivspelare. Resultatet visar att ca två tredjedelar av användare av HiFi-relaterade produkter använder skivspelaren mer eller mindre.



Figur 2.6. Grafen beskriver svarsfördelningen för fråga 4 i enkäten.

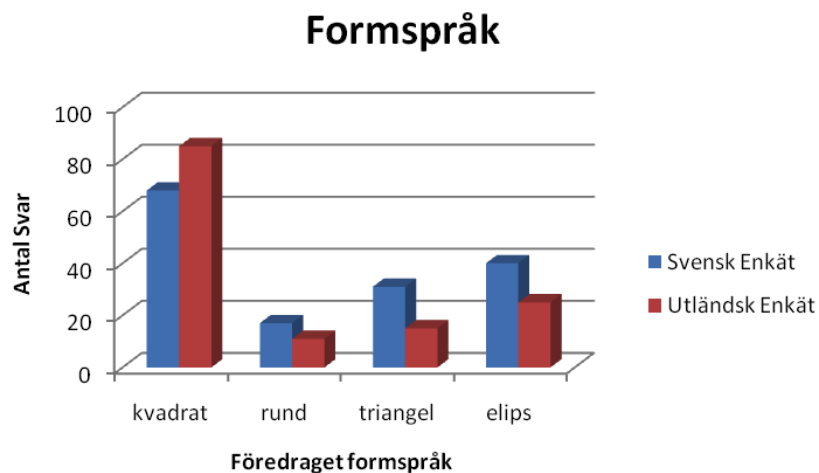
Figur 2.7 visar hur många av HiFi-entusiasterna som kan tänka sig att betala 15 000 SEK för en skivspelare. Resultatet på denna fråga har starka kopplingar till ålder och inkomst som behandlats i tidigare frågor.

### Användare som kan tänka sig att betala 15 000 SEK för en skivspelare



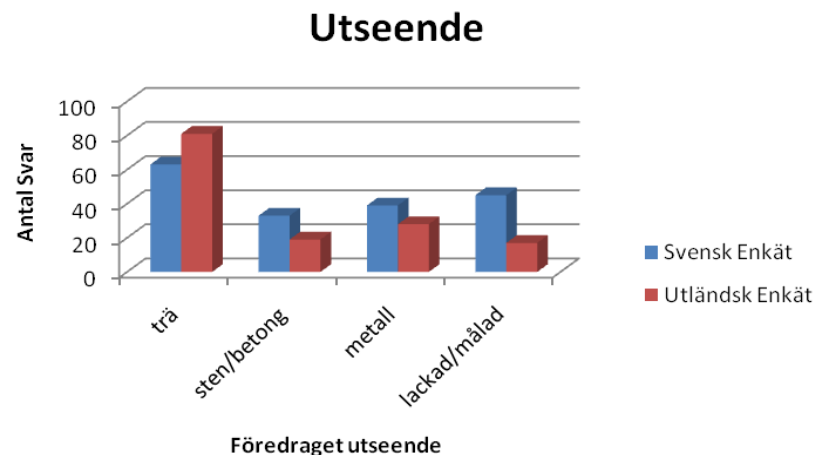
Figur 2.7. Grafen beskriver svarsfördelningen för fråga 5 i enkäten.

För att undersöka vilken grundform som är populärast fick de tillfrågade välja ett eller två alternativ av ett urval av fyra vanligt förekommande geometriska former vilka i grova drag representerar olika generella typer av skivspelardesigner. Resultatet presenteras i Figur 2.8. Den kvadratiske grundformen fick överväldigande flest röster. Användaren vill ha en skivspelare som kan kännas igen som en skivspelare. Ett välkommet resultat då det stämmer bra överens med uppdragsbeskrivningen från Transient Design.



Figur 2.8. Grafen beskriver svarsfördelningen för fråga 6 i enkäten.

Figur 2.9 visar vilket utseende och ytbehandling användaren föredrar. Även här fanns det möjlighet att välja mellan två alternativ. Då huvudfokus för produkten som skall utvecklas ligger i välljudande egenskaper och tekniska lösningar för ett i sammanhanget lågt pris, kommer inte användarens önskemål ha fokus i detta avseende. Går det att implementera estetiska önskemål med en god teknisk lösning så är detta naturligtvis det optimala alternativet. Däremot kanske detaljer på produkten kan anpassas till viss del utan att tekniska egenskaper försämras.



Figur 2.9. Grafen beskriver svarsfördelningen för fråga 7 i enkäten.

Svaren från fråga 8 samt 9 är ej representerade av grafer då de svarande ombads av svara i fritext på dessa frågor och alltså inte med svarsalternativ som på övriga frågor. En sammanställning av resultaten visas i Tabell 2.1 och Tabell 2.2.

Andelen potentiella köpare kan grovt uppskattas till ca 25 % av de tillfrågade då faktorerna inkomst samt om personen i fråga kan tänka sig att betala 15 000 kr för en skivspelare räknas in. Detta förutsatt att slutresultatet av projektet håller tillräckligt hög standard. Vidare är ett klassiskt rätblocksutseende med träfinish det mest uppskattade alternativet. Denna kombination har en markant ledning framför resterande alternativ. I övrigt så är andelen övervägande med stor marginal och bland svenskarna är den största åldersgruppen 18 - 25 år medan det utomlands är mer jämt men 50+ gruppen är störst. Merparten av de svarande från utlandet är regelbundna användare av skivspelare men bland de svenska svaren är förhållandet omvänt dock inte med någon stor marginal.

## 2.4 Kravspecifikation

All inputdata från enkätundersökningen, forumdiskussioner samt personlig kontakt med företagshandledare och HiFi-entusiaster sammanställdes till en lista med påståenden från användare. Dessa påståenden är svar på frågorna ”Vad tycker du är bra med de skivspelare du har erfarenhet av” och ”Vad tycker du är dåligt med de skivspelare du har erfarenhet av”. Alla påståenden översätts och tolkas till kundkrav i Tabell 2.1–2.2 nedan.

Tabell 2.1. Tolkade kundkrav från användare.

Fråga	Svar från användare	Tolkat krav
<b>Vad tycker du är bra med de skivspelare du har erfarenhet utav?</b>	Känslan av finmekanik i tonarm och pickup, hantverk i bygget, ljudupplevelsen	Skivspelaren är gediget byggd med hög kvalitet vilket resulterar i en angenäm ljudupplevelse
	Enkel volymkontroll	Volymkontrollen är enkel i designen och har en tydlig mappning
	Väldigt funktionell och enkel	Skivspelaren är designad med smarta funktioner, enkla och lätta att manövrera
	Vacker att ha framme	Skivspelaren har ett tilltalande utseende/design
	Ohörbar drift	Skivspelaren skall inte generera egenljud
	Pålitlig	Skivspelaren är av hög kvalitet och är pålitlig i drift
	Helt manuell, ingen mekanik som kan krångla och försämra ljudkvalitén	Skivspelarens tonarm och motor är helt manuella
	Isolerad från vibrationer	Skivspelaren är konstruerad med material som dämpar bort vibrationer.
	Klassisk byggkvalitet och utseende	Skivspelaren har en design som speglar nostalgi och byggkvalitet
	Tung plint	Skivspelaren har ett chassi med hög vikt
	Tonarmen kan bytas ut och tonarmsinfärtningengår att justera för olika längder	Skivspelaren har en tonarmsinfästning som passar för olika tonarmar.
	Motorn är fristående från chassit	Skivspelarens motor är fristående från chassit
	Direktdriven (inte remdriven)	Skivspelaren har en motor som driver skivtallriken direkt utan drivrem
	Dammskydd	Skivspelaren har ett lock eller skydd som håller damm borta
	Tung skivtallrik, inget svaj och fladder	Skivspelarens skivtallrik har en hög vikt och är tillverkad med precision
	Lager av hög kvalitet	Skivspelaren har glidlager tillverkat med låga toleranser och kvalitetsmaterial

Tabell 2.2. Tolkade kundkrav från användare.

Fråga	Svar från användare	Tolkat krav
	För låg vikt, konstruktion i plast	Skivspelaren är tillverkad med tunga kvalitetsmaterial.
Vad tycker du är dåligt med de skivspelare du har erfarenhet utav?	Egenljud från skivspelaren påverkar negativt.	Skivspelaren är tillverkad så egenljud minimeras och dämpas bort
	Ej modern design	Skivspelaren har en modern design
	Otymping och tung	Skivspelaren är lätt och smidig
	känslig för stötar och vibrationer	Skivspelaren dämpar stötar och vibrationer
	Kunde haft en stabilare hastighetsgå	Skivspelaren har en motor med jämn hastighet
	Tar lång tid att starta	Skivspelaren startar upp snabbt
	Svår att reparera	Skivspelaren är enkel att reparera

Utifrån de tolkade kundkraven skapades en tabell (Tabell 2.3) med relativ vikt av kundkraven. Kundkravens vikt bedöms med en skala från ett till fem där ett är det minsta värdet för vikt och fem är det högsta. De utsatta värdena för vikt är grundade på resultatet från teoribakgrunden och förstudien men även uppdragsgivaren Transient Designs behov och önskemål. Den relativa viktningen av kundkraven är tänkt att fungera som ett hjälpmedel för att nå målen med utvecklingen en skivspelare som presterar bättre än dagens skivspelare i den tänkta prisklassen. Nästa steg i kravspecifikationen var att göra en metrik tabell, dvs. en tabell med kundkrav omvandlade till storheter med måttenheter (Tabell 2.4). De tolkade kundkraven betraktades och omvandlades till metriker med olika enheter. Vissa metriker innefattar flera kundkrav. Krav- och metriktabellerna är ett smidigt sätt att lista upp all input från användare och erhålla ett tydligare resultat som är lättare att arbeta vidare med i produktspecifikationen. (Ulrich & Eppinger, 2008)

Tabell 2.3. Relativ vikt av tolkat kundkrav.

Nr.	Krav	Vikt
1	Skivspelaren är gediget byggd med hög kvalitet, vilket resulterar i ökad ljudkvalitet.	5
2	Hastighetskontrollen är enkel i designen och har en tydlig mappning.	4
3	Skivspelaren är designad med smarta funktioner som är enkla att manövrera.	3
4	Skivspelaren har ett tilltalande utseende/design.	3
5	Skivspelaren skall inte generera några störande ljud från motor eller andra komponenter.	5
6	Skivspelaren är av hög kvalitet och är pålitlig i drift.	5
7	Skivspelarens tonarm och motor är helt manuella.	4
8	Skivspelaren är konstruerad med material som dämpar bort vibrationer.	5
9	Skivspelaren har en design som speglar nostalgi.	2
10	Skivspelaren har ett chassi med hög vikt.	3
11	Skivspelaren har en tonarmsinfästning som passar för olika tonarmar.	2
12	Skivspelarens motor är fristående från chassit.	2



13	Skivspelaren har en motor som driver skivtallriken direkt.	1
14	Skivspelaren har ett lock eller skydd som håller damm borta.	2
15	Skivspelarens skivtallrik har en hög vikt och är tillverkad med precision (helt plan).	5
16	Skivspelaren har glidlager tillverkat med låga toleranser och kvalitetsmaterial.	5
17	Skivspelaren är tillverkad med tunga kvalitetsmaterial.	3
18	Skivspelaren är tillverkad så egenljud minimeras och dämpas bort.	5
19	Skivspelaren har en modern design.	2
20	Skivspelaren är lätt och smidig.	1
21	Skivspelaren dämpar stötar och vibrationer.	5
22	Skivspelaren har en motor med jämn hastighet.	5
23	Skivspelaren startar upp snabbt.	3
24	Skivspelaren är enkel att reparera.	4

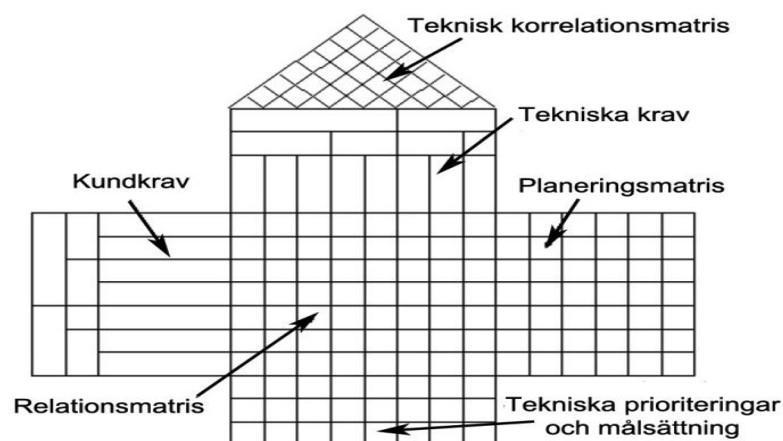
Tabell 2.4. Kundkrav omvandlade till metriker.

Nr.	Metrik	Vikt	Enhet
1	Total massa	5	kg
2	Ergonomiska knappar och reglage	4	Subj.
3	Elasticitetsmodul	5	GPa
4	Inge stolthet	3	Subj.
5	Ljudnivå	5	dB
6	Livslängd	5	år
7	Manuell mekanik	4	Ja/Nej
8	Dämpning	5	N s/m
10	Justerbar tonarmsinfästning	2	Ja/Nej
11	Direkt driven motor	1	Ja/Nej
12	Dammskydd	2	Ja/Nej
13	Små toleranser	5	mm
14	Modern design	2	Subj.
15	Skivspelaren är lätt och smidig.	1	kg
16	Rotationshastighet	5	varav/min
17	Periodtid för motor att nå brukshastighet	3	s
18	Få delar som är lätta att montera	5	Antal delar

En kundkravmetrikmatris (Bilaga 2) appliceras för att ställa upp kundkraven mot metrikerna så dess relationer identifieras. Raderna i matrisen motsvarar kundkraven, medan kolumnerna motsvarar metrikerna. Ett kryss i matrisens rutor representerar ett relationssamband mellan krav och metrik. Denna matris är en nyckelfaktor för House of Quality-metoden (Terninko, 1997).

