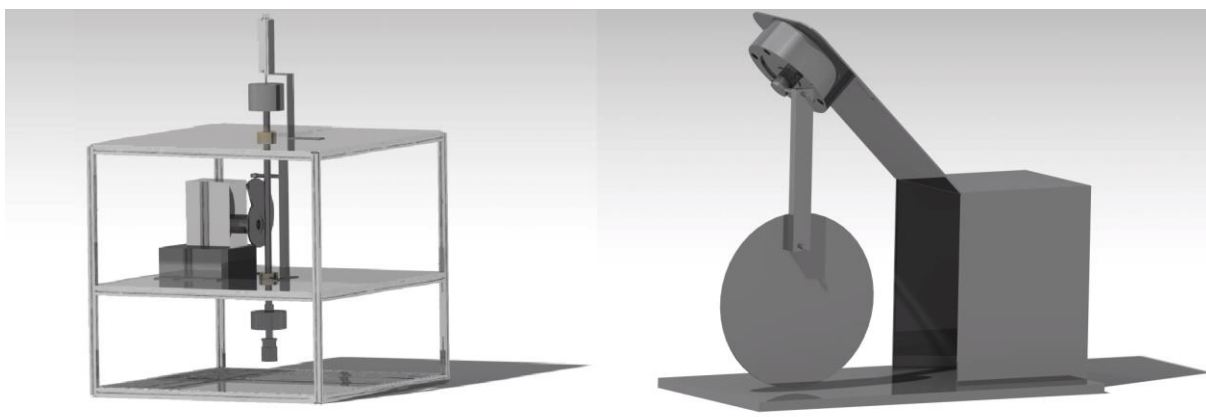




CHALMERS



Framtagning av mätutrustning för dämpning och flexibilitet i löparskor

Kandidatarbete inom Chalmers satsning på sportteknologi

OSCAR CARLSSON
KERSTIN KHA
EMELIE LAUSSEN
HANNA TENGBLAD
FREDRIK WENNERMARK

osccar@student.chalmers.se
khak@student.chalmers.se
laussen@student.chalmers.se
hannate@student.chalmers.se
frewen@student.chalmers.se

TIFX04-16-46
2016-05-17

Framtagning av mätutrustning för dämpning och flexibilitet i löparskor

OSCAR CARLSSON
KERSTIN KHA
EMELIE LAUSSEN
HANNA TENGBLAD
FREDRIK WENNERMARK

In cooperation with Salming AB

© OSCAR CARLSSON, KERSTIN KHA, EMELIE LAUSSEN, HANNA TENGBLAD, FREDRIK WENNERMARK, 2016.

Department of Physics
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Gothenburg
Sweden
Telephone +46 (0)31-772 1000

Cover:
Measuring equipment for cushioning and flexibility, p. 19-23.

Department of Physics
Gothenburg, Sweden, 2016

FÖRORD

Rapporten beskriver ett kandidatarbete som genomförts av civilingenjörstudenter vid institutionen för fysik på Chalmers tekniska högskola i Göteborg under vårterminen 2016. Målet är att ge kunskaper och färdigheter i ingenjörsmässigt och vetenskapligt arbetssätt. Studenterna ska även integrera, fördjupa och utveckla sina kunskaper och färdigheter som behandlats i tidigare genomförda kurser inom programmen maskinteknik samt kemiteknik med fysik. Kandidatarbetet har genomförts i samarbete med Salming och handledare var docent Magnus Karlsteen, biträdande professor Gunnar Westman och doktor Christian Finnsgård. Ett stort tack ges till forskningsingenjörerna Reine Nohlberg, Jan Bragee och Göran Stigler för handledning av produkttillverkningen och doktor Mikael Öhman och biträdande professor Mikael Enelund för handledning i Ansys. Ett tack ges även till Chalmers Vänner för stipendium som gjort detta kandidatarbete möjligt att genomföra.

Development of equipment to measure cushioning and flexibility in running shoes
OSCAR CARLSSON, KERSTIN KHA, EMELIE LAUSSEN, HANNA TENGBLAD, FREDRIK
WENNERMARK.

Department of Physics
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The running shoe experience is an important factor when choosing what shoe to buy. Since there are all kinds of runners, regular exercisers to elite athletes, most individuals have different preferences. This is the reason why there are so many different shoe structures on the market. By mapping these individual preferences in a survey, it could be found that some of them were more important than others depending on running type. Flexibility and cushioning are two parameters that are measured and presented in the running magazine Runner's World. The measuring instruments are hard to access and the information about them is limited. Therefore, the main purpose was to reproduce their measures by producing two designs, one for cushioning and one for flexibility. By doing literature reviews a standard could be found, which was used to develop the cushioning product. When developing the flexibility concept, a few existing products were studied. A product was produced for cushioning and a concept was developed for flexibility. The requirements for the flexibility concept were fulfilled, although the concept requires further development to become a complete product. Functional tests were made on the cushioning product in order to verify that it met the requirements in its product design specification. To check the precision of the design a material test was performed. Thereafter shoes were tested and compared to each other. Finally a shoe that had been in Runner's World was tested and compared to the published result. To be able to get a deeper understanding and to interpret the result, more shoes would have been needed. The final cushioning product is a suitable tool to study running shoes cushioning qualities and facilitates development of running shoes.

This report is written in Swedish.

Keywords: Cushioning, flexibility, running shoes, measuring equipment, Runner's World, concept design, product development.

Framtagning av mätutrustning för dämpning och flexibilitet i löparskor
OSCAR CARLSSON, KERSTIN KHA, EMELIE LAUSSEN, HANNA TENGBLAD, FREDRIK
WENNERMARK.

Institutionen för Fysik
Chalmers Tekniska Högskola

SAMMANFATTNING

När en konsument köper nya löparskor är upplevelsen av dess egenskaper ofta avgörande. Eftersom det finns alltifrån motions- till elitlöpare, och samtliga har en individuell åsikt kring vad som är viktigt, kan skons uppbyggnad skilja sig åt avsevärt. Vilka egenskaper som föredras kartlades i en enkätundersökning, där olika egenskaper visade sig vara mer eller mindre viktiga beroende på användarkrets. Dämpning och flexibilitet, som är två av dessa egenskaper, mäts och presenteras av löpartidningen Runner's World. Mätkonstruktionerna är svårtillgängliga och informationen om dem är begränsad. Det huvudsakliga syftet var därmed att efterlikna deras mätningar, genom att ta fram två konstruktioner. Utifrån litteraturstudier kunde en standard hittas, vilken dämpningskonstruktion konstruerades efter. Vid framtagningen av konceptet för flexibilitet studerades utformningen av de fåtal befintliga lösningarna. För dämpning togs en produkt fram, medan det för flexibilitet endast utvecklades ett koncept. De huvudsakliga kraven för flexibilitetskonceptet är uppfyllda, men det finns utrymme för vidareutveckling. För att verifiera att dämpningskonstruktionen fungerar på önskvärt sätt genomfördes olika funktionella tester. Tester på material gjordes för att säkerställa konstruktionens noggrannhet, för att sedan kunna jämföra skor mot varandra och slutligen mot Runner's Worlds test. Ur mätningarna har ett värde kunnat jämföras mot Runner's Worlds testvärde, men det krävs mätningar på ytterligare skor som har varit med i tidningen för att få en djupare förståelse och kunna tolka testresultaten. Produkten för dämpning är ett bra verktyg för att studera löparskors dämpningsegenskaper och underlättar utveckling av löparskor.

Nyckelord: Dämpning, flexibilitet, löparskor, mätutrustning, Runner's World, konceptgenerering, produktutveckling.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING.....	7
1.1. Bakgrund.....	7
1.2. Syfte.....	7
1.3. Avgränsningar.....	8
1.4. Problem/Uppgift.....	8
2. FÖRUNDESRÖKNING.....	9
2.1. Konstruktioner.....	9
2.1.1. Mätning av dämpning.....	9
2.1.2. Mätning av flexibilitet.....	9
2.2. Givare.....	10
2.2.1. Kraftgivare.....	10
2.2.2. Lägesgivare.....	10
2.2.3. Vinkelgivare.....	11
2.3. Skons uppbyggnad.....	11
2.3.1. Inner- och mellansula.....	11
2.3.2. Yttersula.....	13
2.3.3. Andra delar av skon.....	13
3. METOD/GENOMFÖRANDE.....	15
4. RESULTAT.....	16
4.1. Enkätundersökning.....	16
4.1.1. Resultat enkätundersökning.....	16
4.1.1.1. Påverkande faktorer baserat på träningsmängd.....	17
4.1.1.2. Påverkande faktorer baserat på underlag.....	19
4.2. Framtagning av koncept.....	19
4.2.1. Dämpning.....	19
4.2.2. Flexibilitet.....	22
4.3. Beräkningar, material- och komponentval.....	23
4.3.1. Dämpning.....	24
4.3.1.1. Motor.....	26
4.3.1.2. Val av givare.....	28
4.3.1.3. Programmering av givare.....	29
4.3.1.4. Hållfasthetsanalys.....	31
4.3.2. Flexibilitet.....	32
4.3.2.1. Motor.....	33
4.3.2.2. Val av givare.....	34

4.3.2.3. Hävarm.....	34
4.4. Kostnadsuppskattningar.....	36
4.5. Produkt för dämpningskonstruktion	36
4.5.1. Tillverkning	37
4.5.2. Funktionellt test.....	38
4.5.3. Analys av måluppfyllnad	41
4.6. Koncept för flexibilitetskonstruktion.....	43
4.6.1. Funktionellt test.....	43
4.6.2. Analys av måluppfyllnad	44
5. VIDAREUTVECKLING	46
5.1. Dämpning.....	46
5.2. Flexibilitet.....	47
6. DISKUSSION	48
7. SLUTSATS.....	51
KÄLLFÖRTECKNING.....	52

BILAGOR

Bilaga A – Kravspecifikation för dämpningskonstruktion

Bilaga B – Kravspecifikation för flexibilitetskonstruktion

Bilaga C – Ritningar för dämpningskonstruktion

Bilaga D – Ritningar för flexibilitetskonstruktion

Bilaga E - Kostnads kalkyl

Bilaga F – Kopplingschema för elektroniken i dämpningskonstruktionen

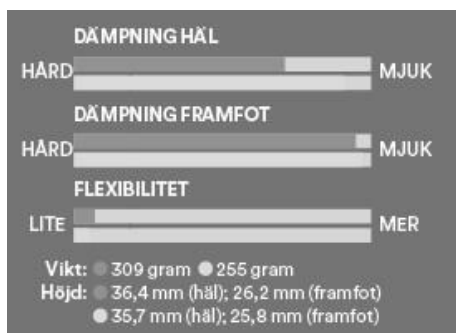
1. INLEDNING

För att nå ut till en bred kundkrets är det viktigt att förstå vad som efterfrågas och därmed kunna producera en produkt som uppfyller konsumentens önskemål. Salming är ett sportföretag som nyligen börjat tillverka löparskor. Deras löparskor är relativt nya på en redan väletablerad marknad där konkurrensen är hög. Vid framtagning av löparskor är det därför av vikt att studera de ingående materialen i skosulan för att kunna ta fram önskad dämpning och flexibilitet, då båda egenskaperna är centrala för upplevelsen av löparskon.

För att kunna analysera dämpning och flexibilitet behövs avancerad mätutrustning. Med information om vilka egenskaper som värdesätts av olika löpartyper kan sedan mätdata användas för att utforma skor optimalt för de olika typerna. Denna typ av utrustning hade varit värdefull för Salming i deras produktutveckling.

1.1. Bakgrund

Löpartidningen Runner's World publicerar årligen tester av löparskor. I dessa tester utvärderas skors egenskaper och resultatet presenteras som en jämförelse med en genomsnittssko på en skala gällande respektive egenskap, se *figur 1.1* [1]. Syftet med dessa undersökningar är inte att ranka vilka skor som anses vara bäst, utan är enbart till för att kunna jämföra modellerna utifrån deras egenskaper. De egenskaper som utvärderas är flexibilitet och dämpning i framfot respektive häl. Runner's World har ett eget laboratorium där analyserna utförs, därför är informationen om mätutrustningarna begränsad. Detta leder till att det finns ett behov av att efterlikna dessa konstruktioner som mäter dämpning och flexibilitet för att kunna utföra liknande tester som Runner's Worlds. Detta för att kunna analysera och kvalitetssäkra den egna produkten, men också för att kunna jämföra sig med konkurrenter på marknaden.



Figur 1.1 Runner's Worlds skala

1.2. Syfte

Syftet är att ta fram mätutrustning för att mäta dämpning och flexibilitet hos löparskor. Denna utrustning ska kunna göra det möjligt att genomföra liknande tester som Runner's World. Utrustningen ska även möjliggöra egna studier för att noggrannare kunna analysera och kvalitetssäkra önskade skoegenskaper. Den framtagna utrustningen ska sedan prövas på skor där resultatet ska analyseras. Dessutom ska en enkätundersökning genomföras för att utvärdera betydelsen av olika egenskaper vid löparens val av sko.

1.3. Avgränsningar

De skoegenskaper som lagts fokus på är dämpning i hälen och flexibilitet. Eftersom det finns en tidsbegränsning på drygt 16 veckor kommer i första hand en produkt som mäter dämpning framställas, men ett komplett koncept för flexibilitet kommer även att presenteras. Anledningen till varför dämpningskonstruktionen prioriteras är för att det finns mer tillgänglig information om dess konstruktion och tillverkningsprocessen kommer därmed underlättas. Då konstruktionerna ska efterlikna Runner's Worlds tester kommer utformningen framförallt utgå från angiven information om dessa. Tillverkningen sker i XP:s prototypjobb, Maskinhuset. De hjälpmedel som kommer användas under projektets gång är tillgängliga datorprogram på Chalmers: Catia V5, Matlab, Ansys och Labview.

Chalmers Vänner erbjuder i år främst stipendium till projekt- eller forskningsgrupper inom sportteknologi. Eftersom detta kandidatarbete utmärker sig inom just detta erhåller projektet ett stipendium på 24 000 kronor. Detta är den totala budgeten för projektet.

För att kunna utföra dämpning- och flexibilitetstester på löparskor och erhålla ett resultat likt Runner's Worlds tester krävs skor av olika modeller och märken. De skor som används avgränsas till Salmings modeller i torrt skick, varvid minst ett par ska ha varit med i tidningen.

Testpersonerna som tillfrågas vid enkätundersökningen avgränsas mot personer som har någon sorts löparbakgrund, allt från motionslöpare till elitnivå.

1.4. Problem/Uppgift

Vid mätning av löparskors egenskaper behövs avancerad mätutrustning. För närvarande saknar Salming denna utrustning vilket försvårar analyser och utveckling av deras egna modeller. För att kunna jämföra sig med andra märken på marknaden är det även bra att analysera konkurrenters modeller. I dagsläget har de bara Runner's Worlds tester att gå på. Då deras skor sällan publiceras i tidningen och ingen mätdata skickas tillbaka är det svårt att tyda hur Salming förhåller sig till andra märken utifrån testerna. Eftersom denna information skulle vara av värde för vidareutvecklingen av deras skor, önskas Runner's Worlds tester att bli efterliknade.

Problemet ligger i att denna typ av utrustning inte är lättillgänglig. Inga detaljerade ritningar finns och begränsat med data från Runner's World finns att tillgå vilket försvårar förståelsen av konstruktionerna. Utrustningen som ska tas fram kräver att studier inom området genomförs för att få en djupare kunskap om konstruktionerna. Uppgiften kommer genomföras med hjälp av produktutveckling för att ta fram mätutrustningarna. För att sedan använda utrustningen och samla mätdata krävs elektroniska komponenter. Detta är ett delproblem som kräver vägledning och litteraturstudier.

I dagsläget finns ingen känd korrelation mellan löparskors egenskaper och vilka skor som säljer bäst. Det är svårt att finna ett samband eftersom skoegenskaperna värdesätts och upplevs olika beroende av person. Dessutom eftersträvas varierande egenskaper vid olika träningsformer. Med hjälp av statistik från den inledande enkätundersökningen ska detta undersökas och analyseras.

2. FÖRUNDERSÖKNING

En förundersökning inleddes för att ta reda på mer om vad som redan finns på marknaden. Som ett första steg studerades befintliga lösningar, standarder och Runner's Worlds egna konstruktioner. Därefter lades mer fokus på konstruktionernas funktioner för att få mer information på detaljnivå. Genom att tidigt identifiera de parametrar som behöver mätas gjordes en undersökning som kartlade vilka givare som krävs. Som en avslutning på förundersökningen studerades löparskon och dess uppbyggnad för att få grundläggande kunskap om hur den fungerar, samt vilka ingående komponenter som påverkar kompression och flexibilitet. Detta för att på ett så effektivt sätt som möjligt kunna ta fram en konstruktion med optimal utformning för löparskor.

2.1. Konstruktioner

Utbudet av mätutrustning för skoegenskaper är begränsat. Förutom Runner's Worlds laboratorium finns det ett fåtal andra ställen som genomför liknande analyser. Det finns olika standarder att följa vid utformning och användning av utrustningen. Den amerikanska institutionen ASTM, American Society for Testing Materials, har olika standarder för mätning av materialegenskaper för skor. ASTM F1976 är troligen den standard Runner's Worlds dämpningsutrustning går efter. Då det inte finns konkret produktinformation är detta dock ingen garanti, men de krav som specificeras av Runner's World täcks in av standarddefinitionen för mätutrustningen. Därför fattades beslutet att dämpningsutrustningen ska följa ASTM F1976.

Vad gäller flexibilitet har inte ASTM någon tillgänglig standard. Därför har liknande konstruktioner studerats från Exeter Research, där modellerna heter FAST och Shoe Flexer. Dessa befintliga lösningar går hand i hand med krav från Runner's World, därför bygger flexibilitetsutrustningen på dessa maskiner.

2.1.1. Mätning av dämpning

Dämpning är den stötupptagning som skon upptar vid kontakt med underlaget. Markisättningen vid löpsteget skiljer sig från löpare till löpare. Vissa sätter ned framfoten först, andra så att kontakten mot marken fördelas jämnt över hela foten och resterande del träffar marken med hälen först. Då dämpning i häl efterfrågades av Salming var det denna del som undersöktes.

Standarden som studerades var ASTM F1976, vilken mäter dämpningen genom stötkraftstester [2]. Den betraktar hur hälen reagerar på stötkraften, men tar inte hänsyn till fotens pronation [2]. För att testet ska kunna genomföras behöver ovandelen av skon skäras bort så att testutrustningen inte kommer i kontakt med andra delar av skon. Den undre delen av ovandelen, det vill säga 10 mm, ska inte tas bort, förutsatt att den inte stör teströrelsen [3]. Testet utförs genom att en cylinderformad vikt på 8,5 kg släpps från 50 mm höjd på skons bakre parti upprepade gånger [4]. Vikten ska motsvara hälens isättning mot marken i löpsteget. Stötytan ska ha en diameter på 45 mm [3]. Utrustningen har en frekvens på 30 cykler/minut, där de första 25 cyklerna mjukar upp testexemplaret och de sista fem är till för mätning [3]. Måttet på sulans kompression utgör skons dämpning [4].

2.1.2. Mätning av flexibilitet

Flexibiliteten utgör böjformågan hos skons främre del då den utsätts för böjkrafter. Detta är en viktig faktor för hur användaren upplever skon då den påverkar dynamiken i

löpsteget [5]. Skons flexibilitet kan mätas på två ställen, över mittpartiet respektive den främre delen av skon [5]. Runner's World har enbart tagit hänsyn till flexibiliteten i skons främre del i sina mätningar [5]. Eftersom deras mätningar avser den delen av skon togs utrustningen fram för just detta ändamål. Vid mätning av flexibilitet böjs framdelen av skon upp till 45°, liksom rörelsen vid löpning [4]. Genomsnittskraften vid 45° för 60 böjningar av skon under 20 sekunder är resultatet för skons flexibilitet [4].

2.2. Givare

För att kunna få ut något resultat från konstruktionerna behövs olika givare som samlar in data. För dämpningskonstruktionen mäts en förskjutning med hjälp av en lägesgivare. Kraften som sulan tar upp vid nedslaget mäts av en kraftgivare. Kraften är av värde vid analys av accelerationen precis innan och efter nedslaget. På så sätt fås ett värde av hur mycket skon hjälper löparen i löpsteget. För flexibilitetskonstruktionen är kraften som krävs för att böja skon vid 45° intressant och därför behövs en kraftgivare och en vinkelgivare.

2.2.1. Kraftgivare

En kraftgivare (dynamometer) kan vara byggd på olika sätt och mäter, precis som namnet antyder, en kraft i SI-enheten newton (N). Kraft kan mätas både mekaniskt och elektriskt. I det förstnämnda fallet är det oftast en fjäder som sträcks ut och i det andra är det vanligast med ett tunt konduktivt material som är fastspänt i givaren och när en kraft verkar på den kommer materialet att sträckas ut [6]. En ström går genom det utsträckta materialet, motståndet mäts och en kraft fås ut [6].

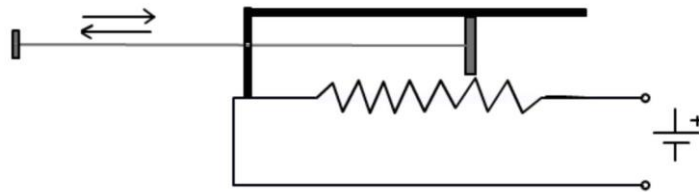
2.2.2. Lägesgivare

Lägesgivare har som uppgift att mäta ett avstånd från en viss nollpunkt, oftast i millimeter.

Det finns även olika typer av lägesgivare, varav de två mest intressanta är:

- *Induktionsgivare* – Den fungerar på så vis att en ström går genom en spole, vilken genererar ett magnetfält som via en stång i mitten genererar en ström i två andra spolar, så kallad induktion [7]. När stången sedan förflyttar sig från sin utgångspunkt minskar/ökar strömmen i de två passiva spolarna och förändringen i strömmen beräknas sedan om till ett läge [7].

- *Linjär potentiometer* - En stång/axel förs över ett motstånd. En spänning genererar en ström som skickas genom stången ut i ett motstånd och sedan ut igen [8]. När stången förs över motståndet får strömmen olika lång väg att färdas genom motståndet, vilket i sin tur ger ett spänningsfall som kan omvandlas till ett läge [8]. Det vill säga vid 0 mm ska stången ligga så att strömmen inte går igenom motståndet överhuvudtaget. Därefter ökar avståndet gradvis tills den når änden av motståndet vilket då blir där motståndet och läget är som störst, se *figur 2.1*. En fördel med denna typ av givare är att sambandet mellan spänningsfallet och läget är linjärt, vilket gör det lättare att mäta [8].



Figur 2.1 Illustrativ beskrivning av linjär potentiometer

2.2.3. Vinkelgivare

Vinkelgivare finns av många olika typer. Det finns de som bara kan mäta vinklar för delar av ett varv eller ett helt varv, och det finns de som kan mäta vinklar för mer än ett varv, det vill säga flervarvsgivare. När det gäller den första typen är det oftast en vanlig potentiometer, vilken fungerar på samma sätt som lägesgivaren ovan [9]. I den senare typen är det oftast en beröringsfri vinkelgivare som används. Den fungerar genom att en givare mäter ändring av ett magnetfälts polaritet av en magnetisk ring, med tätt alternerande polaritet, så kallad Hall-effekt, där ringen sedan är monterad på en axel [10].

2.3. Skons uppbyggnad

Löparskor är designade för att hantera upprepade stötar som är ungefär 2-3 gånger så stora som löparens kroppsvikt [11]. Därför är de inte bara uppbyggda för olika typer av löpning utan skiljer sig också beroende av den individuella användningen [12]. Till exempel beror löparskons design på löparens vikt, fotisättning, fotform och löpteknik [12]. Det finns en otroligt stor marknad för löparskor och varje märke brukar ha ett flertal olika modeller för att nå ut till en stor kundkrets [13]. Beroende av modell och syfte med löpningen kan alltså skons uppbyggnad se olika ut med avseende på design, material och delkomponenter i skon [13].

Löparskor är gjorda genom en kombination av olika material och tillverkningsmetoder, varvid det är sulan som har den mest komplicerade teknologin [12]. Den består av tre lager, inner-, mellan- och yttersula, och det är oftast mellansulans uppbyggnad som avgör vilken sorts sko det blir [12,14].

2.3.1. Inner- och mellansula

Beroende på tillverkare kan materialen på sulornas lager skilja sig åt men i de flesta fall består innersulan av ett tunt lager av EVA (Etylen Vinyl Acetat) [15]. Den är utbytbar och används för att ge skon extra dämpning [15].

Mellansulan har den största stötabsorberande förmågan och är den viktigaste delen på löparskon, se *figur 2.2* [14]. Dessutom skyddar den foten mot skarpa och hårda objekt i löpsåret [12].



Figur 2.2 Löparskons ingående komponenter

Det ligger mycket teknologi bakom mellansulan, exempelvis påverkas löparskons dämpningsförmåga och flexibilitet av dess material och uppbyggnad [14]. Materialet består ofta av EVA och PU (Polyuretan), men en del skomärken har materialkombinationer som de namnger själva [15]. Dessutom kan många mellansulor ha extra dämpningselement såsom luft och gel, se *figur 2.3* [17].



Figur 2.3 Löparsko med extra dämpningselement

EVA

EVA är ett lätt och flexibelt material, vilket fungerar utmärkt i stötabsorberande/dämpande syfte [16]. Det kan erhållas i flera olika densitet [16]. Det är uppbyggt av små skumceller som innehåller luft eller gas [12]. När foten landar på EVA-skum kommer gasen/luften pysa ut och sedan sugas tillbaka in igen [12]. Med tiden kommer dessa celler ha svårare att suga tillbaka gasen/luften, därmed kan materialet komprimeras efter många upprepade stötar [12].

PU

PU är ett material som kan uppfattas som mycket tyngre och mer kompakt än EVA, däremot beter de sig på liknande sätt [12]. Den märkbara skillnaden är att

skumcellernas väggar är starkare och därmed komprimeras mindre, vilket innebär att materialet genererar mer stabilitet än EVA [12]. Oftast kombineras EVA och PU i löparskon för att ta del av båda materialens starka sidor [11].

2.3.2. Yttersula

Yttersulan är den del som kommer i kontakt med underlaget och som måste vara slitstark, se *figur 2.4* [16]. Dessutom ska den vara utformad för att ge önskat grepp till löparen [16]. Oftast är dessa gjorda av material som kallas kolgummi eller blåst gummi [16]. Ibland förekommer en kombination av dessa material med blåst gummi i mitten och på den främre delen av skon samt kolgummi vid hälen för ökad livslängd [16].



Figur 2.4 Yttersulans ingående komponenter

Kolgummi

Kolgummi är ett syntetiskt gummi som blandats med kol, vilka tillsammans skapar ett väldigt slitstarkt material [16]. Det är ett hårt och stabilt material som dock kan upplevas som tungt av löparen och placeras därför ofta endast i de områden som utsätts för stora laster [16].

Blåst gummi

Blåst gummi är ett material som är relativt lätt och dämpande jämfört med kolgummi, men som däremot inte är lika slitstarkt [16].

2.3.3. Andra delar av skon

Flex grooves

Horisontella spår i framfoten på löparskons mellan- och yttersula kallas för flex grooves, se *figur 2.4* [16]. Som namnet antyder är dessa designade för att underlätta den naturliga böjningen av framfoten [16].

Hälkappa

Hälkappan är en komponent av läder eller plast som formar bakdelen på skon, se *figur 2.2* [16]. Den ska förstärka hälen och förhindra att den rör sig under löpsteget eftersom detta kan orsaka skoskav och blåsor [16]. Kvinnor har ofta en smalare häl och behöver därmed en mindre hälkappa [16].

Shank

Shank är en styv plastkomponent för ett pronerande löpsteg, vilket innebär att foten rullar från utsida till insida, är placerad på undersidan i mitten av skon för att motverka den inåtroterande rörelsen, se *figur 2.4* [14,17].

Medial post

Utöver den stötabsorberande förmågan kan även löparskons stabilitet påverkas av mellansulan [14]. Styva material kan placeras på insidan av skon för att reducera risken för pronation [14]. Ofta används EVA med två olika densitet, där den tyngre placeras på insidan av skon för att löparen på så sätt ska få en mjuk och dämpande sko, men med ett pronationsstöd på insidan [14]. Denna teknik kallas medial post, se *figur 2.5* [16].



Figur 2.5 Medial post, i dagligt tal pronationsstöd

Crumple zone

En annan delkomponent som framförallt används på skor till pronerande löpare är en crumple zone, se *figur 2.4* [17]. Den upptar den inåtroterande kraften från det pronerande löpsteget och isolerar den istället under hälen [17]. Den åstadkoms genom att separera insidan och utsidan på skon med ett djupt spår [17].

3. METOD/GENOMFÖRANDE

I startskedet genomfördes en enkätundersökning för att få en inblick i hur viktiga löparskons olika parametrar anses vara. En uppfattning skulle erhållas om vilka parametrar som spelar in vid valet av löparsko och hur de skiljer sig åt med avseende på underlag vid löpning och hur ofta testpersonen löper. Vidare skulle en undersökning kring hur Runner's Worlds tester fungerar utföras.

För att effektivisera och underlätta planeringen av arbetet skedde framtagningen av koncepten parallellt. Vid framtagningen av mätutrustningarna för dämpning respektive flexibilitet gjordes först en studie inom området. Detta för att eventuellt hitta lösningar till hur utrustningarna kunde utformas.

Konceptgenereringsprocessen inleddes genom att först skapa en kravspecifikation för de båda produkterna för att få en klar bild av vilka krav som ställs på produkten. Därefter utfördes brainstorming, vilken genererade olika dellösningar för produkterna. Dellösningarna kombinerades därefter till två färdiga koncept, ett för mätning av dämpning och ett för flexibilitet. Koncepten skissades upp i CAD och arbetet kring materialval och hållfasthetsberäkningar genomfördes. Programvaran som användes för ritningarna var Catia V5 och till hållfasthetsberäkningarna nyttjades Ansys. Därefter vidtog framställningen av dämpningsutrustningen genom att tillverka de olika delarna och montera ihop dem.

När den var färdigtillverkad var det dags att kontrollera om de ställda kraven uppfylldes. Detta gjordes genom att genomföra ett funktionellt test i fyra steg. Först testades konstruktionens robusthet. Därefter kontrollerades givarna så att de gav korrekt utdata. När noggrannheten i konstruktionen kontrollerats utfördes ett materialtest. Materialet som testades hade känd kompression och därför kunde de kända värdena jämföras med de uppmätta värdena. Testet skulle dessutom verifiera att konstruktionen gav samma värden vid flera av varandra oberoende tester av ett och samma material. I det slutliga steget utfördes tester på löparskor, dels för att jämföra olika skor mot varandra, men även för att jämföra med Runner's Worlds tester.

