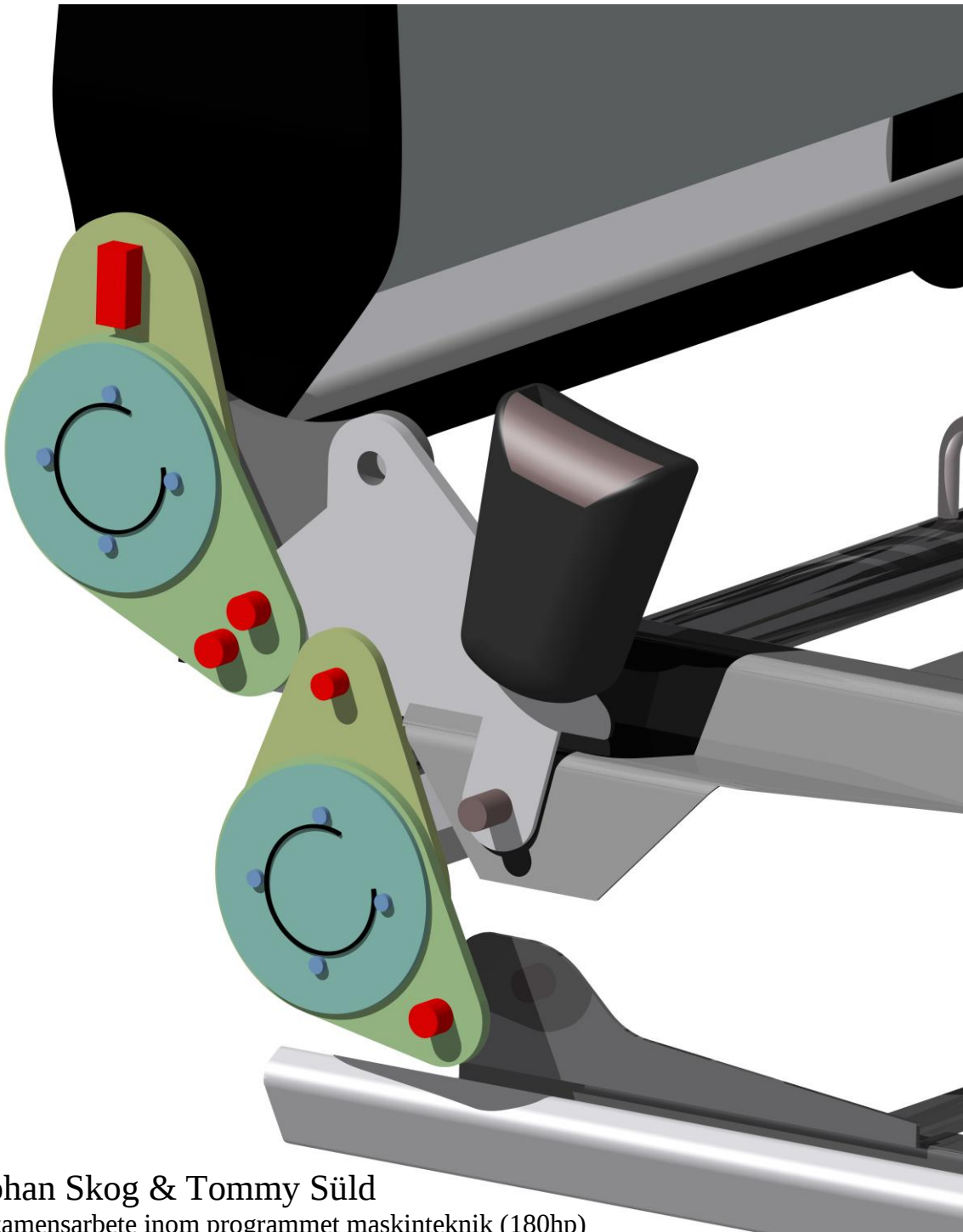




CHALMERS

Modellering av geometriska interface i produktplattform

Modelling of geometric interface in a product platform



Johan Skog & Tommy Söld

Examensarbete inom programmet maskinteknik (180hp)

Modellering av geometriska interface i produktplattform

Modelling of geometric interface in a product platform

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Johan Skog
Tommy Söld



CHALMERS

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling

Avdelningen för produktutveckling

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2016

Examensarbete PPUX01

Modellering av geometriska interface i produktplattform

Modelling of geometric interface in a product platform

Johan Skog

Tommy Söld

© Johan Skog, Tommy Söld, 2016

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46(0)31-7721000

Framsida:

Sammanställningsritning i Catia som visar en fordonsstol med två varierbara recliners.

Examinator: Mats Alemyr

Förord

Följande examensarbete har utförts på programmet maskinteknik (180hp), på Chalmers tekniska högskola och omfattar 15 högskolepoäng. Examensarbetet har genomförts av Johan Skog och Tommy Söld i årskurs 3 som ett avslutande moment inför examen som högskoleingenjörer. Utbildningen omfattar i grova drag ingenjörsmetodik för produktutveckling.

Företaget Cope Sweden AB, där examensarbetet har utförts, har sett ett behov av en utveckling av det traditionella sättet att modellera i Catia. Detta behov uppkom av det problem som uppstår då ett plattformselement ändras eller tas bort från en produktplattform i Catia. Examensarbete behandlar ett nytt sätt att modellera som frångår detta problem. Istället för att modellera med Catias inbyggda funktion *constraints*, där olika *interface* är beroende av andra delar, modelleras modellen utifrån parametrisering. I detta fall handlar det om olika varianter av fordonsstolar.

Arbetet har resulterat i en Catia-modell som beror av parametrar hämtade från Excel, som i sin tur skall kopplas till programvaran CCM inom snar framtid. Examensarbetet omfattar bl.a. skapandet av en helt ny metodik i Catia, framtagning av booleska funktioner, programmering av funktioner i Excel, en slutrapport samt en presentation.

Ett särskilt tack till Cope Sweden AB och PE Geometry för förtroendet att utföra detta examensarbete. Särskilt tack till:

Dag Raudberget, Forskare, Produktutveckling, Produkt- och produktionsutveckling, som har varit vår handledare och stöd under arbetets gång.

Peter Edholm, Doktorand Produktutveckling, Produkt- och produktionsutveckling, VD på PE Geometry som gav oss förtroendet.

Hans L Johannesson, Professor, Produktutveckling, som har varit vår handledare och stöd under arbetets gång.

Mats Alemyr, Tekniklektor Produktutveckling, Produkt- och produktionsutveckling, som har varit vår examinator.

David Renborg, PE Geometry, Civilingenjör, Automation and Mechatronics, som lärde oss grunderna med parametrisering i Catia.

Sammanfattning

Cope Sweden AB har identifierat problem med traditionell Cad-modellering och arbetar därför med en ny metod för plattformstutveckling, kallad CC-modellering (Configurable Component). En CC-modell är en modell som genom parametrisering kan omfatta flera olika varianter av samma komponent. De konfigurerbara parametrarna omvandlar modellen till olika varianter, som därmed kan användas på flera platser i konstruktionen eller i helt andra produktvarianter. Problemet vid traditionell modellering inuti Cad-programmen är att geometriska begränsningar skapas mellan komponenter för att montera ihop dem. Dessa geometriska begränsningar kallas *constraints*. Problem uppstår när komponenter som beror på varandra antingen avaktiveras eller byter form p.g.a. att olika varianter innehåller olika komponenter.

Syftet är därmed att försöka ta fram en metodik i Catia som relaterar till CC-metodik. Med hjälp av Excel skall de olika parametrarna kunna styras så att modellens geometri och position kan skräddarsys så att flera varianter kan skapas. Även komponentens existens i den aktuella produktvarianten skall kunna styras utan att det påverkar resterande modell. Tidigare examensarbeten inom denna typ av metodik har endast involverat positionering av komponenter samt enklare geometriförändringar.

Arbetet har utförts hos Cope Sweden AB som har sitt säte i Chalmers Teknikpark, Göteborg.

Genom att först genomfört en förstudie med bl.a. inläsning av problemet och teorin bakom CC-modellering lades en viktig grund för att kunna ta fram en ny metodik i Catia. Flera koncept har genererats och utvärderats i Catia. Det här ledde till en modell som kan anta flera Lösningsvarianter på samma funktion. Genom att instansiera (kopiera) modellen kan den placeras på flera olika ställen och i olika lägen i en *assembly* (sammanställning). Med en ny metod för positionering i Catia och skapandet av parametrar i Excel kan modellen positioneras fritt i rummet utan hänsyn till *constraints* (geometrisk begränsning) i Catia.

Modellen uppfyller de krav och önskemål som har ställts av Cope Sweden AB och är ett kvitto på att metodiken som konstruerats fungerar och kan fortsätta att utvecklas i framtiden.

Metodiken i Catia har endast testats på en typ av komponent, närmare bestämt en recliner som har till uppgift att ändra position på en fordonsstol. Att parametrisera en komplett stolsmodell har ej ingått i uppdraget p.g.a. begränsad tid. Denna arbetsmetodik i Catia är i ett tidigt skede och sedan tidigare obefintlig, varför detta skall betraktas som början på en utveckling. Eftersom geometrin på en recliner ligger inom vissa ramar har endast de viktigaste dimensionerna parametriserats. Cope Sweden AB har en egenutvecklad programvara kallad CCM. Denna programvara hjälper användaren med vilka delar och geometrier som skall ingå i den valda varianten. Genom Excel skickar CCM indata till Catia. CCM kommer inte behandlas, därför sköts parametriseringen enbart genom Excel. Eventuella kostnads-skillnader med denna typ av metodik behandlas inte.

Sökord: Parametrisering, produktplattform, produktvarianter.

Summary

Cope Sweden AB has discovered some problems with traditional Cad-modelling and are therefore working on a new method for platform development, called CC-modelling (Configurable Components). A CC-model is a model, which through parametrization can include several variants of the same component. The configurable parameters transform the model to different variants, which thereby can be used on several locations in the construction or in completely different product variants. The problem with traditional modelling inside the Cad-software is that geometrical *constraints* are created between components in order to assemble them. Problems occur when components that depend on each other is disabled or changes shape since different variants contain different components.

The purpose is therefore an attempt to create a methodology in Catia that relates to the CC-methodology. With the help of Excel, the different parameters will be controlled so that the geometry and position of the model can be customized and several variants created. In addition, the existence of the component in the current variant shall be controllable without it interfering with the rest of the model. Previous bachelor thesis within this type of methodology has solely involved positioning of components

The work has been conducted at Cope Sweden AB, which is located at Chalmers Science Park in Gothenburg.

By first completing a pre study, which e.g. included a study of the problem and the theory behind CC-modeling, a crucial foundation was laid in order to come up with a new methodology in Catia. Numerous concepts has been generated and evaluated in Catia. This led to a model that can adopt several variants of solutions on the same function. Through instantiation (replication), the model can be positioned in many different locations and setups within the *assembly*. With a new method for positioning in Catia and through the creation of parameters in Excel, the model can be freely positioned in space, without regards to constraints in Catia.

The model fulfills all the demands and requests from Cope Sweden AB and is a verification that the created methodology works and can be further developed in the future.

The methodology in Catia has only been tested with one type of component, a recliner responsible of changing position in a vehicle chair. Enough time to parametrize a complete vehicle chair has not existed and has never been included in the assignment. This type of method is in an early stage and since before non-existing, therefore this work should be regarded as a start of a development. Since the geometry of a recliner is within certain limits, only the most important dimensions is configurable through parametrization. Cope Sweden AB has a proprietary software called CCM. This Software helps the user by assembling and defining all the sub-components included in the chosen variant. CCM sends the input through Excel and in to the Cad-software. CCM will not be treated; therefore, the parametrization will solely be handled in Excel. Any difference in cost with this type of method has not been taken in consideration.

Keywords: CC-modelling, configurable components, interface, parametrization, product platform, product variants.

Innehållsförteckning

Beteckningar	1
1. INLEDNING.....	3
1.1 Bakgrund.....	3
1.2 Syfte	4
1.3 Avgränsningar	4
1.4 Precisering av frågeställningen	5
1.5 Rapportens disposition.....	5
2. TEORETISK REFERENSRAM.....	6
2.1 Tidigare examensarbete	6
2.2 CC-metodik.....	6
3. METOD	7
3.1 Förstudie och informationsinsamling om CC-metodiken.....	7
3.1.1 Databesamling via personligt möte	7
3.1.2 Inläsning.....	7
3.1.3 Funktionellt test av traditionell modelleringsmetod i Catia.....	7
3.1.4 Kravspecifikation för recliner	7
3.2 Konceptgenerering för modellering av recliner i Catia	8
3.2.1 Idégenerering	8
3.2.2 Utvärdering	8
3.2.3 Framtagning av formler och booleska funktioner i Excel.....	8
4. RESULTAT AV FÖRSTUDIE OCH INFORMATIONSINSAMLING OM CC-METODIKEN.....	9
4.1 Resultat av databesamling via personligt möte	9
4.2 Resultat av inläsning	9
4.3 Resultat av funktionellt test	9
4.4 Resultat av kravspecifikation för recliner	11
5. UTVECKLING AV CAD-METODIK.....	12
5.1 Modellering i Catia	12
5.1.1 Koncept 1 recliner – absoluta koordinater	13
5.1.2 Koncept 2 recliner – polära koordinater	15
5.1.3 Positionering och aktivering/avaktivering av interface	16
5.1.4 Interface 1 – Medge rotation.....	17
5.1.4.1 Interface 1 – Koncept 1.....	17
5.1.4.2 Interface 1 - Koncept 2.....	17

5.1.4.3 Interface 1 – Koncept 3 (slutgiltig lösning)	17
5.1.5 Interface 2 – Svetsspår	18
5.1.5.1 Interface 2 - Koncept 1.....	18
5.1.5.2 Interface 2 – Koncept 2 (slutgiltig lösning)	19
5.1.6 Interface 3 – Två hål	19
5.1.6.1 Interface 3 - Koncept 1.....	19
5.1.6.2 Interface 3 – Koncept 2 (slutgiltig lösning)	19
5.1.7 Problem som uppstått med interface	21
5.1.8 Resterande modell.....	22
5.1.9 Rotation runt x och z.....	22
5.1.10 Positionering av recliner i stolsmodell.....	22
5.1.11 Felsökning.....	23
5.2 Vinkelgenerering till slutgiltigt koncept via Excel	23
5.3 Slutgiltigt koncept.....	27
6. DISKUSSION OCH SLUTSATS.....	28
6.1 Diskussion av resultat	28
6.1 Övrig diskussion	29
6.2 Kritisk diskussion.....	29
6.2.1 Befintlig teori	29
6.2.2 Namn på parametrar.....	31
6.3 Slutsats	31
6.4 Framtida rekommendationer	32
Referenser	33
Bilagor.....	

Beteckningar

Nedan förklaras särskilda termer som är återkommande i texten. I texten återfinns även flera engelska ord. Då dessa ord förmodas förlora sin innebörd vid översättning har de tillåts stå kvar på engelska. Flera av dessa ord är även specifika kommandon i Catia, genom att ha kvar orden är förhoppningen att vana användare enklare skall kunna relatera till innehållet.

CC-relaterat

CC-modell – En krav- och konceptmodell enligt CC-metodiken. Varje modell innehåller detaljerad information av, *vad* som skall utvecklas, *hur* det har lösts, och *varför* den lösningen valdes. Utöver detta innehåller en CC-modell möjlighet att variera modellen med hjälp av styrbara parametrar. (Johannesson H. et al., 2013)

Produktplattform – En mängd delsystem och komponenter som delas av flera produkter eller produktfamiljer. (Johannesson H. et al., 2013)

Plattformselement – En ingående komponent, utrustning eller information i en produktplattform som återkommer i olika produktvarianter.

CCM – En programvara utvecklad av Cope Sweden AB som står för Configurable Component Modeller. Programvaran konfigurerar objektorienterad plattformsutveckling, d.v.s. konfigurerar utvecklingen av en plattform innehållande en mängd CC-modeller.

Recliner – Med recliner åsyftas i denna rapport en komponent med två individuellt rörliga armar förbundna av en planetväxel. I ändarna på armarna placeras ett *interface* för att kunna förbinda två eller fler plattformselement. Reclinerens syfte kan t.ex. vara att justera lutningen på ryggen i en fordonstol.

Recliner-arm – Recliner-arm kallas den yttre delen av reclinern. D.v.s. de två delar som roterar och är kopplade till stången i mitten.

Datarelaterat

Boolesk funktion – Vid logiska tillämpningar, ett påstående som besvaras med ”Sant” eller ”Falskt” och får olika följder beroende på svar. (Stenström)

Funktion – En matematisk funktion där indata anges och ett funktionsvärde beräknas. (Nationalencyklopedin)

Parameter – En konstant storhet som är inställbar för olika sammanhang. (Nationalencyklopedin)

Instans – Inom datavetenskap, en kopia eller en specifik variant av ett objekt (Rouse, 2008)

Catia-relaterat

Catia – Catia är en programvara som är världsledande inom Cad-modellering. Det används bland annat för att formge produkter och utvärdera konstruktionslösningar. (Dassault Systemes)

Activity – En boolesk funktion i Catia. Genom att skicka antingen ”true” eller ”false” så bestäms en komponents existens. *Activity* skapas efter att skissen har extraherats m.h.a. *pad*.