## 2.5 House of Quality

House of Quality är en metod där tolkade kundkrav baserade från enkätundersökningen och dess metriker ställs mot varandra i en matris. Samband och relationer mellan kundkraven och metrikerna är avgörande för planeringsprocessen. House of Quality är den mest erkända och mest använda form av denna metod. Metoden kan förklaras som en konceptuell karta som ger medel för planering och kommunikation. Det allmänna formatet består av sex huvudkomponenter. Huvudkomponenterna inkluderar kundkrav, tekniska krav, planeringsmatris, relationsmatris, teknisk korrelationsmatris, tekniska prioriteringar och målsättning. House of Quality metoden är tänkt att fungera som ett levande dokument och en källa av referenser för utvecklingen och framtida uppgraderingar av skivspelaren som produkt. Med ett ökat fokus på kunden och en ökad medvetenhet om kundens behov leder processen till en förbättrad kundförståelse vilket i sin tur leder till en nöjdare kund. (Terninko, 1997).



Figur 2.10. House of Quality matrisens olika delar.

House of Quality metoden genomfördes för skivspelaren och all indata från tidigare metoder sammanställdes i de samtliga matriserna (Bilaga 7). Här återfinnes även målen för metrikernas värden. En skala från 1 till 10 beskriver svårighetsgraden med att uppnå metrikernas olika målvärden där 1 representerar den lägsta svårighetsgraden och 10 den högsta.

## 2.6 Målpris

Då minimering av kostnader för material och tillverkning (av de enskilda komponenterna) till skivspelaren var ett grundkrav från uppdragsgivaren Transient Design gjordes en tidig kostnadsmodell över uppskattat målpris för skivspelaren delar. En lista på produktens komponenter antas och ett antaget pris för varje komponent tilldelas. Resultatet presenteras i Tabell 2.5.

Tabell 2.5. Tabell över uppskattat målpris för skivspelaren.

Målpris			
Komponent	Antal	Pris (SEK)	Tot. Kostnad (SEK)
Drivrem	1	100	100
Justerbar fot	4	50	200
Centrumpinne	1	50	50
Glidlagerkonstruktion	1	400	400
Plintlager 1	1	50	50
Plintlager 2	2	25	50
Plintlager 3	1	200	200
Montering (h)	2	100	200
Skivtallrik	1	300	300
<b>Total</b>			<b>1 550</b>

### 3. Materialstudie

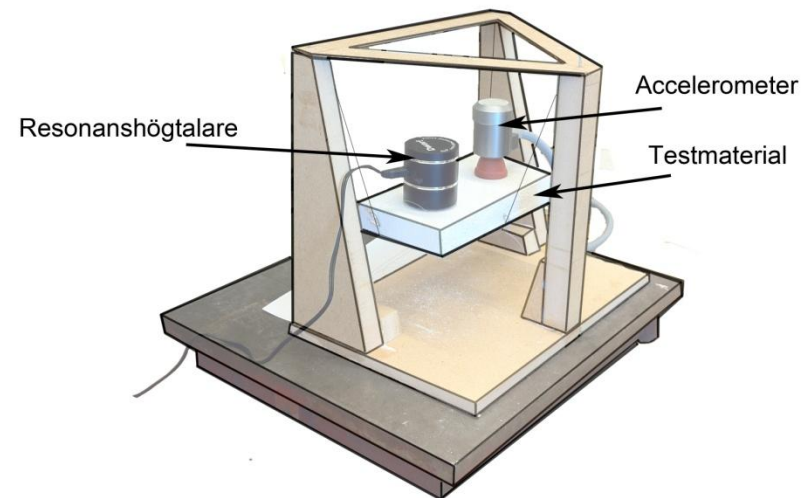
Materialstudien bygger på de teorier kring oscillerande rörelser samt mätinstrument som utförts inom området vibrationer och vibrationsmätningar. Detta då dämpning av vibrationer är en av huvudegenskaperna som efterfrågats för skivspelaren. Ett urval av tänkbara material sammanställdes och materialprover samlades in för analys. För samtliga material utfördes fysiska vibrationstester i syfte att undersöka hur vibrationer dämpas och förstärks i enskilda material och kombinationer av de olika materialen. Målet med materialstudien var att fastställa vilka material som dämpar vibrationer bäst och hur de som ger bäst resultat reagerar vid kombinationer med andra material.

#### 3.1 Mättriggen

För att möjliggöra vibrationsmätningar av de olika materialen utarbetades en mät rigg (Figur 3.1). Med de grundkunskaper som samlats från litteraturstudien kunde val av lämplig mätutrustning och metod göras. För att optimera mättriggen krävdes ett flertal tester. Med "trial and error" metoden (Karlsson, 2007) utvecklades slutligen en mät rigg som bedömdes ge tillförlitliga mätresultat då mätresultaten var konsekventa och utslaget på oscilloskopet vid mätning direkt mot resonanshögtalaren stämde i stort överens med den utsända frekvensen. Dock så gick inte alla störningar att helt eliminera då de troligen beror på egenresonanser mellan Resonanshögtalaren och Accelerometern eller i limförbandet som sammanbinder de två. Syftet med mättriggen var att minimera inverkan av eventuella felkällor samt att bidra till en ökad kontroll över mätningarna som utfördes. Mättriggsutrustning:

- Egenkonstruerad ställning

- Gjutjärnsgrund
- Accelerometer
- Resonanshögtalare
- Oscilloskop
- Spänningsaggregat
- Frekvensgenerator



Figur 3.1. Schematisk bild av mättriggen.

Testmaterialen hängdes upp med nylontrådar i ställningen som står på en stabil grund av gjutjärn. Materialen hängdes upp fritt för att hindra att de bildar ett resonanssystem med underlaget. En resonanshögtalare (Mighty Dwarf, 2012) och en mätgivare i form av en accelerometer monterades samman med testmaterialet genom limförband för en fast koppling.

Accelerometern mätte vibrationer på så sätt att den ger ifrån sig en elektrisk signal som är proportionell mot den hastighetsförändring accelerometern utsätts för (Bengtsson, 2003). Resonanshögtalaren matades med en jämn spänning på 2.5V från spänningsaggregatet och från frekvensgeneratoren skickades signaler i form av ett frekvenssvav mellan 75-20 000Hz. Intervallet 75-20 000Hz valdes eftersom resonanshögtalaren har ett frekvensomfång på 20-20 000Hz (Mighty Dwarf, 2012) och frekvenser under 75Hz inte kunde mätas med den tillgängliga mätutrustningen. Frekvenserna gick genom testmaterialet och mättes sedan av accelerometern. Signalen från accelerometern skickades vidare som elektriska impulser till ett oscilloskop vilket i sin tur gav utdata i form av en sinuskurva som visar vågampplitud och därmed storleken på vibrationen.

### 3.2 Första urval

För att göra en rejäl första gallring så utfördes en materialsökning i materialdatabasprogrammet CES Edupack (CES Edupack, 2011) där tillgängliga material ställdes upp i en graf med kostnad per kilo på x-axeln och elasticitetsmodul på y-axeln. Dessa två egenskaper valdes då kostnads målet för skivspelaren är mycket stramt samt att en högre elasticitetsmodul generellt sett medför att materialet är bättre på att minska uppkomsten vibrationer då en högre elasticitetsmodul medför att det krävs mer kraft för att böja det en viss strecka, detta kan utläsas från Hookes lag (Sundström, 2010). Gränsvärden sattes på båda axlarna för att smalna av runt den grupp av material som söktes. Det övre respektive undre

gränsvärdet för elasticitetsmodulen sattes till 10 GPa respektive 300 GPa detta då material med högre elasticitetsmodul generellt är mycket dyra och material med lägre elasticitetsmodul anses undermåliga för en skivspelare i prisklassen runt 15 000 kr. För priset antogs ett intervall mellan 0 kr/kg och 120 kr/kg detta då material över detta kilopris skulle överskrida budgeten om en minimivikt på 10kg antas vilket i sammanhanget får anses vara fullt rimligt om konkurrenterna i prissegmentet betraktas. Detta gav en ganska tydlig bild av vilka materialtyper som kan tänkas vara av intresse. Dock så måste även tillverknings och eventuell bearbetningskostnad även tas hänsyn till varför material så som olika aluminiumoxider och liknande material som har en låg kostnad per kilo men har mycket hög bearbetningskostnad också sållades bort. Även material med magnetiska egenskaper så som vanligt kolstål sållas bort då de kan påverka elektroniken i skivspelarens mycket känsliga ”pickup” genom magnetfältsstörningar då är baserade på inducerad ström vilket påverkas av magnetism (Serway & Jewett, 2008). Till den erhållna materialgruppen adderades sedan andra material som är vanligt förekommande i skivspelare, till exempel POM-plast och MDF-skiva. Materialen jämfördes sedan i en viktad materialvalsmatris (Tabell 3.1). Viktningen baseras på de fysikaliska samband som fastställs i avsnitt 2 samt de grundläggande krav som fastställts för projektet. Den viktade materialvalstabellen är en del av de grunddata som avgör vilka material som skall genomgå de fysiska vibrationstesterna.

Tabell 3.1 Viktad materialvalstabell

	Material	Cement (snabbhärdande)		Plywood (björk klass A-C)		Fibercementskiva (minerit)		Golvspånskiva (högre densitet)		Aluminium (SS 4104-06)		MDF-skiva (Medium Density Fiber)		Solid Ek (proveniens)		Rostfritt stål (2324-02)		POM-plast (Delrin)		LDF-skiva (Low Density Fiber)	
		Viktad data		Viktad data		Viktad data		Viktad data		Viktad data		Viktad data		Viktad data		Viktad data		Viktad data		Viktad data	
Egenskap	Vikt																				
Pris (högre värde är bättre)	0,40	1,33	0,53	0,20	0,08	0,07	0,03	0,14	0,05	0,06	0,02	0,40	0,16	0,03	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,67	0,27
Gjutbarhet 1-100	0,15	90,00	13,50	1,00	0,15	1,00	0,15	1,00	0,15	50,00	7,50	1,00	0,15	1,00	0,15	50,00	7,50	50,00	7,50	1,00	0,15
Bearbetbarhet 1-100	0,15	15,00	2,25	100,00	15,00	60,00	9,00	80,00	12,00	70,00	10,50	100,00	15,00	100,00	15,00	30,00	4,50	70,00	10,50	100,00	15,00
E-modul GPa (genomsnitt)	0,2	43,00	8,60	10,00	2,00	3,50	0,70	1,05	0,21	70,00	14,00	3,00	0,60	18,00	3,60	200,00	40,00	6,50	1,30	0,50	0,10
Densitet kg/dm <sup>3</sup>	0,1	2,20	0,22	0,75	0,08	1,12	0,11	0,60	0,06	2,80	0,28	0,70	0,07	1,00	0,10	7,80	0,78	1,40	0,14	0,20	0,02
Total	1,0	151,53		111,95		65,69		82,79		192,86		105,10		120,03		287,82		127,94		102,37	
Viktad poäng		25,10		17,31		9,99		12,47		32,30		15,98		18,86		52,79		19,46		15,54	
Pris/kg		0,75		5		15		7,3		17		2,5		30		65		23,5		1,5	

### 3.3 Mätningar

När alla relevanta material fastställts genomfördes vibrationsmätningar på varje enskilt material. Först och främst mättes vibrationerna som resonanshögtalaren skickar ut genom att koppla accelerometern direkt på denna i mättriggen. Detta gjordes för att erhålla en referens att räkna ut dämpningsfaktorn mot. Dämpningsfaktorn beskriver skillnaden i amplitud mellan ingående signal och den utskickade signalen. Alla mätningar genomfördes konsekvent med bestämda positioneringar, förband och kopplingar. Testmaterialen hängdes upp i mättriggen och kopplades samman med en resonanshögtalare och accelerometer. Vibrationernas amplitud för de olika materialen analyserades och antecknades i en tabell för bestämda frekvenser i ett område mellan 75 - 20 000Hz. Värdet för amplituden mättes i  $mV$  både för referensvärden och för värden uppmätta på testmaterial. Genom att använda ekvation 2.1 där  $U_{in}$  är referensvärdet och  $U_{ut}$  är det uppmätta värdet för testmaterialet fås en dämpning mätt i dB.

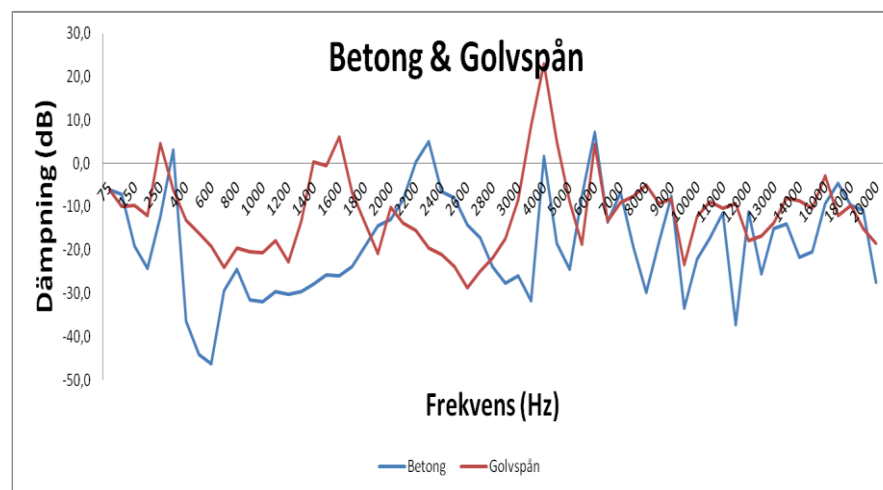
$$20 \log \frac{U_{ut}}{U_{in}} \quad (3.1)$$

En graf plottades för varje testmaterial. Dessa jämförs sedan med varandra i en stor graf (Bilaga 3).

En tidig hypotes var att ett material med en resonansstopp vid en specifik frekvens kan kombineras med ett material som har en sänkning vid samma frekvensområde för att utbredningen av vibrationer skall hamna någonstans där emellan. Då en resonansstopp påverkar ljudbilden i en skivspelare negativt på grund av störningar måste dessa dämpas bort i så stor grad det är möjligt. Samtidigt påverkar en stor dämpning ljudbilden så att den upplevs livlös och tråkig (subjektiv bedömning). Det optimala torde då vara att utbredningen av vibrationer verkar någonstans mellan en

resonanstopp och en stor dämpning, med andra ord så eftersträvas en jämn dämpning.

