



CHALMERS

Mekanisk konstruktion av automatiserat biljardbord

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen i maskinteknik 180 hp.

Mirnes Omerovic
Teuta Qorri

Examinator: Göran Gustafsson

Institutionen för industri- och materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2018

EXAMENSARBETE IMSX20

Mekanisk konstruktion av automatiserat biljardbord

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen i maskinteknik 180 hp

**Mirnes Omerovic
Teuta Qorri**

Institutionen för industri- och materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2018

Mekanisk konstruktion av automatiserat biljardbord.

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen i maskinteknik 180 hp

Mirnes Omerovic

Teuta Qorri

© **Mirnes Omerovic**

© **Teuta Qorri**

Examinator: Göran Gustafsson

Göteborg, 2018.

Förord

Detta examensarbete är utfört av två personer från Chalmers tekniska högskola inom programmet maskinteknik (180 hp). Arbetet omfattar 15 hp av utbildningen.

Arbetet är utfört för företaget Consat AB i Göteborg.

Först av allt vill vi tacka Consat AB i Göteborg för att de låtit oss utföra detta examensarbete för dem och för att de varit till stor hjälp under arbetets gång ur alla möjliga aspekter. Det har varit en intressant och lärorik erfarenhet som satt våra kunskaper inom ämnet på prov.

Sedan vill vi tacka någon som inte varit endast en examinator under projektet utan en handledare och mentor för oss nämligen Göran Gustafsson.

Göteborg, maj 2018.

Mirnes Omerovic
Teuta Qorri

Sammanfattning

Projektgruppen har fått i uppdrag att ta fram koncept och underlagsritningar för ett automatiserat biljardbord i miniformat åt ingenjörskyrån Consat AB.

Detta arbete behandlar fas 1 av produktutvecklingen som innebär framtagning av ett koncept för det automatiserade biljardbordet samt framtagning av underlagsritningar för biljardbordet.

Syftet med denna produkt är att uppmärksamma företaget på diverse mässor. Eftersom produkten skall tillverkas för utställning på mässor så måste konstruktionen vara anpassad för de begränsade areorna som företaget har rätt till i sin monter samt ha en livslängd på minst 2 år.

Då detta är fas 1 av projektet så skapar detta arbete en grund för kommande faser. Detta arbete kommer innefatta undersökningar av standarder för dagens biljardbord, en funktionsanalys, en kravspecifikation, konceptgenerering och -eliminering, CAD-modellering, ritningar och materialval.

Konceptgenerering skedde genom att undersöka befintliga lösningar samt skapa nya genom brainstorming. Dessa lösningar infördes sedan i en så kallad morfologisk matris som genererade alla möjliga kombinationer. Efter att alla koncept genererades så eliminerades koncept utefter kombinationer som ej var möjliga, krav och jämförelser.

Arbetet resulterade med i ett framtaget koncept på det automatiserade biljardbordet samt CAD-modell och ritningar av biljardbordet och bordsstativet. Arbetet genomfördes med hjälp av personal på Consat samt lärare på Chalmers tekniska högskola.

Abstract

This project group has been assigned the task of developing a concept as well as producing supporting drawings for an automated billiard table in miniformat for the engineering agency Consat AB.

This project will consist of phase 1 of the product development, which involves the development of a concept for the automated pool table as well as the development of drawings for the pool table.

The purpose of this product is to attract attention to the company at various exhibitions and fairs. Since the product is to be manufactured for exhibition at fairs, the design must be adapted to the limited area that the company is entitled to in its booth and must have a lifespan of at least 2 years.

As this is phase 1 of the product development for the automated billiard table, this work creates a foundation for the future phases. This work will include surveys of standards for today's pool table, a functional analysis, a requirement specification, generating concepts and concept elimination, CAD modeling, drawings and material selection.

Generating concepts was done by examining solutions that existed as well as creating new ones through brainstorming. These solutions were then introduced into a so-called morphological matrix that generated all possible combinations of these solutions. After all concepts were generated, concepts were eliminated based on combinations that were not possible, requirements and through comparisons.

The work resulted in a developed concept of the automated pool table as well as the CAD model and drawings of the pool table and table stand. This work was carried out with the help of Consat staff and faculty at Chalmers University of Technology.

Innehåll

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Tidsplanering	2
2. Problemdefinition	3
3. Teoretisk referensram	4
3.1 Befintliga biljardbord	4
4. Metod	5
5. Identifiering av marknadssegment och intressenter	7
5.1 Marknadssegment	7
5.2 Intressenter	7
5.2.1 Kund	7
5.2.2 Standarder	7
5.2.3 Tillverkare	8
5.2.4 Miljökrav	8
5.2.5 Underhållsansvarig	8
5.2.6 Tävlingsregler	9
5.2.7 Säkerhetsföreskrifter för maskin	9
5.2.8 Montör och driftpersonal	9
6. Sammanställning av kravspecifikation	10
6.1 Krav och önskemål	10
6.2 Kravspecifikation	11
7. Framtagning av möjliga lösningar	14
7.1 Flödesschema	14
7.2 Morfologisk matris	15
7.2.1 Brainstorming	15
7.2.2 Patent och konkurrerande lösningar	15
7.2.1 Reducerad morfologisk matris	17
7.2.2 Dellösningar från reducerad morfologisk matris	18
8. Konceptgenerering	21
8.1 Eliminering av koncept	22
8.1.1 Icke funktionella koncept	22

8.1.2 Kombination av dellösningar	22
8.1.3 Gruppering	23
8.1.4 Skisser av resterande koncept	24
8.2 Pughmatris	30
8.2.1 Resterande koncept	32
8.3 Kesselringmatris	34
9. Konstruktion av koncept	37
9.1 CAD-konstruktion i CATIA V5	37
9.3 Materialval	39
9.2 Framtagning av detaljritningar	40
10. Verifiering och utvärdering	42
10.1 CAD-programvara	42
10.2 CES-programvara	43
10.3 Beräkningar	44
10.3.1 Beskrivning av scenario 1	44
10.3.2 Beräkning av scenario 1	44
10.3.3 Beskrivning av scenario 2	48
10.3.4 Beräkning av scenario 2	48
10.4 Experimentell prövning	49
11. Slutgiltigt resultat	50
12. Diskussion och slutsatser	51
13. Fortsatt arbete	52
Referenslista	53
Bilagor	55

1. Inledning

Examensarbetet som denna planeringsrapport syftar till att beskriva görs i samarbete med Consat. Syftet med arbetet är att förse Consat med ett ritningsunderlag för en automatisk biljardmaskin som automatiskt skall spela biljard i form av två förutbestämda scenarion. Biljardmaskinen skall utföra stötar på köbollen som i sin tur skall stöta på en biljardboll för att få denna i ett hål. Arbetet kommer att genomföras i de verkstadslokaler som Consat försett projektet med i Partille samt på Chalmers utefter projektets behov.

1.1 Bakgrund

Consat är en av Sveriges idag största privatägda ingenjörbyråer (Consat, 2018) och deras beslut att skapa detta uppdrag baseras främst på deras vilja att uppmärksamma företaget och deras breda arbetsområde på olika evenemang såsom exempelvis arbetsmarknadsmässor för studenter.

1.2 Syfte

Målsättningen är att utforma ett koncept samt ta fram digitala underlagsritningar för mekanisk konstruktion av en biljard-maskin för framtida automatisering. Om tidsramarna för projektet tillåter skall även enligt Consat och för projektets verifierings syften utvalda komponenter framställas i form av fysiska prototyper.

1.3 Avgränsningar

- Projektet skall endast behandla utformning av koncept, den mekaniska konstruktionen av det automatiserade biljardbordet samt framtagning av underlagsritningar.
- Behandlar ej produktens formspråk.
- Projektet behandlar ej ett generellt spelfall där biljardmaskinen spelar mot en annan spelare eller sig själv utan endast ett eller två förutbestämda scenarion.
- Projektet tar ej hänsyn till transport av biljardmaskinen från företaget till mässan.
- Projektarbetet kommer ej ta hänsyn till någon specifik budget utan skall endast minimera pris till bästa förmåga.

1.4 Tidsplanering

Projektet påbörjades i mars och utfördes på helfart under läsperiod fyra 2018 på Chalmers tekniska högskola. Precis som tidsschemat nedan visar har arbetet med slutrapporten och kravspecifikationen skett konstant under arbetets gång från början till slut. Planerat leveransdatum av projektet till Consat i form av en presentation och slutrapport för företaget är den 5/6-2018.

Aktivitetens namn	v.12	v.13	v.14	v.15	v.16	v.17	v.18	v.19	v.20	v.21	v.22	v.23
Beskrivning av problemdefinition samt kartläggning av kundens röst												
Framtagning av möjliga lösningar												
Brainstorming/Utformning av koncept												
Slutgiltigt koncept												
Konstruera koncept (CAD)												
Verifiera och utvärdera koncept												
Redovisning												
Rapportskrivning/Inlämning av examensarbete (Inlämning av underlagsritningar)												
Slutgiltig kravspecifikation												
OMTENTAVECKA												
TENTAVECKA												

Figur 1: Tidsplanering för projektarbete VT 2018.

2. Problemdefinition

Problemformuleringen togs fram utifrån det företaget klargjort att de vill ha genom den kommunikation som skett med gruppen.

Produktutvecklingen av biljardmaskinen skall ske i 4 faser:

Fas 1: Utformning av koncept. Framtagning av digitala underlag för plattform.

Fas 2: Framställning av fysisk prototyp.

Fas 3: Utökad automatiseringsnivå och förbättrade användargränssnitt.

Fas 4: Intelligentare version av lösningen.

Observera att detta projekt endast behandlar fas 1 ovan.

Beskrivning av produkt:

Biljardmaskin i någon form av miniformat. Biljardmaskinen skall ställas ut på en mässa därmed bör storleken på företagets monter tas i beaktelse vid produktutvecklingen.

Spelet går ut på att hantera en "maskinellt styrd biljardkö" för att få en biljardboll i ett hål. Spelet skall utföras i form av två förutbestämda scenarion i denna fas av produktutvecklingen där byte och upplägg av dessa scenarion skall utföras av företagets anställda på mässan.

Transport från transportfordon till monter samt montering och demontering av biljardmaskinen skall kunna utföras av personer utan speciell kompetens eller instruktion.

Maskinen som konstrueras skall ej utgöra fara för omgivning, d.v.s större rörelser med hög hastighet, farliga/vassa komponenter eller farliga ämnen exempelvis skall undvikas.

Maskinens livslängd skall vara ca 2 år och skall ställas ut på ca 10 mässor under denna tid. Efter dessa 2 år skall vidareutveckling av produkten vara på gång.

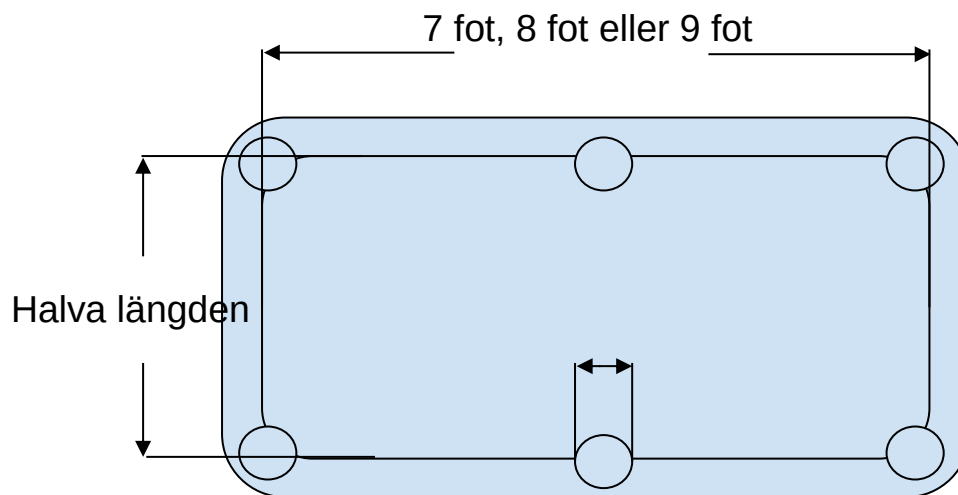
Ingående komponenter i fas 1 av biljardmaskinen:

- Bordsskiva
- Bordsstativ
- Köhållare med styrning/Robot
- Biljardbollar
- Kö

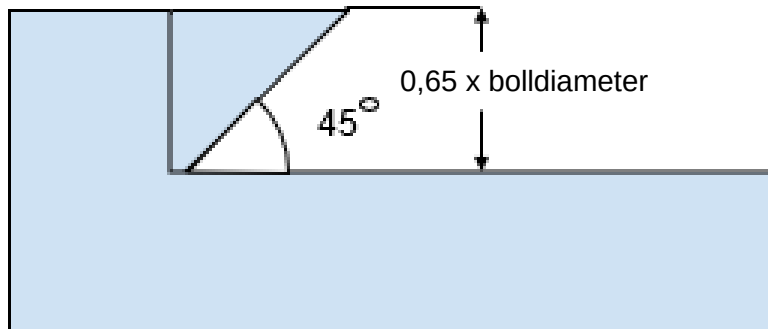
3. Teoretisk referensram

3.1 Befintliga biljardbord

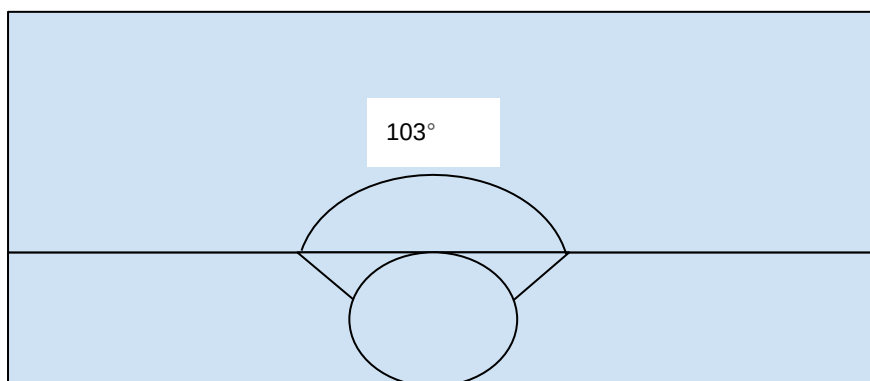
Undersökning på befintliga biljardbord gjordes för att ta reda på vilka dimensionsstandarder som finns. Anledningen till att detta gjordes är för att det skapade konceptet ska utgå från ett biljardbord men i ett mindre format. Dimensionstandarder (World Pool-Billiard Association, 2001) presenteras i figur 2,3 och 4 nedan.



Figur 2: Dimensioner för längd, bredd och fickbredd.



Figur 3: Dimensioner för höjd på kant samt vinkel mellan spelyta och kant.



Figur 4: Vinkel mellan kanterna i de centrala biljardhålen.

4. Metod

Här redovisas och beskrivs den arbetsprocess som använts genom hela projektet.

I början av projektet skapades en problemdefinition och en planeringsrapport där syftet samt den valda arbetsgången redovisades.

För att skala ner arbetet och förhindra att det blir för omfattande och tidskrävande fastställdes ett antal avgränsningar tillsammans med företaget.

Genom att kartlägga projektets intressenter och deras krav och önskemål på produkten sammanställdes en kravspecifikation. Kravspecifikationen lägger grunden för de koncept som senare tas fram.

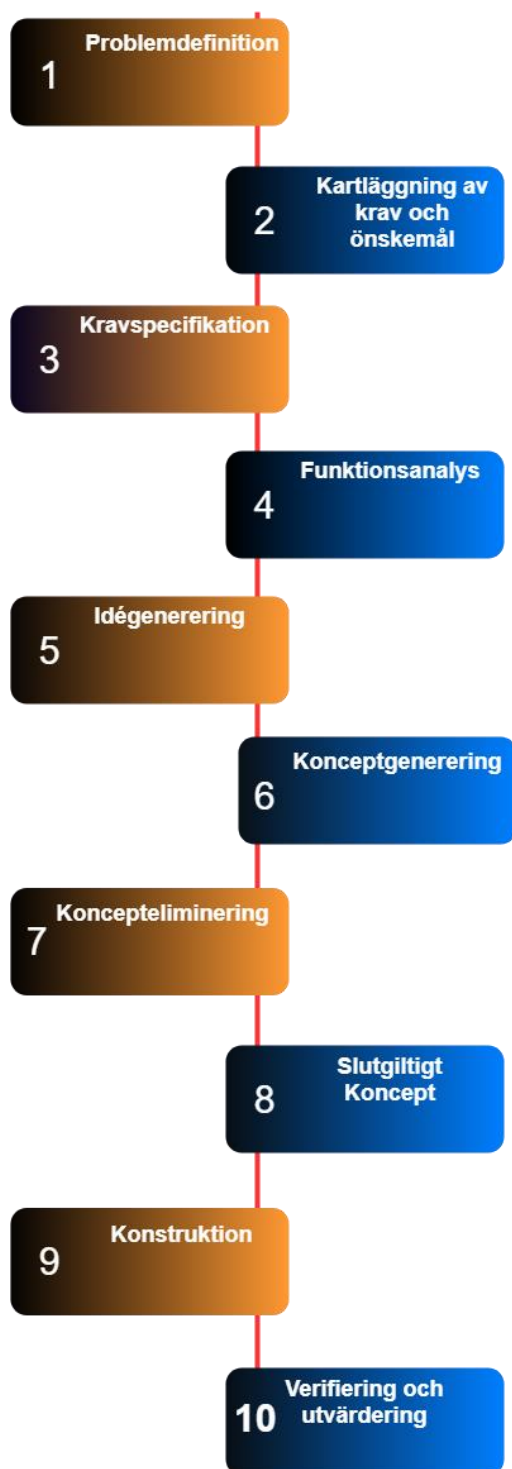
Idegenerering av koncept inleds sedan, där arbetet använder sig av en funktionsanalys för att identifiera delfunktioner som saknar lösningar. Sedan skapas lösningar till dessa delfunktioner genom exempelvis brainstorming och patentanalys. Delfunktionerna och dellösningarna införs sedan i en morfologisk matris som används för att generera koncept genom att finna alla möjliga kombinationer av dellösningar i matrisen.

Efter att koncepten skapats utvärderas dessa utifrån kravspecifikationen och nästa del av elimineringsfasen påbörjas där experiment används för att sälla bort ickefunktionella koncept.

Till slut används Pugh- och Kesselringmatriser för att sälla bort de sämre koncepten bland de resterande tills ett koncept kvarstår.

Det kvarstående konceptet analyseras sedan för vidareutveckling och kravspecifikationen revideras utifrån denna.

Koncept konstrueras sedan i CAD-program för att framställa detaljritningar för biljardmaskinen.



Figur 5: *Projektmetodik för arbete.*

5. Identifiering av marknadssegment och intressenter

Alla intressenters krav och önskemål ska identifieras. Detta gäller inte endast kundens och beställarens krav och önskemål, som står i centrum för projektet, utan även andra sektors som är ansvariga för exempelvis tillverkning, lagar, förordningar och standarder genom hela produktens livscykel.

5.1 Marknadssegment

För projektets syften har kunden till detta projekt redan definierat sin målgrupp. Det automatiserade biljardbordet skall enligt Consat syfta till att locka studenter till företaget och samtidigt informera om deras verksamhet. Consat har även definierat att produkten skall utföra sitt syfte på mässor så som exempelvis arbetsmarknadsmässor.

Med den ledning som givits av företaget kan därmed gruppen definiera marknadssegmentet som studenter som besökt eller skall besöka en mäsäa.

5.2 Intressenter

5.2.1 Kund

Den kund projektet främst riktar sig till är företaget Consat och deras målgrupp som tidigare nämnt är studenter. Syftet med projektet för Consat är att visa vad företaget arbetar med och även tydliggöra vilka partnerskap de har inom arbetslivet för studenter.

5.2.2 Standarder

De standarder som gruppen undersökt är dimensionsstandarder av ett biljardbord i dagens läge. Detta gjordes för att användaren intuitivt skall förstå att produkten bygger på konceptet av ett biljardbord.

Vid undersökningen av dimensioner för ett standardbiljardbord så insåg man att två dimensioner är viktiga. Den första är storleken på bordet och den andra är spelytan som krävs beroende av längden på kön som används av spelaren.

För höjden av biljardbordet så har man en standard mellan 74,3 cm och 78,74 cm enligt WPA (World Pool-Billiard Association, 2001).

Enligt (Brunswick Billiards, 2017) så använder man sig idag av antingen 7 fot = 2,1336 m, 8 fot = 2,4384 m eller 9 fot = 2,7432 m bord där dessa längder definierar långsidan. Kortsidan av bordet är enligt standard hälften så lång som långsidan.

Längden på de köer som används idag är 48 tum=1,2192 m, 52 tum=1,3208 m och 58 tum=1,4732 m. För dimensionerna på spelytan se dimensionerna nedan där A=48 tum kö, B=52 tum kö och C=58 tum kö.

OVERSIZE	
SEVEN FOOT TABLE: 3.5' X 7'	EIGHT FOOT TABLE: 4' X 8'
(Playing area: 38" x 76")	(Playing area: 46" x 92")
A - 11' 6" x 14' 6"	A - 12' x 16'
B - 12' x 15'	B - 12' 6" x 16' 6"
C - 13' x 16'	C - 13' 6" x 17' 6"
EIGHT FOOT TABLE: 4' X 8'	NINE FOOT TABLE: 4.5' X 9'
(Playing area: 44" x 88")	(Playing area: 50" x 100")
A - 12' x 15' 6"	A - 12' 6" x 16' 6"
B - 12' 6" x 16'	B - 13' x 17'
C - 13' 6" x 17'	C - 14' x 18'

Figur 6: Dimensioner för bord samt spelyta (brunswickbilliards.com, 2017).

I och med att produkten kommer att skapas i ett miniformat så kommer endast förhållandet mellan kortsida och långsida att vara relevant.

Biljardbollen följer också standarder där man använder en diameter på 57 mm i dagens läge på bollen (enligt WPA-standarderna). Diametern på bollen avgör också hur stor fickbredden på hålen i bordet blir där bollarna ska falla. Man multiplicerar diametern på bollen med en faktor mellan 1,75 och 2,25 för att få fickbredden enligt WPA-standarder.

5.2.3 Tillverkare

Produkten som projektet syftar till att vidareutveckla kommer inte att massproduceras. Den skall endast användas för reklamändamål och tillverkas i företagets verkstad av anställda då digitala underlagsritningar har levererats.

5.2.4 Miljökrav

Då biljardmaskinen skall vara automatiserad är produkten som skall skapas elektriskt driven. Elektriskt avfall klassas som farligt avfall (STENA RECYCLING, 2018) då det kan innehålla en mängd olika farliga ämnen och därför måste elektriska komponenter sorteras och plockas isär på en elektronikåtervinning där de miljöfarliga delarna omhändertas.

Då produkten ej skall massproduceras är det ej nödvändigt att finna ett effektivt system för återvinning av denna produkt. Det blir företagets ansvar att se till att biljardmaskinen återvinns på rätt sätt.

5.2.5 Underhållsansvarig

Service och underhåll av maskin sker av företagets anställda som har kompetens inom reparation och underhåll av maskin enligt Consat.

5.2.6 Tävlingsregler

Tävlingsreglerna för biljard skall vara desamma för biljardmaskinen. Detta syftar på att kö skall stöta i köboll som sedan i sin tur stöter på en biljardboll som skall falla i ett av hålen.

5.2.7 Säkerhetsföreskrifter för maskin

Då projektarbetet förutsätter att maskinen kommer att vara i rörelse i en miljö med många människor så kommer gruppen att utgå ifrån ISO-standarder för kollaborativa robotar.

Aktuella standarder är:

ISO-8373: Robots and robotic devices - Vocabulary.

ISO-9283: Manipulating industrial robots - Performance criteria and related test methods.

ISO-15066: Robots and robotic devices - Collaborative robots.