4. RESULTAT

Inledningsvis genomfördes en enkätundersökning för att se vilka skoegenskaper olika löpartyper värdesätter. Pris, märke och utseende utmärkte sig genom att överlag ha minst betydelse. För de som tränar mycket är vikten på skorna viktigast, men det skiljer sig även beroende på vilket underlag som främst springas på. Därefter påbörjades framtagningen av mätutrustningarna genom att sätta upp kravspecifikationer och generera koncept. I samspel med val av slutliga koncept genomfördes beräkningar på kritiska delar och simuleringar i Ansys. Efter att de slutgiltiga koncepten presenterats, kunde en kostnadskalkyl för vardera koncept tas fram. I nästa steg tillverkades dämpningskonstruktionen till en färdig produkt och funktionella tester genomfördes för att säkerställa att ställda krav uppfyllts. Tester gjordes även på en del av Salmings skor, därmed kunde de uppmätta värdena kopplas samman till skalan i Runner's Worlds tidning. Dessutom kunde det konstateras att resultatet stämde överens med Salmings beskrivning av skorna. För flexibilitetskonstruktionen gjordes en dynamisk simulering för att verifiera konceptets funktioner. Slutligen analyserades huruvida de båda konstruktionerna uppfyllt ställda krav och önskemål.

4.1. Enkätundersökning

För att få fram ett underlag över vilka parametrar och egenskaper som påverkar en löpare när denne ska köpa nya löparskor, skapades en enkät som vände sig till alla sorters löpare, allt från nybörjare till elit. I enkäten fick den svarande dels fylla i antalet timmar löpning per vecka den ägnar sig åt och dels vilken typ av löpare den främst förknippar sig med, till exempel om den springer mest på asfalt, motionsspår eller terräng (obanat). Dessutom skulle den uppge om den är en man eller kvinna. Dessa kategorier brukades för att om möjligt se om det finns några samband mellan de olika typerna av löpare.

En löparskos egenskaper rangordnades därefter, 1 var viktigast, 2 näst viktigast och så vidare, utifrån den svarandes upplevelse och bedömning. Egenskaperna var följande: dämpning, flexibilitet, stabilitet, slittållighet, vikt, pris, märke, utseende samt att det fanns möjlighet att fylla i ytterligare egenskaper som ansågs viktiga. Utifrån dessa svar erhöles data över hur de svarande rankar och värdesätter olika egenskaper när de ska köpa löparskor. Eftersom Salming är ett svenskt märke fick de som svarade på undersökningen välja om och hur de skulle påverkas om de visste att skon var svensktillverkad.

Slutligen skattades på en skala från "Hård/Styv" till "Mjuk/Flexibel" hur den svarande föredrar att dämpning respektive flexibilitet ska vara. Vissa slutsatser kunde dras och samband urskildes för vad de olika typerna av löparna, såsom vilket underlag de främst springer på och hur många timmar per vecka de löptränar, tycker är viktigt. Detta för att kunna analysera om det finns skillnader mellan de olika indelningarna och om det finns några samband överhuvudtaget. Dessutom var det intressant att studera om svaren tenderar att se lika ut trots att löparnas bakgrund skilde sig åt.

4.1.1. Resultat enkätundersökning

För att hitta eventuella samband gjordes två olika uppdelningar vid sammanställningen av enkätsvaren. Den första var att summera svaren utefter hur stor löpmängd per vecka den svarande ägnar sig åt, och den andra utgick från underlaget de främst springer på. Därmed kunde svaren för två olika kategorier sammanställas. Dessvärre var det vissa av

de som svarade på enkäten som missuppfattade hur den skulle fyllas i, vilket medförde att det inte gick att använda dessa svar i sammanställningen av resultatet. I efterhand insågs därför att det inte går att vara tydlig nog vid utformningen av en sådan här undersökning. Efter att alla svar gått igenom kunde det konstateras att det totala antalet godkända enkäter var 81 stycken. Vid uppdelningen som baserades på underlaget var det endast en person som valde kategorin bana. Därför beslutades att den kategorin skulle tas bort och kvar blev underlagen terräng, stig och asfalt. Således baserades sammanställningen av resultatet med träningsmängd respektive underlag som grund på vad 81 respektive 80 stycken personer svarade på de frågor som ställdes.

Vid sammanställningen av alla svaren adderades den siffra varje egenskap fick. Ett exempel är att om en person rangordnade dämpning som nummer två och en annan rangordnade den som nummer fyra, har den egenskapen sammanlagt numret sex. Antalet personer i varje kategori, alltså antingen hur mycket de tränar eller vilket underlag de springer mest på, räknades samman och dividerades sedan med poängen för varje egenskap. På så sätt skapades ett jämförelsevärde för att kunna sammanställa svaren från enkäten.

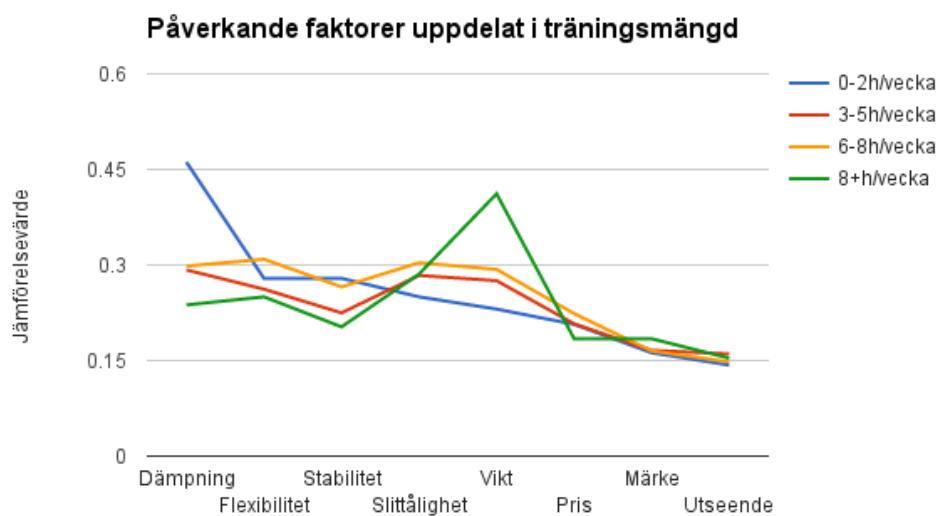
4.1.1.1. Påverkande faktorer baserat på träningsmängd

Spridningen av personerna i de olika träningsmängderna samt i vilka intervall träningsmängden per vecka delades in i finns redovisade i *tabell 4.1*.

Tabell 4.1 Spridning av antalet personer i de olika träningsmängderna

Träningsmängd per vecka [timmar]	Antal personer
0-2	12
3-5	38
6-8	17
8<	14

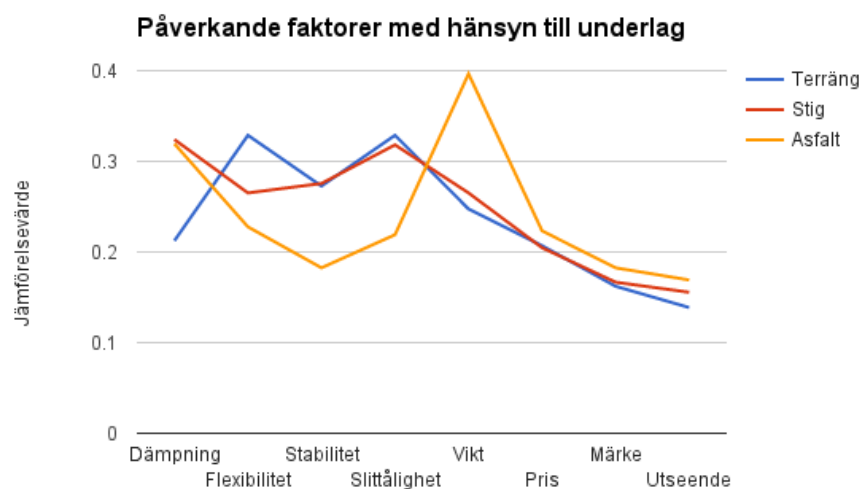
Utifrån hur de skattade de olika egenskaperna med avseende på hur viktiga de anser att de är, kan vissa samband dras. I diagrammet nedan, *figur 4.1*, går det utläsa att det inte är någon större skillnad mellan de som tränar lite, mellan eller mest i vad de tycker är väsentliga egenskaper hos en löparsko. Kurvorna följer varandra så när som på två toppar. Den blå toppen visar att de som tränar 0-2 timmar per vecka anser att dämpningen är viktigare än de som tränar mer än två timmar. Den senare kategorin tycker emellertid att dämpningen är viktig i förhållande till de andra egenskaperna, men inte i lika stor utsträckning som de som tränar upp till och med två timmar. Den gröna toppen säger att de som tränar mer än åtta timmar tycker att vikten är den egenskap som är viktigast hos en löparsko. Generellt sett pekade svaren på att ju mer träningstid desto viktigare blir det hur mycket skon väger. Pris, märke och utseende var överlag de egenskaper som har minst betydelse enligt den här undersökningen.



Figur 4.1 Påverkande faktorer uppdelat i träningsmängd

4.1.1.2. Påverkande faktorer baserat på underlag

Underlagen att välja mellan var terräng, stig och asfalt, med följande fördelning: 23, 35 och 22 personer. Sambanden från sammanställningen över dessa svar kan ses i diagrammet, *figur 4.2*, nedan. Vid den här uppdelningen var variationen i svaren större och det var inte lika lätt att finna några samband. De som främst springer på asfalt värdesätter vikt och dämpning mest, medan de löpare som framförallt håller till på stigar och i terrängen tycker att flexibilitet, slittållighet och stabilitet är viktigast. Det finns likväl skillnader även mellan de som mestadels springer på stig och i terrängen. För stiglöparna har dämpningen stor betydelse medan den inte anses särskilt viktig av terränglöparna. Flexibiliteten har dessutom större betydelse för terränglöparna. Förutom det tycker stig- och terränglöparna väldigt lika. Det mest tydliga var att alla tre kategorier anser att märke och utseende har minst betydelse.



Figur 4.2 Påverkande faktorer med hänsyn till underlag

4.2. Framtagning av koncept

Utifrån befintliga produkter, information från Runner's World och inhämtad information om standarder kunde kravspecifikationer för vardera mätutrustning ställas upp. Med hjälp av dessa kunde delfunktioner för utrustningarna identifieras. Därefter genomfördes en konceptgenerering där lösningar till delfunktionerna togs fram. Genom att vidareutveckla lösningarna kunde två kompletta koncept på komponentnivå presenteras.

4.2.1. Dämpning

Utöver informationen som var given från Runner's World om dämpningskonstruktionen samlades ytterligare information in från standarden ASTM F1976. Informationen användes för att ställa upp krav och önskemål för att säkerställa att mätningarna kommer kunna utföras med tillfredställande resultat. Många av kriterierna ställdes efter Salmings behov, men andra lades också till för att ytterligare förbättra konstruktionerna. Alla krav och önskemål sammanställdes i en kravspecifikation, se *bilaga A*.

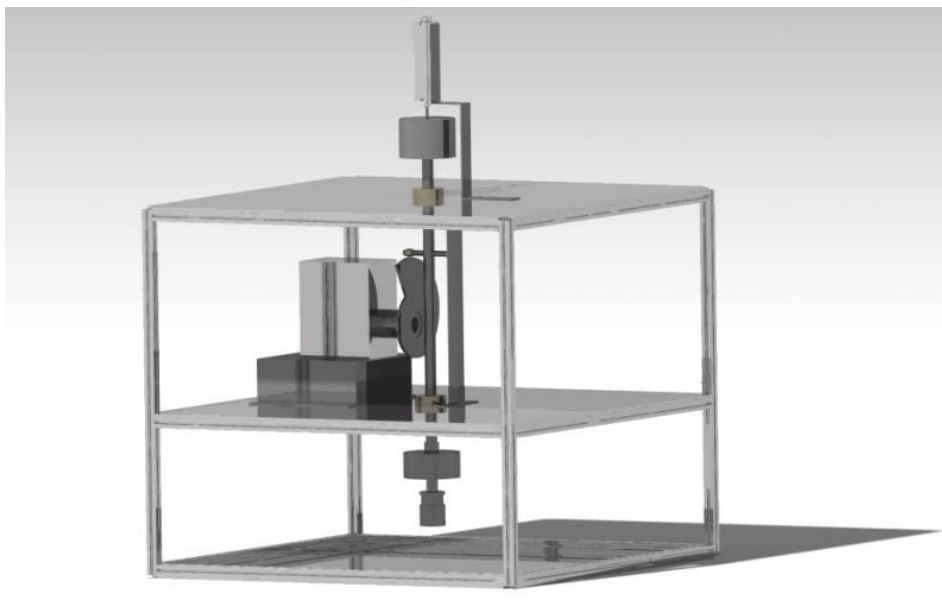
Huvudfunktionen för dämpningskonstruktionen är att mäta skosulans kompression. För att detta ska vara möjligt krävs det några delfunktioner som ser till att korrekt mätning

och rörelse uträttas. Eftersom stora delar av konceptet var bestämda utifrån de ställda kraven och önskemålen var lösningar till vissa delfunktioner redan utarbetade. Ett krav är att rörelsen ska vara friktionsfri samt att fritt fall ska ske från 50 mm höjd. Testet ska innefatta 30 upprepade stötar med 2 sekunders mellanrum mellan varje stöt. Genom brainstorming undersöktes lösningsförslag till resterande delfunktioner. Dessa kombinerades sedan till ett totalt koncept, se *tabell 4.2*.

Tabell 4.2 Delfunktioner och dellösningar för dämpningskonstruktionen

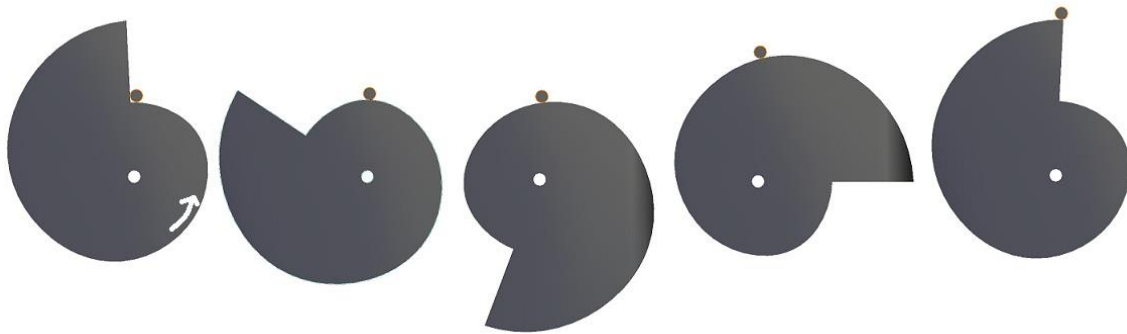
Delfunktion	Dellösning
Fastspänning av sko	Tving
Strömförsörjning motor	230 V AC
Lyft- och släppmekanism	Snäckhjul som drivs av motor
Friktionsfri rörelse	Bussning
Inställning av höjdförhållande	Gängat på kraftgivare och tapp, rätt avstånd med hjälp av mätsticka
Mätning av kraft	Kraftgivare
Mätning av kompression	Lägesgivare
Avläsning av resultat	Labview med inkopplad DAQ (data acquisition) i dator
Fixerad anordning	Geometri och vikt
På- och avslagning	Sladd som kopplas till eluttag
Kalibrering	Labview

Basen i konstruktionen är en anordning som består av aluminiumprofiler och tre plan, enligt *figur 4.3*, där skon placeras på bottenplattan. Den främre delen av skon spänns fast i anordningen med hjälp av en tving. Detta möjliggör små rörelser för hälen på skon under mätningen men det förväntas inte påverka resultatet. Huvudsaken är att kompressionen av skon inte påverkas.



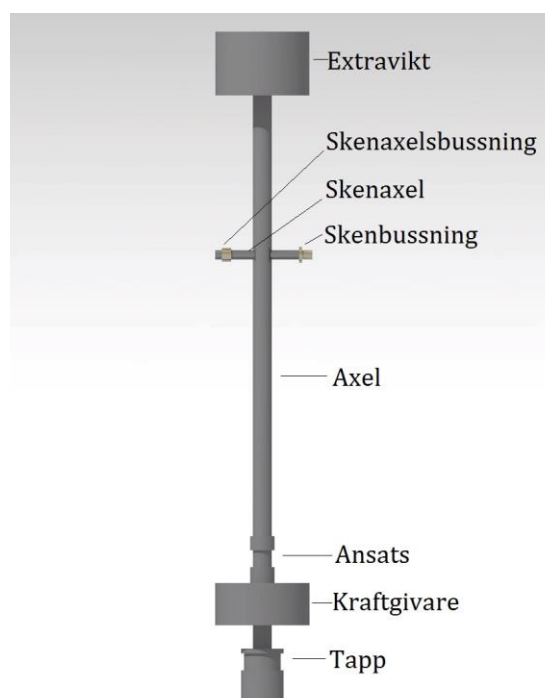
Figur 4.3 Koncept för dämpningskonstruktionen

För att kunna lyfta och släppa vikten fritt används ett snäckhjul, vars rotation drivs av en motor på 230 V. Snäckhjulet har en gradvis ökande radie som lyfter den 8,5 kg tunga cylindern, se *figur 4.4*.



Figur 4.4 Snäckhjulets rotation

Cylindern är ett samlingsnamn för de komponenter vars sammanlagda tyngd utgör 8,5 kg, se *figur 4.5*. När den återgått till sitt högsta läge faller den fritt från 50 mm höjd och slår i sulan, som då komprimeras. Skenaxeln, som är en del av cylindern, fångas sedan upp av snäckhjulet och rullar upp till högsta läget igen. En bussning sitter på skenaxeln för att minska friktionen mellan snäckhjulet och skenaxeln. Skenaxeln går igenom en skena för att förhindra att cylindern vrider sig. Även på denna sida av skenaxeln sitter en bussning som rullar invändigt i skenan för att minska friktionen. Vikten på 8,5 kg är centrerad i mitten av anordningen och går genom två mässingsbussningar, vilka ger minimal friktion och god stabilitet. Dessa sitter fast i det översta och mellersta planet. I och med att löparskor har olika höjd på sulan behövs en inställning av höjdförhållandet. I den nedre delen av cylindern finns kraftgivaren med ett gängat hål i vilken tapp kan justeras manuellt för att få rätt höjd mellan sula och tapp. Rätt höjd ställs in genom en fristående mätsticka på 50 mm.



Figur 4.5 Cylindern och dess ingående komponenter

För att mäta kraften som utträttas krävs en kraftgivare, vilken är monterad över tappen. Kompressionen, som är det som huvudsakligen ska fastställas, mäts genom en lägesgivare som är monterad längst upp på cylindern. Avläsningen av resultatet sker i en dator där mätvärden och kurvor visas. Detta åstadkoms genom att en DAQ kopplades in i en dator som i sin tur har en förprogrammerad kod i Labview. Denna kod gör det även möjligt för konstruktionen att kalibreras mellan mätningarna.

För att få noggranna mätvärden krävs en stabil anordning. Detta uppnås genom att ha en stomme med tillräckligt tung vikt och en centrerad och stabil cylinder. På- och avslagning sker via en sladd som kopplas till ett eluttag.

4.2.2. Flexibilitet

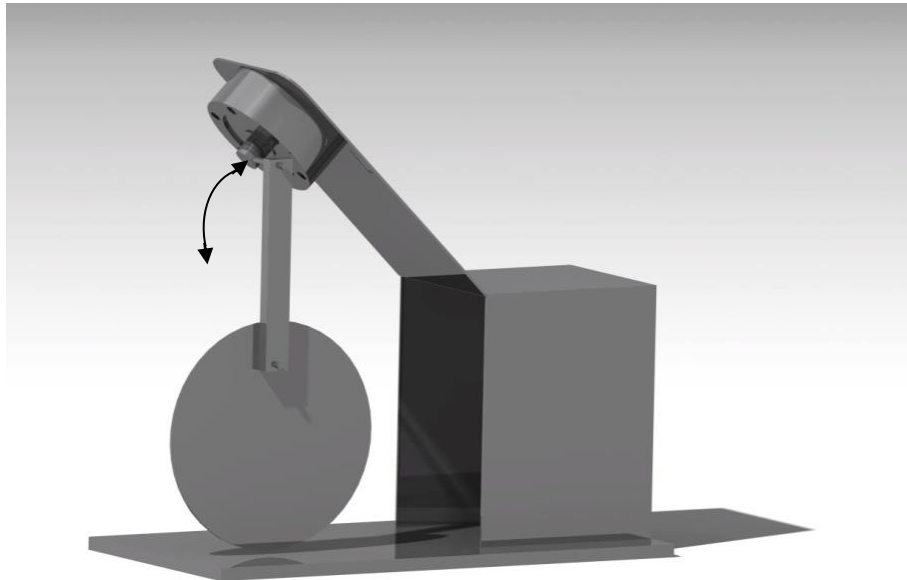
För flexibilitetskonstruktionen fanns ingen standard att tillgå, därför ställdes krav och önskemål upp med utgångspunkt i befintliga lösningar. Utifrån dessa kunde främst krav för de mekaniska delfunktionerna i konstruktionen upprättas. Ytterligare krav på mätning lades till för att säkerställa en välfungerande konstruktion. Kraven och önskemålen för flexibilitetskonstruktionen sammanställdes i en kravspecifikation, se *bilaga B*.

Konstruktionen har som huvudfunktion att böja löparskon 45°, vilket motsvarar skons böjning vid ett löpsteg. Skon ska sedan böjas 3 gånger per sekund under totalt 20 sekunder. Vid framtagningen av konceptet för flexibilitetskonstruktionen beaktades dess olika delfunktioner som krävs för att uppfylla huvudfunktionen. Lösningar till delfunktionerna hittades genom att studera befintliga lösningar och genom brainstorming. Utifrån dellösningarna på varje delfunktion kunde ett totalt koncept skapas, se *tabell 4.3*.

Tabell 4.3 Delfunktioner och dellösningar för flexibilitetskonstruktionen

Delfunktion	Dellösning
Inspänning sko fram	Tving
Inspänning sko bak	Band med justerspänne
Flex av sko	Hävarm infäst i motordriven roterande skiva
Mätning av vinkel	Vinkelgivare
Mätning av kraft	Kraftgivare
Avläsning av resultat	Labview med inkopplad DAQ (data acquisition) i datorn
Fixerad anordning	Geometri och vikt
Strömförsörjning motor	230 V AC
På- och avslagning	Sladd som kopplas till eluttag
Kalibrering	Labview

Böjningen av löparskon åstadkoms genom att fixera framdelen av skon och sedan applicera kraft på undersidan av den bakre delen av skon. Framdelen på skon spänns fast med en tving på den fixerade anordningen, medan bakkdelen spänns åt med ett justerspänne mot en rörlig platta som följer rörelsen från 0° till 45°, se *figur 4.6*. Dessa inspänningar medför att rörelsen endast kommer ske i den del av skon där mätning av flexibilitet önskas. För de flesta skor ligger denna punkt vid cirka 70 % av skons längd mätt från skons bakre del [18].



Figur 4.6 Koncept för flexibilitetskonstruktionen

Den rörliga plattan är monterad till en fixerad del med ett gångjärn. Det möjliggör böjning vid önskad del av skon. Konstruktionens utformning är främst avsedd för en herrsko i storlek EUR 42,5. Böjningen drivs av en motordriven roterande skiva. Den roterande skivan är kopplad till den rörliga plattan via en hävarm. Hävarmen följer en cirkulerande rörelse som får skon att böjas från 0° till 45° och sedan tillbaka till 0° igen.

Vinkeln och böjkräften mäts med hjälp av en vinkel- respektive kraftgivare. Kraftgivaren, som är fastsatt på plattan under skon, känner av vilken kraft som krävs för böjning upp till och med 45°. För att mätningen ska ske ordentligt krävs det att anordningen är stabil. Detta uppfylls genom tillräckligt hög vikt på basplattan och att hävarmen är ordentligt fäst i både skivan och plattan. Avläsning av resultat sker med en DAQ som är kopplad till en dator. Detta innebär att kalibrering mellan mätningarna är möjlig. Strömtillförseln och på- och avslagning sker genom en sladd som kopplas till eluttag.

4.3. Beräkningar, material- och komponentval

Första steget var att identifiera vilka komponenter som behövde ingå i konstruktionerna. Efter vidareutveckling kunde antalet komponenter minimeras. Under processens gång valdes även material till komponenterna. Efter detta steg skapades kompletta styckeslistor. Kritiska områden i konstruktionerna identifierades och specifika beräkningar genomfördes för att säkerställa att de uppnår ställda krav.

4.3.1. Dämpning

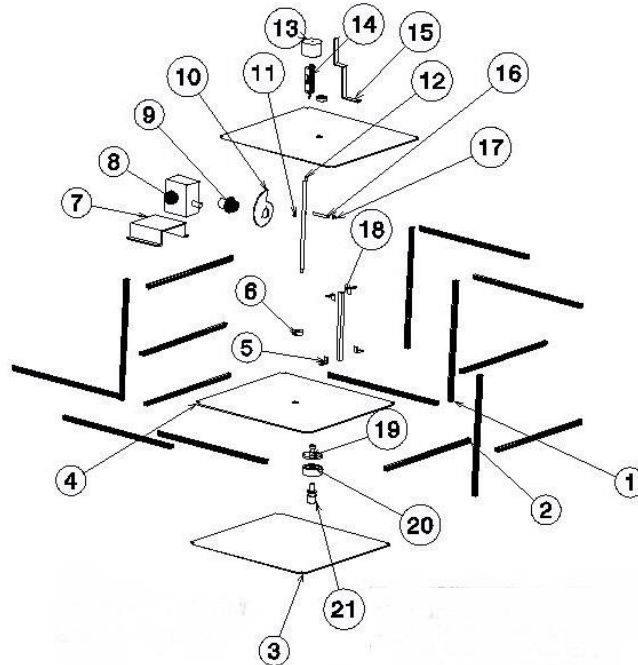
Efter att ha beslutat om vilka komponenter som krävs skapades en styckeslista, se *tabell*

4.4. Där åskådliggörs materialval och eventuella leverantörer.

Tabell 4.4 Styckeslista för dämpningskonstruktionen, komponenter markerade med * är ej med i sprängskiss.

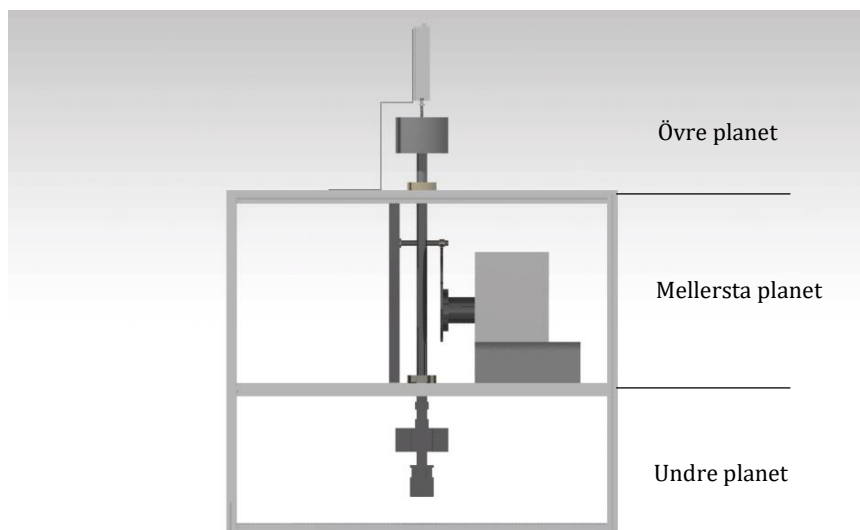
Nr	Komponent	Antal	Vikt [kg]	Material	Tillverkningsmetod
1	Aluminiumprofil vertikal	4	0,29	Aluminium	Leverantör (Alucon)
2	Aluminiumprofil horisontell	12	0,41	Aluminium	Leverantör (Alucon)
3	Aluminiumplatta	1	2,5	Aluminium	Leverantör (Alucon)
4	Aluminiumplatta hål	2	2,5	Aluminium	Leverantör (Alucon)
5	Vinkeljärn	4	0,02	Stål	Klippa, bocka, borra
6	Mässingsbussning	2	0,26	Mässing	Svarva, borra
7	Motorhållare	1	1,9	Stål	Klippa, bocka, borra
8	Växellåda	1	-	Aluminium	Leverantör (Mekano AB)
9	Nav	1	0,94	Stål	Svarva, borra, brotscha
10	Snäcka	1	0,81	Stål	Vattenskära
11	Skenaxelsbussning	1	0,008	Mässing	Svarva, borra
12	Axel	1	1,2	Stål	Såga, borra, svarva, gänga
13	Extravikt	1	4,12	Stål	Såga, svarva, borra, gänga
14	Lägesgivare	1	1,1	Aluminium/Stål	Leverantör (Elfa)
15	Givarhållare	1	0,24	Stål	Klippa, bocka, borra
16	Skenaxel	1	0,06	Stål	Svarva
17	Skenbussning	1	0,009	Mässing	Svarva, borra
18	Skena	1	0,36	Stål	Såga, fräsa
19	Ansats	1	0,75	Stål	Svarva, svetsa, borra, gänga
18	Kraftgivare	1	1,6	Stål/Aluminium	Leverantör (Vetek)
19	Tapp	1	0,79	Stål	Såga, svarva, gänga
20*	Motor ML80A-4	1	9,5	Aluminium	Leverantör (Mekano AB)
21*	Låsmutter	1	0,004	Stål	Leverantör (Prototyplabb)
22*	Vågtransmitter	1	0,15	Aluminium	Leverantör (Vetek)
23*	Tving	1	0,3	Stål, plast	Leverantör (Jula)

Styckeslistan kompletteras med tillhörande sprängskiss, se *figur 4.7*. Denna figur är ett utdrag ur sprängskissritningen i *bilaga C*, där även ritningar för komponenterna finns. Komponenterna som inte är bundna till några specifika krav dimensionerades och anpassades efter krav på andra komponenter. Vissa komponenter köptes in och övriga tillverkades. De som köptes in är stommen av aluminium och dess tre plan, lägesgivaren, kraftgivaren, motorn, växellådan, tvingen, vågtransmittern och DAQ:n.



Figur 4.7 Sprängskiss för dämpningskonstruktion

I *figur 4.8* tydliggörs vilka komponenter som finns på varje plan. Varje plan har ett antal begränsningar vad gäller dimensionering och materialval. På det undre planet är kraftgivaren den begränsande komponenten. Då den behöver stöd ovanifrån konstruerades ansatsen med samma diameter som givaren. För att göra monteringen så smidig som möjligt valdes stål för axeln, ansatsen och tappen.