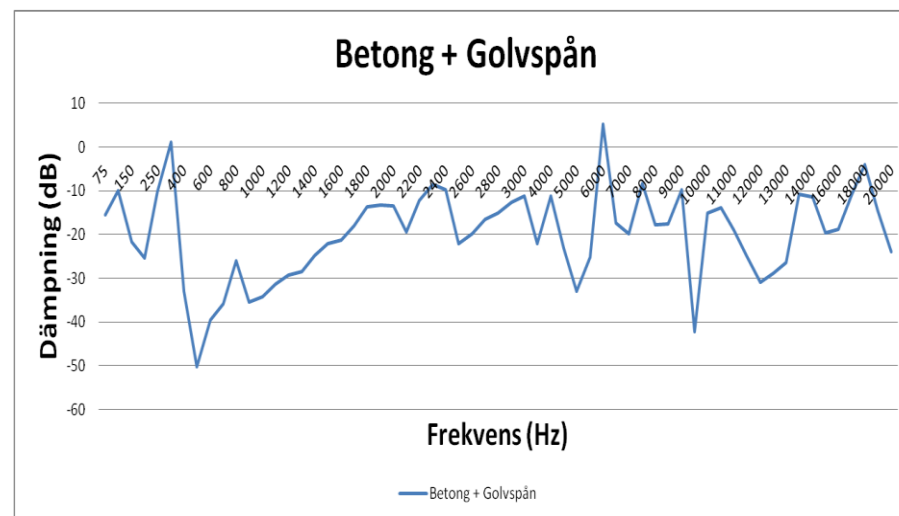
Från nämnd graf valdes intressanta material ut för att kombineras med varandra. I kombinationerna eftersträvades material med resonansstoppar och sänkningar vid samma frekvensområde men även faktorer som grad av dämpning och pris hade inverkan för valen. De bästa kombinationerna enligt den tidigare nämnda hypotesen som identifierades var betong & golvspånskiva, betong & LDF samt minerit & golvspånskiva. Minerit är samlingsnamnet på cementbundna byggskivor med armering av cellulosafiber. LDF är en träfiberskiva med låg densitet. I figur 3.2 visas dämpningen mätt i dB för betong och golvspån separat. I y-axeln mäts dämpningen i dB och i x-axeln mäts frekvensen.



Figur 3.2 Diagram över vibrationsdämpningen i dB för betong och golvspån.

Materialens dämpningskurvor är förskjutna på vissa ställen och på andra ställen är det stor skillnad i dämpningen. Detta gör att många resonanstoppar och sänkningar hamnar inom samma frekvensområde.

När alla intressanta materialkombinationer identifierats utfördes nya vibrationsmätningar på dessa kombinationer. Materialen kopplades samman med limförband och hängdes upp i mättriggen som vid tidigare mätningar. Efter att samtliga kombinationer testats kunde det konstateras att hypotesen om att resonanstoppar och sänkningar i samma frekvensområde "neutraliserar" varandra var korrekt då hypotesen stämmer överens med samtliga mätningar på kombinationer. I figur 3.3 visas dämpningen för materialen i figur 3.2 som kombinerats. I frekvensområdet mellan 1400 - 2600Hz syns det tydligt hur resonanstopparna och sänkningarna neutraliseras när materialen kombineras. Dämpningen blir jämnare och resultatet mer fördelaktigt. Alla vibrationer och resonanser är viktiga att dämpa bort. Det finns alltså inga specifika frekvensområden som är viktigare än andra.



Figur 3.3 Diagram över vibrationsdämpningen i dB för kombinerad av betong och golvspån.

Efter att alla intressanta kombinationer av materialen identifierats utfördes slutligen en kort undersökning på två dämpmaterial som redan används flitigt i konstruktioner med syfte att dämpa vibrationer. Dessa två material rekommenderades av Trelleborg AB, ett företag som utvecklar lösningar som tätar, dämpar och skyddar i krävande industriella miljöer (Trelleborg AB, 2012). Materialen i fråga är matta av bitumen samt en plåtkonstruktion av metall och vulkaniserat gummi. Mätningar genomfördes på en materialkombination av minerit och golvspån. Då dämpmaterialen har klister på båda sidor användes dessa som förband mellan testmaterialen. Resultaten visas i Bilaga 4. Resultaten visar sig vara snarlika för bitumen och plåtkonstruktionen var för sig. Ett något bättre resultat erhålls om man kombinerar dessa två dämpmaterial. Dock blir det tämligen dyrt. Plåtkonstruktionen har en fördel i att den är tunnare och endast bygger 0,9mm.

### 3.4 Resultat av materialstudie

Med stort avseende på råvarupris, tillkommande tillverkningskostnader och dämpande egenskaper bestäms ett antal material och materialkombinationer för vidare arbete. Det fastställs direkt att materialet betong skall användas för tillverkning av skivspelarens plint eftersom dämpningen i materialet är mycket bra och för att det enkelt går att gjuta en skalkonstruktion med utan dyr efterbearbetning. För skivspelarens övriga synliga delar väljs materialen aluminium och rostfritt stål då dessa har goda vibrationsdämpande egenskaper samtidigt som de går att bearbeta med precision samt har för avsikten goda magnetiska egenskaper. Av de två dämpmaterialen valdes plåtkonstruktionen då den är tunnast och lättast att bearbeta.

Utöver de bestämda enskilda materialen till skivspelaren valdes de bästa materialkombinationerna ut. Dessa material kommer att vara dolda inuti skivspelarens plint och därför saknas krav på precision och utseende. Materialkombinationerna som valdes är betong + golvspån, betong + LDF och minerit + golvspån. Dessa är tre materialkombinationer kommer att användas för vidare tester där de kommer att monteras på olika ställen på betongplinten och provlyssnas. Målet är att bestämma vilken materialkombination som passar bäst för infästning av tonarm, motor och skivtallrik.

### 3.5 Sammanfattning och tänkbara felkällor i materialstudien

Materialstudien har resulterat i att ett antal material, materialkombinationer och dämpmaterial identifierats som lämpliga konstruktionsmaterial för en skivspelare med höga krav på såväl prestanda som pris.

Mättriggen hade många brister från början men efter ett flertal analyser och uppdateringar utvecklades slutligen en pålitlig och konsekvent mättrigg. En annan vibrationskälla än resonanshögtalaren som användes hade varit att föredra. Det är troligt att mätningarna blivit mer exakta om ett dyrare och mer exakt alternativ använts. Resonanshögtalaren får resonansstoppar och sänkningar pga. materialet den är tillverkad av. Dock är alla mätningar konsekventa mot ett referensvärde från resonanshögtalaren och därför relevanta för ändamålet. Accelerometern som användes var i första hand avsedd för större maskiner och var därmed tämligen stor. Om en mindre accelerometer använts hade mätgivaren inte påverkat den totala massan för testmaterialet lika mycket och mätresultatet förmodligen blivit mer precist.

Då bestämda frekvenser valdes för mätningarna på alla material är det sannolikt att vissa resonansstoppar och sänkningar inte identifierats. Detta var dock en nödvändig avgränsning då det inte var möjligt att göra manuella mätningar på alla frekvenser i ett omfång på 75 – 20 000Hz.



## 4. Idégenerering

Idégenereringsfasen är den mest kreativa fasen där kvantitet är en kvalitet och mångfald eftersträvas då det enligt Ulrich och Eppinger, (2008) är viktigt att utforska alla möjligheter i det tidiga skedet av projektet. För att undvika stora förändringar sent i projektet då detta är mycket svårare.

### 4.1 Kreativitetsmetoder

Kreativitetsmetoder används i syfte att strukturera upp idégenererings-sessioner. Kreativitetsmetoder är även ett bra sätt att bryta ned ett problem i mindre delar. Huvudsyftet är att försäkra att en så bra produkt som möjligt utvecklas. Konvertera tankegångar till metodens specifika system. Metoderna är även bra sätt att enklare komma igång med en kreativitetssession då de har ett tydligt upplägg vilket medför att deltagarna lättare kommer in i rätt sinnesstämning. Kreativitetsmetoder är även ett bra sätt att få fram större kvantiteter med lösningsförslag. (Cross, 2008)

De kreativitetsmetoder som använts är

- Moodboards
- Brainstorming
- Omvänd brainstorming
- Brainwriting
- Stimulianalys á la POW

Tillsammans med kundundersökningen och kravspecifikationen har de ovannämnda kreativitetsmetoderna lagt grunden för designen och de tekniska lösningar som utvecklats för skivspelaren. De olika metoderna valdes på ett sådant sätt att den utdata och inspiration de bidrar med går om

lott och skapar en bred bas för så många olika idéer som möjligt. Moodboards valdes i syfte att inspirera divergent tänkande inför följande kreativitetsmetoder som ger mer handfast resultat så som brainwriting. För att ytterligare uttömma möjliga vägar valdes omvänd brainstorming då detta kan hjälpa till att komma på nya infallsvinklar jämfört med de metoder som baseras i vad som önskas av produkten. Stimulianalys á la POW användes som ett komplement till de övriga metoderna då den generellt inte genererar lika många idéer utan mer udda idéer.

#### 4.1.1 Moodboards

I inspirationssyfte skapades moodboards tidigt i idégenereringen där det formspråk och den känsla som eftersträvas i projektet illustreras grafiskt Österlin, (2010). Bildkollagen togs fram genom att söka bilder och inspiration från internet och HiFi magasin. Bilderna komponerades och beskars på ett sådant sätt att en helhet i kollaget skapades och förmedlar en känsla. Känslan moodboardsen förmedlar skall följa hela idégenereringsfasen. Två moodboards skapades för konceptet "skivspelare" (Bilaga 5).

#### 4.1.2 Brainstorming

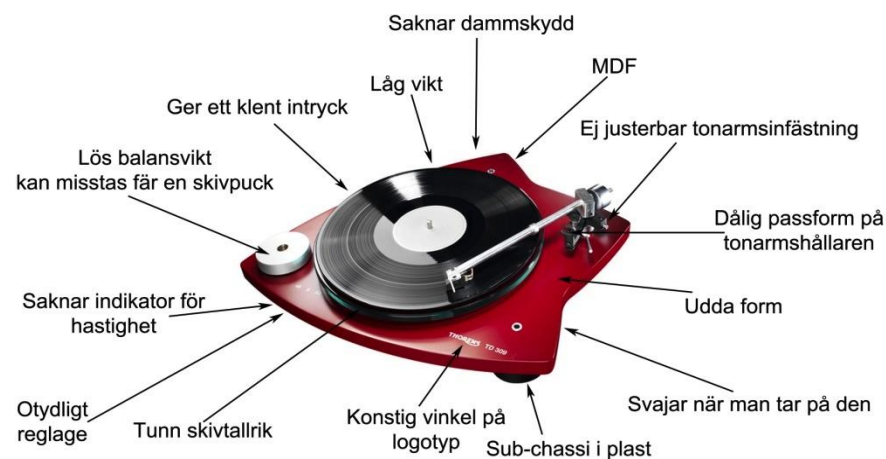
Brainstorming är ett populärt verktyg som hjälper dig att generera kreativa lösningar på ett problem samtidigt som gamla inarbetade tankemönster bryts (Mind Tools, 2012). Metoden användes då den är effektiv och genererar många idéer. Först användes brainstormingmetoden för att ta fram idéer på koncept för en skivspelare. Självkritik och kritisering av andras idéer var strikt förbjudet, hur galna de än kunde vara. Detta eftersom okonventionellt tänkande oftast resulterar i flest idéer. Efter att tillämpat brainstormingmetoden diskuterades resultatet för att sammanfatta och analysera dess innebörd.

Brainstormingmetoden har använts frekvent genom hela projektet då nya lösningar på många olika delar och detaljer har varit nödvändiga. Metoden

användes även för att ta fram idéer och lösningar för en skivspelares lagerkonstruktion, drivsystem, tonarmsinfästning och fötter. Lösningar som tagits fram har antingen varit nya eller vidareutvecklingar av befintliga lösningar.

### 4.1.3 Omvänd brainstorming

Omvänd brainstorming är en metod där en befintlig produkt kritiseras för alla svagheter som kan identifieras. Dessa svagheter analyseras sedan för att lyfta fram problemen bakom dem och tidigt hitta lösningar så att liknande brister kan undvikas i den produkt som skall utvecklas (Mindtools, 2012). En omvänd brainstorming applicerades på skivspelarmodellen Thorens TD 309. Valet av skivspelare gjordes med hänsyn till att Thorens TD 309 är en skivspelare som tidigare har testats grundligt och eftersom denna modell ses som en av de största konkurrenterna. I den omvända brainstormingen analyserades skivspelarens olika delar och negativa påståenden kopplades samman med delarna (Figur 4.1).



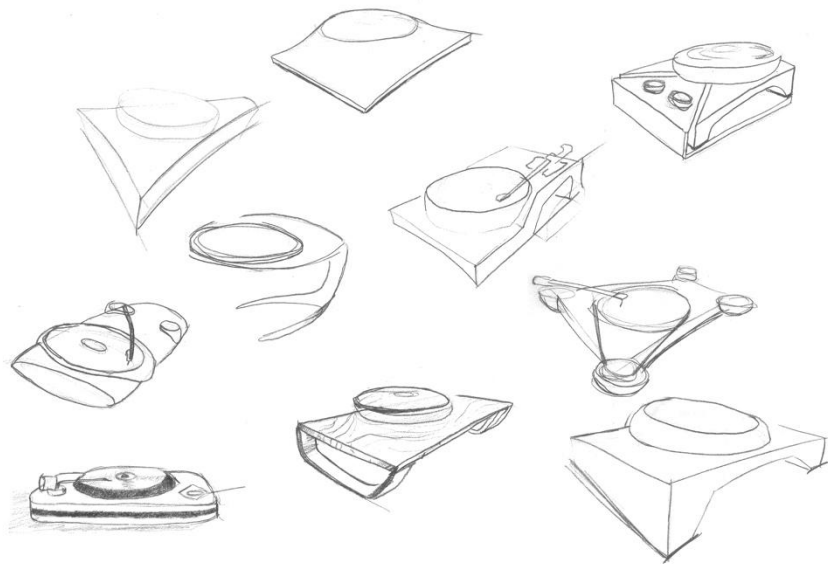
Figur 4.1. Omvänd brainstorming på Thorens TD 309 (Thorens AG Giebenach, Switzerland).

