

# **Utveckling av metod för modellering av rörliga slangar**

Julian Nylund

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Maskin- & produktionsteknik (YH)

Vasa 2025

## EXAMENSARBETE

Författare: Julian Nylund

Utbildning och ort: Maskin- & produktionsteknik, Vasa

Inriktning: Maskinkonstruktion

Handledare: Kenneth Ehrström

Titel: Utveckling av metod för modellering av rörliga slangar

---

Datum: 6.5.2025 Sidantal: 31

Bilagor: 1

---

### Abstrakt

Detta examensarbete utfördes i samarbete med Oy Syketec Ab. Uppgiften var att utveckla en metod för modellering av rörliga hydraulslangar i CAD-programvaran SolidWorks samt att skapa en tydlig steg för steg instruktionsmanual för att underlätta fortsatt modellering av hydraulslangar för resterande skördare inom Syketecs produktportfölj.

Teoridelen tar upp den teoretiska grunden för examensarbetet och är uppdelat i tre delar: hydraulik och hydraulslangar, modellering i SolidWorks samt tekniska specifikationer för skördaren JOBO ST50 Combi. Kapitlet beskriver både programvarans funktioner och de verktyg som använts vid modellering av rörliga slangar. Dessutom ges en översikt av hydraulikens principer och slangars uppbyggnad.

Metoden utvecklades genom praktisk testning och justeringar i programmet, där målet var att återskapa slangens naturliga rörelser och böjningsradier i olika arbetslägen. Då programvaran SolidWorks tidigare inte hade använts av författaren, inkluderade arbetet även en inlärningsfas där både grundläggande och avancerade funktioner i programmet studerades för att möjliggöra en korrekt och realistisk modellering.

Resultatet av detta examensarbete blev en modell som följer rörelserna hos produkten JOBO ST50 Combi:s tilt, där slangens förflyttning och böjning kan observeras i olika steg. Till resultatdelen hör även instruktionsmanualen, som är särskilt anpassad för att vara lättförståelig även för användare med begränsad erfarenhet och inkluderar tips samt exempel på vanliga misstag.

---

Språk: svenska

Nyckelord: hydraulslangar, SolidWorks, Syketec.

# OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Julian Nylund

Koulutus ja paikkakunta: Kone- & tuotantotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Konesuunnittelu

Ohjaaja: Kenneth Ehrström

Nimike: Liikkuvien letkujen mallinnusmenetelmän kehittäminen

---

Päivämäärä: 6.5.2025 Sivumäärä: 31

Liitteet: 1

---

## Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on suoritettu yhteistyössä Oy Syketec Ab:n kanssa. Työn tavoitteena oli kehittää menetelmä liikkuvien hydrauliletkujen mallintamiseen SolidWorks CAD-ohjelmistossa sekä luoda selkeä vaiheittainen ohjekirja, joka helpottaa hydrauliletkujen jatkuvaa mallintamista Syketecin muiden harvestereiden tuotevalikoimassa.

Teoriaosa käsittelee opinnäytetyön teoreettista pohjaa ja on jaettu kolmeen osaan: hydraulikka ja hydrauliletkut, mallintaminen SolidWorksissa sekä JOBO ST50 Combi harvesterin tekniset tiedot. Luku kuvaa sekä ohjelmiston toimintoja että työkaluja, joita käytettiin liikkuvien letkujen mallintamisessa. Lisäksi annetaan yleiskatsaus hydraulikan periaatteisiin ja letkujen rakenteeseen.

Menetelmä kehitettiin käytännön testauksen ja ohjelmassa tehtyjen säätöjen avulla, jolloin tavoitteena oli toistaa letkujen luonnolliset liikkeet ja taivutussäteet eri työasennoissa. Koska kirjoittaja ei ollut aiemmin käyttänyt SolidWorks-ohjelmistoa, sisälsi työ myös oppimisvaiheen, jossa tutkittiin ohjelman perus- ja edistyneitä toimintoja tarkan ja realistisen mallinnuksen mahdollistamiseksi.

Tämän opinnäytetyön tuloksena syntyi malli, joka seuraa JOBO ST50 Combi tuotteen kallistuksen liikkeitä, jolloin letkun siirtymistä ja taipumista voidaan havainnoida eri vaiheissa. Tulososaan kuuluu myös ohjekirja, joka on erityisesti suunniteltu helposti ymmärrettäväksi myös käyttäjille, joilla on rajallinen kokemus, ja se sisältää vinkkejä sekä yleisiä vältettäviä virheitä.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: hydrauliletkut, SolidWorks, Syketec

## BACHELOR'S THESIS

Author: Julian Nylund

Degree Programme: Mechanical and Production Engineering, Vaasa

Specialisation: Mechanical Design

Supervisor: Kenneth Ehrström

Title: Development of a Method for Modeling Flexible Hoses

---

Date: 6.5.2025    Number of pages: 31

Appendices: 1

---

### Abstract

This thesis has been done in cooperation with Oy Syketec Ab. The task was to develop a method for modelling movable hydraulic hoses in the CAD software SolidWorks and to create a clear step by step instruction manual to facilitate the continued modelling of hydraulic hoses for the remaining harvesters within Syketec's product portfolio.

The theoretical part covers the theoretical basis of the thesis and is divided into three parts: hydraulics and hydraulic hoses, modelling in SolidWorks, and technical specifications for the JOBO ST50 Combi harvester. The chapter describes both the software's functions and the tools used in the modelling of movable hoses. In addition, an overview of the principles of hydraulics and the construction of hoses is provided.

The method was developed through practical testing and adjustments in the program, where the goal was to recreate the hose's natural movements and bending radius in different working positions. As the author had not previously used the SolidWorks software, the work also includes a learning phase where both basic and advanced functions of the program were studied to enable accurate and realistic modelling.

The result of this thesis is a model that follows the movements of the JOBO ST50 Combi product's tilt, where the hose's displacement and bending can be observed in different stages. The results section also includes the instruction manual, which is specially made to be easily understandable even for users with limited experience and includes tips and common mistakes to avoid.

---

Language: Swedish

Key words: hydraulic-hose's, SolidWorks, Syketec

## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	6
1.1	Företagsbeskrivning .....	6
1.2	Bakgrund.....	2
1.3	Syfte och mål.....	2
1.4	Avgränsningar .....	3
1.5	Disposition.....	3
2	Teori .....	4
2.1	Hydraulik.....	5
2.2	Hydraulslangar .....	7
2.2.1	Slangstandarder .....	8
2.2.2	Hydraulslangens konstruktion .....	9
2.2.3	Slangtyper med spirallindad ståltråd .....	9
2.2.4	Slangtyper med flätad ståltråd .....	10
2.2.5	Slangtyper med textilflätad tråd.....	12
2.2.6	Slangdimensioner- och specifikationer .....	12
2.2.7	Böjningsradie .....	13
2.2.8	Slangkopplingar.....	14
2.3	Solidworks .....	15
2.3.1	Introduktion till SolidWorks.....	15
2.3.2	Grundläggande funktioner i SolidWorks .....	16
2.3.3	Vad kan SolidWorks göra?.....	16
2.3.4	SolidWorks student support.....	17
2.3.5	Modellering av flexibla slangar i SolidWorks .....	17
2.4	JOBO ST50 Combi.....	18
2.4.1	Tekniska specifikationer.....	18
3	Metodik .....	20
3.1	Införskaffning av SolidWorks programvaran .....	20
3.2	Förberedelser.....	20
3.3	Modellering av icke-rörliga slangar .....	21
3.4	Modellering av rörliga slangar .....	22
3.5	Justering.....	24
3.6	Slutsats.....	24
4	Resultat.....	25
4.1	Instruktionsmanualen .....	29
5	Diskussion .....	30

5.1	Vidareutveckling.....	30
6	Källförteckning.....	31

# 1 Inledning

Under hösten 2024 besökte Börje Fågelklo Yrkeshögskolan Novia för att berätta om företaget Oy Syketec Ab. Under besöket presenterades sex olika uppdrag som eventuella examensarbeten. De flesta uppdragen var riktade till studenter med drift- och processteknik som inriktning, men ett av uppdragen skiljde sig ifrån resten. Titeln för uppdraget var Utveckling av metod för modellering av rörliga slangar, och det skulle utföras i 3D-CAD programmet SolidWorks.

Följande dag kontaktade jag Börje Fågelklo för att diskutera uppdraget vidare, vilket visade sig vara intressant och det beslöts att gå vidare med det. Kort därefter bestämdes ett möte i Syketecs lokaler i Replot, där uppdragets mål och förväntningar diskuterades. Mötet gav en tydlig bild av uppdragets omfattning och vad som skulle göras.

## 1.1 Företagsbeskrivning

Oy Syketec Ab är ett skogsmaskinsföretag som grundades 2011 av Joakim och Börje Fågelklo. Huvudkontoret ligger i Replot, där företaget fokuserar främst på produktutveckling för oberoende skogsägare. Företaget utvecklar en rad specialanpassade produkter inom skogsindustrin. Dessa inkluderar modulära plattformar, anpassade skördare och lastare. Målet är att hjälpa skogsägaren att öka både effektiviteten och lönsamheten i sina verksamheter. Syketec skapar även skräddarsydda lösningar, där kunderna har möjligheten att delta i skapandet av arbetsmaskinerna efter egna behov och önskemål.

Företaget har för tillfället fem anställda och samarbetar med tre underleverantörer. Verksamheten inleddes i industriområdet i Replot, Korsholm, och produktionen sker för det mesta genom ett etablerat nätverk av underleverantörer. Företaget erbjuder service och underhåll för sina produkter, vilket säkerställer lång livslängd och hög driftsäkerhet.

De första produkterna som utvecklades under varumärket JOBO var en skördare och frontpump för traktorer. Sedan dess har Syketec utvecklat ytterligare fem olika skördaren

med skärdiameter, det vill säga diametern på trädstammen som ska kapas från 20 till 40 cm och i viktklasser mellan 100 och 400 kg. Företaget strävar efter att ge skogsbrukare flexibla lösningar genom högkvalitativa produkter. I detta examensarbete ligger fokus på skördaren under namnet JOBO ST50 Combi. (Sykeharvesteri, 2025).



*Figur 1. Syketecs logo (Sykeharvesteri 2025).*

## 1.2 Bakgrund

Hydraulslangar är en viktig del av skogsmaskiner och har en stor betydelse för både maskinens prestanda och funktion. Oy Syketec Ab har över tio års erfarenhet av produktdesign och utveckling med användning av 3D CAD, och är i behov att förbättra sin designprocess för deras skördare.

Syketec har insett att deras kunskaper inom modellering av rörliga slangar behöver stärkas och utvecklas. Det är viktigt att modelleringen av slangarna är både tekniskt och visuellt korrekt.

Börje Fågelklo har länge haft planer på att ta tag i detta projekt, men på grund av tidsbrist och andra prioriteringar har det inte blivit av. Därför sökte företaget någon som kunde påbörja projektet och skapa en tydlig steg-för-steg-instruktionsmanual. Manualen ska fungera som en guide för både nuvarande och framtida projekt.

## 1.3 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet var att utveckla en metod för att modellera rörliga hydraulslangar i SolidWorks. Målet var att skapa en CAD-modell som är både tekniskt och visuellt korrekt för JOBO ST50 Combi. Dessutom skall en tydlig steg-för-steg-

instruktionsmanual skapas för att underlätta fortsatt modellering av hydraulslangar för resterande skördare inom Syketecs produktportfölj.

## 1.4 Avgränsningar

Den givna CAD-modellen är inte fullständig och saknar några komponenter, vilket gör att jag inte kan modellera in alla slangar som hör till maskinen. Endast hälften av slangarna kan modelleras.

Med dessa förutsättningar kommer fokus för arbetet att ligga på att skapa en modell som fungerar som grund för fortsatt arbete inom Syketec.

## 1.5 Disposition

Här är en kort sammanfattning av innehållet i de olika kapitlen.

### Kapitel 1 – Inledning

Det första kapitlet ger en översikt av examensarbetet och dess bakgrund. Här introduceras företaget Oy Syketec Ab, som är uppdragsgivare för projektet. Utöver detta beskrivs syftet och målet med arbetet, samt vilka avgränsningar som gjorts.

### Kapitel 2 – Teori

Detta kapitel presenterar den teoretiska grunden för arbetet. Här diskuteras hydraulik och hydraulslangar för att ge en kontext till projektet. En stor del av kapitlet fokuserar på SolidWorks och hur det används för modellering av flexibla hydraulslangar, vilket är kärnan i examensarbetet. Kapitlet avslutas sedan med en beskrivning av de tekniska specifikationerna för skördaren JOBO ST50 Combi.

### Kapitel 3 – Metodik

Detta kapitel förklarar arbetsprocessen för projektet och de metoder som använts vid modelleringen av hydraulslangarna. Här förklaras vilka verktyg som använts för att säkerställa en tekniskt korrekt och realistisk CAD-modell.

## Kapitel 4 – Resultat

Här presenteras resultaten som har uppnåtts under arbetets gång. CAD-modellen av de flexibla slangarna presenteras. Dessutom inkluderas en kort beskrivning av instruktionsmanualen som har skapats, som beskriver hur man modellerar flexibla hydraulslangar i SolidWorks.

## Kapitel 5 – Diskussion

Detta kapitel innehåller en reflektion över examensarbetet, där metodval och resultat diskuteras. Kapitlet tar även upp eventuella svårigheter som har dykt upp under arbetet, samt förbättringsmöjligheter och möjlig utveckling för framtida projekt inom modellering av flexibla hydraulslangar.

## 2 Teori

I detta kapitel presenteras den teoretiska grunden för examensarbetet. Eftersom uppdragets fokus ligger på utveckling av en metod för modellering av flexibla hydraulslangar i SolidWorks, är det viktigt att förstå programmets funktioner och arbetsflöde. Det förklaras vilka verktyg som använts i modelleringen.

Utöver detta presenteras en mer allmän översikt av hydraulik, hydraulikslangar och deras konstruktion samt slangstandarder. Även om dessa aspekter inte används direkt i den praktiska modelleringen, är de viktiga för att ge en förståelse i slangarnas funktion, belastning och krav i verkliga tillämpningar. Målet med att modellera dessa slangar i SolidWorks är inte bara att skapa en visuell representation, utan även att säkerställa att de skapas på ett sätt som påminner om deras verkliga egenskaper och användning. Därför är det viktigt att ha en god förståelse för hydrauliksystemets struktur och slangarnas tekniska specifikationer för att kunna skapa en realistisk och användbar modell.

Eftersom slangarna som modelleras ska implementeras i skördaren JOBO ST50 Combi, är det också viktigt att gå igenom maskinens tekniska specifikationer. Detta ger en tydligare kontext för modelleringen och hjälper till att förstå de begränsningar och krav som ställs på slangarna i praktiken.

Sammanfattningsvis är teorikapitlet uppdelat i tre huvuddelar:

- Hydraulik och hydraulslangar.
- SolidWorks och CAD-modullering.
- Tekniska specifikationer för skördaren JOBO ST50 Combi.



Figur 2. Syketecs skördare monterad på en traktor (Sykeharvesteri 2025).

## 2.1 Hydraulik

Hydraulik är en teknik som använder trycksatta vätskor för att överföra energi och utföra arbete. Genom användning av olika typer av oljor och vätskor kan kraft skapas som sedan omvandlas till rörelse i olika mekaniska system. Hydraulik är en avgörande teknik inom många branscher, som till exempel tillverkningsindustrin och transportsektorn, där hydraulik används för att driva maskiner, lyfta tunga laster och utföra precisa rörelser.

Ett hydrauliskt system fungerar genom att en vätska under högt tryck cirkulerar i ett slutet kretslopp med hjälp av en pump. Trycket kan användas för att åstadkomma mekanisk kraft eller rörelse, vilket gör det möjligt att lyfta eller flytta tunga föremål. Utöver en pump består ett hydrauliksystem av några andra viktiga komponenter:

**Hydraulvätska**

Är vanligtvis en specialanpassad olja som har som uppgift att överföra och fördela trycket i systemet.

**Pump**

Skapar flöde och tryck genom att pressa vätskan genom systemet. Vätskan arbetar under ett tryck mellan 180–250 bar.

**Ventiler**

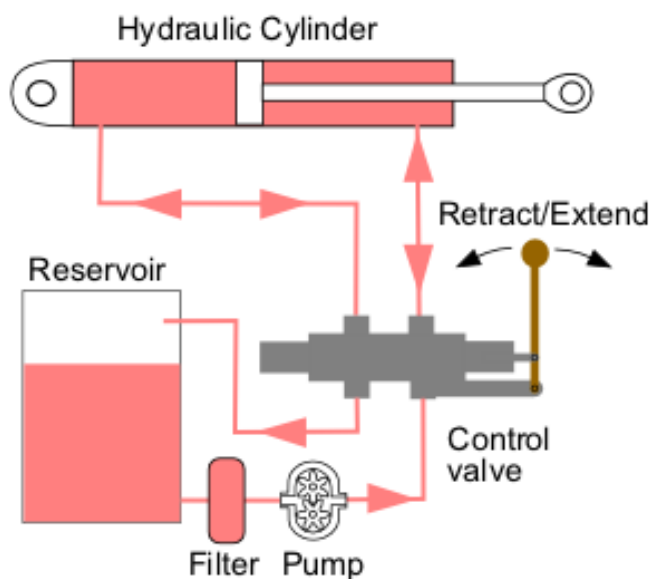
Reglerar vätskeflödet genom att öppna, stänga eller omdirigera det för att styra maskinens funktioner.

**Motorer och cylindrar**

Omvandlar den hydrauliska energin till mekanisk rörelse eller lyftkraft.

**Ledningar**

Komponenter som förbinder alla delar och transporterar hydraulvätskan mellan pump, ventiler, motorer och cylindrar. Det finns två huvudsakliga typer av ledningar: rör och slangar. Rör används där installationen är fast och inte utsätts för rörelser, medan slangar används där det krävs flexibilitet, till exempel mellan rörliga delar. (Hydroscand, 2021).



Figur 3. Hydraulikens funktion vid rörelse av en cylinder (Springer Nature 2025).

## 2.2 Hydraulslangar

I ett hydrauliskt system fungerar slangarna som kopplingselement där det sker rörelse mellan komponenterna. De är också avgörande i situationer där det är svårt att installera fasta rör på ett bra sätt. Därför är slangar en viktig del av hydrauliska system, speciellt inom fordonshydraulik.

Förbindelser mellan slangarna är mycket viktiga för systemets funktion och bör klara av höga påfrestningar. Dock är slangkopplingar ofta den svagaste delen av hydrauliksystemet och kan vara en väldigt vanlig källa till problem. (Ingvast 2011, s. 142).

Hydraulslangar är konstruerade för att tåla höga tryck och behålla sin funktion under olika driftsförhållanden. Samtidigt krävs hög flexibilitet hos slangarna för att möjliggöra rörelse mellan de anslutna komponenterna. Slangens flexibilitet förhindrar skador på slangen genom böjning och vridning under drift.

För att säkerställa att systemet fungerar bra måste hydraulslangar vara kompatibla med hydraulvätskan som används. Det finns många olika typer av hydraulvätskor, vilket gör det oerhört viktigt att välja rätt vätska för att undvika kemiska reaktioner som kan förstöra

slangen. Slangarna kopplas till övriga systemkomponenter med hjälp av kopplingar, som garanterar att systemet är fullständigt tätt. En pålitlig anslutning, förhindrar läckage och underlättar slangbyte vid behov. (Sinopulse, 2025).

### 2.2.1 Slangstandarder

Slangar måste uppfylla specifika krav som bestäms av varje applikation, inklusive storlek, diameter, vätsketyper, temperaturbeständighet och flexibilitet.

När det gäller montering eller reparation av hydraulsystem är det viktigt att följa hydraulslangstandarder. Detta garanterar att systemet fungerar som det skall utan några problem, samt säkert och effektivt.