Figur 4.8 Indelningen av det undre, mellersta och övre planet för dämpningskonstruktionen

Eftersom vikten ska kunna falla fritt 50 mm behövde snäckan dimensioneras för att klara detta, vilket gjorde att den blev den avgörande komponenten på mellersta planet. Utifrån motorn och snäckans dimensioner kunde motorhållaren och nav tas fram som gjordes i stål ur hållfasthetssynpunkt.

Nästa begränsande komponent på mellersta planet är axeln med dess diameter på 20 mm, som skenaxeln anpassades efter. Då den går igenom axeln sattes diametern till 10 mm. Skenaxeln är en kritisk del i konstruktionen på grund av krafterna som verkar på den, därmed valdes stål som material. Mässingsbussningarna som axeln går igenom anpassades efter dess diameter. Detsamma gällde för skenaxelns bussningar.

Ett krav är att den totala vikten som faller fritt ska vara 8,5 kg, därför behövde en extra vikt fästas på axeln. För att underlätta montering tillverkades vikten precis som axeln av stål. Extraviktens och lägesgivarens dimensioner begränsar vissa mått på lägesgivarhållaren. Materialet för lägesgivarhållaren blev stål då det var viktigt att den var stabil.

4.3.1.1. Motor

För att göra ett korrekt motorval beräknades effekten som krävs för att konstruktionen ska fungera. Några teoretiska antaganden och förenklingar gjordes och effekten överdimensionerades.

Tiden det tar för cylindern att träffa skon beräknades genom nedanstående formel, där s utgör fallhöjden på 50 mm.

$$s = 0,05 \text{ m}, \quad v_0 = 0 \text{ m/s}, \quad a = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \tag{1}$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 * 0,05}{9,82}} \approx 0,1 \text{ sekunder}$$

Eftersom cykeltiden är två sekunder blir tiden att lyfta cylindern följande:

$$t_{lyft} = 2 - 0,1 = 1,9 \text{ sekunder}$$

För att säkerställa att motorn ska klara påfrestningarna och att cykeltiden hamnar inom kravspecifikationens tolerans på $2 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$, valdes lyfttiden till:

$$t_{lyft} = 1,0 \text{ sekund}$$

För att snäckan ska rotera med rätt hastighet (v) behöver hänsyn tas till motståndet från den last som ska drivas runt, det vill säga den totala massan från snäcka och cylinder (m_{tot}). Snäckans omkrets ($s_{omkrets}$) fick mätas då det är den totala sträcka som cylindern rullar på. Effekten beräknades på följande sätt:

$$s_{omkrets} = 0,5 \text{ m}, \quad m_{snäcka} = 0,8 \text{ kg}, \quad m_{cylinder} = 8,5 \text{ kg}$$

$$P = m_{tot} g v \tag{2}$$

$$m_{tot} = m_{snäcka} + m_{cylinder} = 0,8 + 8,5 = 9,3 \text{ kg}$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0,5}{1,0} = 0,5 \text{ m/s} \quad (3)$$

$$(2) \Rightarrow P = 9,3 * 9,81 * 0,5 = 45,6 \text{ W}$$

Ett motstånd uppstod också genom friktion mellan snäcka och skenaxelsbussningen (F_{fr}). En friktionskoefficient uppskattades med utgångspunkten att delarna som rörs mot varandra är av metall. Dessutom skapas ett vridmoment till följd av den hävarm som uppstår mellan snäckans centrum och yttersta punkt (h), se *figur 4.9*. Eftersom hävarmen varierar under hela rotationen av snäckan valdes denna sträcka till det största avståndet mellan skenaxel och motoraxel. Cykeltiden är 30 rpm enligt kravspecifikationen men eftersom lyfttiden överdimensionerades och i princip halverades innebär det att varvtalet måste vara dubbelt så stort för att hålla samma tid som i beräkningen av lyfteffekten.

Effekten för vridmomentet beräknades på följande sätt:

$$h = 0,124 \text{ m}, \quad \omega = 2\pi \text{ rad/s}, \quad \mu = 0,18$$

$$\tau = Fr = F_{fr}h \quad (4)$$

$$P = \tau\omega = F_{fr}h\omega \quad (5)$$

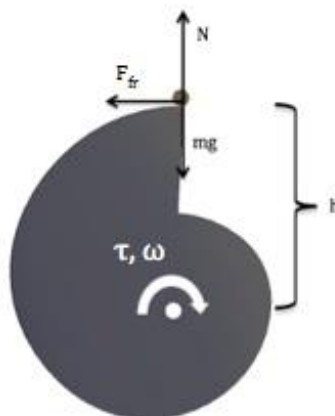
$$F_{fr} = \mu N = \mu m_{tot}g \quad (6)$$

$$\Rightarrow F_{fr} = 0,18 * 9,3 * 9,81 = 16,4 \text{ N}$$

$$(5) \Rightarrow P = 16,4 * 0,124 * 2\pi = 12,8 \text{ W}$$

Den totala effektåtgång som krävs för att driva systemet blev därmed:

$$P_{tot} = 45,6 + 12,8 = 58,4 \text{ W}$$



Figur 4.9 Snäckans utformning och beräkningarnas variabler

I beräkningarna försumrades friktionskrafterna som uppstår mellan skenan och skenbussningen samt skenaxeln och skenaxelsbussningen, då dessa var relativt små.

För att säkerställa rätt motorval överdimensioneras det beräknade effektbehovet med en faktor två:

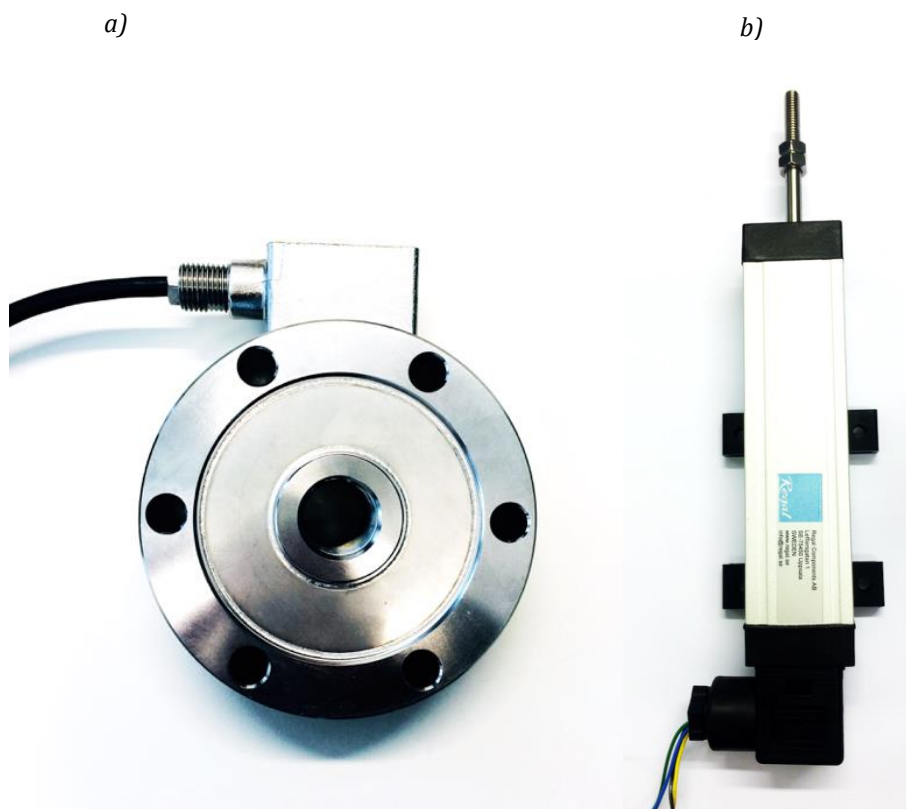
$$P_{tot} = 58,4 * 2 = 116,8 W$$

Med detta beräknade effektbehov bestämdes genom konsultation från företaget Mekano AB att en motor på 0,55 kW behövs. På grund av det låga varvtalet krävs också en snäckväxel.

4.3.1.2. Val av givare

För dämpningskonstruktionen behövs, som tidigare nämnt, en kraftgivare och en lägesgivare. De krav som ställs på kraftgivaren är att den ska klara av en kraft från en 8,5 kg vikt som släpps från 50 mm med en inbromsningstid på några millisekunder, vilket uppskattades till maximalt 1 kN. På lägesgivaren ställs kravet att den minst ska kunna detektera en förskjutning av 75 mm. Den ska också ha en liniäritet på $\pm 0,1$ mm.

De givare som beställdes var en kraftgivare från Vetek av typen *TC4 Dynamometer 5KN*, se figur 4.10 a), samt en lägesgivare från Elfa av modell *Regal KTC-75*, se figur 4.10 b). Kraft- och lägesgivaren kunde inte beställas från samma leverantör men är ändå kompatibla med varandra, samt lämpade för programmering i Labview.



Figur 4.10 a) Kraftgivaren b) Lägesgivaren

4.3.1.3. Programmering av givare

För att användbara värden ska erhållas från givarna behövde dessa programmeras. I detta fall valdes Labview som är ett program från National Instruments. För att data ska kunna skickas och tas emot mellan givarna och en dator behövs en DAQ, vilken är en komponent som kan kommunicera mellan dator och givare. När det gäller lägesgivaren skickas en signal till givaren via DAQ:n, sedan skickar givaren tillbaka en signal som omvandlas till ett värde i den valda programmeringsmiljön. Kraftgivaren jobbar däremot med väldigt svaga signaler och behöver därför något som kan förstärka signalerna för att de ska kunna avläsas i DAQ:n. En signalomvandlare valdes, vilket tar en 24 V signal från en yttre strömkälla och förstärker den svaga signalen från kraftgivaren till en signal mellan 0 till 10 V. Signalen skickas vidare in i DAQ:n och sedan in i Labview där den behandlas för visning.

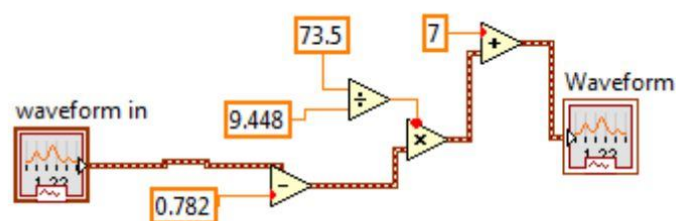
Labview

Labview är en programmeringsmiljö som bygger på visuella block som placeras ut istället för att kod skrivs, vilket gör det lättare att följa "koden" och som är väldigt användarvänligt för någon utan mycket erfarenhet. I Labview skickas och mottags signaler till och från DAQ:n via en DAQ Assistant, se *figur 4.11*, som i princip genererar en signal från datorn och skickar den till DAQ:n eller tvärtom. I fallet för dämpningskonstruktionen behövs en DAQ Assistant som skickar en signal till lägesgivaren för att ge den ström vid specifika tider, och en som tar in signalerna från både läges- och kraftgivare.



Figur 4.11 DAQ Assistant i Labview

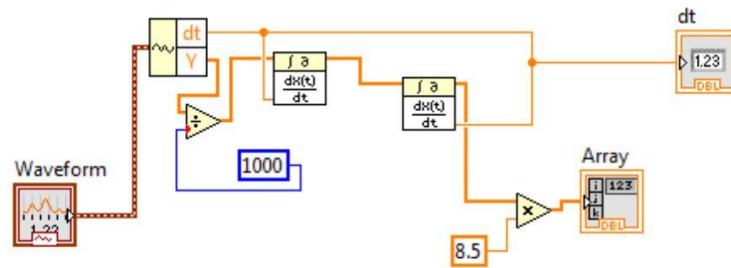
Efter tester med lägesgivare och information från leverantör konstaterades det att lägesgivaren har ett område där den inte arbetar linjärt. För att lösa detta problem krävdes det att värdena manipulerades. Vissa av dem behövde plockas bort och de kvarvarande räknades om från en spänning till en förskjutning, se *figur 4.12*.



Figur 4.12 Omvandling av värden från lägesgivaren

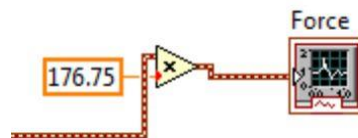
En graf skapades för att ta emot de omvandlade värdena så att läget kan visas i millimeter, se *figur 4.13*. För att säkerställa att kraftgivaren gav korrekta värden kan de utgående värdena från omräkningen deriveras två gånger med avseende på tiden.

Därefter multipliceras de med massan av cylindern (8,5 kg) för att en kraft skulle fås som sedan skulle kunna jämföras med värdena som kraftgivaren gav ut.



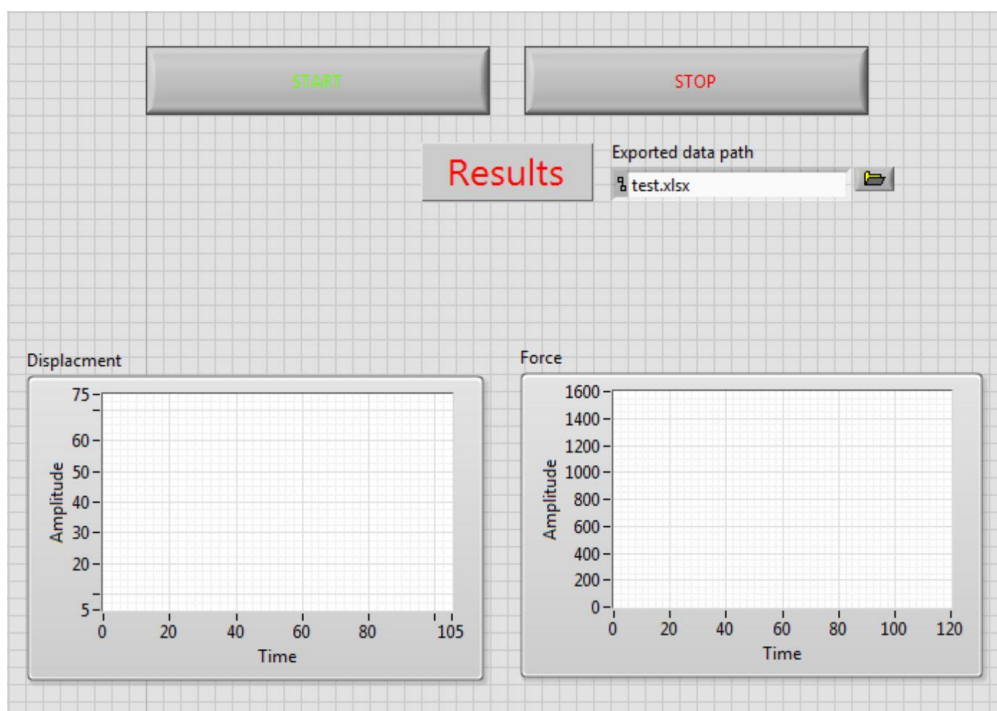
Figur 4.13 Derivering för att erhålla kraften

När det gäller kraftgivaren behövde värdena inte manipuleras särskilt mycket förutom att kalibrera signalomvandlaren och omvandla spänningssignalen till en kraft, se figur 4.14. Detta kunde göras ty kvalificerat antagande om att kraftgivaren jobbar linjärt.



Figur 4.14 Omvandling av värden till kraft

Parallellt med programmeringsinterfacet finns det också en "front panel" där det visuella syns. Det som eftersträvades var att på ett enkelt sätt kunna starta och stoppa, se resultaten från de båda mätningarna och kunna exportera resultatet. Vid körning av programmet och konstruktionen visas värdena i det fönster som syns i figur 4.15.



Figur 4.15 Applikationsgränssnitt och funktion

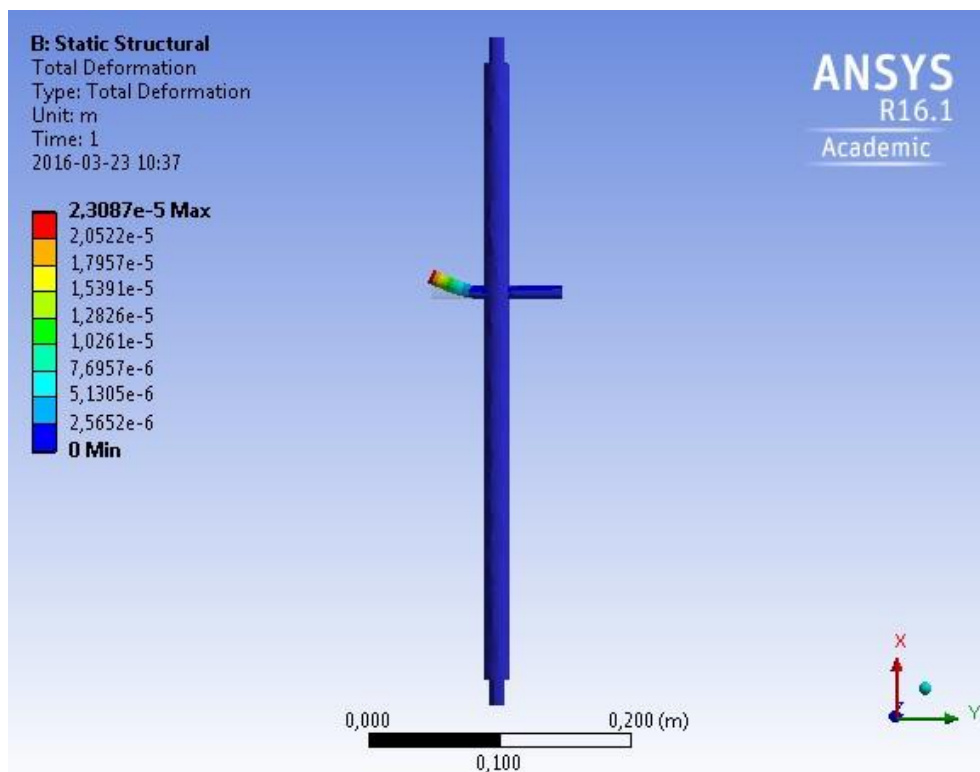
För att användaren av konstruktionen ska slippa införskaffa Labview som är väldigt kostsamt, har programmet möjlighet att exporterats till ett körbart program via Labviews exportfunktion. Användaren kommer då inte kunna programmera om något utan kan bara se vad graferna ger ut och få all data exporterad som en .txt fil som de sedan själva kan arbeta med i valfritt dataprogram om de så behagar.

4.3.1.4. Hållfasthetsanalys

För att undersöka eventuella deformationer på kritiska komponenter användes datorsimuleringsverktyget Ansys. Detta verktyg användes för att verifiera att konstruktionen kommer klara av de belastningar den utsätts för när den används. Simulering genomfördes på skenaxeln då denna var den mest kritiska komponenten. De verkliga deformationerna var i princip obefintliga och därför förstärktes resultatet av simuleringen för att tydliggöra dem.

Skenaxel

Gravitationskraften från cylindern simulerades på skenaxeln. Då det är den yttersta delen av skenaxeln som rullar på snäckan påverkas den med lyftkraften av cylindern på 100 N ($\sim 8,5 \cdot 9,81$). Deformationen är i detta fall nästan obefintlig, se *figur 4.16*. Detta resultat var förväntat och genom att stål valdes undveks deformation på skenaxeln redan från början.



Figur 4.16 Förstärkt deformation av skenaxeln

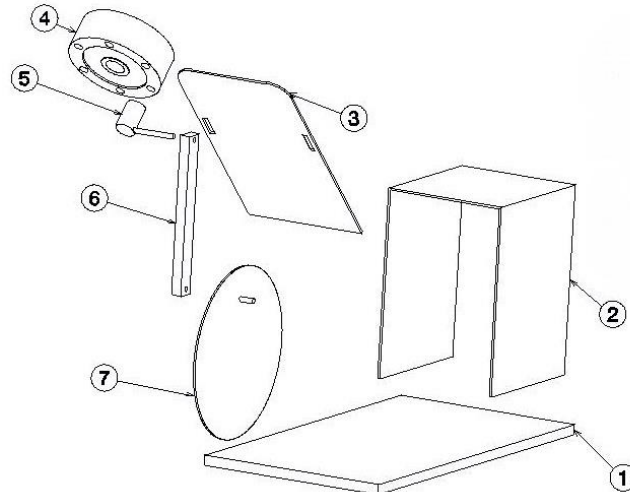
4.3.2. Flexibilitet

Genom att utveckla det valda konceptet definierades alla komponenter och sammanställdes i en styckeslista, se *tabell 4.5*.

*Tabell 4.5 Styckeslista för flexibilitetskonstruktionen. Nummer markerade med * är ej med i sprängskissen*

Nummer	Komponent	Antal	Vikt [kg]	Material	Tillverkning
1	Basplatta	1	6,3	Stål	Vattenskära
2	Anordning	1	1,2	Stål	Vattenskära, bocka
3	Platta	1	0,50	Stål	Vattenskära
4	Kraftgivare	1	1,6	Stål/Aluminium	Leverantör
5	Infästning hävarm	1	0,08	Stål	Svarva, borra, gänga
6	Hävarm	1	0,25	Stål	Såga, borra
7	Skiva	1	0,39	Stål	Vattenskära
8*	Motor	1	13,5	Aluminium	Leverantör (Mekano AB)
9*	Tving	1	0,3	Stål, plast	Leverantör (Jula)
10*	Vinkelgivare	1	0,04	Zink	Leverantör (OEM automatic)
11*	Gångjärn	2	0,01	Stål	Leverantör (Prototyplabb)
12*	Justerspänne	1	0,07	Plast	Leverantör (Clas Ohlson)
13*	Justerband	1	0,02	Textil	Leverantör (Clas Ohlson)

I *figur 4.17* visas ett utdrag ur sprängskissritningen, för hela ritningen samt ritningar för de ingående komponenterna, se *bilaga D*. I sprängskissen visas alla egentillverkade komponenter. Motorn, motorhållare, givarna, justerband, justerspänne och tving köptes in och presenteras därför inte i figuren. Motorn, givarna och hävarmen är de komponenter som ansågs vara kritiska och krävde följaktligen utförligare beräkningar som presenteras i de tre efterföljande avsnitten.



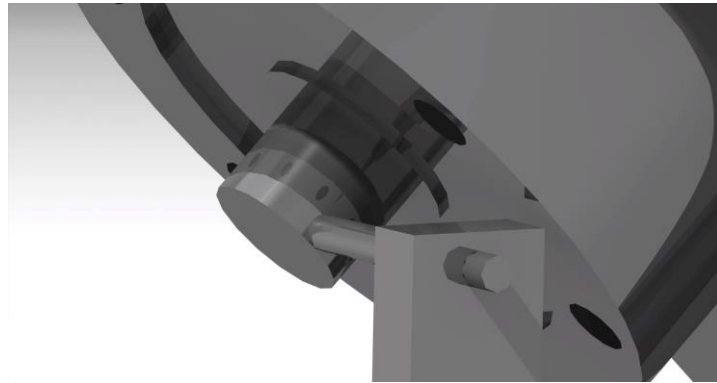
Figur 4.17 Sprängskiss på flexibilitetskonstruktion

Basplattan är stommen i konstruktionen. På denna del monterades både motorn och anordningen. För att ha en stabil grund valdes stål som material. Dimensionerna sattes utefter resterande komponenters krav. Även anordningen gjordes av stål och är dimensionerad för att den rörliga plattan ska kunna böjas 45° i sitt högsta läge och inte slå i skivan i sitt lägsta läge. Den rörliga plattan sitter fast i anordningen och för att den ska förbli rörlig monterades de ihop med två gångjärn.

Flexibilitetskonstruktionen utformades för att testa en herrsko i storlek EUR 42,5. Den rörliga plattan måttsattes därför efter denna storlek. För att underlätta monteringen

valdes stål även för denna komponent, vilket är fördelaktigt ur hållfasthetssynpunkt och kostnadseffektivt.

Infästningen för hävarmen är en fristående komponent som är länken mellan kraftgivaren och hävarmen, se *figur 4.18*. Den utformades därför efter det gängade hålet på givaren. Hävarmen dimensionerades så att den rörliga plattan når upp till 45° i sitt högsta läge. Materialet för hävarmen sattes till stål. Även den roterande skivan är av stål.



Figur 4.18 Detaljbild på infästningskomponenten

4.3.2.1. Motor

För att beräkna den kraft som krävs för att böja skon fordras ett moment samt en längd på hävarmen:

$$M = Fl \quad (7)$$

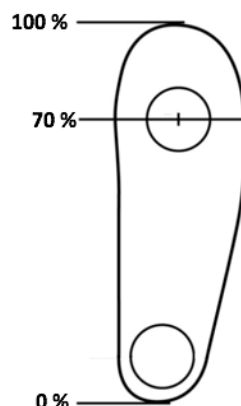
Det genomsnittliga momentet som krävs för att flexa skon 45° erhöles från en artikel i vilken 28 stycken olika skor testats [18]:

$$M \approx 10 \text{ Nm}$$

En herrsko i storlek EUR 42,5 är cirka 27 cm lång. Skon böjs ungefär 70 % från hälen, se *figur 4.19*, vilket innebär att skon böjs vid följande avstånd från hälen:

$$l = 0,70 * 0,27 = 0,189 \text{ m}$$

$$(7) \Rightarrow F = \frac{M}{l} = \frac{10}{0,189} \approx 53 \text{ N}$$



Figur 4.19 Böjningspunkt av sula

För att beräkna den effekt som motorn minst behöver klara av användes nedanstående formel:

$$P = M\omega \quad (8)$$

Varvtalet beräknades genom den specificerade cykeltiden på 3 varv/s:

$$\omega = \frac{6\pi}{1} = 6\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega_{rpm} = 6\pi * \frac{60}{2\pi} = 180 \text{ rpm}$$

$$(8) \Rightarrow P = 10 * 6\pi \approx 188,4 \text{ W}$$

För att välja en motor med en kapacitet som är tillräcklig för att uppnå rätt effekt, överdimensionerades ovanstående effekt med faktor två.

$$P = 10 * 6\pi * 2 \approx 376,8 \text{ W}$$

Med detta beräknade effektbehov kunde ett lämpligt motorval göras. En likadan motor som för dämpningskonstruktionen kan användas med en effekt på 0,55 kW från Mekano AB. På grund av det låga varvtalet behövs också en snäckväxel som ser till att motorns utgående varvtal blir 180 rpm.

4.3.2.2. Val av givare

För flexibilitetskonstruktionen behövs både kraft- och vinkelgivare. De krav som ställs på kraftgivaren är att den ska klara av den kraft som krävs för att böja skon. Den har även som krav att den ska vara tillräckligt liten geometrimässigt för att undvika att den inte slår i andra komponenter. Kraven för flexibilitet och dämpning är snarlika när det gäller kraftgivare. För enkelhetens skull valdes därför samma kraftgivare till flexibiliteten som för dämpningen. Den vinkelgivare som valdes, i enlighet med det som ovan diskuterades, är en flervarvsgivare av magnettyp, nämligen magnetsensor LI20 med magnetring RI20 från Kubler.

4.3.2.3. Hävarm

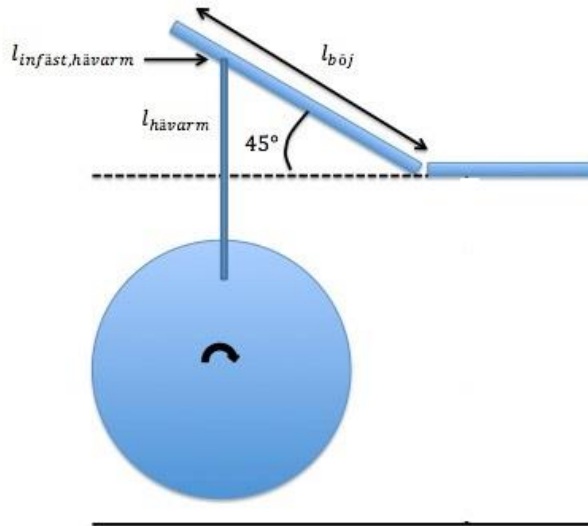
Hävarmen kräver ett exakt mått för att konstruktionen i sin tur ska kunna böja skon till 45°. Hävarmens mått behöver också vara i samspel med skivans diameter samt hur långt in på skivan den ska fästas.

Den del av skon som ska böjas vid testet är 0,189 m, enligt beräkningar under avsnitt 4.3.2.1. För att komponenten ska ha marginal sattes den totala längden på den böjbara delen till:

$$l_{böj} = 250 \text{ mm}$$

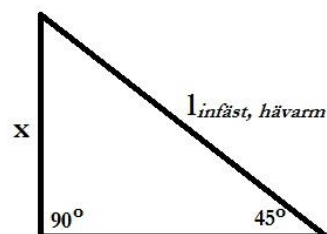
Infästningen av hävarmen antogs vara vid 80 % av den totala längden, se *figur 4.20*. Detta avstånd valdes för att hävarmen skulle vara så stark och effektiv som möjligt i den punkt där det är som tyngst.

$$l_{infäst,hävarm} = 0,8 * 250 = 200 \text{ mm}$$



Figur 4.20 Tvådimensionell figur över flexibilitetsfunktionen sett från sidan

Eftersom konstruktionen ska generera en vinkel på 45° beror hävarmens längd på variabeln $l_{infäst,hävarm}$. Genom trigonometri erhöles avståndet som krävs för att få bakkdelen på skon att gå från 0° till 45°, se *figur 4.21*.



Figur 4.21 Trigonometri för att generera 45° böjning

$$\sin(45^\circ) = \frac{x}{l_{infäst,hävarm}} \quad (9)$$

$$\Rightarrow x = \sin(45^\circ) * 200 = 141 \text{ mm}$$

För att den roterande skivan inte ska gå mot den böjbara delen lades ytterligare 20 mm till på hävarmen. Den totala längden på hävarmen blev då:

$$l_{hävarm} = x + 20 = 141 + 20 = 161 \text{ mm}$$

Diametern för den roterande skivan motsvarar längden på hävarmen med ett extra tillägg på 15 mm, för att infästningen i skivan inte ska vara så nära ytterkanten.

$$\emptyset = x + 15 = 141 + 15 = 156 \text{ mm}$$

4.4. Kostnadsuppskattningar

För att veta de totala kostnaderna för dämpnings- och flexibilitetskonstruktionerna skapades två olika kostnads kalkyler. Priserna för stål och mässing varierar från dag till dag och därför uppskattades ett medelvärde vid kalkyleringen. Dessutom skiljer priserna sig åt beroende på om det är exempelvis en stång eller en balk. Därför togs även det med i beaktande vid uppskattningen av medelkostnaden för respektive material. Priset på motorn inkluderar snäckväxeln, sladden och montering av dem.