### 4.1.4 Skissessioner

Åtskilliga skissessioner genomfördes där fokus låg på att fritt skissa ner alla tänkbara mixturer av design och tekniska lösningar. Skisser gjordes dels på hela konceptet men även på separata delar av en skivspelare. Tanken med fria skissessioner var att idéer inte skulle tvingas fram utan att uppenbaras och växa fram med tiden.

Under en skissession bjöds flera designingenjörstudenter in att delta. Skivspelarens olika delar och grundfunktioner förklarades för de gästande skissutövarna, men utöver det fanns inga begränsningar. Målet var att uppnå ett så okonventionellt resultat som möjligt.

I figur 4.2 visas ett urval av resultatet från alla skissessioner. Skisserna är till viss del grundade på resultaten från brainstormingmetoderna samt de moodboards som gjordes.



Figur 4.2. Ett urval av resultatet från skissessionerna.

#### 4.1.5 Stimulianalys á la POW

För att öka antalet tänkbara idéer och lösningar samt upphäva inrutat tänkande genomfördes en stimulianalys á la POW. Syftet med metoden var att samla ny inspiration och andra sätt att se på form och designlösningar. Kreativitetsmetoden genomfördes som en instickare i slutet av ”brainwriting” metoden.

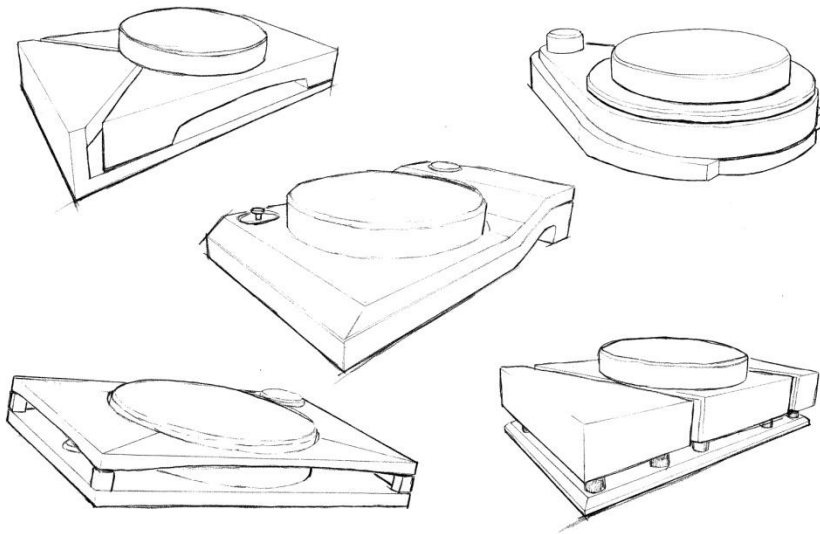
Metoden genomförs på så vis att olika föremål valdes ut och analyserades. Föremålets form, design och funktionella lösningar stod i fokus och det spelade ingen roll om de var besläktade med varandra. När alla estetiska och funktionella egenskaper hade analyserats diskuterades vilka av dessa som kunden tillämpas på en skivspelare. Metoden är uppkallad efter Per-

Olof Wikström som är biträdande professor på institutionen för produkt- och produktutveckling på Chalmers Tekniska Högskola. Metoden är ej publicerad.

Metoden användes på tio olika föremål där estetiska, funktionella och applicerbara egenskaper listades för varje föremål (Bilaga 6).

## 4.2 Vidareutveckling av koncept

Idégenereringen resulterade i ett stort antal designförslag på skivspelare. Allt ifrån galna former med flera delar till raka rätblock. Många olika designmetoder har använts för att få så många idéer och designlösningar som möjligt. Med resultatet från idégenereringen gjordes vidareutvecklingar genom att kombinera idéer och tidigare skisser. För alla nya kombinationer och nya designkoncept gjordes nya förfinade skisser. Figur 4.2 visar ett urval av de vidareutvecklade designkoncepten.



Figur 4.2. Ett urval med förfinade skisser av de vidareutvecklade designkoncepten.

I övriga urval jämfördes koncepten och bedömdes utifrån kundkraven i samarbete med företagshandledare från Transient Design. Även här utfördes samma typ av muntliga PNI i syfte att inte missa bra detaljer i annars dåliga koncept.

Förslagen diskuterades med Transient Design och varje koncept utvärderades och bedöms utefter kundkraven. Många förslag sållades bort direkt då antalet delar var för många och tillverkningskostnaderna antas bli för stora. Dock så diskuterades alla enskilda delar i syfte att inte missa bra detaljer i annars dåliga koncept. För de andra koncepten resonerades det kring alla intressanta och positiva lösningar för att finna underlag till en

optimerad kombination av samtliga koncept. Stor vikt lades i ljudkvalitet och vilken tänkbar slagkraft produkten kan få på marknaden.

Efter önskemål från uppdragsgivaren Transient Design togs tre slutkoncept fram genom att alla intressanta detaljer och funktioner kombinerades från de ursprungliga förslagen. Det som efterfrågades var ett spartanskt koncept med raka former som riktar sig mot en manlig publik. Ett koncept med organiska former och inslag av retrodetaljer från tidigare betydelsefulla designern på skivspelare som riktar sig till en kvinnlig publik. Slutligen efterfrågades ett mer påkostat koncept byggt med flera delar.

### 4.3 Resultat

Konceptgenereringen ledde till tre stycken olika designkoncept för skivspelare enligt uppdragsgivarens önskemål. Dessa tre valdes ut efter samtal i fokusgrupper med studenter från designingenjörsprogrammet på Högskolan i Skövde samt handledare från Transient Design. I fokusgrupperna diskuterades främst följande punkter:

- Utseende.
- Tänkbara materialval.
- Vibrationsdämpande konstruktion.
- Kostnader för material och tillverkning.
- Om formen skulle kännas igen som en skivspelare.
- Säljbarhet

Koncepten var återkopplade till grundkraven och till stor del påverkade av materialstudien då det måste vara möjligt att tillverka produkten med de valda konstruktionsmaterialen. Med input från fokusgrupperna gjordes ett slutgiltigt beslut från handledaren på Transient Design och tre slutkoncept valdes. Beslutet grundas på handledarens expertkunskaper som är baserade

på teori och erfarenheter. Ett antal olika lösningar på skivspelarens övriga delar har utvecklats. Dessa beskrivs närmare i kapitel 6 – Tekniska lösningar.

#### 4.3.1 Walter

Konceptet ”Walter” baserades på en skalkonstruktion. Plinten har raka former i spartansk stil. Utsidan är rektangulär och har den traditionella formen för en skivspelare. Insidan är däremot raka motsatsen mot utsidan då många olika former och geometrier är dolda innanför skalet och bidrar till vibrationsdämpande kvaliteter. Där skivtallrik, motor och tonarm har sina infästningspunkter är det genomgående hål i skalet så dessa kan fästas i vibrationsdämpande materialkombinationer, även dem i runda ickeparallella geometrier som monteras på plintens undersida. Konceptet presenteras i Figur 4.3.



Figur 4.3. Presentation av konceptet ”Walter”.

#### 4.3.2 Cindy

Konceptet ”Cindy” (Figur 4.4) är en skivspelare med organiska former där vissa retrodetaljer bevarats från tidigare ikonmodeller från skivspelarens historia. Skivtallrik, motor och tonarm monteras direkt i plinten då de vibrationsdämpande styrkorna sitter i dess runda former.

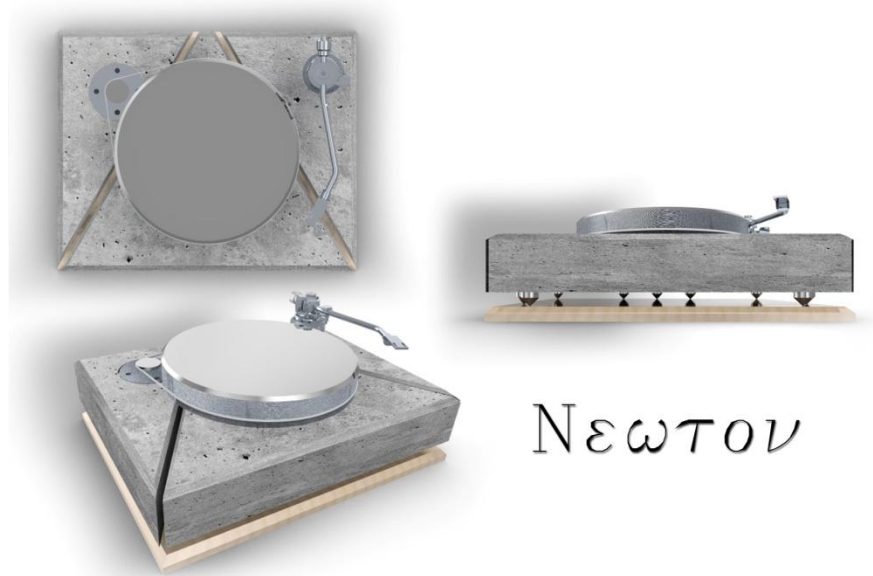


Figur 4.4. Presentation av konceptet ”Cindy”.

#### 4.3.3 Newton

Konceptet ”Newton” (Figur 4.5) är en mer avancerad konstruktion som bygger på att skivspelarens tallrik, motor och tonarm är separerade från varandra genom en tredelad plint. Plintens delar ställs på en grund bestående av massivt trä. Tanken med separationen är att de grundläggande

delarna skall isoleras och egenljud och vibrationer som genereras inte skall påverka någon annan grundläggande del. En annan fördel med att plinten är uppdelad i tre delar är att parallella former kan elimineras.



*Figur 4.5. Presentation av konceptet "Newton".*

# 5. Konceptval

Under konceptvalsfasen genomfördes en konceptvalsmetod vid namn Pughmetoden som är uppkallad efter den brittiske ingenjören Stuart Pugh. Metoden går ut på att så systematiskt och objektivt som möjligt välja det bästa konceptet av flera potentiella. Det är en generell metod som kan tillämpas på många olika konstruktions- och designproblem. (Pugh, 1991)

## 5.1 Metod

Metoden bygger på en viktad konceptvalsmatris där flera alternativa koncept ställs mot varandra. Ett antal relevanta kriterier från förstudien bestäms och används för att värdera alternativen. Dessa kriterier vikts i enlighet med de mål som fastställdes i början av projektet samt kundkraven och uppdragsgivarens behov. Därefter poängsätts alla lösningar utifrån hur bra de uppfyller de olika kriterierna med en poängskala från -2 till 2 där -2 är det lägsta möjliga värdet och 2 det högsta möjliga värdet. En befintlig produkt antas som referens och har därför värdet 0 på alla kriterier. I det här fallet har skivspelaren Thorens TD 309 används som referens då denna har provlyssnats och används som referens genom hela projektet. Detta är nödvändigt för att kunna värdera koncepten och veta om dem är bättre eller sämre än det befintliga. Referensen används som en utgångspunkt vid poängsättningen av de övriga alternativen. När alla koncepten är poängsatta efter kriterierna och viktningen medräknats summeras poängen och resultatet kan läsas av.

## 5.2 Genomförande/Resultat

Första steget var att bestämma relevanta kriterier att poängsätta koncepten efter. Detta gjordes med återkoppling till kundkraven och kraven från

uppdragsgivaren Transient Design. Därefter viktades dessa krav med en skala från 1 till 5, där 5 representerar den högsta vikten och 1 den lägsta. Att vikta kriterierna var nödvändigt då vissa är direkt avgörande medan andra kan räknas som mervärde för den slutliga produkten. Alla viktningar och betygssättningar är utförda i samråd med uppdragsgivaren.

Slutligen poängsätts koncepten i matrisen och poängen summeras. Konceptet "Walter" får högst antal poäng och bestäms därmed som slutkoncept medan konceptet "Cindy" får lägst antal poäng. Konceptet "Newton" är det bästa konceptet med avseende på ljudkvalitet men faller på en högre tillverkningskostnad. Resultatet presenteras i Tabell 5.1. De resultat som tabellen redovisar baseras enbart på teori då endast en prototyp rymdes inom projektets ramar och prioriteras en modell av slutkonceptet. De värden som redovisas i grafen är direkta jämförelser mellan de olika koncepten. Dock så är jämförelserna baserade på teoretiska beräkningar där det är möjligt och på subjektiva resultat från samtal i fokusgrupper samt resultat från tidigare utförd kundundersökning där det ej var möjligt med teorigrundade beräkningar. Till exempel så baseras värdena för "dämpning av externa störningar" bland annat på total vikt vilket enkelt kan uppskattas med hög precision baserat på konceptens volym i samband med materialets densitet medan kommersiell potential baseras på kundundersökningen där den klassiska rektangulära formen föredrogs.

*Tabell 5.1. Konceptvalsmatris enligt Pughmetoden.*

Koncept Kriterier		Thorens TD 309 (datum)	Cindy	Newton	Walter
Uppskattad tillverkningskostnad	5	0	1	1	2
Minimering av egenljud	3	0	1	2	2
Kommersiell potential	5	0	-1	0	1
Dämpning av externa störningar	5	0	1	2	2
Få delar	3	0	1	-1	0
Storlek/Platsupptagning	2	0	-2	-2	-2
Unikt formspråk	2	0	-1	0	-2
<b>Resultat</b>		0	3	11	21

Slutligen används det befintliga House of Quality dokumentet (Bilaga 7) för att utvärdera hur bra de tre slutkoncepten endast uppfyller kundkraven. Även här används skivspelaren Thorens TD 309 som referens. För varje kundkrav betygsätts konceptet med en poängskala från 1-5 beroende på hur bra konceptet uppfyller kundkravet och resultatet presenteras i form av en graf. Resultatet blir snarlikt med det från Pughmetoden men då kriterier som tillverkningskostnad och kommersiell potential finns med får koncepten "Walter" och "Newton" ett jämnt antal poäng. Alla tre slutkoncepten får högre poäng än den befintliga skivspelaren Thorens TD 309.

## 6. Tekniska lösningar

Utöver det estetiska utvecklingsarbetet så utvecklades även en rad olika tekniska koncept gällande främst lagring av skivtallrik och skivtallriken i sig men även allmänna konstruktionslösningar med allt från placering av komponenter till hur antalet fötter påverkar spridningen av vibrationer.