Beroende på var i världen man befinner sig finns det olika nationella och internationella standarder för slangar som ställer krav på slangdimensioner, toleranser och prestanda. Till exempel finns det olika hydraulslangstandarder, som den europeiska standarden (EN) och internationella standardiseringsorganisationen (ISO). Dessa standarder kan skilja sig åt i vissa avseenden.

I Nordamerika är den vanligaste standarden Society of Automotive Engineers (SAE).

SAE har utvecklat 100R-serien, som är en uppsättning hydraulslangstandarder som definieras i SAE Standard J517.

Slangar inom 100R-serien klassificeras beroende på hur de är konstruerade och i vilka förhållanden de presterar bäst, som inkluderar temperatur, tryck och typen av vätska som används. (Mac Hydraulics, 2021).

Skillnaderna mellan SAE- och EN-standarder är viktiga att förstå. SAE-standarder klassificerar slangar baserat på deras konstruktion och förstärkning, medan EN-standarder fokuserar mer på prestanda och applikationskrav. En tydlig skillnad mellan SAE och EN är att SAE använder tum som måttenhet medan EN använder metriska mått.

Användningsområdena skiljer sig också- SAE-standarder är mer förekommande i Nordamerika och används ofta inom fordonsindustrin, medan EN-standarder är vanliga i Europa och täcker en bredare uppsättning industriella applikationer. (CnTopa, 2025).

### 2.2.2 Hydraulslangens konstruktion

En hydraulslang är konstruerad av flera lager, där den innersta delen vanligtvis består av gummi eller plast. Runt innersta lagret finns flera armeringslager som varvas med tunna skikt av gummi. Det yttersta lagret är ett skyddande ytskikt, för att motstå slitage. Ytskiktet är tillverkat av antingen gummi eller plast.

Armeringen i slangens är oftast tillverkat av ståltråd, antingen i form av en spiral eller flätad, vilket bidrar till slangens hållfasthet, vilket illustreras i figur 4 nedan. Antalet armeringslager bestäms efter slangens tryckklass och dimension. Det finns även textilflätade slangar där stålarmeringen ersätts av vävt textilmaterial, såsom tyg eller garn. (Ingvast 2011, s. 142.

### 2.2.3 Slangtyper med spirallindad ståltråd

Hydraulslangar som består av spirallindad ståltråd är särskilt utvecklade för att hantera driftsförhållanden med extremt högt tryck (se tabell 1). Slangens konstruktion är gjord för att klara kraftiga påfrestningar samtidigt som den erbjuder hög hållbarhet och tryckbeständighet. Enligt specifikationerna i tabell 1 för SAE 100R13-standarden klarar dessa slangar ett arbetstryck upp till 345 bar, med en arbetstemperatur mellan -40°C och 121°C, och de finns i storlekar från 3/4" till 2". Deras böjningsradie varierar mellan 241 och 635 mm.

Dessa slangar är vanligtvis förstärkta med flera lager av spirallindad ståltråd och omgivna av ett skyddande lager av syntetiskt gummi. Detta gör dem passande för hydrauliska system inom exempelvis industri och jordbruk. De är dessutom designade för att fungera optimalt i varierande temperaturer och miljöförhållanden.

Slangtillverkare som Sinopulse erbjuder fyr- och sexspiraliga hydraulslangar som erbjuder hög kvalitet och prestanda, vilket gör dem till ett populärt val för branscher där hållbara och pålitliga lösningar krävs.

Trots sina fördelar har dessa slangar vissa nackdelar. Deras kraftiga konstruktion gör dem mindre flexibla jämfört med andra slangtyper, vilket kan skapa utmaningar vid installation i trånga utrymmen. Dessutom är de tyngre, vilket kan påverka hanteringen och kan kräva större och starkare fästansordningar. Denna konstruktion kan även leda till högre kostnader. (Sinopulse,2025).



Figur 4. Sinopulse fyr- och sexspiraliga SAE hydraulslangar (Sinopulse 2025).

Tabell 1. Slangspecifikationer SAE 100R13.

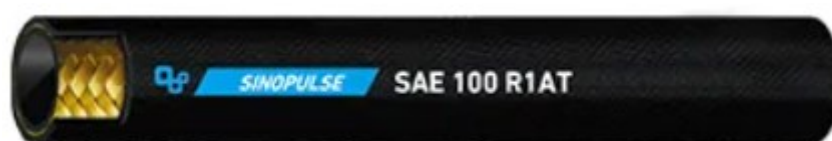
Standard SAE 100R13	
Arbetstemperatur	-40° till 121°C
Förstärkning	Flera spirallindade ståltrådar
Diameterintervall	3/4" till 2"
Max. Arbetstryck	345 bar
Min. Böjningsradie	241–635 mm

#### 2.2.4 Slangtyper med flätad ståltråd

Hydraulslangar förstärkta med flätad ståltråd klassificeras utifrån antalet armeringslager. De två vanligaste typerna på marknaden är slangar med enkel flätad ståltråd och de med dubbel flätad ståltråd, vilka används i en rad olika applikationer.

Den enkeltrådsflätade hydraulslangen består av ett syntetisk gummiinlägg som är resistent mot olja, ett förstärkningslager av enkel flätad ståltråd samt ett ytterhölje av gummi som har som uppgift att motstå olja, bränsle och nötning.

Denna typ av slang är särskilt utvecklad för hydrauliska system vars driftsförhållanden är vid lågt till medelhögt tryck och används ofta i maskiner för bygg- och anläggningsarbete, jordbruk samt applikationer som kräver petroleum- och vattenbaserade vätskor.



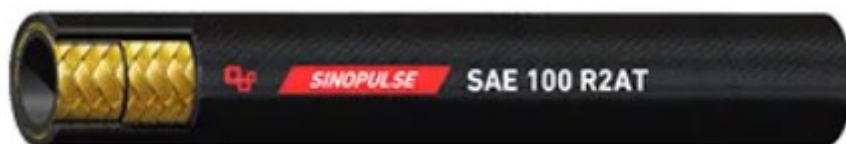
Figur 5. Enkeltrådsflätad SAE hydraulslang (Sinopulse 2025).

Tabell 2. Slangspecifikationer SAE 100R1.

Standard SAE 100R1	
Arbetstemperatur	-40° till 100°C
Förstärkning	Enkeltrådsflätad
Diameterintervall	3/16" till 2"
Max. Arbetstryck	40–225 bar
Min. Böjningsradie	90–635 mm

Den dubbelflätade hydraulslangen består också av ett syntetiskt gummi inlägg som är resistent mot olja. Till skillnad från den enkeltrådsflätade hydraulslangen är denna förstärkt med två lager av flätad ståltråd, separerade av ett skikt syntetiskt gummi, vilket säkerställer ökad hållfasthet och trycktålighet. Det yttre skyddshöljet är tillverkat av gummi som motstår olja, bränsle och nötning som hos den enkelflätade slangen.

Denna typ av slang lämpar sig till hydrauliska system med lågt till högt tryck. Slangtypen är passande för utomhusbruk som bygg- och gruvverksamhet, samt på mobila utrustningar. (Sinopulse, 2025).



Figur 6. Dubbeltrådsflätad SAE hydraulslang (Sinopulse 2025).

Tabell 3 .Slangspecifikationer SAE 100R2.

Standard SAE 100R2	
Arbetstemperatur	-40° till 100°C
Förstärkning	Dubbeltrådsflätad
Diameterintervall	3/16" till 2"
Max. Arbetstryck	80–413 bar
Min. Böjningsradie	90–635 mm

## 2.2.5 Slangtyper med textilflätad tråd

Textilflätade slangar är en typ av hydraulslang vars förstärkning består av flera lager tyg eller garn. Slangens innerlager är vanligtvis tillverkat av syntetiskt gummi, medan förstärkningslagret är i form av vävt textilmaterial. Dessa lager binds samman med hjälp av lim eller genom vulkanisering, vilket gör slangens stark, flexibel och hållbar.

Fördelar med denna slangtyp är dess höga flexibilitet, vilket gör hantering och installation lätt även i trånga utrymmen. Denna slangtyp erbjuder även god slitstyrka och är ett mer ekonomiskt alternativ i jämförelse med ståltrådsarmerade slangar.

Textilflätade hydraulslangar är konstruerade för att användas i hydrauliska system vars driftsförhållanden är vid lågt till medelhögt tryck. De används exempelvis i hydrauliska oljesystem, kraftiga transmissionsoljekylare samt i system med glykolbaserade frostskyddslösningar. (Sinopulse, 2025).



Figur 7. Textilflätad SAE hydraulslang (Sinopulse 2025).

Tabell 4. Slangspecifikationer SAE 100R6.

Standard SAE 100R6	
Arbetstemperatur	-40° till 100°C
Förstärkning	Enkelflätad/spirallindad textil
Diameterintervall	3/16" till 3/4"
Max. Arbetstryck	20–35 bar
Min. Böjningsradie	50–152 mm

## 2.2.6 Slangdimensioner- och specifikationer

Siffrorna på sidan av en hydraulslang beskriver dess dimensioner och specifikationer. Den tryckta texten på slangens kallas för slangmärkning eller "layline" på engelska. De vanligaste specifikationerna inkluderar modell, innerdiameter, ytterdiameter och maximalt arbetstryck. Måtten anges antingen i millimeter (mm) eller tum (in).

Vanligtvis markeras hydraulslangens storlek med ett streck (-) följt av en siffra. Till exempel innebär storleken -6 att slangen har en innerdiameter på  $6/16$  tum =  $3/8$  tum, beroende på om måtten anges i tum eller millimeter.

Hur tolkas siffrorna på en hydraulslang? En typisk slangmärkning kan se ut så här:

**PARKER 451TC-8 WP 275 BAR (4000 PSI) MSHA IC -40/28**

- PARKER: Tillverkare
- 4561TC: Modell
- -8: Storlek =>  $8/16$  tum =>  $1/2$  tum
- WP 275 BAR (4000 PSI): Maximalt arbetstryck
- MSHA IC-40/28: Certifiering, till exempel från Mine Safety and Health Administration (MSHA)

Beteckningarna på en hydraulslang innehåller viktig information om dess storlek och egenskaper. Att förstå dessa siffror är viktigt för att välja rätt slang till ett specifikt hydraulsystem. (Hydroscand, 2021).

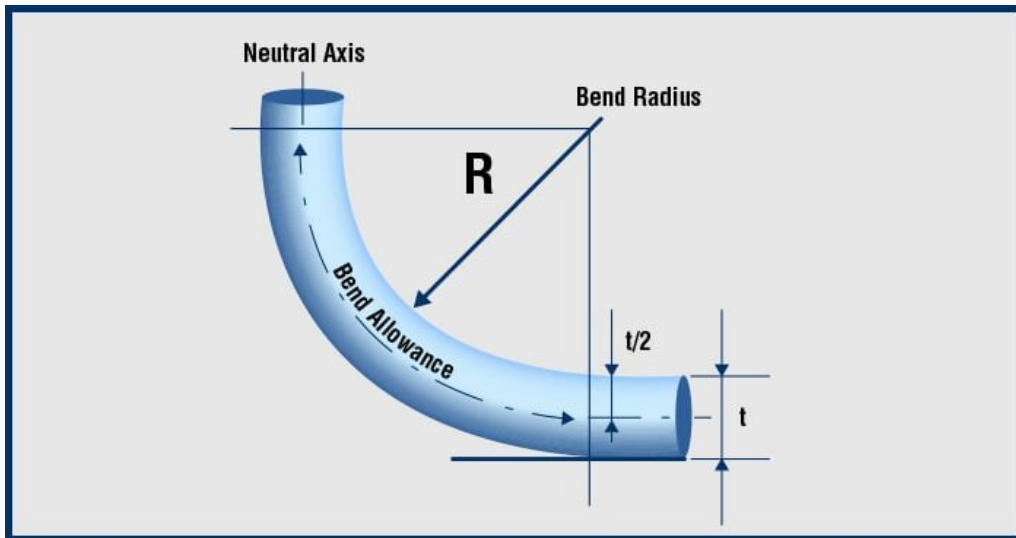


Figur 8. Hydraulslang från Parker (Insane Hydraulics 2024).

### 2.2.7 Böjningsradie

Hydraulslangars böjningsradie är en kritisk faktor som påverkar både prestanda och livslängd. Böjningsradien definieras som innerradien, vilket illustreras i figur 9 nedan. En för liten böjningsradie kan skada slangens förstärkningslager, vilket i sin tur försämrar hållfastheten och ökar risken för läckage eller haveri. Dessutom kan för små böjar skapa flödesbegränsningar och turbulens i systemet, vilket leder till tryckförluster och sämre

effektivitet. På lång sikt bidrar dåliga böjningsradier till snabbare materialutmattning, högre underhållskostnader och potentiella produktionsstopp. Att följa rekommenderade böjningsradier är därför avgörande för att säkerställa driftsäkerhet, god systemprestanda och ekonomisk hållbarhet. (Chinafuao, 2024).



Figur 9. Visuell förklaring för böjningsradie (Interpower 2025).

### 2.2.8 Slangkopplingar

Hydrauliska kopplingar används i många olika industrier och spelar en viktig roll för att skapa säkra och täta anslutningar mellan slangar, rör och andra delar i ett hydraulsystem. Upprepade försök att minska på antalet kopplingstyper har försökts göras, men det finns fortfarande många olika varianter anpassade efter specifika kundkrav och olika marknader m.m. Detta kan göra det svårt att hitta rätt kopplingstyp.

Följande kopplingsstandarder finns, dock med många olika variationer:

- amerikanska SAE, ORB, JIC, ORFS
- brittiska BSP
- tyska DIN
- japanska JIS
- franska GAZ. (ibtinc, 2025).

Syketec använder sig av den brittiska BSP-kopplingsstandarden i sina hydraulsystem. Valet av BSP möjliggör ett pålitligt och underhållsvänligt system med komponenter som är välkända och lättillgängliga på den europeiska marknaden.



Figur 11. BSP-standard banjo koppling (Hydromot 2025).



Figur 10. BSP-standard med konisk tätning (RS-online 2025).

## 2.3 Solidworks

Eftersom SolidWorks inte har använts av författaren tidigare, krävdes en inläring för att förstå programmets grundläggande funktioner. Detta var nödvändigt för att kunna utveckla en bra metod för att skapa en representativ och tekniskt korrekt modell.

Syketec använder SolidWorks version 2016, vilket krävde införskaffning av just denna version för att säkerställa kompatibilitet med företagets programvara. Detta möjliggjorde en smidig överlämning av den påbörjade CAD-filen med de modellerade hydraulslangarna, utan risk för kompatibilitetsproblem.

### 2.3.1 Introduktion till SolidWorks

Dassault systèmes är moderbolaget till SolidWorks. Företaget, som är en ledande aktör inom 3D-design, ingenjörsvetenskap och produktlivscykelhantering (PLM), äger och utvecklar SolidWorks som en del av sin produktportfölj. SolidWorks lanserades 1995 och köptes upp av Dassault systèmes 1997.

SolidWorks har miljontals användaren som består till största del av ingenjörer och designers på företag runt hela världen och är en av de mest använda programvarorna för design och konstruktion. Programmet är känt för sina omfattade funktioner och höga

prestanda, vilket gör programmet användbart inom många olika branscher och yrkesområden.

SolidWorks, som många andra CAD-program använder sig av parametrisk design, vilket betyder att modellen enkelt kan uppdateras och anpassas genom att ändra parametrarna, utan att behöva omarbete hela konstruktionen. (Technia, 2024).

### 2.3.2 Grundläggande funktioner i SolidWorks

Parametrisk modellering är en teknik där objektets geometri styrs av olika parametrar och relationer, vilket gör det enkelt att justera och uppdatera modeller. I SolidWorks kan användare lägga in mått och relationer som bestämmer modellens form och storlek, vilket underlättar designändringar och optimering.

Centrala verktyg som används i modellering:

- **Skisser** - Utgör grunden för modelleringen genom att användare ritar upp 2D-profiler som sedan används för att skapa tredimensionella objekt.
- **Extrudering** - Förlänger en 2D-skiss längs en given axel för att skapa en solid 3D-form.
- **Svepning** – Möjliggör skapandet av mer avancerade geometrier genom att låta en profil följa en bestämd väg, vilket är särskilt användbart för att modellera rör och slangar. (SolidWorks, 2025).

### 2.3.3 Vad kan SolidWorks göra?

Som nämnts tidigare är SolidWorks ett parametriskt CAD-program som är känt för sin användarvänlighet och effektivitet. Detta har gjort SolidWorks till en favorit bland både studenter och erfarna designers.

Som med de flesta nya program kan det ta lite tid att bekanta sig med verktyg, funktioner och användargränssnittet. Dock erbjuder programmet flera smarta funktioner som gör det lättare för nya användaren att lära sig. Utöver detta finns det ett stort antal av handledningar som ger en bra grund för att förstå sig på programmets designflöde:

- **Rendering** – Med SolidWorks visualize kan man skapa fotorealistiska renderingar för att presentera ett designkoncept innan produktion.
- **Simulation** - Möjliggör tester av konstruktioner för att identifiera och korrigera brister innan fysiska prototyper tillverkas.
- **Detaljerad utvärdering** - Ritningsverktyget gör det enkelt att skapa 2D-representationer och måttsättningar av en design.
- **Enkel tillverkning** - Solidworks CAM hjälper till att generera produktionsfiler, och programmet stöder även 3D-utskrifter och outsourcing av tillverkning via 3DEXPERIENCE Marketplace. (Technia, 2024).

#### 2.3.4 SolidWorks student support

SolidWorks student support erbjuder ett brett stöd för studenter med hjälp av dedikerade resurser och supporttjänster. Detta inkluderar vanliga frågor, nedladdningsbara guider och MySupport för direkta frågor. Genom tips, handledningar och MySolidWorks Online Training får studenter tillgång till utbildningsmaterial och över 600 videolektioner. Dessa resurser hjälper studenter att få ut det mesta av sin inläring och utveckla viktiga designfärdigheter. (SolidWorks, 2025).

#### 2.3.5 Modellering av flexibla slangar i SolidWorks

Hydraulslangar utsätts för påfrestningar, såsom böjning, tryck och rörelse, vilket gör det viktigt att modelleringen återspeglar dessa förhållanden på ett realistiskt sätt.

I CAD representeras flexibla slangar som tredimensionella objekt med en definierad mittlinje och tvärsnittsprofil. För att skapa en korrekt modell används parametrisk design, vilket gör det möjligt att justera längd, diameter och slangens vridningsvärde (Twist-value) utifrån specifika krav. En korrekt modell säkerställer att slangens sitter på rätt plats i sammanställningen och inte krockar med andra slangar/komponenter.

Modellering av hydraulslangar i CAD har flera praktiska fördelar. En noggrant utformad modell gör det möjligt att förutse eventuella designproblem, som felaktig slangdragning eller kollisioner med andra slangar/delar. Dessutom gör det dokumentation och produktion

enklare, eftersom en välgjord modell kan ligga till grund för monteringsinstruktioner och produktionsunderlag.

Genom att använda CAD-verktyg för att modellera flexibla slangar kan man säkerställa att konstruktionen blir både tekniskt korrekt och praktiskt genomförbar. Metoden som används för att skapa slangarna beskrivs mer i metodavsnittet. (SolidWorks, 2025).

## 2.4 JOBO ST50 Combi

JOBO ST50 Combi är en kompakt skördare med låg vikt som har utvecklats för att passa mindre basmaskiner. Maskinens låga vikt och smidiga konstruktion gör att den kan monteras på exempelvis grävmaskiner från 3 ton eller mindre skogskranar. Rullarna i maskinen – som är en central del i matningssystemet – används för att mata trädstammen genom aggregatet. Dessa rullar kan arbeta separat eller tillsammans, där maskinen genererar kraften och rullarna styr hastigheten på föremålet som skall bearbetas. (Sykeharvesteri, 2025).