Constraint – Begränsande kriterier för frihetsgrader i Catia. (Johannesson H. et al., 2013)

Design table – En funktion för att knyta samman indata med en Catia-modell så att dess parametrar uppdateras automatiskt när indata uppdateras.

Interface – En sammanbindning mellan två komponenter för att möjliggöra en eller flera funktioner (Bhise, 2013).

Offset – En förskjutning av en geometri från ett bestämt plan.

Pad – Att extrahera en 2D-modell så att modellen får djup, d.v.s. tre dimensioner.

Workbench – En arbetsbänk med tillhörande verktyg ämnade för uppgiften. Nedan följer tre exempel på arbetsbänkar inom Catia.

- **Sketcher** – Skapa 2D-skisser som används för att skapa 3D-modeller.
- **Part Design** – Generera och modifiera 3D-modeller.
- **Assembly Design** – Sammanställa 3D-modeller.

1. INLEDNING

I följande kapitel beskrivs bakgrunden till frågeställningen samt vad det är för problem som lösts. För att förstå texten fullt ut rekommenderas att läsaren har bekantat sig med de begrepp som tagits upp i avsnittet ”beteckningar” ovan.

1.1 Bakgrund

Företaget Cope Sweden AB är i en utvecklingsfas av en ny programvara kallad CCM som skall hjälpa företag att lättare kunna utveckla sina produkter enligt CC-metodiken och därigenom effektivisera sina utvecklings- och produktionsled. Denna metodik är fördelaktig för att kunna generera en stor mängd alternativ för att sedan välja ut den bästa för slutgiltig konstruktion. För att kunna göra detta behövs en Cad-metodik som relaterar till CC-metodiken. Programvaran CCM kopplar ihop flera olika konfigurationer av samma produktfamilj. I detta fall en fordonsstol som skall kunna användas i t.ex. personbilar, husbilar och bussar. Företaget bedriver detta utvecklingsarbete tillsammans med flera stora företag inom tillverkningsindustrin som är intresserade av denna typ av produktutveckling.

Fordonsstolar innehåller stora mängder av funktioner. Många av dessa funktioner delas av andra stolsvarianter i andra tillämpningar. Kan man återanvända flera av dessa komponenter i de andra stolsvarianterna kan man vinna stora fördelar både i utvecklingen och i tillverkningen. Därför finns en efterfrågan av att skapa ett utvecklingsverktyg där det är enkelt att överblicka vad som kan återanvändas mellan de olika varianterna.

CCM är utvecklat för att lätt kunna få en överblick av komponenter i en systemfamilj med ingående information om dess objekt. CCM bygger också ihop – den av användaren – valda varianten och skickar variantens unika parametervärden till Excel. Från Excel skickas sedan parametrar till Cad-programmet.

Vid traditionellt arbete i Catia under arbetsbänken *assembly* används uteslutande montering med hjälp av det inbyggda verktyget *constraints*. Användandet av detta verktyg innebär att positionering av varje komponent beror på en annan komponent. Detta beroende kan utgöras av en koppling till en viss position eller en geometri.

Om en specifik komponent behöver tas bort, eller om dess geometri behöver ändras, kan detta ha en direkt eller indirekt påverkan på de andra komponenternas position. Vid framtagning av stolsmodeller efterfrågas olika produktvarianter beroende på typ av fordon, modell eller beställarens preferenser. Detta innebär att ingående plattformselement kan variera i position, geometri och existens. Här uppkommer ett behov av ett nytt sätt att modellera, där varje komponent är frikopplat från övriga delar.

Eftersom de ingående konstruktionslösningarna inom systemfamiljen ändras beroende på konfiguration måste också dess *interface* ändras. Detta måste göras så att de två ihopkopplade plattformselementens *interface* alltid passar ihop oberoende av vilken konfiguration som är vald. Genom parametriserade värden i de ihopkopplade CC-modellerna styrs och skickas detta till de två motsvarande geometrimodellerna i Cad-programmet vars dimensioner är parameterstyrda.

Cope Sweden AB är i behov av att undersöka hur en parametriserad Cad-modell med flera utbytbara varianter baserad på CC-metodik skulle kunna utformas eftersom detta inte gjorts tidigare. Om denna uppgift blir löst skulle ett positivt resultat innebära ett steg framåt för den fortsatta utvecklingen av CC-metodik.

I följande arbete behandlas en recliner i en stol, d.v.s. den komponent som justerar t.ex. lutningen på ryggstödet eller höjd på stolen. Anledningen till att en recliner har varit en lämplig komponent att parametrisera är för att det finns många olika varianter. I en stolsmodell ingår flera olika typer av recliners med olika geometrier och positioner. Dessutom kan de skilja sig mellan olika stolsmodeller. Det finns även ett behov av olika infästningar beroende på vilken funktion reclinern utgör.

1.2 Syfte

Det inbyggda verktyget för montering av komponenter i Catia kallas *constraints*. Detta verktyg sammanbinder två eller fler komponenter. Om en viss komponent skall tas bort i en specifik produktvariant och denna komponent används som referens för en annan komponent, skulle den senare komponenten inte längre ha någon bestämd position. Uppdraget går ut på att ta fram en arbetsmetod i Catia som inte är beroende av det inbyggda verktyget *constraints*. Istället skall positionering och anpassning av plattformselement möjliggöras utefter den variation som efterfrågas. Detta utan hänsyn till andra komponenter m.h.a. parametrisering.

En sådan arbetsmetodik kan bidra till skalfördelar samtidigt som olika varianter av en och samma plattform kan tas fram utan att *assemblyn* kollapsar. Det skulle kunna leda till ett såväl effektivare utvecklingsled som produktionsled, vilket skulle kunna innebära en ekonomisk vinning för företaget. E

Syftet med detta arbete är att bidra till pågående forskning inom CC-metodik samt implementera de genererade lösningarna i redan befintliga Cad-modeller. Till sist det allmänna syftet: att använda de kunskaper som har förvärvats genom utbildningen och tillämpa dessa i praktiken.

1.3 Avgränsningar

Eftersom denna arbetsmetodik är i ett tidigt skede och sedan tidigare obefintlig, skall detta betraktas som en början på utvecklingen av denna arbetsmetodik. Det har undersökts hur applicerbar arbetsmetodik är och möjligheten till en vidareutveckling. Därför har denna parametriserade modellering enbart testats för delar valda av Cope Sweden AB. Dessa delar innefattar fyra olika recliners, vilka gör det möjligt att justera t.ex. lutning på ryggstödet eller höjd på stolen. Varje recliner utgår från samma instans, vilken sedan kopieras och parametreras till en unik variant, för att passa på sin position. Eftersom en recliner generellt sett ligger inom ramen för en viss geometri, har parametriseringen avgränsats utefter detta. Troligen finns inga gränser för vad som kan parametriseras, men i enighet med Cope Sweden AB har de mest nödvändiga *interfacen*, geometrierna, rotationerna och translationerna parametriserats.

Den parametriserade stolsmodellen skall vid ett färdigt stadie kunna styras utifrån Cope Sweden AB:s egen framtagna mjukvara, CCM. Detta är något som ligger längre fram i tiden och har således inte behandlats. Parametriseringen styrs därför uteslutande via Excel.

Det finns en risk att oundräktade buggar kan förekomma eftersom det har varit omöjligt att testa parametreringen för alla möjliga värden. Majoriteten av buggtesterna har gjorts inom det angivna intervallet i Excel-bladet.

Använda programvaror vid utvecklingen är Catia V5-6R2014 samt Microsoft Excel 2013. Eventuell inkompatibilitet med andra versioner av dessa mjukvaror kan inte uteslutas.

Det har inte funnits tid för att modellera en komplett parametriserad stolsmodell.

Hur den ekonomiska konsekvensen blir av att jobba enligt denna arbetsmetodik har inte behandlats.

1.4 Precisering av frågeställningen

Följande frågeställningar har varit grunden för framtagningen av resultatet.

- Hur kan man implementera flera lösningsvarianter på samma funktion?
- Hur kan man praktiskt gå tillväga för att skapa olika instanser av en Cad-modell och placera dessa i olika lägen i en sammanställning?
- Hur skall man kunna styra *interfacets* position i rymden från Excel?
- Hur skall man kunna använda ett koordinatsystem inuti Catia som inte relaterar till de ingående delarna utan till ett globalt koordinatsystem, och på så sätt positionerna delarna?
- Hur kan man koppla samman två eller fler objekt i Catia utan att använda sig av den inbyggda funktionen *constraints*?

1.5 Rapportens disposition

Kapitel 2. Teoretisk referensram. Beskriver tidigare arbeten inom liknande område samt ger anvisning om fördjupande litteratur inom detta område.

Kapitel 3. Metod. Beskriver de metoder som använts för att komma fram till resultat.

Kapitel 4. Resultat av förstudie och informationsinsamling om CC-metodiken. Redovisar resultaten av förstudier samt inläsning av CC-metodik. Innehåller även kravspecifikation.

Kapitel 5. Utveckling av Cad-metodik. Här visas hur Cad-metodiken skapats, de olika koncept vi har tagit fram och till sist den slutgiltiga lösningen.

Kapitel 6. Diskussion och slutsats. Diskussion förs beträffande slutresultaten och en slutsats dras som svarar på de frågeställningar som varit uppställda. I slutsatsen ges även de erfarenheter som erhållits samt rekommendationer för fortsatt

Mellan de två kapitlen metod och rapportens huvudkapitel följer ett logiskt mönster. Detta genom att de underrubriker som finns under metod sammankopplats till huvudkapitlen. Exempelvis beskriver kapitel ”3.1” den förstudie och informationsinsamling som gjorts om CC-metodiken. Kapitel ”4” beskriver sedan det resultat som uppnåtts genom denna metod. På samma sätt är ”3.1.1” kopplat till ”4.1”, ”3.2.1” till ”4.2” o.s.v.

2. TEORETISK REFERENSRAM

Nedan tas befintlig teori inom CC-modellering och parametriserad modellering upp. Eftersom metodiken i detta arbete till stor del är experimentell har nedanstående teori inte legat till särskilt stor grund för detta examensarbete. Den intresserade läsaren som vill fördjupa sig inom detta område kan ta del av nedanstående litteratur.

2.1 Tidigare examensarbete

Ett tidigare examensarbete har utförts inom samma område, på Jönköpings tekniska högskola (Barck, Sebastian; Johansson, Gustav). En Cad-modell i form av en stolsmodell erhöles via företaget VA-Automotive. Denna stolsmodell skulle positioneras i rumden via parametrisering. Aktivering och avaktivering av ingående komponenter skulle också kunna göras. De ingående komponenterna i stolsmodellen skulle dessutom vara parametriserbara i längd och bredd. All parametrisering skedde genom Excel och resultatet av stolsmodellen skulle efterlikna den ursprungliga modellen som tilldelats av VA-Automotive.

Att detta arbete existerade delgavs av uppdragsgivaren först efter att metodiken i detta arbete tagits fram. Detta var medvetet för att inte resultaten av detta arbete skulle ledas in på samma spår. De resultat som tagits fram i form av positionering och existensbestämmande av komponenter inuti Catia är i linje med arbetet från Jönköpings tekniska högskola. Detta styrker de resultat som uppnåts. Den stora skillnaden mellan dessa examensarbeten är att detta examensarbete är inriktat på att ta fram flera lösningsvarianter på samma objekt.

2.2 CC-metodik

En licentiatavhandling vid namn "Development of Interdisciplinary Platforms Using System Objects" (Landahl, Jonas) beskriver teorin bakom CC-metodik och användandet av objekt i plattformsutveckling för att effektivisera produktutveckling. Särskilt "Paper D" under "bifogade publikationer" är kopplat till detta examensarbete, här skriver författarna om flexibla produktvarianter inom plattformsutveckling (Landahl, Jonas; Levandowski, Christoffer et. al.).

3. METOD

Följande kapitel beskriver vilka metoder som använts för att komma fram till det slutgiltiga resultatet. Det kommer att tas upp vad som gjorts, hur det gjorts och varför dessa metoder varit nödvändiga.

3.1 Förstudie och informationsinsamling om CC-metodiken

De olika underrubrikerna inom förstudie och informationsinsamling representerar den kompetensutveckling som var nödvändig för uppstarten av produktutvecklingen.

3.1.1 Datainsamling via personligt möte

Ett informationsmöte hölls på Cope Sweden AB:s kontor i Chalmers Teknikpark, Johann-berg. Samtliga handledare inklusive uppdragsgivare var på plats. Diskussioner fördes kring vad som skulle åstadkommas och tänkbara sätt kring utförandet. Problemställningen klar-gjordes och uppdragsgivaren ställde sina initiala krav och önskemål på det slutgiltiga kon-ceptet. Informationsmötet var nödvändigt för att reda ut uppdragsgivarens beställning efter-som den låg som grund för kravspecifikationen.

3.1.2 Inläsning

Det har under tidens gång funnits ett behov av inläsning av relevant litteratur för att utveckla en teoretisk grund. Denna inläsning har bestått av litteratur i form av licentiatavhandlingar och tidigare examensarbeten. Enklare övningar i programvaran CCM har gjorts och en kort-are utbildning innehållande parametriserad modellering i Catia har genomgåts.

Inläsning av CC-metodiken har gjorts för att få en förståelse för dess bakgrund. Det är fort-farande en väldigt teoribaserad metodik, varför litteratur lämpat sig. Övningarna i CCM har gjorts för att få en förståelse för hur den teori som tagits fram kan kopplas till denna program-vara. En utbildning inom parametrisering ansågs vara ett tidseffektivt sätt att lära sig para-metriserad modellering.

3.1.3 Funktionellt test av traditionell modelleringsmetod i Catia

För att skapa en förståelse för vad problemet med den traditionella sammansättningen var gjordes en analys i Catia. Denna analys infattade hur olika delar beror på varandra och vad konsekvenserna blir vid ändring i geometrin.

3.1.4 Kravspecifikation för recliner

En kravspecifikation togs fram för att säkerställa att uppdragsgivarens krav och önskemål uppfylldes. Kravspecifikationen utökades kontinuerligt under tidens gång allt efter att upp-dragsgivaren kom med nya önskemål.

3.2 Konceptgenerering för modellering av recliner i Catia

För att kunna nå en lösning på uppdraget genererades flera konceptlösningar. Utvärdering av dessa lösningar tog arbetet framåt antingen genom nya dellösningar eller att helt nya koncept behövde skapas för att föregående koncept helt enkelt inte fungerade.

3.2.1 Idégenerering

Idégenerering användes för att på ett effektivt sätt generera idéer och få ut koncepten för vidare utvärdering. Koncepten som togs fram skissades först upp på papper för att sedan översättas till att teoretiskt kunna fungera i Catia.

3.2.2 Utvärdering

Utvärdering av framtagna koncept är en viktig process för att verklighetsförankra de koncept som tagits fram och testa dem i praktiken. De koncept som togs fram ur idégenereringen granskades teoretiskt för att sedan genomgå en utvärdering i Catia. I Catia modellerades koncepten och ett funktionstest genomfördes för att hitta buggar. De lösningar som visat sig fungera verifierades av Cope Sweden AB genom möten. Önskemål om ytterligare funktioner lades fram vilket var viktigt för projektets fortsatta utveckling. Den slutgiltiga modellen genomgick till sist en omfattande felsökning efter buggar i Catia. Felsökningen genomfördes genom att mängder av värden matades in i Excel-bladet för att prova funktionaliteten av modellens alla ingående parametrar. Kriterierna för att modellen ansågs fungera var att hela reclinern hamnade på rätt position och att inga felmeddelanden genererades.

3.2.3 Framtagning av formler och booleska funktioner i Excel

Framtagning av booleska funktioner skedde genom en uppdelning av enhetscirkeln. Om en koordinat befann sig i första kvadranten gällde en viss formel, om en koordinat befann sig i andra kvadranten gällde en annan o.s.v. Vilka formler som gällde baserades utifrån ett samband mellan teorin för kartesiska och polära koordinater. Att använda sig av booleska funktioner var nödvändigt eftersom formlernas utfall blev olika beroende på vilket kvadrant koordinaterna befann sig i.

4. RESULTAT AV FÖRSTUDIE OCH INFORMATIONSSAMLING OM CC-METODIKEN

Resultatet av informationssamlingen gav en grund för att kunna fortsätta produktutvecklingsprocessen. Nedan redovisas resultat som varit viktiga för att kunna fortsätta arbetet.

4.1 Resultat av datainsamling via personligt möte

Under det personliga mötet beslutades att generella CC-modeller och motsvarande parametriserade Cad-modeller för geometriska *interface* skulle skapas. Dessa skulle sedan kunna integreras i utvalda delar i en existerande stolsplattform. Slutligen skulle modellernas applicerbarhet i olika plattformsansarkitekturer och variantkonfigurationer testas.