### 6.1 Lagerkonstruktion

Glidlagret är en komponent som anses ha stor förbättringspotential om dagens skivspelare betraktas ur ett ingenjörsmässigt perspektiv. Dessa glidlagerkonstruktioner anses i vissa avseenden vara en aning "konstigt" konstruerade då de inte tillämpar alla de kunskaper som finns kring glidlager (som för visso är mycket svåra att utföra beräkningar på) där de generella grundreglerna är att olika material bör användas i de glidytor som är i kontakt då de annars nöts ner fortare eftersom kristallstrukturen är lika agerar de båda ytorna som två sandpapper som läggs mot varandra. Dessutom bör tillräcklig glidyta och glidhastighet eftersträvas då det annars i princip är omöjligt för glidlagret att plana på oljefilmen (eller annat smörjmedel) mellan glidytorna eftersom oljetrycket då inte kan överkomma den vertikalt verkande lasten från skivtallriken. Den lagerkonstruktion som föreslås (figur 6.1) uppfyller dessa grundläggande krav och vidbehåller en låg startfriktion.

Även om startfriktionen är låg bör det säkerställas att den valda motorn orkar överkomma startfriktionen i glidlagret, därför beräknades motorns vridmoment med hänsyn tagen till skillnaden i hävarm mellan motorns remskiva och skivtallrikens ytterkant där remmen kommer att löpa. Enligt beräkningarna i ekvation 6.1 så kommer motorn verka med en kraft av ca 1,2 – 2,6 N beroende på vilken verkningsgrad som antas (50-80%). De



parametrar som använd i beräkningarna är vinkelhastigheten  $\omega$ , vridmomentet ( $T$ ), hävarmen till centrum av skivtallriken ( $L$ ) samt effekten elmotorn producerar ( $P_m$ ).

$$P_m = \omega \cdot T \quad (6.1)$$

Ekvation 6,2 används för att lösa ut vridmomentet  $T$  vilket används i ekvation 6,4 för att beräkna kraften  $F$ .

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot 33,33}{60} \quad (6.2)$$

$$T = \frac{1,8 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 33,33} \cdot 0,8 = 0,41 \text{ Nm} \quad (6.3)$$

Ekvation 6,2 används i ekvation 6,3 för att beräkna vridmomentet  $T$  där 0,8 är den antagna verkningsgraden för elmotorn.

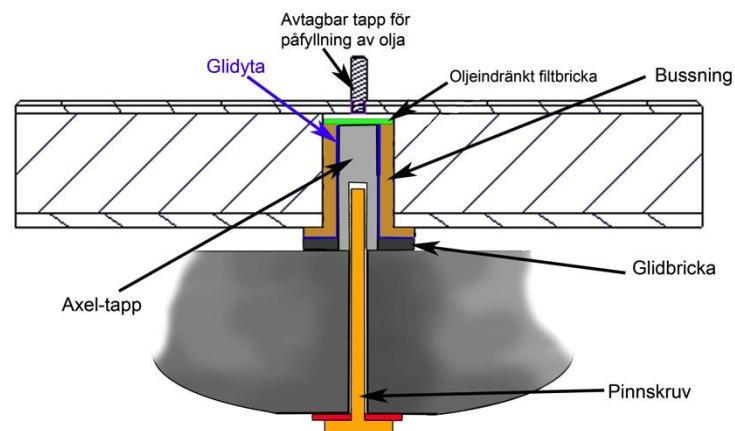
$$F = \frac{T}{L} = \frac{0,41}{0,05 \cdot \pi} = 2,63 \text{ N} \quad (6.4)$$

Den startkraft som krävs för att starta skivtallriken mäts genom att linda en tråd runt skivtallrikens ytterkant och sedan dra med en dynamometer bort från skivtallrikens centrum. På så vis kan det maximala värdet för startkraften avläsas från skalan på dynamometern. Detta test utförs på den föreslagna lagerkombinationen och med olika smörjmedel i syfte att fastställa vilken som ger den lägsta startkraften samt den konstanta friktionen vid drift. Det uppmätta värdet ger en indikation på hur motorns specifikationer förhåller sig till de krafter den måste övervinna vid startögonblicket samt under drift.

## 6.2 Skivtallriken

En annan förbättringsmöjlighet som observerats i vissa existerande lagringskonstruktioner är att det finns en direkt koppling mellan glidlagret och själva vinylskivan genom centerstiftet. Detta gör att alla eventuella vibrationer som uppkommer i lagerkonstruktionen och fortplantar sig till dess bas även fortplantar sig direkt in i vinylskivan och på så vis skapar oönskade störningar. Den föreslagna lagerkonstruktionen (Figur 6.1) avhjälper även detta problem då centreringspiggen för vinylskivan är avskild från lagerkonstruktionen med två lager dämpande material limmat på 5 mm tjocka rondeller av rostfritt stål samt en stor betongmassa.

Schematisk bild av skivtallrikens konstruktion



Figur 6.1. Schematisk bild skivtallrikskonstruktion.

Skivtallrikens totala massa beräknas till ca 13 kg då endast de två rostfria plåtarna väger ca 3 kg/st. och betongskivan lite över 7 kg.

### 6.3 Rotationshastighet

En viktig aspekt som bör tas hänsyn till är skivtallrikens rotationshastighet som bör vara så nära 33,1/3 som möjligt dock så är den viktigaste parametern en stabil rotationshastighet då ett fluktuerande varvtal kan påverka avlyssningsupplevelsen negativt med en ryckig och stressande ljudkaraktär. En viss avvikelse i rotationshastigheten är således mer godtagbar då det endast förskjuter tonläget en aning, detta uppfattas i princip inte alls av de flesta lyssnarna enligt personlig Lars-Ola Hoffer (personlig kontakt 2012-04-13). Det som avgör rotationshastigheten är den drivande remskivans diameter, denna beskrivs i ett idealfall enligt Ekvation 6.5- 6.9.

$$D_t = D + 3 = 317,16 \quad (6.5)$$

$$d_t = d + 3 \quad (d \text{ är sökt}) \quad (6.6)$$

$$\frac{D_t}{d_t} = \frac{RPM_{motor}}{RPM_{skivta}} = \frac{250}{33,333} \quad (6.7)$$

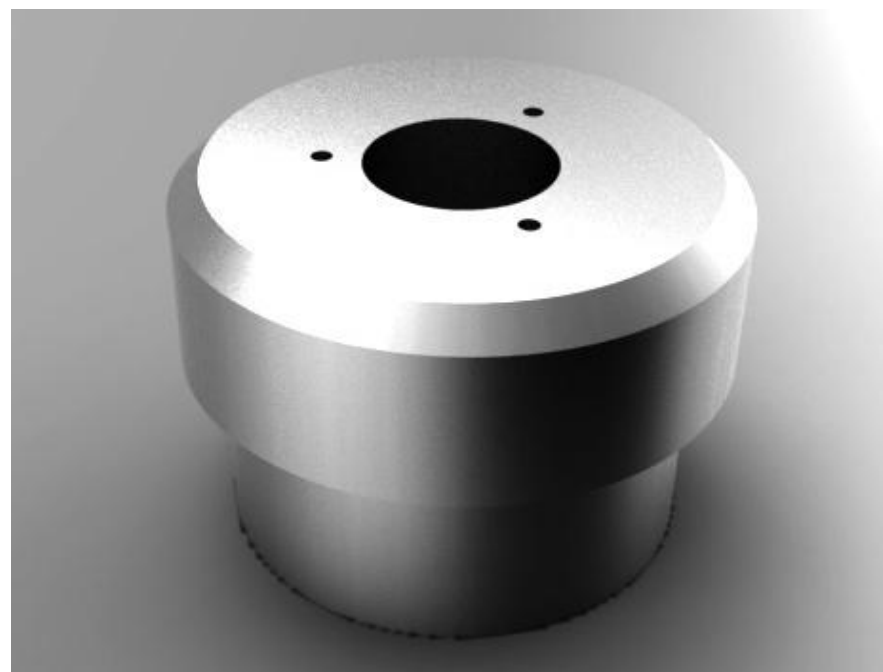
$$d_t = \frac{D_t \cdot 33,333}{250} = 42,28 \quad (6.8)$$

$$d = d_t - 3 = 39,28 \text{ mm} \quad (6.9)$$

Denna diameter kan dock ändras då beräkningen inte tar hänsyn till den friktion som uppkommer vid drift eller den töjning som sker i den 3 mm tjocka O-ring som antagits som drivrem. Denna avvikelse kompenseras genom att öka remskivans diameter tills önskad rotationshastighet uppnåtts.

### 6.4 Tonarmsbas

Tonarmsbasen placeras i ett genomgående hål genom betongskalet på en underliggande kloss vilken limmats fast underifrån. Klossen består av en materialkombination av golvspånskiva, minerit samt LDF-skiva. Tonarmsbasen står dessutom på en vibrationsdämpande skiva för att ytterligare isolera den från betongskalet som tar upp mycket av de externa störningarna. Tonarmsbasen har i profil formen av en svamp då den ökar i diameter efter att den kommit över toppytan av plinten, detta illustreras i Figur 6.2.

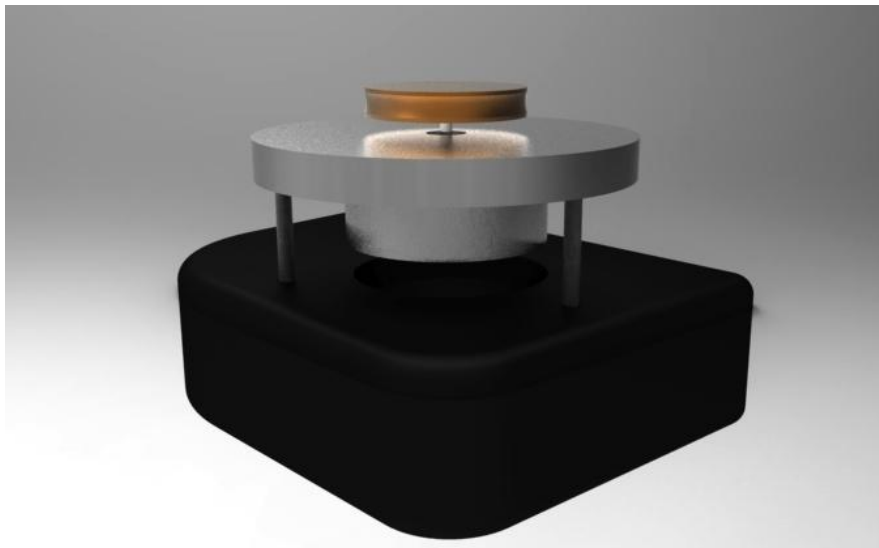


Figur 6.2. CAD modell av tonarmsbasen.

Tonarmsbasen har även en fasning i överkant som matchar infästningsplattan på den tonarm som kommer vara standard på skivspelaren. Tonarmsbasen är konstruerad i aluminium för att undvika magnetiska störningar.

## 6.5 Motorupphängning

Motorn monteras på en aluminiumskiva (Figur 6.3). På aluminiumskivan monteras i sin tur en gummiring vilken är 6 mm tjock. Hela paketet fästs sedan med samma metod som tonarmsbasen genom ett hål i betongskalet med bultar underifrån som går genom distansrör för att motorn ska hamna på korrekt höjd i förhållande till skivtallriken. Gummiringen är till för att dämpa bort vibrationer från motorn vilken skapar väldigt lågfrekventa vibrationer som gummi är bra på att absorbera varför de används till maskinfötter och liknande konstruktioner som motorfästen i bilar.

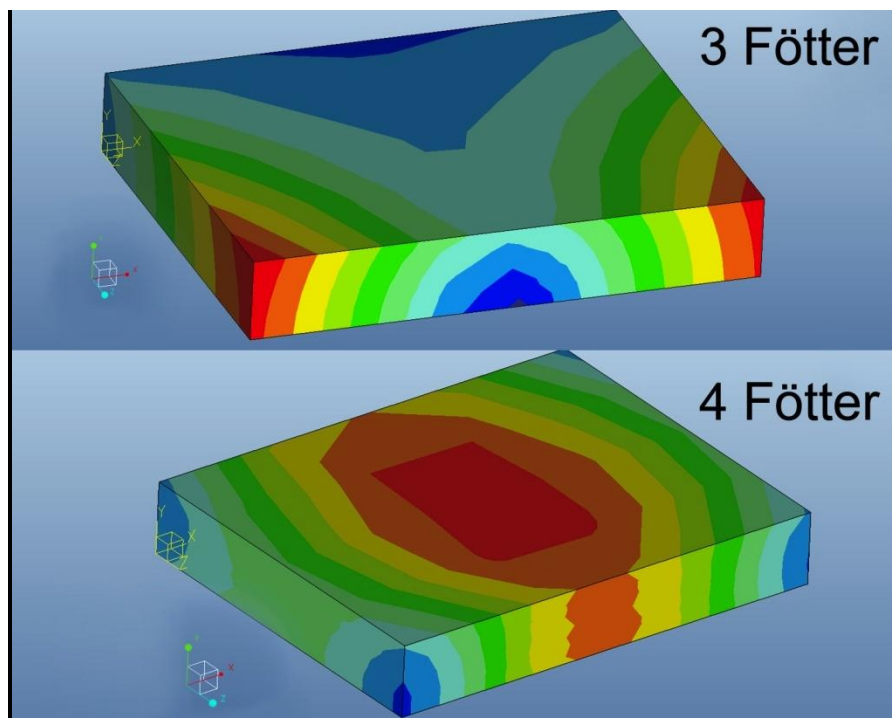


Figur 6.3. CAD modell av motorupphängning.

Det svarta blocket (figur 6.3) är endast en representation av den ”sandwich” konstruktion som används som infästningsblock.

## 6.6 Fötter

På i princip alla skivspelare i det givna prissegmentet (10 000 kr – 20 000 kr) så används tre fötter. Detta för att det gör det enklare att få skivspelaren att stå stabilt eftersom tre fötter alltid kommer ha kontakt med underlaget även om skivspelaren inte står helt plant, denna metod används bland annat för inmätning av plan i avancerade mätmaskiner (Carlsson, 1999). Dessutom så har det även en positiv inverkan på vibrationsspridning i plinten enligt de FEM modeller som testats. Detta kan betraktas grafiskt i Figur 6.4 där det röda området vilket representerar de största svängningarna återfinns längre från centrum av plinten där skivtallrikens infästningspunkt befinner sig. Det ses således som en fördel att ha tre fötter eftersom skivtallriksinfästningen är en av de viktigaste punkterna att vibrationsdämpa. De fötter som valts för slutkonceptet är av justerbar typ med konisk spets nedåt mot underlaget i syfte att ytterligare öka stabiliteten.