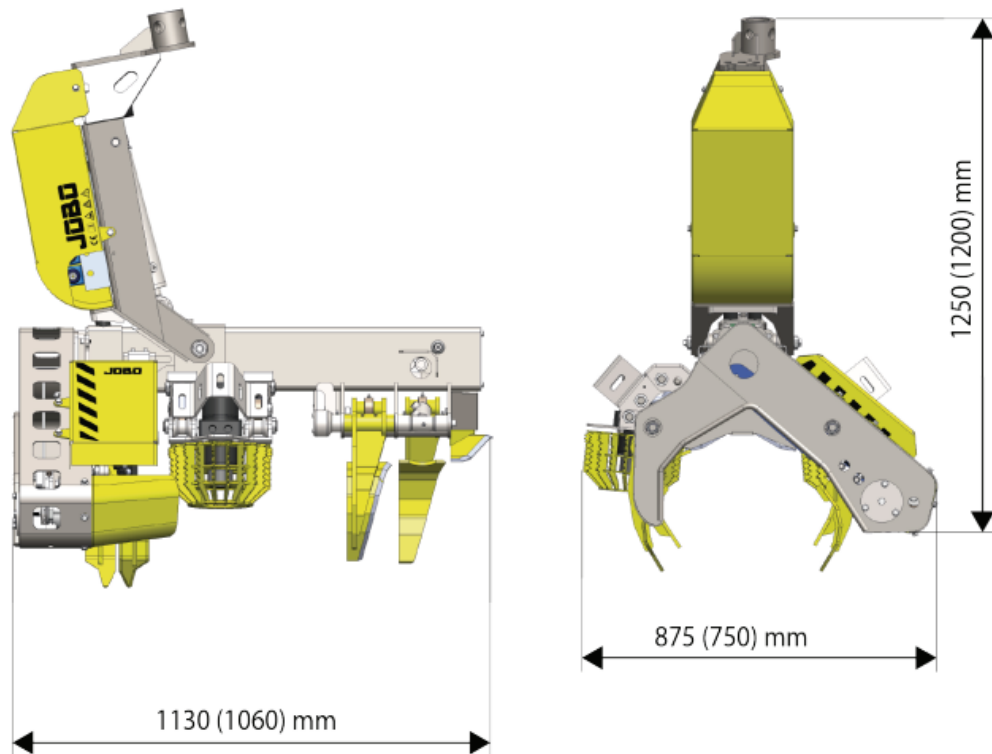
### 2.4.1 Tekniska specifikationer

Detta kapitel presenterar de tekniska specifikationerna för JOBO ST50 Combi. Skördaren är utvecklad för att effektivisera trädfällning, kvistning och kapning inom skogsbruket. Hydraulsystemet är utrustat i två slangdimensioner: ½ tum och ¼ tum. Nedan följer en detaljerad tabell av skördarens specifikationer.

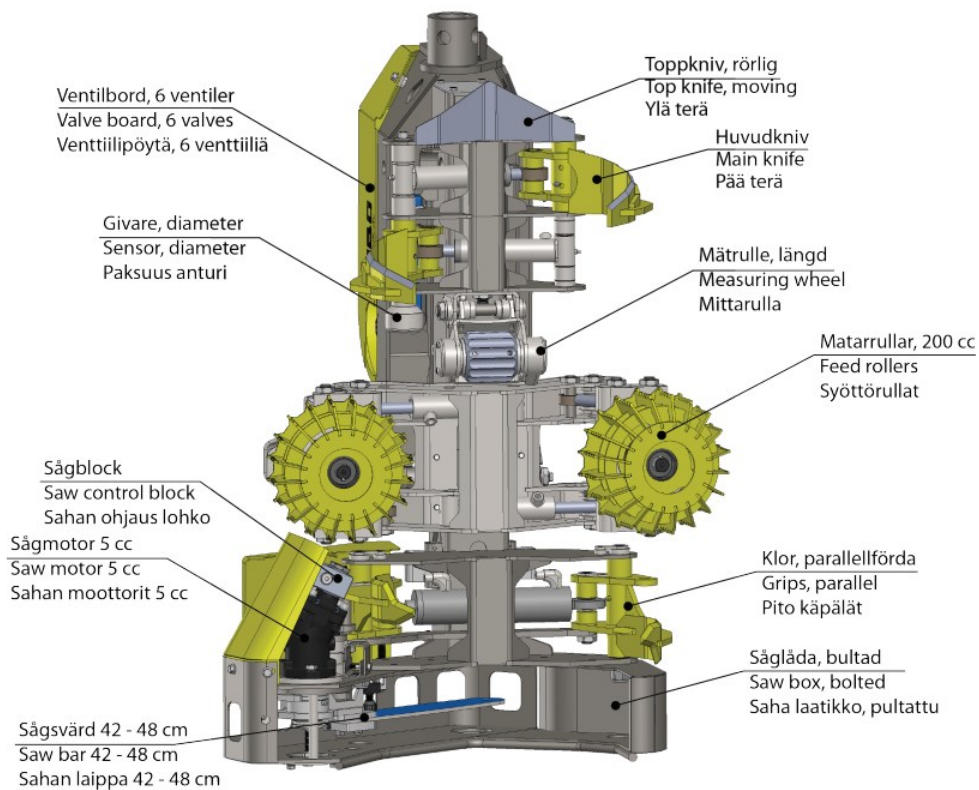
Tabell 5. JOBO ST50 Combi specifikationer.

Specifikationer JOBO ST50 COMBI	
Vikt	295 kg
Fällningsdiameter	30 cm
Renkvistnings diameter	25 cm
Minimum kvistnings diameter	3 cm
Oljebehov	50–80 l/min
Hydraultryck	200 bar
Stegets längd	50 cm
Kvistkraft, 40/32 mm	23/15 kN
Matningshastighet-steg	0,75 m/sek
Matningshastighet-rulle	2,1 m/sek

(Syketec Ltd 2022, s. 2).



Figur 13. Måtten utanför parentesen presenterar huvudmått för JOBO ST50 Combi. Aggregatet är sedd från sidan i den vänstra bilden och bakifrån i den högra. (Syketec Ltd 2022, s.1).



Figur 12. Huvudkomponenterna JOBO ST50 Combi (Syketec Ltd 2022, s. 3).

Figur 13 och 14 ovan är hämtade från Syketecs produktprogram, där skördarens tekniska specifikationer samt dess huvudsakliga komponenter presenteras. Ett ytterligare syfte med att modellera in de flexibla slangarna är att möjliggöra en komplett dokumentation av skördaren. Genom att inkludera slangarna i produktprogrammet kan Syketec tillhandahålla fullständiga bilagor till sina kunder, vilket ger en mer realistisk och detaljerad presentation av den färdiga produkten.

### 3 Metodik

I detta kapitel beskrivs metoden som utvecklats för modellering av rörliga slangar, samt förberedelser som gjorts. Metoden har utvecklats genom användning av spline-kurvor, 3D-skisser samt sweep-funktion. Användning av dessa funktioner möjliggör en realistisk modellering av hydraulslangar som kan följa en specifik bana. Metoden är indelad i två delar:

- Modellering av icke rörliga slangar.
- Modellering av rörliga slangar.

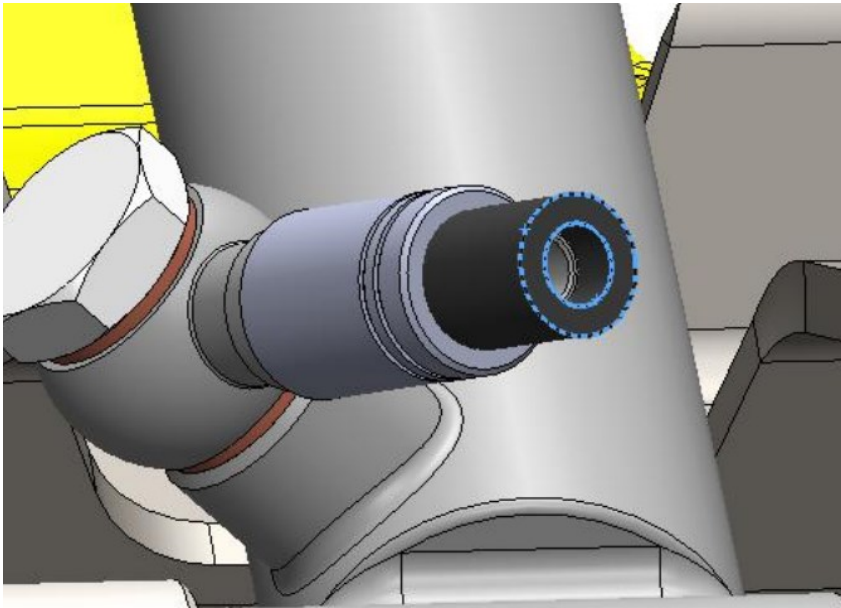
#### 3.1 Införskaffning av SolidWorks programvaran

För att påbörja utvecklingen av metoden var det nödvändigt att införskaffa SolidWorks version 2016, vilket är programvaran som används inom Syketec. SolidWorks erbjuder en "student version" vilken är en förmånlig version avsedd för studenter. Denna version erbjuder samma funktioner som SolidWorks premium versionen.

#### 3.2 Förberedelser

Innan själva modelleringen påbörjades gjordes några förberedelser. Dessa inkluderade en noggrann granskning av både CAD-modellen och det hydrauliska kopplingschemat tillhandahållet av Syketec. Syftet var att säkerställa att slangarna modelleras in på korrekt ställe i modellen. Därefter installerades alla slangkopplingar i modellen för att definiera

anslutningspunkterna. Slutligen placerades korta slangändor med korrekta dimensioner vid anslutningspunkterna för att säkerställa en korrekt profil för slangarna.



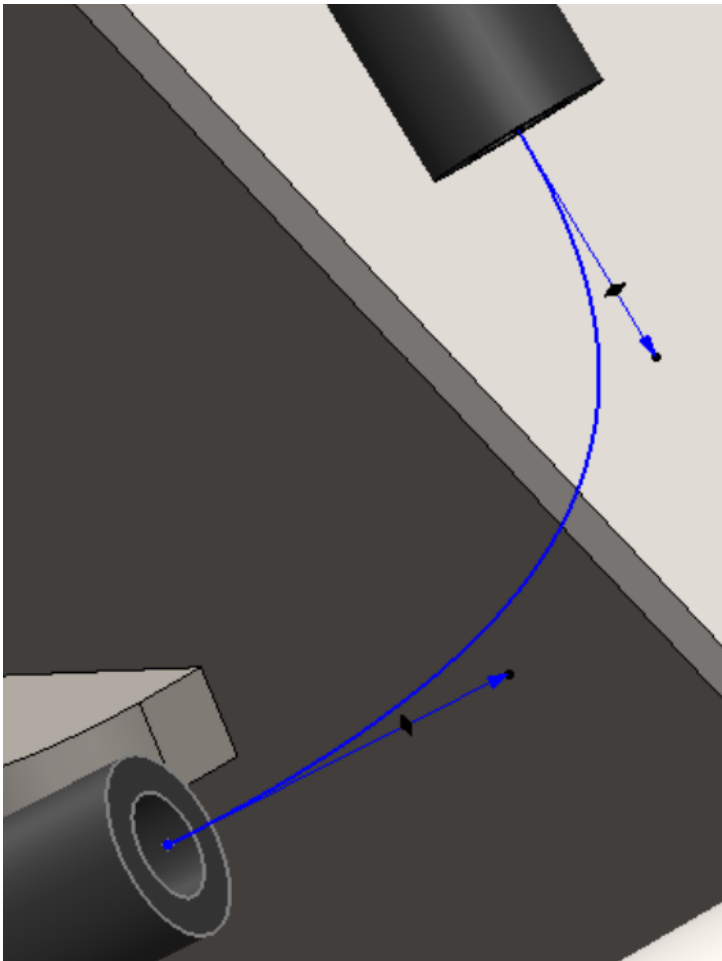
Figur 14. Installerad BSP standard banjokoppling samt slangända med korrekt slangdimension (1/4").

### 3.3 Modellering av icke-rörliga slangar

Den första delen beskriver metoden för modellering av slangar som inte kräver förändring i form eller position.

#### Skapa 3D-sketch och definiera slangens rutt

Första steget i modelleringen är att skapa en ny del i modellen, vilken kommer att utgöra själva slangens rutt. Därefter konverteras den tidigare installerade slangändans profil till en 3D-sketch med hjälp av Convert Entities-funktionen. Sedan skapas en ny 3D-sketch, där spline-funktionen används för att definiera slangens rutt mellan anslutningspunkterna. Splinekurvan justeras sedan till en önskvärd form. Slutligen används Make Tangent-funktionen för att få en jämn och naturlig övergång mellan slangkopplingen och själva spline-kurvan.



Figur 15. Slangrutt med jämn och naturlig övergång.

## Skapa slangen

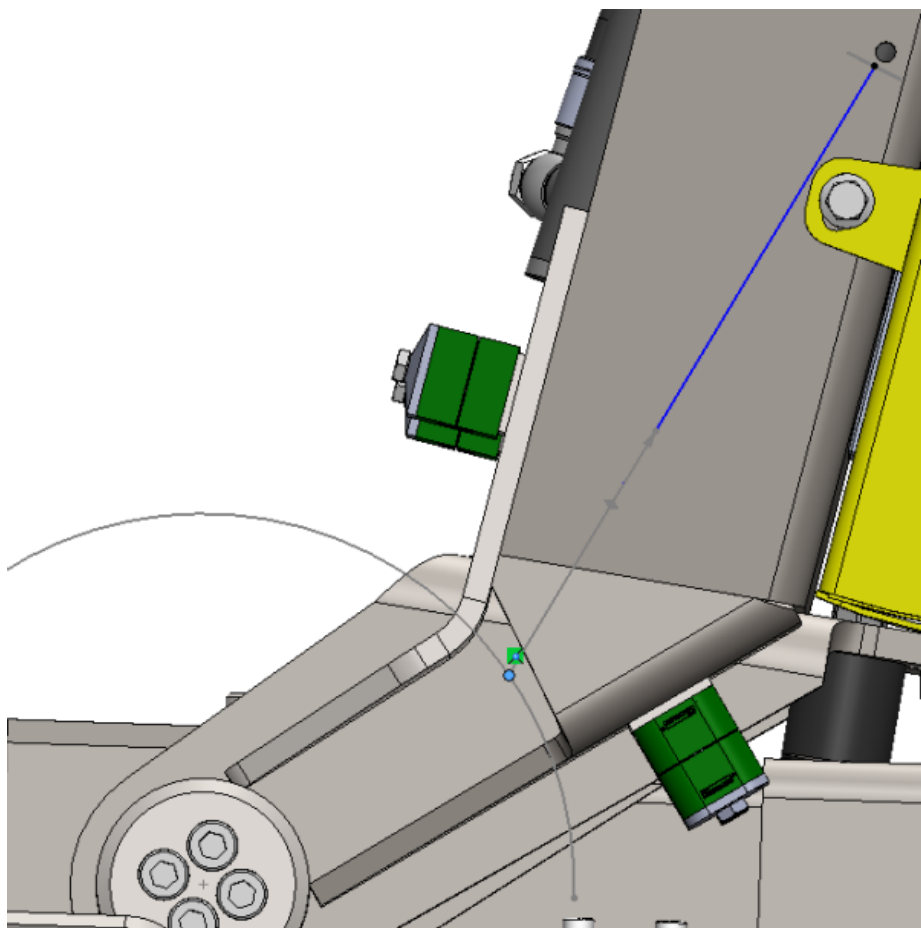
För att skapa själva slangen används Swept Boss/Base-funktionen, som uppmanar en att välja 3D-sketch slangprofilen samt spline-kurvan som tidigare skapats, vilket resulterar i en 3D-modell av slangen. Efter att slangen skapats kontrolleras att slangen följer den önskade formen utan att den kolliderar med andra komponenter i modellen. Slutligen för att ge en mer realistiskt visuell slang, kan Appearances-funktionen användas för att välja önskad färg och yta för slangen. I detta fall används en matt gummiyta, vilket representerar en realistisk hydraulslang i gummi.

### 3.4 Modellering av rörliga slangar

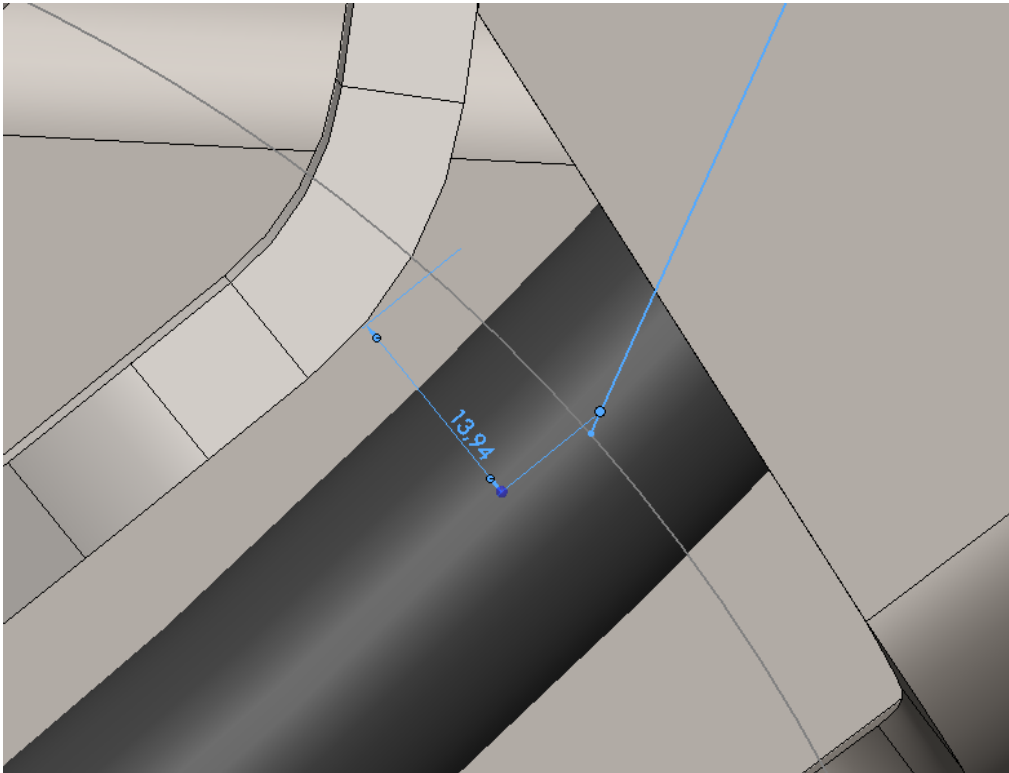
Metoden för att skapa en rörlig slang är i grunden densamma som för en icke-rörlig slang eftersom även de icke-rörliga slangarna skulle förändra sin position om någon av

anslutningspunkterna flyttas. Problemet som uppstår är dock att slangen byggs om på ett oförutsägbart sätt, vilket kan leda till kollision med andra slangar eller komponenter, för liten böjningsradie eller oönskad form.

För att undvika detta bör en ledbanan skapas som styr dess form. Ledbanan skapas genom en 3D-sketch, exempelvis i form av en halvcirkel, beroende på den önskade rörelsen. Därefter skapas en spline-kurva som kopplas från anslutningspunkten till halvcirkeln, vilket illustreras i figur 17 nedan. För att säkerställa att spline-kurvans längd förblir konstant under rörelse används Smart Dimension funktionen. Efter att ledbanan har skapats, definieras slangens rutt med spline-kurvor på samma sätt som vid modelleringen av icke-rörliga slangar. Därefter skapas själva slangen med Swept Boss/Base-funktionen. Slutligen för att ytterligare kontrollera slangens beteende läggs relationer och måttsättningar till, vilket illustreras i figur 18 nedan.



Figur 16. Ledbanan i form av en halvcirkel samt spline-kurvan som ett rakt sträck.



Figur 17. Måttsättning inlagd från slangens centrum till skördarens vägg, för att säkerställa att slangen bibehåller korrekt position i förhållande till skördaren under rörelse.