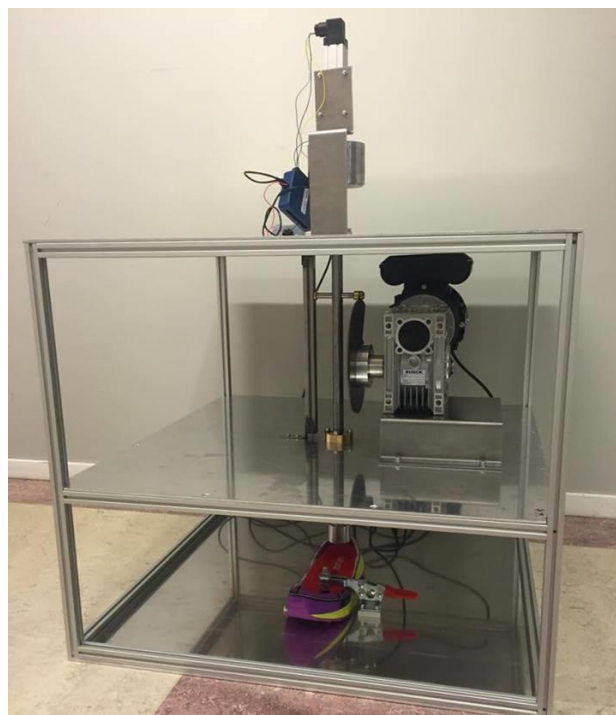
Eftersom konstruktionen för flexibilitet enbart är ett koncept och inte kommer bli en prototyp eller färdig produkt, kommer dess delar inte att köpas in. Kostnads kalkylen gjordes därför genom att granska leverantörers priser för justerspännet, justerbandet, gångjärnen och tvingen. De slutliga kostnaderna för konstruktionerna inklusive moms presenteras i *tabell 4.6*. För hela kostnads kalkylen, se *bilaga E*.

Tabell 4.6 Totala kostnader för konstruktionerna inklusive moms

Konstruktion	Total kostnad [kr]
Dämpning	23 096
Flexibilitet	20 954

4.5. Produkt för dämpningskonstruktion

Processen från CAD-ritningar till färdig produkt krävde ett antal justeringar längs vägen då vissa komponenter inte var optimala för tillverkning. Därför blev konstruktionsprocessen även en vidareutvecklingsprocess, där vissa komponenter korrigerades i flera omgångar. Den färdiga produkten finns i *figur 4.22*. Funktionella tester genomfördes på dels materialprover och dels löparskor, för att främst verifiera att produkten fungerar. Dessutom genomfördes tester på en sko som varit med i ett av Runner's Worlds tester. Kraven och önskemålen analyserades med mestadels goda resultat.

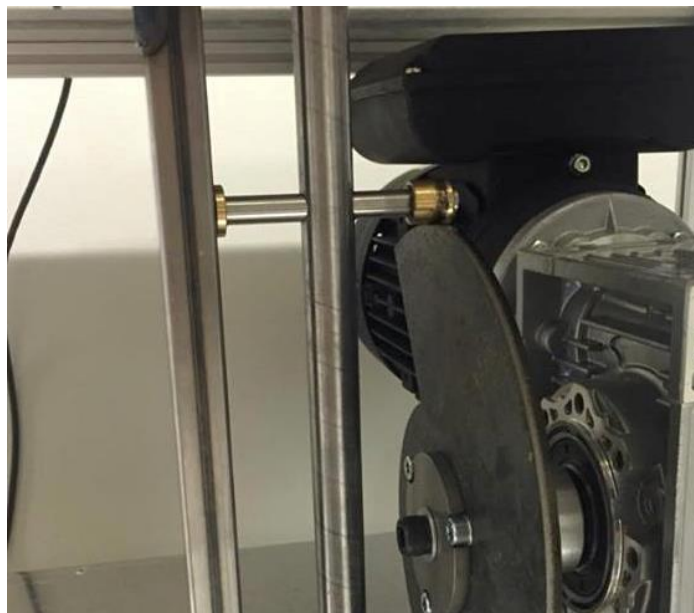


Figur 4.22 Den färdiga konstruktionen

4.5.1. Tillverkning

Det föll sig naturligt att utgå från stommen i aluminiumprofiler som beställdes från det Göteborgsbaserade företaget Alucon. Även de tre plattor som fästes i aluminiumkonstruktionen beställdes från samma leverantör. Aluminiumprofilerna och den nedre plattan var ihopmonterade medan de två andra plattorna skickades med vid sidan av, då hål behövde göras i dessa. På grund av lång leveranstid på givarna påbörjades de komponenter som inte påverkades av givarnas utformning. Det första som gjordes i prototypplabbet var därför att vattenskära ut hålen för mässingsbussningarna i plattorna.

Nästa steg var att vattenskära samt svarva mässingsbussningarna, vilka sedan monterades i hålen på plattorna. Skenaxels- och skenbussningen tillverkades på samma sätt och monterades på skenaxeln då den hade färdigställts, se *figur 4.23*. Parallellt med detta kunde motorhållaren klippas och snäckan vattenskäras. Motorhållaren bockades sedan i båda ändarna för att få önskad form. Motorn monterades på motorhållaren och snäckan skruvades fast på motorns axel. För att kunna montera snäckan på motoraxeln behövdes ett nav. Denna tillverkades genom svarvning. Då motoraxeln hade en kil behövde navet göras med ett kilspår. Detta gjordes genom brotschning. Därefter påbörjades arbetet med skenan. Den tillverkades genom att en ihålig kvadratisk profil kapades av, därefter frästes hålbilden ut. Vinkeljärnen till skenan klipptes ut, bockades och två skruvhål borrades. Den del av vinkeljärnen som fäster i skenan svetsades fast.



Figur 4.23 Skenaxel med tillhörande bussningar

Ansatsens nedre del som fäster i kraftgivaren tillverkades genom att kapa av en solid cylinder, därefter borrades hålen och centrumhålet gängades. Den smalare övre delen av ansatsen tillverkades också genom att kapa av en solid cylinder. De båda delarna svetsades sedan fast i varandra. Parallellt med detta borrades även hålen för motorhållaren, skenan och lägesgivarhållaren i topp- och mittenplattan. Lägesgivarhållaren klipptes och bockades, därefter borrades hålen för montering.

Axeln tillverkades genom att svarva och gänga en solid cylinder i båda ändarna. Dessutom borrades ett hål där skenaxeln fäster. Skenaxeln sågades av till rätt längd och fästes i axeln genom att pressa in den i hålet med tätningsmedlet Loctite. Tappen

tillverkades genom svarvning och gängning. Extravikten togs fram genom att svarva en solid cylinder. För att kunna fästa den i axeln och lägesgivaren borrades ett hål i varsin ände som även gängades. En fristående mätsticka tillverkades även för att kunna mäta höjdförhållandet mellan sko och tapp. Denna togs fram genom att såga av en solid axel och sedan slipa den för att få önskad längd.

Då alla komponenter färdigställda återstod monteringen. Efter att mittenplanet hade monterats fast i konstruktionen placerades axeln med fastmonterad skenaxel i rätt läge gentemot snäckan. Därefter skruvades motorhållaren med monterad motor, nav och snäcka fast. Då skenaxeln går in i skenan fick denna placeras i rätt läge innan skenan kunde skruvas fast. När axeln var på plats kunde ansatsen, kraftgivaren och tappen monteras på axelns nedre del. Därefter kunde översta plattan monteras och extravikten fästas på axelns övre del. Lägesgivarhållaren med monterad givare skruvades sedan fast i översta plattan samt i extravikten.

4.5.2. Funktionellt test

För att verifiera att dämpningskonstruktionen uppfyller ställda krav, utfördes funktionella tester. Först utfördes tester på konstruktionens rörelse, följt av tester på dess givare och cykeltid. Detta för att säkerställa att konstruktionen fungerar korrekt innan vidare tester utfördes.

Nästa test som genomfördes skulle säkerställa att kompressionen var likartad under tre försök på tre olika material, samt fyra erhållna skor från Salming. Materialen var av termoplasten EVA, men med olika hårdhet. De kunde dessutom jämföras med den procentuella kompressionen tillverkaren angett. Därefter utfördes tester på löparskor, varvid en av skorna även varit med i Runner's Worlds egna tester. Slutligen gjordes en jämförelse mot den skala löparskon erhållit i tidningen.

Varje test som genomfördes upprepades tre gånger. Vid varje nytt test byttes nedslagspunkten. Detta för att fånga upp eventuella variationer i materialet, men även för att möta kravet om att testerna utförs på enbart nya material. Samtliga tester innefattar 30 stötar varav de 5 sista mäts och dokumenteras. På dessa tas ett medelvärde vilket blir testets resultat. Resultatet på kompressionen presenteras i *figur 4.24*. Amplitude är i mm. Observera att Time ej är i sekunder, utan i okänd enhet.



Figur 4.24 Kompressionen av Salming Speed S1

4.5.2.1. Funktion

Målet med det första testet var att se att alla komponenter fungerar i samspel med varandra då snäckhjulet sätts i rörelse. Först och främst för att bekräfta att den valda motorn klarar av lasten, men också för att se till att ingen komponents rörelse hindras. Därefter testades givarna för att verifiera att mätvärdena hade tillräckligt hög noggrannhet.

När första testet genomförts och motorn bekräftats fungera kunde komponenternas rörelse studeras, för att kontrollera att de rör sig i önskad riktning. Detta test klarade konstruktionen också av. Nästa steg var att kontrollera att kravet på cykeltid uppfylls. Tiden togs på 30 efterföljande cykler för att verifiera en totaltid på 60 sekunder. Funktionen testades totalt 3 gånger och resultatet från mätningen blev en medelcykeltid på 60,34 sekunder. Detta anses vara ett godkänt resultat då en mindre felmarginal accepteras eftersom tidtagningen utfördes manuellt.

4.5.2.2. Givare

För att verifiera att givarna ger korrekt data behövde dessa testas. Kraftgivaren kontrollerades genom att läsa av spänningen i obelastat och maxbelastat läge. I obelastat läge ska givaren ge en spänning på 0 V, vilket den efter kalibrering i signalomvandlaren också gjorde. Vid maxbelastning ska spänningen ligga på 5 V, vilket också efter justering stämde. Kraftutvecklingen däremellan antas följa ett linjärt samband. Det kan vara bra att genomföra kalibrering med jämna mellanrum, för att säkerställa noggrannheten för mätningen. Lägesgivaren har en spänning som motsvarar en viss förskjutning. Därför avlästes spänningen i operationsområdet och utifrån dessa fastställdes ett linjärt samband.

4.5.2.3. Material

När funktion och givare kontrollerats utfördes tester på olika material som används i skosulor. Dessa material har angivna procentuella kompressionsförhållanden och kunde därför användas som jämförelsevärden. Dock följde inte de tidigare testerna samma teststandard och därför kunde inte de uppmätta procentuella värdena jämföras rakt av med de tidigare värdena. Det som studerades och jämfördes var därför primärt rangordningen på hur mycket kompressionen hos materialen var. De material som testades var 10-11 mm tjocka. Genom att genomföra testet på materialet kunde kompressionen avläsas och den procentuella kompressionen beräknades. Resultatet från testerna avläses i *tabell 4.7*.

Tabell 4.7 Resultat för de tre materialen

Material:	R35N			C350			R350		
Jämförelsevärde [%]:	77			73			50		
Test	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Kompression [mm]	9	8,5	8,5	7,5	7,5	7,6	6	6	6,5
Kompression [%]	81,8	77,3	77,3	75	75	76	54,5	54,5	59,1
Medelkompression [%]	78,6			75,3			56,3		

Kompressionsandelen i testerna låg väldigt nära jämförelsevärdena och rangordningen på materialen blev densamma. Testerna fick därför önskad utgång och anses vara godkända. Dessutom konstaterades det att kompressionen på samma material inte

varierade något nämnvärt mellan de olika testerna, vilket påvisar noggrannhet och precision i konstruktionen.

4.5.2.4. Löparskor

Efter att de funktionella testerna genomförts på materialproven mättes dämpningen på löparskorna. Testet utfördes på Salming Distance, både herr- och damsko (storlek 42 $\frac{2}{3}$ och 39), samt på Salming Speed, herrsko (storlek 47 $\frac{1}{3}$). Dessa skor var av varierande skick. Båda Distance hade en sultjocklek på 26,5 cm i hälen och för Speed var sulan 31,5 cm. Med detta test var det möjligt att få en uppfattning om vad modeller med varierande dämpning ger för skillnad i kompression, men även för att se om skillnad finns mellan herr- och damsko för samma modell. Resultatet redovisas i *tabell 4.8*.

Tabell 4.8 Resultat för Salming Distance herr och dam och Salming Speed herr

Sko:	Distance (herr)			Distance (dam)			Speed (herr)		
Test	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Kompression [mm]	7,5	7,5	7,5	7	7	7	7,5	7,5	7,5
Kompression [%]	28,3	28,3	28,3	26,4	26,4	26,4	23,8	23,8	23,8

Kompressionen i millimeter för Distance för dam och herr skiljde sig åt något, men inte mer än en halv millimeter. Då sulorna dessutom hade samma tjocklek blev kompressionsförhållandet detsamma. Resultatet var därför det önskade, eftersom samma skomodell har lika uppbyggnad. Testet verifierade därför konstruktionens mätnoggrannhet vid testning av olika skor.

I nästa jämförelse ställdes två herrskor mot varandra. I detta fall var det viktigt att inte enbart jämföra kompressionen i millimeter, där de båda har samma värde. Detta kan vara missvisande, då sulornas tjocklek skiljer sig åt. Därför jämförs kompressionsförhållandet där resultatet visar att Speed är hårdare än Distance, vilket även överensstämmer med hur Salming presenterar skorna; Distance är avsedd för att användas långa sträckor och på hårda underlag.

4.5.2.5. Runner's World

Sista testet som utfördes var på Salming Trail T1, som varit med i Runner's Worlds tester. Detta för att kunna jämföra de uppmätta värdena med Runner's Worlds analys. På så sätt kunde en slutsats dras om tidningens skala och vilket värde som anses vara en mjuk respektive hård sko. Det var en oanvänd sko i herrstorlek 42 $\frac{1}{3}$ med sultjocklek 25,8 mm som testades. Resultatet från testet redovisas i *tabell 4.9*.

Tabell 4.9 Resultat för Salming Trail T1

Sko:	Salming Trail T1		
Test	1	2	3
Kompression [mm]	6,7	7,1	7,1
Kompression [%]	26,0	27,5	27,5

Runner's Worlds skalor representerar en jämförelse mot en genomsnittssko, där vänstra delen av skalan är hård och högra är mjuk [1]. I deras test på Salming Trail T1 ligger skon ganska långt åt hårdsidan för hälsens dämpning, se figur 4.25. Medelkompressionsförhållandet från mätningen låg på 27 %, vilket då enligt Runner's Worlds tester är ett värde som är betydligt hårdare än genomsnittsskon.



Figur 4.25 Resultat från Runner's Worlds tester

4.5.3. Analys av måluppfyllnad

Denna analys bedömer kvaliteten i förhållande till de krav och önskemål som ställs på konstruktionen. Detta genomfördes genom att jämföra dämpningskonstruktionens slutgiltiga utformning mot de kriterier som finns i dess kravspecifikation. Dessutom är det ett avsteg för eventuella framtida utvecklingsarbeten. Överlag kan konstateras att de krav som finns är uppfyllda och att önskemålen till största del är infriade. Produkten är färdig och användarklar, även om det finns potential till förbättringar och vidareutveckling. Kraven och önskemålen som ställts och som analyseras nedan finns i bilaga A.

Funktion

Huvudfunktionen för dämpningskonstruktionen är att mäta kompressionen av sulan. Det ska göras enligt en förutbestämd standard och därför finns vissa krav på funktionen. De är främst att cylindern ska falla fritt 50 mm innan den träffar skon, sedan ska den lyftas upp till den ursprungliga positionen igen. Det betyder alltså att höjdförhållandet behöver kunna justeras, eftersom skor har olika tjock sula. Det löstes genom att tappen kan förlängas med hjälp av gängor mellan kraftgivaren och tappen. Cylindern faller och lyfts upp av ett snäckhjul, därmed uppfyller konstruktionen den efterfrågade funktionen.

Någon knapp för på- och avslagning är ej utvecklad utan sker genom att en sladd kopplas till ett vägguttag. Det här är inte den bästa lösningen men det lever ändå upp till kravet att den ska kunna sättas på och stängas av. Vad det gäller kraftgivare, lägesgivare, datainsamling och anti-aliasfilter har komponenter valts helt och hållet efter de krav som finns och därför uppfyller de målen. Anordningen är robust och förblir därmed stabil vid användning. Kravet på att löparskorna ska fixeras löstes genom en tving som med god marginal klarar av de krafter som uppstår på dem.

Prestanda

Cykeltiden ska ligga på två sekunder med en felmarginal på en sekund. Vid testkörning verifierades att det tar i princip två sekunder per varv. Antalet cykler per mätning ska vara 30. Konstruktionen kör så länge som sladden är i vilket innebär att det är upp till

användaren att räkna varje cykel för att ha koll på när det gått exakt 30 stycken. Den lever alltså upp till kravet även om det finns plats för utveckling. Målvärdet för friktion är $\pm 2\%$ av det teoretiska värdet, vilket är tiden det tar för cylindern att falla fritt 50 mm. För att detta ska vara möjligt krävs en del olja vid samtliga bussningar. Eftersom den friktion som uppstår är likartad vid varje cykel och varje test påverkas resultatet inte.

Livslängd

Att bedöma huruvida produkten klarar det uppsatta målet om en livslängd på tio år, är relativt svårt i och med att den enbart har använts ett fåtal gånger för testning och verifiering. Det som talar för att den kommer hålla är emellertid att komponenternas material valdes ur ett hållfasthetsperspektiv. Simuleringarna i Ansys visade dessutom endast på små deformationer av det kritiska området runt skenaxeln. Den slutgiltiga motorn är kraftigt överdimensionerad, vilket innebär att den kommer klara av att utföra den önskade rörelsen utan problem och därmed också kommer att hålla under lång tid.

Användarvänlighet

Skorna är enkla att fixera med hjälp av en tving. Dessutom är det lätt att placera skon under tappen. Mätstickan underlättar vid justering av höjden genom att på ett smidigt sätt visa hur mycket som behöver skruvas upp eller ned av tappen. Konstruktionen är okomplicerad att sätta på och stänga av i och med att det endast är en sladd som kopplas in i, respektive ut ur, vägguttaget. Konstruktionen är överlag enkel att förstå. En instruktionsmanual för hur sladdarna ska kopplas finns också att tillgå i *bilaga F*. All kod i Labview är fullständig och bara att köra för att få värden från kraft- och lägesgivaren.

Underhåll

Produkten är enkel att rengöra på flera olika sätt. Skulle det önskas att komma åt mellan olika delkomponenter är det enkelt att skruva isär de olika delarna. Att smörja delar där risk för friktion finns är inte heller några problem.

Kostnad

Ett önskemål om att kostnaden inte skulle överstiga 24 000 kr fanns. Denna budget överskreds ej och totalsumman blev 23 096 kr. Dock var orsakerna till den höga kostnaden inköp av givare och motor. Den typ av motor, en typ av vindrutetorkarmotor, som från början beräknades vara tillräcklig, hade en kostnad på 1 500 kr. Eftersom den här inte fungerade köptes en annan motor med en kostnad på 9 613 kr.

Miljö

Det är kravställt att 70 % av produkten ska vara återvinningsbar uppnås med råge. Alla delar går att demontera ned på ett enkelt sätt och de olika materialen kan således återvinnas. Elmotorn kan återvinnas och sorteras som elavfall. Eftersom produkten inte kommer att massproduceras har inget fokus lagts på återanvändningsbarhet.

Vikt

Kravet på att cylindern ska väga 8,5 kg som kommer från standard ASTM F1976 infrias, vilket anses vara extremt viktigt för att testet ska bli jämförbart med det Runner's World genomför årligen.

Geometri

De mått på konstruktionen det finns krav på inbegriper enkom tappens diameter och densamma kantradie. Dessa gick att verifiera genom mätning och ett tillfredsställande svar erhöles.

Material

De material som används är varken miljö- eller brandfarliga, vilket är precis i enlighet med de krav och önskemål som finns på dem. Önskemål om smältpunkt $> 100^{\circ}\text{C}$. Alla komponenter har en hög smältpunkt och klarar därför det önskemålet.

Standarder och lagkrav

De standarder och lagkrav som berör produkten är att materialen och tillverkningsmetoderna inte ska vara miljöfarliga. Materialen är olika metaller som uppfyller de kraven.

Säkerhet

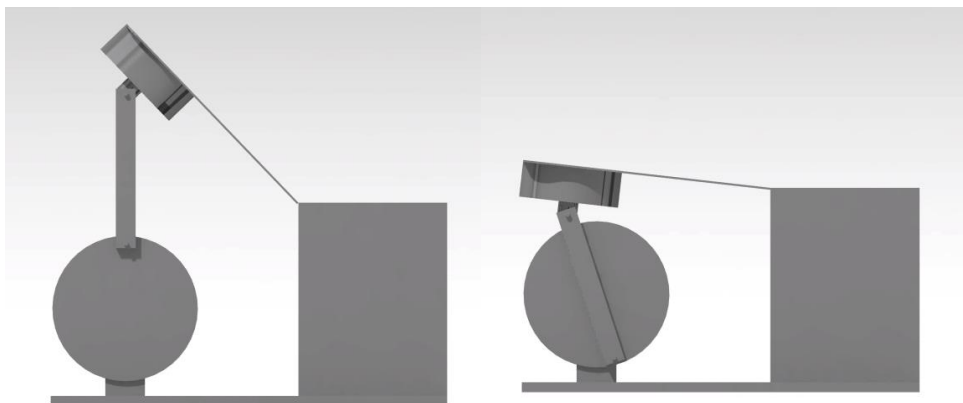
Alla elektriska kretsar har god isolering. Det här är viktigt för att användaren inte ska utsättas för fara när den brukar produkten. Särskilt viktigt är det att kretsen som kopplas till ett vägguttag är välisolerad, eftersom det annars i värsta fall kan få förödande konsekvenser. En viss klämrisk finns. På grund av att skorna måste kunna tas bort och sättas på plats i produkten, går det inte att täcka för det området med något skydd utan där är det helt öppet, vilket innebär att en liten risk för klämning finns. Konstruktionen i sig är dock ganska enkel att förstå sig på, och därför är bedömningen att det inte är särskilt troligt att det kommer ske.

4.6. Koncept för flexibilitetskonstruktion

Eftersom ingen prototyp eller produkt framtogs kan inte konstruktionen i sin helhet testas. Istället genomfördes ett funktionellt test genom en dynamisk simulering. Därefter analyseras ställda krav och önskemål för att säkerställa att dessa uppfylls.

4.6.1. Funktionellt test

För att säkerställa att flexibilitetskonstruktionen uppfyller dess funktioner genomfördes en dynamisk simulering genom Catia V5. En rotation av skivan skapas, vilken motsvarar rörelsen som motorn ska driva. I skivan sitter hävarmen fast, som vid rotation får den rörliga plattan att tryckas upp mot 45° och sedan tillbaka till ursprungsläget igen, se *figur 4.26*.



Figur 4.26 Till vänster är konstruktionen i sitt högsta läge och till höger är den i sitt lägsta läge

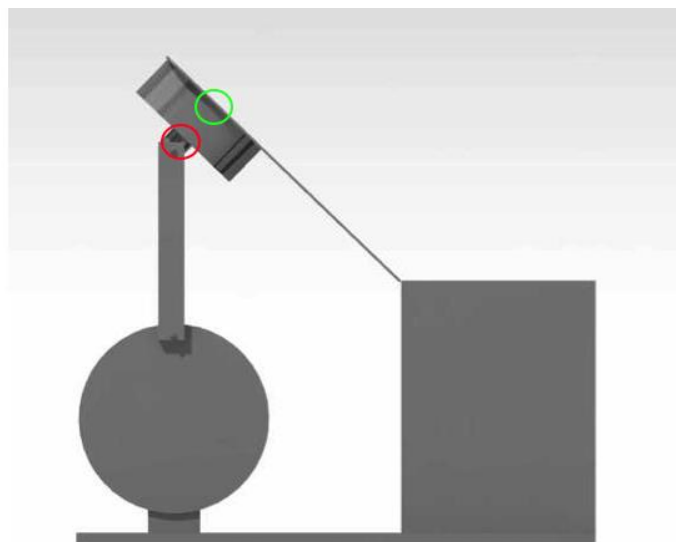
Detta funktionella test avsåg att kontrollera att systemet kan röra sig utan komplikationer. Ett moment som iaktogs var hävarmens rörelse runt skivan, för att säkerställa att hävarmen inte går emot basplattan eller givaren. På samma sätt studerades den rörliga plattans rörelse, då denna inte ska gå emot skivan när den befinner sig i sitt lägsta läge, se *figur 4.26*. Viktigast var att säkerställa att den rörliga plattan uppnår 45° . Av intresse var också att studera om den gick hela vägen ner till 0° i sin utgångsposition. Konstruktionen är skapad utefter att nå exakt 45° . Däremot återgår inte konstruktionen till 0° som förväntat, utan stannar vid $6,5^\circ$. Därför uppfyller inte konstruktionen önskemålet om att nå 0° i sitt lägsta läge.

4.6.2. Analys av måluppfyllnad

För flexibilitetskonstruktionen togs endast ett koncept fram med kompletta ritningar. Då vidareutveckling kan ske parallellt med produkttillverkning är konceptet inte fullständigt välutvecklat. Ty att en färdig prototyp eller produkt inte framtogs blir analys av måluppfyllnad för flexibilitetskonstruktionen ytterst kortvarig. En del av kraven och önskemålen har därför inte kunnat utvärderas, och därmed uteslöts dem i analysen. De viktigaste kraven är uppfyllda, men det finns delar av konstruktion som behöver vidareutvecklas. Kraven och önskemålen som ställts och som analyseras finns nedan i *bilaga B*.

Funktion

Det koncept som framtogs innebär att skorna kan böjas till 45° som var ett av huvudkraven för konstruktionen, vilket bekräftades med en dynamisk simulering. Det visade sig dock att plattan inte återgick till 0° i sitt lägsta läge. För att kunna mäta kraften för att böja skon 45° behöver flexibilitetskonstruktionen en kraftgivare med en placering under den rörliga plattan. Tanken var att använda samma typ av kraftgivare som för dämpningskonstruktionen. Därmed placerades infästningen för hävarmen på givaren istället för den rörliga plattan, vilket innebär en förskjutning på totalt 50 mm under den rörliga plattan, se *figur 4.27*. Det röda området visar var hävarmen fäster och det gröna området visar var hävarmen ska fästas för att nå 0° . Förskjutningen leder i sin tur till en svårighet att få rörelsen från 0° till 45° . Det som anses vara av störst vikt är att nå en böjning upp till 45° , vilket prioriterades vid utformningen av konceptet och uppfylls med konstruktionens utformning.



Figur 4.27 Infästning av hävarmen

Skon kommer uppfylla kravet att vara fixerad både fram och bak vid användning. Konstruktionen är utformad för att en tving ska kunna spännas fast på skons framdel och att ett justerband ska spännas runt bakkdelen. Anordningen är fastmonterad i den bastanta basplattan, vilket bidrar till att konstruktionen är stabil. Vinkelgivaren och kraftgivaren som valdes kommer kunna mäta både vinkel och kraft för böjningen, vilket även dessa var krav.

Prestanda

Kravet på att främre delen av skon ska vara fixerad uppfylls genom att använda en tving som enligt dess datablad klarar av kraften på 1 112 N. Någon tving har dock inte köpts då ingen produkt tillverkades.

Många av de andra kraven på kravspecifikationen är svåra att avgöra om de har uppfyllts då detta syns först vid färdig prototyp eller produkt. Däribland krav på cykeltid och om mätdata kommer ge ut mätningar av önskad tolerans.

Kostnad

Ett önskemål har satts till att kostnaden inte ska överstiga 24 000 kr för konstruktionen. Då kostnadskalkylen för konstruktionen uppgår till cirka 21 000 kr kommer budgeten hållas även om mindre extrakostnader tillkommer.

Vikt

Vikten på konceptet uppskattas till att vara 10,6 kg utan motor och växellåda. Det finns ett medelstarkt önskemål om att totalvikten ska vara $29,5 \pm 5$ kg. Med samma motor och växellåda som används till dämpningskonstruktionen blir totalvikten 24,1 kg, vilket därmed gör att önskemålet uppfylls.

5. VIDAREUTVECKLING

Under framtagningen av mätutrustning för dämpning och flexibilitet uppstod flera förbättringsmöjligheter, men för att hålla tidsramen har inte samtliga kunnat åtgärdas. På grund av att en fullständig produkt tillverkades för dämpningskonstruktionen finns fler möjligheter till vidareutveckling än för flexibilitetskonstruktionen, vilken endast är ett koncept. Produkten för dämpning vidareutvecklades i flera steg parallellt med tillverkningen. Detta kan göras vid eventuell tillverkning av flexibilitetskonstruktionen också.

5.1. Dämpning

Några förenklingar och förbättringar kan göras på dämpningskonstruktionen. Höjden på anordningen hade med fördel kunnat förlängas, då detta hade underlättat höjdställningen av tappen. I dagsläget är det ytterst trångt på undre planet, vilket gör det krångligt att komma åt. Dock ska inte höjden överdimensioneras, eftersom det kan leda till en instabilare anordning. När höjden på planen förlängs behöver även axelns längd förlängas för att kunna testa ett vidare spann av löparskor med avseende på sulans tjocklek.

När konstruktionen används på en hårdare sko medför det att cylindern studsar mer, jämfört med en mjukare sko som absorberar mer av rörelsen. Längre studs leder till att cylindern inte hinner stabilisera sig och hamna i vila på sulan innan snäckan plockar upp cylindern igen. Detta kan i sin tur resultera i problem med datainsamlingen. En lösning på problemet kan vara att dimensionera upp snäckan så att cylindern hinner hamna i vila, men detta kan dock förorsaka att många andra komponenter i konstruktionen måste dimensioneras om. En annan lösning kan vara att ändra snäckans utformning så att den radiella ökningen inte sker för tidigt eller ändra så att radien inte ökar lika mycket i början. Detta kan även leda till problem då denna minskning av lutning medför att lutningen måste öka mer senare på snäckan, vilket kan göra det svårare för motorn att förflytta cylindern vertikalt. Ytterligare en lösning hade kunnat vara att sänka hastigheten på motorn för att ge cylindern mer tid på sig att studsa, men detta är inte optimalt eftersom det finns en viss cykeltid som ska uppnås.