Om konceptet skulle använda sig av en kollaborativ-robot som är godkänd så är hela roboten "säkerhetsgodkänd" med undantag för gripdonet då detta ej är en inköpt komponent. Projektarbetet skall givetvis säkerhetsställa att inte heller gripdonet utgör någon fara för omgivningen. Exempel på vissa säkerhetsföreskrifter för en komponent såsom gripdonet är att ingen radie på denna skall vara under 5mm, den skall arbeta i låg hastighet och inte generera allt för stor kraft.

5.2.8 Montör och driftpersonal

Projektet och företaget förutsätter att montering och drift av biljardmaskinen skall ske av anställda på mässan på en förutbestämd monteringstid. De anställda skall även kunna flytta biljardbordet från transportfordon till monter. Monteringens skall kunna utföras utan tidigare kompetenser eller instruktioner.

Även drift av maskinen skall utföras av anställda på mässan. Anställda skall kunna starta maskinen och även byta från ett programmerat scenario till ett annat utan tidigare instruktioner. Driften inkluderar även att anställda enkelt kan lägga upp biljardbollar på förutbestämda platser på biljardbordet för de två scenarion som definierats.

6. Sammanställning av kravspecifikation

Efter att projektarbetet hade kartlagt alla intressenter och deras behov skapades en kravspecifikation som sammanställts nedan.

6.1 Krav och önskemål

Consat

Krav:

- Storlek på Biljardmaskin skall vara max halva monterstorleken.
- Kan automatiskt spela biljard.
- Maskin/robot kan gripa kö.
- Maskin/robot kan stöta boll.
- Maskin/robot kan automatiskt finna rätt stötposition.
- Biljardmaskin kan transporteras av 2 anställda från transportfordon till monter. Med förutsättning att de anställda har förmåga att bära 30 kg vardera.
- Tidsintervall mellan stötar skall vara 20 sekunder.
- Tidsintervall mellan scenariobyte skall vara 30 sekunder.
- Livslängd av mekaniska komponenter skall vara 2 år.
- Maximalt antal delar biljardmaskinen skall bestå av är 8 st.
- Maskinens precision innebär att 90% av spelade scenarion skall resultera i att biljardbollen sätts i en ficka då felmarginal för upplägg tas i beaktelse.

Önskemål:

- Biljardmaskinen skall vara robust och tåla mindre stötar och kollisioner vid transport från fordon till monter.
- Biljardmaskinen skall vara återvinningsbar.
- Representera företag och deras partnerskap i konceptet på något sätt.

Standarder

- Enligt standard för biljardbord skall spelytans kortsida vara hälften så lång som långsidan.
- Diameter för biljardbollar är i dagens läge 57mm för ett standardbiljardbord enligt WPA. Då biljardmaskinen skall vara i mindre skala kommer givetvis endast förhållandet mellan storlek på bord, fickbredd och boll att beaktas.
- Fickbredd är beroende av bollarnas diameter. En faktor mellan 1,75 och 2,25 multipliceras med bollens diameter för att få längden på fickbredden enligt WPA.

Tillverkare

- Produkten skall tillverkas i reklamändamål. Alltså skall endast en enhet tillverkas av företaget.
- Tillverkning av produkten skall ske i Consats verkstad i Partille.

Underhållsansvarig

- Service och underhåll skall utföras av företagets anställda.

Säkerhetsföreskrifter

- Maskin/robot skall vara godkänd som kollaborativ robot enligt ISO standarderna ISO-8373, ISO-9283, ISO-15066.
- Gripdonet/verktyg som monteras på maskin skall ej inneha radier under 5 mm.

Montör och driftpersonal

- Montering skall utföras av 1 anställd utan speciell kompetens eller instruktion.
- Monteringstid skall vara max 25 minuter.
- Drift skall ske av en av företagets anställda på mässan. Detta inkluderar upplägg av bollar och start/byte av programvara.

6.2 Kravspecifikation

Kravspecifikationen behandlas som ett levande dokument och reviderades under arbetets gång utefter nya krav och önskemål som uppstod under arbetets gång. Den slutgiltiga kravspecifikationen presenteras i figur 7.

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation				
	Projekt	Automatiseret biljardbord				
Utförare: Teuta Gorri, Mimas Omerovic	Skapad: 2018-4-12 Modifierad: 2018-05-28					
Kriterier	Målvärde	K/O	Vikt	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)	
Funktion(er)			1-3			
Spela biljard	2 scenarion	K		Mekaniska beräkningar	Consat	
Skall kunna hantera två fastställda scenarion						
Griper kö	1 kö	K		Experimentell prövning	Consat	
Kan få ett fast grepp om en kö utan att precision påverkas						
Positionering	2 Lägen	K		CAD-simulering	Consat	
Skall inte rätt stötposition utefter valt scenario.						
Initiera rörelse	2 stötar	K		Kraftberäkning	Consat	
Kan automatiskt stöta boll för 2 scenarion.						
Transport	2 personer	K		CAD - beräkning/prövning	Consat	
Skall kunna förflyttas från transportfordon till monter av 2 vuxna personer som kan bära 30 kg vardera. Arbetet på massan sker i 3 skift med 2 anställda under varje skift.						
1. Prestanda						
1.1 Spellintervall	20 sekunder	K		Experimentell prövning	Consat	
Tidsintervall mellan stötar.						
1.2 Scenariobyte	30 sekunder	K		Experimentell prövning	Consat	
Tid för byte mellan scenarion.						
2. Livslängd						
2.1 Maskinella komponenter	2 år	K		Uppskattning	Consat	
Eldrivna komponenter skall ha en livslängd på 2 år.						
2.2 Duk	2 år	K		Uppskattning	Biljard Bolaget	
En biljardbordsduk har varierande livslängd beroende på användning men en livslängd på 2 år har approximerats.						
2.3 Övriga komponenter	4 år	K		Uppskattning	Consat	
Övriga komponenter skall ha en livslängd på 4 år.						
3. Underhåll						
3.1 Monteringstid	25 min	K		Experimentell prövning	Consat	
Monteringstid för 2 personer utan speciella kompetenser eller instruktioner med lämpliga verktyg tillhanda.						
3.2 Drift	Minst 1 person	K		Företagsverifiering	Consat	
Byte av scenario och upplägg av bollar sker av företagets anställda på mässan.						
3.3 Reparation	Minst 1 person	K		Företagsverifiering	Consat	
Ersättningsdelar skall vara enkelt tillhanda i Partille för företaget.						
3.4 Service	Minst 1 person	K		Företagsverifiering	Consat	
Företaget har alltid tillgång till minst 1 person med kompetens för reparation av service av maskin som sänds ut till mässan.						
4. Konkurrerande lösningar						
4.1 Biljardrobot				https://www.youtube.com/watch?v=xCrirfrAQ&t=65s		
Biljardrobot där roboten är fast i taket.						
4.2 Biljardrobot				https://www.youtube.com/watch?v=fhMgQ290NB0		
"Människolikande" Biljardrobot med visionsystem.						
4.3 Biljardrobot				https://www.youtube.com/watch?v=nH08-JQwsZQ		
ABB robotarm som kör ett scenario. Inbyggd stötmekanism och vacuum.						
5. Kvantitet						
5.1 Bordsskiva	1 enhet	K		Konceptmodell	Produktplanering	
5.2 Maskin	1 enhet	K		Konceptmodell	Produktplanering	
1 maskin dvs komponent som positionerar kö.						
5.3 Bollar	16 enheter	K		Konceptmodell	Produktplanering	
Standardantal bollar i ett "8-ball" biljardspel.						
5.4 Kö	1 enhet	K		Konceptmodell	Produktplanering	
5.5 Gripon	1 enhet	K		Konceptmodell	Produktplanering	
5.6 Bordsstativ	1 enhet	K		Konceptmodell	Produktplanering	
6. Tillverkningsanläggning						
6.1 Consats verkstad	1 anläggning	K		Företagsverifiering	Consat	
Tillgång till Consats verkstad i Partille finns för tillverkning av maskin.						
7. Storlek						
7.1 Längd	Max 1,5 m	K		Beräkning mha CAD-modell	Consat	
Total längd av monter (3m), företaget vill ej överstiga halva monterutrymmet						
7.2 Bredd	Max 1,4 m	K		Beräkning mha CAD-modell	Consat	
Krav specificerat utifrån total bredd av monter (1,5 m)						
7.3 Höjd	0,75 m	K		Beräkning mha CAD-modell	Produktplanering	
Medelvärde av standardhöjd av biljardbord.						
7.4 Bordskanter	Max 0,15 m	K		Beräkning mha CAD-modell	Consat	
Längd på bordskanter som inte överskrider maxarean.						
7.5 Längd på spelyta	Min 1,2m	K		Beräkning mha CAD-modell	Consat	
Minimal längd på spelytan						
7.6 Bredd på spelyta	Min 0,6m	K		Beräkning mha CAD-modell	Consat	
Minimal bredd på spelytan						
8. Massa						
8.1 Bordsskiva + bordsstativ	Max 120kg	K		Beräkning mha CAD-modell	Produktplanering	
Krav specificerat utifrån bärformåga av 2 personer vid transport till monter. Biljardbordet begränsat till ca halva standardstorlek.						
8.2 Biljardboll	0,066 kg	K		Standard	Produktplanering	
Miniformat innebär 40% av standardmassa för biljardboll (0.165 kg).						
8.3 Maskin/robot	Max 30 kg	K		Företagsverifiering	Produktplanering	
Roboten som skall spela biljard får ej ha en massa större än 30 kg.						
9. Estetik och yttin						
9.1 Representering	Företagslogga + integrering av partnerskaps komponenter.	O	3	Konceptmodell / Valt Koncept	Consat	
Representera Consat i form av partnerskap med andra företag och företagslogga på biljardmaskinen.						

10. Material					
10.1	Fukttålighet	10 tvättar	K	CES programvara	Produktplanering
	Företaget skall befinna sig på 10 mässor under biljardmaskinens livslängd därmed skall biljardbordet tåla 10 tvättar med blöt trasa. (Undantag för duk där fukt skall undvikas).				
10.2	Robust	9 GPa	Ö	3	Experimentell prövning / FEM simulering
	Materialet som används för biljardbord idag har en E-modul på ca 9 GPa. från transportfordon till monter utan deformation i material.				
10.3	Stabilitet	9 Gpa	K		CAD / CES
	Bordsben och bodsskiva skall bestå av material som har en E-modul på minimalt 9 Gpa.				
10.4	Bärighet	140kg	K		FEM-beräkning / Beräkningar
	Biljardbordet skall kunna belastas med ovan angiven vikt.				
11. Standarder och lagkav					
11.1	Dimensionsstandard	10,5	K		Standard
	Längd i förhållande till bredd av spelyta.				
11.2	Fickbredd	2 x bolidiameter	K		Standard
	Fickbredd i förhållande till bolidiameter. Enligt standard så är faktorn 1,75-2,25				
11.3	Bolidiameter	22,8 mm	K		Standard
	Standardbolidiameter av biljardboll är 57 mm. Bolidiameter max 22,8 mm då ströket av spelyta motsvarar denna diameterstorlek i rätt skala.				
11.4	Kantvinkel	45 grader	K		Standard
	Vinkel mellan spelytan och kant.				
11.5	Höjd på kant	63% av bolidiameter	K		Standard
	Höjd på kant skall vara 63% av bolidiameter.				
11.6	Öppningsvinkel på centerhålen	103 grader	K		Standard
	Öppningsvinkeln skall vara 103 grader på de centrala hålen.				
12. Ergonomi					
12.1	Montering	2 personer	K		Företagsverifiering
	Montering skall kunna utföras av 2 personer.				
13. Kundkrav					
13.1	Maximalt antal delar	8 st	K		Företagsverifiering
	Maximalt antal delar produkten består av.				
13.2	Pneumatik	Ingen pneumatik	Ö	3	Produktplanering
	Pneumatik kan bli otympligt att jobba med då lufttank krävs.				
13.3	Laserpekare	1 enhet	Ö	3	Konceptmodell
	Laserpekare som visar vart på bollen kö skall stöta				
13.4	Spelregler	1 stöt	Ö	3	Produktplanering
	Det är företagets önskemål att Biljardmaskinen skall "stöta" köbollen med ett objekt.				
14. Kvalitet och tillförlitlighet					
14.1	Precision	90%	K		Experimentell Uppskattning
	Skall ha en precision på 90%.				
14.2	Stabilitet	Kö skall ej lossa under spel.	K		Experimentell Uppskattning
	Kö skall ej lossa från gripdon under biljardspel.				
15. Tillverkningskapacitet					
15.1	Produktionsvolym	1 enhet	K		Företagsverifiering
	Produkten skapas endast för kommersiella syften.				
16. Tidsschema					
16.1	Leverans	5/6-2018	K		Presentation på Chalmers
	Leverans av underlagsritningar och utformat koncept.				
17. Testföreskrifter					
17.1	3D-skrivning	30x30x30 cm ³	K		Företagsverifiering
	Tillämplig 3D-skrivare gruppen har på företaget.				
18. Säkerhet					
18.1	Maskinell säkerhet	ISO-8373, ISO-9203, ISO-15066	K		Säkerhetsföreskrifter
	Maskin skall ej utgöra fara för omgivning i utställningsrum.				
18.2	Gripdon	r < 5mm	K		Säkerhetsföreskrifter
	Gripdon/verktyg på maskin/robot får ej innehå radier mindre än 5 mm.				
18.3	Utsläpp	Inga utsläpp	K		Uppskattning
	Inga farliga utsläpp på massa.				
19. Interna begränsningar					
19.1	Ekonomi	Minimera pris	Ö	3	CAD / CES
	Produkten skall kosta så lite som möjligt.				

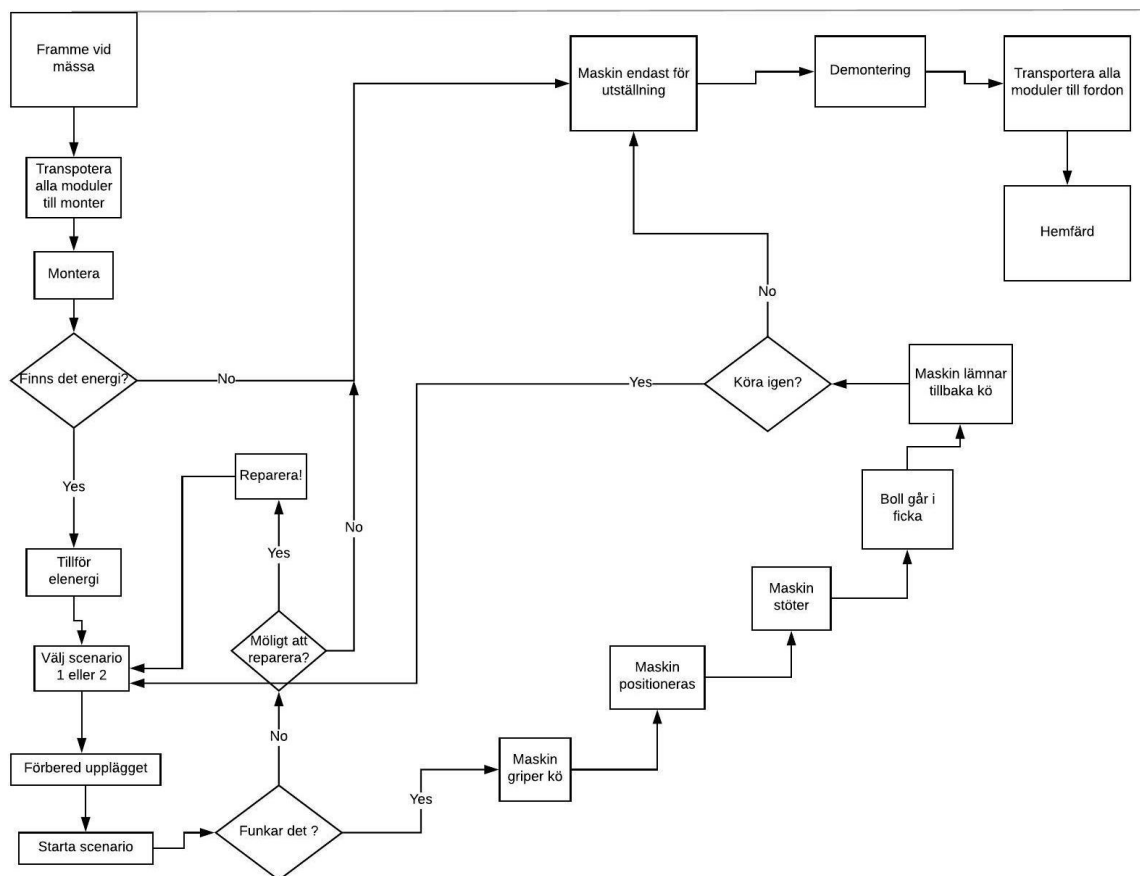
Figur 7: Sammanställd Kravspecifikation för biljardmaskin.

7. Framtagning av möjliga lösningar

För att få ett bättre grepp om allt som biljardmaskinen skall utföra och användas till bestämdes att en funktionsanalys skall skapas. Funktionsanalysen skapas i form av ett flödesschema så att hela processen från det att produkten anländer till mässan till dess att den skall skickas tillbaka till företaget kan kartläggas.

7.1 Flödesschema

Innan gruppen tar fram möjliga lösningar så måste man fastställa processen stegvis, vad är det som händer från början till slut? För att göra detta så skapas ett flödesschema som beskriver alla de moment som sker.



Figur 8: Funktionsanalys på biljardmaskinen i form av ett flödesschema.

När flödesschemat är skapat så kan man ta fram lösningar till de delmoment som saknar lösningar i processen. Dessa delmoment och dellösningar appliceras sedan i en morfologisk matris för att skapa koncept som löser problemet.

7.2 Morfologisk matris

Den morfologiska matrisen användes som en idégenereringsmetod i projektet. Matrisen är uppbyggd av biljardmaskinens delfunktioner och de möjliga lösningar som kunde hittas till dessa.

De delfunktioner som tagits med i matrisen är delfunktioner som innan idégenereringen saknat lösningar. Dessa hittades av gruppen genom undersökning av funktionsanalysen. De delfunktioner som saknat lösningar utifrån analys av flödesschemat i figur 8 är:

- Transport av moduler - Hur skall detta utföras? Kan man förenkla denna process?
- Tillförsel av elenergi - På vilka olika sätt kan man lagra/tillföra denna?
- Greppade av kö - På vilka sätt kan man gripa en kö?
- Positionering - På hur många olika sätt kan roboten positionera sig kring bordet?
- Stöt - På vilka sätt kan man få bollen i rörelse? Hur kan roboten utföra detta?

7.2.1 Brainstorming

Genom brainstorming har gruppen funnit ett antal dellosningar till delfunktionerna som är listade ovan. Dessa lösningar redovisas i den morfologiska matrisen nedan och finns även i form av ritningar i bilagor. För ritningar, se bilaga 1-54.

7.2.2 Patent och konkurrerande lösningar

Undersökningar av patent och befintliga lösningar gjordes efter det att egna lösningar på problemet hade hittats genom brainstorming. Patentsökning utfördes genom att söka igenom olika patentdatabaser såsom exempelvis Espacenet och Google patents. Ett antal andra Internetkällor användes även för att se om fler befintliga lösningar fanns att tillgå.

Genom denna undersökning hittades ett antal olika patent såväl som ett antal konkurrerande lösningar från andra källor som ansågs vara relevanta för arbetet. Dessa användes främst som inspiration vid skapandet av fler egna lösningar till delfunktionerna. Beskrivningar av de funna lösningarna finns i listan nedan.

Beskrivning av befintliga lösningar:

1. **“Portable billiards”** - Inbyggd fjädermekanism i kö för avfyrning av stöt.
2. **“Folding billiard table”** - Ett vikbart biljardbord vars funktion liknar det av ett pingisbord.
3. **“Pocket billiard game apparatus”** - “Gevär” liknande konstruktion monterad på bordskant med inbyggd avfyrningsmekanism.
4. **“Billiard cue with aiming effect”** - Enkel markering på kö för bättre sikte.
5. **“Aiming point indicator for billiards”** - Verktyg för att beräkna lämplig stöt-position.
6. **“Automated Remote Play Cue Sport System”** - Bord som kommunicerar med varandra.
7. **“Shot calculator for billiards”** - System som använder sig av rutnät för att beräkna färd och kraft.

8. **“Rebound angle indicator for billiard tables”** - Indikator för vinkel av stöt och bollens färd.
9. **“Aiming system for billiards”** - Laserpekare i änden av kö. Bordet har speglar/reflektiva ytor kring kanterna så att man genom laser/ljusstråle fäst på kö ser bollens färdväg innan avfyrning.
10. **“ABB Robot Playing Snooker”** - ABB robot med integrerad kö och sugkopp. Roboten ser ut att köra ett scenario hela tiden.
11. **“Billiard Robot”** - Maskin med takanläggning som kan röra sig i 3-axlar.
12. **“Pool-playing robot”** - Människoliknande robot som med hjälp av vision system kan kalkylera stötar och banorna för bollarna.
13. **“PR2 Robot Plays Pool”** - Människoliknande robot och vision system.

För att studera de patent och lösningar som hittats se referenslista.

När gruppen ansåg att alla möjliga lösningar till problemet hittats skapades den morfologiska matrisen nedan genom en sammanställning av dessa lösningar.

A. Transport	1. Hjul	2. Larvfötter	3. Rullager	4. Svävande
	5. Motordriven Vagn	6. Handtag på bordsskiva	7. Spår bana	8. Vikbart
B. Gripdon	1. Griplor	2. Konisk hållare	3. Vakuum hållare	4. Teleskoprör (kryckor princip)
	5. Gripdon m. inbyggd kö.	6. Vakuum ballong	7. Skruvspår på gripdon	8. Hänglås på kö
	9. Remmar på gripdon	10. Magnetiskt gripdon	11. Clip gripdon	12. Vikbart gripdon
	13. Borrbuck (Bormaskinsprincip)	14. Formlås (våsprincip)	15. Axelpassning	16. Krympband
C. Positionering	1. Spindel/minibil med köarm	2. Band runt bord	3. Stång runt bord	4. Rutnät fäst i bordskant över bord med integ. arm
	5. Centralaxel 360 grader	6. Dronare	7. Stationär rörlig arm med integrerad kö	8. Spår i bordskant
	9. Människlig robot	10. Rullande robot	11. Stationär robot med räckvidd över bord	12. Visionsystem
	13. Kameror i kanter	14. Tyngdsensor på bord	15. Rörelsesensor runt bord	16. Radiostyrd robot
	17. Spår runt bord på golv			
D. Avfyrning	1. Fjädermekanism i kö	2. Arm (plockar o släpper boll ovanifrån)	3. Robotarm i rörelse mot kula	4. Avfyra skott på boll (Luftgevär princip)
	5. Lufttryck på kula	6. Luftsug på boll	7. Magnet	8. Elektromagnet
	9. Rutschkanaarm	10. Slangbella	11. Roterande sopborstar (hotwheels)	12. Roterande golfklubba
	13. Sugrör/kanon (damsugar princip)	14. Roterande pinnkula	15. Eldriven köaxel (stöter ut vid knaptryck)	16. Tryckluft lagras bakom axel
Spelar Biljard / Möjliga scenarion	3 i 1 stöt	Långt skott	Sprängning	Valla
	2 i 1 stöt	Slalom	Hoppa över boll i hål	En boll i varje hål
	Snedstöt	3 kanstötar sen i hål	Triangelär kanstöt	7 Kanstötar
	Fickstöt	Svag vinkelstöt	Zigzag	Kvadratisk stöt
	Snurr runt kula	4 i 1 stöt		
Energi	Elenergi	Batteri	Vevaxel + generator	Solceller
	Vindkraft	Vattenkraft	Sterlingmotor	

Figur 9: Morfologisk matris med delfunktioner och respektive dellösningar för biljardmaskin.

