

# Projektrapport

Automatisk fotografering vid marklaserskanning

## Sammanfattning

Vid marklaserskanning av en omgivning skapas ett 3D-punktmoln innehållandes styrkan av reflektionerna i laserpunkterna. Genom att matcha punktmolnet med panoramabilder av omgivningen kan punkterna färgsättas. På Sveriges Lantbruksuniversitet har fotograferingen av panoramabilderna tidigare skett manuellt, men har under detta projekt automatiserats. För att lösa uppgiften har en plattform med en gimbal, två stegmotorer, en pekskärm och ett mikrokontrollerkort (Arduino) skapats. Gimbalen består huvudsakligen av kolfiberrör och komponenter har fästs med hjälp av delar designade i CAD och utskrivna i plast via 3D-skrivare. Stegmotorerna roterar kameran i azimuth- respektive zenith-riktning, utifrån parametrar som användaren ställer in via pekskärmen. Vid testkörningarna gick den automatiska fotograferingen snabbare än den manuella och matchningen mellan panoramabilderna och punktmolnet fungerade. Kameran missade dock några bilder, vilket beror på problem med hur lång tid den är inställd på att fokusera och vilken omgivning den fotar i. Detta gav inga problem med skapandet av panoramabilder, men innebär möjligheter att utveckla plattformen med optimering av kamerainställningar.

Isabelle Niemi (isabelle.niemi@umu.se), Evelina Salomonsson  
(evsa0036@student.umu.se), Philip Nilsson (phni0004@student.umu.se).  
Handledare: Mattias Nyström (Mattias.Nystrom@slu.se)

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Material och metoder</b>	<b>1</b>
2.1	Val av styrsystem . . . . .	1
2.1.1	Jämförelse . . . . .	2
2.2	Val av kommunikation . . . . .	2
2.2.1	Mjukvara . . . . .	3
2.3	Trigger . . . . .	4
2.4	Pipande ljud . . . . .	5
2.5	Design . . . . .	5
2.5.1	Vårt val . . . . .	7
2.5.2	Material . . . . .	8
2.6	Motorer . . . . .	8
2.6.1	Borstlös motor . . . . .	8
2.6.2	Stegmotor . . . . .	9
2.6.3	Servomotor . . . . .	9
2.6.4	Vårt val . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Avgränsningar</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Kostnad</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Utvecklingsmöjligheter</b>	<b>14</b>

# 1 Bakgrund

Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, har en marklaserskanner som används för att återskapa omgivningar med hjälp av reflektion av laserpulser med våglängd 1500 nm. Detta återskapande sker i form av ett 3D-punktmoln som visar styrkan av reflektionerna i laserpunkterna. För att kunna färgsätta punktmolnet används en vanlig kompaktkamera som överlappande i höjd- och sidled fotograferar samma omgivning som tidigare skannats. Genom att i en programvara matcha ihop bilderna från kameran med laserpunktmolnet kan man få varje laserpunkt i 3D-molnet färgsatt med RGB (red, green, blue). Den uppställning som nu används är ett trebent stativ som först marklaserskannern monteras på för skanning och sedan kameran för fotografering. Vridningen av kameran sker manuellt, vilken tar ca 8 minuter att genomföra. Denna vridning önskas automatiseras och då vrida kameran automatiskt enligt inställningar användaren ställer in, såsom överlapp mellan bilder.

Syftet med projektet är att ta fram både hårdvara och mjukvara så att fotograferingen sker automatiskt utifrån de parametrar som användaren matar in. Detta är önskvärt då det leder till en tidsbesparing, då tiden det tar för att manuellt vrida kameran kan ägnas åt andra arbetsuppgifter. Målet är att ta fram en plattform som automatiskt fotograferar med en Sony NEX-3N-kamera med angivet överlapp mellan bilderna. De parametrar som användaren ska mata in är:

- Överlapp i azimuth-riktning
- Överlapp i zenith-riktning
- Gradtal som plattformen ska vrida sig i azimuth (maximalt 0 till 360 grader)
- Gradtal som plattformen ska vrida sig i zenith (maximalt -80 till 80 grader)
- Sensorstorlek och brännvidd