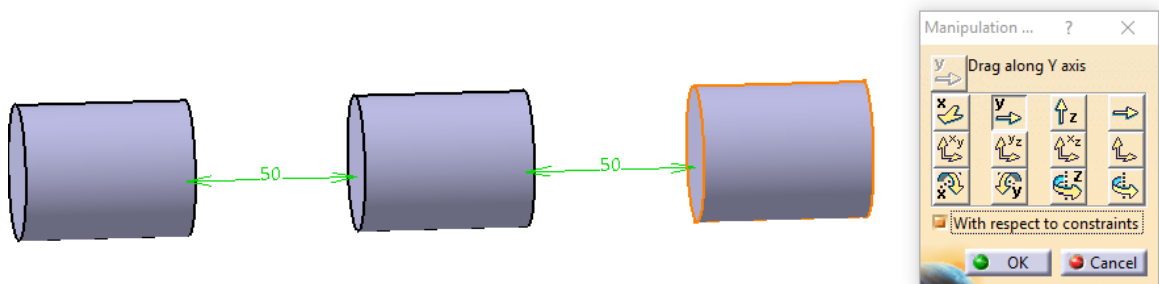
4.2 Resultat av inläsning

Inläsningen bestod av material utdelat av uppdragsgivaren. Denna litteratur var skriven av uppdragsgivaren själv och innefattade grunderna för CCM-modellering. Särskilda övningshäften gick igenom innefattande CCM-modellering och plattformsbaserad modellering. Detta gav en uppfattning om hur resultatet i framtiden skulle kunna kopplas till programvaran CCM.

En kortare utbildning i parametriserad modellering var nödvändig eftersom det var något som aldrig stötts på innan. David Renborg, som skriver sitt examensarbete på avancerad nivå, höll i utbildningen. Den innefattade en snabbare genomgång av en parametriserad elektromagnetisk kontaktor som han hade tagit fram. Enklare exempel för import av formler och *design table* visades.

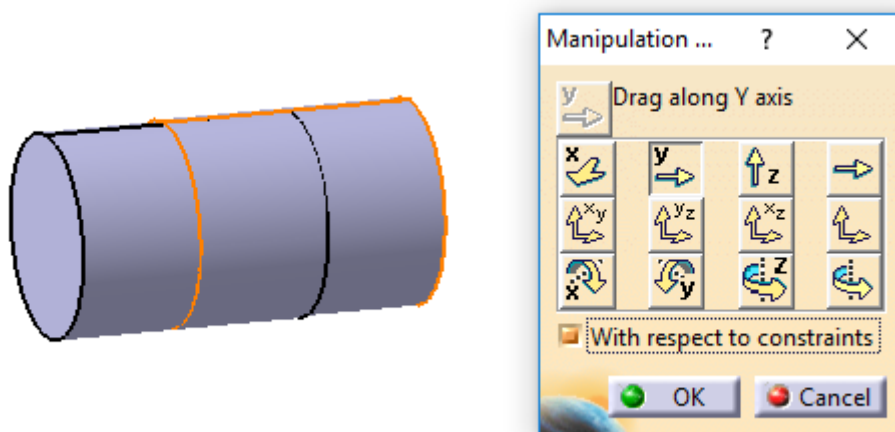
4.3 Resultat av funktionellt test

Det funktionella testet genomfördes genom att tre olika komponenter med godtycklig geometri modellerades. En *assembly* skapades och dessa tre komponenter sattes ihop med Catias inbyggda funktion *constraints*. De tre komponenterna kopplades ihop på längden genom kommandot *offset*, se figur 4.1. Catias verktyg *manipulate* användes för att se om den vänstra delen kunde flyttas axiellt, vilket den inte kunde.



Figur 4.1. Sammansättning av godtycklig geometri i Catia.

Därefter togs den mittersta delen bort för att undersöka vad detta fick för konsekvenser på de två andra delarna. Kommandot *manipulate* visade att de två kvarvarande delarna kunde translatera fritt, trots att "With respect to constraints" var aktiverat. Resultatet illustreras i figur 4.2, där de två yttersta delarna har dragits ihop axiellt så att de sammanfaller i varandra. Slutsatsen av resultatet blev att de *constraints* som hade lagts på i form av *offset*, försvann i samband med att den mittersta delen togs bort. Konsekvenserna av detta blir att kvarvarande delar inte längre har någon bestämd position i rymden.



Figur 4.2. Translation i y-led var möjlig trots att "With respect to constraints" var ifyllt.

4.4 Resultat av kravspecifikation för recliner

Kravspecifikationen har utvecklats utefter de krav och önskemål som uppdragsgivaren ställt. Kravspecifikationen i figur 4.3 har resulterat i det slutgiltiga konceptet.

Kriterier	Kontroll	Målvärde	K*/Ö**
Flera olika valbara interface	Test	3st	K
Interfacen kan positioneras oberoende av armlängd	Test	Robust funktion	K
Huvuddimensioner parametriserade	Test	Bekräftelse från kund	K
Positionering i rummet utan referens till komponent	Test	Robust funktion	K
Recliner-armar positionerbara	Test	Robust funktion	K
Instanser av recliner på olika positioner i stolsmodell	Test	Robust funktion	K
Åtkomst till samtliga parametrar genom Excel	Visuell	Enkelt gränssnitt	K
Kunna rotera recliner runt alla tre axlar	Test	Robust funktion	Ö
Avgränsad indata i Excel	Visuell	Inom utsatta gränser	Ö
Användarvänligt Excelark	Test	Lätt att förstå	Ö
Undvika negativa värden i Catia	Test	Robust funktion	Ö

*Krav

**Önskemål

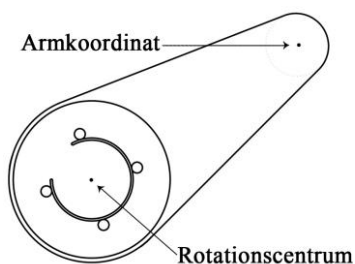
Figur 4.3. Överblick av kravspecifikation.

5. UTVECKLING AV CAD-METODIK

Uppdraget har gått ut på att ta fram en Cad-metodik i Catia. För att kunna ta fram denna Cad-metodik har en Cad-modell med tillhörande parametriseringen tagits fram. Nedan beskrivs olika koncept som genomarbetats under produktutvecklingsprocessen samt det slutgiltiga resultat som tagits fram. Det tas även upp hur vinkelgenereringen är kopplad till Catia.

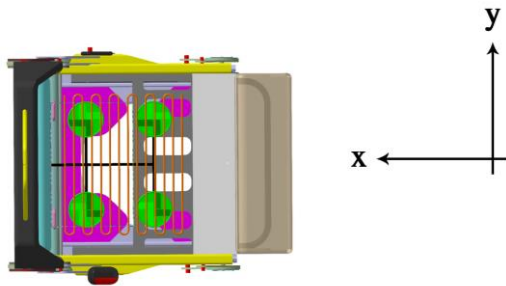
5.1 Modellering i Catia

Resultatet av utvärderingen blev att först få rotationen av recliner-armen – utifrån en given koordinat – att fungera. Därefter lades fler parametrar till för att kunna ändra geometrin på reclinern. Flera koncept har utvärderats och nedan kommer resultaten. Återkommande termer som införts under tidens gång är rotationscentrum samt armkoordinat. Dessa termer utgör koordinaterna för de bådas radie-centrum och illustreras i figur 5.1. Vid beräkningar har dessa givits indexen **c** (rotationscentrum) respektive **a** (armkoordinat).

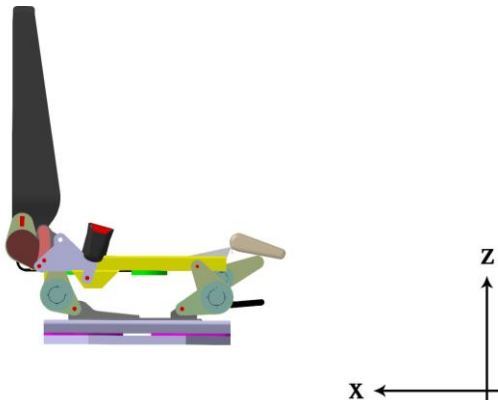


Figur: 5.1. Definition av armkoordinat och rotationscentrum.

Den stolsmodell som tilldelades hade sedan tidigare ett definierat koordinatsystem. D.v.s. riktningarna på alla axlar var bestämda. Dessa riktningar är återkommande och definieras i figur 5.2 och 5.3.



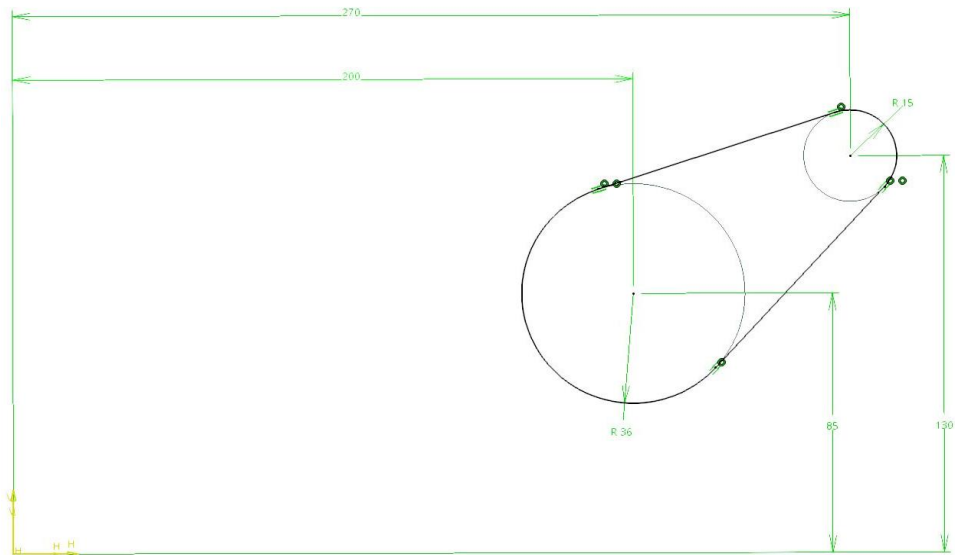
Figur 5.2. Definition av koordinatsystem i xy-planet. Stol sedd ovanifrån.



Figur 5.3. Definition av koordinatsystem i xz-planet.

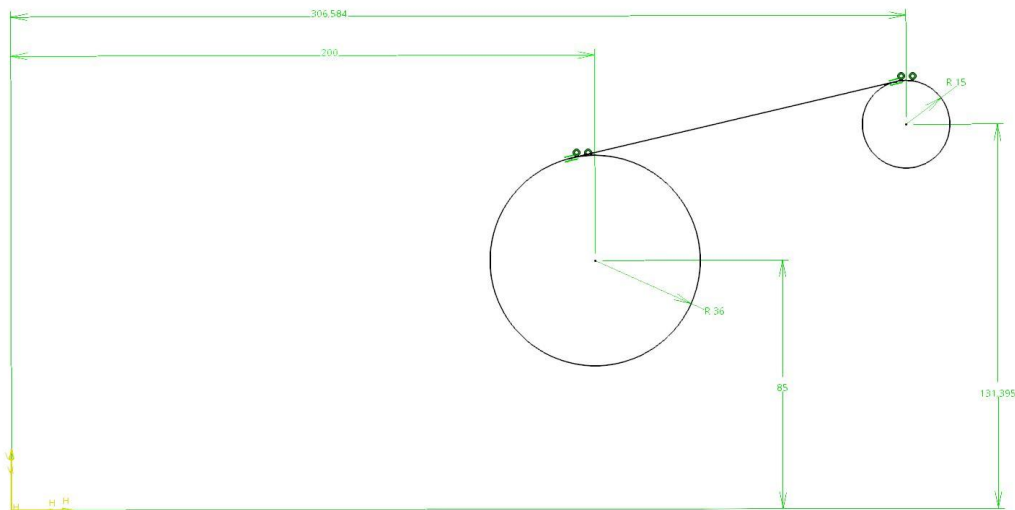
5.1.1 Koncept 1 recliner – absoluta koordinater

Det första konceptet som utvärderades var uppbyggt kring två punkter som kunde förflyttas med absoluta koordinater utifrån Excel-bladet, se figur 5.4. Den ena punkten bestämde rotationscentrum och den andra punkten bestämde armkoordinaten. Runt de två punkterna byggdes geometrin för reclinern upp. *Constraints* lades på för att geometrin skulle hållas intakt när de två punkterna flyttades runt i x- och z-led.

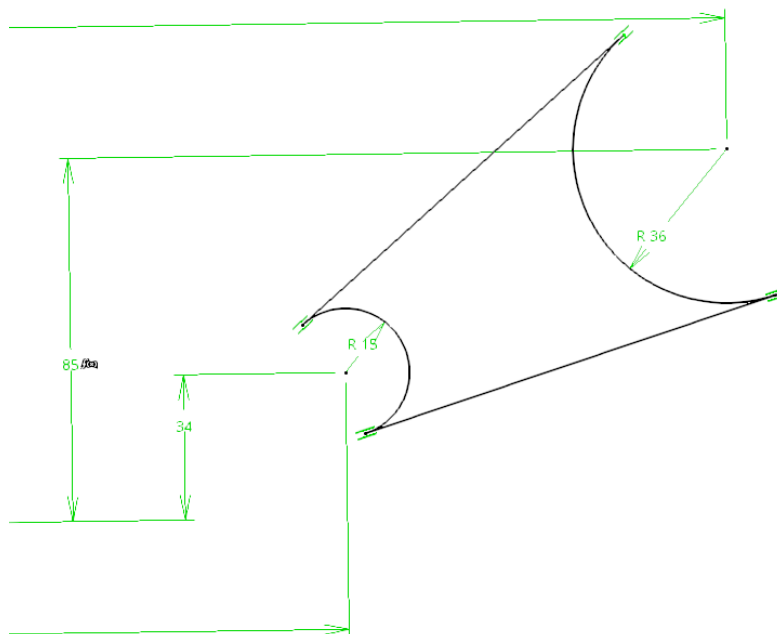


Figur 5.4. Uppbyggnad av recliner-arm.

Ett problem som uppdagades gjorde detta koncept oanvändbart. Geometrin som antogs vara robust föll isär och felmeddelandet "Sketch is self-intersecting" genererades när armkoordinaten flyttades. Tangentlinjerna som sammanbinder de två radierna flyttades så att de sammanföll, vilket kan beskådas i figur 5.5. Även radierna på armens ytterkanter bytte riktning när armkoordinaten bytte sida gentemot rotationscentrum vilket även det resulterade i en ofullständig *sketch*, se figur 5.6. Efter att ha försökt lösa detta utan framgång så konstaterades det att försök till positionering av armen inuti *sketchern* var lönlösa. Orsaken var alltså att Cad-systemet inte klarade av att uppfylla de *constraints* som satts ut.



Figur 5.5. Fallerad sketch genom sammanfallen tangentlinje.



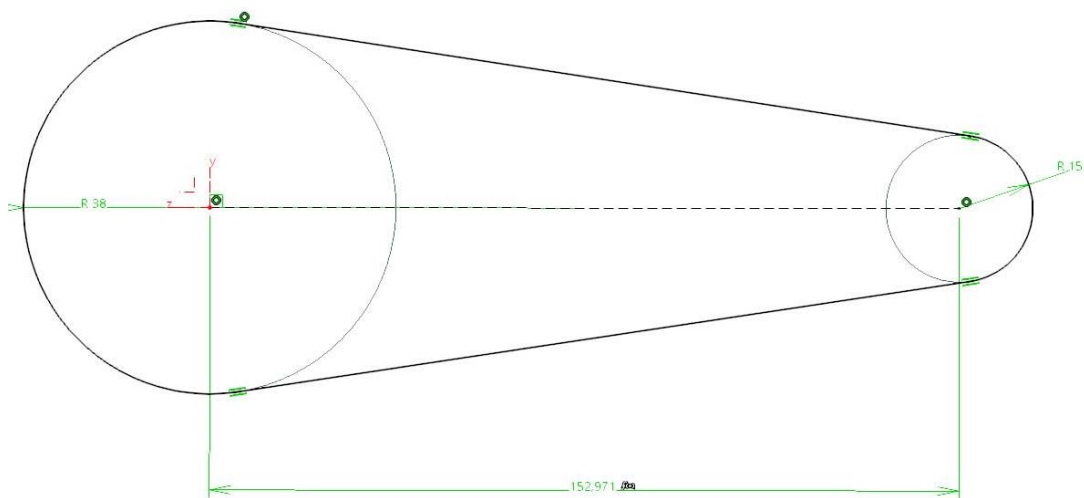
Figur 5.6. Fallerad sketch genom inverterade radier.

5.1.2 Koncept 2 recliner – polära koordinater

Efter att föregående koncept inte fungerat krävdes ett nytt koncept som inte roterade armkoordinaten inuti *sketchern*. En lösning där hela soliden roterades togs fram för att undvika att *sketchen* fallerade. Därför undersöktes om polära koordinater kunde vara lösningen på problemet.

Samma lösning för positionering av rotationscentrum användes som för föregående koncept, alltså en punkt flyttbar i tre dimensioner. I denna punkt infogades ett nytt *axis system* kallat *axis rotation*. En *sketch* skapades på xz-planet i det nya *axis system*. En till punkt skapades i *sketchen* på armkoordinaten och en *construction line* för att förbinda dem. Denna linje tilldelades en parametriserad längd och gavs en vinkel på noll grader mot horisontallinjen i *sketchen*. Längden på linjen mellan rotationscentrum och armkoordinaten symboliserar radien i det polära koordinatsystemet. Därefter skapades ett vinkelrätt *constraint* för att låsa vinkeln mellan *construction line* och *axis system*'s vertikala axel. Den här vinkeln parametriserades och får sitt värde från en formel i Excel, mer om detta i avsnitt 6.3 "Vinkelgenerering till slutgiltigt koncept via Excel". Koncept 2 visualiseras i figur 5.7.