Dellösningarna i matrisen genererades genom idégenereringsmetoder såsom brainstorming, undersökning av internetkällor och patentanalys. Som matrisen ovan visar hittades 82 olika dellösningar till delfunktionerna.

Under projektets gång användes den morfologiska matrisen för att generera koncept genom att kombinera dellösningarna i matrisen.

Generering av koncepten utfördes genom att en dellösning från varje delfunktion såsom i vårt fall avfyrning, positionering, gripdon, möjliga scenarion, energi och transport väljs ut för att skapa ett koncept tillsammans.

Vid generering av alla möjliga koncept i matrisen beräknas detta ge 4 386 816 olika koncept.

Då dokumentering och analys av alla dessa koncept skulle bli för tidskrävande beslutade gruppen att elimineringsprocessen skulle påbörjas i dellösningsfasen.

7.2.1 Reducerad morfologisk matris

Precis som motiverat ovan påbörjades en eliminering av delösningar för att reducera storleken på den morfologiska matrisen. Detta utfördes genom en inspektion av kravspecifikationen där de delösningar som ej uppfyllde vissa krav i specifikationen eliminerades. De delösningar som eliminerades uppfyllde exempelvis inte krav på sådant som maximal vikt, drifts- och underhållsrestriktioner, maximalt antal delar biljardmaskinen får bestå av och arbetsyta. Vissa delösningar eliminerades även utifrån att de ej kan bidra till de funktioner som biljardmaskinen skall ha i senare faser av produktutvecklingen.

Efter möten och kommunikation med företaget blev det även tydligt för projektarbetet att arbete med vision system ej kommer att utföras i denna fas av produktutvecklingen av biljardmaskinen. Projektet skall alltså endast se till att utrymme för implementering av automatiseringen finns på det skapade konceptet. Företaget önskade även koncept som ej använder sig av pneumatik då detta ansågs bli väldigt osmidigt att arbeta med p.g.a. att lufttankar och liknande skulle behövas på plats. Därmed eliminerades även sådana lösningar.

Vid val av scenario var det ett starkt önskemål från företaget att behålla de två som redovisas i matrisen nedan. Detta p.g.a. att de andra scenarion som redovisats i den morfologiska matrisen ansågs ha en för hög komplexitet. Företaget hade starka önskemål om att endast 2 biljardbollar dvs köbollen och en annan biljardboll skall finnas på bordet vid stöt och att maximalt en stöt med spelytans kant skall utföras.

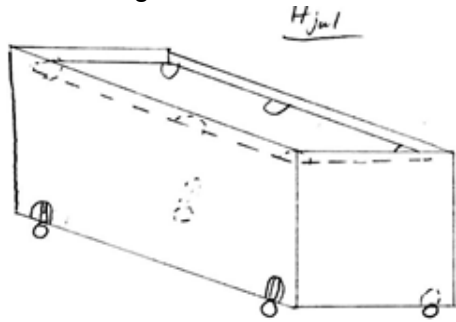
En diskussion med företaget kring de olika sätten att tillföra energi resulterade i att företaget yttrade ännu ett starkt önskemål om att biljardmaskinen skall tillföras energi genom ett eluttag på massan.

A. Transport	1. Hjul	6. Handtag på bordsskiva		
B. Gripdon	5. Gripdon m. inbyggd kö.	7. Skruvspår på gripdon	13. Borrchuck (Bormaskinsprincip)	14. Formlås (vaskprincip)
C. Positionering	2. Band runt bord	7. Stationär rörlig arm	8. Spår i bordskant	10. Rullande robot
D. Avfyring	1. Fjädermekanism i kö	3. Robotarm i rörelse mot boll	15. Eldriven köaxel (stöter ut vid knapptryck)	
Spelar Biljard / Möjliga scenarion	Långt skott	Valla		
Energi	Elenergi genom från vägguttag			

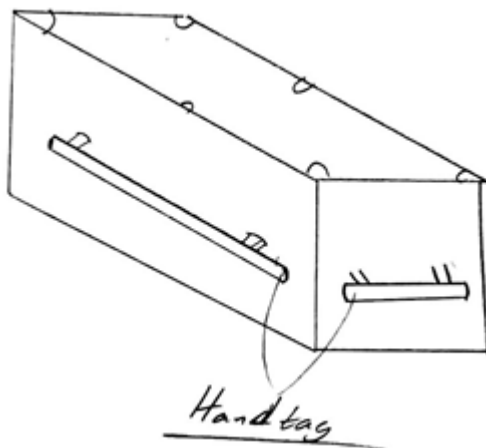
Figur 10: Reducerad morfologisk matris.

7.2.2 Dellösningar från reducerad morfologisk matris

Nedan finns figurer av alla alla dellösningar från den reducerade morfologiska matrisen.



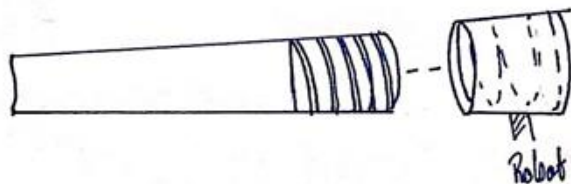
Figur 9: Skiss av biljardbord med hjul.



Figur 10: Skiss av biljardbord med handtag.



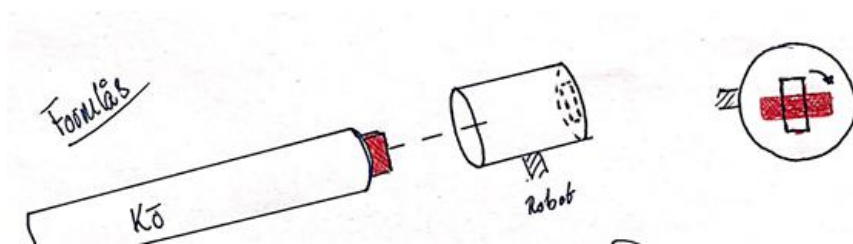
Figur 11: Skiss av dellösning "gripdon m. inbyggd kö".



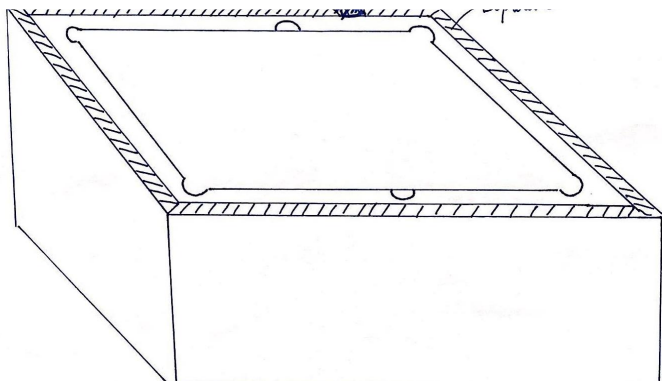
Figur 12: Skiss av dellösning "skruvspår på gripdon".



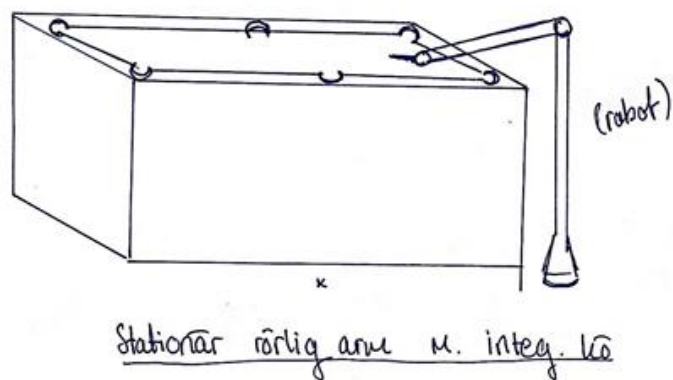
Figur 13: Skiss av dellösning "borrchuck".



Figur 14: Skiss av dellösning "formlås"

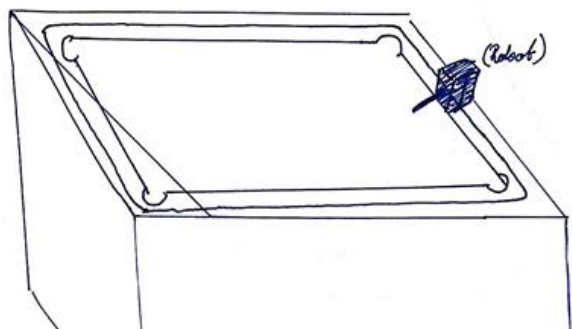


Figur 15: Skiss av dellösning "band runt bord".

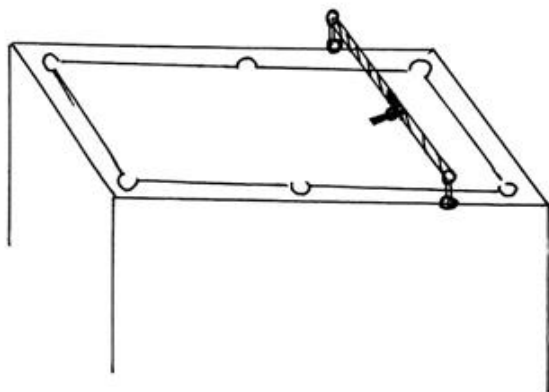


Figur 16: Skiss av dellösning "stationär rörlig arm m.integrerad kö".

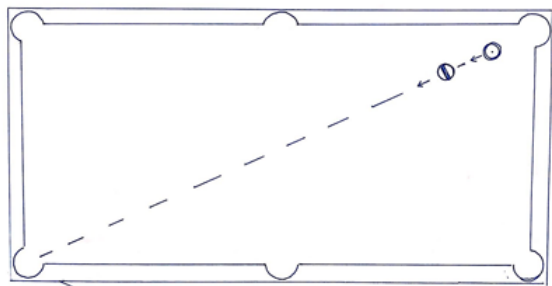
Spår i bordskant.



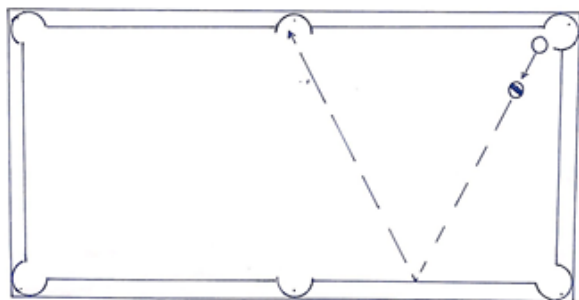
Figur 17: Skiss av dellösning "spår i bordskant".



Figur 18: Skiss av dellösning "rullande robot".



Figur 19: Skiss av scenario "långt skott".



Figur 20: Skiss av scenario "valla"

8. Konceptgenerering

Med hjälp av den reducerade morfologiska matrisen så genererades koncept genom att finna alla möjliga kombinationer av dellösningar i matrisen. De koncept som genererats granskades eftersom det är möjligt att vissa är överflödiga lösningar eller att deras dellösningar ej kan kombineras vilket resulterar i att fler koncept elimineras.

De genererade koncepten från den reducerade morfologiska matrisen presenteras nedan:

1. HJUL+INBYGGD KÖ+RULLBAND RUNT BORD+FJÄDERMEKANISM	49. HANDTAG+INBYGGD KÖ+RULLBAND RUNT BORD+FJÄDERMEKANISM
2. HJUL+INBYGGD KÖ+STATIONÄR ARM+FJÄDERMEKANISM	50. HANDTAG+INBYGGD KÖ+STATIONÄR ARM+FJÄDERMEKANISM
3. HJUL+INBYGGD KÖ+SPÅR I BORDSKANT+FJÄDERMEKANISM	51. HANDTAG+INBYGGD KÖ+SPÅR I BORDSKANT+FJÄDERMEKANISM
4. HJUL+INBYGGD KÖ+RULLANDE ROBOT+FJÄDERMEKANISM	52. HANDTAG+INBYGGD KÖ+RULLANDE ROBOT+FJÄDERMEKANISM
5. HJUL+SKRUVSPÅR+RULLBAND RUNT BORD+FJÄDERMEKANISM	53. HANDTAG+SKRUVSPÅR+RULLBAND RUNT BORD+FJÄDERMEKANISM
6. HJUL+SKRUVSPÅR+STATIONÄR ARM+FJÄDERMEKANISM	54. HANDTAG+SKRUVSPÅR+STATIONÄR ARM+FJÄDERMEKANISM
7. HJUL+SKRUVSPÅR+SPÅR I BORDSKANT+FJÄDERMEKANISM	55. HANDTAG+SKRUVSPÅR+SPÅR I BORDSKANT+FJÄDERMEKANISM
8. HJUL+SKRUVSPÅR+RULLANDE ROBOT+FJÄDERMEKANISM	56. HANDTAG+SKRUVSPÅR+RULLANDE ROBOT+FJÄDERMEKANISM
9. HJUL+BORRCHUCK+RULLBAND RUNT BORD+FJÄDERMEKANISM	57. HANDTAG+BORRCHUCK+RULLBAND RUNT BORD+FJÄDERMEKANISM
10. HJUL+BORRCHUCK+STATIONÄR ARM+FJÄDERMEKANISM	58. HANDTAG+BORRCHUCK+STATIONÄR ARM+FJÄDERMEKANISM
11. HJUL+BORRCHUCK+SPÅR I BORDSKANT+FJÄDERMEKANISM	59. HANDTAG+BORRCHUCK+SPÅR I BORDSKANT+FJÄDERMEKANISM
12. HJUL+BORRCHUCK+RULLANDE ROBOT+FJÄDERMEKANISM	60. HANDTAG+BORRCHUCK+RULLANDE ROBOT+FJÄDERMEKANISM
13. HJUL+FORMLÅS+RULLBAND RUNT BORD+FJÄDERMEKANISM	61. HANDTAG+FORMLÅS+RULLBAND RUNT BORD+FJÄDERMEKANISM
14. HJUL+FORMLÅS+STATIONÄR ARM+FJÄDERMEKANISM	62. HANDTAG+FORMLÅS+STATIONÄR ARM+FJÄDERMEKANISM
15. HJUL+FORMLÅS+SPÅR I BORDSKANT+FJÄDERMEKANISM	63. HANDTAG+FORMLÅS+SPÅR I BORDSKANT+FJÄDERMEKANISM
16. HJUL+FORMLÅS+RULLANDE ROBOT+FJÄDERMEKANISM	64. HANDTAG+FORMLÅS+RULLANDE ROBOT+FJÄDERMEKANISM
17. HJUL+INBYGGD KÖ+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	65. HANDTAG+INBYGGD KÖ+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
18. HJUL+INBYGGD KÖ+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	66. HANDTAG+INBYGGD KÖ+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
19. HJUL+INBYGGD KÖ+SPÅR I BORDSKANT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	67. HANDTAG+INBYGGD KÖ+SPÅR I BORDSKANT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
20. HJUL+INBYGGD KÖ+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	68. HANDTAG+INBYGGD KÖ+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
21. HJUL+SKRUVSPÅR+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	69. HANDTAG+SKRUVSPÅR+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
22. HJUL+SKRUVSPÅR+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	70. HANDTAG+SKRUVSPÅR+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
23. HJUL+SKRUVSPÅR+SPÅR I BORDSKANT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	71. HANDTAG+SKRUVSPÅR+SPÅR I BORDSKANT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
24. HJUL+SKRUVSPÅR+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	72. HANDTAG+SKRUVSPÅR+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
25. HJUL+BORRCHUCK+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	73. HANDTAG+BORRCHUCK+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
26. HJUL+BORRCHUCK+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	74. HANDTAG+BORRCHUCK+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
27. HJUL+BORRCHUCK+SPÅR I BORDSKANT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	75. HANDTAG+BORRCHUCK+SPÅR I BORDSKANT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
28. HJUL+BORRCHUCK+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	76. HANDTAG+BORRCHUCK+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
29. HJUL+FORMLÅS+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	77. HANDTAG+FORMLÅS+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
30. HJUL+FORMLÅS+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	78. HANDTAG+FORMLÅS+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
31. HJUL+FORMLÅS+SPÅR I BORDSKANT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	79. HANDTAG+FORMLÅS+SPÅR I BORDSKANT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
32. HJUL+FORMLÅS+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL	80. HANDTAG+FORMLÅS+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL
33. HJUL+INBYGGD KÖ+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL	81. HANDTAG+INBYGGD KÖ+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL
34. HJUL+INBYGGD KÖ+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL	82. HANDTAG+INBYGGD KÖ+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL
35. HJUL+INBYGGD KÖ+SPÅR I BORDSKANT+ELDRIVEN KÖAXEL	83. HANDTAG+INBYGGD KÖ+SPÅR I BORDSKANT+ELDRIVEN KÖAXEL
36. HJUL+INBYGGD KÖ+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL	84. HANDTAG+INBYGGD KÖ+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL
37. HJUL+SKRUVSPÅR+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL	85. HANDTAG+SKRUVSPÅR+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL
38. HJUL+SKRUVSPÅR+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL	86. HANDTAG+SKRUVSPÅR+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL
39. HJUL+SKRUVSPÅR+SPÅR I BORDSKANT+ELDRIVEN KÖAXEL	87. HANDTAG+SKRUVSPÅR+SPÅR I BORDSKANT+ELDRIVEN KÖAXEL
40. HJUL+SKRUVSPÅR+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL	88. HANDTAG+SKRUVSPÅR+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL
41. HJUL+BORRCHUCK+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL	89. HANDTAG+BORRCHUCK+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL
42. HJUL+BORRCHUCK+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL	90. HANDTAG+BORRCHUCK+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL
43. HJUL+BORRCHUCK+SPÅR I BORDSKANT+ELDRIVEN KÖAXEL	91. HANDTAG+BORRCHUCK+SPÅR I BORDSKANT+ELDRIVEN KÖAXEL
44. HJUL+BORRCHUCK+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL	92. HANDTAG+BORRCHUCK+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL
45. HJUL+FORMLÅS+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL	93. HANDTAG+FORMLÅS+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL
46. HJUL+FORMLÅS+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL	94. HANDTAG+FORMLÅS+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL
47. HJUL+FORMLÅS+SPÅR I BORDSKANT+ELDRIVEN KÖAXEL	95. HANDTAG+FORMLÅS+SPÅR I BORDSKANT+ELDRIVEN KÖAXEL
48. HJUL+FORMLÅS+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL	96. HANDTAG+FORMLÅS+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL

Tabell 1: Genererade koncept från den reducerade morfologiska matrisen.

8.1 Eliminering av koncept

När alla möjliga lösningar hade tagits fram och redovisats i tabellen ovan påbörjades en analys av dessa för att konfirmera att lösningarna faktiskt utför sin funktion i de kombinerade koncepten. I detta skede ansåg gruppen att det fanns för många koncept för att testa dessa med fysiska prototyper för att eliminera dem.

8.1.1 Icke funktionella koncept

Koncept: 1-16 samt 49-64.

Det första projektgruppen noterade var exempelvis att koncept 1-16 och 49-64 ej utför sin funktion då konceptet består av en "fjädermekanism" i kö. Gruppen upptäckte först i detta steg av arbetet att det skulle bli svårt att automatisera en fjädermekanism och därmed skulle någon skulle behöva "ladda om" fjädern varje gång denna utlöst. Därmed har dessa koncept eliminerats då ingen finns tillgänglig på plats för just detta arbete.

Koncept: 45-48 och 93-96.

Koncept 45-48 samt 93-96 består av ett "formlås" och en "eldriven köaxel". Dessa koncept eliminerades utifrån att ett "formlås" och en "eldriven köaxel" är motsägelsefulla dellösningar i koncepten då "formlåset" skall hålla kön på plats medan syftet bakom den "eldrivna köaxeln" är att kön skall skjutas fram för att stöta på biljardbollen.

8.1.2 Kombination av dellösningar

Efter diskussion insåg projektgruppen även att man kan kombinera dellösningarna "hjul" och "handtag" vilket resulterade i att hälften av det tidigare antalet koncept kvarstod. Denna kombination kommer att ge konceptet mer flexibilitet vid transport utan att någon av dellösningarna blir överflödiga.

Även dellösningarna "Band runt bord" och "Spår i bordskant" fann projektgruppen hade potential för att kombineras, detta genom att "Band runt bord" istället för att positioneras runt bordet monteras i ett spår i bordskanten.

8.1.3 Gruppering

För att förenkla elimineringsprocessen bestämdes att dellösningar/koncept skulle grupperas utefter hur de löser problem. Detta utfördes för att sedan eliminera dellösningar i sina grupperingar utifrån argument i form av fördelar och nackdelar. Antalet fördelar och nackdelar skall tydliggöra vilken av lösningarna som löser problemet på bästa sätt.

Grupp	Dellösningar	Beskrivning
1	"Skruvspår" och "Borrchuck"	Dessa dellösningar är båda positionerade längst bak på kö för att hålla denna på plats.

Tabell 2: Grupperade dellösningar.

De fördelar och nackdelar som har dokumenterats under arbetet för grupperingarna redovisas i tabellen nedan.

Skruvspår	Borrchuck
Fördelar: + Stabilitet. + Lätt att tillverka med hjälp av svarv. + Bra precision. Nackdelar: - Dyrare tillverkning av kö.	Fördelar: + Kan hantera olika dimensioner. + Billigt. Nackdelar: - Slitage. - Behöver låsmekanism. - Risk för spel eller försämrad precision om huvudet är dåligt dimensionerat.

Tabell 3: Fördelar och nackdelar med Skruvspår/Borrchuck.

Skruvspår och Borrchuck.

Dessa två dellösningar utför sin uppgift väl men efter summering av för- och nackdelar visade sig skruvspår vara det bättre valet p.g.a färre nackdelar jämfört med borrchuck.

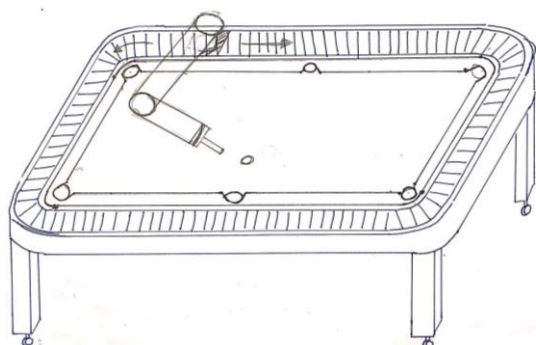
När dessa grupperingar och elimineringar utförts kvarstod följande koncept:

- | |
|---|
| 17. HANDTAG+HJUL+INBYGGD KÖ+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL |
| 18. HANDTAG+HJUL+INBYGGD KÖ+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL |
| 20. HANDTAG+HJUL+INBYGGD KÖ+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL |
| 21. HANDTAG+HJUL+SKRUVSPÄR+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL |
| 22. HANDTAG+HJUL+SKRUVSPÄR+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL |
| 24. HANDTAG+HJUL+SKRUVSPÄR+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL |
| 29. HANDTAG+HJUL+FORMLÄS+RULLBAND RUNT BORD+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL |
| 30. HANDTAG+HJUL+FORMLÄS+STATIONÄR ARM+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL |
| 32. HANDTAG+HJUL+FORMLÄS+RULLANDE ROBOT+ROBOT I RÖRELSE MOT BOLL |
| 33. HANDTAG+HJUL+INBYGGD KÖ+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL |
| 34. HANDTAG+HJUL+INBYGGD KÖ+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL |
| 36. HANDTAG+HJUL+INBYGGD KÖ+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL |
| 37. HANDTAG+HJUL+SKRUVSPÄR+RULLBAND RUNT BORD+ELDRIVEN KÖAXEL |
| 38. HANDTAG+HJUL+SKRUVSPÄR+STATIONÄR ARM+ELDRIVEN KÖAXEL |
| 40. HANDTAG+HJUL+SKRUVSPÄR+RULLANDE ROBOT+ELDRIVEN KÖAXEL |

Tabell 4: Kvarstående koncept efter sällning.