Sensorstorleken och brännvidden ska matas in för att olika kameror ska kunna användas. Vidare bör dessa parametrar inte behöva matas in igen nästa gång, utan ligga kvar tills nya parametrar matas in. Riggen ska fästas på det trebensstativ som marklaserskannern är fäst på under skanning. Detta fäste kan antas vara plant placerat. De krav som ställs på plattformen är:

- Kameran ska fotografera automatiskt med de givna överlappen
- Plattformens minsta gradsteg ska vara max 5 grader
- Kamerans placering ska vara justerbar så att kamerans tyngdpunkt fixeras i rotationscentrum
- Kameran ska vara placerad så att kamerans sensor är placerad på samma position som laserskannerns skanningspunkt
- När fotograferingen är slutförd ska ett pipande ljud avges för att uppmärksamma användaren om detta

## 2 Material och metoder

### 2.1 Val av styrsystem

För att möta de krav som ställts på stativet krävdes att stativet kunde styra två motorer, kontrollera någon sorts ljudgivare, trigga en kamera samt kunna ta in instruktioner till hur denna process skulle gå till väga genom en skärm eller dosa. Projektgruppen övervägde två alternativ som skulle kunna klara dessa uppgifter. Det första alternativet var att använda en minidator i form av en Raspberry Pi och det andra att använda ett Arduino, vilket är ett mikrokontrollerkort.

### 2.1.1 Jämförelse

Ett Arduino består av ett antal *pins*, vilka är små sladduttag, som kan koda till att skicka signaler i form av en spänning. Dessa pins kan även användas som input för signaler som gör att Arduinokortet kan reagera på exempelvis sensorer. Arduinos mjukvara och utvecklingsmiljö är öppen källkod och det finns mycket tillgänglig information och exempelkod, vilket gör mjukvaran mycket användarvänlig. Det finns ett antal olika varianter av korten, vilka kan skilja sig i bl.a. drift-/inspänning, antal pins och prestanda.

En Raspberry Pi har en vanlig dators viktigaste egenskaper och passar således bra för system som kräver högre processorkraft. Dock krävs ett operativsystem för att en Raspberry Pi ska fungera. Att Raspberry Pi är en minidator innebär att den kan göra allt ett Arduino kan, men också mycket utöver detta; den är betydligt mer avancerad än ett Arduino.

Båda alternativen ligger i liknande prisklasser, men Arduino är något billigare. För att välja styrsystem utgicks då ifrån vad det ska klara av att göra, d.v.s. ta in parametrar och räkna ut bildvinkel via sensorstorlek och brännvidd, styra motorer utifrån parametrarna, trigga kameran och sedan kontrollera ljudgivaren så att den piper vid avslutad fotografering. Med andra ord är det inga tunga beräkningar som behövs göras och därmed är en högre processkraft inte nödvändig. Enkelheten för Arduino väger då över, då den har alla egenskaper som behövs för detta projekt och det är mer tidseffektivt att välja den mindre komplicerade av dessa två. För att få nog med pins för att kunna koppla in alla komponenter valdes ett Arduino Mega, vilket innehar 54 digitala in/ut-pins (varav 15 PWM) och 16 analoga in-pins. Ett Arduino Mega kan ses i fig. 1 nedan. Rekommendationerna för spänningen som ska driva Arduinot är 7-12 V, varpå ett batteri på 9 V valdes.



Figur 1: Mikrocontrollerkortet Arduino Mega [1].