Sketchen extraherades sedan m.h.a. *pad* i båda riktningarna så att planet låg kvar i mitten av soliden. Samma tillvägagångssätt tillämpades sedan för den inre armen fränsett att *sketchen* placerades på föregående arms yta.



Figur 5.7. Koncept 2, positionering av recliner-arm med polära koordinater.

5.1.3 Positionering och aktivering/avaktivering av interface

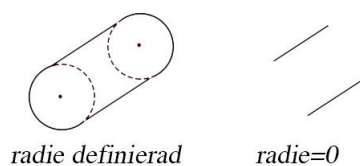
Enligt direktiv från uppdragsgivare önskades tre olika *interface* i modellen. Detta för att göra metoden mer robust och användbar i olika sammanhang. Dels skapades ett hål för att tillåta komponenten att vrida sig, dels ett avlångt spår för fastlåsning av komponent genom svetsning och till sist ett *interface* med två hål för fastlåsning genom exempelvis skruvar.

Positionering av *interface* har inneburit flera olika lösningsgångar innan den slutgiltiga uppnåddes.

En annan fråga som uppstod var hur aktivering och avaktivering av *interface* skulle ske. Uppdragsgivaren kom med tre olika förslag på hur detta skulle ske. Förslagen löd:

1. Alla *interface* skulle finnas i samma part-fil. Aktivering och avaktivering skulle styras genom att ge det runda *interfacet* diametern noll. För det avlånga *interfacet* skulle längd och bredd ges till noll. För mer information, se bilaga 1, sida 1.
2. Tre olika part-filer av recliner-armarna. Varje recliner-arm hade unika *interface*. För mer information, se bilaga 1, sida 2
3. Det tredje förslaget innebar likt det första, en recliner-arm. Dock skulle alla olika *interface* modelleras som tre egna part-filer. *Interfacet* skulle aktiveras och avaktiveras beroende på vilket *interface* som önskades. För mer information, se bilaga 1, sida 3.

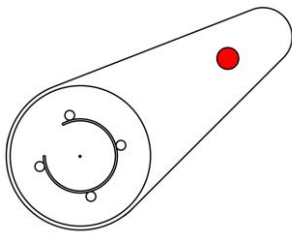
Förslagen analyserades och slutsatsen drogs att det 3:e förslaget var det bästa. Jämfört med förslag 2 så krävdes det mindre lagringsutrymme. Detta eftersom det endast krävde datalagring i form av en Catia-fil, till skillnad från förslag 2 som krävde datalagring av tre separata Catia-filer. Förslag 3 modifierades något, istället för att varje *interface* var en separat Catia-modell, så blev varje *interface* en separat skiss inuti recliner-modellen. Förslag 1 gick bort eftersom det avlånga *interfacet* inte klarade av hanteringen med radien noll. Då radien sattes till noll, så förlorade tangentlinjerna sina referenspunkter, se figur 5.8. Detta resulterade i felmeddelandet "The sketch contains open contours".



Figur 5.8. Förlorade referenspunkter för tangentlinjer då radie sätts till 0.

5.1.4 Interface 1 – Medge rotation

Det första av tre de *interfacen* skulle kunna medge rotation. Uppdragsgivaren ville att *interfacen* skulle se ut enligt figur 5.9. Det återstod att komma fram till en lösning för positioneringen av *interfacet*.



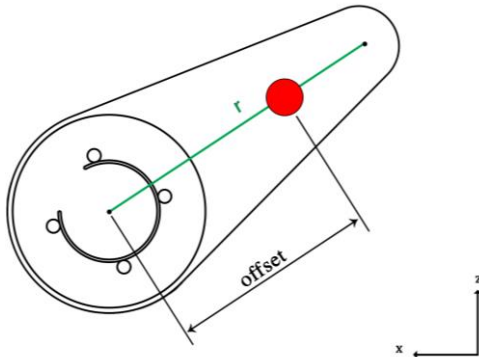
Figur 5.9. Interface 1, som skulle medge rotation.

5.1.4.1 Interface 1 – Koncept 1

Detta *interface* var från början konstant sammankopplat med armkoordinaten. Till en början flyttades positionen på *interfacet* efter armkoordinaten, men dess existens kunde styras utifrån Excel-bladet genom att ändra radien. En radie med värdet noll tog bort *interfacet*, medan övriga (positiva) värden bestämde dess storlek.

5.1.4.2 Interface 1 - Koncept 2

Eftersom ökad funktionalitet efterfrågades ändrades konceptet till att *interfacet* kunde röra sig längs med *construction line* (r), se figur 5.10. Detta med en parametriserad *offset* som utgick från rotationscentrum. Ytterligare en *offset* vinkelrätt mot *construction line* (r) bildades för att kunna styra *interfacet* i ytterligare en riktning



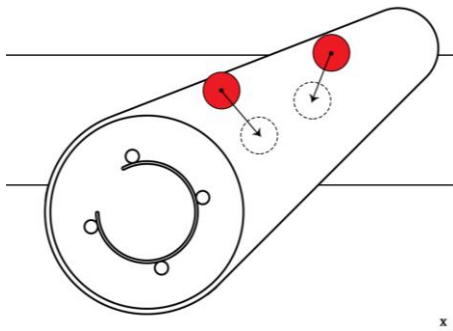
Figur 5.10. Positionering av interface i koncept 2.

Istället för att styra existensen av *interface* genom att ange dess radie, så skapades en parameter kopplad till Catia:s inbyggda funktion *activity*. För varje komponent som extraheras med verktyget *pad* bildas en *activity*. Genom att antingen skicka *true* eller *false* som indata för *activity* så styrs existensen av *interfacet*. Radien på *interfacet* är valfri via parametrisering.

5.1.4.3 Interface 1 – Koncept 3 (slutgiltig lösning)

Konceptet utvecklades senare till att positioneras med absolut koordinater. Istället för att positionera med utgångspunkt i rotationscentrum positionerades *interfacet* istället från det globala koordinatsystemet. I figur 5.11 illustreras en recliner-arm, två röda *interface* samt en bakomliggande balk med två hål i. Balkens två hål har två olika positioner som i planet kan definieras med x - och z -koordinater.

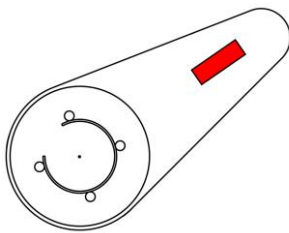
För att få *interfacen* på rätt position krävs alltså att x- och z-koordinaterna för bakomliggande hål är kända. Detta eftersom *interfacen* positioneras med absoluta koordinater.



Figur 5.11. Positionering av interface med absoluta koordinater, koncept 3.

5.1.5 Interface 2 – Svetsspår

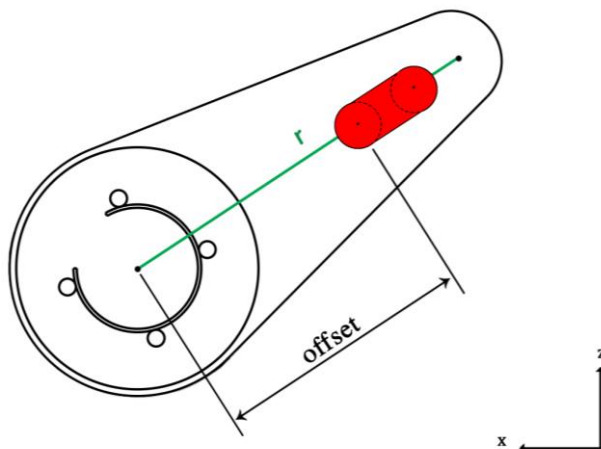
Det andra av tre interfacen skulle låsa rotation. Uppdragsgivaren ville att interfacet skulle se ut enligt figur 5.12. Det återstod att komma fram till en lösning som skulle positionera interfacet och ge det bredd.



Figur 5.12. Interface 2, svetsspår för att motverka rotation.

5.1.5.1 Interface 2 - Koncept 1

Svetsspåret konstruerades först som två cirklar med tangentlinjer emellan, så att ett avlångt hål bildades, se figur 5.13. De två radiacentrum löpte – likt *interface 1* – längs med *construction line* (r) och mättsattes även det utifrån rotationscentrum.

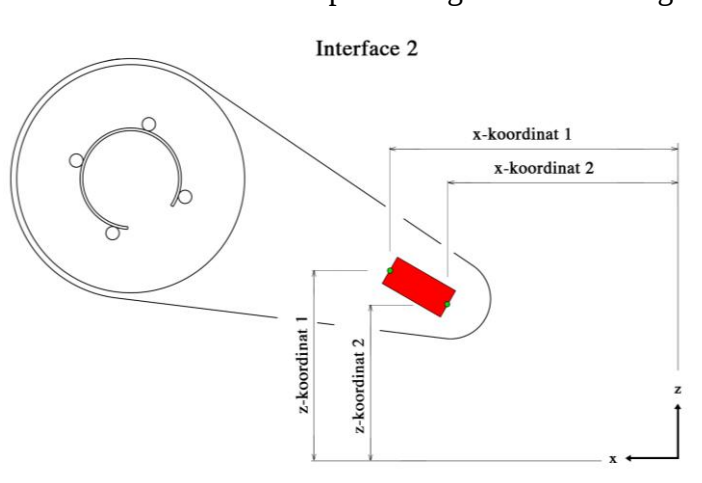


Figur 5.13. Positionering av svetsspår längs r.

5.1.5.2 Interface 2 – Koncept 2 (slutgiltig lösning)

På grund av uppkomna problem (se kapitel 5.1.7), valdes istället ett rektangulärt spår där två punkter låstes fast mitt på rektangelns sidor, se figur 5.14. Dessa punkter måttsattes med absoluta koordinater utifrån det globala koordinatsystemet.

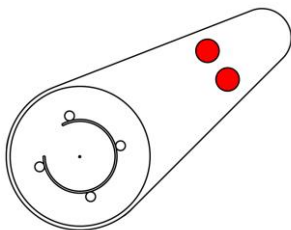
Existensen av *interfacet* styrs – likt koncept 1 – utifrån parametriserad indata för *activity*. Utöver detta kan även bredden på rektangeln ändras fritt genom parametrisering.



Figur: 5.14. Positionering av interface 2 genom absoluta koordinater.

5.1.6 Interface 3 – Två hål

Det sista *interfacet* skulle även det låsa rotation. Dock skulle det ske med två hål istället för ett avlångt spår. Uppdragsgivaren ville att *interfacet* skulle se ut enligt figur 5.15. Det återstod att komma fram till en lösning som skulle positionera *interfacet*.



Figur 5.15. Interface 3, två hål för att motverka rotation.

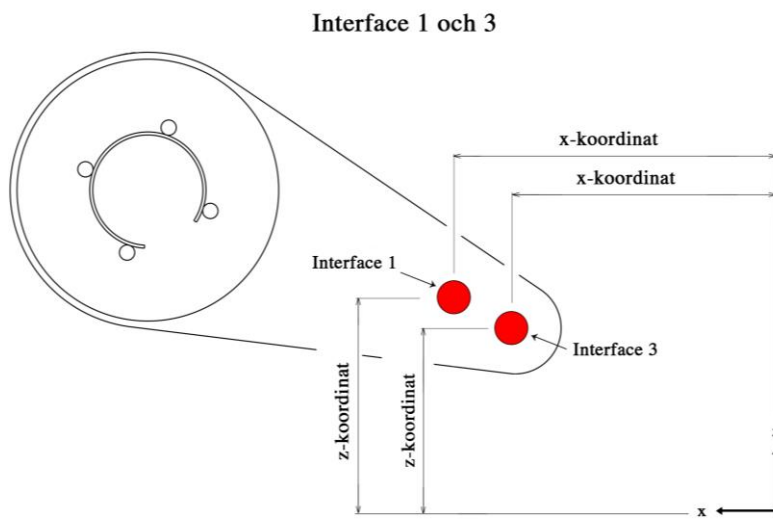
5.1.6.1 Interface 3 - Koncept 1

Det tredje *interfacet*, skall – i enklaste fall – symbolisera fastlåsning av komponenten med två skruvar. En *sketch* med två separata hål utvecklades, som likt koncept 1 rörde sig längs med *construction line* på reclinern.

5.1.6.2 Interface 3 – Koncept 2 (slutgiltig lösning)

Det tredje *interfacet* vidareutvecklades efter tid till att bestå av hål som positionerades med absoluta koordinater utifrån det globala koordinatsystemet, se figur 5.16. Lösningen med positionering genom absoluta koordinater blev alltså återkommande för samtliga tre koncept eftersom den ansågs robust. Detsamma gäller styrning av existens för *interfacet* som även den styrs via parametriserad indata för *activity*. Radien på *interfacet* styrs via parametrisering.

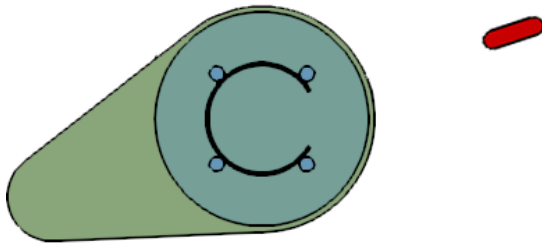
För att aktivera *interfacet* med två hål aktiveras följaktligen både *interface 1* och *interface 3*.
Se figur 5.16.



Figur 5.16. Interface 1 och 3. Positionering sker med absoluta koordinater.

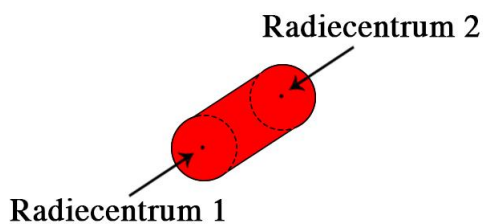
5.1.7 Problem som uppstått med interface

Till en början bestod samtliga *interface* av samma lösning, d.v.s. förflyttning av dess position längs *construction line*. Eftersom denna lösning var förenad med viss problematik, innebar det att samtliga koncept drabbades av samma problem. Detta problem bestod av en spegelvänd positionering av *interface*, se figur 5.17. Som tidigare nämnt löstes detta senare genom positionering med absoluta koordinater utifrån det globala koordinatsystemet.

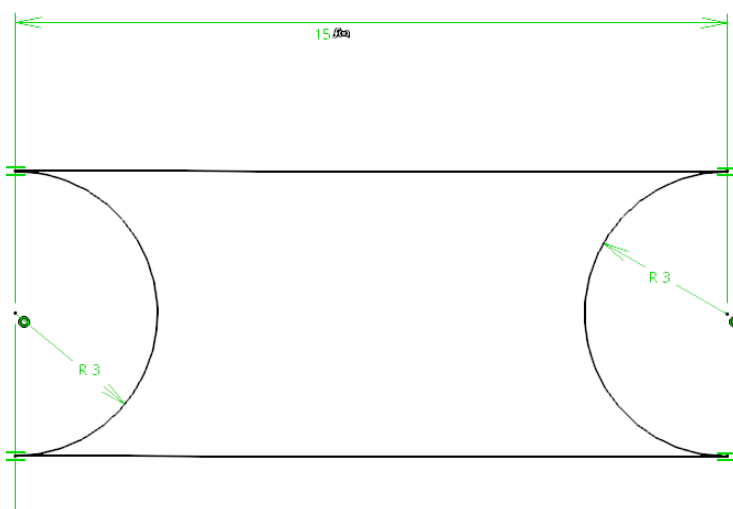


Figur 5.17. Recliner med spegelvänt interface.

Interface 2 (svetsspåret) bestod till en början av två cirklar med tangentlinjer sinsemellan, se figur 5.18. Dessa två cirklar hade varsitt radiacentrum. Om radiacentrum 1 och radiacentrum 2 positionerades så att de skiftade plats med varandra, så uppstod problemet att radien blev inverterad, se figur 5.19. Detta gjorde att *interfacet* utvecklades till ett fyrkantigt spår eftersom det förhindrade att radien inverterades.



Figur 5.18. Definition av radiacentrum 1- och 2.