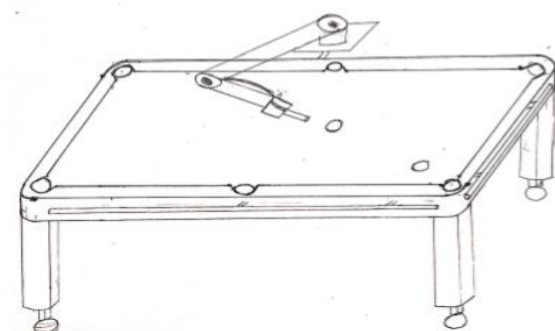
8.1.4 Skisser av resterande koncept

De resterande koncepten och har skissats och visualiserats i figurerna nedan.



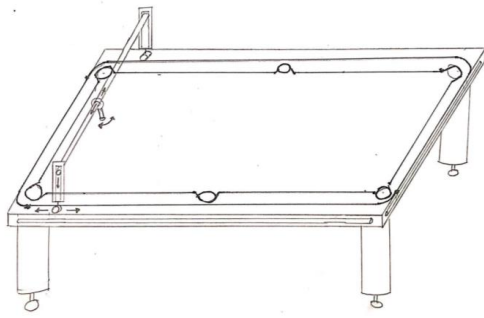
Figur 21: Skiss av koncept 17. Består av en robot på ett rullband med en inbyggd kö i roboten.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en inbyggd kö och en robot på ett rullband i bordets kant. Stöten initieras av robotens rörelse mot bollen.



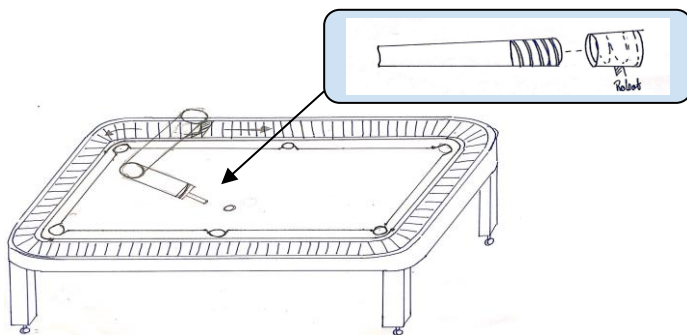
Figur 22: Skiss av koncept 18. Består av en stationär arm med en inbyggd kö i roboten.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en inbyggd kö och stationär robotarm där robotarmens rörelse mot köbollen skall initiera stöt.



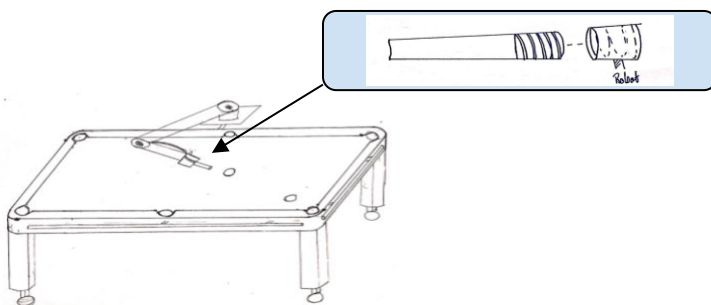
Figur 23: Skiss av koncept 20. Består av en rullande robot med en inbyggd kö i roboten.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en inbyggd kö och en rullande robot där robotens rörelse mot köbollen skall initiera stöt.



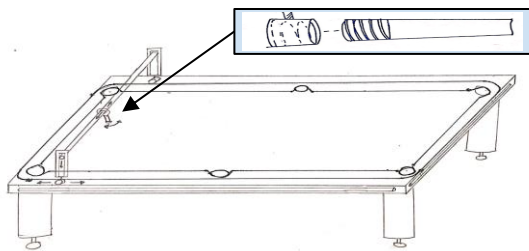
Figur 24: Skiss av koncept 21. Består av en robot på ett rullband där kön är "inskruvad" i roboten.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en kö som skruvas på gripdonet och en robot på ett rullband i bordets kant. Robotens rörelse mot köbollen skall initiera stöt.



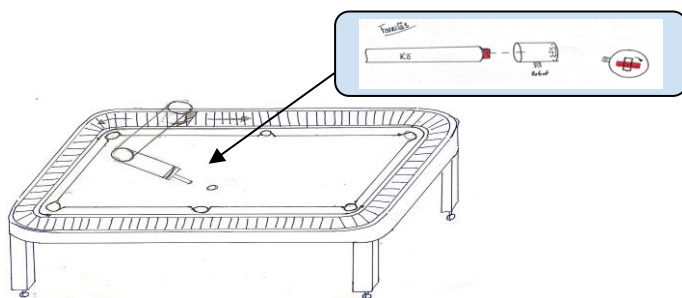
Figur 25: Skiss av koncept 22. Består av en stationär arm där kön är "inskruvad" i roboten.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en inskruvad kö och en stationär robotarm där robotens rörelse mot köbollen skall initiera stöt.



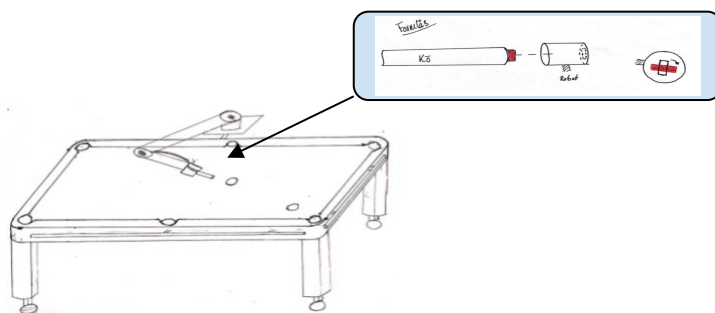
Figur 26: Skiss av koncept 24. Består av en rullande robot där kön är "inskruvad" i roboten.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en inskruvad kö och en rullande robot där robotens rörelse mot köbollen skall initiera stöt.



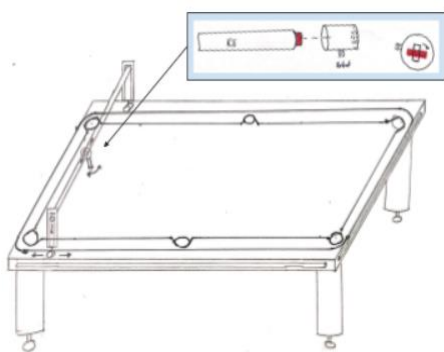
Figur 27: Skiss av koncept 29. Består av en robot på ett rullband där kön är fäst i roboten med hjälp av ett formlås.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en kö fäst med ett formlås på gripdonet och en robot på ett rullband i bordets kant. Robotens rörelse mot köbollen skall initiera stöt.



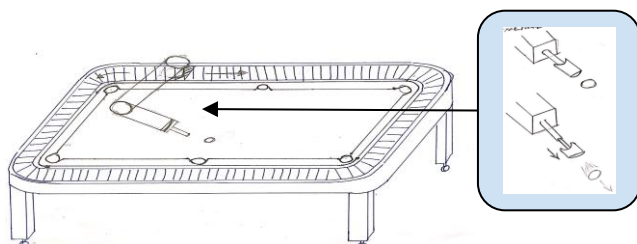
Figur 28: Skiss av koncept 30. Består av en stationär arm där kön är fäst i roboten med hjälp av ett formlås

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en kö fäst med ett formlås på gripdonet och en stationär robotarm där robotens rörelse mot köbollen skall initiera stöt.



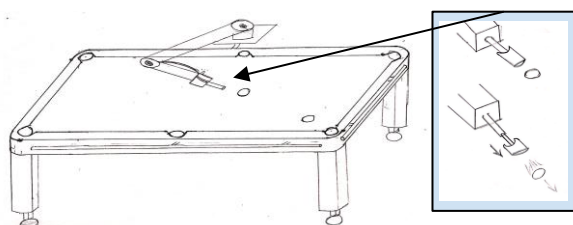
Figur 29: Skiss av koncept 32. Består av en rullande robot där kön är fäst i roboten med hjälp av ett formlås.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en kö fäst med ett formlås och en rullande robot där robotens rörelse mot köbollen skall initiera stöt.



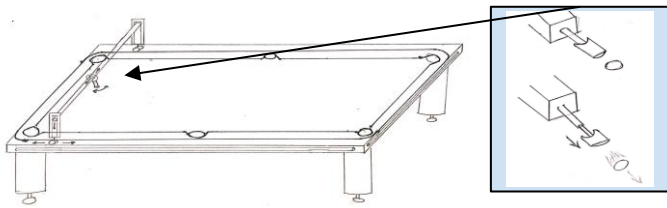
Figur 30: Skiss av koncept 33. Består av en rullande robot med en inbyggd kö som är eldriven.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en eldriven köaxel som är integrerad i gripdonet och en robot på ett rullband i bordets kant. Den eldrivna köaxeln initierar stöt mot köbollen.



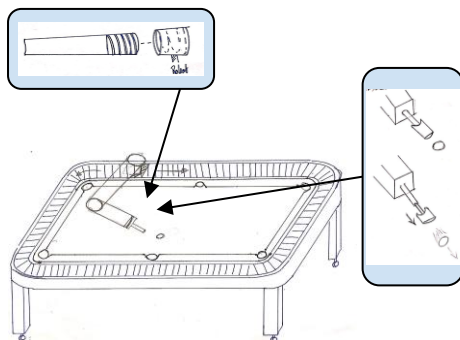
Figur 31: Skiss av koncept 34. Består av en stationär arm med en inbyggd kö som är eldriven.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en eldriven köaxel som är integrerad i gripdonet och en stationär robotarm. Den eldrivna köaxeln initierar stöt mot köbollen.



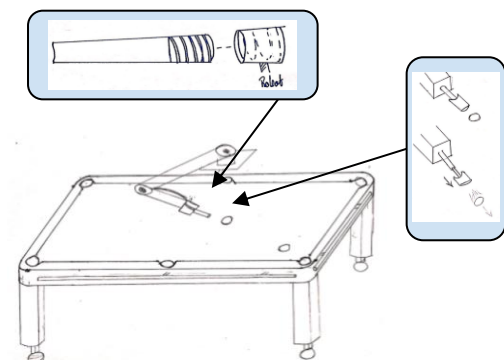
Figur 32: Skiss av koncept 36. Består av en rullande robot med en inbyggd kö som är eldriven.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en eldriven köaxel som är integrerad i gripdonet och en rullande robot. Den eldrivna köaxeln initierar stöt mot köbollen.



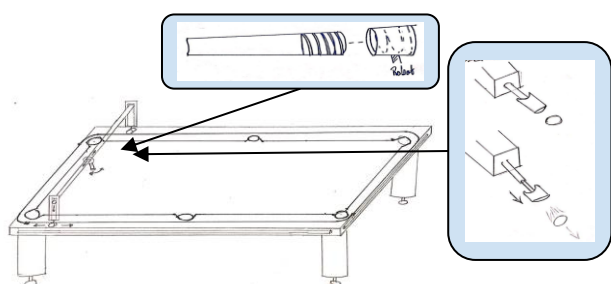
Figur 33: Skiss av koncept 37. Består av en rullande robot som har en eldriven köaxel som är "inskruvad" i roboten.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en inskruvad eldriven kö och en robot på ett rullband i bordets kant. Den eldrivna kön skall initiera stöt mot köbollen.



Figur 34: Skiss av koncept 38. Består av en stationär arm som har en eldriven köaxel som är "inskruvad" i roboten.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en inskruvad kö och en stationär robotarm där den eldrivna kön initiera stöt mot köbollen.



Figur 35: Skiss av koncept 40. Består av en rullande robot som har en eldriven köaxel som är "inskruvad" i roboten.

Detta koncept består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en inskruvad eldriven kö och en rullande robot där den eldrivna kön skall initiera stöt mot köbollen.

8.2 Pughmatris

När endast 15 koncept kvarstod av de som tidigare genererats bestämdes att en Pughmatris skulle användas för att vidare sälla igenom de kvarstående koncepten. Pughmatrisen är en urvalsmatris som skall användas för att jämföra de olika koncepten med ett referenskoncept för att kunna sälla bort sämre alternativ.

Matrisen nedan skapades genom att ett av de koncept som kvarstod sedan tidigare användes som referens i kolonn "36 (ref)". De andra koncepten jämförs alltså med detta i följande kategorier:

- **Antal delar:** Antalet delar konceptet är uppbyggt av. Där det bästa är om konceptet består av färre delar.
- **Monteringstid:** Uppskattning av gruppen i form av tid för montering. Där konceptet bedöms som bättre ju kortare monteringstid.
- **Maximal massa av delar:** Den maximala massan av delar i konceptet exklusive bordsstativ och bordsskiva då dessa skall ha större massa för att ej kompromissa stabilitet av bordet. Konceptet bedöms vara bättre ju mindre massa resterande delar består av.
- **Prisuppskattning:** Uppskattning av gruppen i form av undersökning kring komponenter och deras prisgrupper. Konceptet bedöms uppfylla kriteriet bättre ju billigare prisuppskattning.
- **Stabilitetsuppskattning:** Uppskattning gjord med resonemang av projektgrupp. Konceptet ansågs vara bättre om konstruktionen av gripdonet inte uppskattades kunna uppgge spel i passning med kö. Stabilitet av bord och robot togs också i beaktelse där hög stabilitet är önskvärd.
- **Precisionsuppskattning:** Uppskattning gjord utefter konceptets förmåga att stöta boll i olika scenarion. Konceptet uppskattades vara bättre om gruppen inte hittat hinder för åtkomlighet på spelytan.
- **Utföra huvudfunktion:** Hur väl bedömer projektgruppen att konceptet kan spela biljard i form av de två scenarion som skall utföras och även i senare faser. Konceptet är bättre ju färre hinder gruppen uppskattade att det fanns för framtida spel i senare faser av biljardmaskinens produktutveckling.
- **Tilltalande koncept:** Hur "intressant"/tilltalande bedömer projektgruppen att studenter finner konceptet. Ju mer tilltalande konceptet är desto bättre bedöms konceptet uppfylla kriteriet.

Alla koncept som listats i matrisen uppfyller kraven men vissa av dem uppfyller kraven bättre än andra. Kriterierna i matrisen valdes från kravspecifikationen p.g.a. målvärdena för dessa kriterier har marginaler som kan visa hur väl koncepten uppfyller kraven. Exempelvis har antal delar ett målvärde på max 8 st delar men de olika koncepten kan befinna sig mellan 1-8 i denna marginal. Ett koncept som består av fem delar skulle därmed givetvis bedömas vara bättre än ett annat som består av sju delar.

Om konceptet som jämfördes med referensen visade sig utföra funktionen eller uppfylla kravet bättre än referensen sattes ett "+" och ett motsvarande "-" om denna var sämre. Då konceptet uppfyller kravet / utför funktionen lika väl som referensen angavs "0".

Kriterium	17	18	20	21	22	24	29	30	32	33	34	36 (ref)	37	38	40
Antal delar.	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-
Uppskattad monteringstid.	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-
Maximal massa av delar.	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0
Prisuppskattning.	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	0	-	-	-
Stabilitets - uppskattning.	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0
Precisions - uppskattning.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utföra huvudfunktion	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-
Tilltalande koncept	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0	-	-	0
Antal +	0	0	0	0	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0	0	0
Antal -	-7	-4	0	-7	-6	-3	-7	-6	-3	-7	-3	0	-7	-6	-4
Summa	-7	-4	0	-7	-6	-2	-7	-6	-2	-7	-3	0	-7	-6	-4

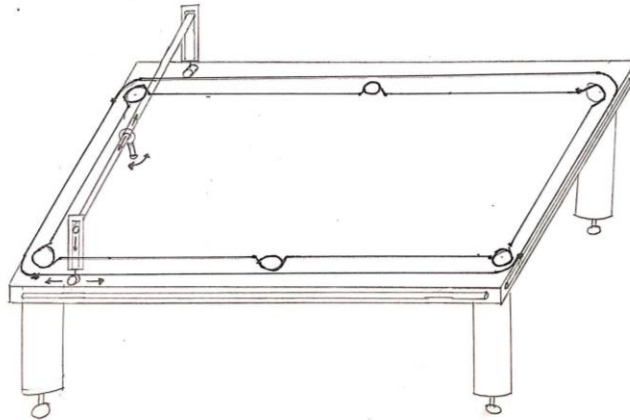
Tabell 5: Pughmatris med jämförda koncept från tabell 4.

När sällning genom Pughmatrisen genomförts eliminerades de 10 sämsta koncepten och de 5 resterande koncepten behålls. De 5 resterande koncepten enligt poängsammanställningen var koncept 20, 24, 32, 34 och 36.

Efter att pughmatrisen använts hade gruppen ett val mellan att påbörja nästa steg i arbetet eller iterera med pughmatrisen genom att en i taget välja alla koncept som referenskoncept och utföra pughmatrisen flera gånger. Gruppen beslutade att inte göra detta p.g.a. tidsbegränsningar.

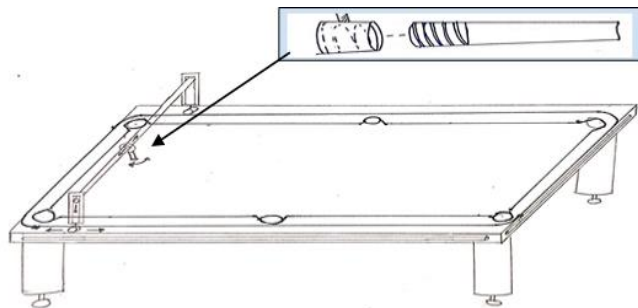
8.2.1 Resterande koncept

De resterande koncepten 20, 24, 32, 34 och 36 har skissats och visualiserats i figurerna nedan.



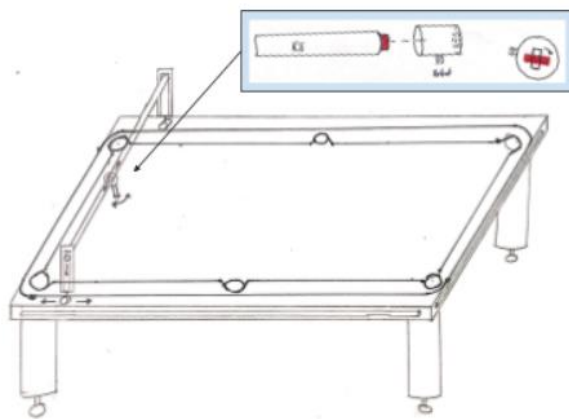
Figur 36: Skiss av koncept 20.

Koncept 36 består av en bordsskiva med handtag, ett stativ med uppfällbara hjul, en inbyggd kö och en rullande robot där robotens rörelse mot köbollen skall initiera stöt.



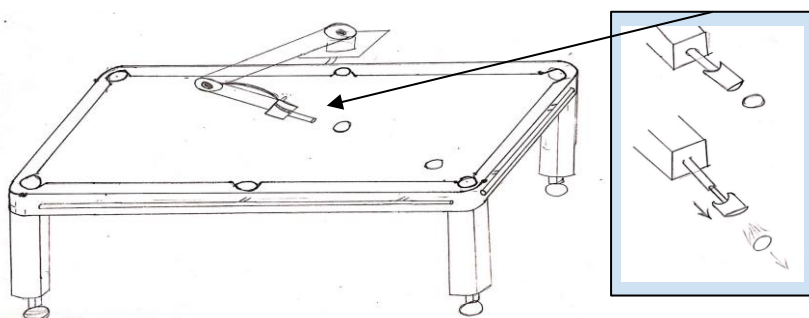
Figur 37: Skiss av koncept 24.

Koncept 37 är likt koncept 20 men i detta fall består konceptet ej av en inbyggd kö utan istället av en kö som skruvas på gripdonet.



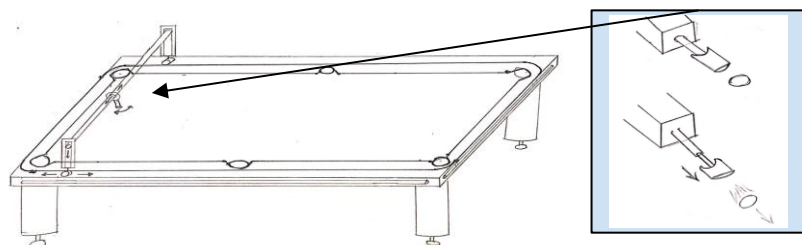
Figur 38: Skiss av koncept 32.

Även koncept 38 ovan har endast liten variation i fästning av kö. I detta koncept används ett formlås för att fästa kö vid gripdon.



Figur 39: Skiss av koncept 34.

Koncept 39 består av en stationär robotarm som utför stötar genom att positionera sig och sedan stöta med en eldriven köaxel.



Figur 40: Skiss av koncept 36.

Koncept 40 består av en rullande robot precis som koncept 20, 24 och 32 men i detta fall har roboten en eldriven inbyggd köaxel som utför stötar.

8.3 Kesselringmatris

Kesselringmatrisen är lik Pughmatrisen, men här använder man sig av en viktning "v" för de olika kriterierna. Samma kriterier som tidigare användes i matrisen för att bedöma de fem koncepten.

De viktningsfaktorer som används i kesselringmatrisen har uppskattats av gruppen.

Viktningen utfördes i skala 1-10 där 10 innebär att kriteriet är väldigt viktigt och 1 är att det inte är särskilt viktigt.

Poängsättningen utfördes också i skala 1-10 där 10 innebär att kriteriet är väldigt väl uppfyllt och 1 betyder att det är sämre uppfyllt.

Viktningen av kriterierna utfördes på följande sätt:

Antal delar: Detta kriterium viktas som en 7:a i matrisen detta p.g.a. att gruppen ansåg att färre delar innebär en högre simplicitet i produkten som gör det enklare vid transport och montering. Kriteriet ansågs dock inte vara lika viktigt som exempelvis stabilitet, precision och utförande av huvudfunktionen.

Uppskattad monterings tid: Uppskattad monterings tid viktas som en 6:a. Kriteriet ansågs inte så viktigt p.g.a. att detta endast bespara företaget lite tid och ansträngning av de anställda.

Maximal massa av delar: Detta kriterium viktas som en 7:a då detta är ett kriterium som påverkar de anställda vid transport till stor del.

Prisuppskattning: Prisuppskattningen viktas vara en 4:a då detta kriterium är något företaget vill ha i åtanke men skall inte styra projektet för mycket.

Stabilitetsuppskattning: Stabilitetsuppskattning viktas i matrisen som en 9:a då detta är ett kriterium som har stor påverkan på huvudfunktionen av biljardmaskinen.

Precisionsuppskattning: Precisionsuppskattningen viktas som en 10:a i matrisen då även detta kriterium har stor påverkan på huvudfunktionen. Kriteriet har även väldigt stor inverkan på hur väl huvudfunktionen kan utföras i senare faser av produktutvecklingen.

Utför huvudfunktion: Utförandet av huvudfunktionen viktas som en 10:a då detta är huvudfunktionen ansågs det givetvis vara ett väldigt viktigt kriterium.

Tilltalande koncept: Att konceptet skall vara tilltalande var ett väldigt starkt önskemål från företaget under hela projektarbetet. Därmed ansåg gruppen att detta skall viktas som en 9:a.

När gruppen bedömt hur viktiga de olika kriterierna var för biljardmaskinen sattes dessa värden in i matrisen. Sedan bedömdes de olika koncepten med poängsättning utifrån hur väl gruppen uppskattade att de uppfyllt kriterierna.

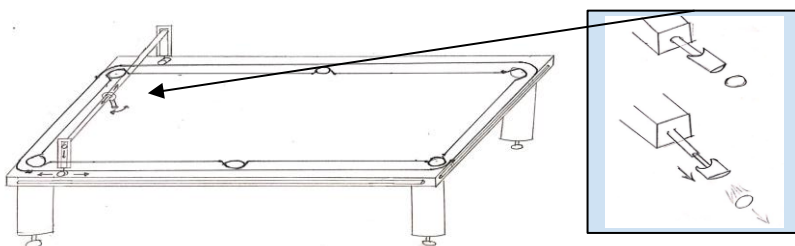
Efter detta multipliceras den viktning som gjorts av kriterierna med den betygsättning som gjorts av koncepten för att skapa en "totalviktning".