## 2.2 Val av kommunikation

För att som användare kunna kommunicera parametrar till plattformen krävdes ett kommunikationssystem. En skärm som visar vilka parametrar som valts är nödvändig för att kunna kontrollera att det plattformen uppfattar och det användaren matar in överensstämmer. Valet stod då mellan att ha en dosa där parametrarna kan knappas in och en skärm som endast kan visa dem, eller en pekskärm som både kan ta in parametrar och visa dem. Valet föll på en pekskärm, då en sådan går att skraddarsy efter behov och på så sätt öka användarvänligheten. Risken med att köpa en färdig dosa är att den kan innehålla knappar som ej behövs, vilket är onödigt ur användbarhetssynpunkt. För enkelhetens skull föll valet sedan på en TFT (Thin Film Transistor) LCD-skärm 2.8'' med en upplösning på 320 x 240, då den är designad som en sköld som kopplas till Arduinot genom att helt enkelt trycka fast skölden på kortet

(via pinsen). Skärmen styrs genom SPI (Serial Peripheral Interface), vilket medför att många pins på ett Arduino Mega lämnas lediga. Detta var ytterligare en anledning till varför just denna skärm valdes, då fler funktioner i plattformen (som motor, buzzer, trigger) också måste kopplas till pins. Skärmen är en resistiv pekskärm, vilket är något billigare och ofta har högre precision än kapacitiva pekskärmar. De funktioner som istället är bättre hos kapacitiva pekskärmar, exempelvis multitouch, var inte nödvändiga för den här typen av användning [2].

### 2.2.1 Mjukvara

Nackdelen med den valda skärmen, vilket var okänt vid valet, är dock att det vanliga biblioteket som finns att tillgå för TFT-skärmar inte kan användas. Detta är en waveshare-skärm, vilket kräver ett annat bibliotek. Det bibliotek som istället användes har begränsade funktioner, exempelvis vad gäller typsnitt samt decimaltalshantering i utskrift. Koden för skärmen är därför snarare skraddarsydd för sitt syfte än generisk. Via ett tangentbord på skärmen kan användaren skriva in följande:

- Rotation i azimuth-riktning i heltal grader. Maximalt 360 grader.
- Överlapp i azimuth-riktning i procentandel av bildvinkeln. Maximalt 100 % (100 % kommer dock omöjliggöra rotation och vid eventuell sådan inmatning kommer detta villkor att dominera rotations-villkoret)
- Rotation i zenith-riktning både uppåt och nedåt, med referenspunkten 0 grader där kameran står monterad med botten horisontell. Maximalt 80 grader nedåt och 80 grader uppåt.
- Överlapp i zenith-riktning i procentandel av bildvinkeln.
- Sensorbredd, sensorhöjd och brännvidd i mm. Dessa har en begränsning på 99, 99 respektive 500 mm. Dessa storlekar kan anges med upp till 2 decimaler.

För användarvänlighetens skull varnas användaren om denne skriver in parametrar som överstiger gränserna, eller om formatet inte stämmer (exempelvis ett fyrsiffrigt gradtal eller fler decimaler än 2 vid storleksangivelse). Vid godkänd inmatning sparas parametrerna och användaren meddelas om att inmatningen godkänts. På skärmen går det att navigera så att det går att ändra värdena fram tills dess att användaren väljer att köra igång fotograferingen.