### 3.5 Justering

När slangen har skapats testas dess funktion genom att säkerställa att den beter sig korrekt vid rörelse. Ifall kollisioner eller onaturliga böjningar identifieras kan dessa åtgärdas genom justering av spline-kurvan och ledbanan

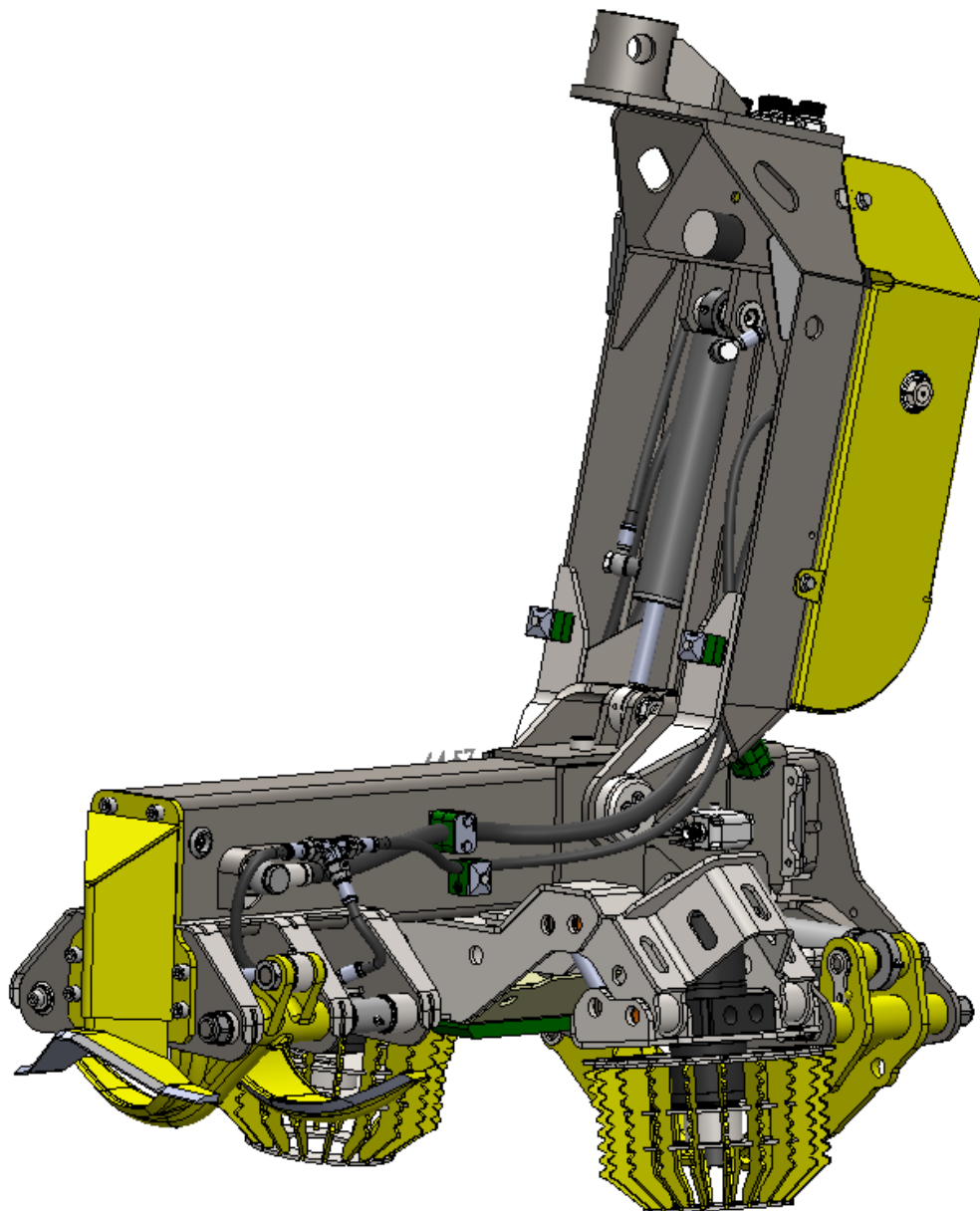
Modellering av flexibla slangar är en tidskrävande process som kräver en del tester och justeringar för att få ett önskvärt resultat.

### 3.6 Slutsats

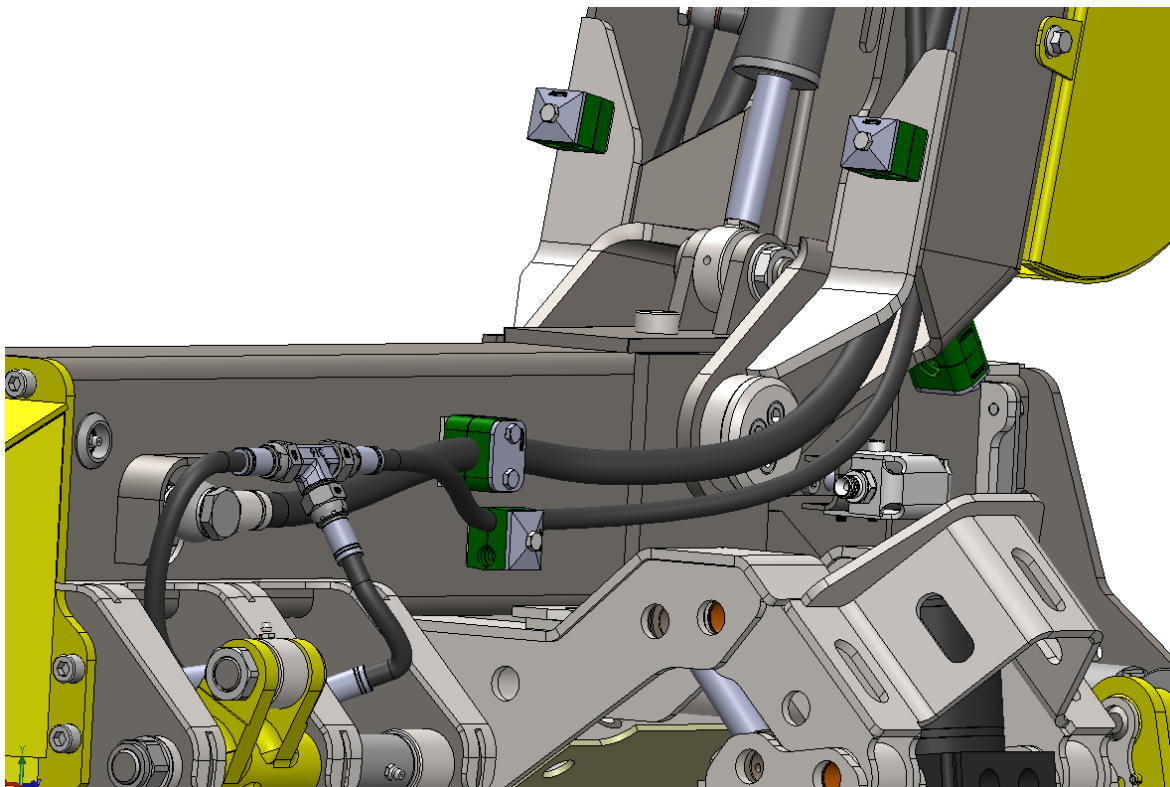
Denna metod möjliggör en effektiv modellering av flexibla slangar som kan anpassas för icke-rörliga och rörliga sammanställningar. I resultat kapitlet presenteras slutresultatet i form av figurer.

## 4 Resultat

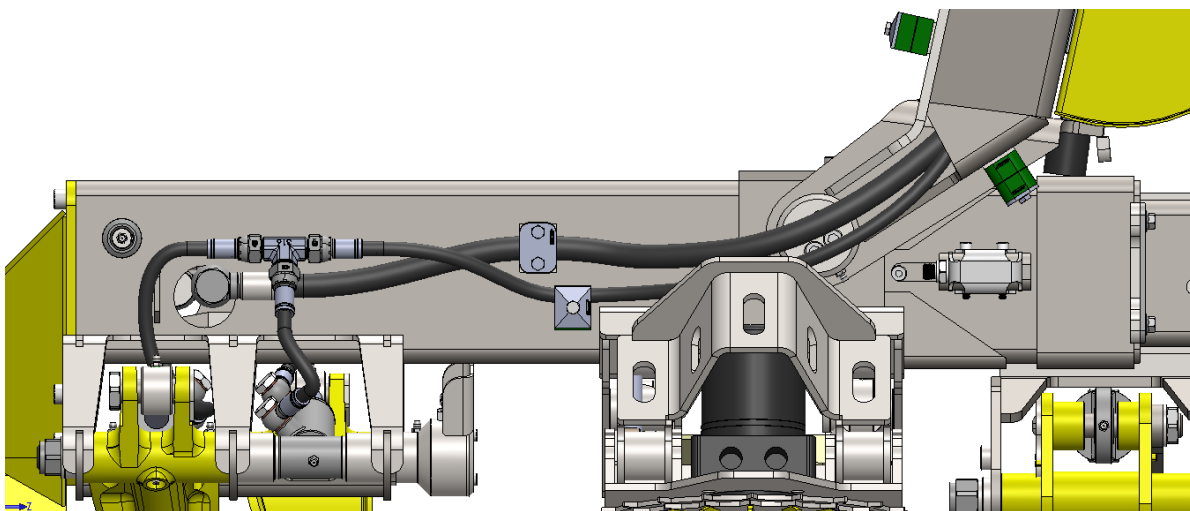
Nedan följer en sammanställning av figurer som redovisar resultatet från examensarbetet, framtaget i SolidWorks. Figur 20 och 21 visar modellen i dess upprätta position, medan de resterande figurerna illustrerar slangarnas rörelser i olika steg för steg fram tills maximal rörelse har uppnåtts, vilket visas i figur 25 och 26.



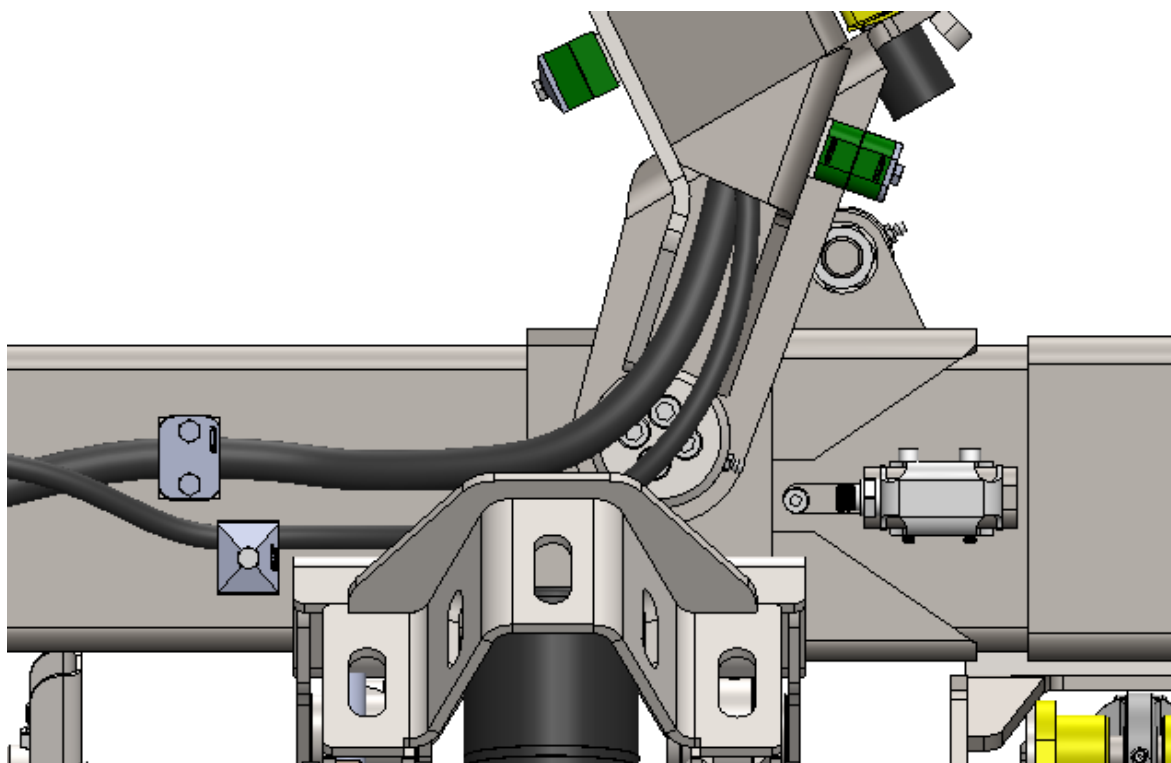
Figur 18. Figur över JOBO ST50 Combi snett framifrån med slangarna modellerade.



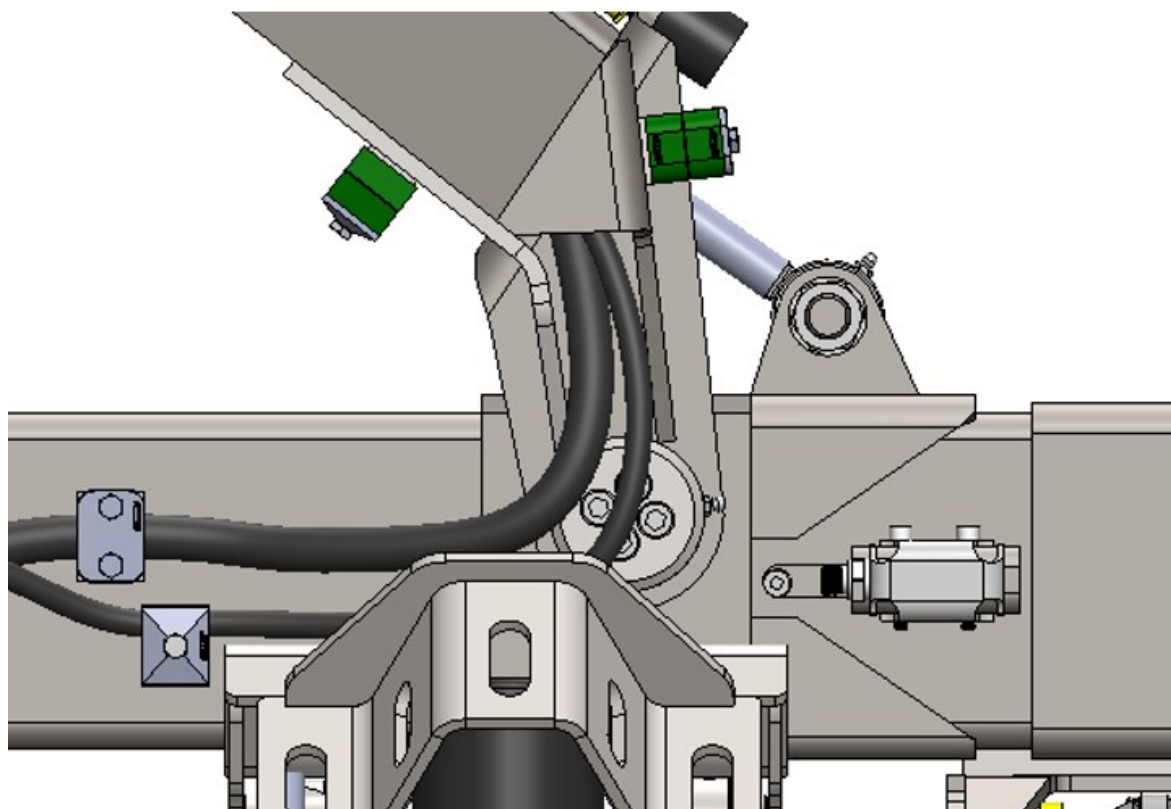
*Figur 19. I denna figur kan man se hydraulslangarna i upprätt position sedd snett framifrån.*



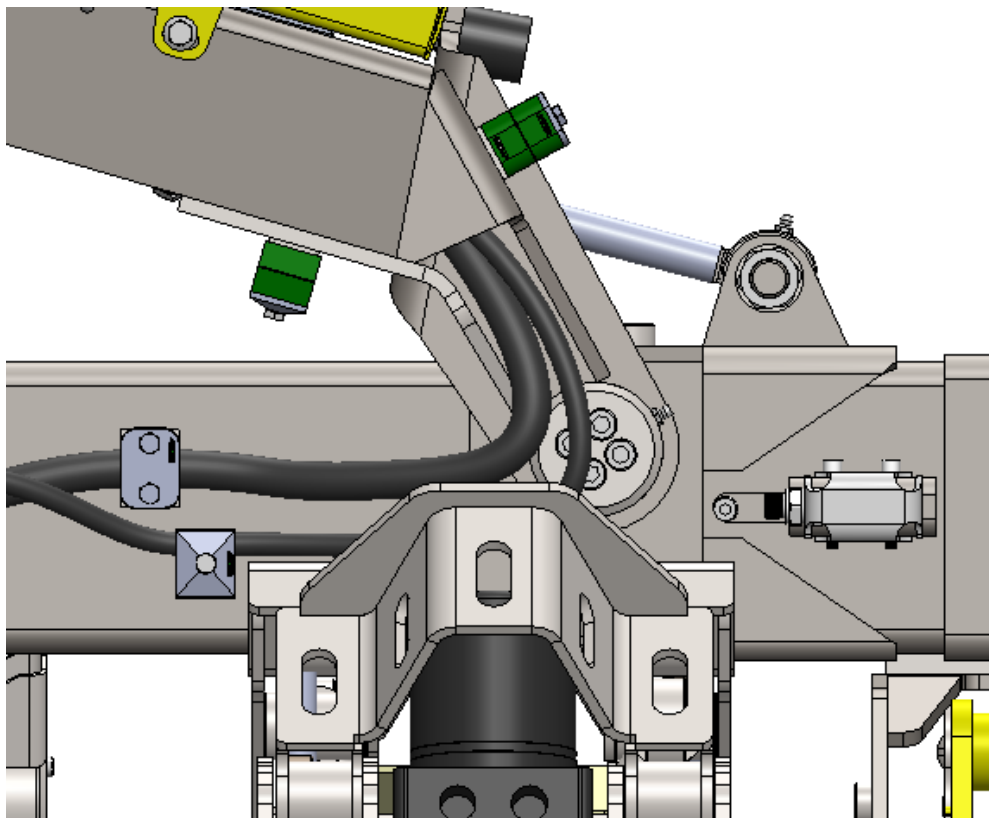
*Figur 20. Slangarna i samma position men sedd från sidan.*



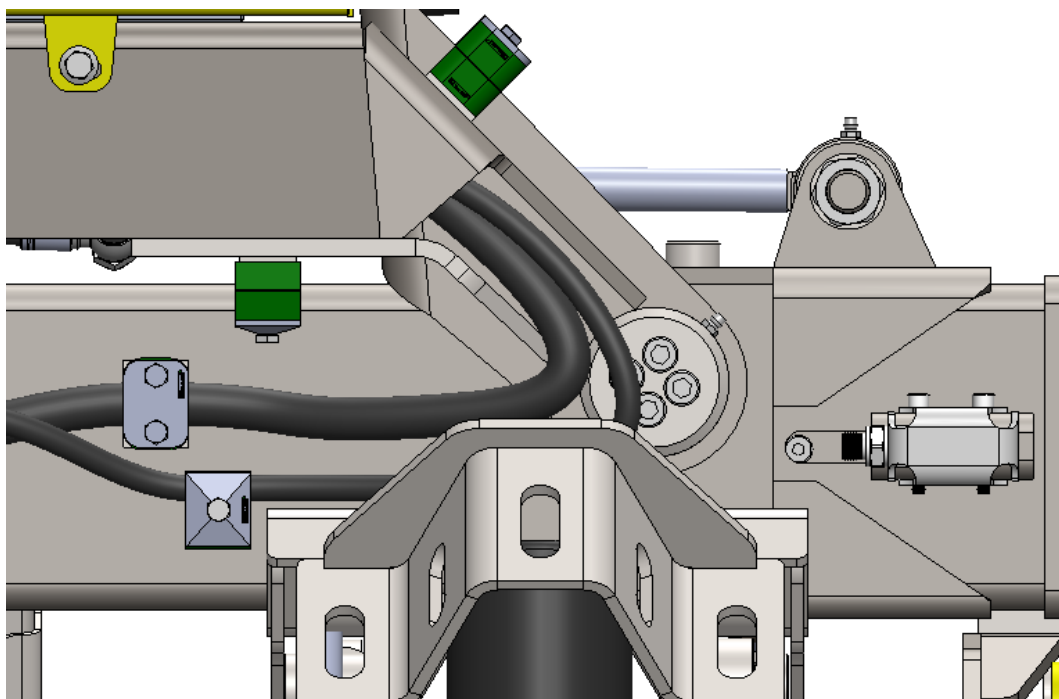
Figur 22. Aggregatet vid 70 graders vinkel.