Mätstickan som används för att avgöra höjdställningen av tappen över löparskon är smal och instabil, vilket gör den svår att placera helt rakt. Detta leder till svårigheter att få korrekt avstånd eftersom den dels inte står upp av sig själv och dels är det svårt att veta exakt var på häldelen av skon den ska utgå. Utöver det kan det vara bra om den har samma diameter som tappen eftersom skorna ofta har en skålformad geometri i hälen. I nuläget träffar tappens ytterkanter skon innan den fallit 50 mm på grund av mätstickans smala geometri. En mätsticka med likadan diameter som tappen löser dessutom problemet med instabilitet.

Utrymme för utveckling finns för tvingen som brukas för att fixera löparskon. Styva skor är svåra att böja och tenderar därför att lyfta i hälpåret med nuvarande lösning. Detta uppstår i och med att skon sällan är helt plan gentemot underlaget i den punkt där tvingen trycker mot skon. Det här kan exempelvis lösas genom att antingen nyttja en tving som har en större kontaktyta mot skon, eller med en extra tving. Problemet kan även lösas genom att ha en tving som kan förflyttas längs med skon, för att den ska kunna anpassas efter olika modeller och storlekar.

För att förenkla placeringen av skon hade det varit bra att ha en mall på bottenplattan, vilken indikerar var skon ska ställas. Då olika skor kommer behöva olika inställningar kommer denna mall inte kunna vara definitiv, men det skulle ändå vara till hjälp att ha en ram inom vilken man placerar skon.

Vid det funktionella testet uppstod en del friktion i konstruktionen. Detta uppmärksammades genom att anordningen började skaka när motorn sattes igång och snäckan började rulla. Mycket av friktionen försvann när samtliga bussningar smörjdes. Däremot var det svårt att få skenaxelsbussningen att rotera mot snäckan, utan istället gled den och stor friktion uppstod. Denna friktion skapas till följd av den belastning på 8,5 kg som finns på den. Rekommendationen är därför att använda ett nållager istället, vilket minskar friktionen och underlättar rörelsen runt snäckan.

På dämpningskonstruktionen används dessutom mässingsbussningar för att se till att cylindern enbart rör sig i vertikalt led. Den rörelsen är så när som friktionsfri men kan minskas ytterligare genom att linjärlager används på mittenplattan och den övre plattan. Luftlager är ett dyrare, men bättre alternativ som ger ännu mindre friktion än linjärlager.

I dagsläget är givarna programmerade för att starta mätning av kompression och kraft när konstruktionen startas. Problemet med detta är att den graf som erhålls blir mer ihoptryckt för varje cykel som körs, vilket innebär att grafen till slut blir svårsläslig. Detta löses i dagsläget genom att manuellt starta mätningen vid de fem sista cyklerna, vilka är de som är av intresse. Det kan därmed vara aktuellt att programmera Labview så att varje cykel räknas och att programmet börjar mäta vid de sista fem cyklerna. Det hade även varit aktuellt att få konstruktionen och mätningarna att stanna efter totalt 30 cykler. Idealt vore dessutom att konstruktionen kan sättas på och stängas av när som helst via Labview för att inte behöva koppla in och ur en sladd varje gång den används.

5.2. Flexibilitet

När flexibilitetskonstruktionen var färdigställd och uppritad i Catia V5 simulerades den dynamiska rörelsen. Konstruktionen utformades för att nå 45° i högsta läget, men under simuleringen framkom det att den inte når 0° vid det lägsta läget. Det sistnämnda var inget krav, men är önskvärt vid utveckling av konstruktionen. Det kan möjligen lösas genom att använda en annan typ av kraftgivare som gör det möjligt att fästa hävarmen direkt i den rörliga plattan.

Det finns ingen genomarbetad lösning till motorns infästning i den roterande skivan. Dock bör detta kunna lösas på liknande sätt som för dämpningskonstruktionen, med en motorhållare och ett nav som skivan kan fästa i.

Flexibilitetskonstruktionen kräver en vinkelgivare. Eftersom denna konstruktion enbart är ett koncept har inte denna komponent köpts in. Tanken är att vinkelgivaren ska monteras på motorns axel men för att säkerställa att denna lösning fungerar krävs den fysiska produkten.

6. DISKUSSION

Redan tidigt i arbetsprocessen togs ett beslut att framförallt fokusera på en konstruktion. Detta för att säkerställa att en fullständigt användbar produkt skulle vara klar inom tidsramen. Resultatet blev därmed en fullt användbar produkt av en konstruktion som mäter dämpning i löparskor samt ett fullständigt koncept som mäter flexibilitet.

För de företag som vill använda den framtagna dämpningskonstruktionen eller skapa en produkt av flexibilitetskonceptet, innebär det att man kan undersöka sina egenskaper samt mäta sig mot andra skor på marknaden. Fördelen med detta är att man då kan bredda din kundkrets som företaget eventuellt inte når ut till. Om man exempelvis enbart tillverkar hårt dämpande skor kanske de kunder som söker en sko med mjukare dämpning vänder sig till ett annat företag. Detta innebär att det finns ett hål i marknadssegmentet som därmed bör fyllas för ökad försäljning. Vid framtagning av nya löparskor kan man dock inte enbart studera dämpning och flexibilitet, utan man behöver även ta hänsyn till andra preferenser som tagits upp i enkätundersökningen.

För att analysera en löparsko och exempelvis undersöka varför den säljer bra eller dåligt kan inte enbart en egenskap studeras, utan man måste utgå från helheten. För att få ett tydligt resultat krävs alltså fler undersökningar av andra löparskoegenskaper, det vill säga inte enbart dämpning och flexibilitet. Att dra en slutsats inom detta område var därmed inte vårt syfte, utan vi har framförallt fokuserat på att skapa verifieringsmetoder som ser till att vår dämpningskonstruktion fyller sin funktion. Däremot har vi genom vår enkätundersökning kunnat finna samband mellan vilka egenskaper som värdesätts av personer som löper mycket eller lite och vilket underlag som löps på. Sambanden innefattar enbart vad som anses viktigt och inte hur varje egenskap önskas vara. Det innebär exempelvis att det inte dragits några slutsatser om dämpningen ska vara mjuk eller hård. Detta gäller genomgående för alla egenskaper i enkäten.

Konstruktionerna i sig avser efterlikna tidningen Runner's Worlds egen mätutrustning till deras löparskotester. De löpare som har bedömt skorna anses vara kunniga och löpentusiaster över hela världen läser tidningen. Om löparskotillverkare upplever att en konkurrents löparsko säljer bra, kan de med hjälp av Runner's Worlds uppslag och den framtagna konstruktionen dra olika slutsatser. Om exempelvis en löparsko beskrivs som hårt dämpande och kompressionen uppmäts till ett visst värde, kan detta värde eftersträvas för att fylla den delen av marknadssegmentet.

Vid första testet av konstruktionen uppdagades att den motor som erhållits inte klarade av att rotera hela den last som krävs för att kunna mäta dämpningen på ett korrekt sätt. Det konstaterades att utan extravikt, kraftgivare och ansats kunde den med nöd och näppe få snäckhjulet att rotera, men med vikten från dessa tre komponenter stod den helt stilla. Den främsta orsaken till att det inte fungerade var att gängorna på insidan av det nav som sitter på motoraxeln var utnötta. På navet var i sin tur snäckhjulet fäst. Vid testet med all vikt inkluderad roterade därmed motoraxeln men navet slirade dessvärre utanpå den, vilket ledde till att cylindern inte förflyttade sig upp och ned. Till en början användes en vindrutetorkarmotor på 24 V men som efter detta test byttes ut mot en motor med en högre effekt och ett större vridmoment. Det är dock inte fastställt att

motorn var för svag, utan en 24 V motor i nyskick borde med de beräkningar som gjordes vara tillräcklig.

I och med att Runner's World inte har någon offentlig dokumentation på deras mätkonstruktioner finns det en viss risk att vår framtagna produkt och vårt koncept inte helt överensstämmer med deras, vilket var det grundläggande syftet. Därför gjordes försök till att säkerställa att dämpningskonstruktionen ger ut korrekta resultat. Ambitionen var att jämföra resultat av simulering i Ansys mot funktionella tester av produkten. Dock var antalet materialegenskaper på de materialprover som produkten testats på otillräckliga. Utöver det saknades information om hur gamla de är och om de använts i andra tester tidigare. Detta är parametrar som kan påverka dess egenskaper. Vid denna dynamiska simulering upptäcktes att E-modulen var en avgörande egenskap för hur stor kompressionen skulle bli, vilken saknades för respektive material. Resultatet av Ansys var därför inte jämförbar med de uppmätta värdena från produkten.

Vid mätning av kompressionen på olika skosulor konstaterades en del felkällor. För att ställa in fallhöjden används mätstickan. När cylindern belastar skon komprimeras sulan något. När fallhöjden mäts är sulan i obelastat läge men den verkliga fallhöjden bör egentligen mätas från den något komprimerade sulan upp till tappen. Ju mjukare sula desto större felmarginal blir det. En hårdare sula kan dock ge ett annat mätfel. När cylindern faller ned på en hårdare sula studsar den och därmed blir det svårt att fastställa den exakta nollnivån, då det är svårt att avläsa i grafen eftersom nollnivån syns otydligt. Istället får nollnivån som uppmätts med mätstickan användas. I fallen med mjukare sula är grafen konstant i några sekunder efter nedslaget, vilket lätt avläses som den verkliga nollnivån.

Dämpningskonstruktionen mäter både kompression och kraft. Kompressionen är det enda som har behandlats, då syftet var att efterlikna Runner's Worlds tester. Att mäta kraften för att kunna beräkna accelerationen var endast ett önskemål från Salming. Hade kraften varit av större betydelse kan även mätdata från lägesgivare deriveras två gånger för att få ut kraft som sedan kan jämföras med mätdata från kraftgivare. Detta för att verifiera att konstruktion och givare arbetar som de ska.

Framtagandet av konstruktionerna har lett till ett stort intresse av att göra tester likt Runner's Worlds, det vill säga mäta kompression och därmed ställa olika löparskor emot varandra med avseende på dämpning. Då vi hade begränsad tillgång till skor var det svårt att dra några generella slutsatser. De modeller som testades var inte av samma storlek och vissa var använda. Förhoppningen var att ha tillgång till olika modeller i samma storlek både för dam och herr för att på så sätt kunna rangordna skorna efter dämpning.

I det sista testet jämfördes de uppmätta värdena mot skalan i Runner's Worlds tidning. Tanken från början med detta test var att testa flera skor med varierande dämpning, vilka har varit med i tidningen, för att kunna hitta ett samband mellan deras skala och kompressionsandelen som mäts. Då endast en sko testades var detta samband omöjligt att hitta.

Från början var målet att göra ett användartest i slutet av projektet för att kunna återkoppla till enkätundersökningen och jämföra resultaten. I användartestet skulle löpare använda skorna under en månad för att sedan utvärdera dem och därefter

jämföra deras åsikter med svaren från enkäten. Denna studie skulle krävt en stor mängd av löparskor för att få ett pålitligt resultat, därför var detta inte genomförbart.

I och med att flexibilitetskonstruktionen enbart är ett koncept kommer vidareutveckling krävas. Detta koncept har visserligen betydligt färre komponenter än dämpningskonstruktionen, men det finns en viss risk att en del lösningar inte är genomförbara eller att nödvändiga komponenter saknas. Dessutom kan montering och komponenttillverkning innebära förändringar i konstruktionens utformning. Detta är vidareutveckling som krävs för att produkten ska kunna framställas.

Givarnas utseende har till stor del påverkat utformningen av våra konstruktioner. Vissa komponenter är anpassade efter givarna. Om andra leverantörer föredras kan dessa komponenter eventuellt behöva omkonstrueras. De aktörer som var intressanta för givarna var HBM, Vetek, OEM Automatic och Elfa. HBM hade väldigt bra givare, men problemet med dem var att de var dyra och inte fungerade med Labview, vilken är den programvara som används mot givarna. På grund av detta valdes HBM bort.

7. SLUTSATS

Att ta fram konstruktioner som mäter materiella parametrar hos löparskor har varit det huvudsakliga syftet. En fullständig konstruktion som mäter dämpning i löparskor skapades, samt ett koncept som avser mäta löparskors flexibilitet.

Konstruktionen för dämpning som togs fram är ett bra verktyg för att studera löparskors dämpningsegenskaper, mätvärdena och resultaten är lätta att bearbeta och analysera. Detta har säkerhetsställts med ett funktionellt test. Resultaten är liknande Runner's Worlds och går därför att jämföra med deras tester.

För flexibilitet finns ett färdigt koncept som med hjälp av vidareutveckling kan bli en färdig produkt. Simuleringar visar att den fungerar med mindre problem som hade kunnat lösas om mer tid funnits. Konceptet kommer fungera för att mäta flexibiliteten i löparskor och resultatet kommer sannolikt vara jämförbart mot Runner's Worlds tester.

I den inledande enkätundersökningen erhöles resultat som påvisade att betydelsen av vissa egenskaper var samma beroende av löpvana och att betydelsen av andra egenskaper berodde på användarkrets.

Den framtagna utrustningen möjliggör egna analyser av löparskor för Salming. Detta kommer att berika deras utvecklingsarbete och medför även att de kan jämföra sig med andra märken på marknaden.

KÄLLFÖRTECKNING

- [1] Stefan Larsén, chefredaktör. Trailskoguide 2015. Runner's World. 2015; 21(9): sidor 82-85.
- [2] Dickson, M. J., Fuss, F. K., Burton M. Development of a standardized test method for characterizing the stiffness of heel sole segments of sports shoes [Internet]. Procedia Engineering 2010 [citerad 2016-01-27]; 2(2): 2801-4. Hämtad från: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705810003231>
- [3] American Society of Testing and Materials. Standard Test Method for Impact Attenuation of Athletic Shoe Cushioning Systems and Materials [Internet]. West Conshohocken: American Society of Testing and Materials; 2013. Designation; F1976-13. [citerad 2016-01-27]; Hämtad från: http://compass.astm.org/EDIT/html_annot.cgi?F1976+13
- [4] Runner's World. Så går det till på RW's skotester. Runner's World [Internet]. 20 April 2014. [citerad 2016-01-27]; Hämtad från: <http://www.runnersworld.se/artiklar/sagar-det-till-pa-runner.htm>
- [5] Williams B.E. A three-point approach to testing running shoes. Ler [Internet]. Mars 2010 [citerad 2016-01-27]; Hämtad från: <http://lermagazine.com/article/a-three-point-approach-to-testing-running-shoes>
- [6] National Physical Laboratory. How many different types of force transducer are there? [Internet]. 25 mars 2015. [citerad 2016-03-23]; Hämtad från: [http://www.npl.co.uk/reference/faqs/how-many-different-types-of-force-transducer-are-there-\(faq-force\)#elecrexis](http://www.npl.co.uk/reference/faqs/how-many-different-types-of-force-transducer-are-there-(faq-force)#elecrexis)
- [7] Umeå universitet. Positions givare [Internet]. [citerad 2016-03-23]; Hämtad från: http://www8.tfe.umu.se/courses/elektro/elmat1/v36_01_da/Grupp5/grupp5.html
- [8] Instrumentation Today. Linear Potentiometer Transducer [Internet]. 15 juli 2012. [citerad 2016-03-23]; Hämtad från: <http://www.instrumentationtoday.com/linear-potentiometer-transducer/2011/07/>
- [9] Elliott Sound Products. Beginners' Guide to Potentiometers. [Internet]. 22 januari 2002. [citerad 2016-03-23]; Hämtad från: <http://sound.westhost.com/pots.htm#markings>
- [10] Electronicstutorials. Hall effect sensors. [Internet]. [citerad 2016-03-23]; Hämtad från: <http://www.electronics-tutorials.ws/electromagnetism/hall-effect.html>
- [11] St. Laurent Mike. Running shoe guide for Dummies Part I [Internet]. [Datum okänt]. [citerad 2016-03-19]; Hämtad från: <http://www.coolrunning.com/engine/2/running-shoe-guide-for-du.shtml>
- [12] St. Laurent Mike. Running shoe guide for Dummies Part II [Internet]. [Datum okänt]. [citerad 2016-03-08]; Hämtad från: <http://www.coolrunning.com/engine/2/running-shoe-guide-for-du-2.shtml>

- [13] Runner's World. 5 Common Myths About Running Shoes. Runner's World [Internet]. 16 februari 2015 [citerad 2016-03-08]; Hämtad från: <http://www.runnersworld.com/the-shoe-room/5-common-myths-about-running-shoes>
- [14] Dunham's Sports [Internet]. [Datum okänt]. [citerad 2016-03-08]; Hämtad från: <http://www.dunhamssports.com/resource-center/running-shoes/>
- [15] Kolecki Catherine. Running Shoe [Internet]. [Datum okänt]. [citerad 2016-02-08]; Hämtad från: <http://www.madehow.com/Volume-1/Running-Shoe.html>
- [16] Empfield Dan. Tech footwear demystifier [Internet] 5 februari 2010. [citerad 2016-03-19]; Hämtad från: <http://www.slowlitch.com/Products/Running Footwear by brand/Tech footwear demystifier 675.html>
- [17] Spetnagel David. Sheo Tech – Advances in Pronation Control [Internet]. 1 november 2004. [citerad: 2016-03-19]; Hämtad från: <http://www.runnersworld.com/running-shoes/shoe-tech>
- [18] Crandall, J., Frederick, E.C., Kent, R., Lessley, D., Sherwood, C. Apparatus for measuring the forefoot bending stiffness of cleated American football shoes. Footwear Science [Internet]. 18 juni 2015. [citerad 2016-01-28]; 7(1): 23-5. Hämtad från: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19424280.2015.1036942>

BILAGOR

Bilaga A – Kravspecifikation för dämpningskonstruktion

Tabell A.1 Kravspecifikation för dämpningskonstruktionen. K=krav, Ö=önskemål på skala 1-5 (där 5 är av största vikt).

Kriterium	Målvärde	K/Ö	Verifieringsmetod	Kravställare
Funktion				
Mäta kompression	Ja	K	Test	Salming
Mäta kraft	Ja	Ö3	Test	Projektgrupp
Lyft/släpp mekanism	Ja	K	Beräkning/test/simulering	Salming
Inställning av höjdförhållande	Ja	K	Test	Projektgrupp
Anordning stabil	Ja	K	Test	Projektgrupp
Av- och påslagning	Ja	K	Test	Salming
Kalibrering	Ja	K	Test	Salming
Fixera sko	Ja	K	Test	Salming
Prestanda				
Total cykeltid	2 ± 1 s	K	Beräkning/test/simulering	Salming
Antal cykler/mätning	30 st	K	Beräkning/test/simulering	Salming
Friktion vid nedsläpp	± 2 % av det teoretiska värdet	K	Test	Projektgrupp
Elmotor	Ja	K	Leverantör	Projektgrupp
Fallhöjd cylinder	50 mm	K	Mätsticka	Salming
• Kraftomvandlare				
Mätinstrument för kraften (placering)	$\pm 0,5$ mm från centrumlinjen	K	Test	Projektgrupp
Mätinstrument för kraften (kapacitet)	0-10 kN	K	Test	Projektgrupp
• Kompressionsomvandlare				

Mätinstrument för kompression	$\pm 0,1$ mm	K	Test	Projektgrupp
• Datasamling				
A/D-omvandling (kompression)	Testvärdet $\pm 0,1$ mm	K	Leverantör	Salming
A/D-omvandling (kraft)	Testvärdet ± 1 N	K	Leverantör	Salming
Samplingshastighet	$\geq 5\ 000$ samplingar/s	K	Beräkning/test/simulering	Salming
Diagram: kompression - tid	Ja	K	Programmering	Salming
Diagram: kraft - tid	Ja	K	Programmering	Projektgrupp
Diagram: kraft - kompression	Ja	Ö3	Programmering	Projektgrupp
• Anti-aliasfilter				
Samplingstid	$\geq 5\ 000$ samlingar/s	K	Beräkning/test/simulering	Projektgrupp
Livslängd				
Livslängd	10 år	K	Utmattningsprov/simulering	Salming
Livslängd	≥ 10 år	Ö3	Utmattningsprov/simulering	Projektgrupp
Användarvänlighet				
Enkel skoinfästning	Ja	Ö5	Test	Projektgrupp
Tydliga instruktioner för användning	Ja	Ö4	Test	Projektgrupp
Underhåll				
Smörjbar	Ja	Ö5	Test	Projektgrupp
Möjlig att rengöra	Ja	Ö3	Test	Projektgrupp
Utbytesbara standardkomponenter	Ja	Ö2	Undersöka demonterbarhet	Projektgrupp
Kostnad				
Maximum	$\leq 24\ 000$ kr	Ö4	Kalkyl	Projektgrupp
Miljö				
Återanvändningsbarhet	80 %	Ö2	Test	Projektgrupp
Återvinningsbarhet	70 %	K	Test	Projektgrupp

Demonterbarhet	80 %	Ö2	Test	Projektgrupp
Vikt				
Cylinder	8,5 ± 0,1 kg	K	Viktkontroll	Salming
Geometri				
• <i>Tappen</i>				
Diameter	45 ± 0,1 mm	K	Mätning	Salming
Kantradie	1,0 ± 0,2 mm	K	Mätning	Salming
Material				
Värmetåligt	T _m > 100°C	Ö4	Undersökning	Projektgrupp
Ej brandfarligt	Ja	Ö5	Undersökning	Projektgrupp
Standarder och lagkrav				
Inga miljöfarliga tillverkningsmetoder	Ja	K	Undersökning	Svensk lagstiftning
Inga miljöfarliga material	Ja	K	Undersökning	Svensk lagstiftning
Säkerhet				
Minimera klämrisk	Ja	Ö4	Test	Projektgrupp
Välisolerade elkretsar	Ja	Ö5	Test	Projektgrupp
Konkurrerande lösningar				
Exeter Research CompITS	-		Undersökning	Projektgrupp

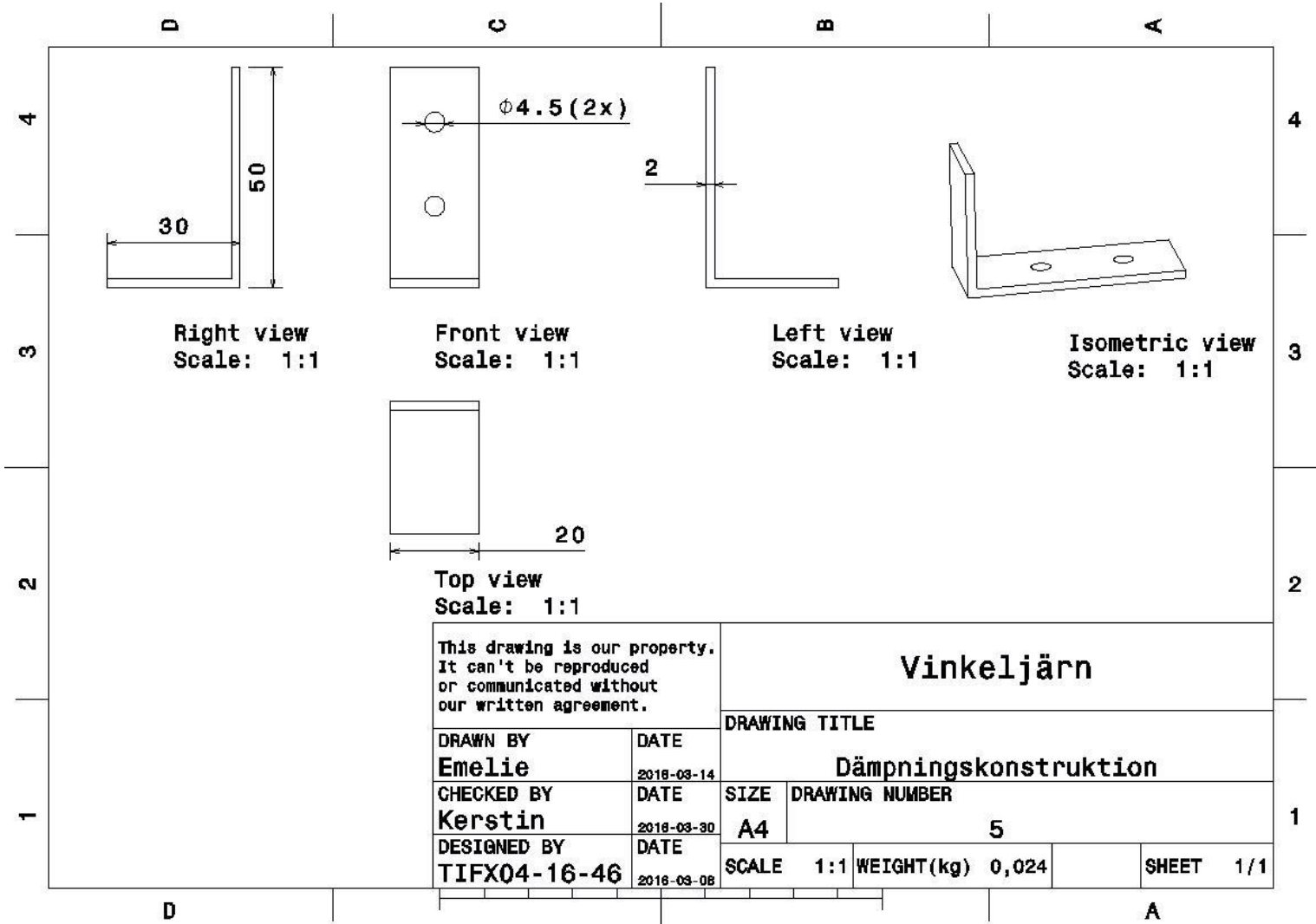
Bilaga B – Kravspecifikation för flexibilitetskonstruktion

Tabell B.1 Kravspecifikation för flexibilitetskonstruktionen. K=krav, Ö=önskemål på skala 1-5 (där 5 är av största vikt).

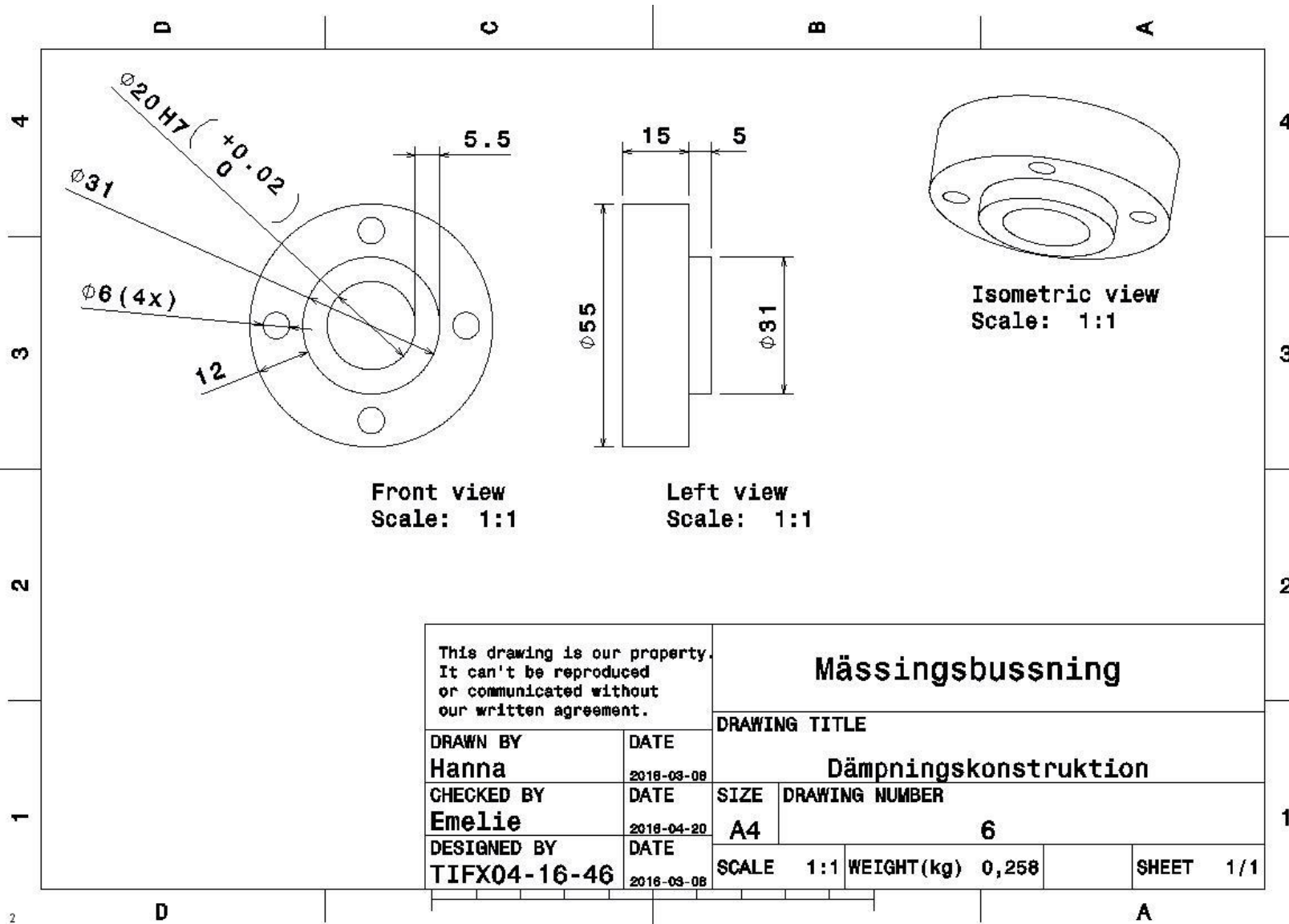
Kriterium	Målvärde	K/Ö	Verifieringsmetod	Kravställare
Funktion				
Böja sko maxläge	$45^\circ \pm 1^\circ$	K	Test	Salming
Utgångsläge sko	$0^\circ \pm 1^\circ$	Ö5	Test	Salming
Mäta kraft	Ja	K	Test	Salming
Mäta vinkel	Ja	K	Test	Salming
Fixera framfot	Ja	K	Test	Salming
Rörlig bakfot	Ja	K	Test	Salming
Anordning stabil	Ja	K	Test	Projektgrupp
Av- och påslagning	Ja	K	Test	Salming
Kalibrering	Ja	K	Test	Salming
Prestanda				
• Datainsamling				
A/D-omvandling (kraft)	Testvärdet ± 1 N	K	Leverantör	Salming
A/D-omvandling (vinkel)	Testvärdet $\pm 0,1^\circ$	Ö3	Leverantör	Projektgrupp
Samplingstid	$\geq 1\ 000$ samplingar/s	K	Test	Salming
Visa medelkraft	Ja	K	Test	Salming
Främre delen av skon fixerad	$\geq 1\ 112$ N	K	Test	Salming
Elmotor	Ja	K	Leverantör	Salming
Frekvens	3 Hz (flex/s)	K	Beräkning/simulering/test	Salming
Testtid	20 sekunder	K	Test	Salming
Livslängd				
Livslängd	10 år	K	Utmattningsprov/simulering	Projektgrupp
Livslängd	≥ 10 år	Ö3	Utmattningsprov/simulering	Projektgrupp
Användarvänlighet				
Enkel skoinfästning	Ja	Ö5	Test	Projektgrupp
Tydliga instruktioner för användning	Ja	Ö4	Test	Projektgrupp