Figur 6.4. Beskriver skillnaden mellan att använda 3 eller 4 fötter.

Fötterna är konstruerade i två separata delar där den ena är en cylinder som gjuts in i plinten och agerar där infästning för den andra delen som är en konisk topp med en gängad del som passar i infästningscylindern (figur 6.5).



Figur 6.5. Infästningscylinder till vänster och själva foten till höger.

Den koniska formen bidrar ytterligare till att göra skivspelaren stabil då det är lättare att få stabil kontakt mot underlaget med en spets jämfört med en plan yta. För att fötterna inte skall gräva ner sig i underlaget så är det brukligt att använda brickor med ett litet icke genomgående hål som spetsen placeras i för att på så vis skydda underlaget.

## 7. Resultat

Projektet har nu mynnat ut i slutkonceptet Walter (figur 7.1) som är en vidareutveckling av konceptet Walter. Vidareutvecklingen har lett till ett stabilt och rent formspråk som känns väldigt Bauhaus inspirerat, med andra ord avskalad och geometrisk. Det är denna känsla som gav inspiration till namnet Walter då det var Walter Gropius som grundade Bauhausskolan i Tyskland. Här presenteras slutkonceptet Walter i övergripande form med hjälp av renderingar samt fotografier. Dessutom presenteras en kortfattad beskrivning av tillvägagångssättet vid konstruktionen av prototypen vilket inleder resultatkapitlet.

### 7.1 Skivspelaren Walter

Skivspelaren Walters utsida har ett mycket avskalad och Bauhaus inspirerat utseende som ger ett intryck av skandinavisk design (figur 7.1). Formen i sig är ett resultat av de krav som ställts på att skivspelaren skall kännas ingen som just en skivspelare. Även de komponenter som är synliga har hållits till ett minimum och inga infästningar syns i onödan. Faktum är att inga infästningar syns om man bortser från tonarmens infästning i tonarmsbasen. Det enda som sticker ut är remskivan som är tillverkad av brons detta mest för att få något designelement som sticker ut.



*Figur 7.1. Slutkonceptet Walter.*

Undersidan/insidan av skivspelaren (figur 7.2) är till skillnad från utsidan allt annat än kantig och avskalad. Det är här som vibrationsteori, materialkombinationer och funktion tar överhand. Alla de rundade formerna och de få parallella sidorna bidrar till att bryta upp vibrationer och sprida ut dem vilket resulterar i att de dör ut fortare än om de skulle ha två rätta sidor att studsas mellan (personlig kontakt Lars-Ola Hoffer, 2012-04-13).



*Figur 7.2. Undersidan av slutkonceptet Walter.*

Undersidan är där alla infästningar görs, här limmas klossar in för infästning av tonarm och motor. Även axeltappen som styr lagerkonstruktionen fästs underifrån med en genomgående rostfri M10

pinnskruv som skruvas fast i axeltappen. Sist och minst så monteras fötterna i gjutna hål där de limmas fast och är därefter fullt justerbara.

## 7.2 Beskrivning av ingående delar

- A. Centreringsstift – Centrerar vinylskivan på skivtallriken samt håller skivmattan på plats.
- B. Skivmatta – Underlag för vinylskivan, öka friktionen samt dämpa vibrationer och statisk elektricitet.
- C. Topplåt – Rondell av rostfritt stål, gängat hål för centerstift.
- D. Betongskiva – 30 mm tjock betongrondell, tillför stor del av massan och stabiliteten till skivtallriken.
- E. Drivrem – Gummirem som sammankopplar motorns remskiva med skivtallriken.
- F. Bottenplåt – Rondell av rostfritt stål, infästning för lagerkonstruktion.
- G. Bussning – Stålbussning med fläns, sammankopplar skivtallriken med axeltappen och bidrar med den övre glidytan för glidlagring.
- H. Glidbricka – Teflonbelagd stålbricka, agerar den undre glidytan.
- I. Axeltapp – Genomhärdat stålaxel, håller skivtallriken rak och styr glidlagret.
- J. Bricka
- K. Pinnskruv (M10) – Rostfri skruv, mekanisk infästning för axeltappen mot plinten.
- L. Remskiva – Mässingcyliinder, monterad direkt på elmotorns axel, driver skivtallriken med hjälp av drivremmen.
- M. Motorplåt – Aluminium skiva, här monteras motorn.
- N. Motor – 24 polig växelströmsmotor (110 v), driver remskivan.
- O. Monteringskloss – Flera material i en kloss, limmas in underifrån för att vara infästningspunkt för motorplåt och tonarmsbas.
- P. Monteringskruvar (M4) – Rostfri skruv, infästning monteringskloss
- Q. Tonarm – Jelco SA-750D, effektiv längd 229 mm.
- R. Tonarmsbas – Solid aluminium, infästning av tonarm.
- S. Plint – Skal av betong, den del som allt monteras på.
- T. Fotinfästning – Aluminium cylinder, limmas in i plinten.
- U. Fot – Aluminium kon, monteras i fotinfästningen (Figur 6.5)



Figur 7.3. Sprängskiss av slutkonceptet Walter.

### 7.3 Kostnadsuppskattning Walter

De kostnads mål som sattes vid starten av projektet har uppfyllts med marginal då den totala kostnaden för slutkonceptet landar 150 kr under det utsatta kostnadstaket för skivspelaren vilket kan utlösas ur Tabell 7.1.

Tabell 7.1. Uppskattad kostnad för de olika komponenterna i Walter.

Prisuppgifter på skivspelaren Walters komponenter			
Komponent	Antal	Pris (SEK)	Tot. Kostnad (SEK)
Skivmatta	1	50	50
Remskiva	1	40	40
Mororplåt	1	50	50
Tonarmsbas	1	150	150
Drivrem	1	15	15
Justerbar fot	3	50	150
Axeltapp	1	50	50
Glidbricka	1	3	3
Infästningsbult (M10)	1	10	10
Monteringskrav (M4)	6	5	30
Bussning	1	60	60
Plint	1	80	80
Vibrationsdämpande materialkombination	2	25	50
Centerpinne	1	25	25
Skivtallrik	1	20	20
Dämpmatta	3	15	45
Plåtrondell	2	190	380
<b>Total</b>			1 208

Målpriset har varit en referenspunkt genom projektet för att avgöra om en komponent går att använda eller ej, detsamma gäller för materialval. Det bör påpekas att vissa värden är uppskattningar då priset i vissa fall är mycket beroende av t.ex. beställningsvolym eller vilken toleransnivå som sätts för tillverkningen.

### 7.4 Prototyp konstruktion

Första delen av konstruktionen som kom till prototypstadiet var skivtallriken, därmed så blev det den gjutform som först tillverkades. Den runda formen frästes ur en hoplimmad MDF-hexagon för att spara material. Formen byggdes i två delar för att enkelt kunna lossa den färdiggjutna delen. Båda delarna av den omslutande ringen monterades sedan på en platta med stålstift som placerats ut efter koordinater på skivan för att matcha borrade hål i de två delarna av den omslutande ringen. Tillsammans bildar dessa tre delar tillsammans med en centrumplugg den färdiga gjutformen för skivtallriken (Figur 7.4)

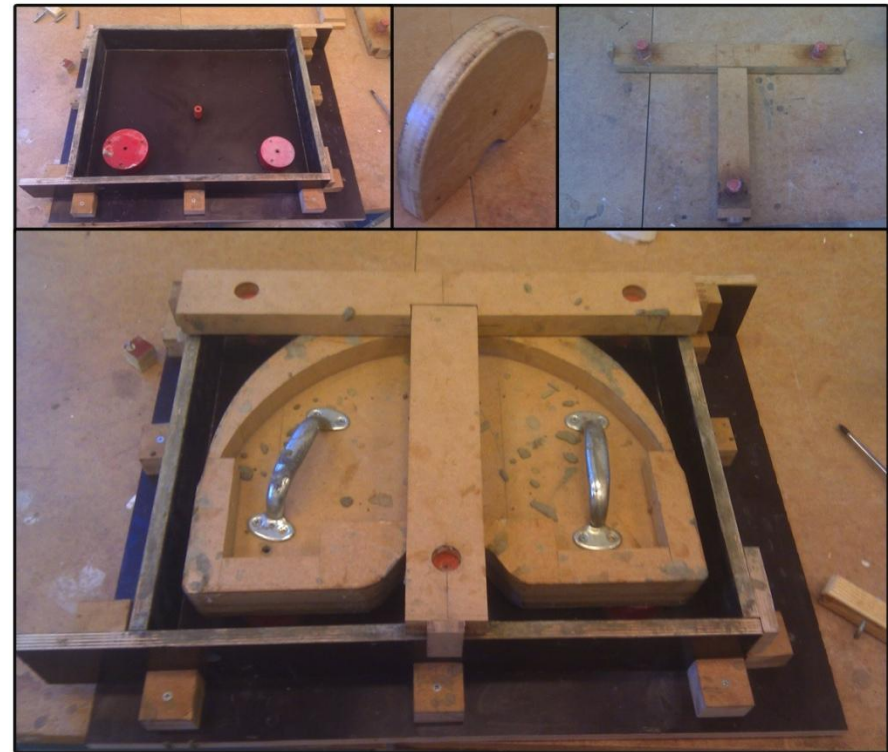




Figur 7.4. Gjutform för skivtallrik

Gjutformen för själva plinten konstruerades av formplywood för att få så fina ytor som möjligt med så lite arbete som möjligt. På grund av den enkla utvändiga geometrin så består grundkonstruktionen av fyra löstagbara sidor på en bottenkiva. På bottenkivan placeras tre svarvade cylindrar vilka skapar de genomgående hålen genom skivspelarens toppyta (hela konstruktionen gjuts upp och ned). Två större (75 mm respektive 100 mm)

för tonarmen samt motorn och ett mindre (10 mm) för infästning av axeltappen där skivtallriken sedan monteras. Ovanpå dessa tre cylindrar placeras sedan en stor plugg för att forma den stora kaviteten på undersidan av skivspelaren. Pluggen är helt enkelt en inverterad MDF kopia av hålet som gör plinten till ett skal istället för en solid klump. Den sista delen är formad som ett t med tre vinkelrät utstickande cylindrar, dess syfte är att skapa kaviteter där fötterna kan limmas fast. De olika delarna hålls på plats genom att de kläms, skruvas eller fästs med stålstift. När de olika delarna sammanfogats är gjutformen för plinten redo (Figur 7.5).



Figur 7.5. Gjutform för plint.

## 8. Diskussion

I diskussionskapitlet reflekteras det över projektets metod och resultat. De mål som ställdes upp i inledningen av arbetet stäms av med resultatet och det diskuteras kring huruvida dem uppfyllts genom projektets gång. Resultatet analyseras och de positiva och negativa delarna lyfts fram. Saker som torde eller kunde genomföras annorlunda tas upp och tillvägagångssätt för framtiden diskuteras.

### 8.1 Metod/Resultat

Målet som ställdes upp i början var att skapa ett designkoncept för en kommande vinylspelare i Transient Designs produktserie. Fokus har lagts på att uppfylla samtliga mål för att erhålla en superb skivspelare och resultatet ”Walter”. Uppfyllda mål:

- Materialval som uppfyller goda vibrationsdämpande egenskaper.
- Designlösning som reducerar fortplantningen av vibrationer till skivspelarens känsliga komponenter.
- Minimera de kostnader för material och tillverkning.
- Skivspelarens form kan igenkännas som en skivspelare av kunden.
- Fullgod ritning på skivspelarens samtliga delar.
- Prototyp framtagen.

Då marknaden för skivspelare är relativt liten i Sverige var det viktigt att göra en grundlig förundersökning och samla så mycket indata som möjligt. Indata från den svenska användarundersökningen ansågs vara otillräcklig så ett beslut om att även en utländsk användarundersökning skulle genomföras togs. Det var svårt att veta vilka personer som verkligen vet vad dem pratar om eftersom det finns många påhittade teorier utan

vetenskaplig grund inom HiFi sammanhang. Därför har tyvärr delar av användarundersökningen inte kunnat användas.

Enligt resultatet av projektet kan det konstateras att samtliga uppsatta mål är mer eller mindre uppnådda. Genom materialstudien analyserades samtliga relevanta konstruktionsmaterial i flera steg för att slutligen identifiera det bästa materialet och den bästa materialkombinationen med syfte att dämpa vibrationer.

Att utveckla en designlösning som både reducerar fortplantningen av vibrationer samtidigt som dess form skall kunna kännas igen som en skivspelare var en utmaning då dessa motsäger varandra. För att hitta en bra lösning krävdes en kompromiss. De yttre synliga delarna formgavs med en klassisk rektangulär form som känns igen som en skivspelare medan insidan av skalkonstruktionen är designad med många rundningar och runda geometrier för att reducera fortplantningen av vibrationer. Detta verkar vara en av de största utmaningarna vid utveckling av HiFi-produkter eftersom säljande design och prestanda sällan går hand i hand.

Att minimera kostnaderna för skivspelaren har genomsyrat hela projektet från början till slut. Detta har framför allt påverkat valet av konstruktionsmaterial och design men även utvecklingen av tekniska lösningar som t.ex. lagerkonstruktion. Genom att endast använda standarddelar i lagerkonstruktionen minskade den totala kostnaden med 1000 % av det den befintliga lösningen kostar vilket måste ses som ett bra resultat. Andra delar som t.ex. skivspelarens tonarmsbas borde det finnas mer ekonomiska lösningar på. Men eftersom fokus lades på lagerkonstruktionen, som ansågs viktigast, blev de andra delarna mer eller mindre lidande. Delar som tonarmsbas, motorupphängning och fötter är inte perfekta och kan betraktas som delar med potential till vidareutveckling.

Fullgoda ritningar gjordes innan tillverkningen av en prototyp. Detta bidrog till förberedelserna var goda och riskerna för eventuella felmätningar vid tillverkningen minskade. Ritningarna har även underlättat för uppdragsgivaren Transient Design när offerter efterfrågats hos potentiella underleverantörer. En fullt fungerande prototyp byggdes främst för att kunna testa och bekräfta de tekniska lösningarna som har utvecklats. Detta var värdefullt för vidareutveckling och slutresultatet. De negativa aspekterna med att tillverka en detaljerad och fungerande prototyp är att det var tämligen tidskrävande.