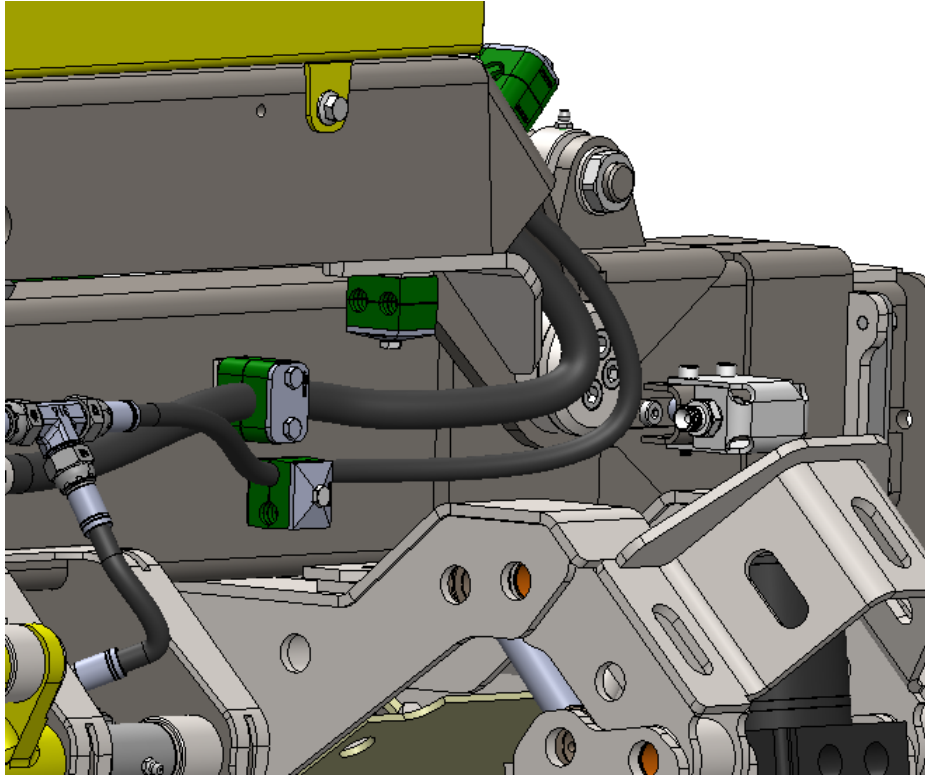
Figur 21. Aggregatet vid 45 graders vinkel.



Figur 23. Aggregatet vid 25 graders vinkel.



Figur 24. Aggregatet vid 0 graders vinkel (maximal rörelse uppnådd). Böjningsradien för den grövre slangen är visserligen relativt liten, men bedöms fortfarande acceptabel. Det finns dock utrymme för justeringar om en större radie önskas.



Figur 25. Maximal rörelse sedd snett framifrån.

#### 4.1 Instruktionsmanualen

Syftet med manualen var att fungera som en guide för både nuvarande och framtida projekt. Manualen innehåller steg för steg instruktioner för modellering av icke-rörliga och rörliga slangar.

Manualen är skapad för att vara tydlig och lättförståelig, även för mindre erfarna användare. Viktiga funktioner som behandlas i manualen är 3D-skisser, spline-kurvor, Swept Boss/Base-funktionen samt hur man skapar ledbanor för att kontrollera slangarnas rörelse. Utöver detta behandlas relevanta tips och vanliga fallgropar för att underlätta modelleringen och undvika fel såsom kollisioner eller felaktiga böjningar.

Manualen i sin helhet finns i bilaga 1 sist i dokumentet.

## 5 Diskussion

Syftet med detta examensarbete var att utveckla en metod för att modellera rörliga hydraulslangar i SolidWorks, samt skapa en tydlig instruktionsmanual som beskriver metoden steg för steg. Uppdraget var väldigt intressant och har gett en ökad förståelse för användning av CAD-programmet SolidWorks och dess tillämpning inom hydraulsystem.

Metoden utnyttjar funktioner såsom spline-kurvor, 3D-skisser samt sweep-funktion för att möjliggöra en realistisk modellering av flexibla slangar. En stor del av arbetet har bestått av omfattande informationssökning via diskussionsforum och andra relevanta källor för att kunna utveckla en fungerande metod. Detta visade sig vara en utmaning, då det saknas etablerade tillvägagångssätt för modellering av slangar som beter sig på ett önskvärt sätt i en rörlig sammanställning. Slutligen resulterade arbetet i en metod som uppfyllde Oy Syketec Ab:s krav och förväntningar.

Sammanfattningsvis har detta examensarbete stärkt kunskapen inom modellering av flexibla slangar i SolidWorks och har resulterat i en användbar instruktionsmanual för fortsatt arbete inom detta område. En annan viktig reflektion är hur arbetet har stärkt min förmåga att arbeta självständigt och hantera oväntade utmaningar under processens gång.

### 5.1 Vidareutveckling

Diskussioner kring vidareutveckling har förts tillsammans med Syketec. Komponenterna som tidigare saknats i CAD-modellen börjar bli klara för att implementeras, vilket betyder att de resterande slangarna kan modelleras in inom en snar framtid. I detta skede ligger fokus på att färdigställa modellen som behandlas i examensarbetet. När denna modell är komplett finns en potentiell möjlighet att även modellera in slangarna för resterande skördare i Syketecs produktportfölj.

Utöver detta har ett förslag lagts fram gällande vidareutveckling av metoden för att ytterligare förbättra kontrollen i rörliga sammanställningar, samt att effektivisera modelleringen.

## 6 Källförteckning

Chinafuaao (2024). bend-radius. Hämtat 7.3.2025.

<https://sv.chinafuaao.net/news/why-is-the-bend-radius-of-a-hydraulic-hose-so-important-to-its-performance.html>

Cntopa (2025). Sae-vs-iso. Hämtat 17.4.2025.

<https://cntopa.com/hydraulic-hose-specifications-sae-vs-iso-explained.html>

Hydroscand (2021). Hydraulic. Hämtat 3.3.2025.

[https://www.hydroscand.se/se\\_se/fakta-guider/hydraulik](https://www.hydroscand.se/se_se/fakta-guider/hydraulik)

IBT Industrial Solutions (2025). Hydraulic-hose-fittings. Hämtat 10.3.2025.

<https://ibtinc.com/ultimate-guide-hydraulic-hose-fittings/>

Ingvast, H. (2011). Hydraulikens grunder (s.142). Örnsköldsvik: Institutet för Tillämpad Hydraulik (ITH).

Mac Hydraulics (2021). hydraulic-hose-standards. Hämtat 6.3.2025.

<https://mac-hyd.com/2021/10/19/hydraulic-hose-standards/>

Sinopulse (2025a). hydraulic hose. Hämtat 26.2.2025.

<https://www.sinopulse.cn/hydraulic-hose/>

Sinopulse (2025b). textile-reinforced-hose. Hämtat 26.2.2025.

<https://www.sinopulse.cn/textile-reinforced-hose/>

Sinopulse (2025c). wire-braided-hydraulic-hose. Hämtat 24.2.2025.

<https://www.sinopulse.cn/wire-braided-hydraulic-hose/>

Sinopulse (2025d). wire-spiral-hydraulic-hose. Hämtat 23.2.2025.

<https://www.sinopulse.cn/wire-spiral-hydraulic-hose/>

SolidWorks (2025). support-Student. Hämtat 9.3.2025.

<https://www.solidworks.com/support/student>

Sykeharvesteri (2025). tuotteet. Hämtat 18.2.2025.

<https://www.sykeharvesteri.fi/tuotteet/harvesterit/jobo-st50-combi-kompakti-ja-nopea>

Syketec Ltd. (2022). Specifikation (s.1-3). Syketec: JOBO ST50 produktprogram

Technia (2024). what is solidworks. Hämtat 20.2.2025.

<https://www.technia.com/blog/what-is-solidworks/>

# Instruktionsmanualen:

## Inledning

Denna manual beskriver hur du skapar och modellerar rörliga slangar i SolidWorks genom användning av 3D-skisser, sweep-funktion samt ledbana för slangarna. Metoden gör att slangarna kan vara rörliga och följa en specifik bana.

## Förberedelser inför modellering av slangar

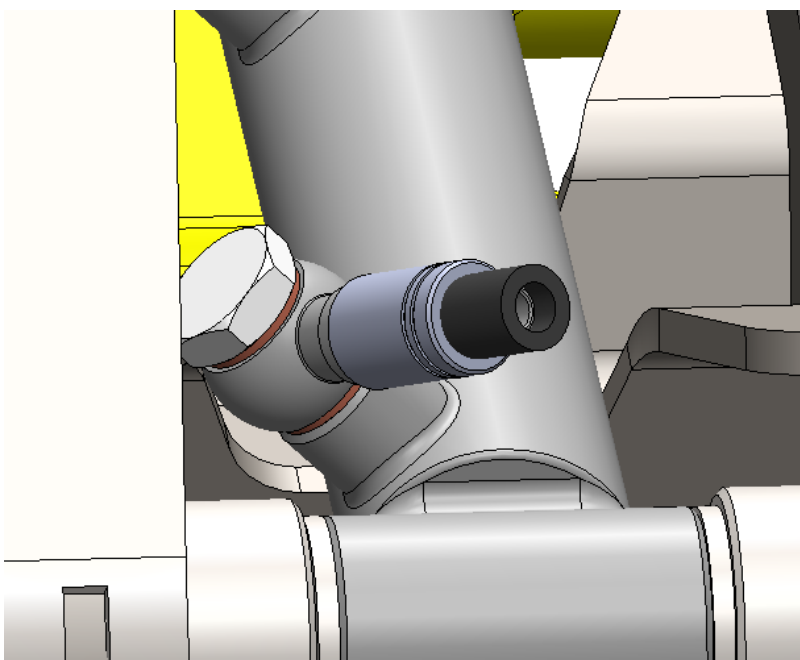
Några förberedelser kan göras innan du påbörjar modelleringen av slangarna för att underlätta arbetet.

## Slangkopplingar

Innan du påbörjar modelleringen är det viktigt att du har slangkopplingarna installerade i din modell så du kan modellera in slangen i mellan anslutningspunkterna.

## Slangändor

En annan sak att förbereda är att installera korta slangstumpar vid varje slangkoppling med dimensioner som matchar den slang du ska skapa (se figur nedan). Detta säkerställer att en korrekt 3D-sketch skapas med rätt profil.

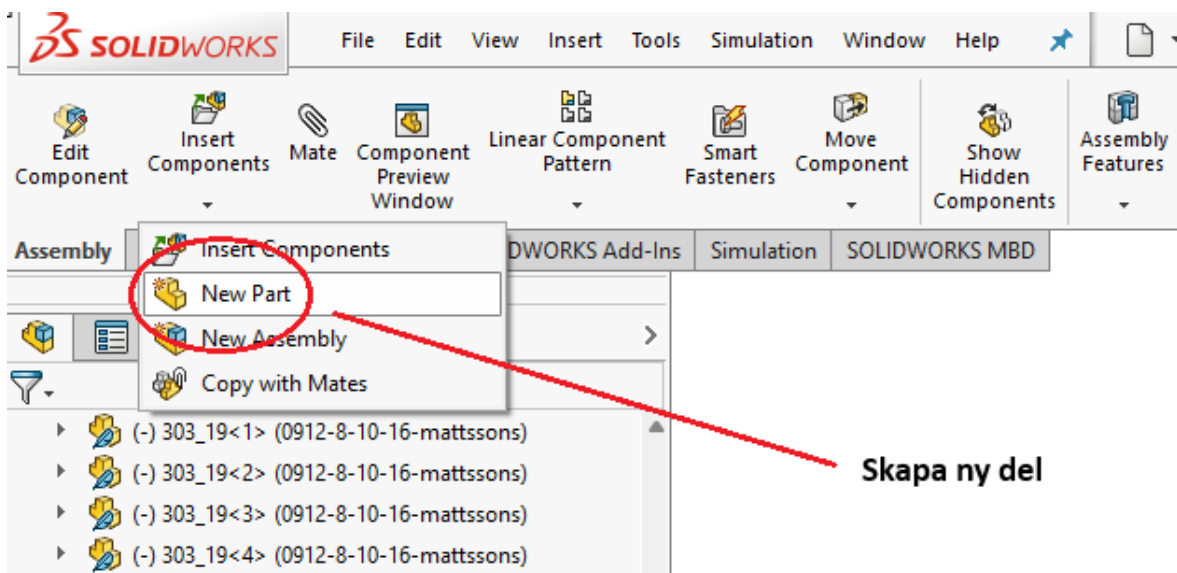


## Modellering av icke-rörliga slangar

Vi börjar med en steg-för-steg-genomgång av hur du skapar icke-rörliga slangar. Därefter går vi vidare till modellering av rörliga slangar som följer en specifik rutt. Grunden för modellering av rörliga slangar är desamma som för de icke-rörliga slangarna.

### Skapa ny del

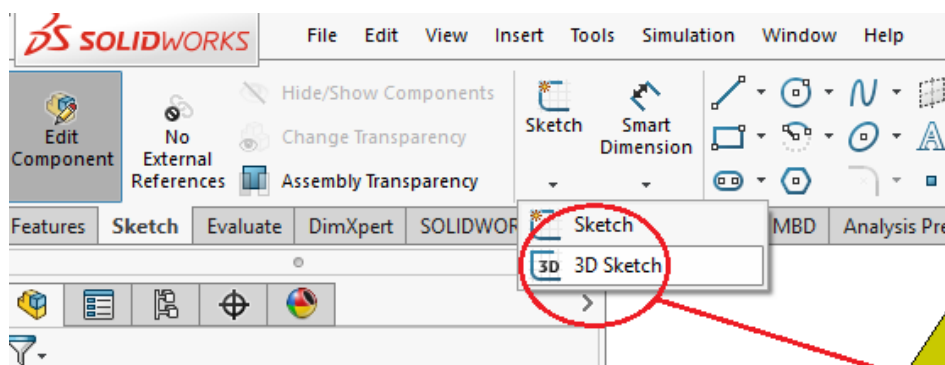
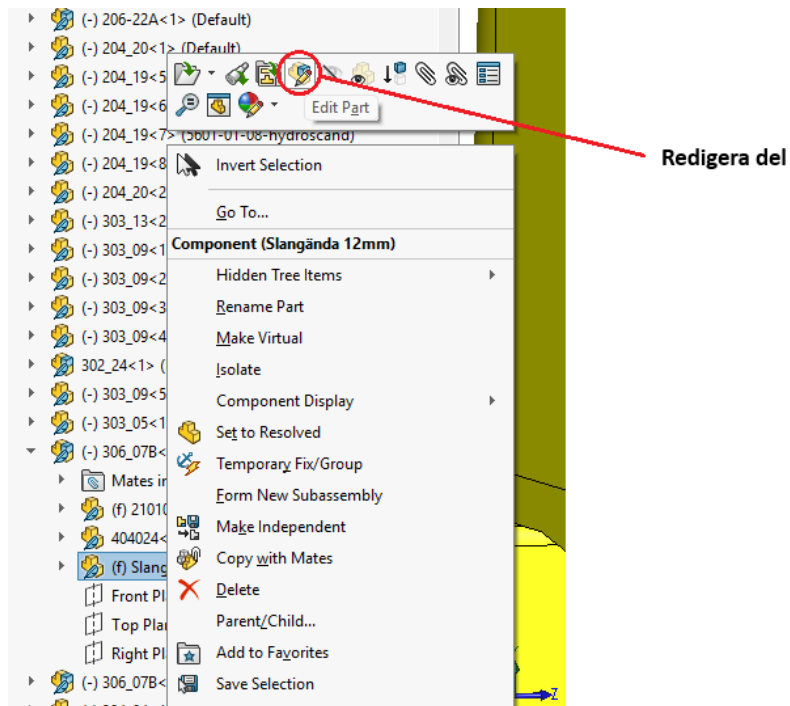
Det första steget i modellering av icke rörliga slangar är att skapa en ny del som kommer att utgöra själva slangens. För att göra detta, öppna **Assembly** fönstret och dra ner rullgardinen för **Insert Components** och välj **New Part**. Därefter kan du namnge den nya delen enligt önskemål.



### Skapa 3D-sketch

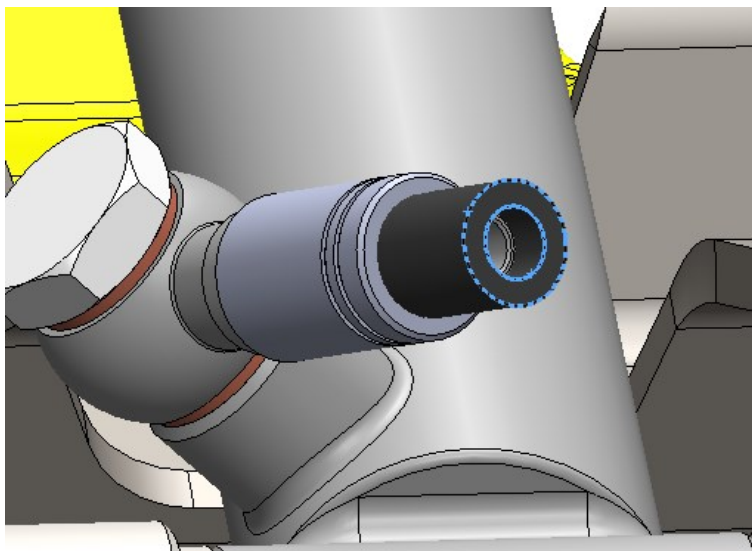
Efter att du har skapat en ny del behöver du skapa en 3D-sketch för slangens profil. För att göra detta:

1. Högerklicka på den nya delen och välj **Edit Part**.
2. Öppna Sketch-menyn.
3. Dra ner rullgardinen för Sketch och välj **3D Sketch** (Se figurer nedan).

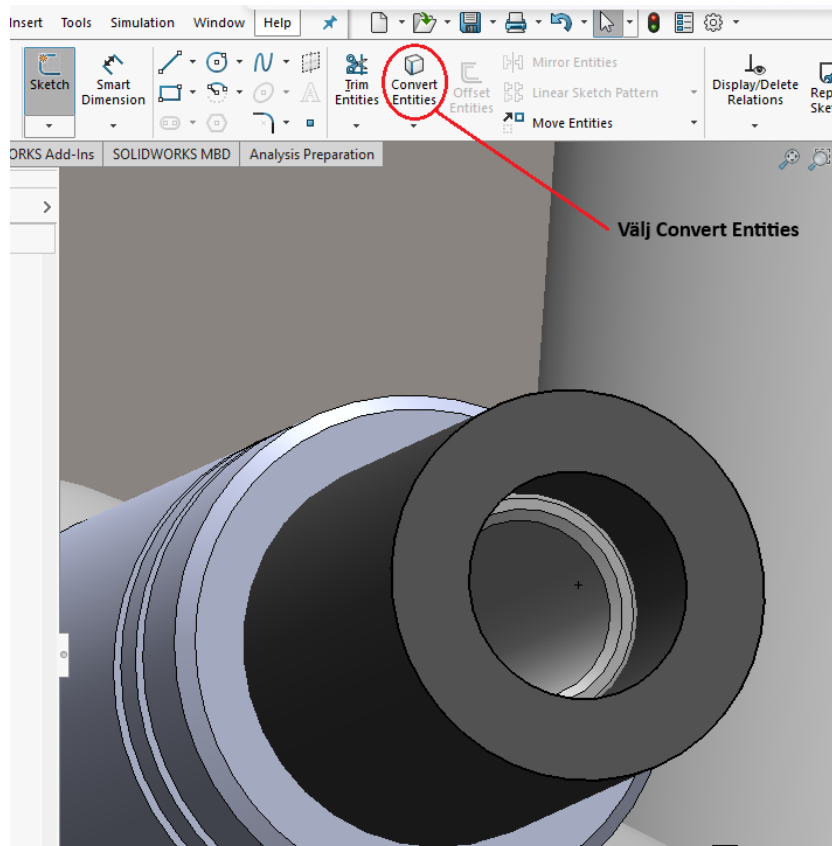


Välj 3D Sketch

Nästa steg är att välja profilen för slangändan som du tidigare installerade. För att göra detta, markera antingen den inre eller yttre profilen, håll sedan ner **Ctrl** och välj den andra profilen. Efter korrekt utförande skall det se ut på följande sätt.