Underhåll				
Möjlig att rengöra	Ja	Ö3	Test	Projektgrupp
Utbytesbara standardkomponenter	Ja	Ö2	Undersöka demonterbarhet	Projektgrupp
Kostnad				
Maximum	≤ 24 000 kronor	Ö4	Kalkyl	Projektgrupp
Miljö				
Återanvändningsbarhet	80 %	Ö2	Test	Projektgrupp
Återvinningsbarhet	70 %	K	Test	Projektgrupp
Demonterbarhet	80 %	Ö2	Test	Projektgrupp
Vikt				
Totalt	29,5 ± 5 kg	Ö3	Viktkontroll	Projektgrupp
Material				
Värmetålighet	T _m > 100°C	Ö4	Undersökning	Projektgrupp
Ej brandfarligt	Ja	Ö5	Undersökning	Projektgrupp
Standarder och lagkrav				
Inga miljöfarliga tillverkningsmetoder	Ja	K	Undersökning	Svensk lagstiftning
Inga miljöfarliga material	Ja	K	Undersökning	Svensk lagstiftning
Säkerhet				
Minimera klämrisk	Ja	Ö4	Test	Projektgrupp
Välisolerade elkretsar	Ja	Ö5	Test	Projektgrupp
Konkurrerande lösningar				
Exeter Research Shoe Flexer	-	-	Undersökning	Projektgrupp

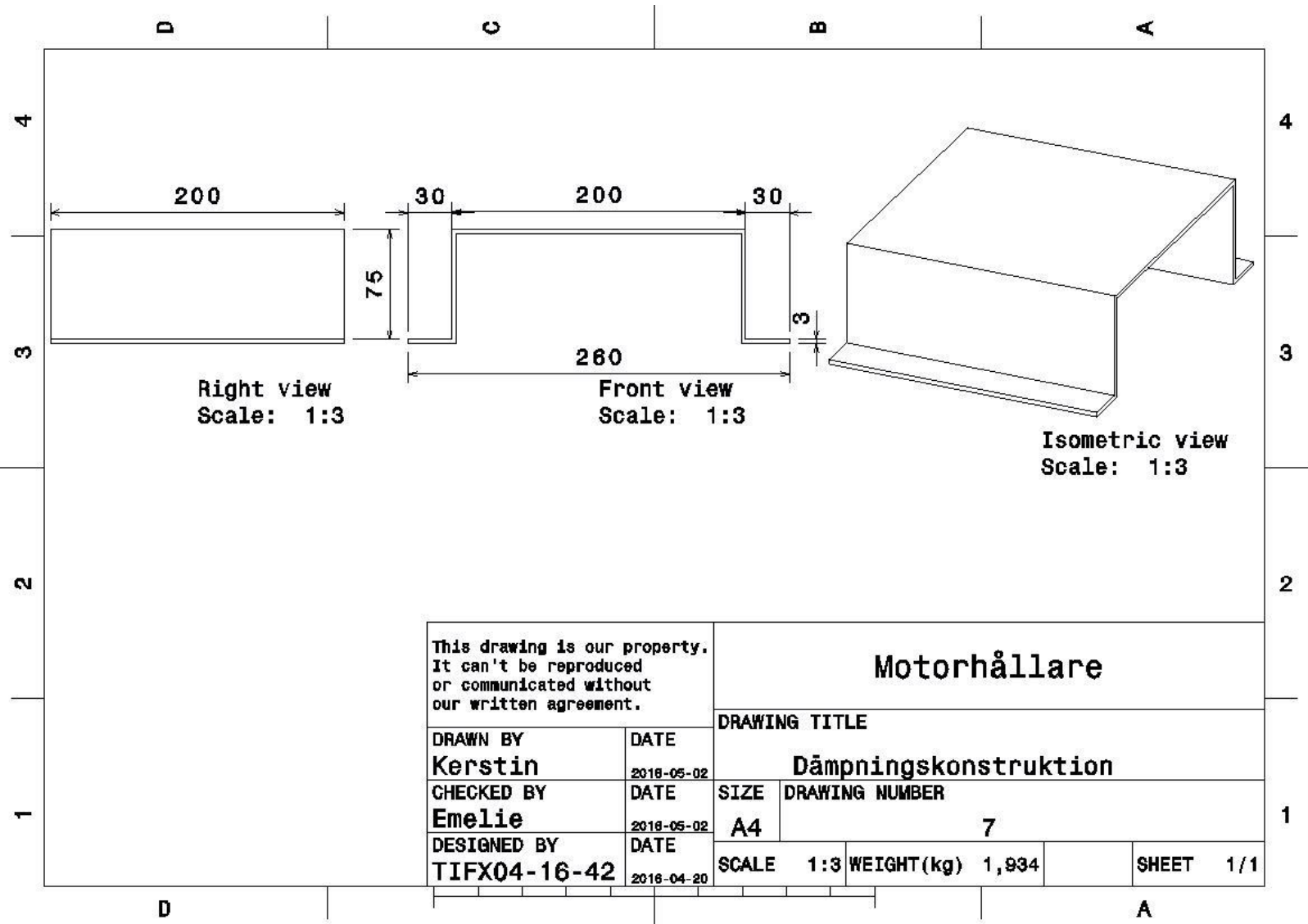
Bilaga C – Ritningar för dämpningskonstruktion