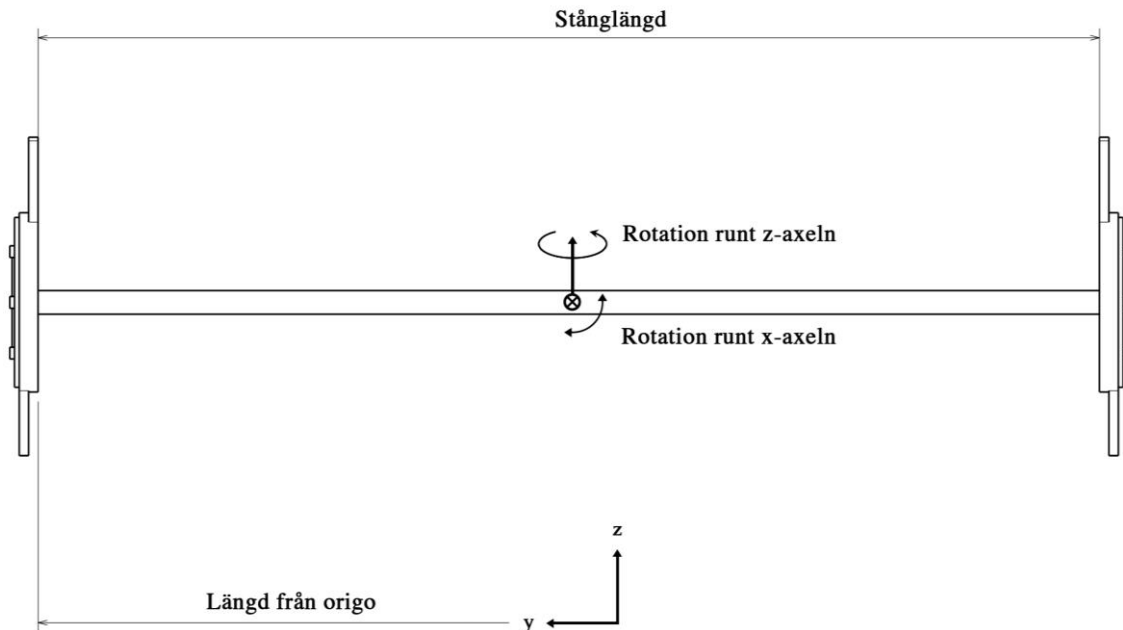


Figur 5.19. Inverterad radie för interface 2.

5.1.8 Resterande modell

Den yttersta cylindern på reclinern som skall symbolisera planetväxeln modellerades godtyckligt och fyller enbart ett visuellt syfte. Radien på planetväxeln anpassas efter armens ytterradie vid rotationscentrum och är 90 % av denna radie.

Stången mellan de två recliner-sidorna är parametriserad och kan variera i både längd och diameter. Ett parametriserat avstånd från origo och ett annat mellan recliner-sidorna möjliggör fri positionering i rymden, se figur 5.20 nedan.



Figur 5.20. Positionering av recliner i y-led.

5.1.9 Rotation runt x och z

Som ett önskemål föreslogs funktionaliteten att kunna rotera hela reclinern fritt runt samtliga axlar. Detta skulle i teorin möjliggöra modellering nästan enbart genom parametrisering eftersom modellen skulle vara programmerbar i tre dimensioner och roterbar runt tre axlar.

Första lösningen innebar ett försök att göra det på samma sätt som rotationen av armen löstes. Men detta nådde inte den funktionalitet som önskades. Därför skapades en punkt som genom programmering alltid hamnar mitt i stången mellan de båda recliner-sidorna. I denna punkt skapades sedan ett standard *axis system*. Sedan användes den i Catia inbyggda funktionen *rotate*. Först för rotationen runt z-axeln, och sedan för rotation runt x-axeln. Se figur 5.20 ovan. Dessa vinkelvärden styrs sedan från Excel-bladet.

5.1.10 Positionering av recliner i stolsmodell

När arbetet med reclinern ansågs vara klart och fungerande skulle reclinern kunna varieras så pass att samma Catia-modell av reclinern skulle kunna passa på flera olika ställen på stolen. Genom att tilldela modellerna ett eget Excel-blad med variantspecifik indata skulle varje variant vara helt unik. Eftersom stolen innehöll fyra olika recliners kopierades källfilen från Catia så att fyra instanser uppstod från samma grundfil. Även Excel-bladet kopierades och fick nya matchande namn. När sedan indata i Excel-bladen ändrades så ändrades geometrin och positionen hos de fyra olika recliners så att de passade in på sin position i stolsmodellen.

Motsvarande recliner-sida på andra sidan stängen modellerades på samma sätt som den förra med undantag av att den inre armens *sketch* skapades på stängens ytteryta.

5.1.11 Felsökning

Förutom programmering i Excel och modellering i Catia har en stor del tid lagts på felsökning för att hitta buggar i modellen. Genom denna felsökning har modellen gjorts mer robust, och nya bättre lösningar har genererats. Felsökning har genomförts genom att prova stora mängder relevanta värden för samtliga parametrar ingående i modellen. Värden utanför rimlighetsgraden för positionering i stolsmodellen avgränsades.

5.2 Vinkelgenerering till slutgiltigt koncept via Excel

Eftersom reclinern skulle rotera runt rotationscentrum, som var konstant bestämd utifrån Excel, föddes idén om att använda polära koordinater. Differensen mellan armkoordinaten relativt rotationscentrum skulle då generera de två kateterna Δx och Δz , se figur 5.21. Utifrån teorin för polära koordinater kunde sedan en transformering från kartesiska till polära koordinater göras.

Avståndet mellan rotationscentrum och armkoordinaten i x- och z-led:

$$x_c - x_a = \Delta x \quad \dots (1)$$

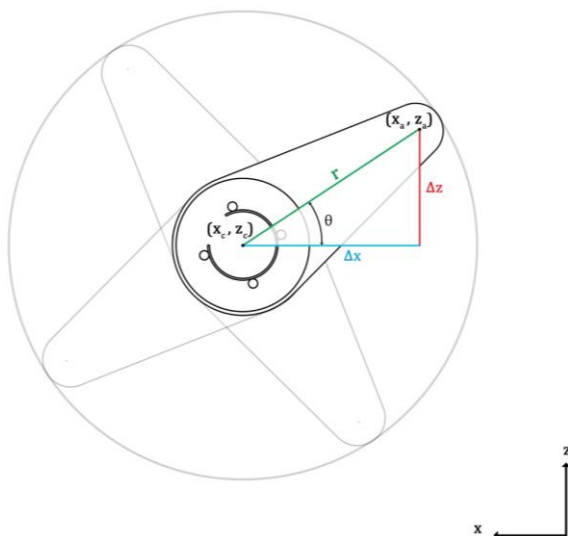
$$z_a - z_c = \Delta z \quad \dots (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta z}{\Delta x} \right) \quad \dots (3)$$

Transformerering från kartesiska till polära koordinater:

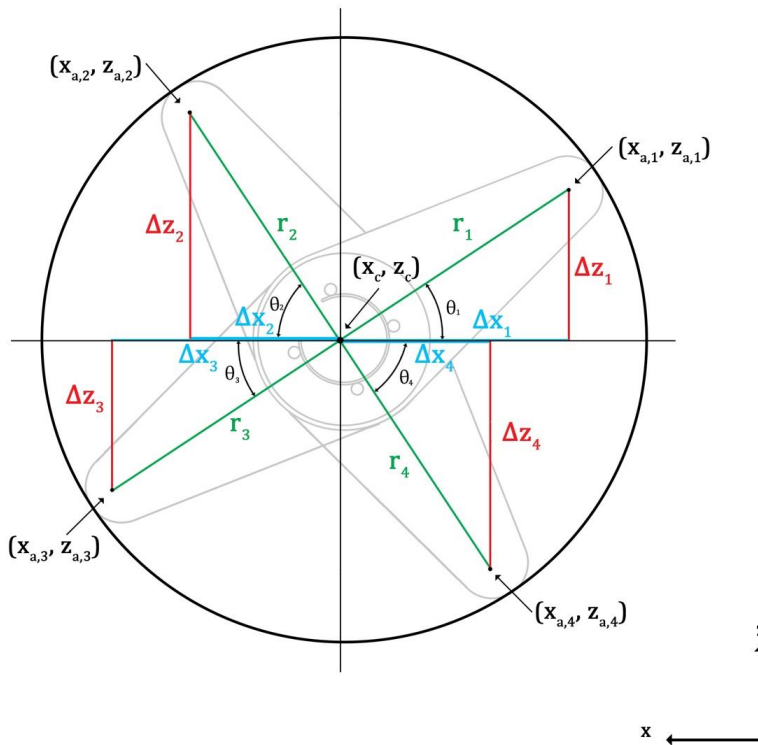
$$r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta z^2} \quad \dots (4)$$

Med hjälp av storheten r samt vinkeln θ kunde armens position i första kvadranten bestämmas. Detta genom att r verkade som ett diagonalt avstånd (diagonalt då $\theta \neq 0$ och $\theta \neq 90$) mellan rotationscentrum och armkoordinaten. Vinkeln θ utgjorde vinkeln mellan horisontallinjen och den diagonala linjen r . Se figur 5.21.



Figur 5.21. Definition av r , Δx och Δz . Dessutom vinkeln θ .

Eftersom ekvation (3) endast var applicerbar i kvadrant ett, togs andra formler fram för att räkna ut vinkeln för övriga kvadranter. Detta illustreras enklast med hjälp av en bild, se figur 5.22.



Figur 5.22. Framtagning av vinkeln som definierar armposition.

Följande formler togs fram, där varje index symboliserar formelns kvadrant. Vinkeln α_n är den vinkel för motsvarande kvadrant, som anger armens slutgiltiga position. Denna vinkel utgår ifrån horisontal-linjen i den första kvadranten.

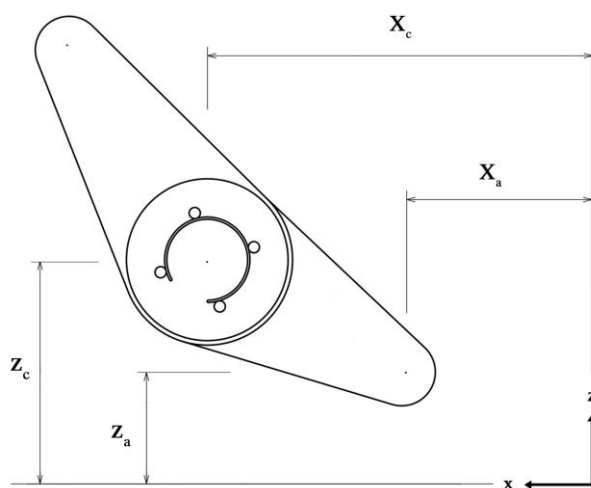
$$\tan(\theta_1) = \left(\frac{\Delta z_1}{\Delta x_1}\right) \Rightarrow \theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{z_{a,1}-z_c}{x_c-x_{a,1}}\right) \Rightarrow \theta_1 \text{ är positiv. } \therefore \alpha_1 = \theta_1 \quad \dots (5)$$

$$\tan(\theta_2) = \left(\frac{\Delta z_2}{\Delta x_2}\right) \Rightarrow \theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{z_{a,2}-z_c}{x_c-x_{a,2}}\right) \Rightarrow \theta_2 \text{ är negativ. } \therefore \alpha_2 = \pi + (-\theta_2) \quad \dots (6)$$

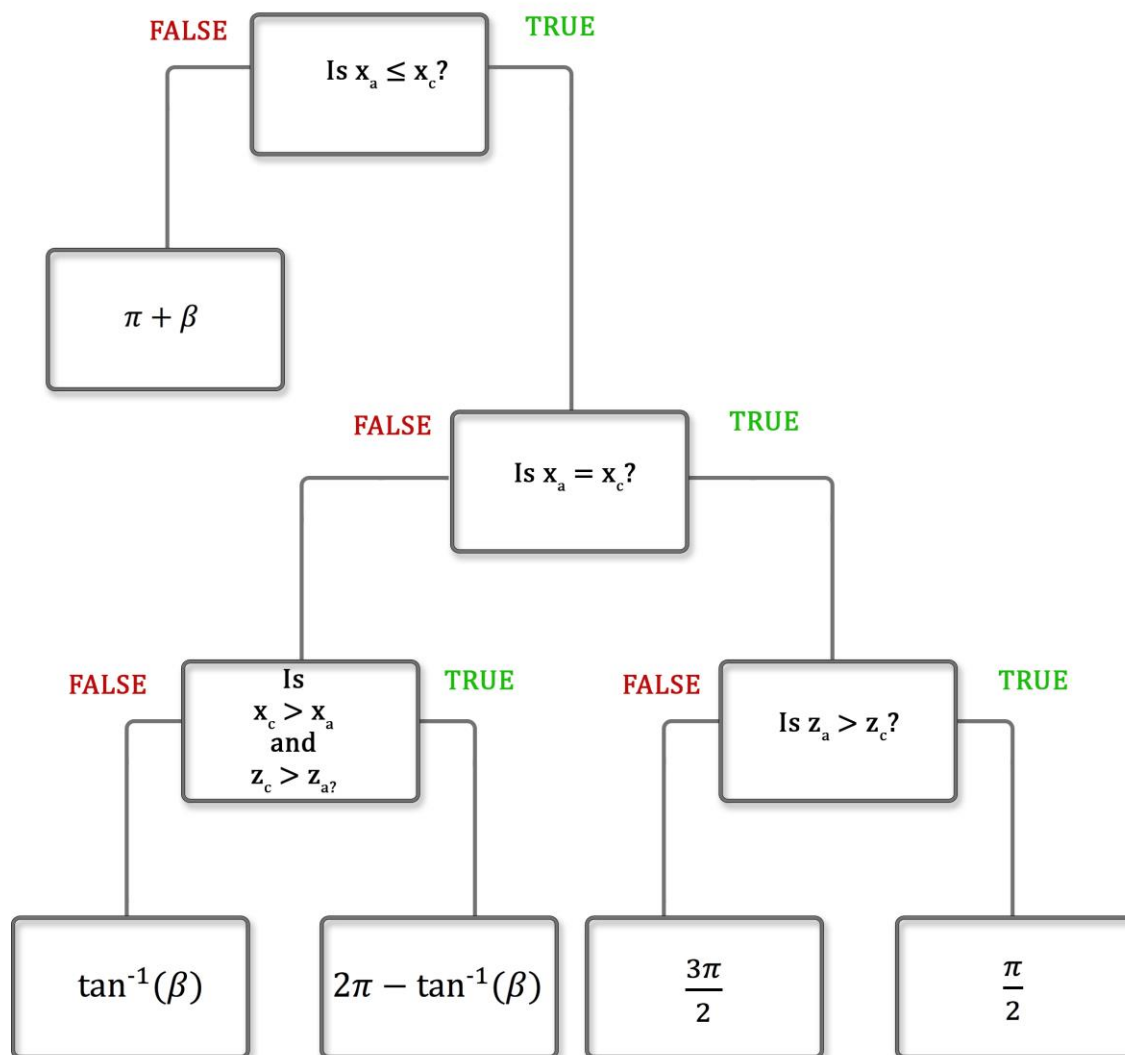
$$\tan(\theta_3) = \left(\frac{\Delta z_3}{\Delta x_3}\right) \Rightarrow \theta_3 = \tan^{-1}\left(\frac{z_{a,3}-z_c}{x_c-x_{a,3}}\right) \Rightarrow \theta_3 \text{ är positiv. } \therefore \alpha_3 = \pi + (+\theta_3) \quad \dots (7)$$

$$\tan(\theta_4) = \left(\frac{\Delta z_4}{\Delta x_4}\right) \Rightarrow \theta_4 = \tan^{-1}\left(\frac{z_{a,4}-z_c}{x_c-x_{a,4}}\right) \Rightarrow \theta_4 \text{ är negativ. } \therefore \alpha_4 = 2\pi + (-\theta_4) \quad \dots (8)$$

Med andra ord används olika formler i Excel utifrån vilken kvadrant armkoordinaten befinner sig i. Hur Excel vet vilken formel som skall användas har att göra med de booleska funktioner som ställts upp. Hur de booleska funktionerna är programmerade visas i flödesschemat 5.24. Den tillhörande bilden exemplifierar en recliner med aktuell inre armposition i kvadrant fyra. Se figur 5.23.



Figur 5.23. Definition av koordinater för recliner-arm. Här i fjärde kvadranten.



Figur 5.24. Flödesschema över programmering i Excel.

För att styra Catia-modellen från Excel krävs att koordinaterna för rotationscentrum först bestäms. Armkoordinaterna för inre och yttre arm bestäms sedan relativt rotationscentrum. Skulle samma koordinater anges för både rotationscentrum och armkoordinater skulle längden på armen bli noll. Eftersom armen inte är definierad för längden noll så uppstår därför ett rödmarkerat felmeddelande i Excel. Nedan visas ett allmänt exempel från Excel-bladet, se figur 5.25.

Utifrån den indata som angivits beräknar Excel, enligt tidigare beskrivning, vinkeln relativt horisontallinjen samt längden r. Koordinaterna är alltså en fullständig indata för att definiera armarnas position.