En sak som kunde ha gjorts annorlunda var fler avgränsningar. Om valet hade gjorts att använda befintliga lösningar på delar som tonarmsbas, fötter och motorupphängning hade mer tid kunnat disponeras till övriga delar och resultatet för dessa möjligen blivit bättre.

## 8.2 Miljö och återvinning

Återvinningsmöjlighet är inget som har varit i fokus under projektet och således har ingen livscykelanalys eller liknande utförts. Dock så är produkten tänkt att hålla i minst 20 år och gärna längre vilket på sätt och vis gör den mer miljövänlig än många av dagens ”slit och släng” produkter. Dessutom så förefaller det sig som så att i princip alla de material som använts har god återvinningspotential då både aluminium och rostfritt stål går att smälta om och betongen går att krossa för att användas som fyllmaterial eller till att blandas i ny betong. Då dessa tre material utgör i princip hela massan för skivspelaren så kan materialvalen anses miljövänliga även om detta inte var syftet så är det icke desto mindre ett resultat av valen som gjorts. Dock så bör det nämnas att det kan vara ett problem är att plocka isär de olika materialen för återvinning då hela skivspelaren som sagt är konstruerad för att hålla i många år utan att falla isär av sig själv. En annan aspekt som har stor inverkan på inte minst






koldioxidutsläpp är vilka underleverantörer som väljs då detta direkt påverkar distansen som delarna måste fraktas. I projektet så har endast offerter från närliggande företag inhämtats, främst på grund av logistik och kostnads skäl men även till viss del för de miljömässiga fördelarna. Med tanke på möjligheterna vad det gäller val av leverantörer och egenskaperna hos de material som valts så har slutkonceptet goda möjligheter att bli riktigt miljövänlig med viss vidareutveckling av resterande materialval vad det gäller till exempel limförband och dämpmaterial.

Sammanfattningsvis så var inte miljöaspekter något som togs hänsyn till vid något beslut i projektet men resultatet har ändå förhållandevis goda miljöegenskaper vilka ytterligare skulle kunna utvecklas om så önskas.

## Referenser

- Bengtsson, L. (2003). *Elektriska mätsystem och mätmetoder*, Lund, Sverige: Studentlitteratur. ISBN 91-44-02903-9
- Carlsson, T. (1999). *Verkstadsämteknik*, Stockholm, Sverige: Liber Ab. ISBN 9147013044.
- CES Edupack (2011). [Datorprogram] Cambridge: Granta Design Ltd
- Cross, N. (2000). *Engineering Design Methods – Strategies for product design*. England: John Wiley & Sons. ISBN 9780470519264
- Edenholm, A. (2011). Guldålder? Hifi & musik, nr 12, 2011, s.106.
- Lindholm, G. (1995). *Vibrationer i maskiner Del 1 - 10*, Stockholm, Sverige: Mentor Communications AB. ISBN 91-972703-1-8
- Karlsson, L. (2007). *Psykologins grunder*, Stockholm, Sverige: Studentlitteratur AB. ISBN 9144018762
- Mind Tools, (2009). *Brainstorming*. Tillgänglig på Internet: <http://www.mindtools.com/brainstm.html> [Hämtad: 12-02-02]
- Mighty Dwarf, (2012). *Resonanshögtalare*. Tillgänglig på Internet: <http://www.mightydwarf.com/product/5w-mighty-dwarf> [Hämtad: 12-04-02]
- Pugh, S. (1991). *Total Design*, Wokingham, England: Addison-Wesley Publishing Company. ISBN 9780201416398
- Serway, S. A. & Jewett, J. W. (2008). *Physics for Scientists and Engineers* (6th International Student Edition). London: Thomson Learning. ISBN 0-534-423981
- Statistiska centralbyrån, (2012). *Lönestatistik*. Tillgänglig på Internet: <http://www.ssd.scb.se/databaser/makro/MainTable.asp?yp=lqepxq&xu=D0851001&omradekod=HE&omradetext=Hush%E5llens+ekonomi&lang=1&langdb=1> [Hämtad: 12-04-04]
- Sundström, B. (2010). *Handbok och formelsamling i hållfasthetslära*, Stockholm, Sverige: Instant Book AB. ISBN B000186835
- Terninko, J. (1997). *Product Step-by step QFD*. London: St Lucie Press. ISBN 9781574441109
- Thomson, T. William. (1993). *Theory of vibration with applications*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall. ISBN 0412546205
- Thorens AG, (2012). *Schweizisk tillverkare av high-end ljudutrustning*. Tillgänglig på Internet: <http://www.thorens.com/turntables/drives/td-309.html> [Hämtad: 12-01-04]
- Trelleborg AB, (2012). *Vibrationsdämpande material*. Tillgänglig på Internet: <http://www.trelleborg.com/sv/> [Hämtad: 12-04-02]
- Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2008). *Product Design and Development* (Fourth International Edition). New York: McGraw-Hill. ISBN 9780071259477
- Österlin, K. (2010). *Design i fokus för produktutveckling*. (3 uppl.) Malmö: Liber AB. ISBN 9789147094431

# Bilaga 1

					
Produktnamn	Music Hall MMF-7.1	Denon DP-A100	Rega P7	Pro-Ject 2 Xperience SuperPack	Michell Engineering Technodec
Pris	14 950 kr	22 998 kr	14 990 kr	10 490 kr	11 000 kr
Produktlänk	<a href="http://hifi-punkten.se/info.asp?ID=5">http://hifi-punkten.se/info.asp?ID=5</a>	<a href="http://www.hifiklubben.se/produkt">http://www.hifiklubben.se/produkt</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.hembioconsult.se/Produkter/2-kanal/Skivspelare/2-Xperien">http://www.hembioconsult.se/Produkter/2-kanal/Skivspelare/2-Xperien</a>	
Produktbetyg	N/A	8/10	8/10	N/A	N/A
PNI MAP Form:					
Positivt	Byggt i flera lager	Rejäl konstruktion	Intressant skivtallrik,	kolfiberbaserad tonarm	fristående motor
	Motor sitter i ett hål i plinten, sepererad från plint	har lock		modernt utseende	rejält motorhus
Negativt	Fingeravtrycksvänlig yta	Ser gammeldags ut	Ful ram	gummiupphängd motor	ger ett ostabilt intryck
		träffar inte helt rätt med utseendet		trist med akryl	Hastighetsjustering separat under tunn plint
Intressant	Motor konstruktion	Direkt driven	keramisk skivtallrik	genomgående fötter	Form
			fiberkomposit i plint		regal tonarm

					
Produktnamn	Pro-Ject Perspective II	Nottingham Analogue Interspace SE	Pro-Ject RPM 9.1	Thorens TD 800	Avida Hifi Diva II
Pris	11 390 kr	11 900 kr	11 990 kr	12 490 kr	12 850 kr
Produktlänk	<a href="http://www.referenceaudio.se/vinylspelare/vinylspelare/pro-ject-persp">http://www.referenceaudio.se/vinylspelare/vinylspelare/pro-ject-persp</a>	<a href="http://www.referenceaudio.se/vinylspelare/vinylspelare/pro-ject-persp">http://www.referenceaudio.se/vinylspelare/vinylspelare/pro-ject-persp</a>	<a href="http://www.referenceaudio.se/vinylspelare/vinylspelare/pro-ject-persp">http://www.referenceaudio.se/vinylspelare/vinylspelare/pro-ject-persp</a>	<a href="http://www.hifi-punkten.se/info.asp">http://www.hifi-punkten.se/info.asp</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>
Produktbetyg	N/A	N/A	8/10	N/A	7/10
PNI MAP Form:					
Positivt	subchassi, ställbar resonansfrekvens	plint och skivtallrik i lager	fristående motor	bra fötter	Hög massa 12.8kg
		ger ett stabilt intryck	tjock skivtallrik		stabil tallrik
Negativt	trist med akryl	motor separat	oseriöst intryck	tråkigt utseende	korkmatta
		Tråkigt utseende		steril	form som tiltalar färre
Intressant	plint i flera lager	dämpmaterial		tunn, låg vikt (7kg)	tonarmsinfästning
	olika material i chassi o sub-chassi	möjlighet till 2 tonarmar			Form
					
Produktnamn	Clearaudio Concept	Thorens TD 309	Michell Engineering Gyro SE	Marantz TT-15s1	Acoustic Signature Manfred
Pris	12 900 kr	13 490 kr	13 985 kr	14 990 kr	15 000 kr
Produktlänk	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>
Produktbetyg	6/10	8/10	8/10	8/10	N/A
PNI MAP Form:					
Positivt	stilrent snygg design	intressant sub-chassi konstruktion	stabil infästning för tonarm o motor	stabila fötter	Stabilt intryck
		Tonarmen	skivtallrik	tevligt utseende	elektronisk hastighetsjustering
Negativt	låg vikt	form som tilltalar färre	egendomlig	akryl som alla andra	lite tråkigt utseende
	akryl som alla andra	MDF			
Intressant	go sandwich	någorlunda intressant form	chassikonstruktion	helt vanlig maskin inget som sticker ut	
			suspended stable subchassis konstruktion		motorhuset är separat

					
Produktnamn	Nottingham Analogue Interspace Jr	Clearaudio Performance SE	Music Hall MMF-9.1	Clearaudio Champion	Kuzma Stabi S
Pris	15 200 kr	15 500 kr	16 950	17 500 kr	18 000 kr
Produktlänk	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>
Produktbetyg	N/A	9/10	N/A	7/10	8/10
PNI MAP Form:					
Positivt	plint i fleralager	grym design	Stabil plint	futuristisk skön design	massiva mässingsstavar
	stabil tallrik		separat motor	snygg motor	fristående motor
Negativt	kunde haft roligare designdetaljer	tråkig akryltallrik	dustcover		stor vikt trots litet format
			akryltallrik	akryl...	Udda form
Intressant	spännande legering i tallriken	sandwich konstruktion	plint i tre lager	kombinationer av ytbehandlingar	något klen tallrik
					form och materialval
					kan användas med olika armlängder
					
Produktnamn	Audio Note TT-1	Acoustic Signature Barzetti	Thorens TD 2010	Origin Live Aurora MKII	Thorens TD 850
Pris	18 000 kr	18 000 kr	18 990 kr	19 500 kr	19 990 kr
Produktlänk	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>	<a href="http://www.prisjakt.nu/produkt.php">http://www.prisjakt.nu/produkt.php</a>
Produktbetyg	N/A	N/A	N/A	N/A	7/10
PNI MAP Form:					
Positivt	verkar vara välbyggd	Snygg och välbyggd	Aluminiumtallrik	modulbaserad	Sandwich
		ser dyr ut			tung
Negativt	riktigt ful	Aluminiumtallrik		akryltallrik	tråkig design
	inga detaljer	fingeravtryck	akryl...		steril
Intressant	hastighet ändras manuellt			spännande former	
			Ganska trevlig kombination av		fötterna ser genomtänkta ut
			transparent plint och metall tallrik.		