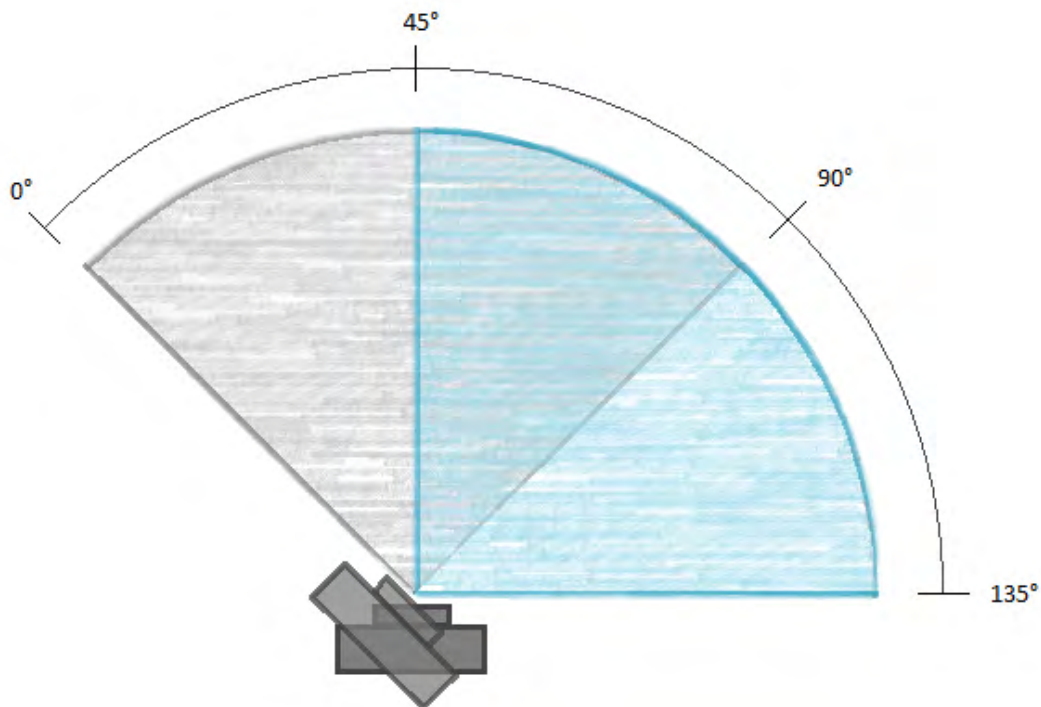
På signal från användaren att fotograferingen ska köras igång räknas bildvinkeln  $\alpha$  ut genom [3]

$$\alpha = 2 \cdot \arctan \frac{D}{2f},$$

där  $D$  är sensorstorleken och  $f$  brännvidden. I detta fall är sensorbredd och sensorhöjden de 2 sensorstorlekar som används, då bildvinklarna i azimuth och zenith är de som kommer att vara relevanta.

När parametrarna valts och fotograferingen startas, sparas parametrarna i en txt.fil på ett micro-SD inuti skärmen. Minneskortet och skärmen delar samma SPI-buss, vilket gör att om minneskortet sätts in/tas ut när skärmen är igång kan skärmen tolka signalerna på felaktigt sätt och rita ut oönskad grafik på skärmen. Därför måste skärmen alltid vara avstängd vid eventuell insättning eller uttagning av minneskortet. Varje gång skärmen startas upp på nytt, läser den igenom parametrarna från minneskortet och använder dem som initiala värden. Därefter är det möjligt att ändra enstaka, några eller alla värden. När fotograferingen är klar kan användaren välja mellan att gå tillbaka till hemskärmen eller att köra igen med samma värden.

Med överlapp menas hur mycket av det kameran fångar upp i bild som även finns med på nästa bild efter en rotation. Ett azimuth-överlapp på 50 % för en kamera med en bildvinkel på 90 grader är visualiserat i fig. 2.



**Figur 2:** Figuren visar hur azimuth-rotationen ser ut för en kamera med 90 graders bildvinkel och ett inställt överlapp på 50 %.

För att kameran ska fotografera med jämna intervall antas överlappet som användaren matar in vara minimiöverlappet. I mjukvaran räknas sedan ut hur många gånger kameran skulle rotera utifrån det överlappet och avrundar uppåt till närmaste heltal. Det totala antalet grader som kameran ska rotera delas sedan in i jämna intervall utifrån det talet.