När detta utförts adderades "totalviktningen" av alla kriterier för varje koncept för att skapa en totalsumma. Totalsumman skall då tydliggöra vilka av koncepten som skall elimineras och vilket av dem som skall behållas.

	Viktning (V)	Koncept 20	V	Koncept 24	V	Koncept 32	V	Koncept 34	V	Koncept 36	V
Antal delar.	7	8	56	6	42	5	35	7	49	7	49
Monterings tid. (Uppskattning)	6	8	48	6	36	7	42	8	48	8	48
Maximal massa av delar.	7	9	63	9	63	9	63	2	14	9	63
Prisuppskattning	4	10	40	9	36	8	32	1	4	9	36
Stabilitets - uppskattning	9	7	63	7	63	7	63	5	45	8	72
Precisions - uppskattning	10	6	60	6	60	6	60	10	100	8	80
Utföra huvudfunktion	10	8	80	8	80	8	80	9	90	9	90
Tilltalande koncept	9	9	81	9	81	9	81	7	63	9	81
	Total Summa		491		461		456		413		519
	Rank		2		3		4		5		1

Tabell 6: Kesselringmatris med koncept 20, 24, 32, 34 och 36.

Efter användning av kesselringmatrisen eliminerades koncept 20, 24, 32 och 34 då dessa enligt matrisen visade sig vara sämre än koncept 36 enligt projektgruppens uppskattningar och poängsättning.



Figur 41: Resultande koncept.

Enligt den metodik som använts är det bästa konceptet koncept 36 som visas i figuren ovan. Givetvis finns det en viss osäkerhet i detta då tester med en fysisk prototyp och iteration med pughmatrisen inte utförts p.g.a. projektets tidsbegränsningar.

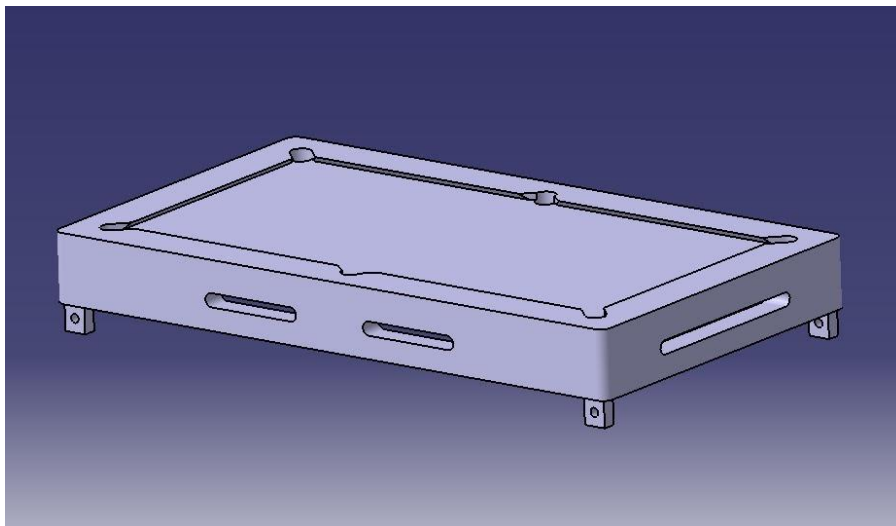
Fyra utav fem koncept i kesselringmatrisen bygger på samma princip av en rullande robot med variation i avfyrningsmekanism och gripdon. Alla dessa rankades bättre än det femte konceptet som består av en stationär robot (koncept 34). Detta innebar enligt gruppen en tillräckligt stor tillförlitlighet/säkerhet i resultatet.

9. Konstruktion av koncept

När det bästa konceptet tagits fram diskuterades och presenterades detta för Consat och sedan påbörjades konstruktion av detta i CAD-programmet CATIA V5.

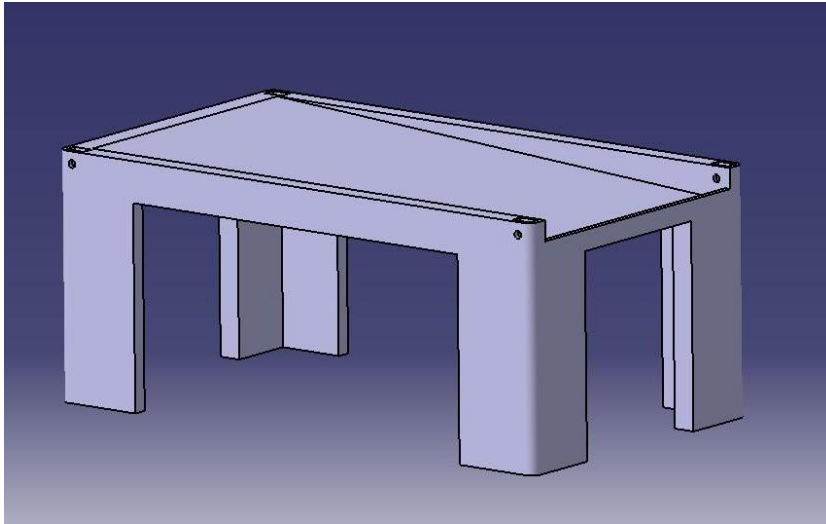
9.1 CAD-konstruktion i CATIA V5

Konstruktionen av biljardmaskinen i denna fas av produktutvecklingen utfördes huvudsakligen i form av en bordsskiva med handtag och ett bordsstativ. Sedan skapades även en modell av den 3-axliga robot som konceptet skall använda sig av. Observera att denna robot endast används i demonstrationssyften för företaget.



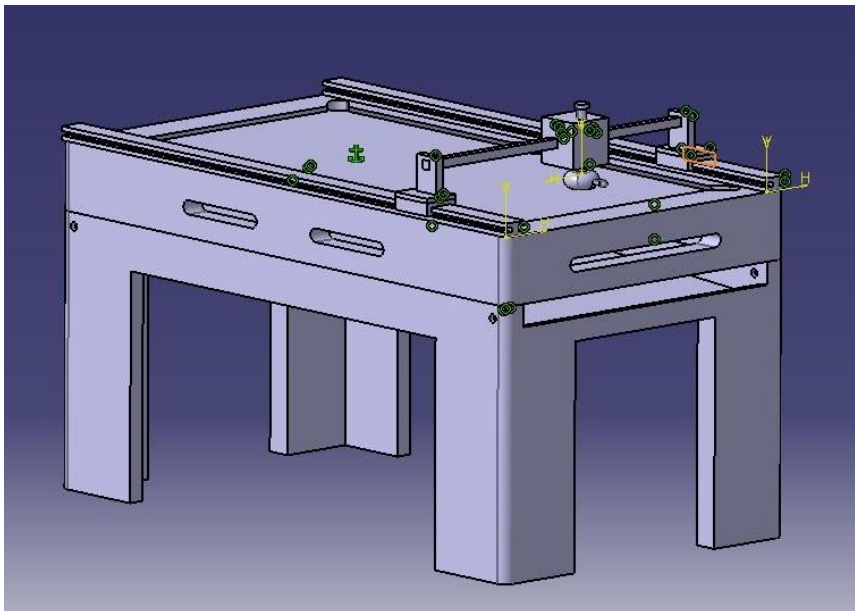
Figur 42: Konstruktion av bordsskiva i CATIA V5.

Bordsskivan skapades som visat i figur 42 med ett fäste i varje kant för montering på bordsstativ. Handtag på varje sida finns på bordsskivan i form av hål i kanten av detta för bättre grepp. Spelytan har skapats enligt standarder för biljardbord angivna i kravspecifikation.



Figur 43: Modell av bordsstativ i CATIA V5.

I figur 43 kan man se ett stativ för bordsskivan i figur 42. Stativet har hål för bordsskivans fästen i varje hörn där dessa monteras ihop med hjälp av 4 skruvar. Ovan har bordsstativet ett lutande plan som skall befinna sig mellan skiva och stativ där biljardbollarna kan rulla nerför planet och fram till stativets öppning för att plockas ut av driftansvarig.



Figur 44: Modell av hela konceptet i CATIA V5.

I figur 44 är hela konceptet sammansatt med en demonstrationsmodell av den robot som skall komma att användas i biljardmaskinen.

9.3 Materialval

För att undersöka vilka material som är lämpliga för bordet så görs en materialvalsundersökning m.h.a. en beräkning av maximal tillåten densitet.

Materialvalsundersökningen gjordes genom att söka igenom vilka material som uppfyller de krav som ställts när det gäller maximal tillåten densitet och stabilitet. Undersökningen gjordes i programvaran CES.

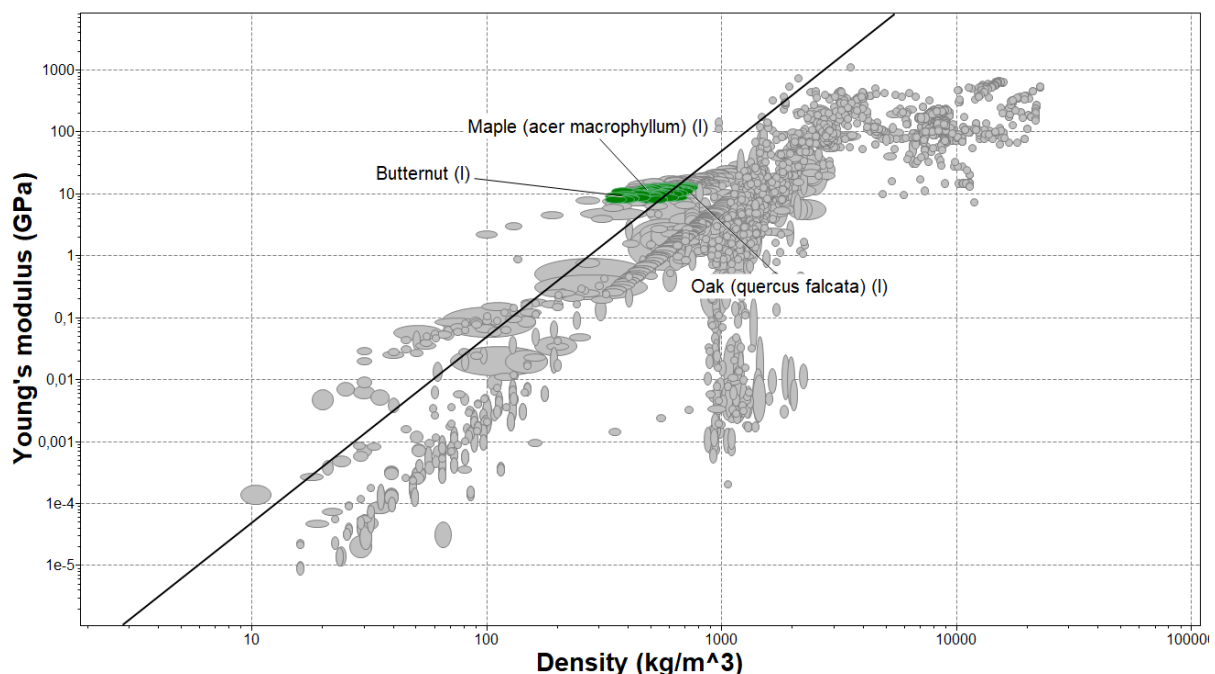
För att undersöka vilka material som kunde appliceras på bordet räknades maximal densitet ut för materialet på bordsskiva och bordsstativ genom att dividera den maximala massan med volymen som visas nedan.

$$V = 0.079 \text{ m}^3, m = 60 \text{ kg}, \rho = \frac{m}{V} = 759,49 \text{ kg/m}^3 \quad \text{där } V=\text{Volym, } m=\text{massa}$$

och ρ =densitet.

Volymen är framtagen ur modellerna i CATIA och massan är framtagen utifrån krav på denna i kravspecifikationen.

När en maximal densitet på materialet beräknats applicerades detta i programvaran CES tillsammans med den minimala E-modul som specificerats i kravspecifikationen.



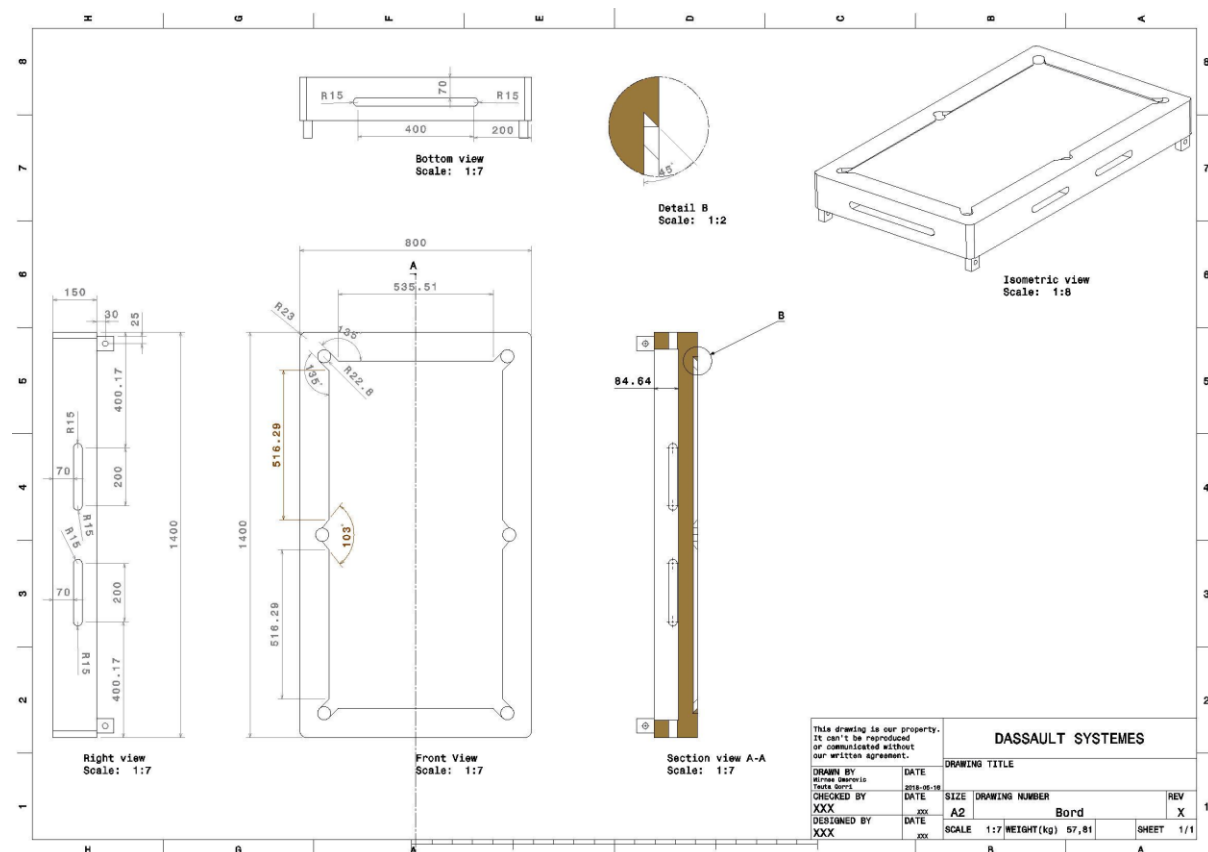
Figur 45: Diagram i CES som visar de material som uppfyller kraven. I bilden presenteras grå valnöt, ek och lönn.

De material som uppfyller krav på densitet och E-modul presenteras i figur 45. E-modulen togs fram genom att undersöka vilka material det är som används i dagens läge för biljardbord vilket visade sig vara runt 9 GPa. De material som används idag är ek, lönn, mahogny och poppel. Linjen som befinner sig i figuren representerar "materialindex" för detta lastfall. Lastfallet är "panel i böjning" och därmed skall "materialindexlutning" ge en

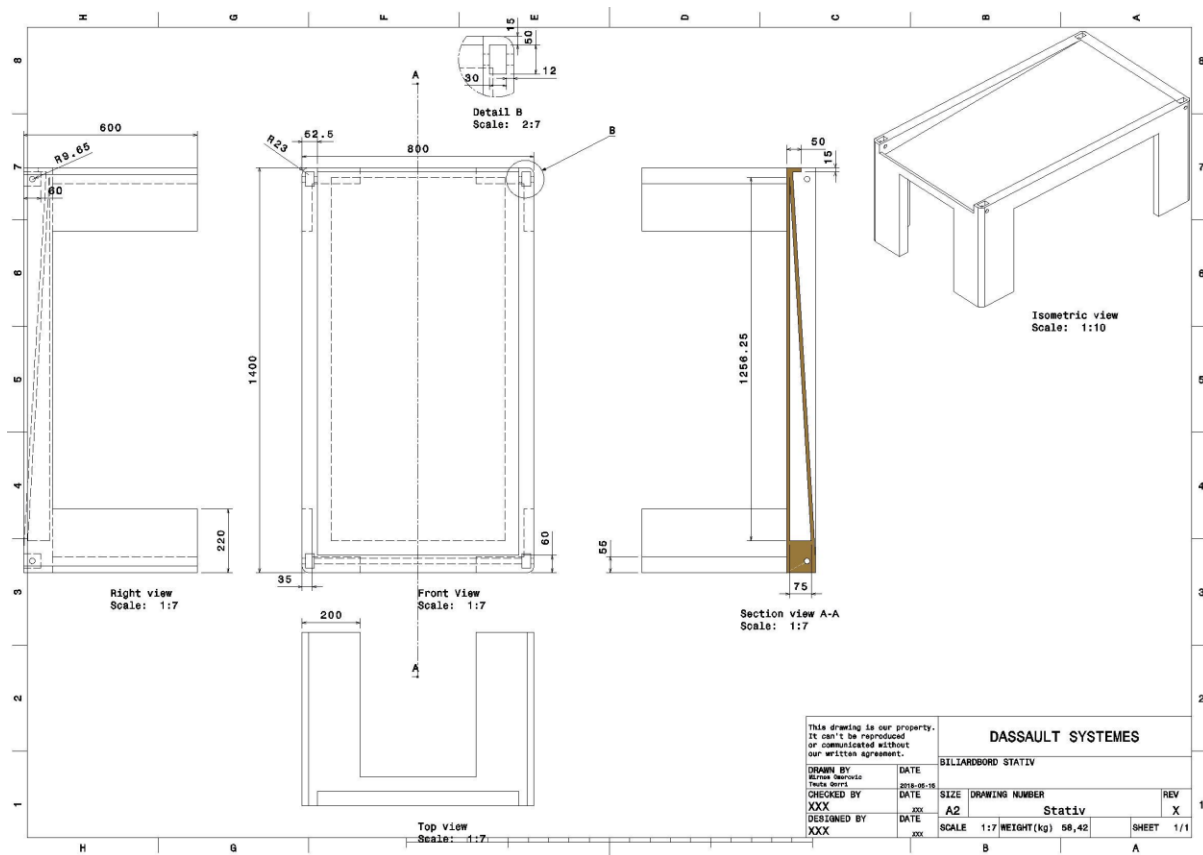
lutning med värdet 3 i CES. Med dessa krav hittades olika träsorter som uppfyller kraven i CES.

9.2 Framtagning av detaljritningar

Efter att justeringar av konstruktionen och materialet har valts skapades underlagsritningar till biljardmaskinen. Dessa skapades av bordsskiva och bordsstativ där alla dimensioner som är nödvändiga för tillverkning av en fysisk prototyp finns.



Figur 46: Ritning av bordsskiva till biljardmaskin.



Figur 47: Ritning av biljardmaskinens stativ.

10. Verifiering och utvärdering

Efter att materialet har valts, konstruktion och underlagsritningar tagits fram påbörjades en verifiering och utvärdering av biljardmaskinen för att verifiera att denna utför sitt arbete och uppfyller de krav som har ställts på produkten.

10.1 CAD-programvara

Många av de krav som företaget har på biljardmaskinen har verifierats genom modellen som skapats i CATIA V5. De krav som gruppen kunnat verifiera med CATIA V5 är:

1. Antal delar
2. Griper kö.
3. Längd av bordsskiva och spelyta
4. Bredd av bordsskiva och spelyta
5. Maximal höjd av bord
6. Maximal bredd på bordskanter
7. Maximal massa.
8. Inga radier <5 mm på gripdon.
9. Positionering av robot.

Projektarbetet har verifierat att dessa krav uppfylls genom CAD-modellen. Kravet på antalet delar som biljardmaskinen består av ligger under det maximala värde som anges i kravspecifikationen, gripdonet greppar en kö, längder och bredder är även de noggrant uppmätta i modellen för att ej överstiga den area som projektet har att arbeta med. Även höjd på biljardbordet, maximal massa av maskinen och radier på gripdonet har undersökts i modellen för att säkerställa att dessa uppfyller kraven.

Hur väl roboten hanterar de spelscenarion som har tagits fram samt positionering kring biljardmaskinens spelyta undersöktes genom att i CATIA V5 simulera robotens rörelse kring hörn och kanter på biljardbordet vilket tydligt visade att roboten har full åtkomlighet för att utföra stötar på köbollen.

10.2 CES-programvara

Med hjälp av programvaran CES kan man undersöka mekaniska och fysiska materialegenskaper, tillgängliga tillverkningsprocesser för produkten och kompatibla material. Sedan anpassas sökningen efter det lastfall som sker. De krav som fastställts på materialet är:

1. Fukttålighet. Bordet och stativet ska klara 10 tvättar med fuktig trasa.
2. Stabilitet. Bordet och stativet ska vara stabilt och ha en E-modul på minst 9 GPa.
3. Så låg tillverkningskostnad som möjligt är önskvärd.
4. Robust (Min E-modul=9 GPa).

Då materialet för biljardmaskinen är ek är kravet på fukttålighet uppfyllt då eken kan behandlas mot fukt och materialet har även den högsta E-modulen på 10-15 GPa bland de framtagna materialen.

Andra alternativ som också skulle fungera:

Palmträ

Tall

Hemlock

Asp

Amerikansk skevoja

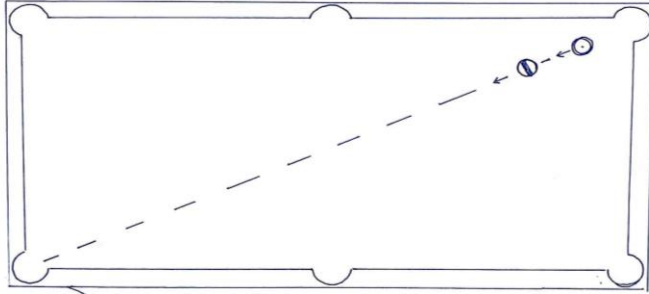
Roblésydbok

Anledningen till att eken valdes och inte de alternativa materialen som listats ovan är p.g.a. den höga E-modulen prioriterades.

10.3 Beräkningar

Vid verifiering m.h.a. beräkningar var det ett önskemål specificerat av företaget att approximativt beräkna den kraft som skall ansättas på köbollen av roboten för att biljardbollen skall färdas från sin position in i bestämd ficka.

10.3.1 Beskrivning av scenario 1



Figur 48: Skiss av spelscenario 1.

I figur 48 är den totala diagonala sträckan från ficka till ficka 1.34 m där biljardbollen ligger 1 m från hålet och köbollen ligger 0,1 m bakom denna.

10.3.2 Beräkning av scenario 1

För att förenkla detta fall och utföra approximativa beräkningar av nödvändig stötkraft för utförandet av scenario 1 gjordes följande antaganden.

- Endast rullning.
- Stötkoefficient för biljardkula ($e=0,9$).
- Stöttid ($\Delta t = 0,2 \text{ s}$). Stöttiden uppskattades av gruppen.

Scenario 1.