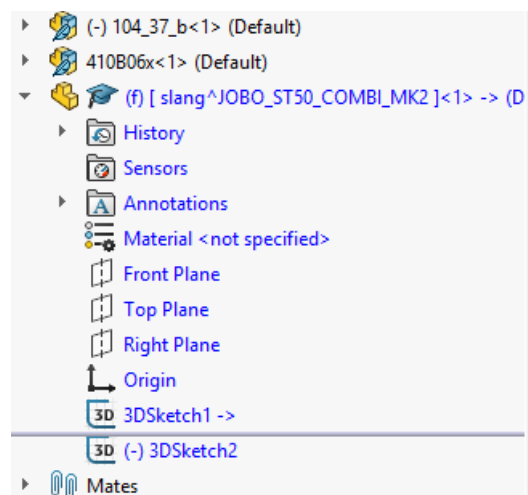


Efter att slangprofilen är markerad välj **Convert Entities**. Detta omvandlar dina markeringar till en 3D-sketch. Efter korrekt utförande skall det se ut på följande sätt.

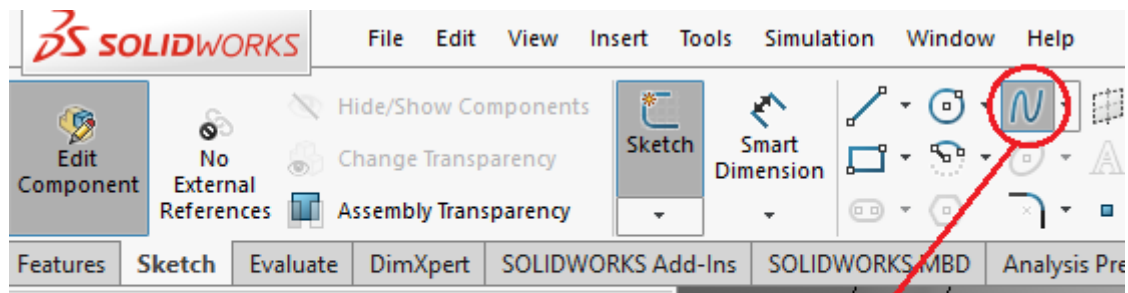


### Skapa slangrutt

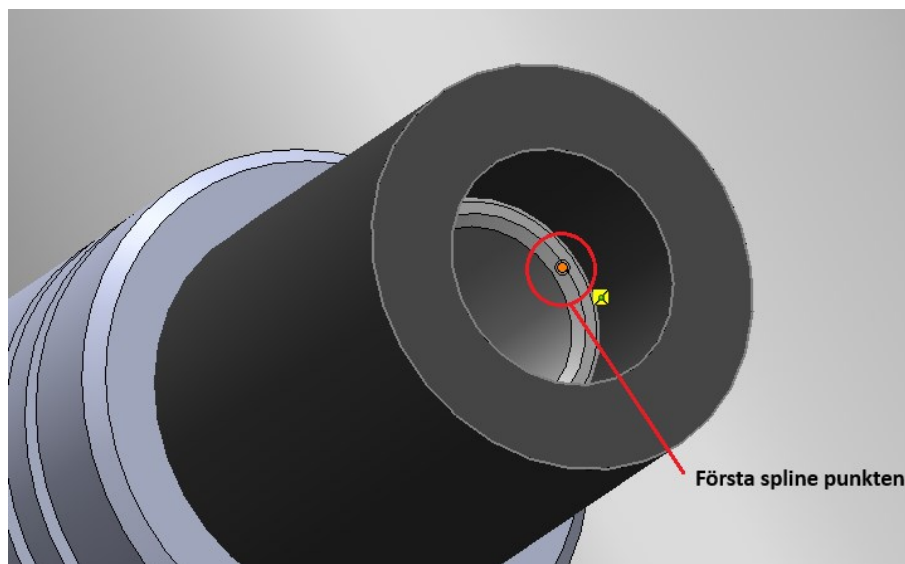
Till näst skapar du en Spline-kurva som definierar slangens rutt. Börja med att skapa en ny 3D-sketch. Se till att du skapar den inom den aktuella parten för att säkerställa att båda skisserna tillhör samma del och är länkade. För att säkerställa detta bör din **FeatureManager Tree Area** se ut på följande sätt.

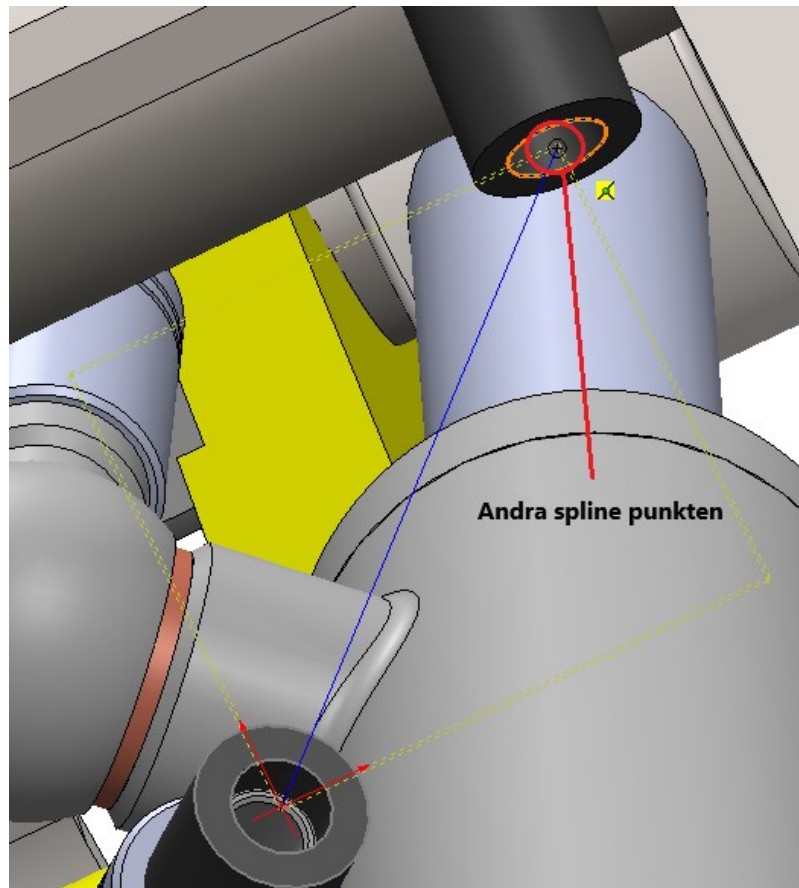


Nu väljer du i Sketch fönstret **Spline** kommandot, placera den första Spline punkten i centrum av din 3D-sketch du tidigare skapat för slangens profil (se figurer nedan). Till näst väljer du nästa anslutningspunkt. Ifall anslutningspunkterna är nära varandra utan några hinder i vägen kan Spline-kurvan bestå av endast två punkter. För längre och mer komplicerade sträckor kan du lägga till fler punkter längs vägen för möjlighet att anpassa och forma Spline-kurvan efter behov. Mera instruktioner om Spline-kurvor med flera punkter kommer behandlas i kapitlet om modellering av rörliga slangar.

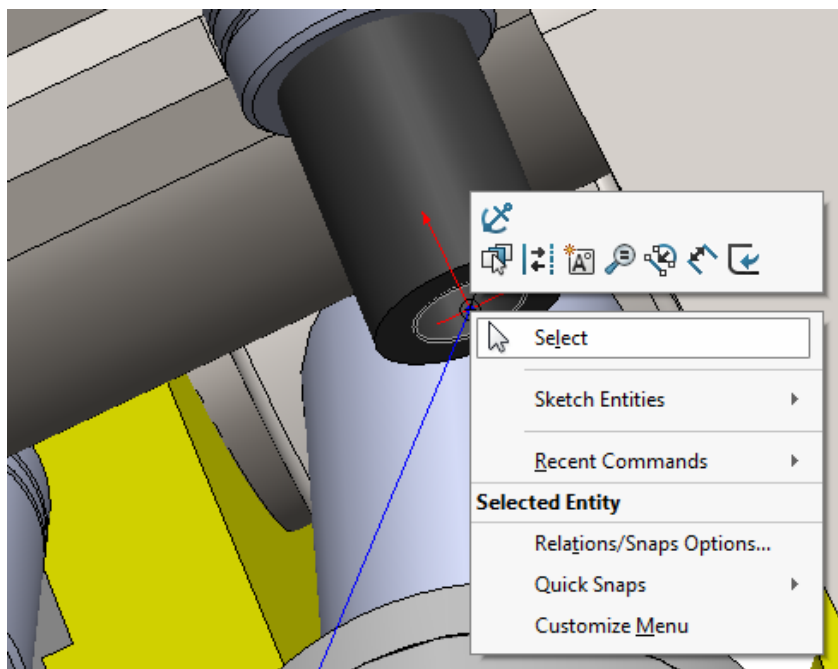


Välj Spline

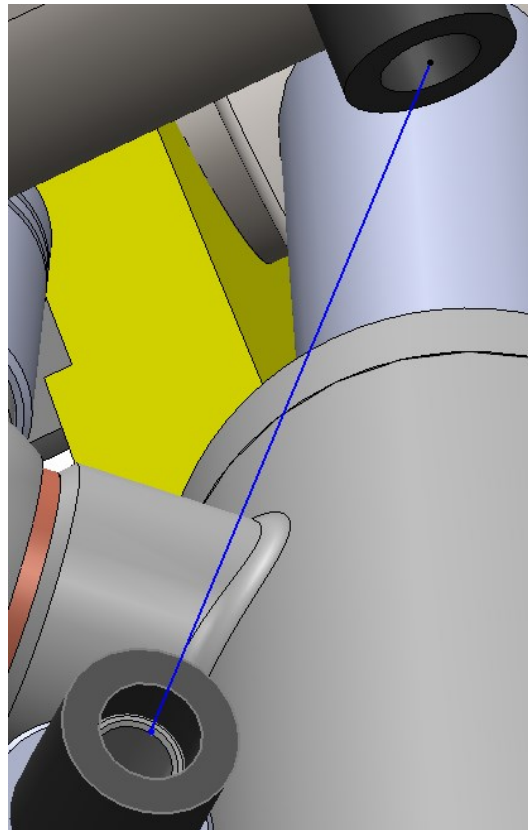




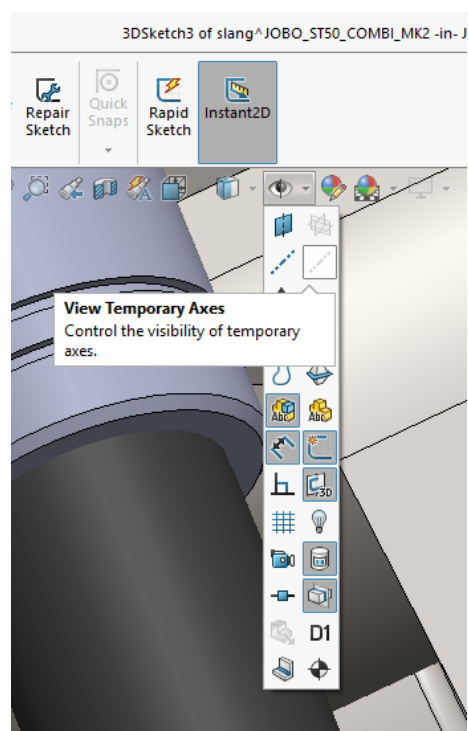
När du har valt den andra Spline-punkten, högerklicka på valfritt ställe och välj **Select** för att avbryta kommandot.



Efter att du har valt **Select** bör det se ut på följande sätt (se figur nedan).

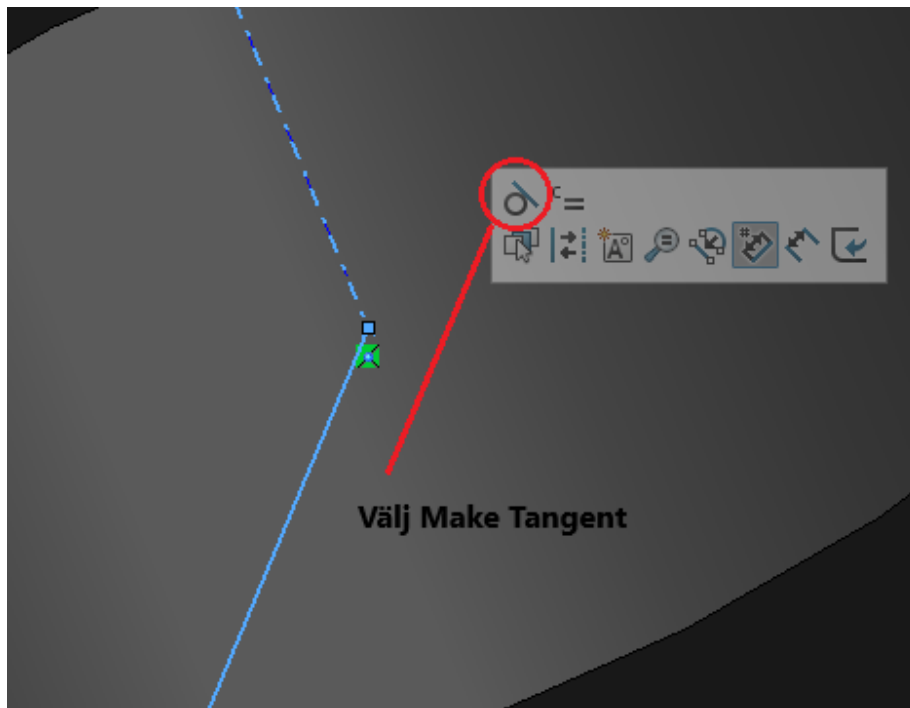


För att få en jämn och naturlig kurva utan skarpa brytningar måste du skapa en tangentiell övergång mellan slangkopplingarna och själva Spline-kurvan. För att göra detta måste du först aktivera **View Temporary Axes** i **Plane Visibility** fönstret.

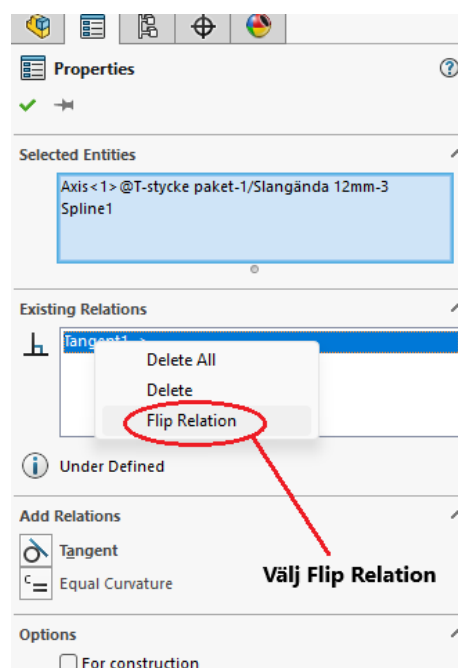


Efter aktivering blir slangkopplingens centrumlinje synlig, vilket gör det möjligt att välja både Spline-kurvan och centrumlinjen för att skapa en tangentiell övergång mellan dem.

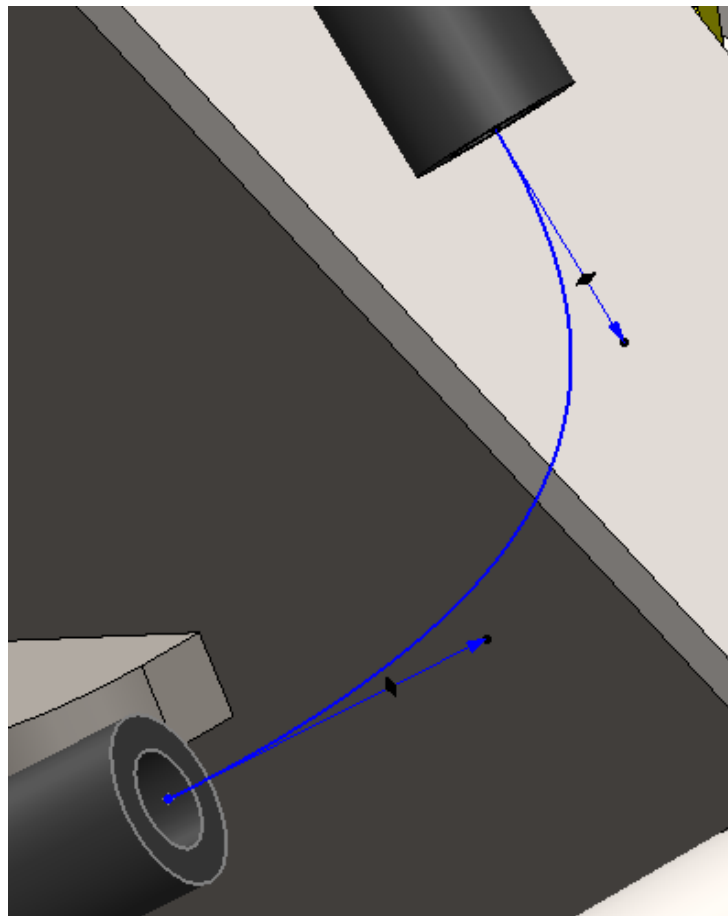
För att göra detta, markera först din Spline-kurva, håll sedan ner **Ctrl** och markera centrumlinjen. Efter korrekt utförande bör det se ut på följande sätt (se figur nedan). Välj sedan **Make Tangent** och gör samma sak med den andra anslutningspunkten.



I vissa fall kan övergången riktas åt fel håll. Detta löser du genom att högerklicka på den skapade relationen och välja **Flip Relation** i Property Managern.

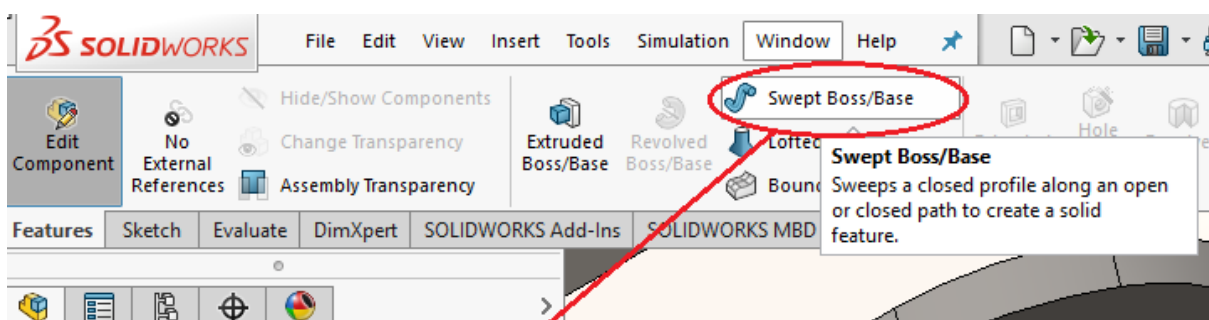


Efter korrekt utförande kommer din Spline-kurva att se ut på följande sätt (se figur nedan). I figuren visas även två raka linjer, som kan användas för att justera Spline-kurvan något efter dina önskemål och behov.