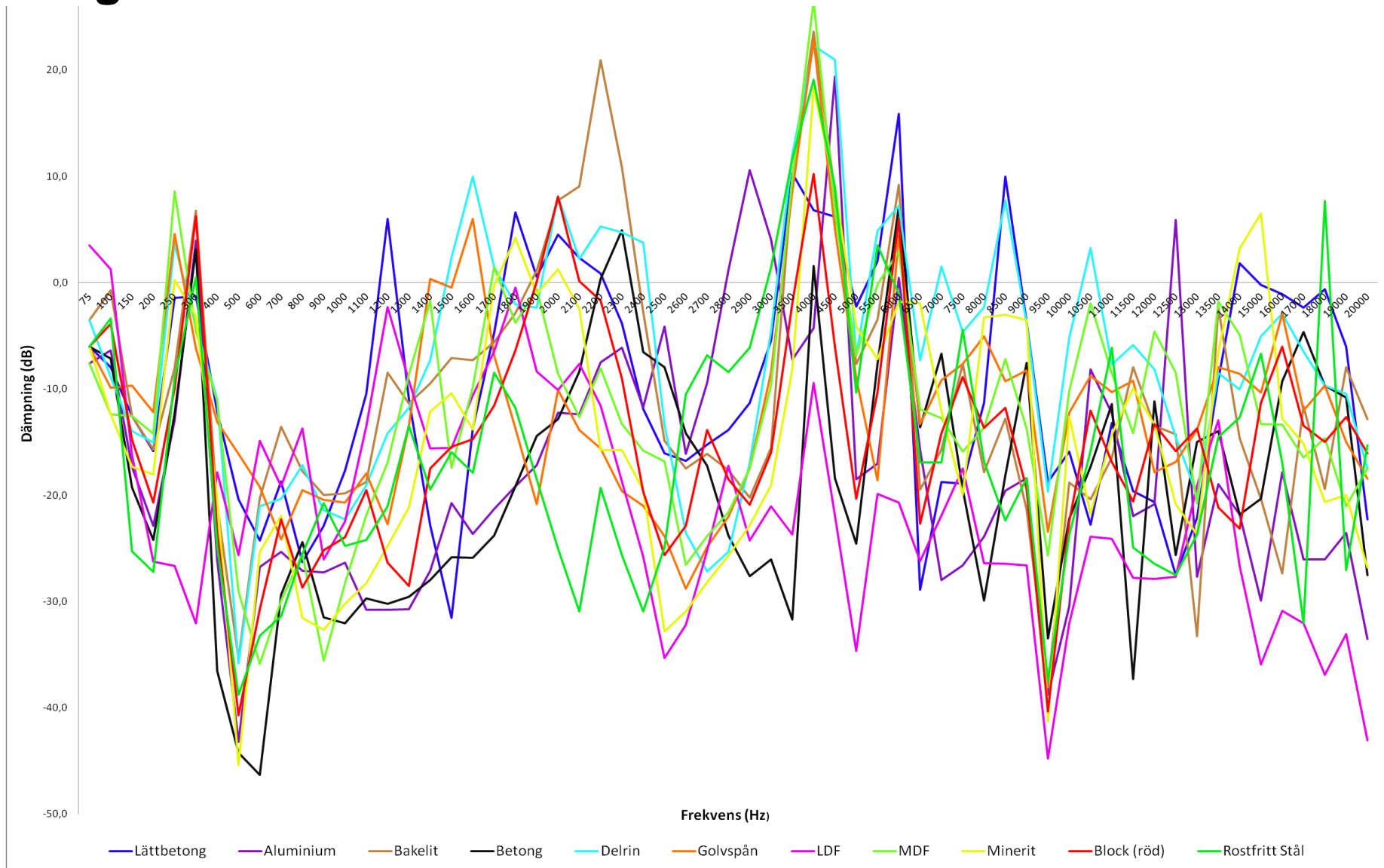
# Bilaga 2

Needs	Metrics																
	Total massa	Ergonomiska knappar och reglage	Elasticitetsmodul	Inge stolthet	Ljudnivå	Livslängd	Manuell mekanik	dämpning	Fristående konstruktion	Justerbar tonarmsinfästning	Direkt driven motor	Dammskydd	Små toleranser	Skivspelaren är lätt och smidig.	Rotationshastighet	Periodtid för motor att nå bruks hastighet	Få delar som är lätta att montera
Skivspelaren är gediget byggd med hög kvalitet, vilket resulterar i ökad ljudkvalitet.			x														
Hastighetskontrollen är enkel i designen och har en tydlig mappning.	x																
Skivspelaren är designad med smarta funktioner som är enkla att manövrera.		x															
Skivspelaren har ett tilltalande utseende/design.				x													
Skivspelaren är tillverkad så egenljud minimeras och dämpas bort.					x												
Skivspelaren är av hög kvalitet och är pålitlig i drift.						x											
Skivspelarens tonarm och motor är helt manuella.							x										
Skivspelaren är konstruerad med material som dämpar bort vibrationer.								x									
Skivspelarens motor är fristående från chassit.									x								
Skivspelaren har ett chassi med hög vikt.	x																
Skivspelaren har en tonarmsinfästning som passar för olika tonarmer.										x							
Skivspelaren har en design som speglar nostalgi				x													
Skivspelaren har en motor som driver skivtallriken direkt.											x						
Skivspelaren har ett lock eller skydd som håller damm borta.												x					
Skivspelarens skivtallrik har en hög vikt och är tillverkad med precision (helt plan).	x												x				
Skivspelaren har glidlager tillverkat med låga toleranser och kvalitetsmaterial.													x				
Skivspelaren är tillverkad med tunga kvalitetsmaterial.	x		x														
Skivspelaren har en modern design.																	
Skivspelaren är lätt och smidig.	x			x													
Skivspelaren dämpar stötar och vibrationer.	x							x									
Skivspelaren har en motor med jämn hastighet.														x			
Skivspelaren startar upp snabbt.																x	
Skivspelaren är enkel att reparera.																	x

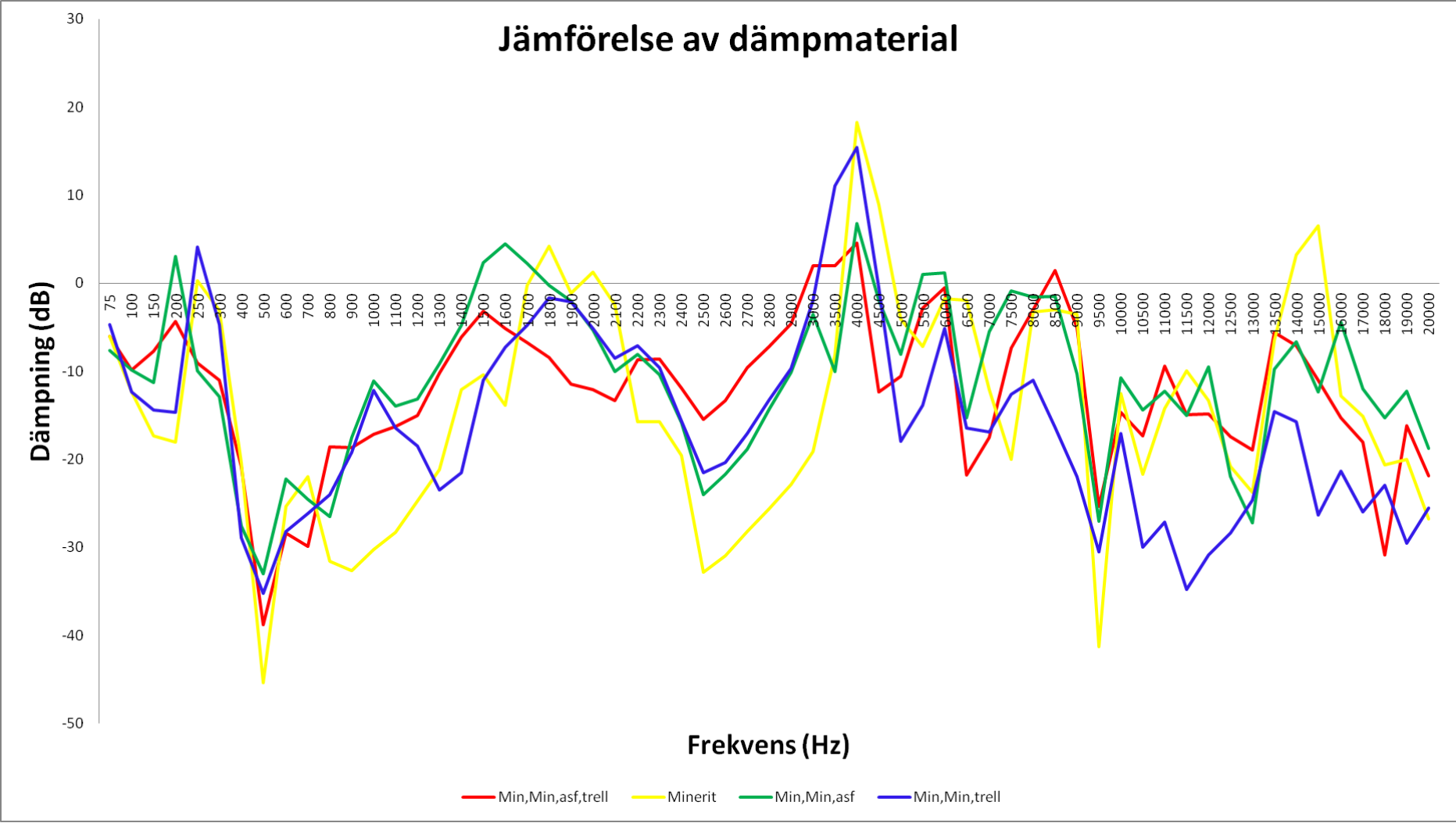




# Bilaga 3



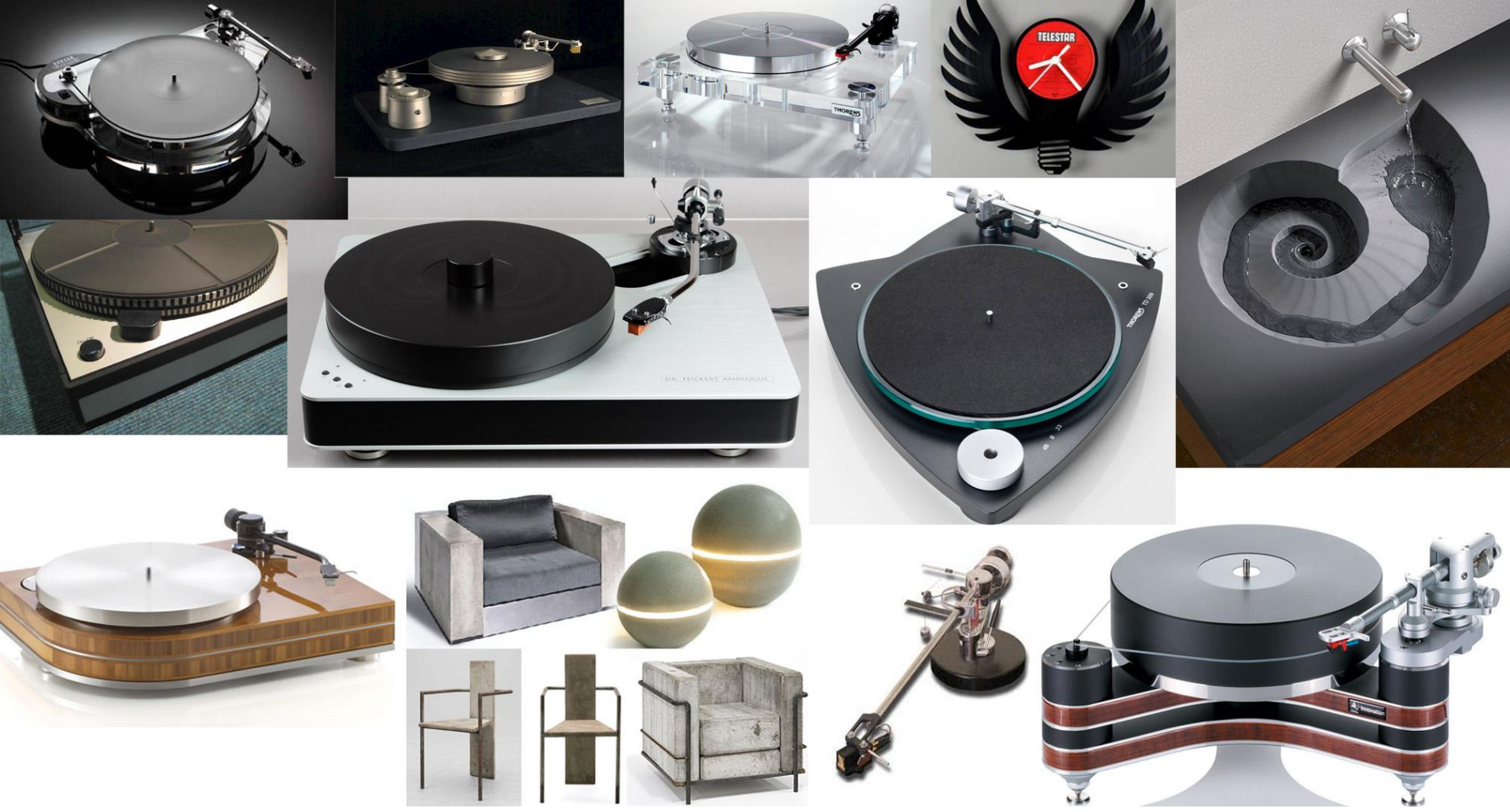
# Bilaga 4



# Bilaga 5A



# Bilaga 5B



# Bilaga 6

Objekt	Estetiska egenskaper	Funktionella egenskaper	Tillämpningsbara egenskaper för skivspelare
Kaffemugg	Borstad yta, mönster, blank, kombinationer av material och färger, organiska former	Glidfunktion, gummitätning, ergonomiskt grepp, isolerar värme, gummifot med hög friktion, tydlig mappning	Borstad ytata, mönster, kombinationer av material och färger, organiska former, glidfunktion, gummifot med hög friktion, tydlig mappning
Resonanshögtalare	Matt yta, text, cylindrisk, blanka nersänkningar, minimalistisk, stilren, kompakt	Tung, gummifot med hög friktion, USB ingång, går ej att demontera, genererar ljudfrekvenser,	Matt yta, text, cylindrisk, blanka nersänkningar, minimalistisk, stilren, kompakt, tung, gummifot med hög friktion, USB ingång, går ej att demontera
PET-flaska	Transparent, ingjutna mönster, starka färger, text, ihålig skalkonstruktion	Gängad skruvkork, vattentät, återvinningsbar	Transparent, ingjutna mönster, starka färger, text, ihålig skalkonstruktion vattentät, återvinningsbar
iPhone	Högblank yta, glas med färg under, stilren, minimalistisk, aluminium-ram, spegel detaljer	Display, kapacitiv skärm, sköna knappar, kamera, lampa, högtalare, skruvar, utgång för hörlurar, mikrofon.	Högblank yta, glas med färg under, stilren, minimalistisk, aluminium-ram, display, kapacitiv skärm, sköna knappar, lampa, skruvar
Skjutmått	Borstad yta, hård och kantig, silverfärgad, funktionellt utseende	Mätinstrument, mätskala, Justerbart läge.	Borstad yta, hård och kantig, silverfärgad, funktionellt utseende, justerbart läge
Bläckpenna	Kombination av blank, matt och transperent yta, rutigt strukturmönster, rundade former	greppvänlig, lufttät, kork, snäpplås, pappersklämma	Kombination av blank, matt och transperent yta, rutigt strukturmönster, rundade former, greppvänlig, snäpplås,
Extern Hårddisk	Ytbehandlad aluminium, matt yta, kompakt, 180 graders radier, platta ytor	Snäpplås, portabel, skyddande hölje med släde, stöttålig, USB-ingång, DC ingång,	Ytbehandlad aluminium, matt yta, kompakt, 180 graders radier, platta ytor, snäpplås, portabel, stöttålig
Tangentbord	Ergonomiskt utseende, futuristisk, kurvig, kombination av solida och mjuka ytor, blandning av blanka och matta ytor	Ställbara fötter, demonterbar, multifunktionell, trådlös, tydliga funktioner, bra kännsla i knapparna, ergonomisk utformning	Ergonomiskt utseende, futuristisk, kurvig, kombination av solida och mjuka ytor, blandning av blanka och matta ytor, Ställbara fötter, demonterbar, multifunktionell, trådlös, tydliga funktioner, bra kännsla i knapparna, ergonomisk utformning
Bärbar dator	Svävande utseende, form följer objektets inre struktur, blandade yttexturer, borstad yta, dämpade färger, fasade och rundade kanter,	Reptålig yta, isolerad värmespridning, USB-ingång, HDMI, blåtand, ihopvikbar, bärbar, knapp med indikatorlampa, batteri,	Svävande utseende, form följer objektets inre struktur, blandade yttexturer, borstad yta, dämpade färger, fasade och rundade kanter, reptålig yta, bärbar, knapp med indikatorlampa
Svetstång	Funktionellt utseende, markerande färg, borstad yta, etsad yta, taggig, lätttrad yta	Greppvänlig, trycklås, ställskruv, hävarm, återfjädrande,	Funktionellt utseende, markerande färg, borstad yta, etsad yta, taggig, lätttrad yta, greppvänlig, ställskruv, återfjädrande