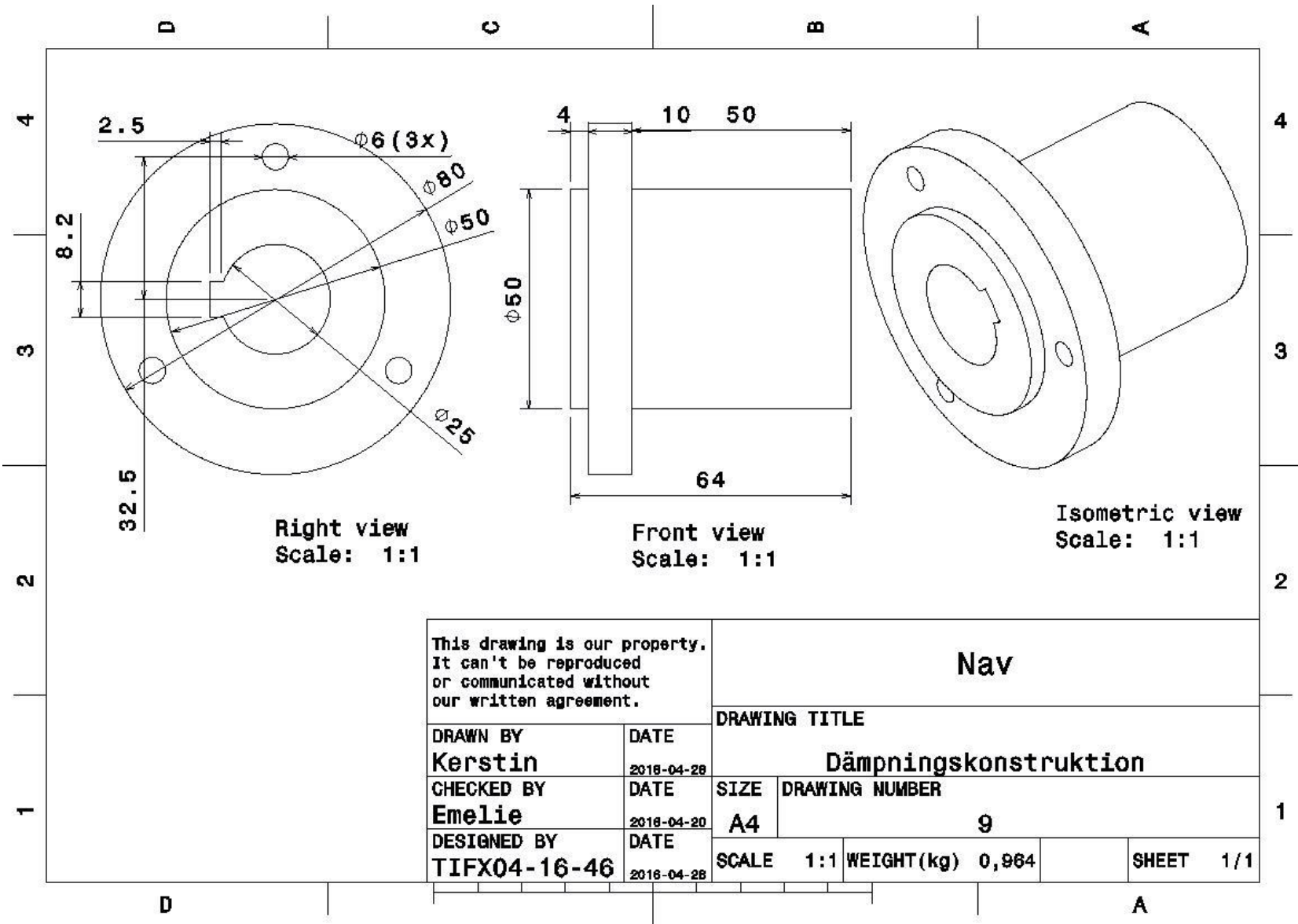
Figur C.1 Ritning på vinkeljärn



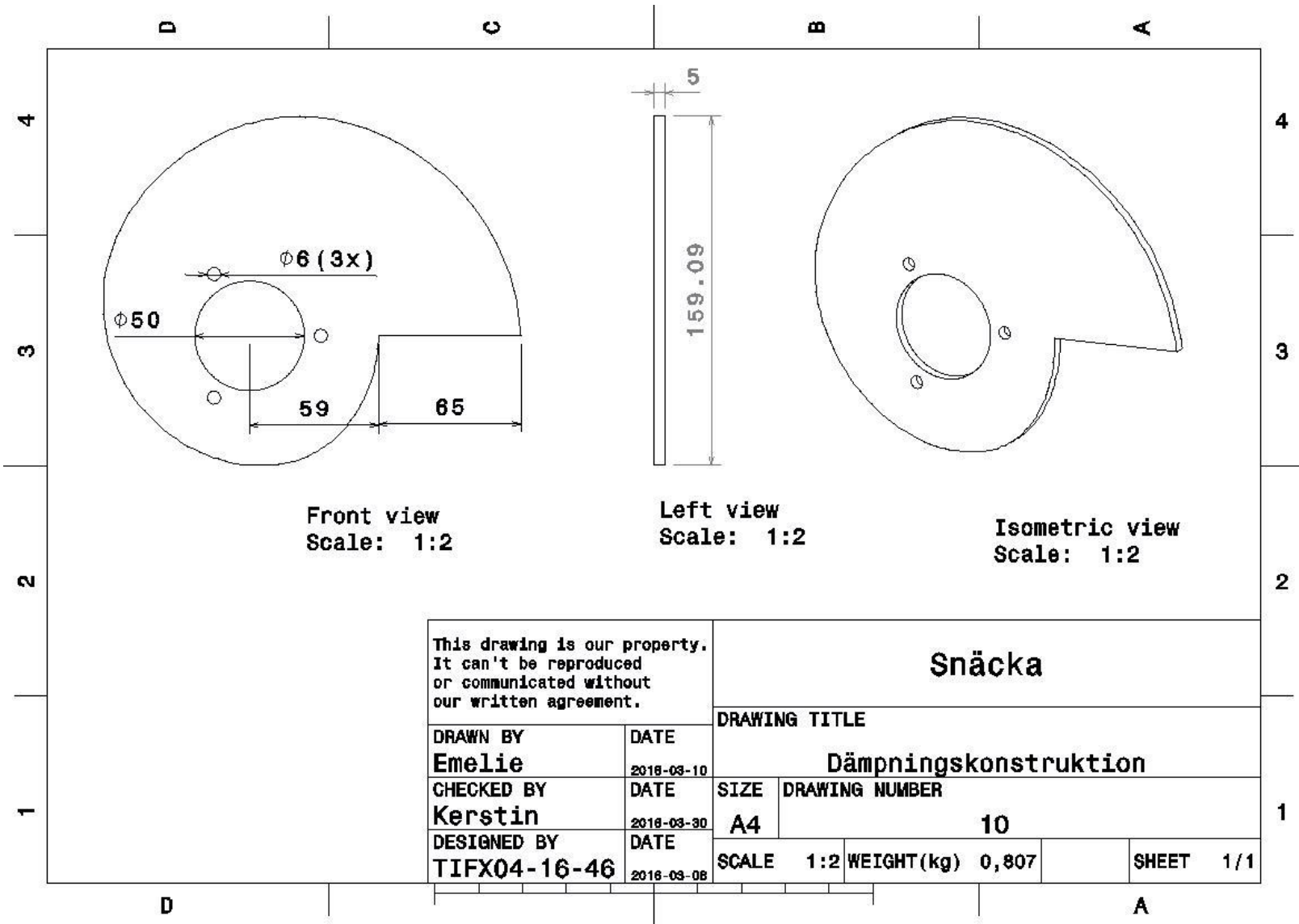
Figur C.2 Ritning på mässingsbussning



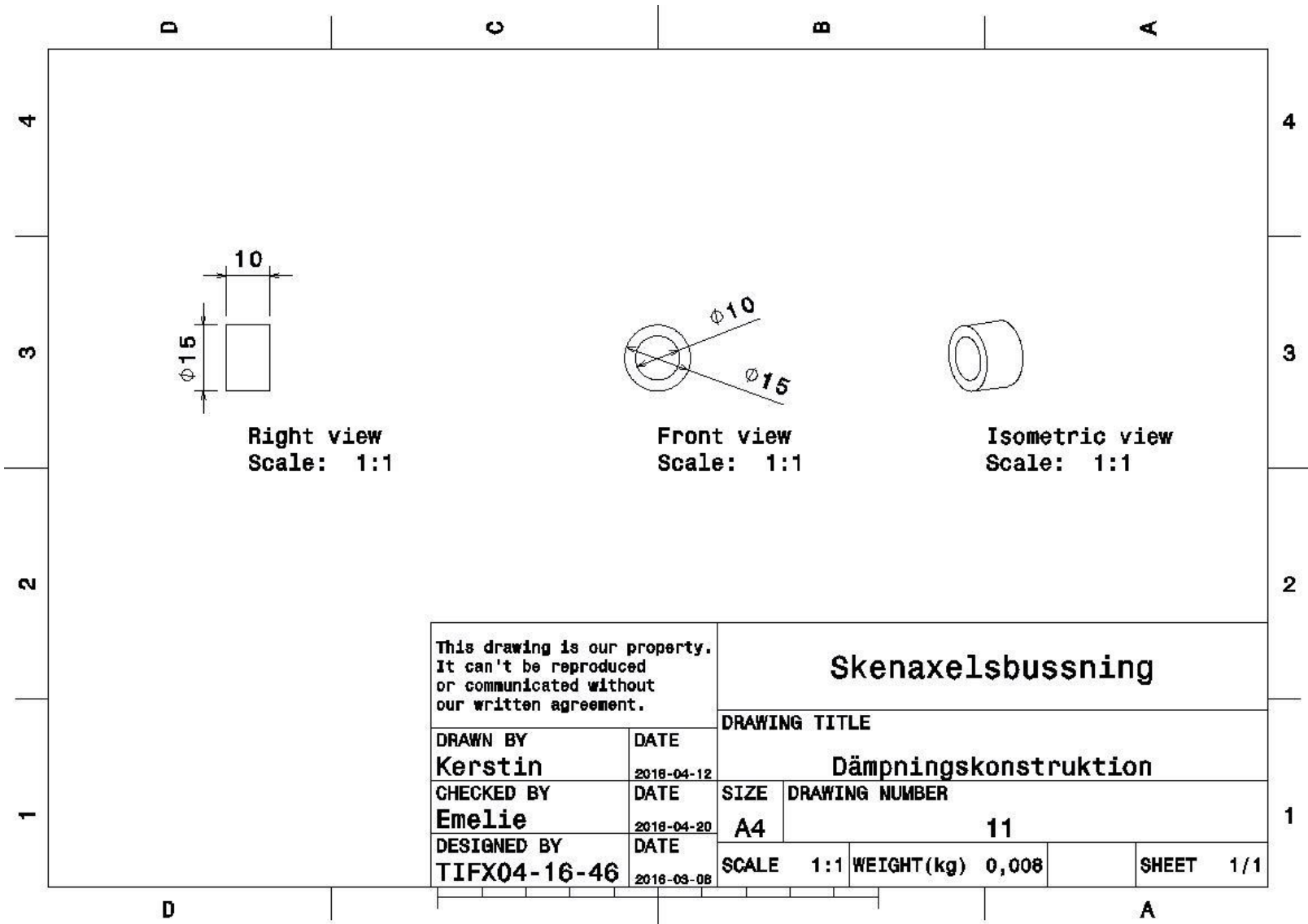
Figur C.3 Ritning på motorhållare



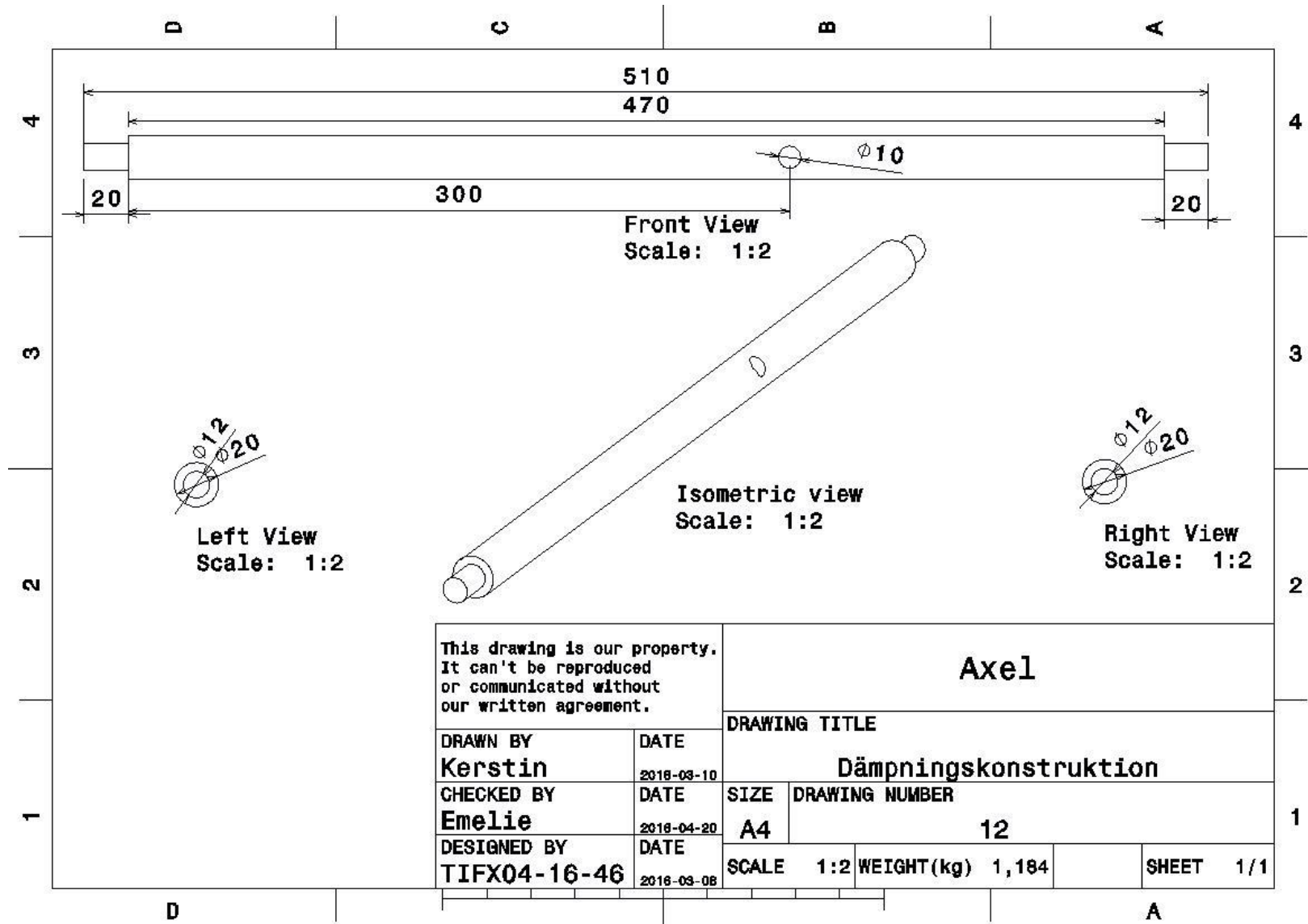
Figur C.4 Ritning på nav



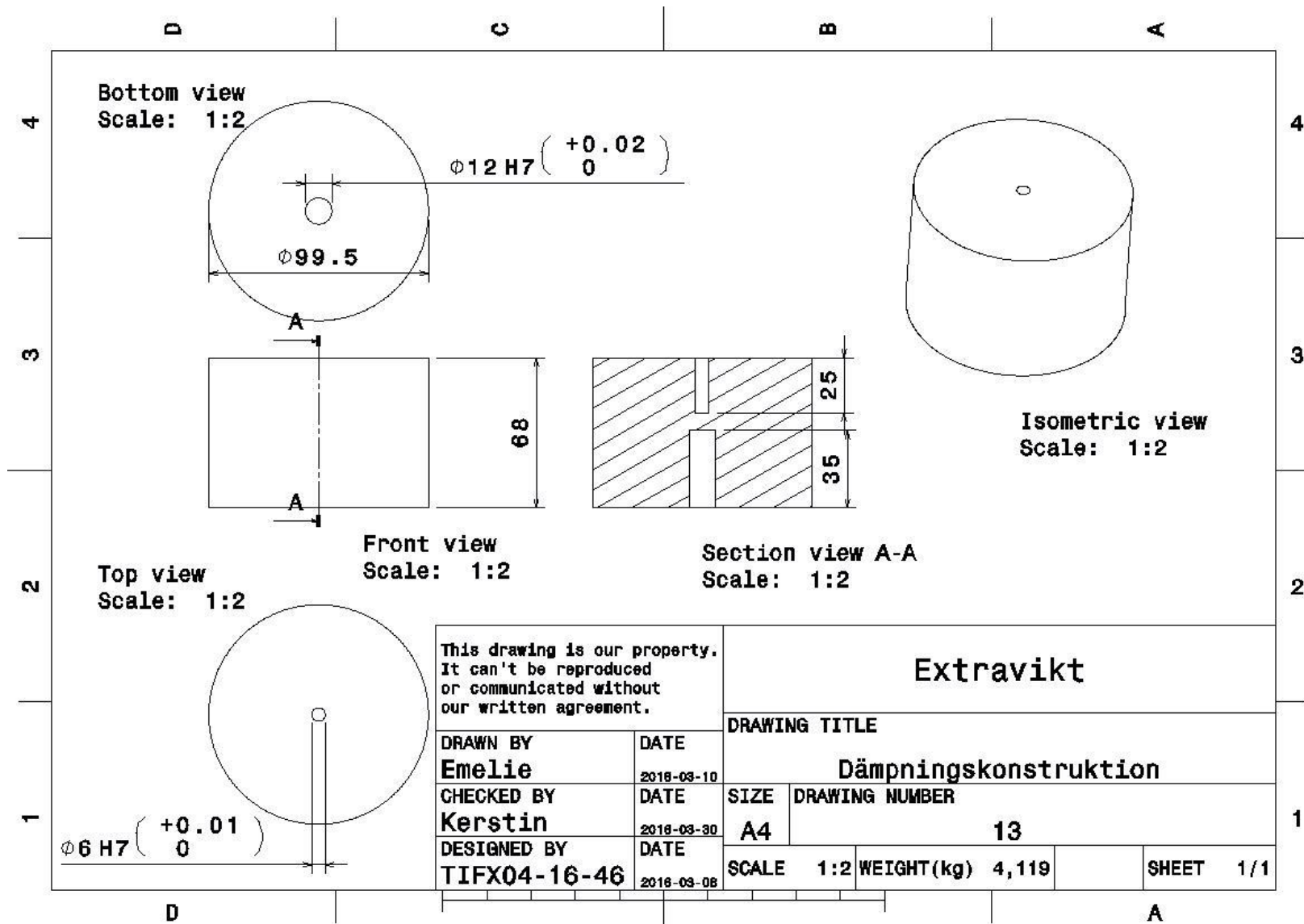
Figur C.5 Ritning på snäcka



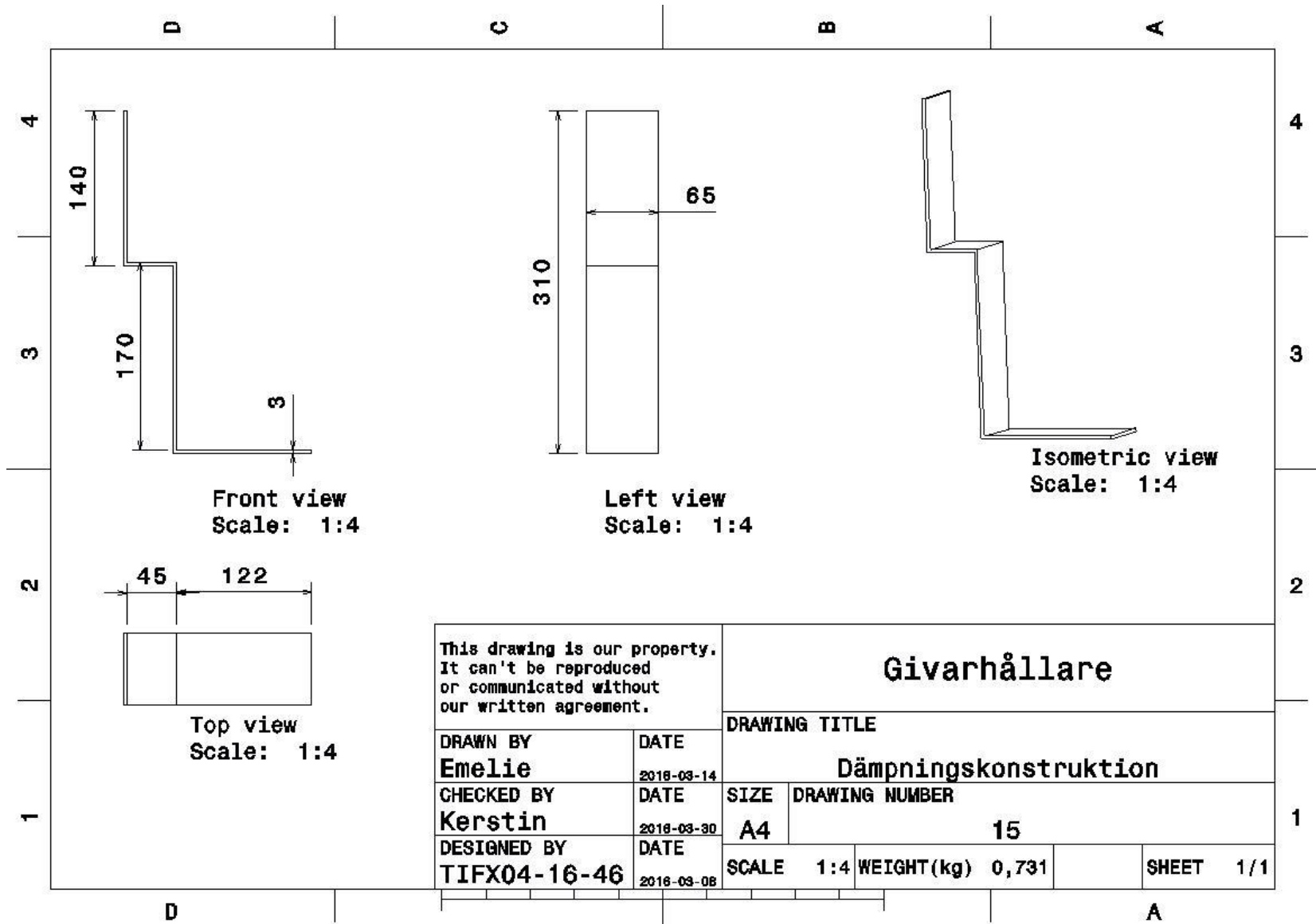
Figur C.6 Ritning på skenaxelsbussning



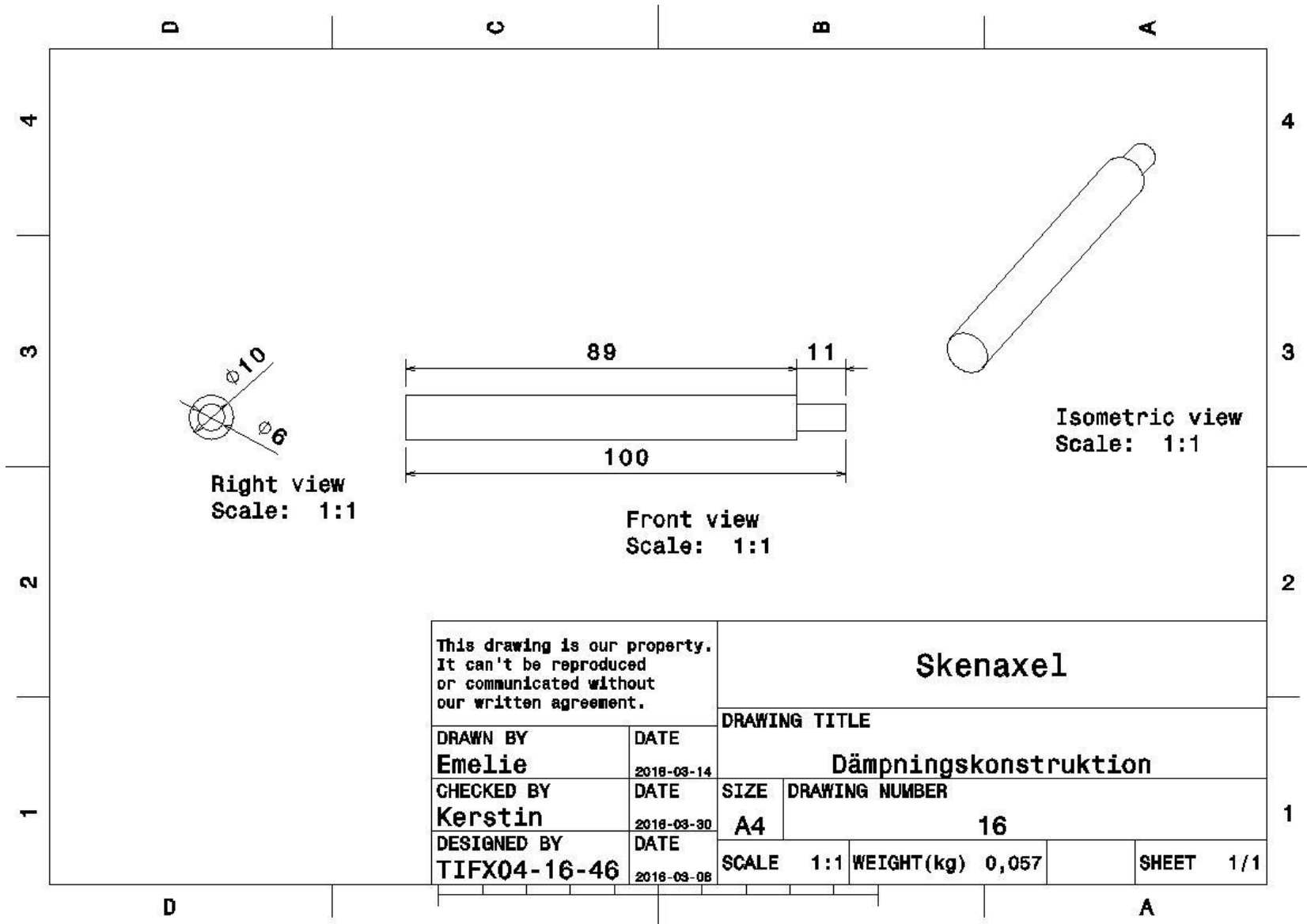
Figur C.7 Ritning på axel



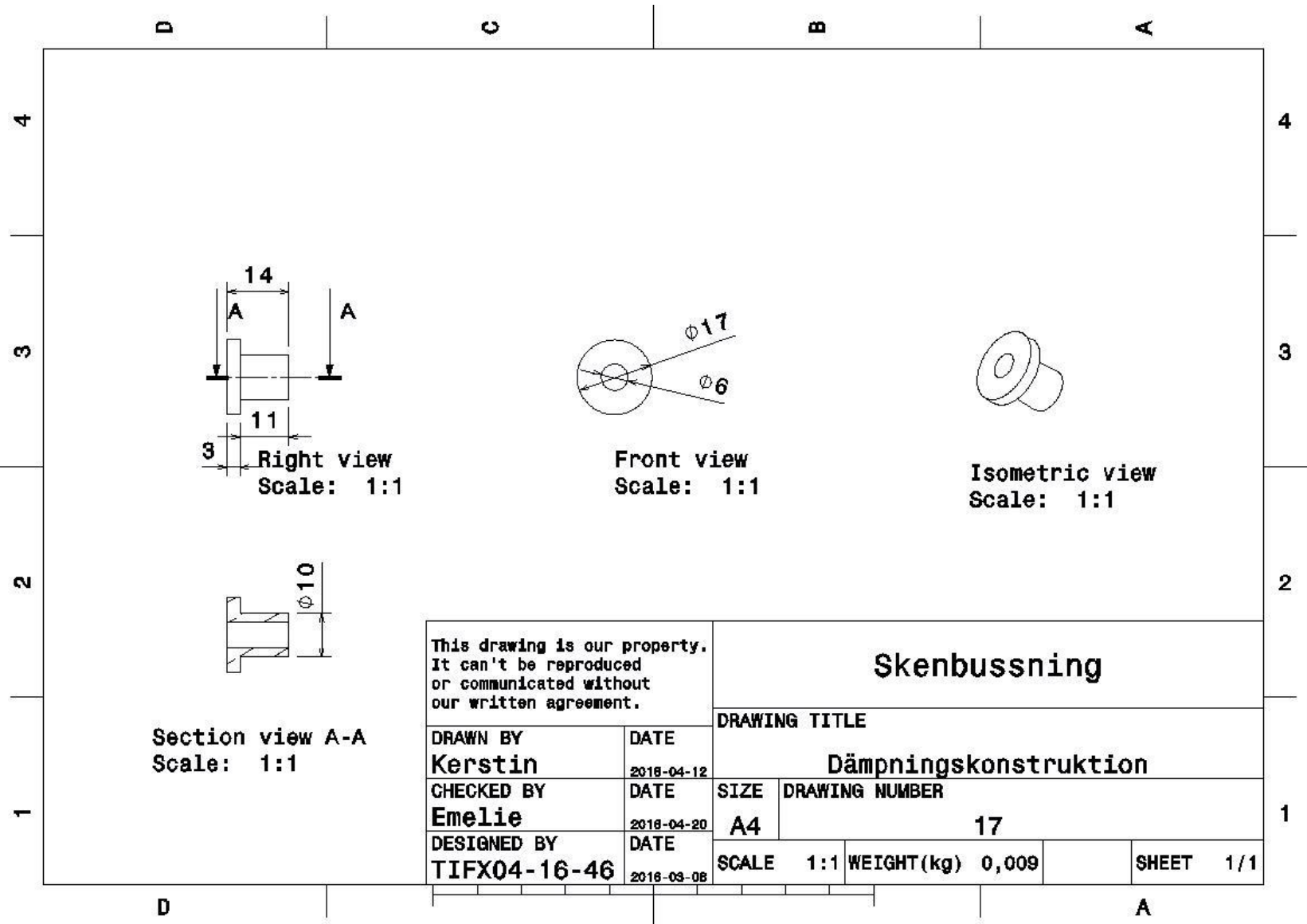
Figur C.8 Ritning på extravikt



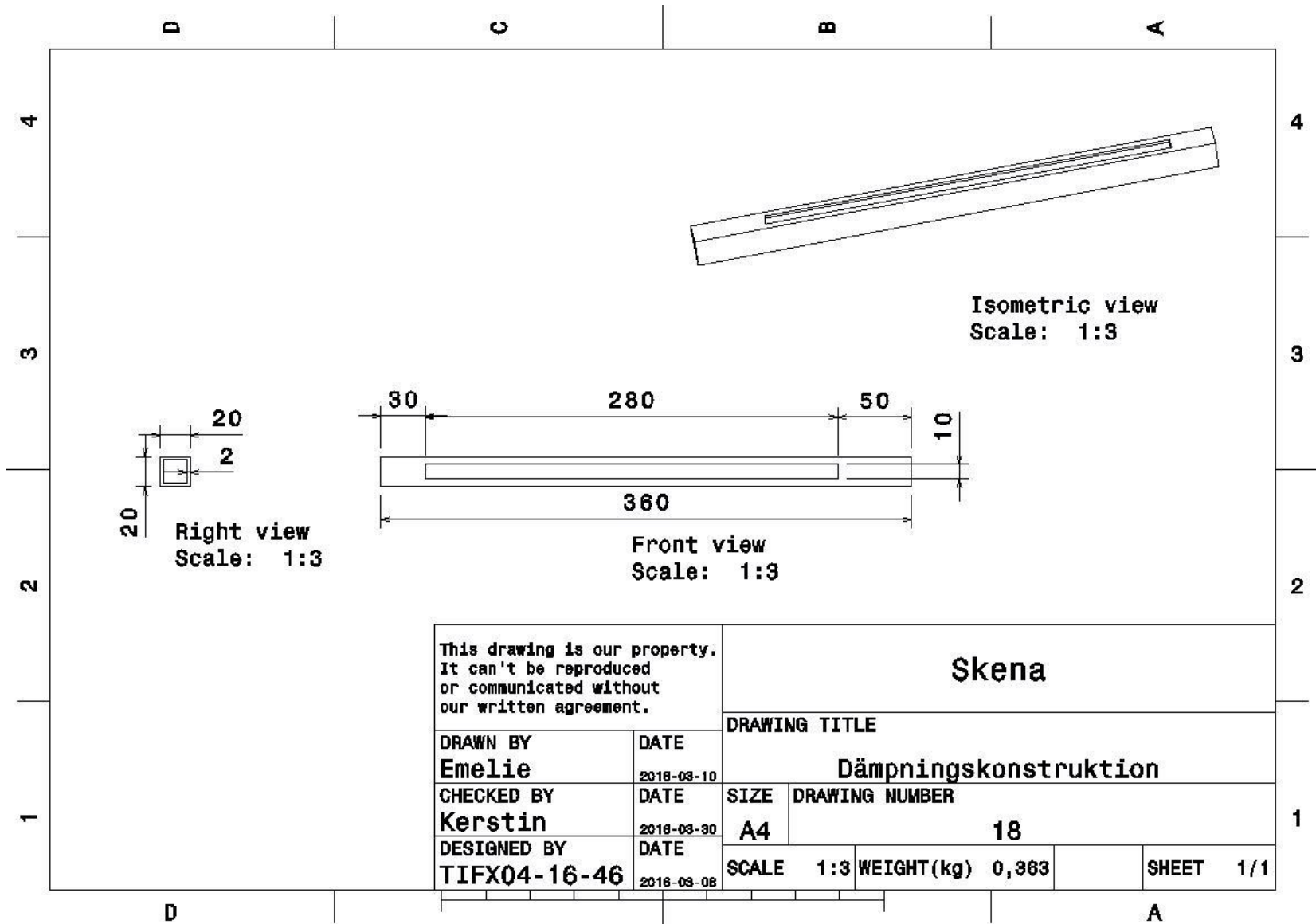
Figur C.9 Ritning på givarhållare



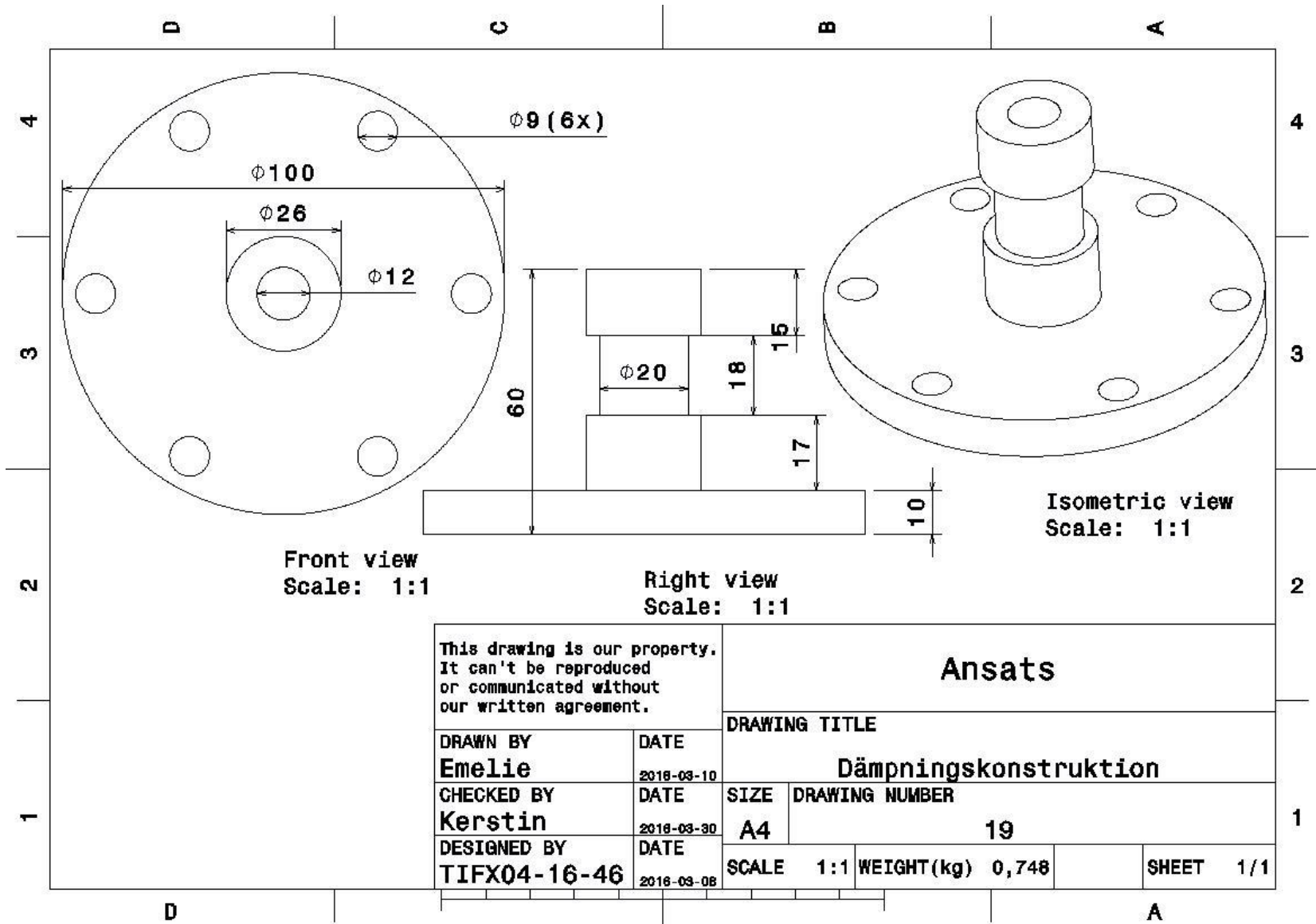
Figur C.10 Ritning på skenaxel



Figur C.11 Ritning på skenbussning

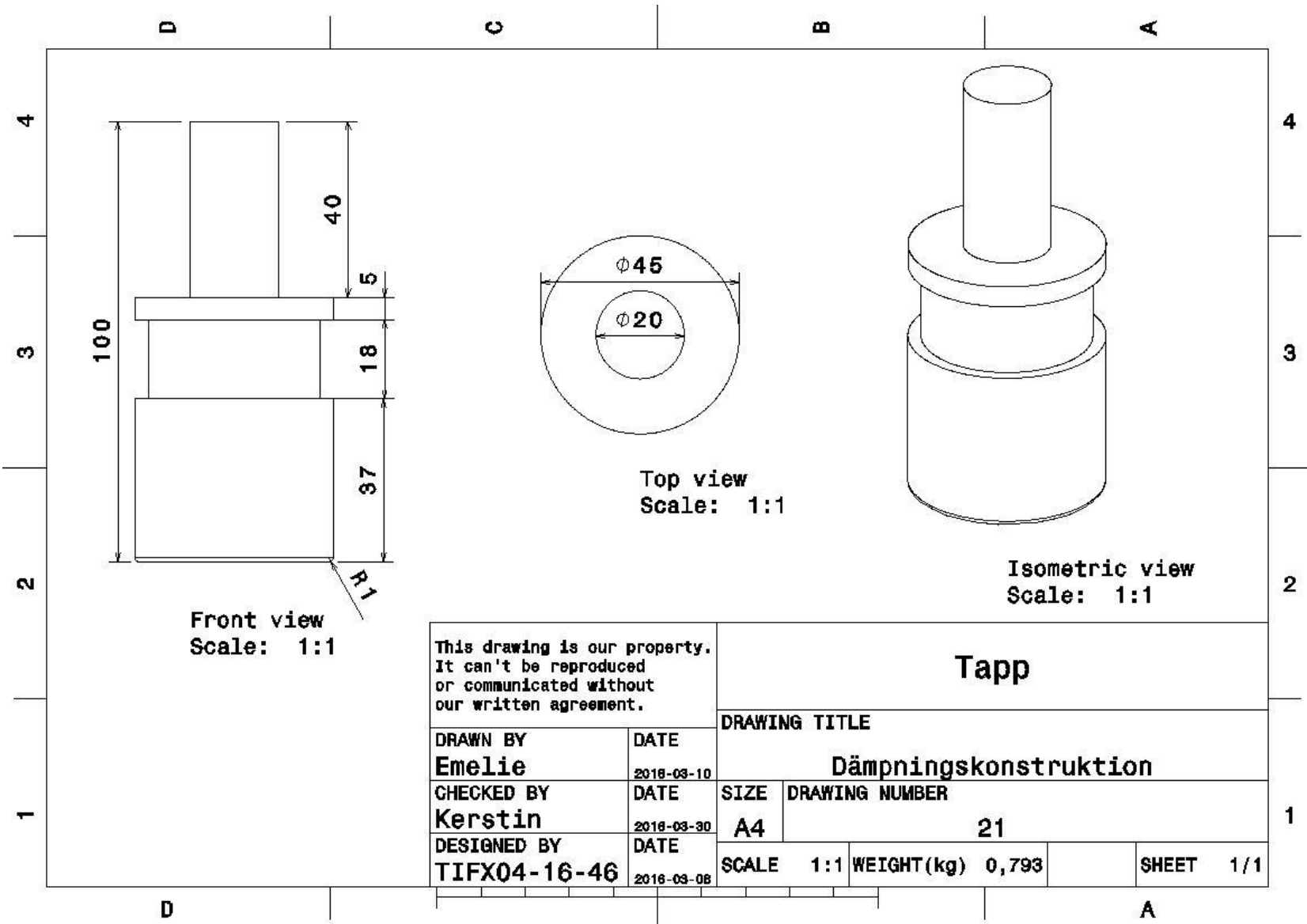


Figur C.12 Ritning på skena

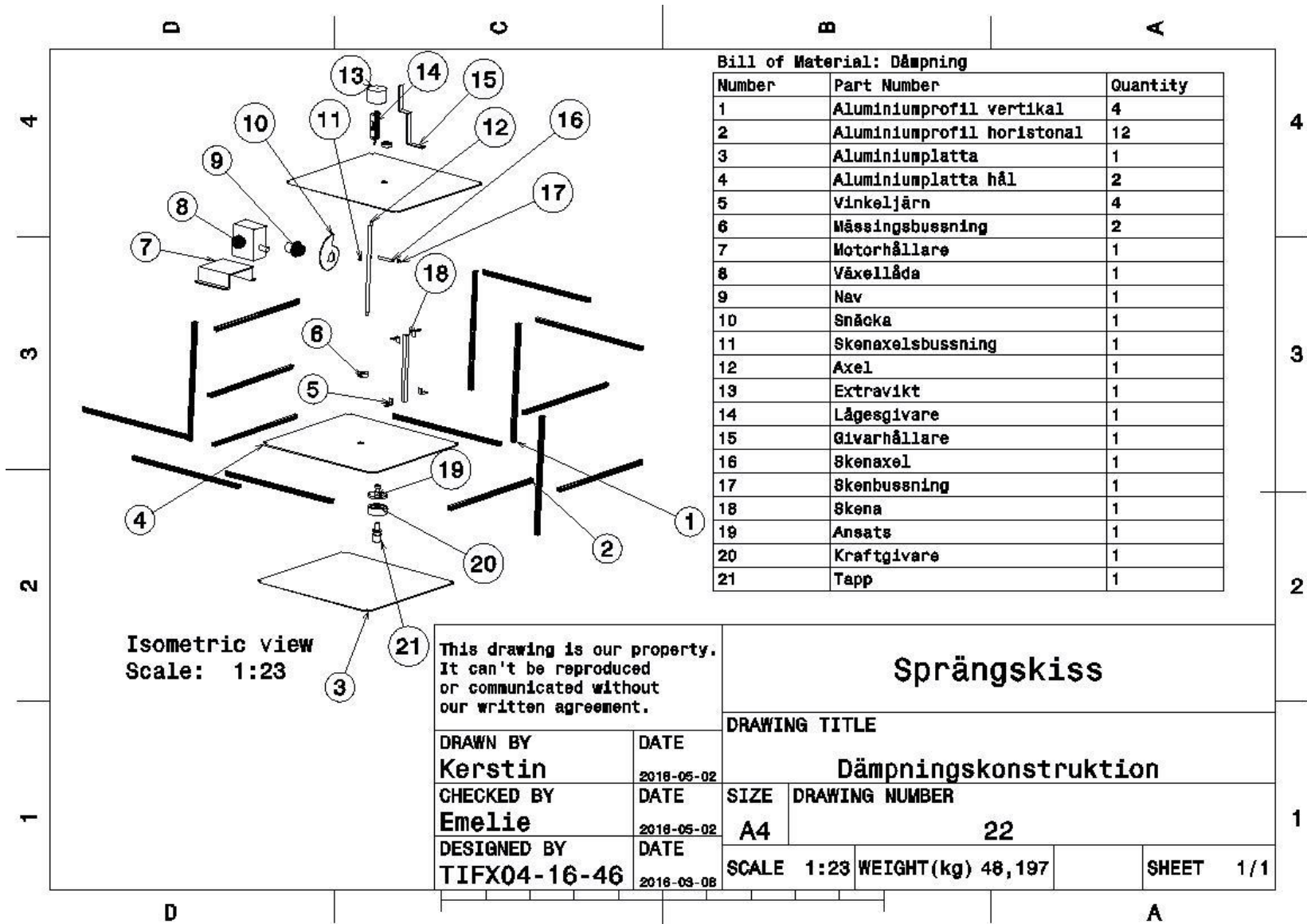


This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		Ansats		
DRAWN BY Emelie		DRAWING TITLE Dämpningskonstruktion		
DATE 2018-03-10	CHECKED BY Kerstin	DATE 2018-03-30	SIZE A4	DRAWING NUMBER 19
DESIGNED BY TIFX04-16-46	DATE 2018-03-08	SCALE 1:1	WEIGHT(kg) 0,748	SHEET 1/1

Figur C.13 Ritning på ansats



Figur C.14 Ritning på tapp



Bill of Material: Dämpning

Number	Part Number	Quantity
1	Aluminiumprofil vertikal	4
2	Aluminiumprofil horistonal	12
3	Aluminiumplatta	1
4	Aluminiumplatta hål	2
5	Vinkeljärn	4
6	Mässingsbussning	2
7	Motorhållare	1
8	Växellåda	1
9	Nav	1
10	Snäcka	1
11	Skenaxelsbussning	1
12	Axel	1
13	Extravikt	1
14	Lågesgivare	1
15	Givarhållare	1
16	Skenaxel	1
17	Skenbussning	1
18	Skena	1
19	Ansats	1
20	Kraftgivare	1
21	Tapp	1

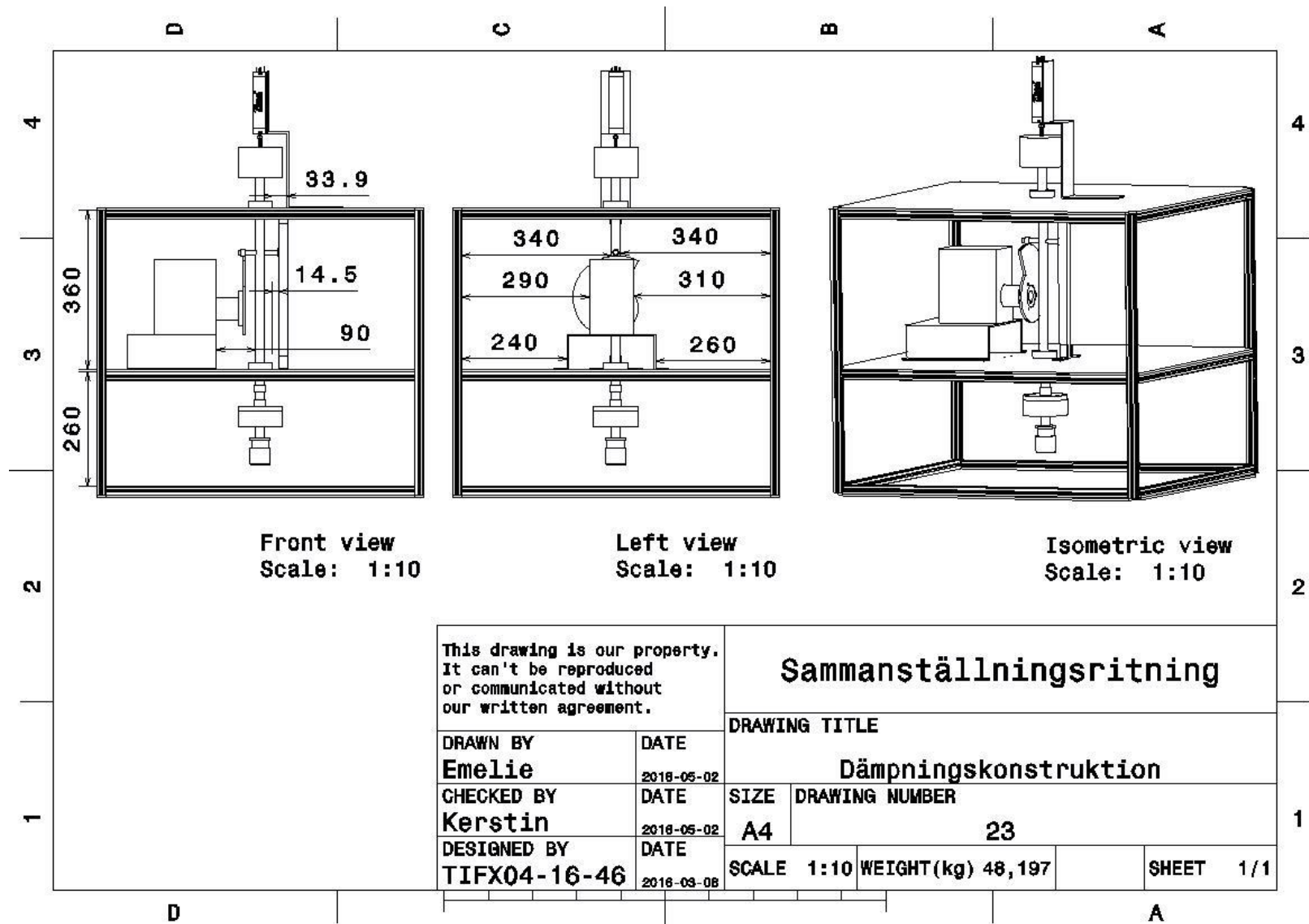
Isometric view
Scale: 1:23

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

DRAWN BY Kerstin	DATE 2018-05-02
CHECKED BY Emelie	DATE 2018-05-02
DESIGNED BY TIFX04-16-46	DATE 2018-03-08

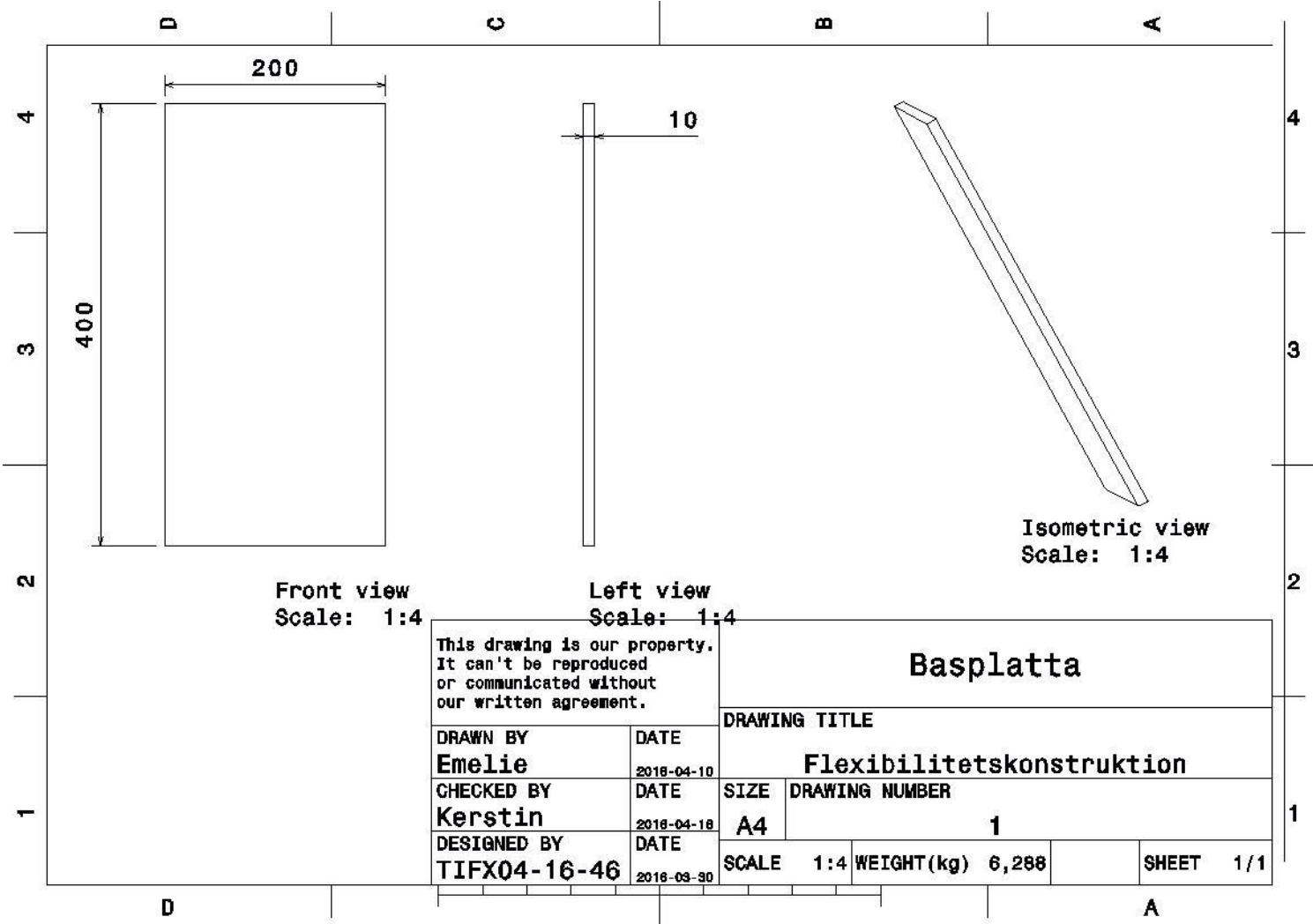
Sprängskiss			
DRAWING TITLE			
Dämpningskonstruktion			
SIZE	DRAWING NUMBER		
A4	22		
SCALE	1:23	WEIGHT (kg)	48,197
SHEET	1/1		