## Sweep-funktion

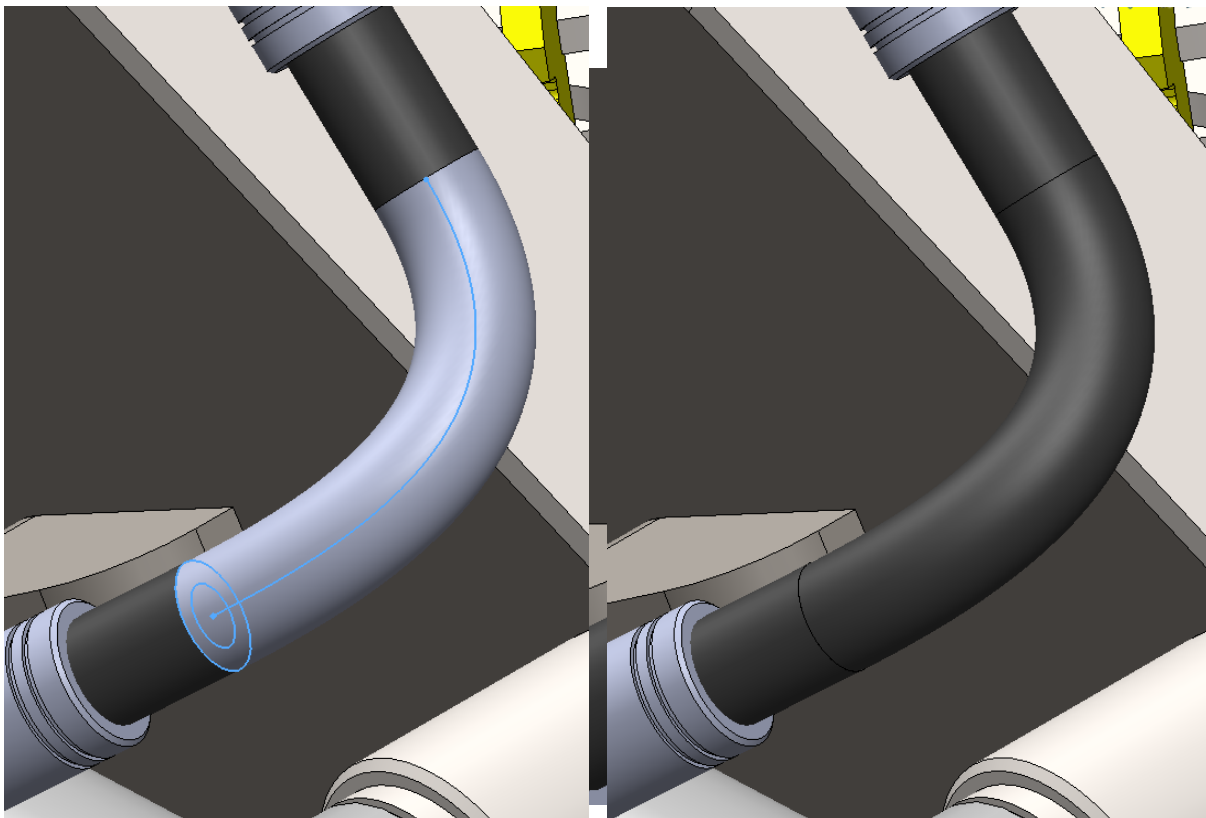
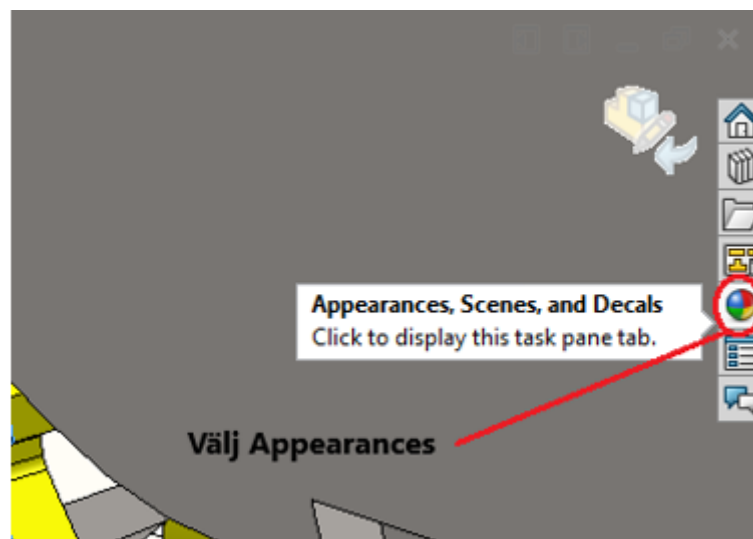
Nästa steg är att använda **Swept Boss/Base**-funktionen på din Spline kurva och slangprofilen. Sweep-funktionen används för att skapa en 3D form genom att svepa din 3D slangprofil längs din 3D-Spline. Detta resulterar i en färdig, 3D-modell av slangens. Sweep-funktionen hittas i **Features fönstret** → **Swept Boss/Base**.



Välj Swept Boss/Base

När du har valt **Sweep**-funktionen, visas en dialogruta där du uppmanas att välja din 3D-profil och Spline-kurva. Om du har utfört det korrekt bör det se ut på följande sätt (se figur nedan). Det finns olika inställningar där du kan välja hur mycket du vill att slangen skall kunna vrida sig. Vi rekommenderar att du behåller standardinställningarna.

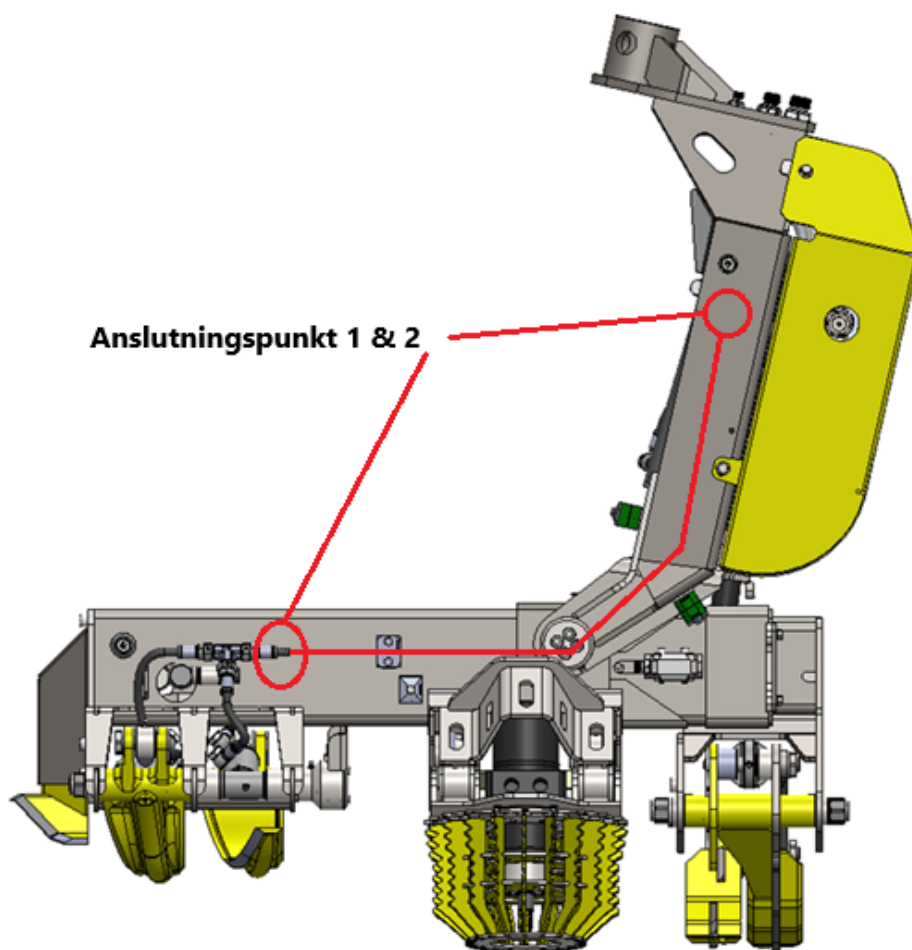
Nu kan du godkänna funktionen, och du har skapat din första slang. För att göra slangen mer visuellt representativ kan du använda dig av **Appearances** funktionen där du kan applicera önskad yta eller färg på slangen. Din färdiga slang ser sedan ut på följande sätt (se figurer nedan)

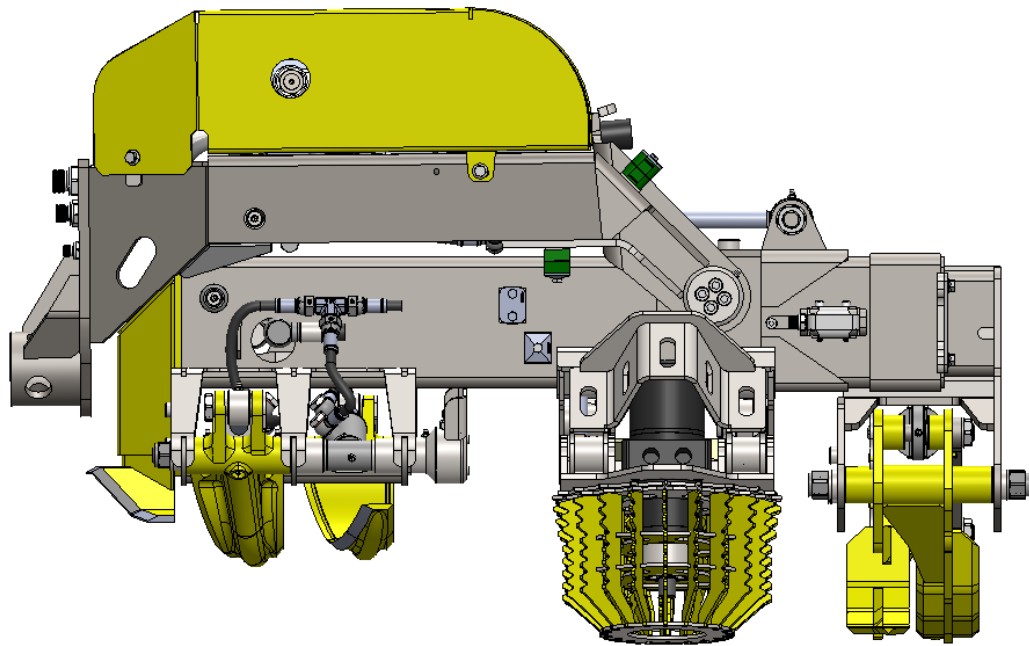


## Modellering av rörliga slangar

I följande kapitel går vi igenom steg-för-steg hur du modellerar rörliga slangar. Detta görs med hjälp av en ledbana som styr slangen enligt en viss rutt.

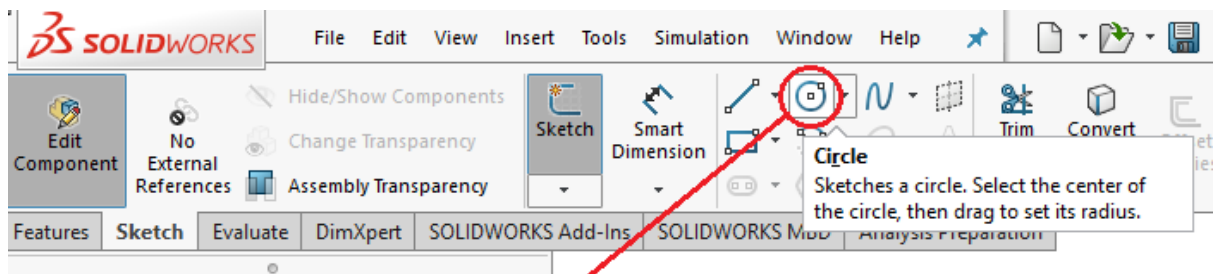
Ledbanan kan byggas på olika sätt beroende på hurdan rörelse du vill göra. I detta exempel bygger vi ledbanan i form av en halvcirkel (Arc), eftersom den rörliga delen är en tilt som svänger 90 grader.



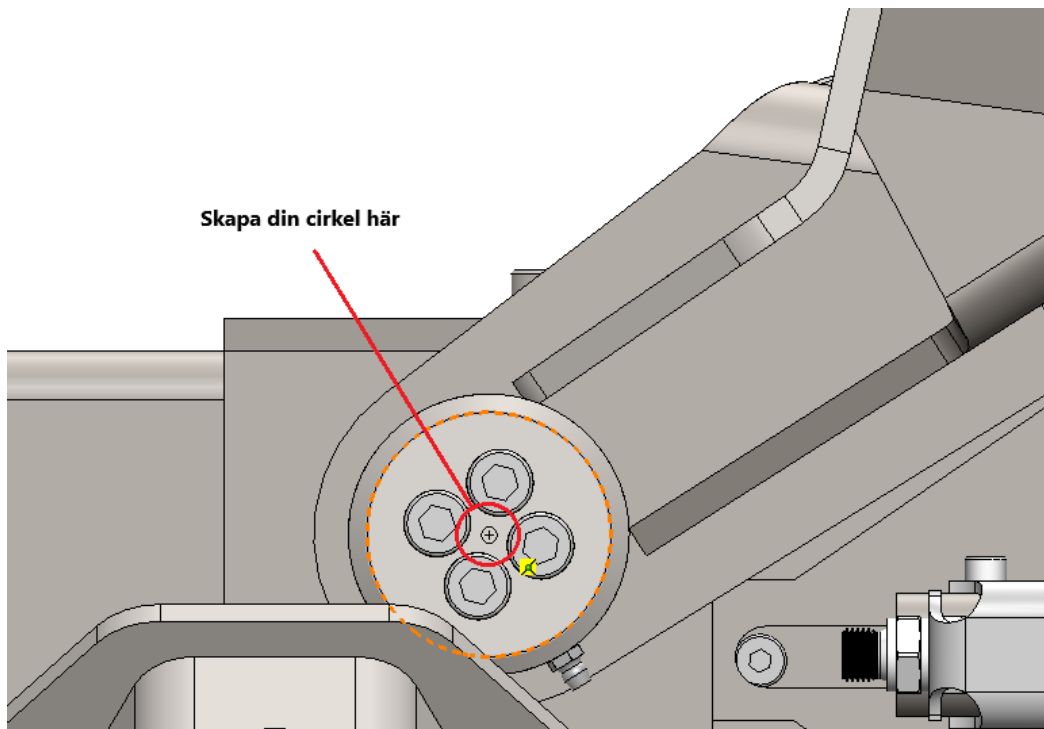


## Skapa ledbana

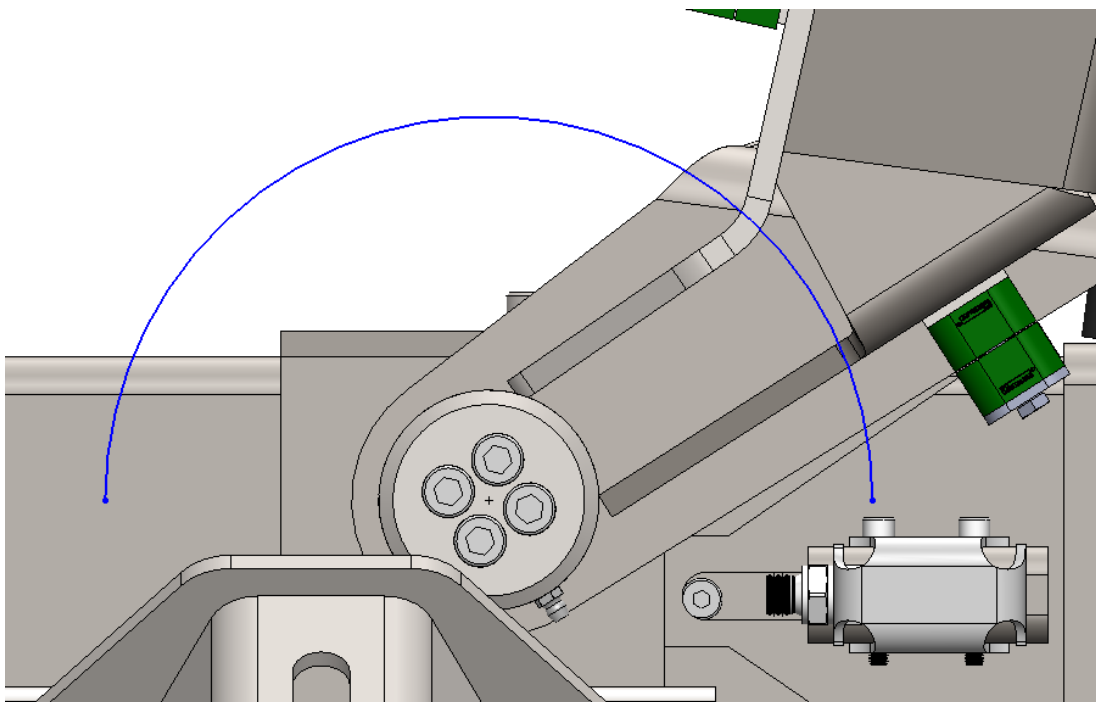
För att skapa en ledbana, börja med att skapa en ny del på samma sätt som beskrivits i kapitel 3.1. Välj sedan **Edit Part** och välj **3D Sketch** i skissfönstret. Därefter använder du **Circle**-funktionen, och skapar cirkeln i delens rörelsecentrum enligt figuren nedan.



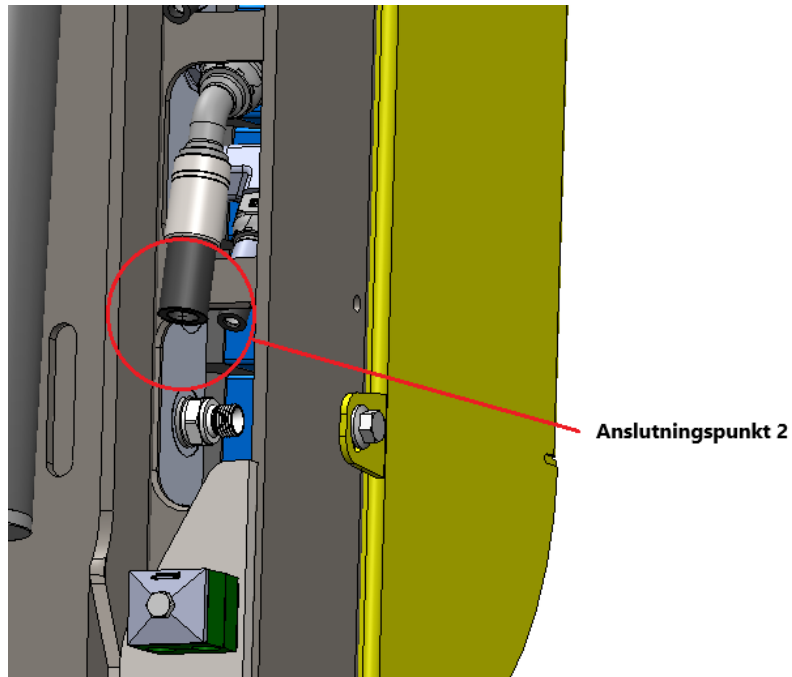
Välj Cirkel



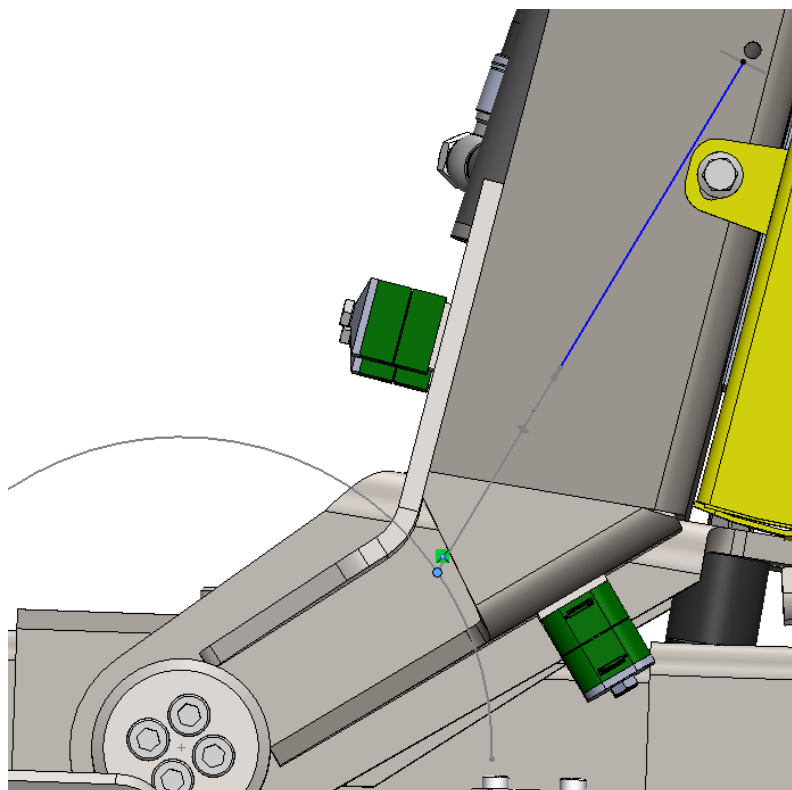
Storleken av cirkeln kan variera beroende på behov, men i detta exempel används en cirkel med diametern 240mm som en optimal storlek. Cirkeln kan sedan trimmas till en halvcirkel om så önskas, men detta är valfritt och påverkar inte slutresultatet.