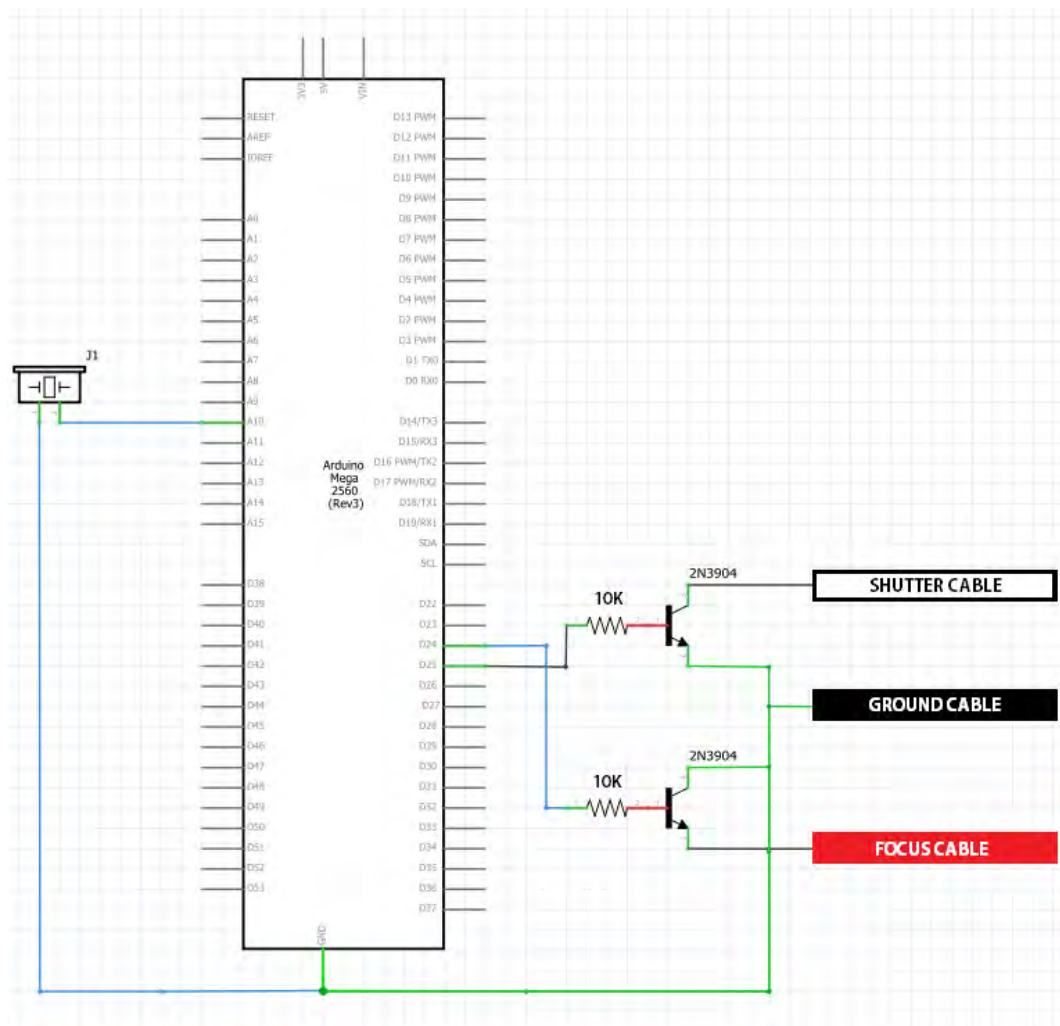
Koden för plattformen bifogas tillsammans med rapporten. För att ladda över en kod på Arduinot kopplas det till datorn via en USB-B-kabel, varefter man i Arduino-programmet trycker på "upload".

## 2.3 Trigger

Det automatiska triggandet av kameran sker via en triggerkabel som kopplas till microUSB-uttaget i kameran. Utifrån detta uttag utgår tre kablar: en som jordas direkt, en för fokusering och en för själva slutaren. Fokusering i kameran sker när fokuskabeln jordas och att därefter jorda slutarkabeln resulterar i en bild. För att styra när dessa kablar ska jordas används NPN-transistorer av typen 2N3904 som strömbrytare i kretsen. Mellan Arduinot och basen i transistorerna finns en resistor på  $10\text{ K}\Omega$  för att transistorerna ska klara av strömmen. Kretsen kan ses i fig. 3. I koden som laddas upp på Arduinot finns parametrar som bestämmer tiden för fokusering samt slutartiden, vilket med andra ord är hur lång tid transistorbaserna förses med ström för att jorda fokus- respektive slutarkabeln. Först fokuserar kameran en viss tid, sedan jordas även slutarkabeln en viss tid innan strömmen till de båda transistorbaserna slutligen bryts när bilden antas ha tagits. Hur långa dessa tider måste vara beror på vad kameran ska fotografera. Detta triggersystem kräver att kameran som ska användas i plattformen har ett microUSB-uttag, vilket gäller för de flesta Sony-kameror. Samma princip går att använda för att trigga kameror som inte har denna typ av uttag, med då måste slutarkabeln bytas ut till rätt typ och kretsen eventuellt modifieras.