Figur C.15 Sprängskiss

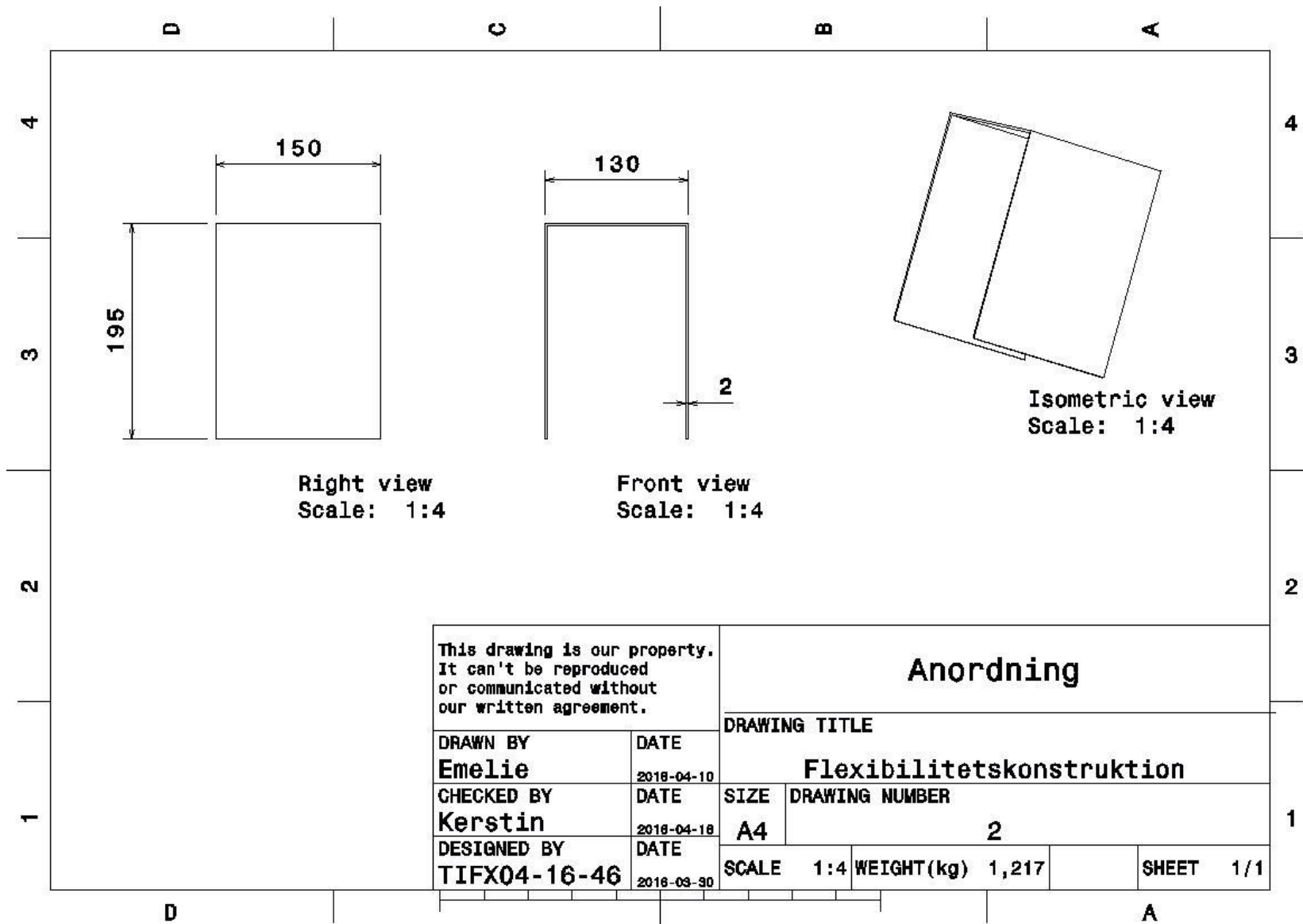


Figur C.16 Sammanställningsritning

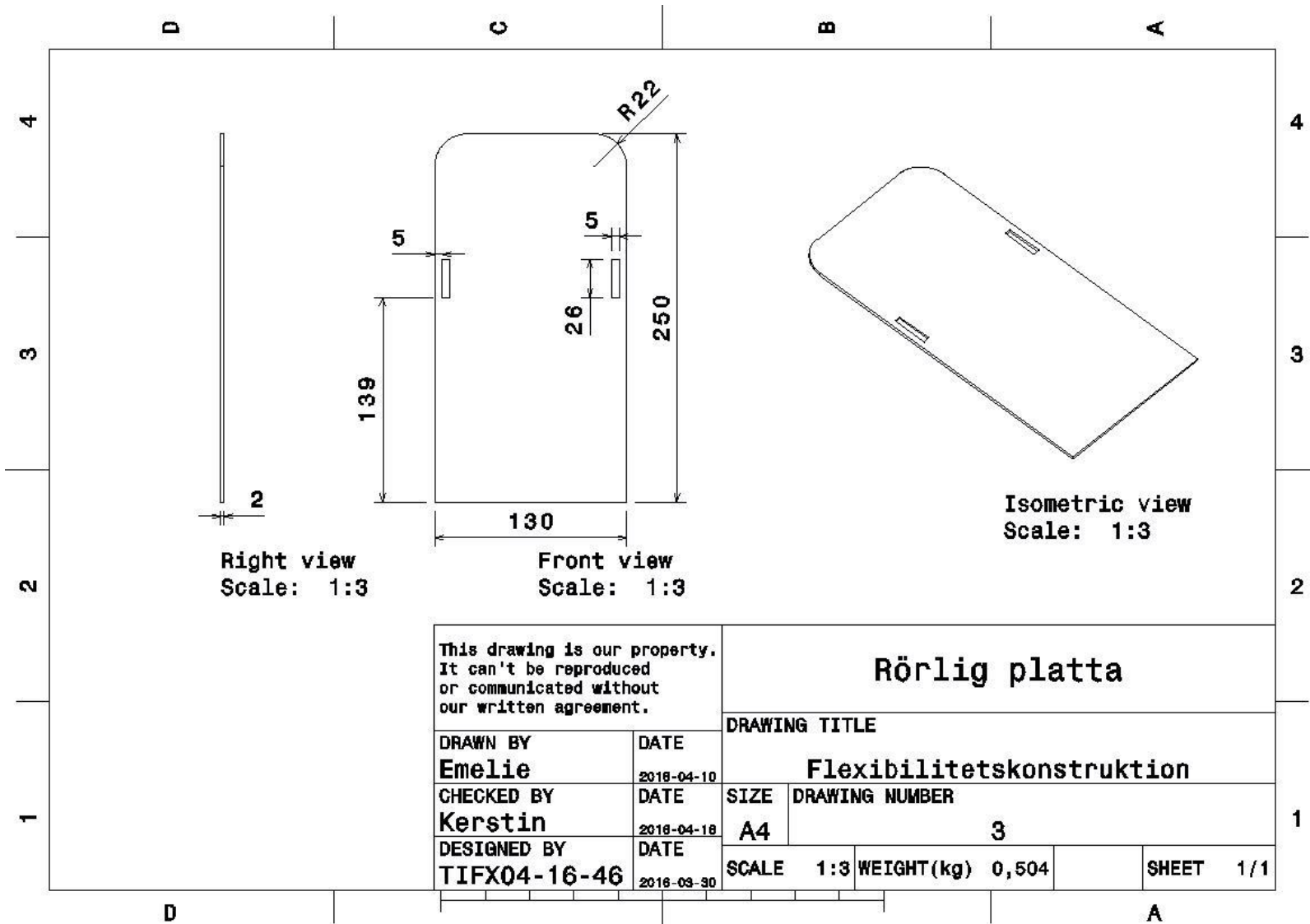
Bilaga D – Ritningar för flexibilitetskonstruktion



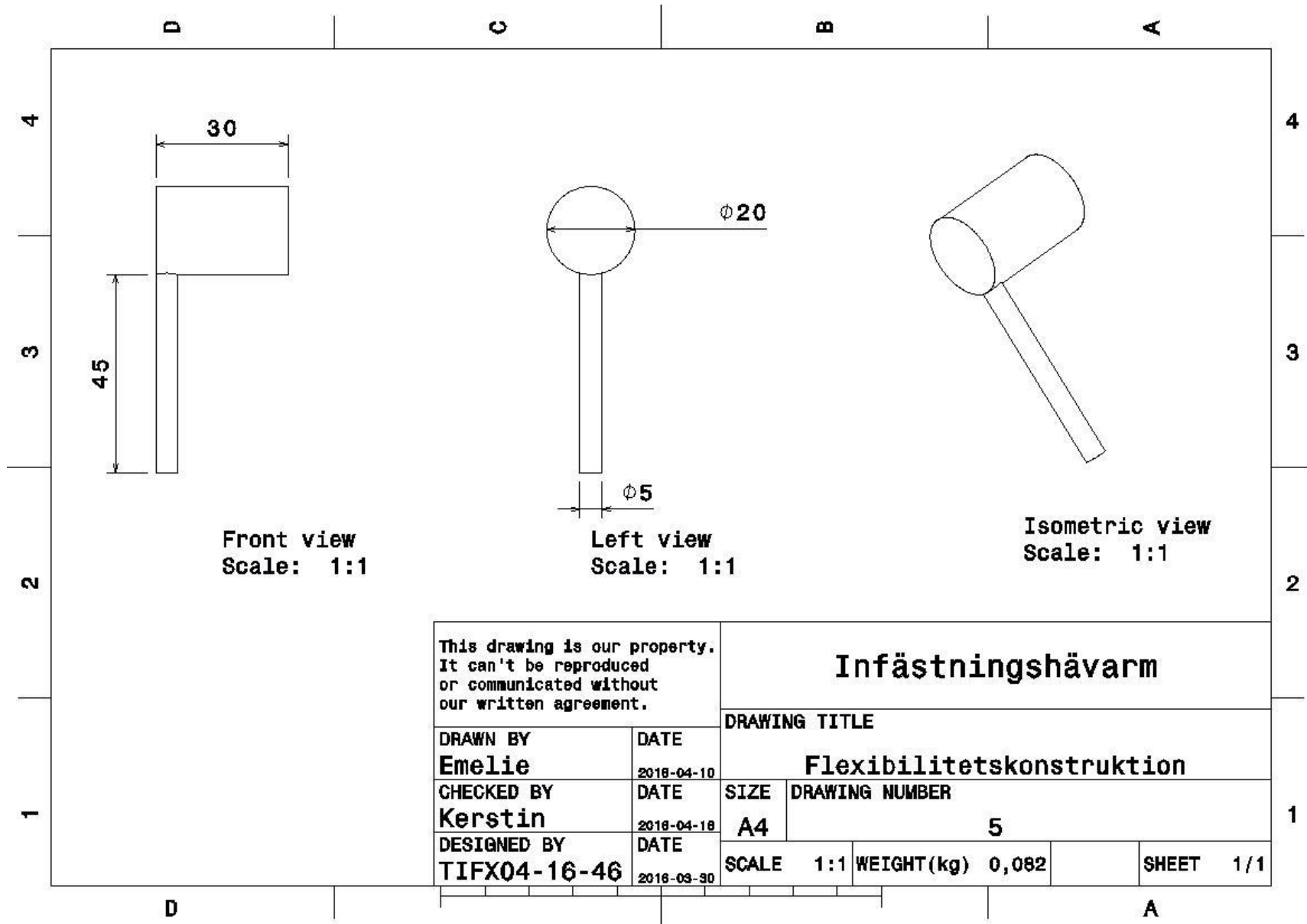
Figur D.1 Ritning på basplatta



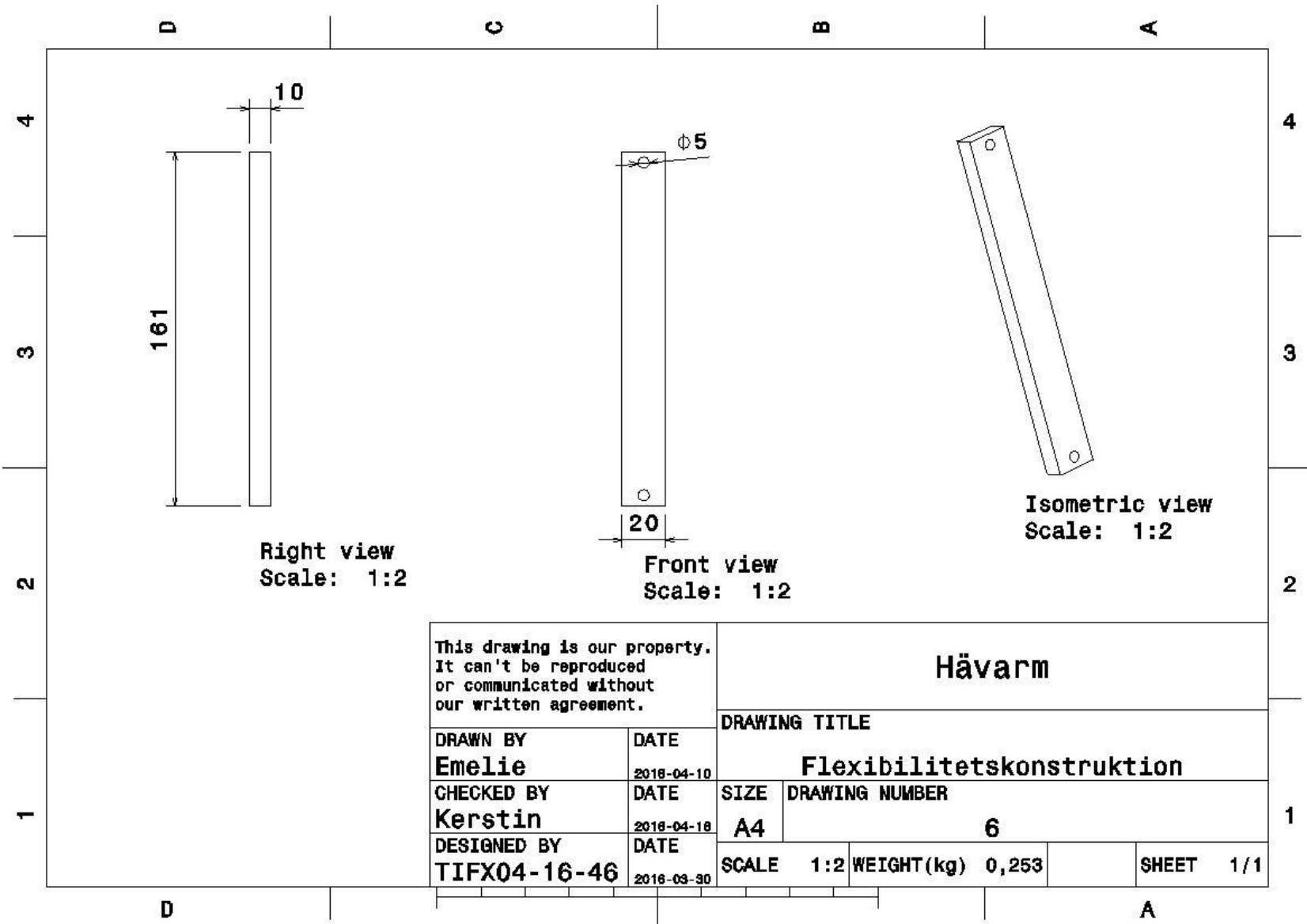
Figur D.2 Ritning på anordning



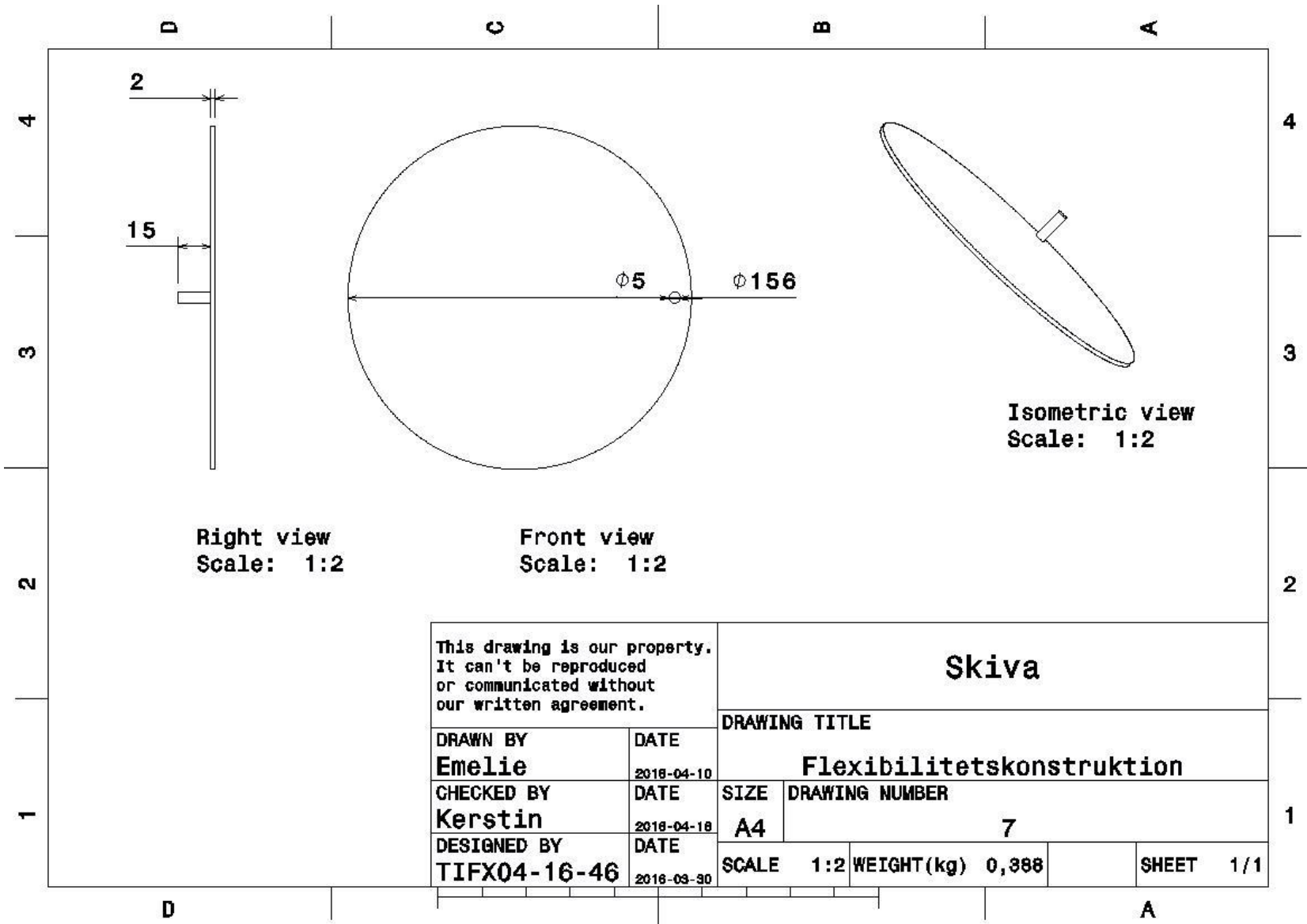
Figur D.3 Ritning på rörlig platta



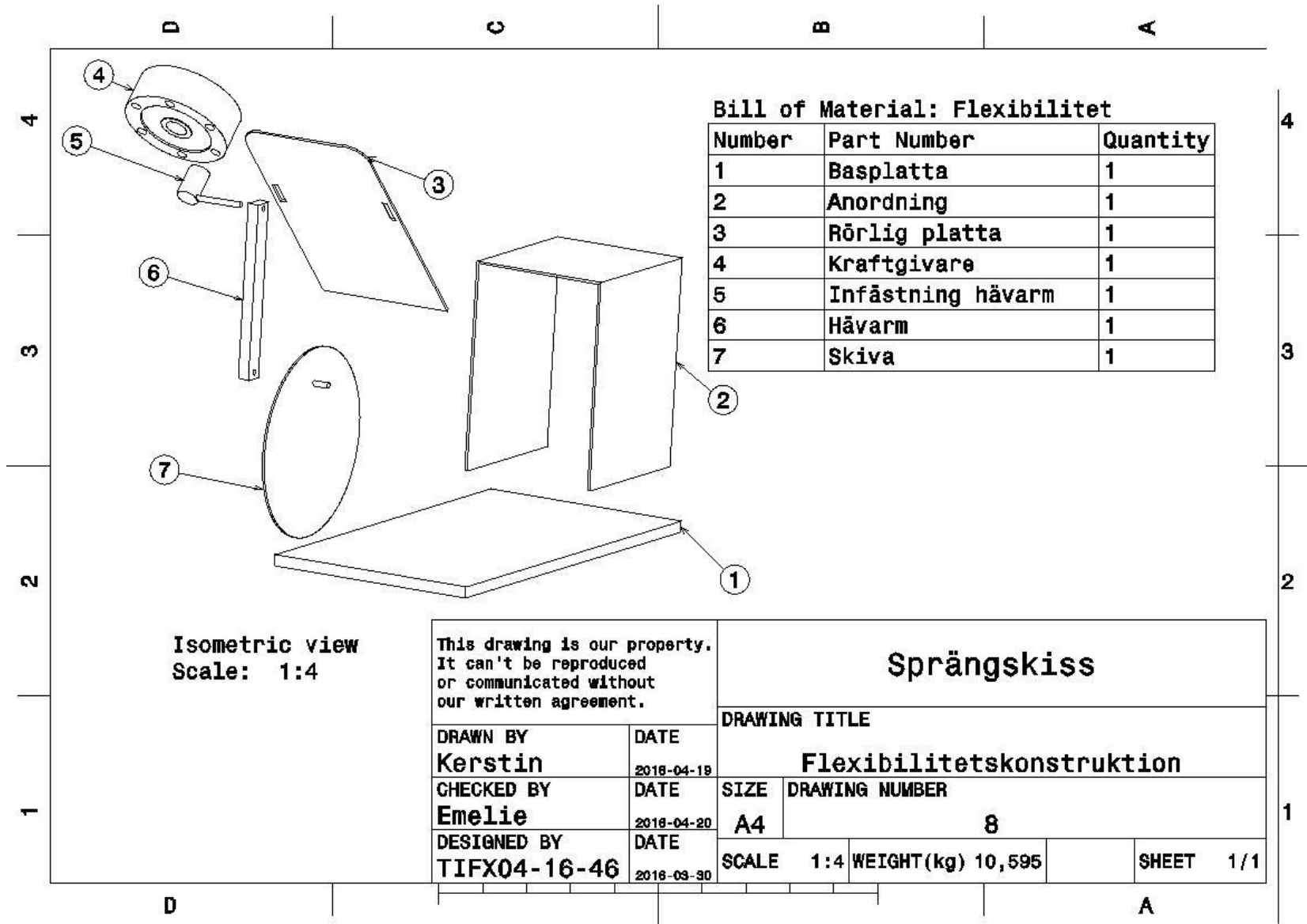
Figur D.4 Ritning på infästningshävarm



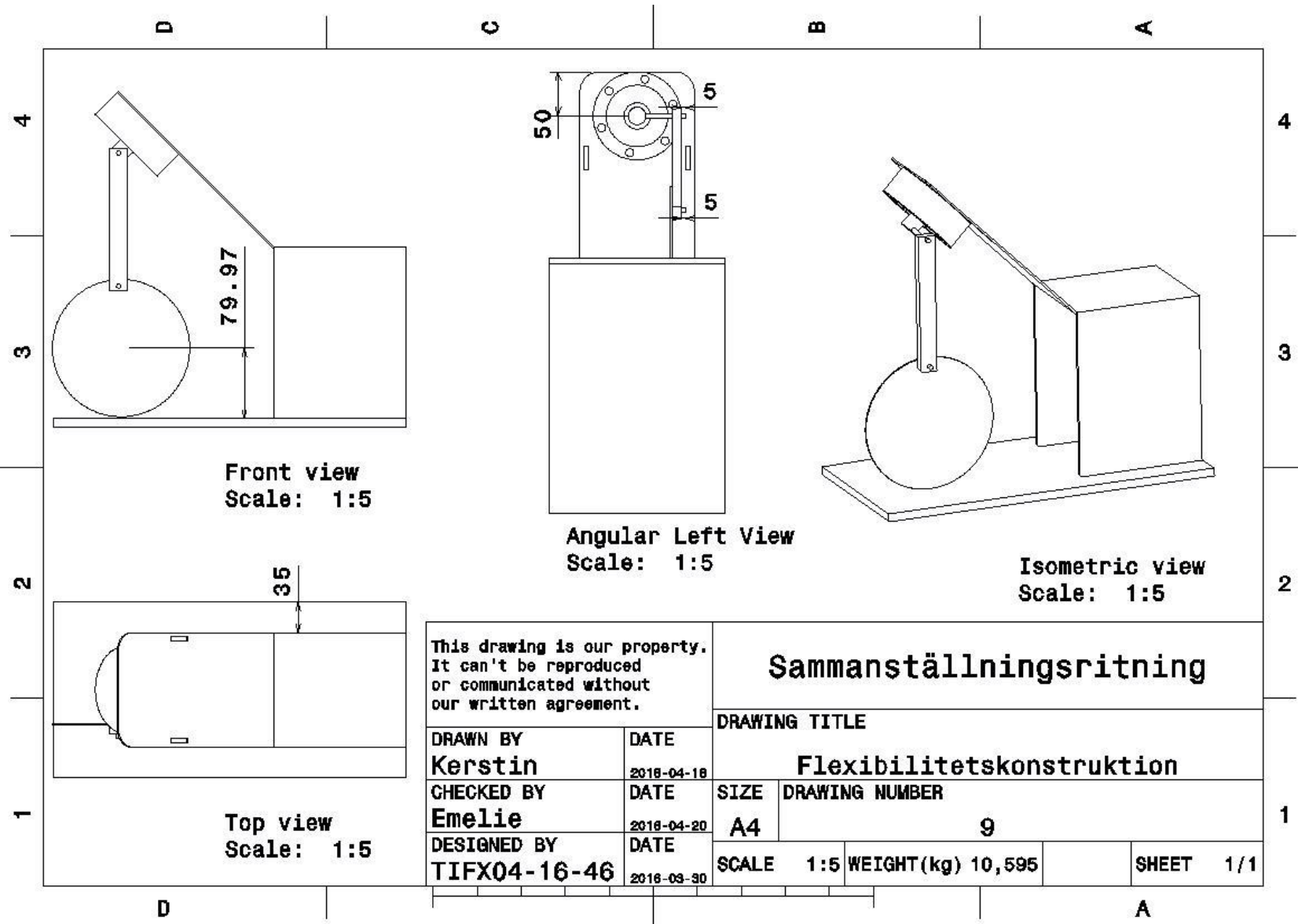
Figur D.5 Ritning på hävarm



Figur D.6 Ritning på skiva



Figur D.7 Sprängskiss



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		Sammanställningsritning	
		DRAWING TITLE	
DRAWN BY Kerstin	DATE 2018-04-18	Flexibilitetskonstruktion	
CHECKED BY Emelie	DATE 2018-04-20	SIZE A4	DRAWING NUMBER 9
DESIGNED BY TIFX04-16-46	DATE 2018-03-30	SCALE 1:5	WEIGHT(kg) 10,595
			SHEET 1/1

Figur D.8 Sammanställningsritning

Bilaga E - Kostnads kalkyl

Tabell E.1 Kostnads kalkyl för dämpningskonstruktionen, pris inklusive moms

Dämpning				
Komponent	Antal	Enhet	Pris/Enhet	Totalt
Kraftgivare	1	st	5 000,00 kr	5 000,00 kr
Lägesgivare	1	st	1 850,00 kr	1 850,00 kr
Vågtransmitter	1	st	880,00 kr	880,00 kr
Motor	1	st	9 613,00 kr	9 613,00 kr
Mässing	0,64	kg	20,00 kr	12,80 kr
Stål	8,376	kg	20,00 kr	167,52 kr
Profil 20x20 mm T-spår 5 (700 mm)	8400	mm	0,09 kr	756,00 kr
Profil 20x20 mm T-spår 5 (645 mm)	2580	mm	0,09 kr	232,20 kr
Fyrkantsmutter M5 T-spår 5	32	st	4,59 kr	146,88 kr
Försänkt M5x8	32	st	1,64 kr	52,48 kr
Aluminiumskiva 740x740x5 mm	3	st	475,00 kr	1 425,00 kr
Borrning	56	st	19,00 kr	1 064,00 kr
Montering	0,5	st	475,00 kr	237,50 kr
Konstruktionsarbete	0,5	timmar	620,00 kr	310,00 kr
Tving	1	st	149,00 kr	149,00 kr
DAQ	1	st	1 200,00 kr	1 200,00 kr
Totalt				23 096,38 kr

Tabell D.2 Kostnads kalkyl för flexibilitetkonstruktionen, pris inklusive moms

Flexibilitet				
Komponent	Antal	Enhet	Pris/Enhet	Totalt
Kraftgivare	1	st	5 000,00 kr	5 000,00 kr
Vinkelgivare	1	st	3 000,00 kr	3 000,00 kr
Vågtransmitter	1	st	880,00 kr	880,00 kr
Motor	1	st	10 000,00 kr	10 000,00 kr
Stål	8,72	kg	20,00 kr	174,40 kr
Justerband	1	st	100,00 kr	100,00 kr
Justerspänne	1	st	200,00 kr	200,00 kr
Gångjärn	2	st	100,00 kr	200,00 kr
Tving	1	st	200,00 kr	200,00 kr
DAQ	1	st	1 200,00 kr	1 200,00 kr
Totalt				20 954,40 kr

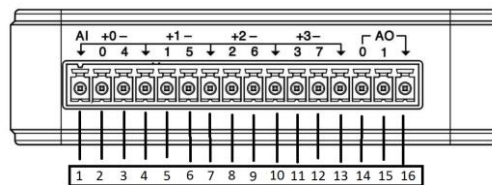
Bilaga F – Kopplingschema för elektroniken i dämpningskonstruktionen

Denna text är en beskrivning av hur elektroniken är kopplad i konstruktionen, för att på så vis underlätta för utomstående vid demontering och montering.

De komponenter som drivs av ström är följande:

- Motor
- Lägesgivare
- Kraftgivare
- Signalomvandlare/Vågtransmitter
- DAQ

För att vi ska kunna skicka och ta emot data från en dator behövs något som kan kommunicera med datorn och skicka ut signaler till de andra komponenterna. Denna enhet heter DAQ (Data acquisition). DAQ:n jobbar mot ett program i datorn som heter Labview, vilket säger till den vad den ska göra. För att detta ska fungera är det viktigt att alla sladdar in från komponenterna sitter på rätt plats.



Figur F.1 Den analoga sidan av en DAQ

I figur F.1 visas en bild över DAQ:ns ena sida, den analoga sidan, vilket är den enda sidan vi kommer använda då vi bara jobbar med analoga signaler. För att göra det lite tydligare har portarna numrerats från vänster till höger.

Lägesgivaren har tre utgående sladdar, grön (input), gul (output) och svart (jord). Den gröna kopplas in i port 5, den gula i 15 och den svarta i port 1 och 16, där det sistnämnda görs med en extra svart sladd.

Kraftgivaren sitter ihop med DAQ:n via en signalomvandlare vars uppgift är att förstärka signalen från kraftgivaren och har tre utgående sladdar, varav två sitter i DAQ:n. En blå (data input) sitter i port 6 och en brun (jord) sitter i port 7.

Signalomvandlaren har fyra ingående portar från vänster. Den blå sitter i port nummer 2 sett uppifrån, den bruna och GND från spänningskällan sitter i nummer 3 och pluspolen (+) från spänningskällan i nummer 4, se figur F.2.



Figur F.2 Signalomvandlare