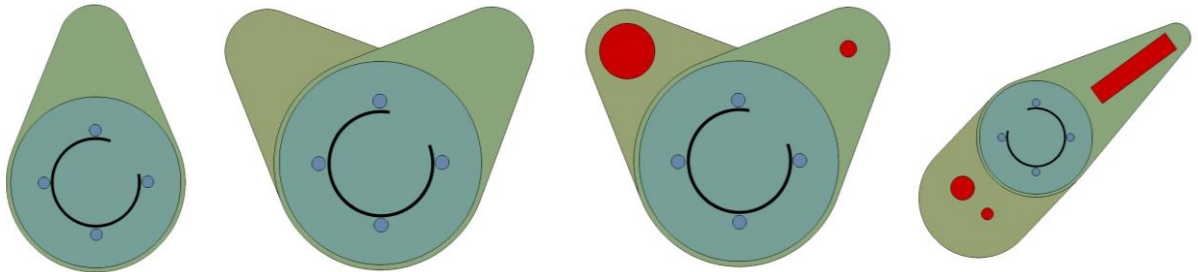
Utöver armposition kan även *interfacet* aktiveras och avaktiveras samt olika geometrier ändras. För en exakt definition av samtliga parametrar, se bilaga 2.

rear_offset_plane_right	0,229000	
rear_length_bar_between_rec	0,450000	
rear_out_rotcent_x	1,000000	Rotationscentrum
rear_out_rotcent_z	1,000000	Rotationscentrum
rear_out_hole_x	0,800000	Avst. till arm-centrum, x-led (yttre)
rear_out_hole_z	0,900000	Avst. till arm-centrum, z-led (yttre)
rear_in_hole_x	1,100000	Avst. till arm-centrum, x-led (inre)
rear_in_hole_z	1,200000	Avst. till arm-centrum, z-led (inre)
PartBody\Pad.15\Activity	FALSKT	Runt IF, båda sidor, YTTRE
interface_out_1_radius	0,005000	Runt IF, radie
interface_out_1_X	1,000000	Runt IF, avstånd x-led
interface_out_1_Z	0,120000	Runt IF, avstånd z-led
PartBody\Pad.45\Activity	FALSKT	Runt IF, båda sidor, YTTRE
interface_out_32_radius	0,005000	Runt IF, radie
interface_out_32_X2	1,000000	Runt IF, avstånd x-led
interface_out_32_Z2	0,700000	Runt IF, avstånd z-led
PartBody\Pad.41\Activity	FALSKT	Runt IF, båda sidor, INRE
interface_in_1_radius	0,004000	Runt IF, radie
interface_in_1_X	1,000000	Runt IF, avstånd x-led
interface_in_1_Z	0,850000	Runt IF, avstånd z-led
PartBody\Pad.47\Activity	FALSKT	Runt IF, båda sidor, INRE
interface_in_32_radius	0,003000	Runt IF, radie
interface_in_32_X2	1,020000	Runt IF, avstånd x-led
interface_in_32_Z2	0,235000	Runt IF, avstånd z-led
PartBody\Pad.16\Activity	FALSKT	Avlångt IF, båda sidor, YTTRE
interface_out_2_bredd	0,010000	Avlångt IF, radie
interface_out_2_X1	1,000000	x1-koord
interface_out_2_Z1	0,120000	z1-koord
interface_out_2_X2	1,010000	x2-koord
interface_out_2_Z2	0,130000	z2-koord
PartBody\Pad.43\Activity	FALSKT	Avlångt IF, båda sidor, INRE
interface_in_2_bredd	0,003000	Avlångt IF, radie
interface_in_2_X1	0,870000	x1-koord
interface_in_2_Z1	0,008000	z1-koord
interface_in_2_X2	0,880000	x2-koord
interface_in_2_Z2	0,009000	z2-koord
PartBody\Pad.1\FirstLimit\Length	0,004000	Tjocklek yttre reclinerarm
PartBody\Pad.2\FirstLimit\Length	0,004000	Tjocklek inre reclinerarm
PartBody\Pad.3\Sketch.3\Radius.44\Radius	0,005000	Radie stång mellan recliner
PartBody\Pad.1\Outer_right\Radius.2\Radius	0,038000	Radie yttre arm, rot.cent.
PartBody\Pad.1\Outer_right\Radius.1\Radius	0,015000	Radie yttre arm, interface cent.
PartBody\Pad.2\Inner_right\Radius.23\Radius	0,038000	Radie inre arm, rot. cent.
PartBody\Pad.2\Inner_right\Radius.24\Radius	0,015000	Radie inre arm, interface cent.
PartBody\Runt Z\Angle	0	0
PartBody\Runt X\Angle	0	0

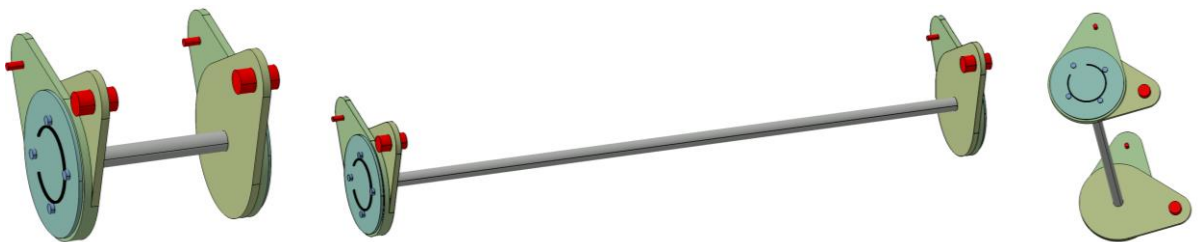
Figur 5.25. Exempel från Excel-bladet.

5.3 Slutgiltigt koncept

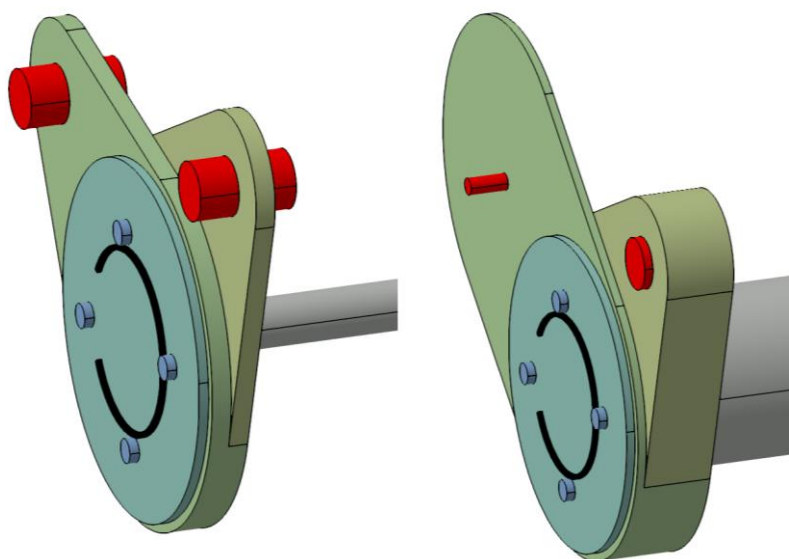
Efter utvärderingen kunde ett slutgiltigt koncept väljas. Konceptet med polära koordinater valdes som det slutgiltiga konceptet eftersom det uppfyllde de krav som ställts i kravspecifikationen. Figur 5.26, 5.27 och 5.28 nedan visar hur en enda cad-modell kan varieras i all oändlighet, endast genom att mata in andra värden i Excel.



Figur 5.26. Reclinern varierbar i position, olika interface samt olika radier på recliner.



Figur 5.27. Stång med justerbar längd och diameter. Även rotation runt x- och z-axeln.



Figur 5.28. Recliner-armarna kan varieras i djup samt radie.

6. DISKUSSION OCH SLUTSATS

I följande kapitel diskuteras det resultat som tagits fram. Det tas även upp vad som kunde gjorts bättre, vilka slutsatser som dragits samt framtida rekommendationer.

6.1 Diskussion av resultat

Det resultat som tagits fram är en parametriserbar recliner. Den är varierbar i såväl position som geometri. Dessutom kan dess olika *interface* positioneras utifrån parametrisering. Reclinern kan varieras till ett obegränsat antal olika geometrier. Därför kan den användas på flera olika positioner och anpassas efter olika funktioner.

Att utveckla denna parametriserbara recliner har varit tidskrävande. Eftersom instansen skall återanvändas för produktion av flera olika stolsmodeller framöver är förhoppningen att denna tid kan sparas in. Den modell som tagits fram kommer alltså att underlätta i framtiden eftersom reclinern inte måste modelleras om från början.

Följderna av att endast använda sig av en parametriserad recliner blir troligen inte särskilt stora. Förhoppningen är att i framtiden gå ett steg längre genom att återanvända denna metodik på flera plattformselement. Det skulle då gå att uppnå ett oerhört stort utbud av varianter på en begränsad tid. Metodiken kan naturligtvis användas på andra produktplattformar också.

Resultatet som tagits fram utgår från de metoder som använts. Eftersom resultatet kommer att användas av uppdragsgivaren själva har det inte varit någon mening att göra några marknadsundersökningar. Klassiska matriser inom produktutvecklingsprocessen som Kesselringmatris, Pughs matris och morfologisk matris har inte heller använts. Metoden har istället till störst del byggts på testning och verifiering. De koncept som tagits fram har alltså testmodellrats, för att sedan utvärderas funktionellt. I samråd med uppdragsgivaren har sedan olika koncept valts efterhand.

Det är intressant att resultatet av det examensarbete som gjordes i Jönköping är i linje med detta. Den parametriserade positioneringen har i båda fallen lösts med absoluta koordinater utgående från ett globalt koordinatsystem. Aktivering och avaktivering har även det lösts på samma sätt, nämligen i form av booleska funktioner kopplat till Catia:s inbyggda funktion *activity*. Att resultaten är i linje med varandra anses vara positivt eftersom det rimligtvis borde styrka metodikens trovärdighet.

Den stora skillnaden mot examensarbetet i Jönköping är att det arbetet ej fokuserat på modelleringen av geometriska *interface*. D.v.s. hur en recliner med olika geometrier och på olika sätt kan fästas på en stolsmodell. Detta har medfört fler geometriförändringar, ett större variations-skapande i modelleringen och ett behov av att kunna rotera en komponent i tre dimensioner. Om någon i framtiden försöker lösa samma problem, så hade det varit väldigt intressant att se om det gjordes på samma sätt.

6.1 Övrig diskussion

Genom att ha *interface* som positioneras m.h.a. absoluta koordinater kan man på ett enkelt sätt positionera *interfacet* på motsvarande komponents *interface*. Eftersom denna komponent redan har positionerats kan man enkelt räkna ut koordinaterna inuti Catia. Att bestämma *interfacets* existens m.h.a. *activity* i Catia fungerar bra och innebär att man inte behöver skapa en helt ny parameter för att styra existens. Parametern skapas nämligen automatiskt via Catia:s inbyggda funktion *activity* när en komponent extraheras m.h.a. *pad*.

Enligt kapitel (5.1.3) så fanns tre olika förslag för att styra aktivering och avaktivering av *interfacen*. Förslag 1 innebar att *interfacen* styrdes genom att radien sattes till noll. Motiveringen till att detta förslag utelämnades var att det avlånga svetsspåret tappade sina referenspunkter då dess radie sattes till noll. I det slutgiltiga konceptet så är svetsspåret fyrkantigt, vilket innebär att förslag 1 kanske hade fungerat. Att styra existensen av *interfacet* genom att ange bredd och längd till noll hade dock krävt ändring av två parametrar. Med nuvarande koncept krävs endast ändring av en parameter. Dessutom är uppfattningen från tidigare erfarenheter att geometriska ändringar skall undvikas i *sketchern*. Därför anses det aktuella konceptet mer robust.

Genom att endast kopiera Cad-filen och ändra parametrarna i tillhörande Excel-blad kan en helt ny variant av komponenten skapas. Då behöver inte en helt ny liknande komponent skapas från grunden. Det kan diskuteras hur mycket mer tid som behöver läggas för att utveckla den parametriserade grundkomponenten. Om komponenten och dess variationer finns på flera positioner i produkten eller i plattformen så kan denna metod spara mycket tid och resurser i längden.

De resultat som är framtagna är testade och menade för Catia V5, då detta var ett krav från uppdragsgivaren. Att metoden för positionering även skulle fungera i andra Cad-program är högst sannolikt eftersom majoriteten av Cad-program bygger på absoluta koordinater.

6.2 Kritisk diskussion

Att vara kritisk till sig själv kan var svårt, men är nyttigt för att kunna utvecklas. En del av det arbete som gjorts har varit mindre nödvändigt och en del saker hade kunnat göras bättre.

6.2.1 Befintlig teori

De formler som använts för att beskriva armens slutgiltiga position har arbetats fram experimentellt. Med utgångspunkt i teorin för enhetscirkeln och polära koordinater beräknades olika utfall utifrån vilken kvadrant armpositionen befann sig i.

Senare under projektets gång så observerades det att färdigberäknade formler för att beskriva dessa positioner redan fanns. Inom programmering finns ett etablerat kommando kallat "atan2" (Wikipedia). Genom att ange x- och z koordinater på följande vis: "atan2(x,z)", så returneras vinkeln i radianer. Teorin för hur denna programmering är uppbyggd finns att tillgå, vilket har bekräftat att det experimentella arbete som gjorts varit riktigt. Hade denna teori hittats tidigare hade det experimentella arbetet aldrig behövt göras. Det hade sparat en hel del tid, men troligen inte gett samma förståelse för uppbyggnaden.

En intressant skillnad mellan den teori som fanns att tillgå sedan tidigare, jämfört med den som tagits fram, är skillnaden för vinkelgenerering i den fjärde kvadranten. Programmeringen bakom kommandot "atan2" använder sig nämligen av $\tan^{-1}\left(\frac{z}{x}\right)$ för både den första och

fjärde kvadranten. Resultatet av detta blir att vinkeln som genereras för den fjärde kvadranten alltid blir negativ. Detta eftersom längden Δz endast kan anta negativa värden medan Δx endast kan anta positiva värden.

Enligt tidigare erfarenheter från Catia och på uppmaning av uppdragsgivaren har negativa värden undvikts. Av denna anledning ser därför den programmering som tagits fram annorlunda ut. Detta genom att 2π , dvs. ett rotationsvarv, adderats framför den negativa vinkeln. Genom att göra på detta sätt kunde en negativ vinkel undvikas. Exempelvis fås vinkeln 350° (6,11 rad) istället för -10° (-0,17 rad).

6.2.2 Namn på parametrar

De parametrar som har använts för att positionera och dimensionera reclinern har tilldelats unika namn. De flesta parametrar som definierar positionen i rymden börjar med "rear". Detta eftersom den ursprungliga instansen var en modell av den bakre reclinern. Eftersom reclinern är till för att instansieras och användas på olika positioner kan detta bli något vilseledande. Det hade varit bättre att ha positionsneutrala namn på parametrarna.

6.3 Slutsats

För att på ett pålitligt sätt kunna rotera en komponent inuti Catia bör samtliga försök att rotera geometri skötas utanför arbetsbänken *sketcher*, och istället i arbetsbänken *part design*. De försök som gjorts för att rotera komponenter inuti *sketchern* har tids nog resulterat i felmeddelanden och 2d-modeller som har tappat sina geometriska begränsningar.

För att enklast kunna styra existensen av diverse geometrier inuti modellen är det enklast att använda sig av de parametrar Catia själv skapar under namnet "activity". Då slipper man arbetet med att manuellt infoga parametrar, utan behöver enbart döpa motsvarande indata i Excel till samma namn som den *activity* som Catia skapat.

För att styra positionen av *interface* har slutsatsen dragits att absoluta koordinater ger den mest robusta lösningen. *Interfacen* kan då även placeras utanför modellens yta för att på ett enklare sätt kunna lösa eventuella problem inom konstruktionen och var de lämpligast skall placeras gentemot övriga komponenter. På detta sätt kan problem visualiseras eftersom konstruktören kan se att *interfacet* måste ligga på en speciell position. Detta innebär att modellen kanske måste ändras för att inrymma *interfacet*. I det första konceptet där *interfacen* ej berodde på absoluta koordinater, utan berodde på övrig geometri slutade det uteslutande med att *interfacen* hamnade på fel position. Detta berodde på att de *constraints* som var inlagda misstolkades av Catia. Detta innebar att *interface* hamnade 180 grader åt fel håll när försök till rotation utfördes.

Som nämnts tidigare används traditionellt sett Catia:s inbyggda arbetsbänk *assembly design* för att montera ihop komponenter med *constraints*. För att undvika att komponenter beror av varandra vid montering skapades istället en metodik som bygger på det absoluta koordinatsystem som hör till varje delkomponent. Varje komponents position utgörs av tre koordinater i rymden. Med hjälp av denna metod kan geometrier ändras och flyttas samt komponents existens bestämmas, utan att någon komponent förlorar sin definierade position.

Att få recliner-armarna att positionera sig genom rotation har varit det svåraste. Detta har utan tvekan varit det som tagit längst tid. Efter att absoluta koordinater för positionering ej visats sig fungera för rotationen användes istället polära koordinater med bra resultat. Ett Excel-blad skapades som enkelt styrs av användaren och som snabbt positionerar recliner-armarna på rätt plats. För att kunna använda polära koordinater har trigonometri tillsammans med Pythagoras sats använts. Eftersom recliner-armarna kan röra sig i alla fyra kvadranter av enhetscirkeln var det tvunget att ta fram olika formler för varje kvadrant. Booleska funktioner hjälper Excel att hålla reda på vilken kvadrant armarna befinner sig i.

För att denna metod skall vara effektiv krävs att det på ett enkelt sätt går att skapa fler instanser. Genom att kopiera grundfilen från Catia, ge filen ett nytt namn och koppla ihop den med en ny kopia av Excel-bladet, kan nya instanser skapas på några sekunder. Dessa instanser går att variera individuellt genom att ändra parametrarna i sitt tillhörande Excel-blad.