Antaganden: Rullning

Stötkoefficient ($e = 0.9$)

Stöttid (0.2 s) (approximerad)

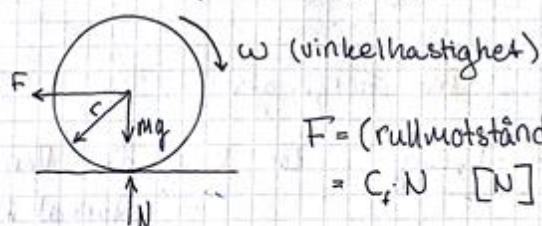
Data: $L_1 = 0.1 \text{ [m]}$

$L_2 = 1 \text{ [m]}$

C_f (rullmotståndskoefficient) $= 0.01$

$m = 0.066 \text{ [kg]}$

$g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}$



$$F = (\text{rullmotståndskraft}) \\ = C_f \cdot N \text{ [N]}$$

Jämviktsanalys av boll:

$$\uparrow: N - mg = 0 \Rightarrow N = mg \text{ [N]}$$

Analys av kinetisk energi (T)

(Kinetisk energi för allmän plan rörelse).

$$T = \frac{1}{2} m \underbrace{(r\omega)^2}_{=v^2} + \frac{1}{2} I \omega^2 \quad \text{där } I = \text{massströghetsmoment.}$$

$$I = \frac{2}{5} m r^2$$

$$T = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{2}{5} m r^2 \right) \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{7}{5} m v^2 \\ = \frac{7}{10} m v^2 \text{ [J]}$$

Lagen för kinetisk energi ger:

$$\Delta T = W \quad \text{där } W \text{ är utfört arbete.}$$

Figur 49: Beräkning av scenario 1.

Masströghetsmomentet hämtades från *Formelsamling i mekanik*, (2005), Sune Olsson

Kinetisk energi även kallat rörelseenergi är den energi ett objekt har p.g.a dess rörelse. Den kinetiska energin är ekvivalent med det mekaniska arbete som måste appliceras för att reducera dess hastighet till noll.

$$F = (\text{rullmotståndskraft}) = C_f N$$

där $N = mg$ enligt ovan.

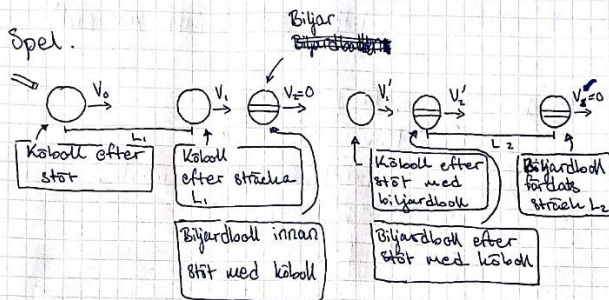
$$\Rightarrow F = C_f mg$$

$$W = (\text{Arbete}) = F \cdot L = L \cdot C_f \cdot m \cdot g$$

Figur 50: Vidare beräkning av scenario 1.

$$\Delta T = \frac{1}{2} \cdot \frac{7}{10} m (V_i^2 - V_0^2) = -L \cdot C_f \cdot m \cdot g = -W$$

$$\Rightarrow \frac{7}{10} (V_i^2 - V_0^2) = -L C_f g$$



Biljardbollens kinetiska energi ger:

$$\Delta T = \frac{7}{10} (V_2^2 - V_1'^2) = -L_2 C_f g \quad \text{där } V_3 = 0 \text{ då bollen stannat in.}$$

$$\Rightarrow \frac{7}{10} (0^2 - V_1'^2) = -L_2 C_f g$$

$$\Rightarrow -(V_1')^2 = -\frac{10}{7} L_2 C_f g$$

$$\Rightarrow V_1' = \sqrt{\frac{10}{7} \cdot 1.001 \cdot 9.81} = 0.3744 \text{ m/s}$$

Antagande av stötkoefficient mellan

biljardbollar $\Rightarrow e = 0.9$.

$$e = \frac{V_2' - V_1'}{V_1}$$

Under den korta stöten är friktionskraftens impuls försumbar jämf. med kontaktkraften mellan bollarna.

Alltså är rörelsemängden bevarad.

Figur 51: Vidare beräkning av scenario 1.

RL-bevarande:

$$mV_1 = mV_1' + mV_2' \quad \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$\Rightarrow V_1 = V_1' + V_2' \quad (2)$$

Stötkoeff. ger: $eV_1 = V_2' - V_1'$
 $\Rightarrow V_1' = V_2' - eV_1 \quad (1)$

(1) i (2) ger: $V_1 = V_2' - eV_1 + V_2'$
 $\Rightarrow V_1 = \frac{2V_2'}{1+e} = \frac{2 \cdot 0.3744}{1+0.9} = 0.3941 \text{ m/s}$

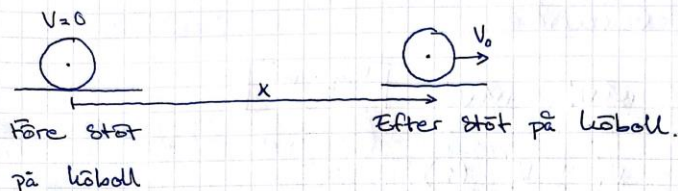
Köbollens kinetiska energi ger:

$$\Delta T = \frac{7}{10} (V_1^2 - V_0^2) = -L \cdot C_f q = W$$

$$\Rightarrow V_1^2 - V_0^2 = -\frac{10}{7} L \cdot C_f q$$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{V_1^2 + \frac{10}{7} L \cdot C_f q} = 0.411457 \text{ m/s}$$

Figur 52: Vidare beräkning av scenario 1.



$$\rightarrow x: \quad mV_0 - 0 = \int_0^{\Delta t} F_{\text{stöt}} dt \quad F_{\text{stöt}} = \text{stötkraft från kö på boll.}$$

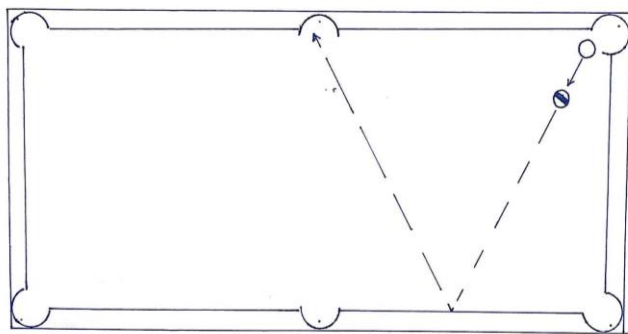
$$\Rightarrow mV_0 = F_{\text{stöt}} \cdot \Delta t$$

$$\Rightarrow F_{\text{stöt}} = \frac{mV_0}{\Delta t} = \frac{0.066 \cdot 0.411457}{0.2} = 0.1357 \text{ [N]}$$

Figur 53: Vidare beräkning av scenario 1

När köbollens hastighet beräknats användes denna för att beräkna den ansatta stötkraften på köbollen enligt beräkningarna i figuren ovan.

10.3.3 Beskrivning av scenario 2



Figur 54: Skiss av scenario 2.

I figur 54 skall köbollen stöta på biljardbollen som ligger 10 cm framför köbollen. Biljardbollen skall sedan färdas 0,2684 m för att stöta i biljardbordets kant och sedan färdas vidare 0,671 m in i centerhålet på andra sidan.

10.3.4 Beräkning av scenario 2

Precis som i beräkningar för scenario 1 gjordes följande antaganden för approximativa beräkningar av scenario 1.

- Endast rullning.
- Stötkoefficient ($e=0,9$).
- Stöttid ($\Delta t = 0,2 \text{ s}$).
- Ingen förlorad rörelseenergi vid stöt i kant.

Då biljard- och köboll skall färdas ungefär samma sträcka i scenario 1 och 2 och ingen hänsyn tas till förlorad rörelsemängd i kantstöt i scenario 2, fann inte gruppen att det fanns något behov för att utföra beräkningar för scenario 2 med den tid som fanns kvar till dess att arbetet skulle levereras.

10.4 Experimentell prövning

Verifiering genom experimentell prövning är en metod som används där test på en fysisk modell/prototyp utförs. De krav som skall verifieras med denna metod är som listat nedan.

1. Stötintervall (20 s).
2. Scenariobyte (30 s).
3. Monteringstid (25 min).
4. Precision.
5. Stabilitet.

Ett av de krav som listats i kravspecifikationen tidigare med denna verifieringsmetod fann projektgruppen var inte längre ett nödvändigt krav på biljardmaskinen nämligen:

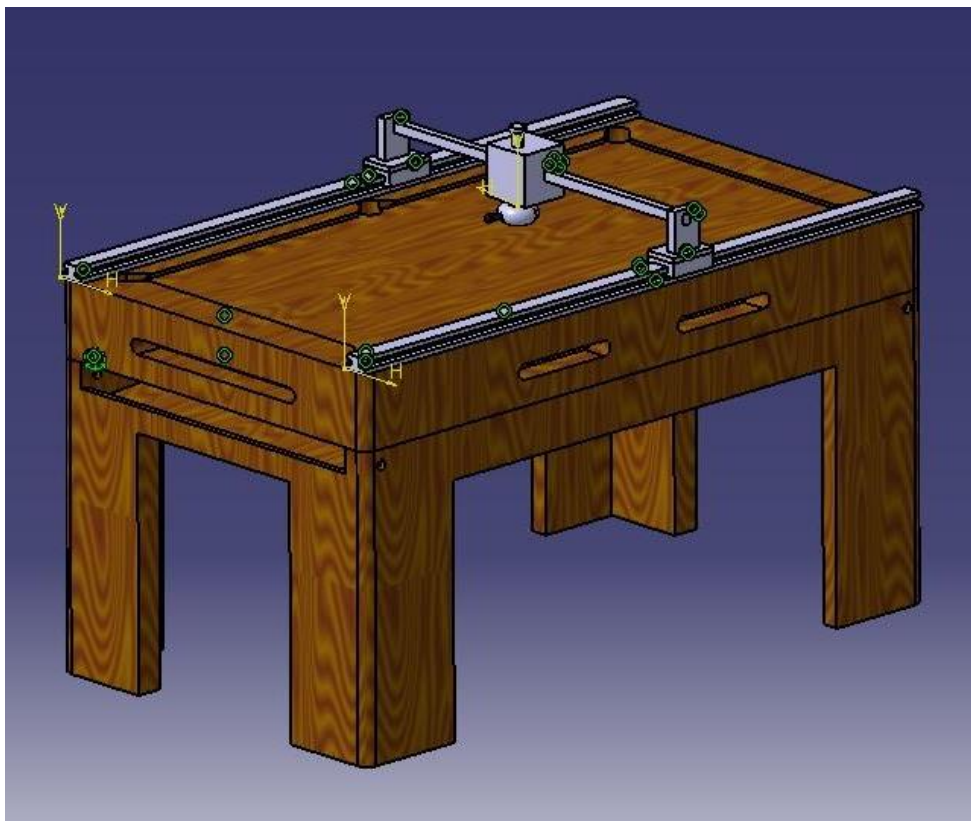
- Stabilitet: Kö skall inte lossna under spel.

Då den framtagna lösningen har en inbyggd kö vilket innebär att kö och gripdon är en och samma komponent.

Fyra resterande krav som projektgruppen fann vore bättre att verifiera i nästa fas av produktutvecklingen för biljardmaskinen är monteringstid, scenariobyte, precision och stötintervall då dessa krav är enklare att verifiera och justera efter behov med en fysisk prototyp.

11. Slutgiltigt resultat

Som presenterat innan i rubrik 8.3 så blev koncept 36 det bästa konceptet. Koncept 36 består av ett bord och stativ med en eldriven 3-axlig robot monterad på bordet. På roboten är ett gripdon monterat med en integrerad eldriven kö. Konceptet skall kunna utföra 2 spelscenarion som presenteras i 10.3 men skall även ge utrymme för vidareutveckling då företaget har en vision om en fullständigt automatiserad robot. Detta har uppfyllts genom att skapa ett koncept som skall kunna spela från alla möjliga lägen. Materialet som har föreslagits för bordet och stativet är ek då materialet är tillräckligt lätt för personalen som är ansvarig för transport och styvt.



Figur 55: Modell i CATIA V5 för koncept 36 med material.

12. Diskussion och slutsatser

Då biljardbordet är uppdelat i två delar (bord och stativ) så uppfyller det kraven. Om biljardbordet var en komponent så hade kravet på biljardbordets maximala massa halverats p.g.a. bärkapacitet av den person som är ansvarig för transport av produkten och detta hade i sin tur påverkat stabiliteten. Det är möjligt att ytterligare förenkla transporten om man väljer att dela upp bordet i fler komponenter men då finns det en risk för att monterings tiden ökar.

Materialet för konceptet blev ek då trä generellt är billigt och styvt, konceptet har ej en komplex konstruktion och det är endast ett exemplar som ska tillverkas. Om man väljer att investera mer i det här projektet kan man välja material med bättre egenskaper som exempelvis styvheter.

Vid val av robot så presenteras den 3-axliga roboten som den bästa möjliga lösningen. Anledningen till detta var främst p.g.a. ytbegränsningen som uppgiften innefattar då arbete med till exempel en robotarm kräver en mycket större arbetsyta.

Tidsramen för projektet begränsade arbetet med en fysisk prototyp och p.g.a. detta kunde inte något sådant inkluderas i denna fas av produktutvecklingen. Genom att skapa en fysisk prototyp skulle delvis verifiering och utvärdering av arbetet vara enklare att utföra. Möjligtvis skulle även justeringar som ännu ej upptäckts kunna utföras på produkten.

13. Fortsatt arbete

Det konstruerade konceptet lämnar utrymme för vidareutveckling för efterkommande faser då konceptet är konstruerat för att kunna stöta på bollen från alla möjliga lägen.

Nästa steg i produktutvecklingen skulle kunna vara att utveckla ett system för att hämta information om bollarnas positionering. Detta m.h.a. exempelvis visionsystem eller sensorer. Den information som inhämtas på detta sätt skulle sedan kunna skickas till roboten via en dator. Detta skulle göra det möjligt för roboten att räkna ut bästa möjliga stöt för olika spelfall och därmed uppnå en utökad automatiseringsnivå och en intelligentare version av lösningen.

Referenslista

(1) *Laserpekare:*

Wight, F. (1987). *U. S. Patent No. US4688796A*. U.S. Patent and trademark office.

(2) *Fjädermekanism:*

Beauflis, V. (1901). *U. S. Patent No. US673693A*. U.S. Patent and trademark office.

(3) *Vikbart biljardbord*

Clement, J.N.O. (1925). *U. S. Patent No. US1540316A*. U.S. Patent and trademark office.

(4) *“Gevär” monterat på bord med avfyrningsmekanism.*

Leonhart, X. (1974). *U. S. Patent No. US3834706A*. U.S. Patent and trademark office.

(5) *Enkel markering på kö för bättre sikte*

Kuo, M. (2004). *U. S. Patent No. US6699136B2*. U.S. Patent and trademark office.

(6) *Verktyg för att beräkna lämplig stötposition*

Mcgowan, D.K. (1966). *U. S. Patent No. US3411779A*. U.S. Patent and trademark office.

(7) *Bord som kommunicerar med varandra*

Stimac, T.R. (2014). *U. S. Patent No. US20140066217A1*. U.S. Patent and trademark office.

(8) *System som använder sig av rutnät för att beräkna färd och kraft*

Ellis, C.B. (2005). *U. S. Patent No. US6875120B1*. U.S. Patent and trademark office.

(9) *Indikator för vinkel av stöt och bollens färd*

Matson, R.N. (1951). *U. S. Patent No. US2537228A*. U.S. Patent and trademark office.

(10) *ABB robot*

Geku Automation. (2012, 26 juni). ABB Robot Playing Snooker. Hämtad från <https://www.youtube.com/watch?v=nH08-JQwsZQ>

(11) *Vätskefylld membranboll som kan greppa olika former m.h.a. vacuum*

Dingle, P.R., Amend, J.R.Jr., Culley, W.C., Cheng, N.G., Naseef, S.O. (2015), WO2015123128A1, World Intellectual Property Organization

(12) *Dimensioner för yta och bord*

Brunswick billiards. (2017). *Room Size Requirements*. Hämtad 31-05-2018 från: <https://www.brunswickbilliards.com/room-size-requirements/>

(13) *Standarder för dimensioner*

World Pool Billiard Association. (2001). *Equipment specifications*. Hämtad 31-05-2018 från: <https://wpapool.com/equipment-specifications/>

(14) *Hur ett biljardbord är gjort*

How products are made. (2000). *Pool Table*. Hämtad 31-05-2018 från:
<http://www.madehow.com/Volume-6/Pool-Table.html>

(15) *Friktionskoefficient för duk på biljardbord*

Billiards and Pool Principels, Techniques, Resources. (2005). *Physics of Pool and Billiards*.

Hämtad 31-05-2018 från:

<http://billiards.colostate.edu/threads/physics.html>

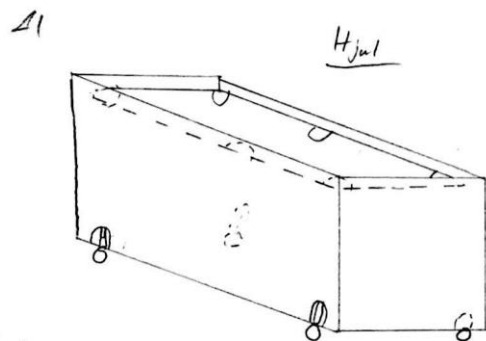
(16) *Sortering av elmotor vid återvinning*

STENA RECYCLING. (2018), *Återvinningsbar*. Hämtad 31-05-2018 från

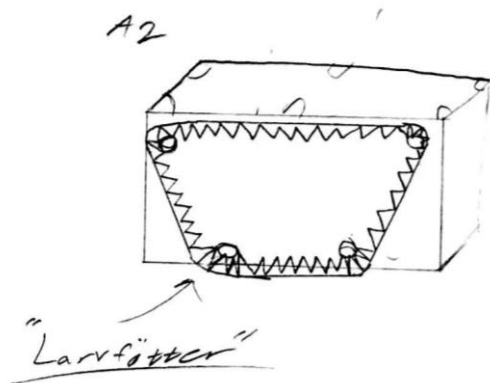
<http://atervinningsbar.se/elavfall/elmotor/>

Bilagor

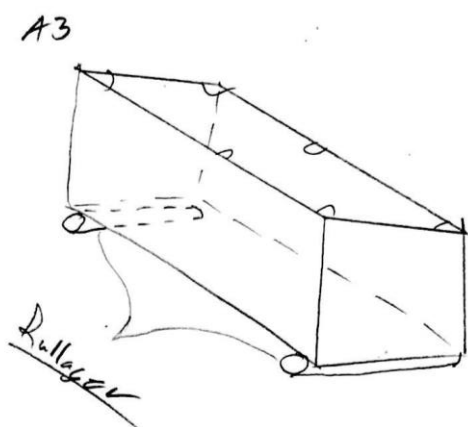
Bilaga 1: Dellösning A1. Biljardbord med hjul.



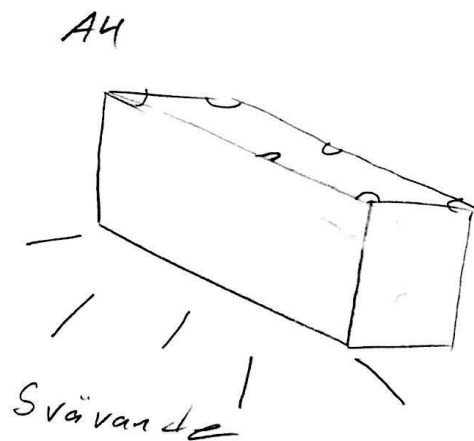
Bilaga 2: Dellösning A2. Biljardbord med larvfötter



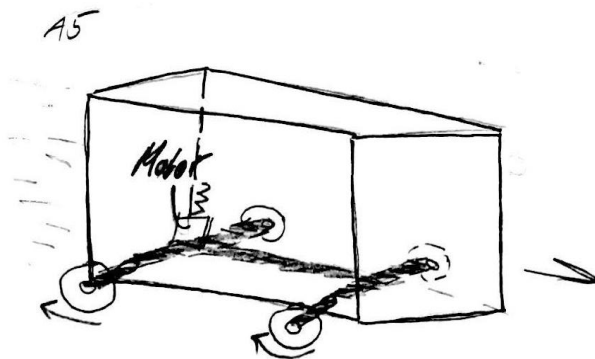
Bilaga 3: Dellösning A3. Biljardbord där man positionerar cylindriska rulllager under bord för att få bord i rörelse.



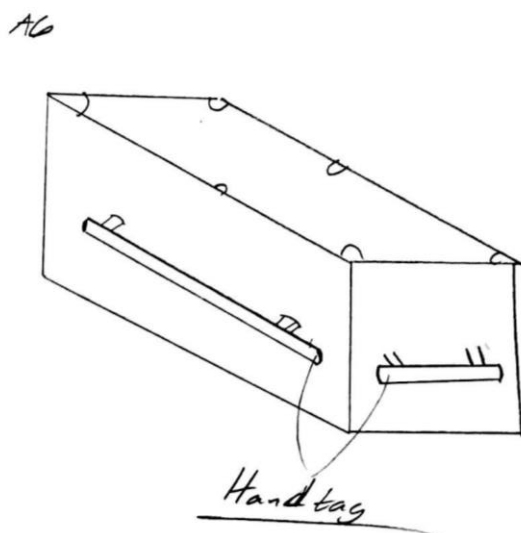
Bilaga 4: Dellösning A4. Ett svävande biljardbord (till exempel med hjälp av lufttryck eller magnetfält).



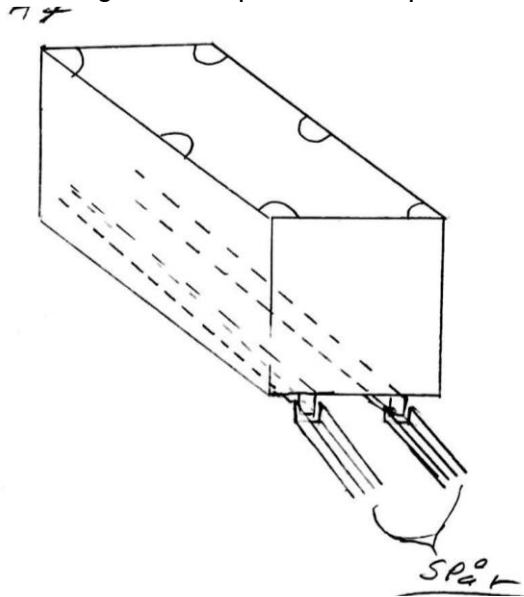
Bilaga 5: Dellösning A5. Motordriven biljardbord.



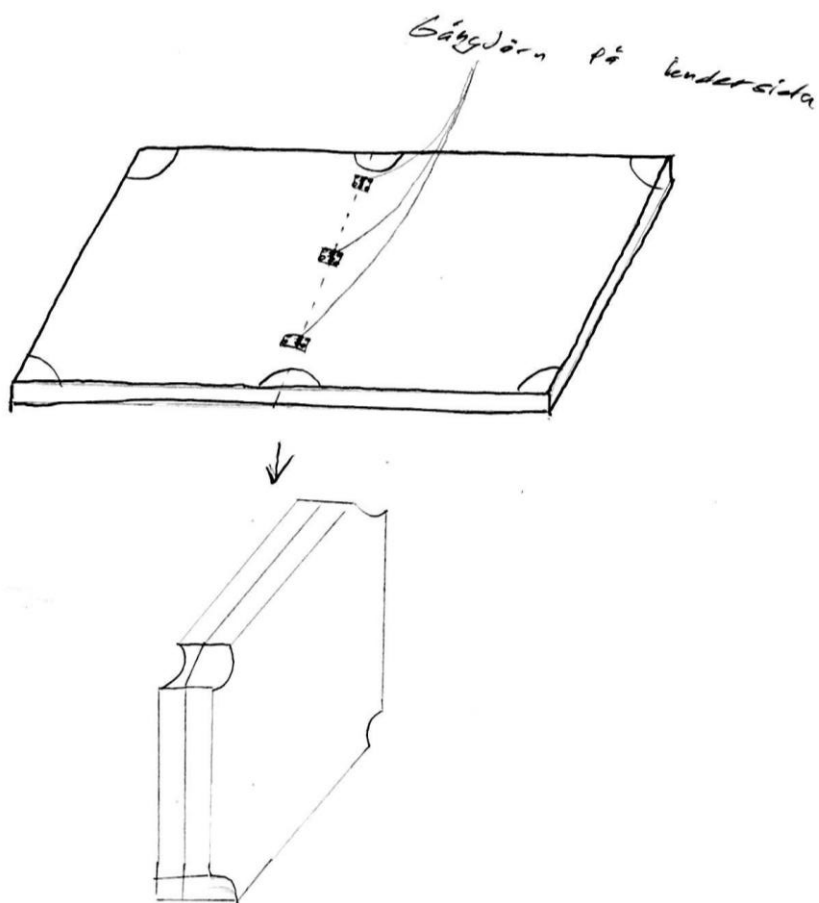
Bilaga 6: Dellösning A6. Handtag på Biljardbord.