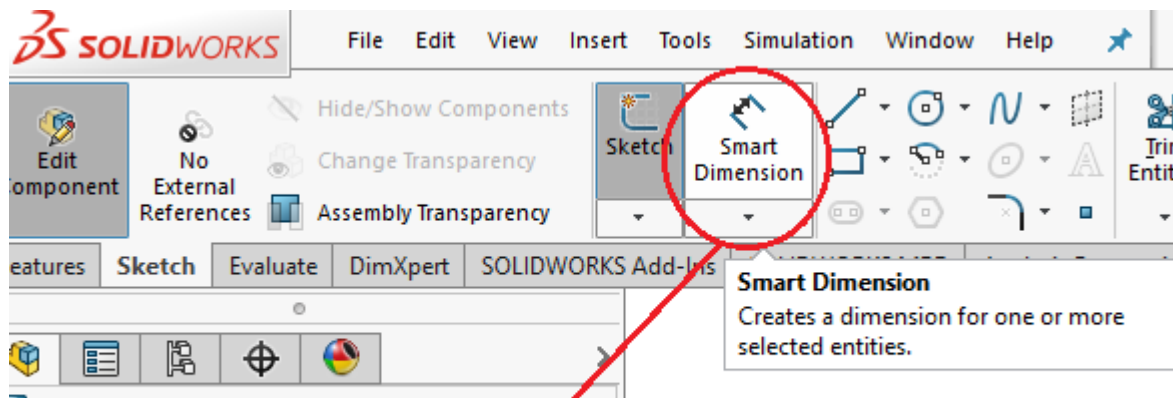


Nästa steg är att skapa en **3D Sketch** för slangändans profil i tilten (Anslutningspunkt 2).



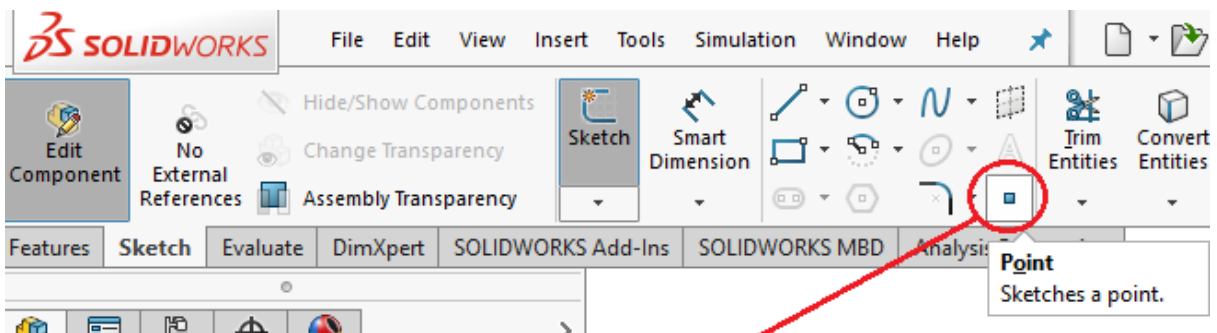
Därefter skapar du en ny **3D Sketch** och använder **Spline-funktionen**. Dra sedan spline-kurvan från anslutningspunkt 2 ner till ledbanan enligt bilagan nedan. För att säkerställa att Spline-kurvan behåller samma längd under rörelsen, lägg till en måttsättning med hjälp av **Smart Dimension**-funktionen. Välj funktionen, markera din Spline-kurva och godkänn.



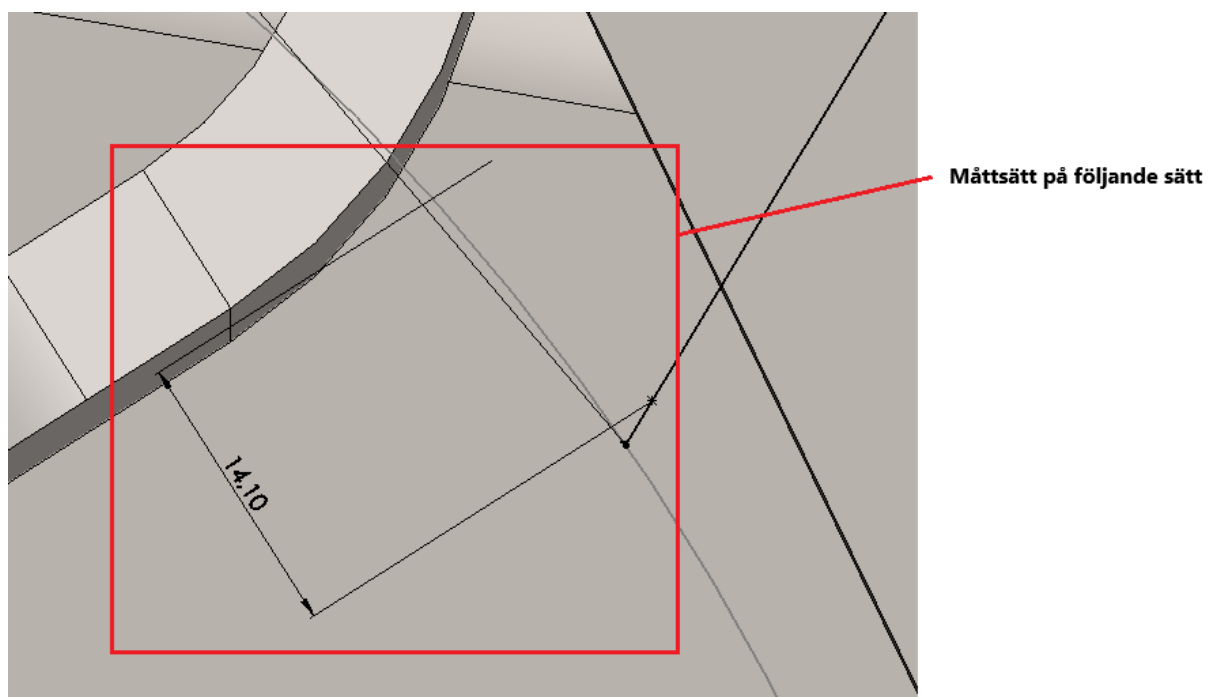
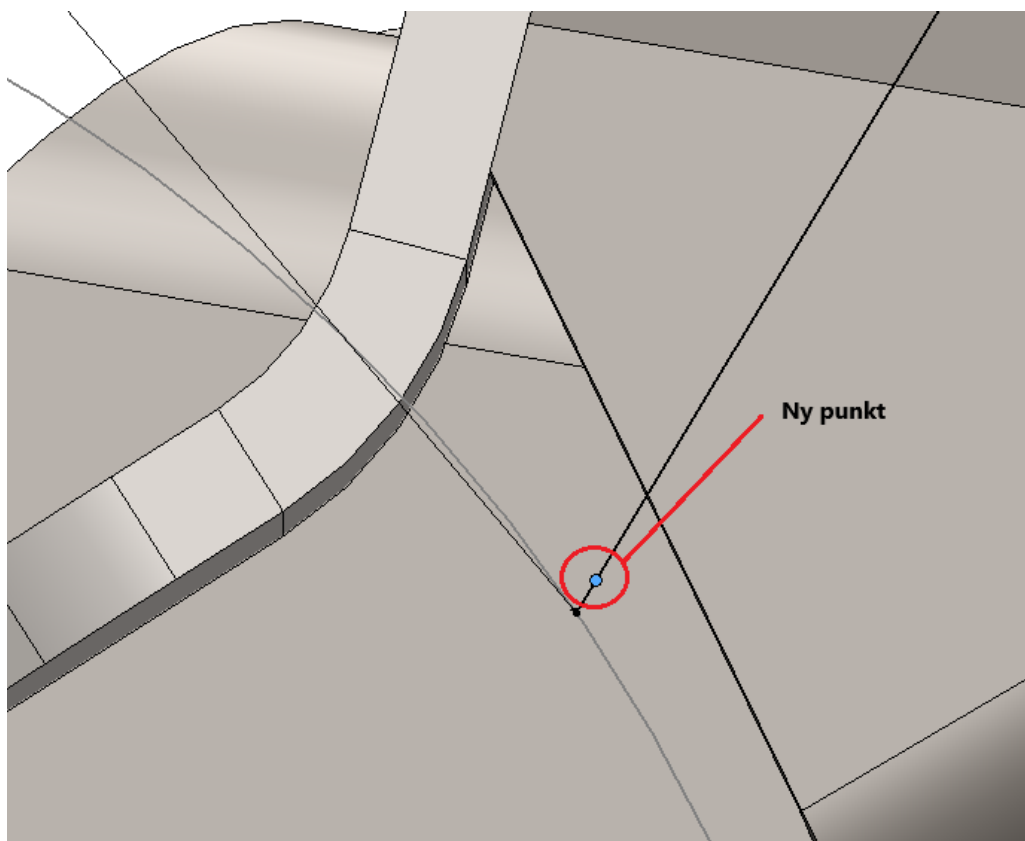


**Välj Smart Dimension**

För att säkerställa att Spline-kurvan återgår till samma läge efter att tilten har flyttats fram och tillbaka, behöver du lägga till ytterligare en måttsättning enligt figuren nedan. Innan du gör detta måste du dock lägga till en **Point** i Spline-kurvan. Ifall du inte lägger till punkten och försöker måttsätta direkt från knypunkten vid cirkeln och Spline-kurvan, blir skissen överdefinerad och kan inte lösas.



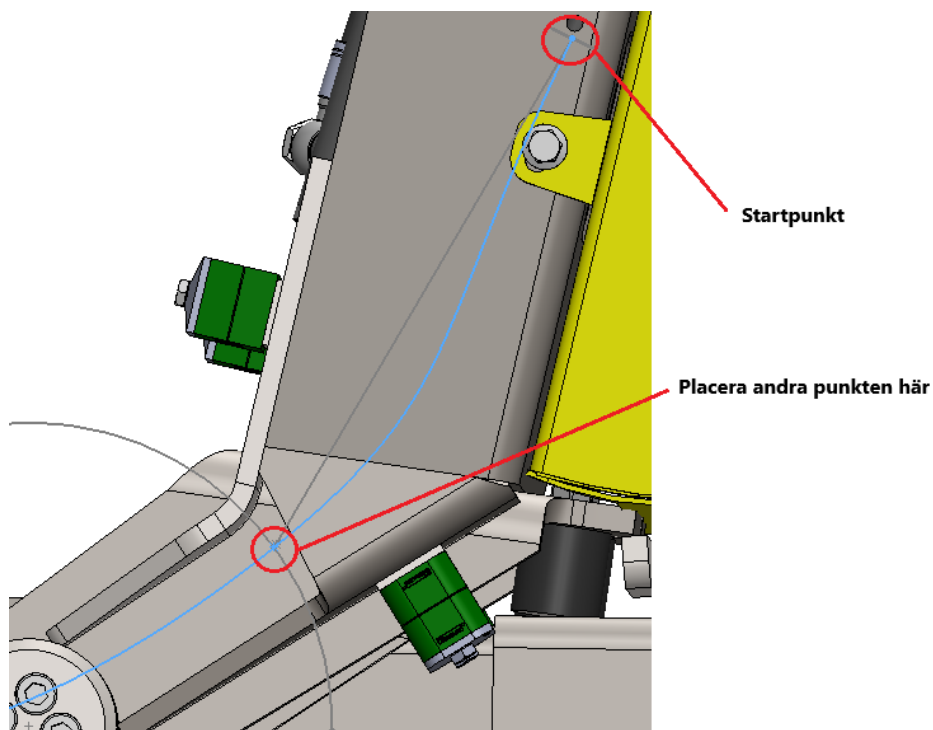
**Välj Punkt**



## Skapa slangrutt

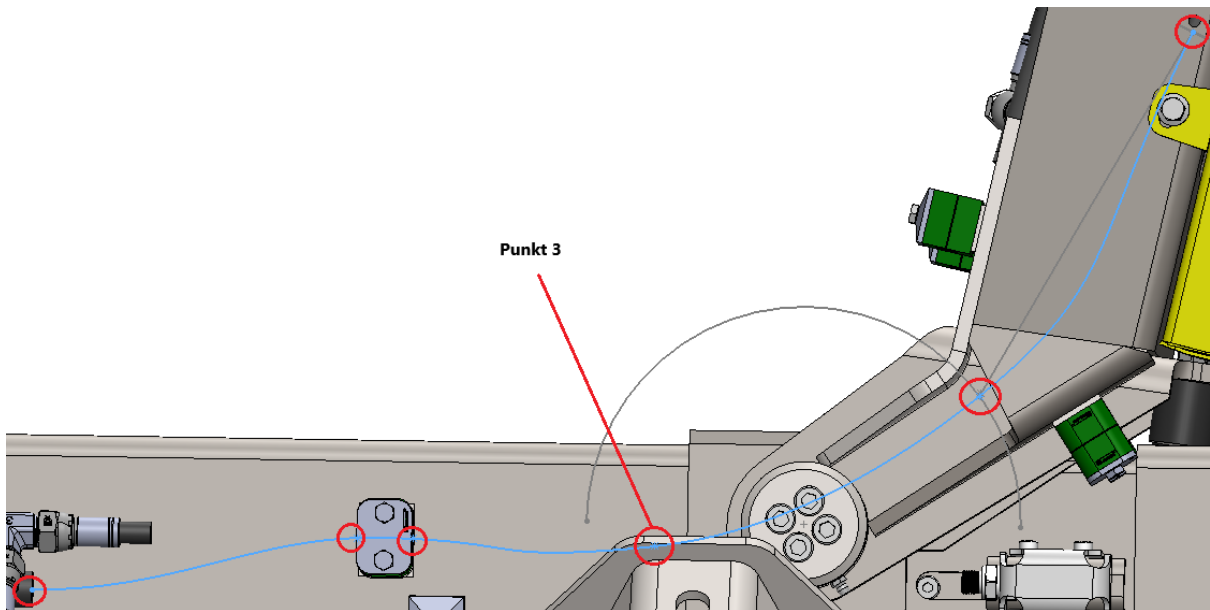
När ledbanan har skapats, återstår att definiera själva slangrutten. Det är valfritt om du startar din Spline-kurva från anslutningspunkt 1 eller 2, men i detta exempel startar vi från anslutningspunkt 2. Slangrutten skapas på samma sätt som beskrivits i kapitel 3.3, men i detta fall används dock några extra Spline-punkter, eftersom sträckan mellan anslutningspunkterna är relativt lång och komplicerad.

För denna slangrutt är sex Spline-punkter optimalt. Om Spline-kurvan startar från anslutningspunkt 2 som i bilagan nedan, bör nästa punkt placeras vid knytpunkten av halvcirkeln och Spline-kurvan som skapades i föregående kapitel.

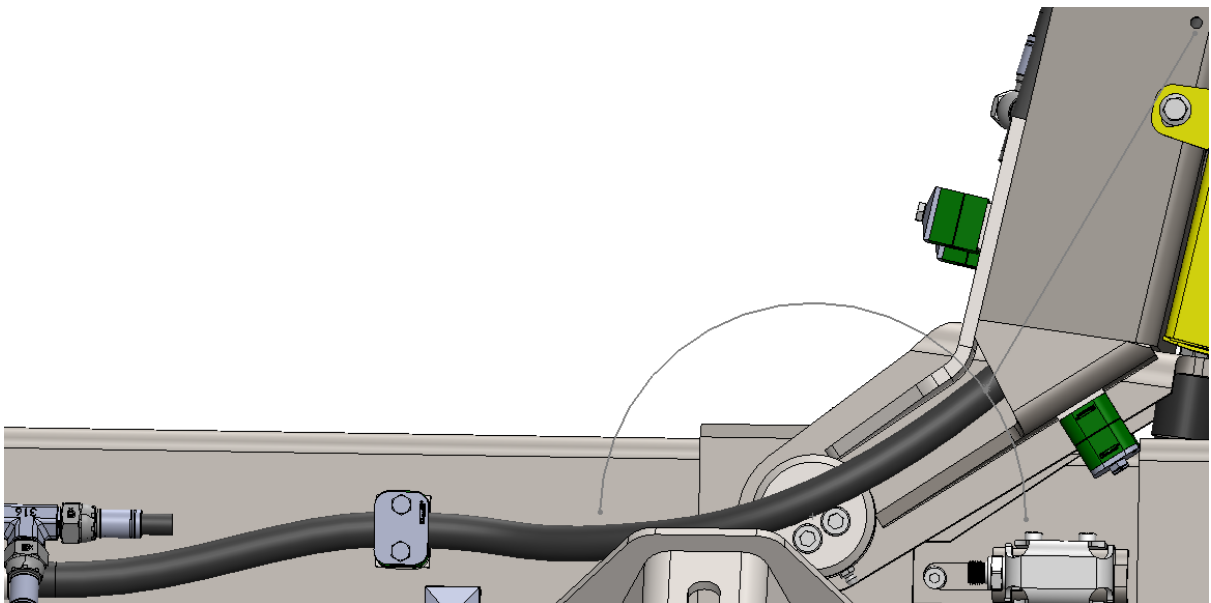


I figuren nedan visas vart du bör placera de resterande Spline-punkterna. Den exakta positionen för den tredje punkten är inte kritisk.

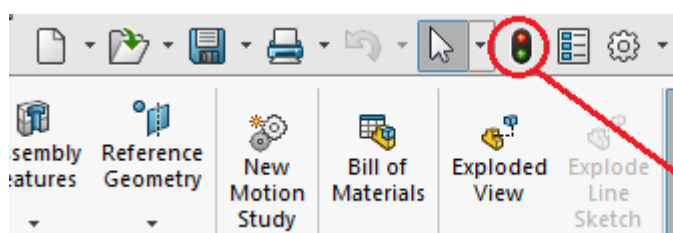
När du är nöjd med din rutt kan du använda **Sweep**-funktionen som beskrivits i kapitel 3.4. Om du inte är nöjd med slangens utseende, eller ifall den kolliderar med maskinen, kan du alltid välja **Edit Sketch** och justera rutten tills du är nöjd med resultatet. Vid behov kan du även lägga till fler punkter för ytterligare justering.



Efter **Sweep**-funktionen ser slangen ut på följande sätt.



Efter ett lyckat utförande kan du testa slangens flexibilitet och rörelse genom att sänka tilten och trycka på **rebuild**. I detta skede kan det vara nödvändigt att justera slanggrutten ytterligare.



**Välj Rebuild**

Vid modellering av flexibla slangar är det ofta en tidskrävande process där du behöver testa och justera tills du uppnår ett tillfredställande resultat.

figurerna nedan visar hur ett bra slutresultat ser ut.