Till sist infogas de nya varianterna av grundkomponenten in i *assembly design* och positioneras automatiskt på rätt plats enligt de värden som angetts i Excel-bladet.

Som ett önskemål framfördes även att undersöka huruvida det var möjligt att rotera komponenten runt samtliga tre axlar. Detta löstes genom att infoga nya koordinatsystem mitt i reclinern och sedan binda samman koordinatsystemen med modellen i *part design*. Dessa vinklar styrs genom Excel-bladet.

6.4 Framtida rekommendationer

Denna metodik är framtagen och testad enbart för en typ av komponent, en recliner. Denna recliner ritades med en på förhand given form. För att kunna variera reclinerns form ytterligare är det sannolikt att en förenklad rektangulär grundmodell hade kunnat användas. Detta är något att jobba vidare med. För att kunna få runda former skulle det antagligen gå att använda *edge fillet* i efterhand i *part design*. Eftersom avrundningen sker utanför *sketchern* tros inte detta ge någon negativ påverkan på utfallet. På grund av begränsad tid har detta ej kunnat undersökas.

Avrundning av kanter i efterhand m.h.a. *edge fillet* skulle sannolikt även fungera på Interface 2, svetsspåret, som p.g.a. problem med positionering gjordes om till rektangulär form.

Recliner-modellen har idag huvuddimensionerna parametriserade, genom att lägga in fler parametrar i framtiden kan i stort sett hela reclinern parametriseras och styras från Excel. Detta skulle kunna göra modellen aktuell för flera olika typer av recliner och inte enbart den modellen som det har utgått ifrån ovan.

Den metodik som tagits fram för en recliner kan självklart överföras till andra komponenter, vilket skulle innebära att alla komponenter inom en sammanställning skulle kunna varieras fritt.

Som tidigare tagits upp i diskussion, att ha positionsneutrala namn på alla parametrar från början gör Excel-bladet mer lättbegripligt för oinsatta.

I efterhand har det upptäckts att Catia själv kan räkna ut polära koordinater för en punkt. Efter en dubbelklickning på en punkt kommer rutan "*point definition*" upp. Här står punktens position i både kartesiska och polära koordinater. Dock så har det inte påträffats en möjlighet till att parametrisera dessa koordinater vilket hade gjort det omöjligt att använda detta för denna metodik. Om möjligheten trots allt finns eller läggs till i framtiden kan det undersökas om detta skulle fungera. Detta hade eliminerat behovet av att ha de trigonometriska funktionerna inuti Excel-bladet. Dock innebär detta att reclinern skulle roteras inuti *sketchern*, vilket alltid tids nog resulterat i en fallerad modell enligt resultat i tidigare kapitel.

De röda cylindrarna som symboliserar *interfacen* i Catia har i dagsläget ett konstant djup efter att de extraherats. Konsekvenserna av detta kan bli att de ibland inte får kontakt med den del av stolen där de skall fästas. Detta skulle kunna utvecklas i framtiden genom att använda parametrisering för kommandot *pad* i Catia.

Referenser

Barck, Sebastian; Johansson, Gustav. *Jönköping University*, Automatiserad koncept-generering och parametriserad konstruktion av stolsplattform,
<http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:844570/FULLTEXT01.pdf;jsessionid=3KTCjg2Mri9MtaN-fwdw2aiqxDt0jgJNrxtVZ8jL.diva2-search7-vm> (hämtad 2016-05-27)

Bhise, V. D., 2013: Designing Complex Products with Systems Engineering Processes and Techniques, CRC Press Inc, Boca Raton FL.

Dassault Systeme, Titta närmare på Catia.
<http://www.3ds.com/se/produkter-och-tjaenster/catia/> (hämtad 2016-05-26)

Johannesson H. et al., 2013: Produktutveckling, Liber AB, Stockholm.

Landahl, Jonas, 2016: Development of interdisciplinary platforms using system objects, Chalmers reproservice, Göteborg.

Landahl, J; Levandowski, C et. al., 2016: Using product and manufacturing system platforms to generate producible product variants, Chalmers, Göteborg

Nationalencyklopedin, funktion. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/funktion> (hämtad 2016-05-17)

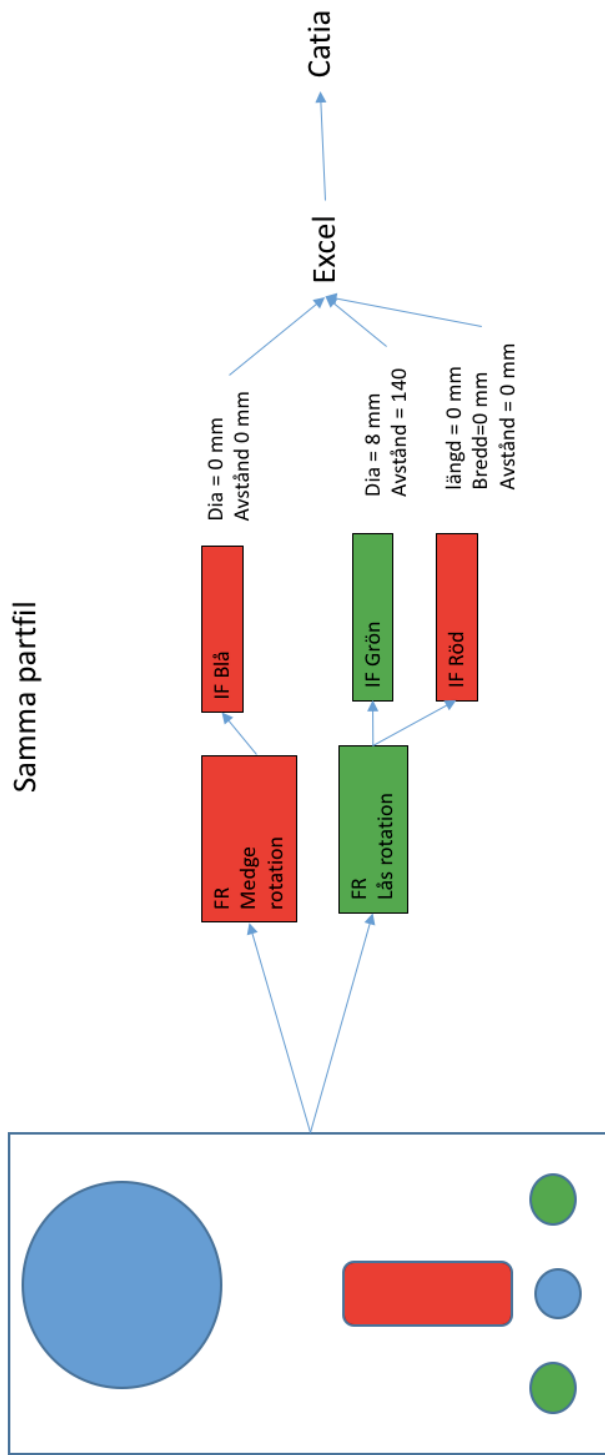
Nationalencyklopedin, parameter. <http://www.ne.se> (hämtad 2016-05-17)

Rouse, Margaret. *What is*, What is an instance?
<http://what-is.techtarget.com/definition/instance> (hämtad 2016-05-17)

Stenström, Bo. *Nationalencyklopedin*, boolesk algebra.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/boolesk-algebra> (hämtad 2016-05-17)

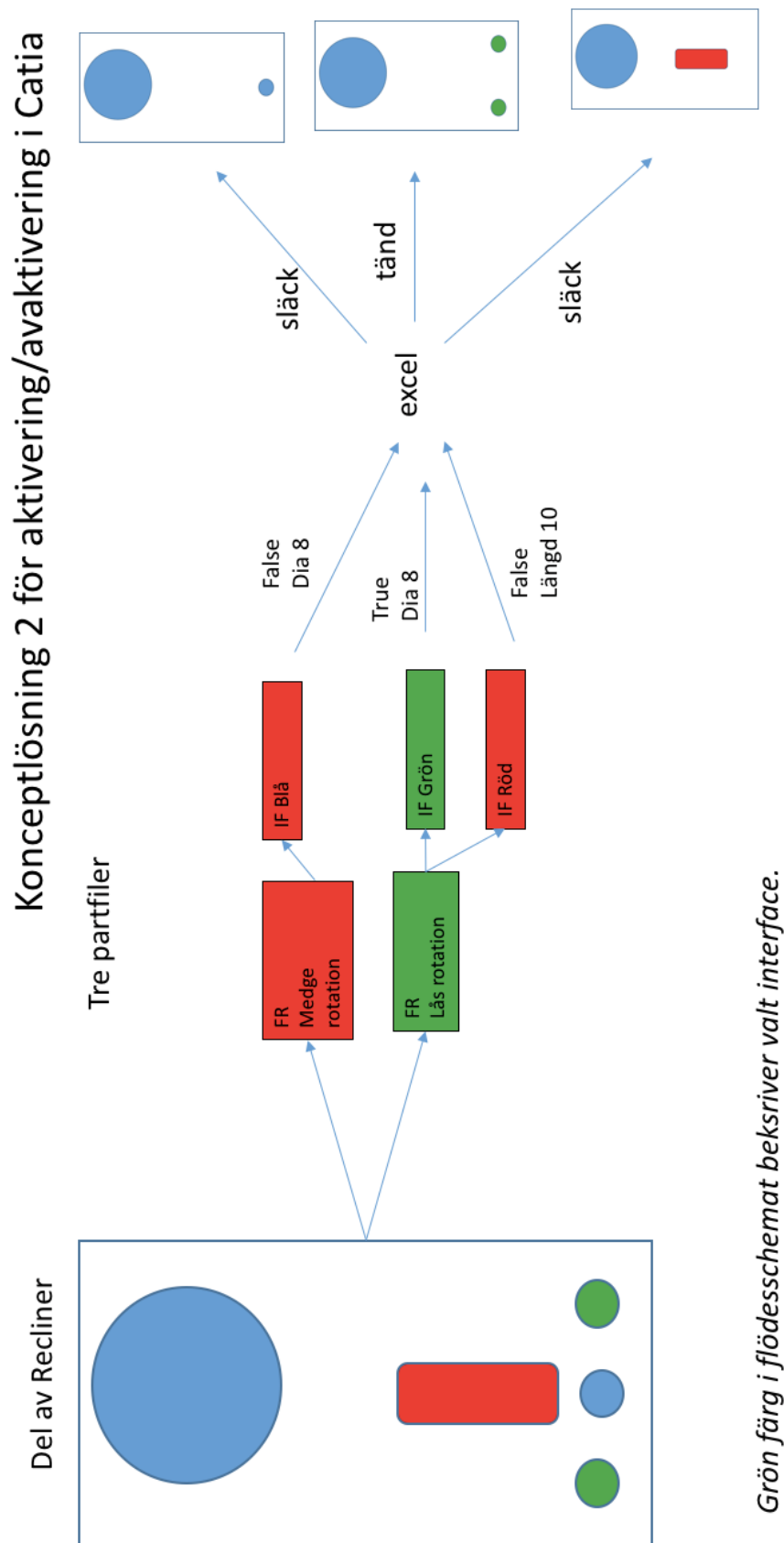
Wikipedia, Atan2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Atan2> (hämtad 2016-05-18)

Konceptlösning 1 för aktivering/avaktivering i Catia

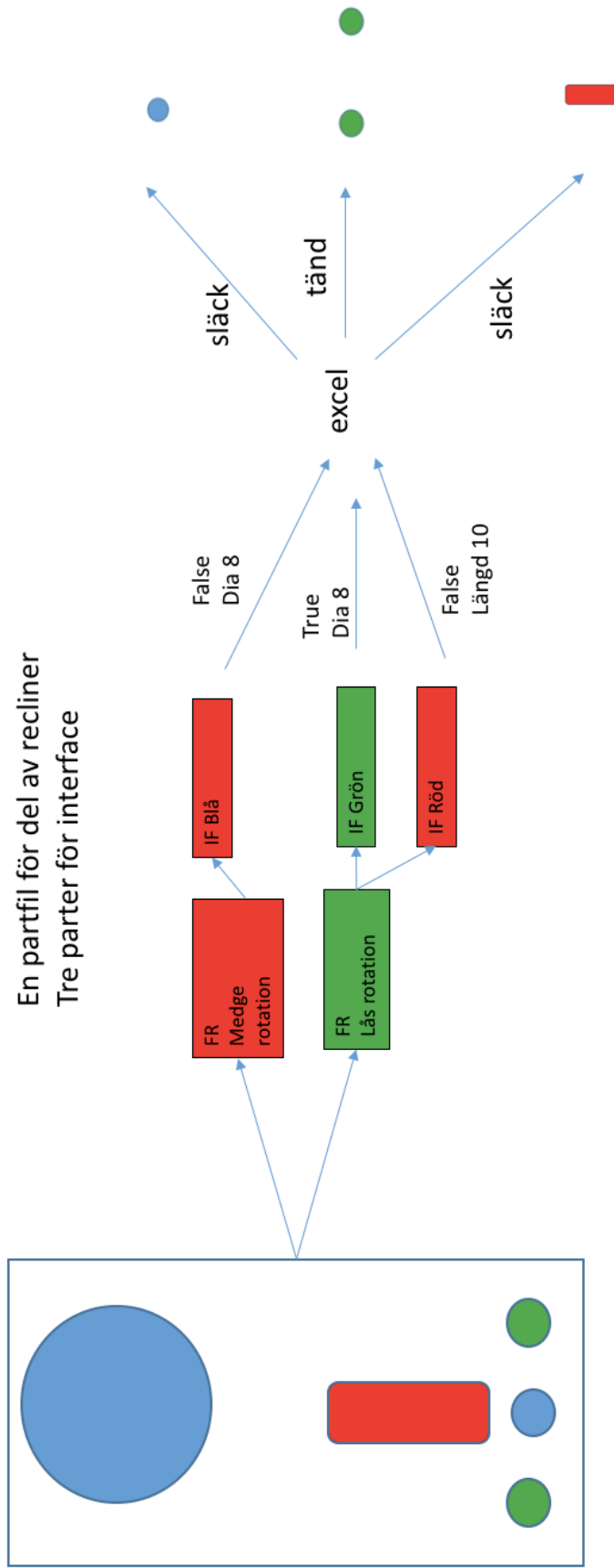


Grön färg i flödesschemat beskriver valt interface.

BILAGA 1, Sid 2(3) – Konceptuella metoder för aktivering/avaktivering av *interface* i Catia.



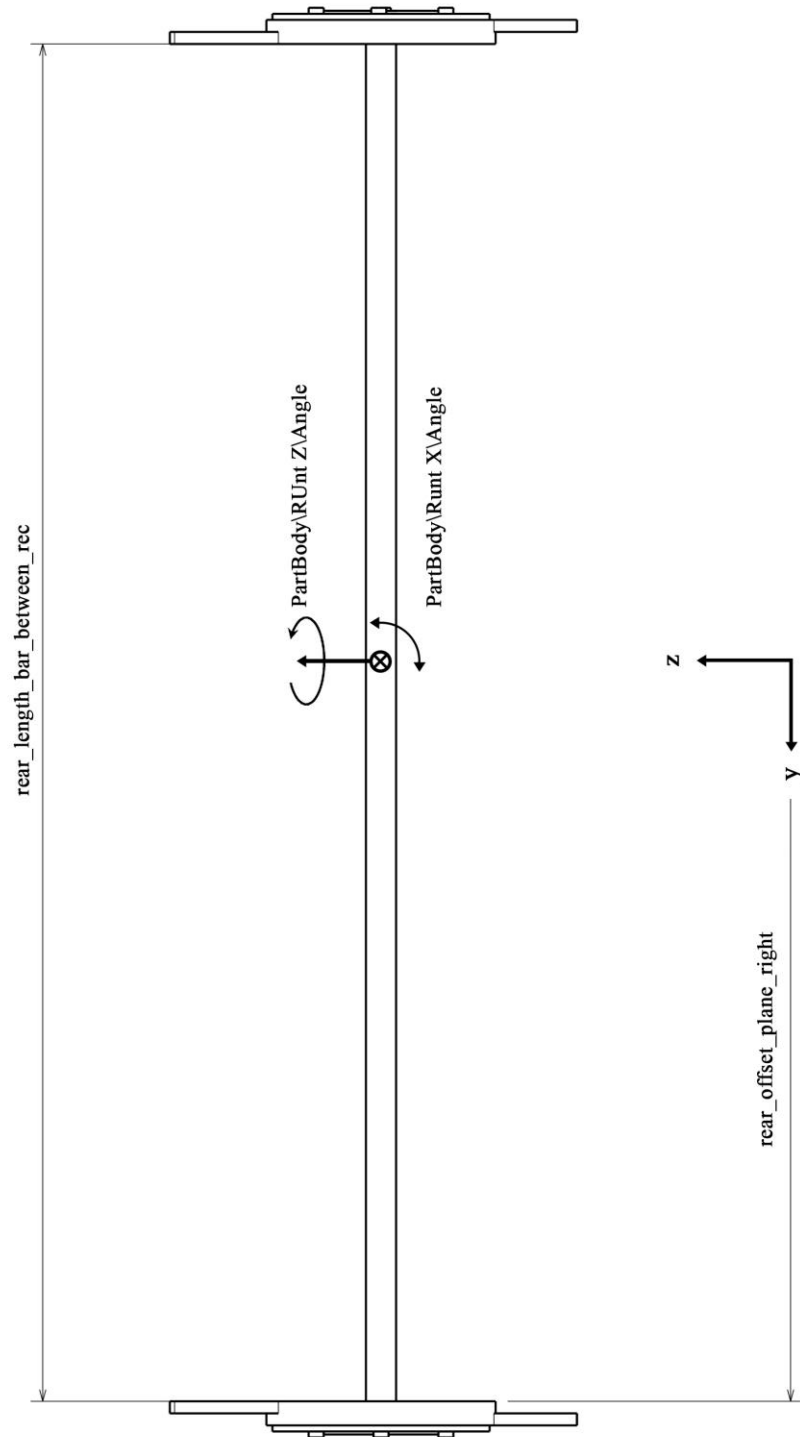
Konceptlösning 3 för aktivering/avaktivering i Catia