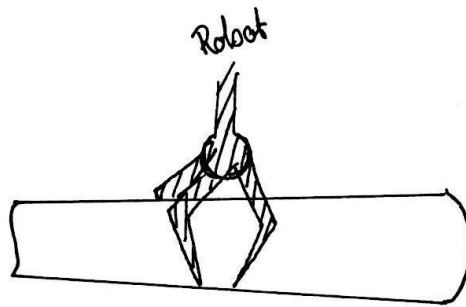
Bilaga 7: Dellösning A7. Man placerar en spårbana så man enklare kan få bordet i rörelse.



Bilaga 8: Dellösning A8. Vikbart biljardbord.

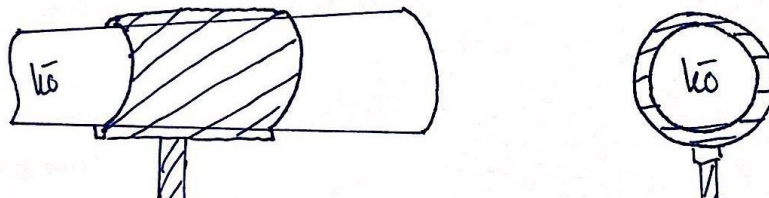


Bilaga 9: Dellösning B1. Gripklo som tar tag i biljardkö.

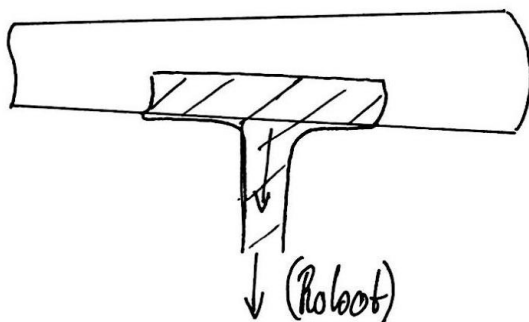


Gripklor

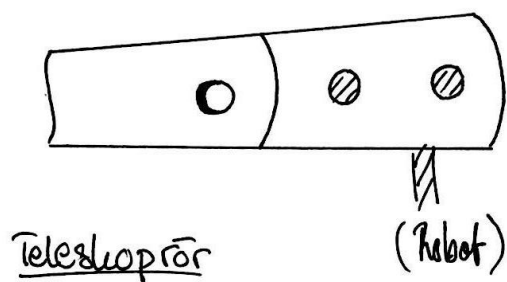
Bilaga 10: Dellösning B2. Koniskt gripdon som är anpassad efter biljardköns diametrar.



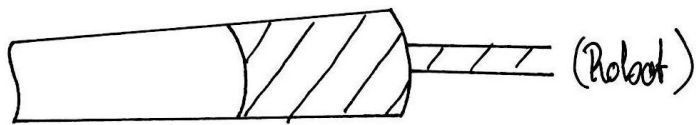
Bilaga 11: Dellösning B3. Gripdon som med hjälp av vakuum håller fast biljardkö.



Bilaga 12: Dellösning B4. Biljardkö med "teleskop"-funktion för möjligheten att anpassa längd.

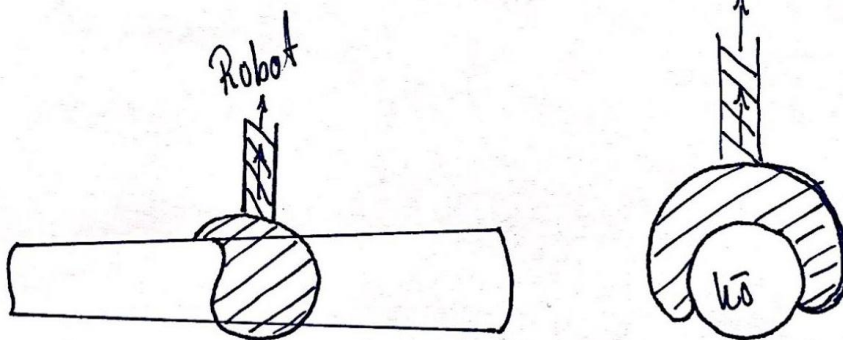


Bilaga 13: Dellösning B5. Gripdon med inbyggd biljardkö.



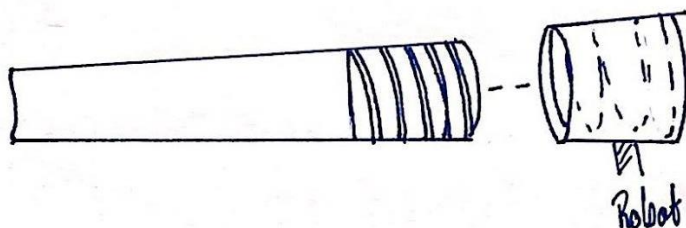
Köarm

Bilaga 14: Dellösning B6. Vätskefylld membranboll som med hjälp av vakuum kan gripa de flesta former.



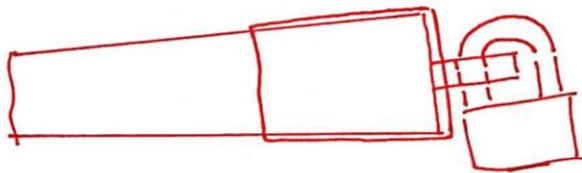
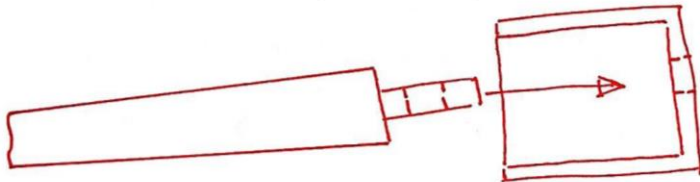
Bilaga 15: Dellösning B7. Gångat i slutet av biljardkön och i gripdonet som gör det möjligt att skruva fast kön i gripdonet.

Skruvspår



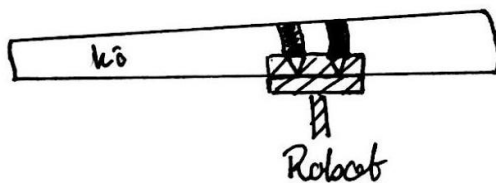
Bilaga 16: Dellösning B8. Biljardkö sätts fast i gripdon med ett hänglås.

Hänglås

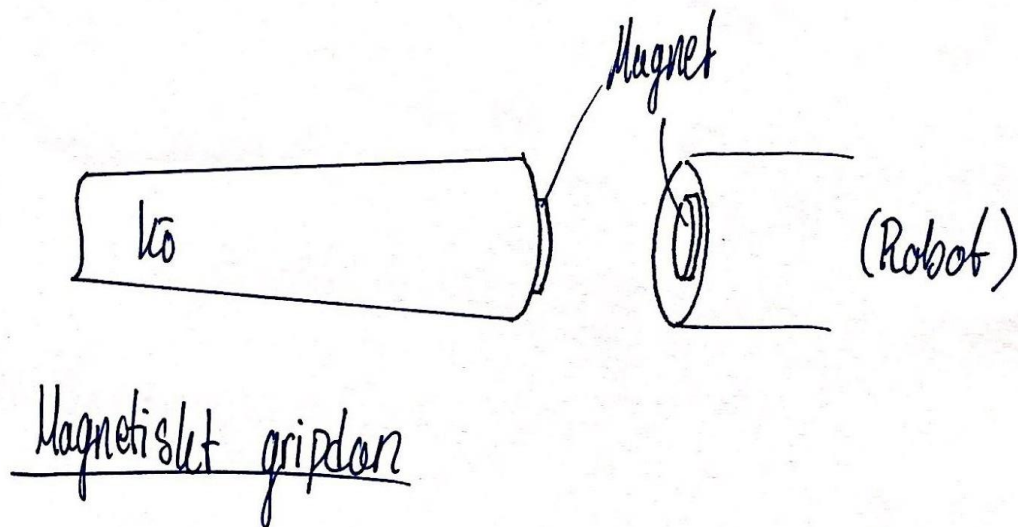


Bilaga 17: Dellösning B9. Biljardkö fäst mot gripdon med remmar.

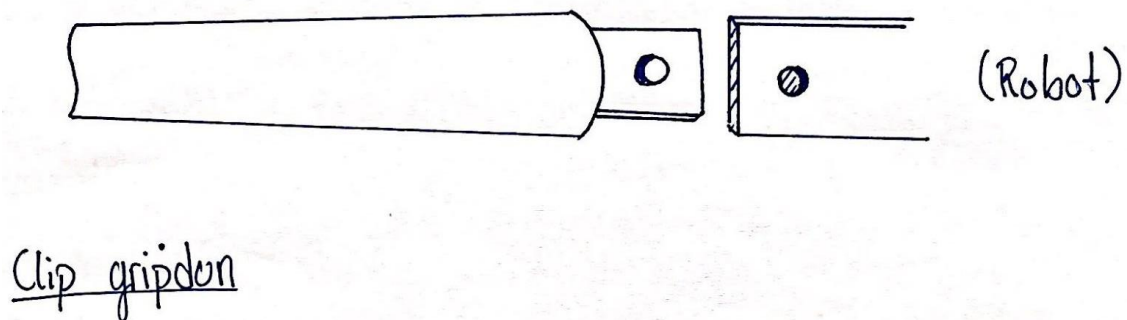
Remmar



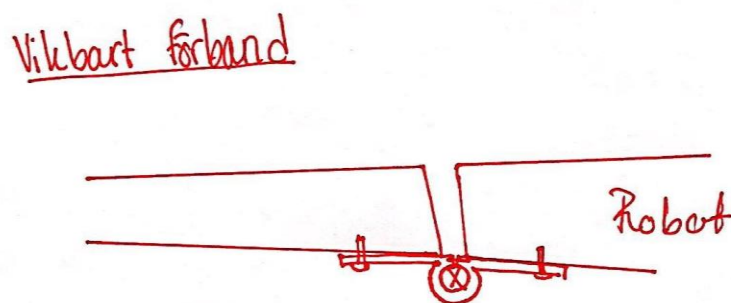
Bilaga 18: Dellösning B10. Biljardkö som fästs mot robot via magnet.



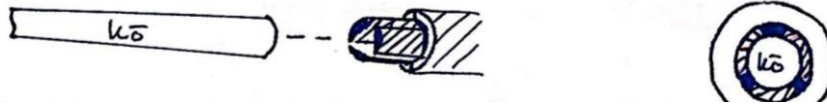
Bilaga 19: Dellösning B11. I denna dellösning "klickar" kön på plats när denna förs in i gripdonet och på detta sätt låses den fast. Principen används bland annat i nyckelband.



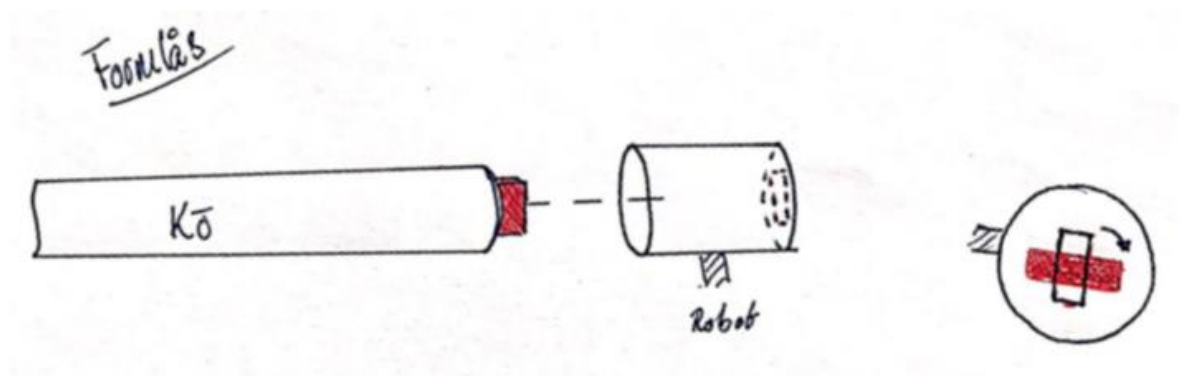
Bilaga 20: Dellösning B12. Biljardkö som kan vika sig.



Bilaga 21: Dellösning B13. Gripdon använder sig av "Borrchuck" princip för att greppa biljardkön

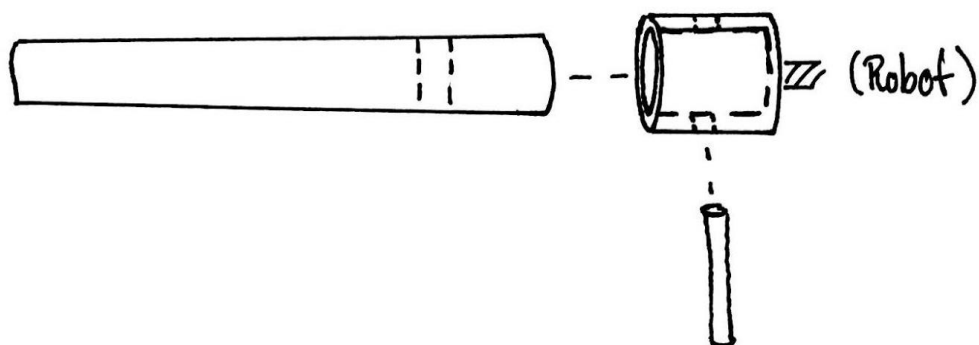


Bilaga 22: Dellösning B14. Formlås på ände av kö som gör det möjligt att låsa fast i gripdonet.

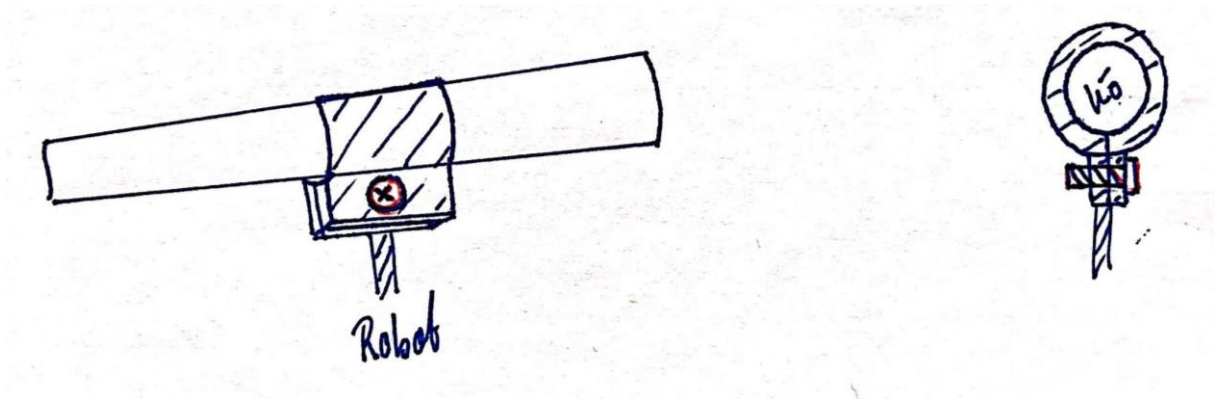


Bilaga 23: Dellösning B15. Sätter fast biljardkö i robot via axelpassning.

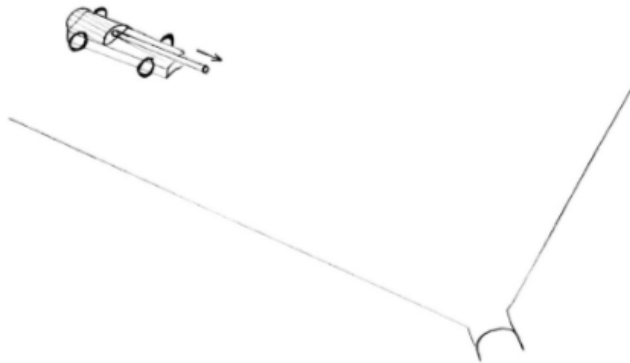
Axelpassning



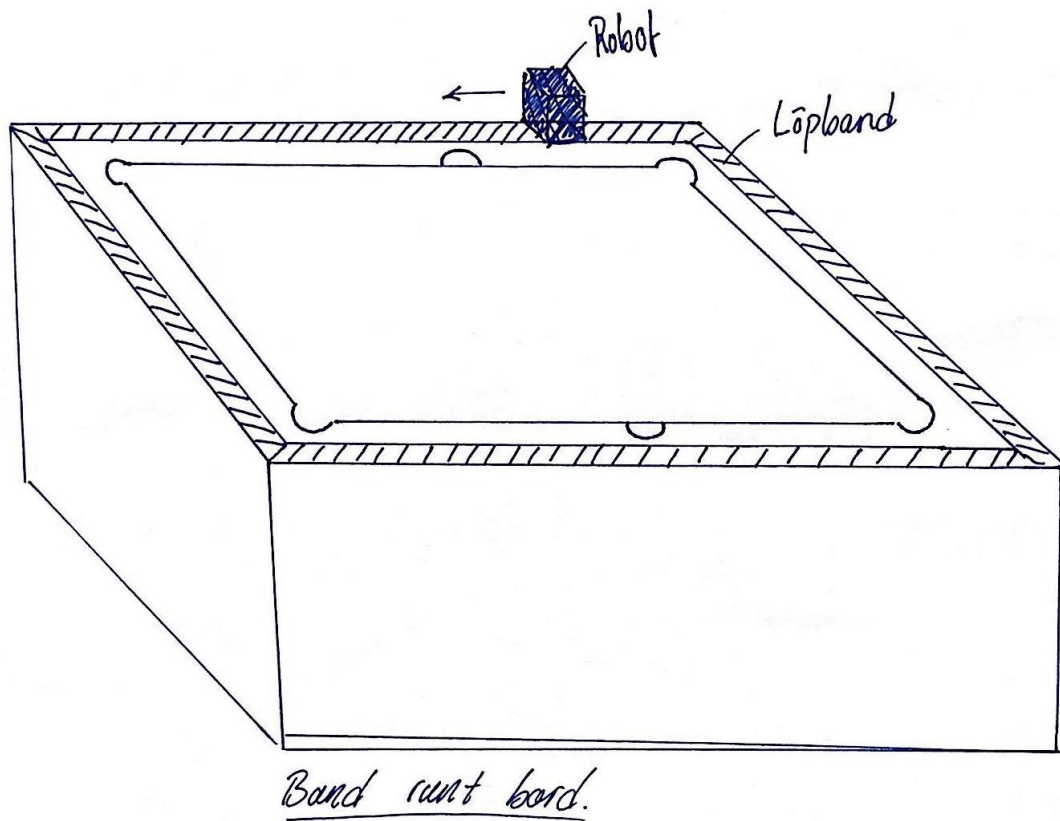
Bilaga 24: Dellösning B16. Biljardkö hålls på plats av en passning som man krymper via en skruv så kön hålls på plats.



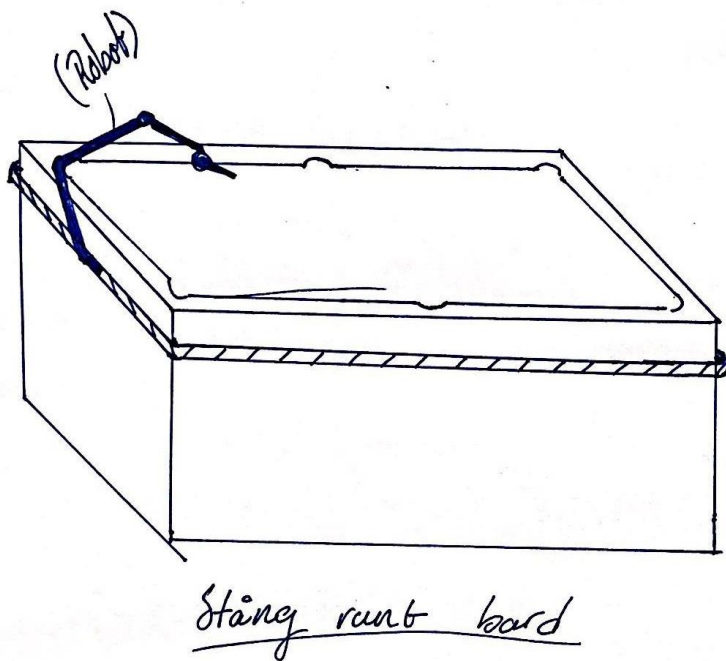
Bilaga 24: Dellösning C1. Bil med inbyggd biljardkö som åker runt på bord.



Bilaga 25: Dellösning C2. Robot kan positioneras med hjälp av ett löpband som går runt bordet.

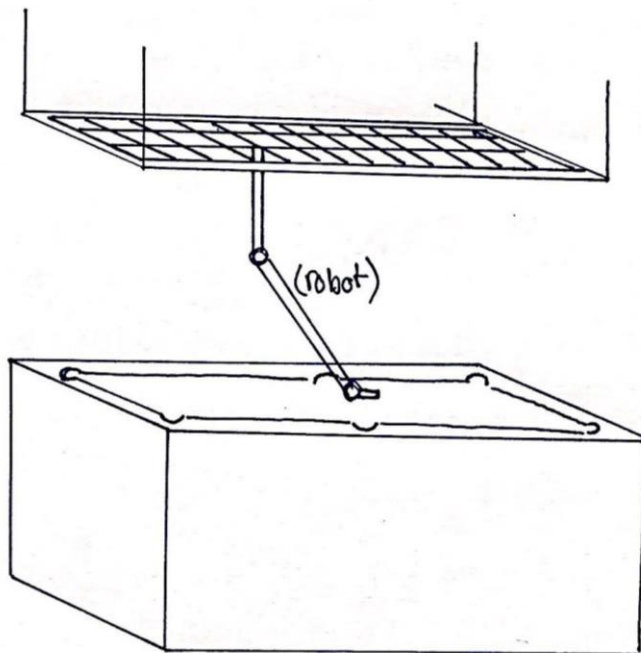


Bilaga 26: Dellösning C3. Robot fäst i stång runt bord.



Bilaga 27: Dellösning C4. Robot fäst i tak som kan röra sig i 3 dimensioner.