## 2.4 Pipande ljud

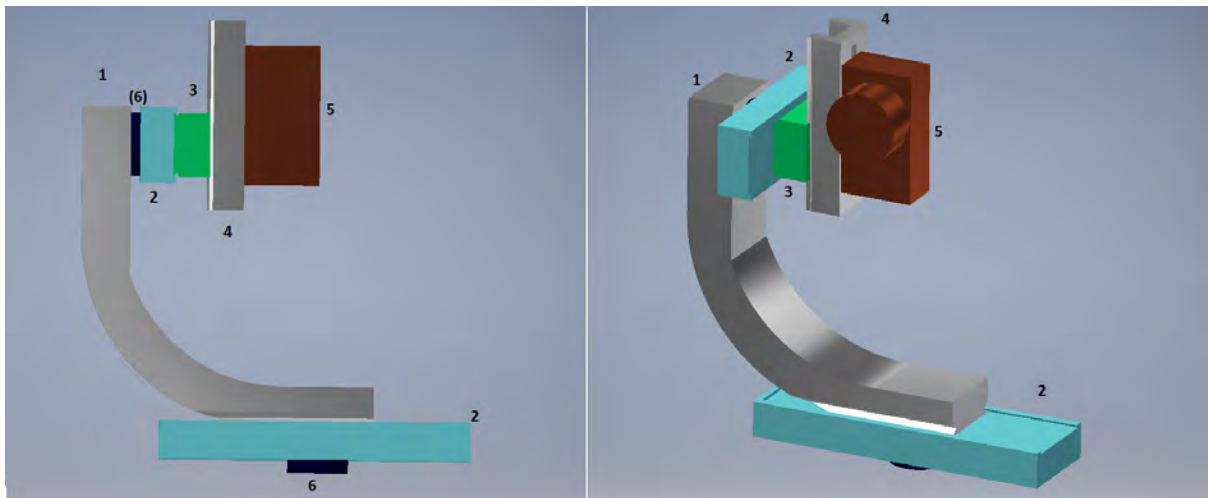
För att avge ett pipande ljud vid slutförd fotografering valdes den piezoelektriska summern CPE-827. Den är billig (ca 20 kr), kräver endast tillgång till en ledig pin (samt jord) och kan med hjälp av ett Arduino och enkel kod avge enkla ljud. Med tanke på dess syfte, att påkalla uppmärksamhet, är ett mer komplicerat audio-system inte så motiverat och CPE-827 fyller funktionen till en låg kostnad.



**Figur 3:** Figuren visar hur den piezoelektriska summern samt kablarna för triggandet är kopplade till Arduino.

## 2.5 Design

För att stativet skulle vara möjligt att vrida i två riktningar krävdes två motorer, en som vrider i azimuthal riktning samt en i zenital riktning. De två designern som togs fram var en enarmad, se fig.5, samt en tvåarmad modell, se fig.4.



**Figur 4:** Den tvåarmade modellen består av 1) en arm som kan roteras i azimutalriktning, 2) två skenor som kan roteras samt flytta armen inklusive kameran i sidled, 3) en skena som kan justera kameran i djupled, 4) en skena som kan justera kameran i höjdled, samt 6) två motorer.