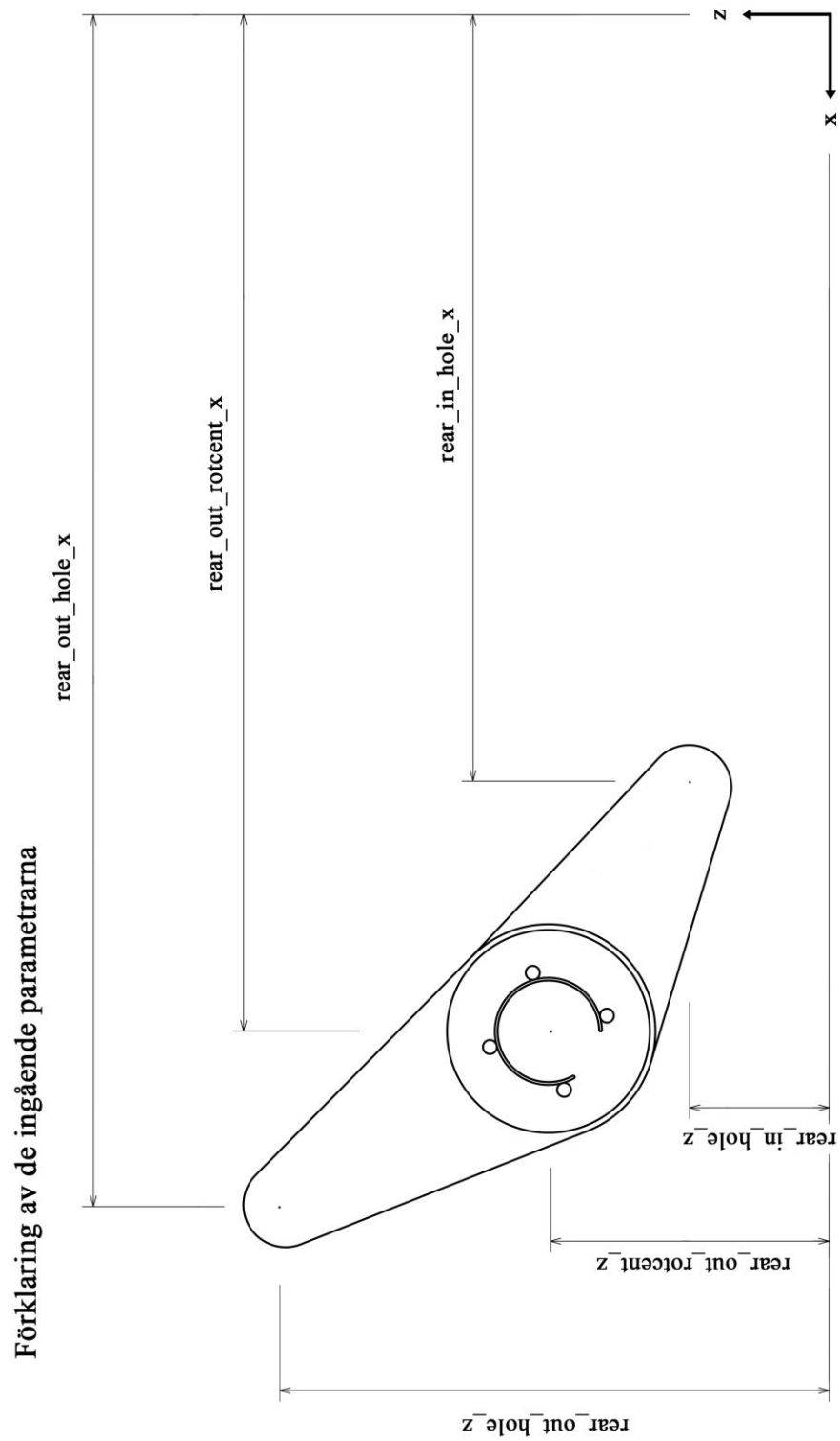
Grön färg i flödesschemat beskriver valt *interface*.

BILAGA 2, Sid 1(6) – Överblicksritningar över parameternamn i Excel.

Förklaring av de ingående parametrarna

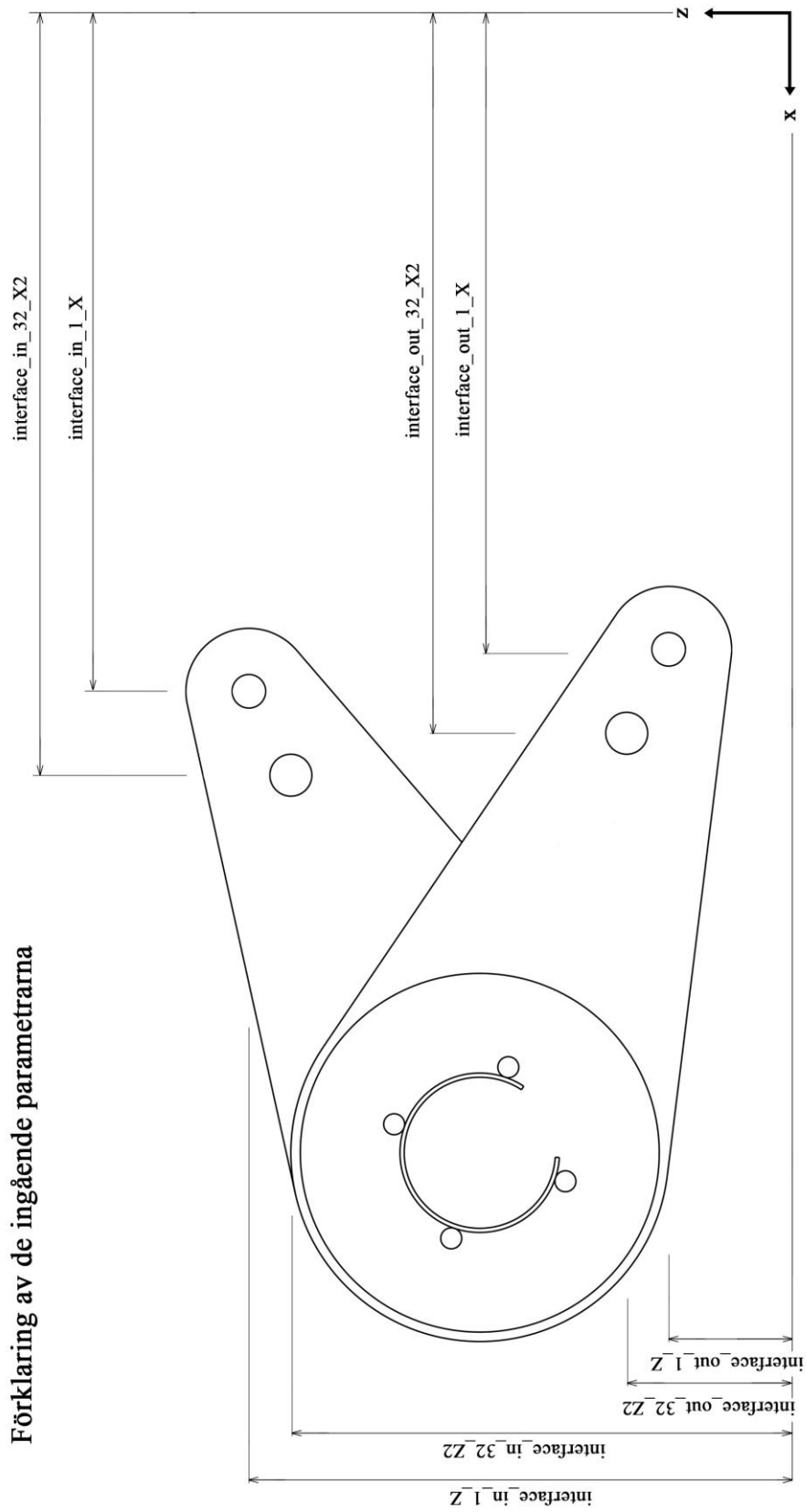


BILAGA 2, Sid 2(6) – Överblicksritningar över parameternamn i Excel.



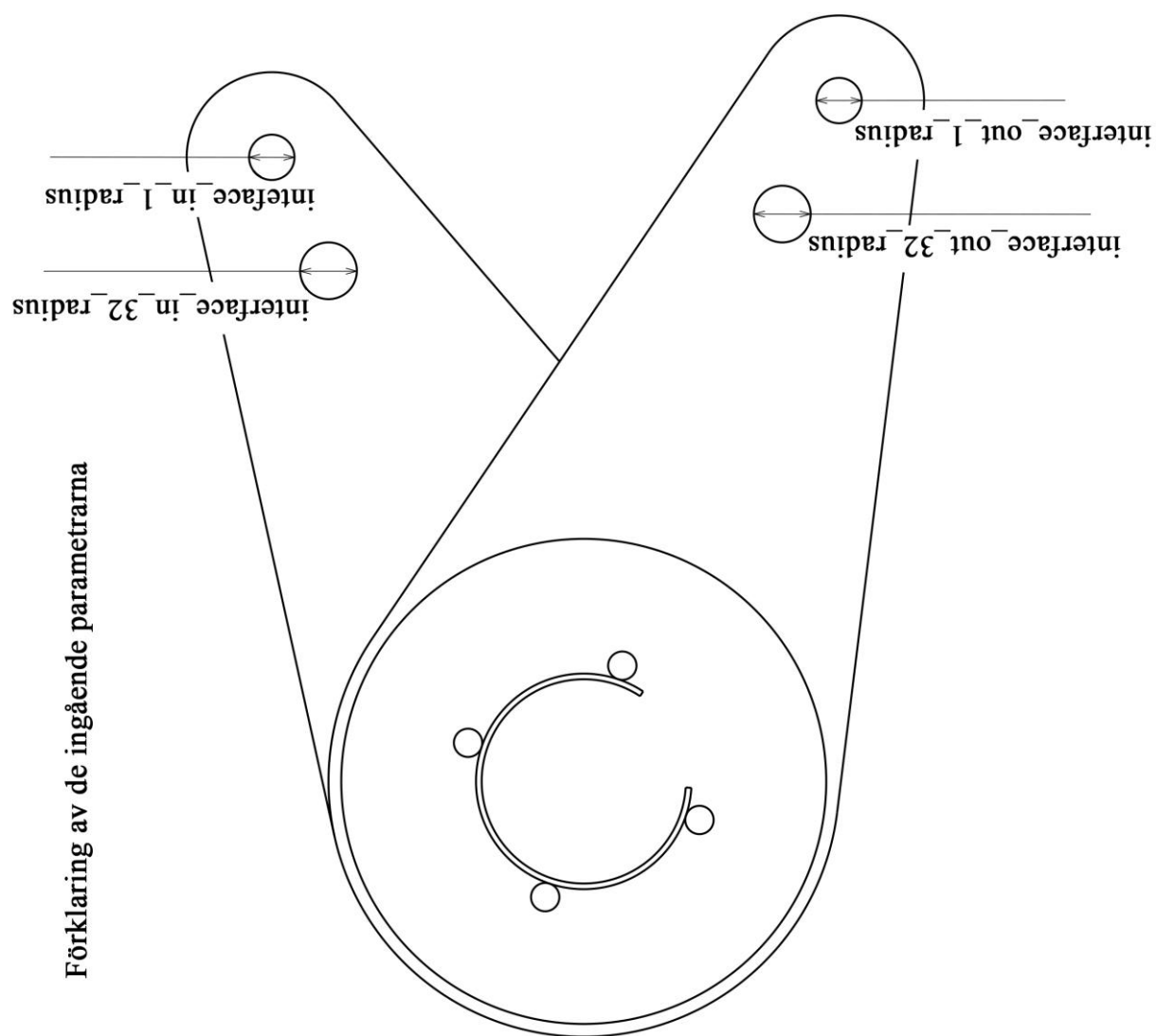
BILAGA 2, Sid 3(6) – Överblicksritningar över parameternamn i Excel.

Förklaring av de ingående parametrarna

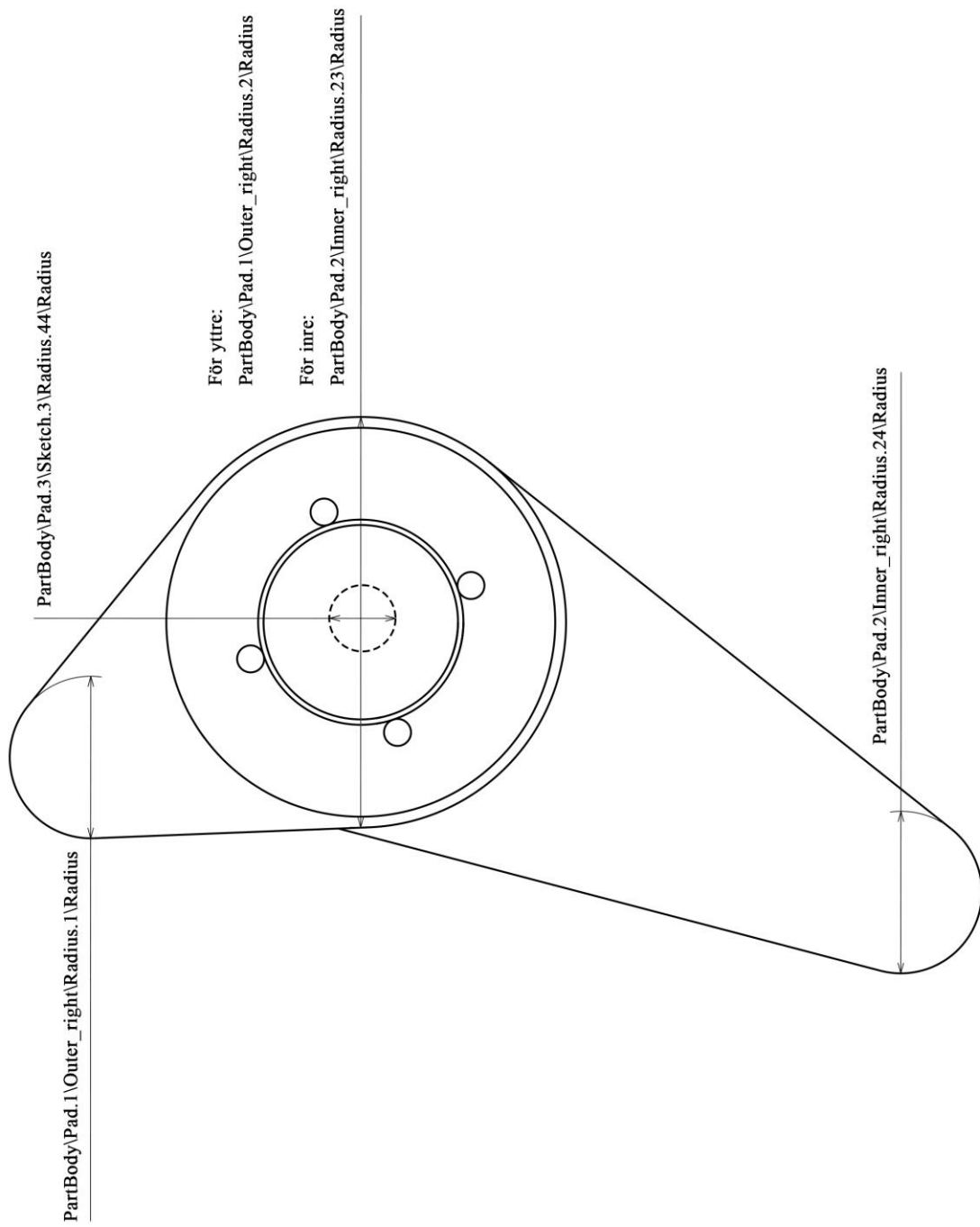


PartBody\Pad.15\Activity inaktiverar/aktiverar interface_out_1
 PartBody\Pad.45\Activity inaktiverar/aktiverar interface_out_32
 PartBody\Pad.41\Activity inaktiverar/aktiverar interface_in_1
 PartBody\Pad.47\Activity inaktiverar/aktiverar interface_in_32

BILAGA 2, Sid 4(6) – Överblicksritningar över parameternamn i Excel.



Förklaring av de ingående parametrarna



BILAGA 2, Sid 6(6) – Överblicksritningar över parameternamn i Excel.

Förklaring av de ingående parametrarna