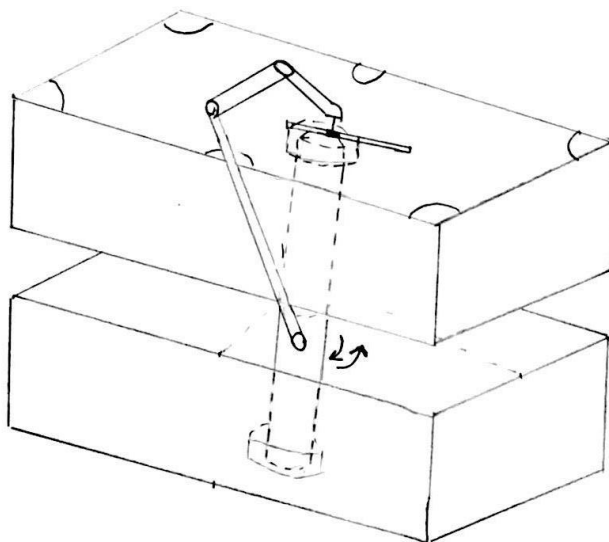
C.4



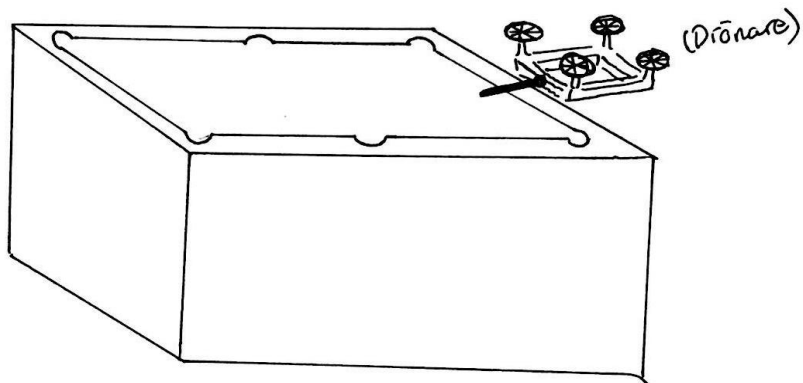
rutnät fäst i tak m. integ. arm

Bilaga 28: Dellösning C5. Robot fäst i centralaxel som kan rotera 360 grader.

C.5

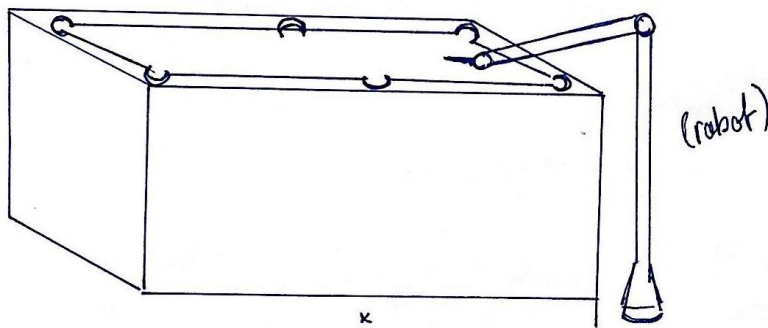


Bilaga 29: Dellösning C6. Drönare med inbyggd kö.



Drönare

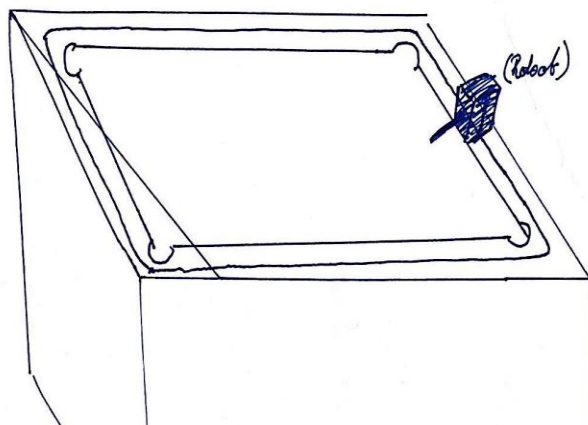
Bilaga 30: Dellösning C7. Stationär rörlig arm med integrerad kö.



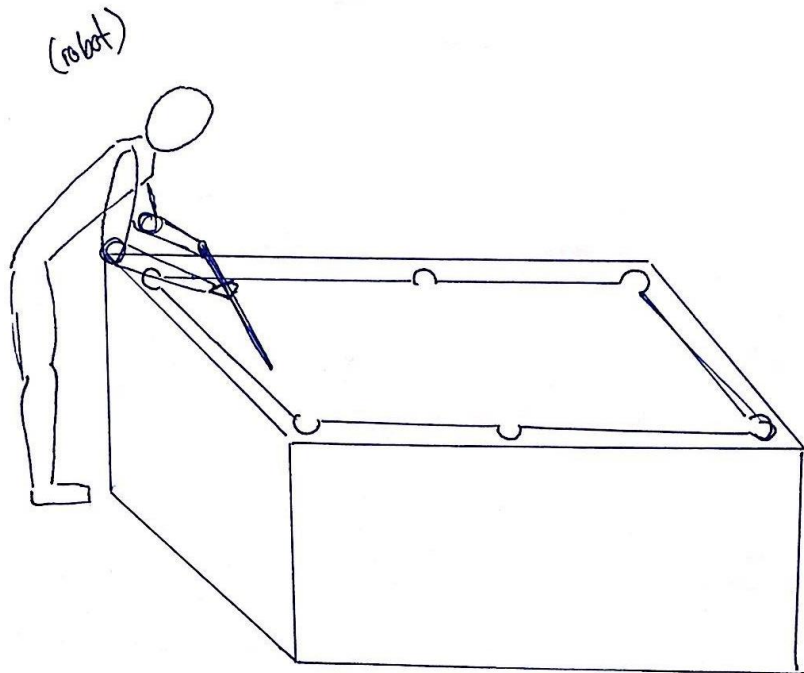
Stationär rörlig arm m. integ. kö

Bilaga 31: Dellösning C8. Spår i bordskant som gör det möjligt för robot att positionera sig runt banan.

Spår i bordskant.

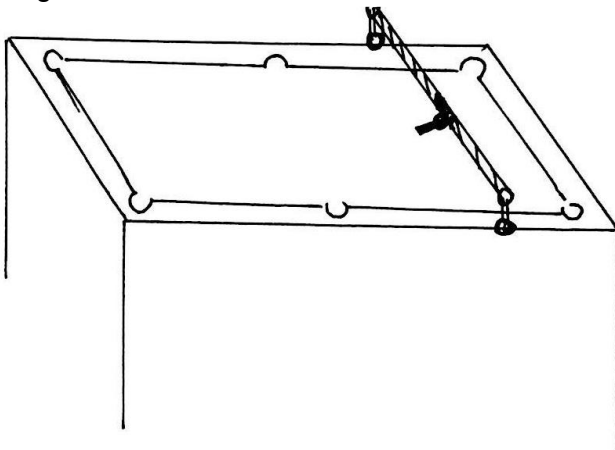


Bilaga 32: Dellösning C9. Människoliknande robot.



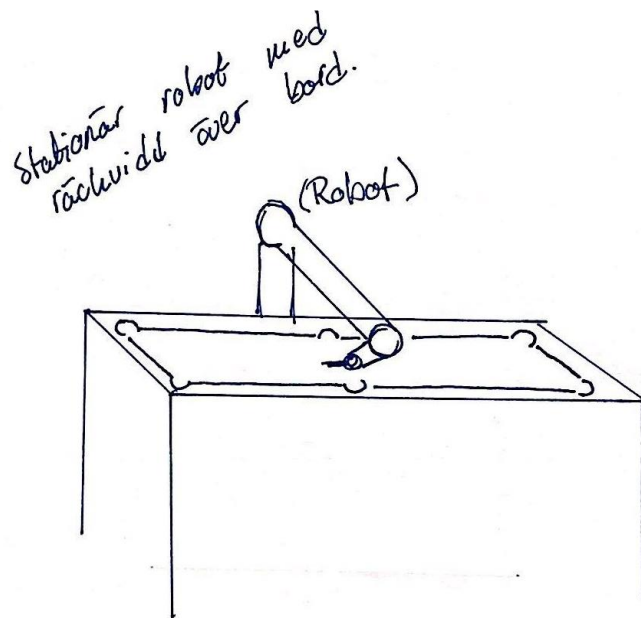
Människoliknande robot

Bilaga 33: Dellösning C10. stång som rör sig över bordet där en robot kan positionera sig längs stången.

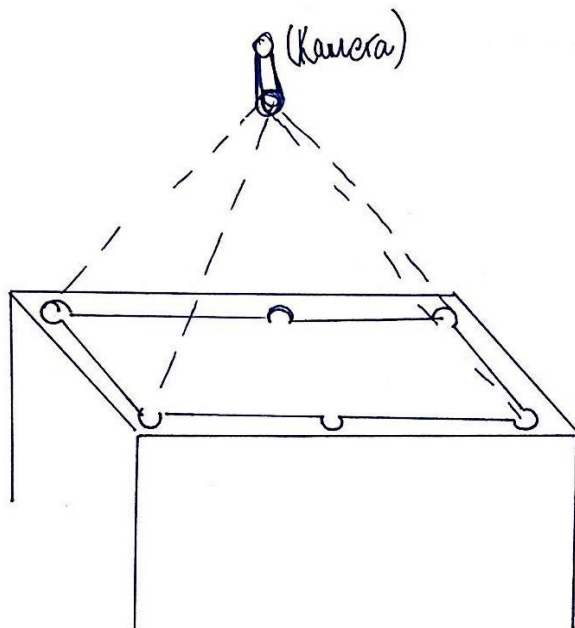


Rullande robot

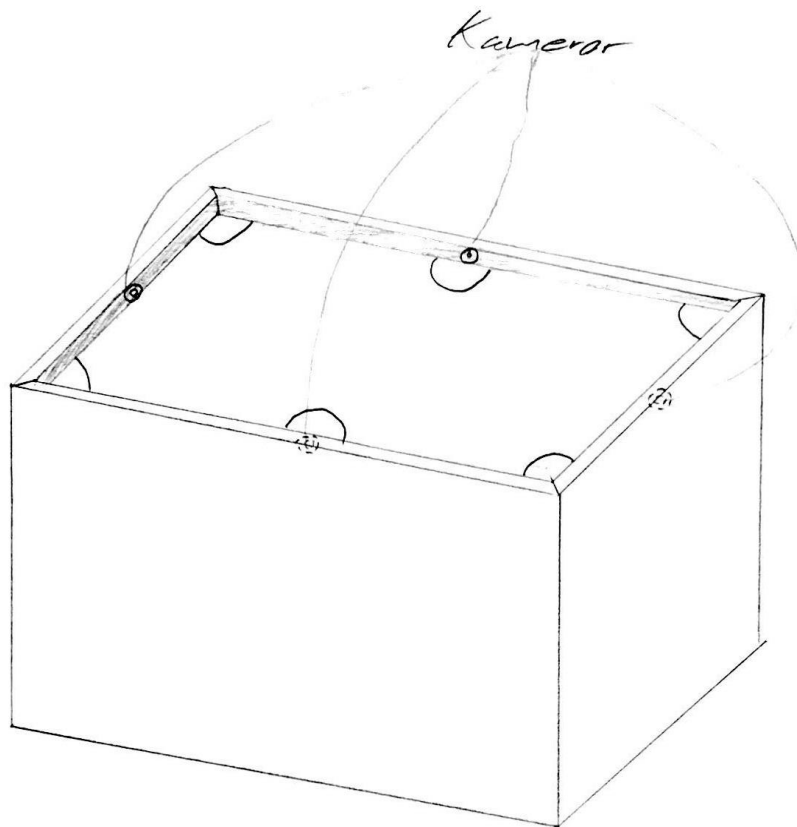
Bilaga 34: Dellösning C11. Stationär robot på bord med tillräckligt stor räckvidd.



Bilaga 35: Dellösning C12. Visionsystem. Kamera i taket.

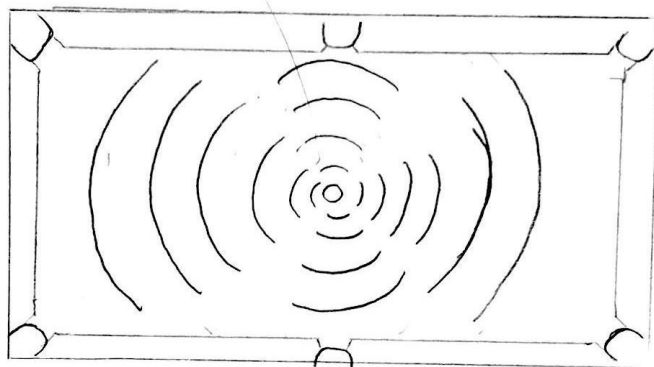


Bilaga 36: Dellösning C13. Visionsystem. Kameror i kanter.

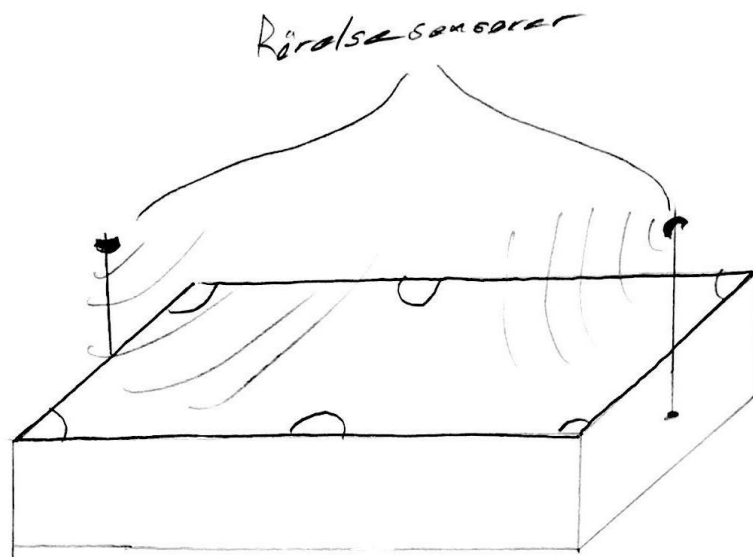


Bilaga 37: Dellösning C14. Trycksensor på bord som känner av bollarnas position och bana.

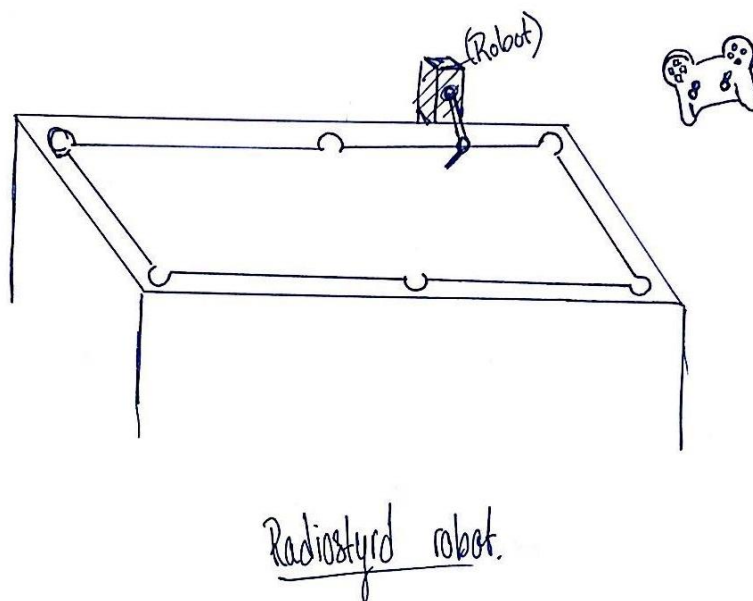
Trycksensor på bord



Bilaga 38: Dellösning C15. Rörelsesensorer som känner av bollarnas position och bana.

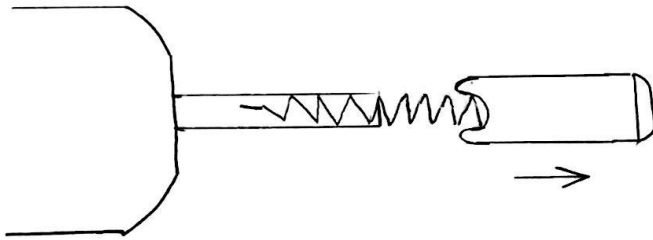
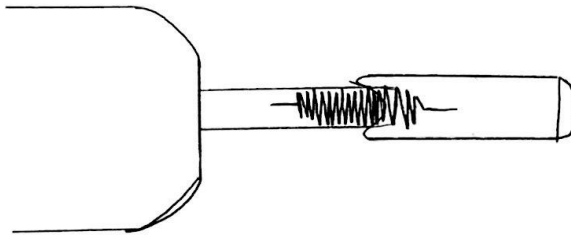


Bilaga 39: Dellösning C16. Radiostyrd robot.



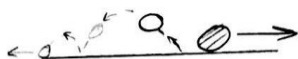
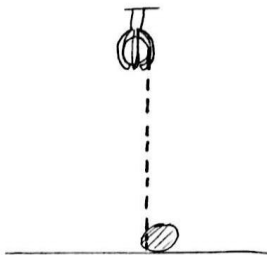
Bilaga 40: Dellösning D1. Fjädermekanism i kö. En fjäder komprimeras som sedan utlöses för att stöta boll.

D1



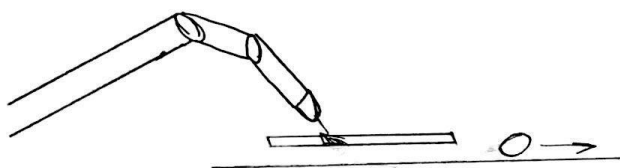
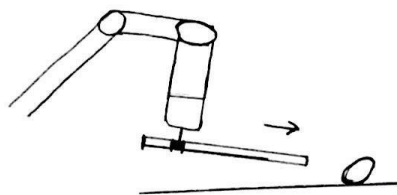
Bilaga 41: Dellösning D2. Släppa en boll på en annan för att få den i rörelse.

D2



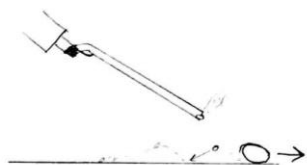
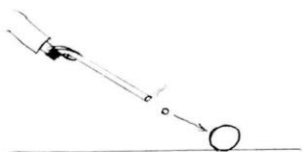
Bilaga 42: Dellösning D3. Robotarm stöter bollen med hjälp av kö.

D3



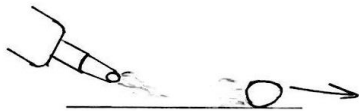
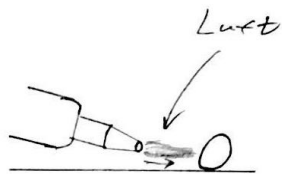
Bilaga 43: Dellösning D4. Avfyra skott på boll för att få boll i rörelse.

D.4



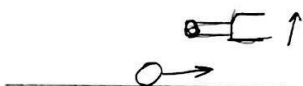
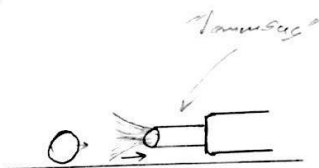
Bilaga 44: Dellösning D5. Tryckluft på boll för att få den i rörelse.

D5



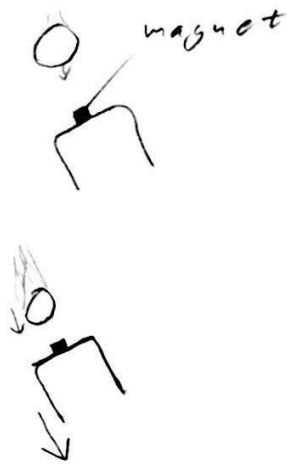
Bilaga 45: Dellösning D6. "Damsuga" bollen mot sig och flytta undan när bollen är i rörelse.

D6

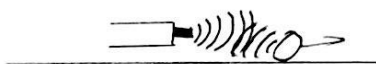
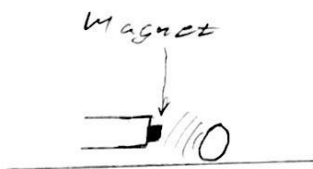


Bilaga 46: Dellösning D7. Dra bollen mot sig och flytta undan via magnet.

D 7

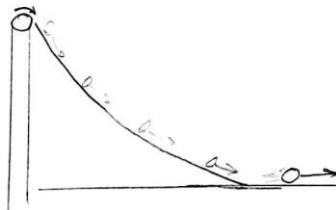
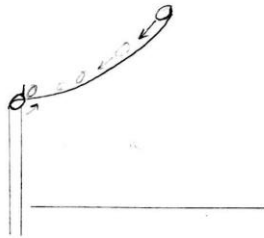
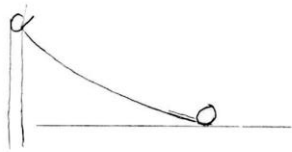


Bilaga 47: Dellösning D8. En magnet positioneras vid en magnetiskt laddad köboll. När magneter på maskinen "slås på" så kommer köbollen repellera.



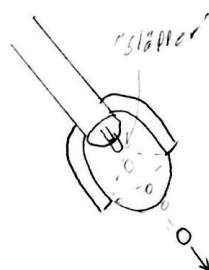
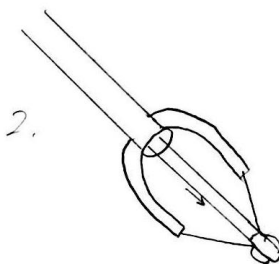
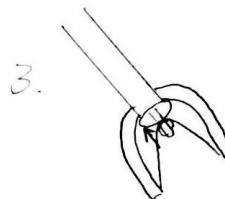
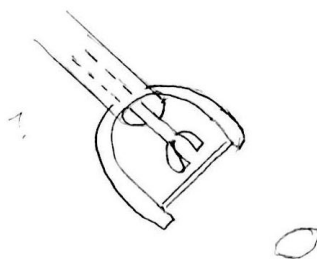
Bilaga 48: Dellösning D9. En köboll plockas upp av en rutschkana som i sin tur låter bollen rulla nerför banan för att få köbollen i rörelse.

D9



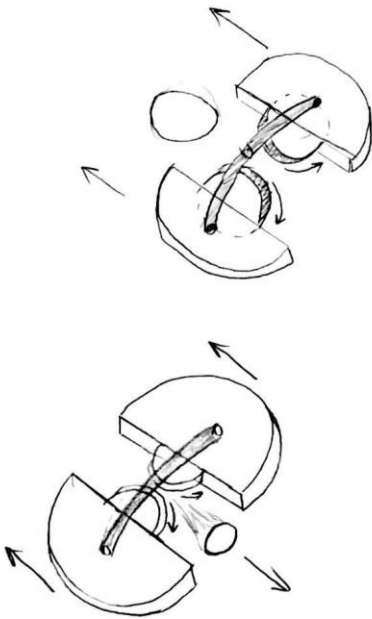
Bilaga 49: Dellösning D10. Gripklo som drar åt bollen mot en "slangbella". Gripklon tar tag i köbollen samtidigt som bandet följer med. När gripklon har gripit bollen så dras den åt och sedan släpper griklon bandet och köbollen.

D10

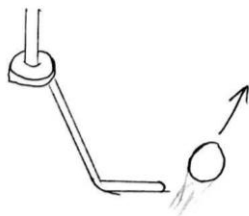
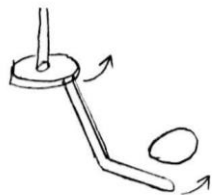


Bilaga 50: Dellösning D11. Två hjul som roterar. När köbollen förs in emellan de två roterande hjulen så skjuts den iväg.

D11

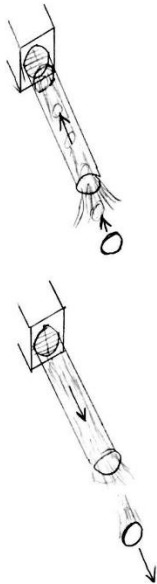


Bilaga 51: Dellösning D12. En roterande "golfklubba" som stöter åt bollen.

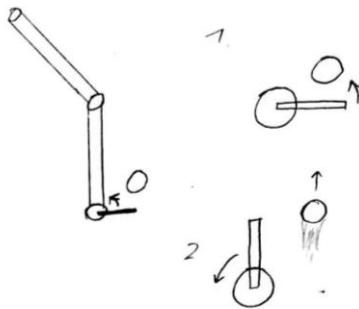


Bilaga 52: Dellösning D13. Maskinen suger åt sig bollen i ett rör som sedan skjuts ut.

D13



Bilaga 53: Dellösning D14. Roterande kula med en inbyggd pinne. När kulan roterar så kommer pinnen stöta i köbollen.



Bilaga 54: Dellösning D15 och D16. En el-/pneumatikdriven köaxel som stöter köboll.