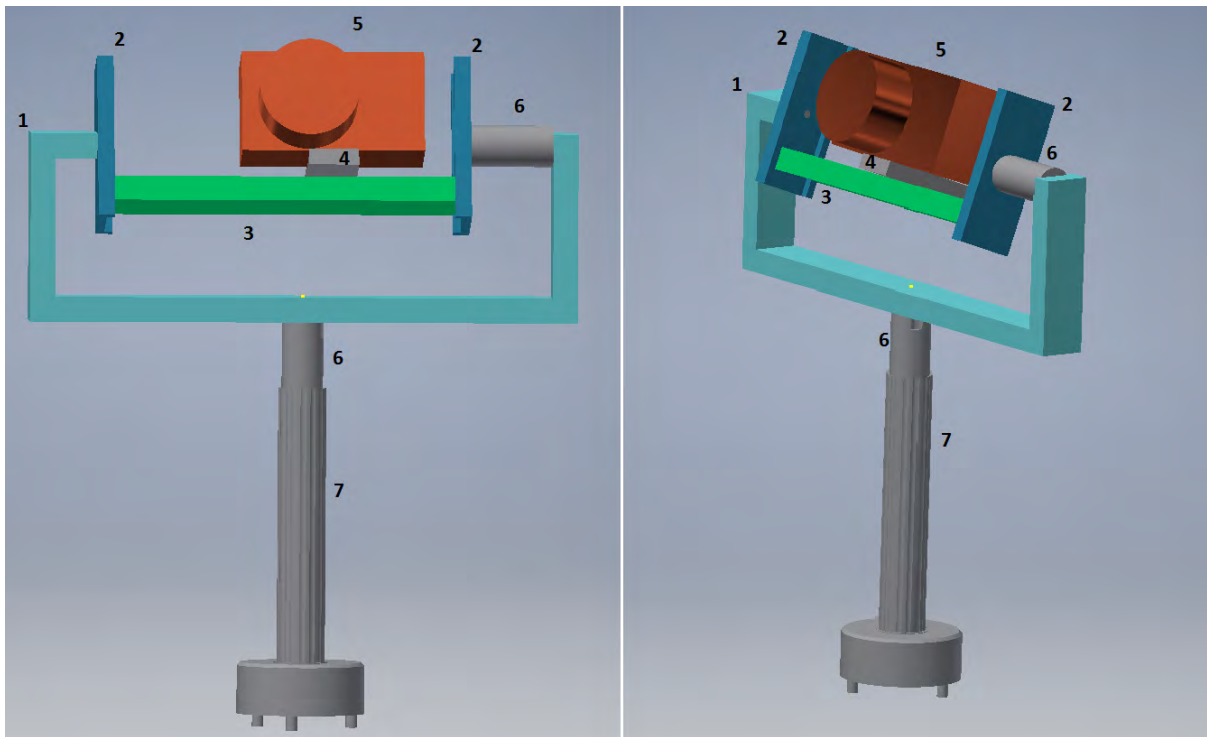
Fördelarna med den enarmade modellen är:

- Modellen begränsar inte kamerastorleken avsevärt eftersom kameran kan flyttas i höjdled.
- Stativet är lätthanterligt och lättpaketerat då konstruktionen är kompakt.

Nackdelar med den enarmade modellen är:

- Modellen måste konstrueras från grunden, vilket tar tid från resterande delar av projektet.
- Stativet måste tillverkas i form av 3D-utskrift eller fräsas ut i metall, vilket även detta tar tid från resterande delar av projektet.
- Det finns bara stöd från en sida vid rotation i zenital riktning, vilket innebär mindre stabilitet i jämförelse med det stöd från båda sidorna som den tvåarmade modellen ger.





**Figur 5:** Den tvåarmade modellen består av 1) en arm som kan skjutas i sidled och roteras i azimuth-riktning, 2) två skenor som kan roteras i zenital riktning och möjliggör justering av kameran i höjddled, 3) en skena på vilken kameran kan justeras i sidled, 4) en kamerahållare där kameran kan justeras i djupled, 5) en kamera, 6) en motor för vardera rotationsriktning, samt 7) en adapter som fästs på befintligt skannerstativ.

Fördelarna med den tvåarmade modellen är:

- Stativet minskar belastningen på den zenitalt roterande motorn, eftersom strukturen stödjer upp den motsatta sidan.
- Färdiga ställningar finns att köpa, vilket innebär att mer tid kan läggas på resterande delar av projektet.

Nackdelar med den tvåarmade modellen:

- Strukturen kräver två armar vilket begränsar kamerans bredd.
- Strukturen är blir mindre kompakt vilket kan leda till att stativet blir ömtåligt.

### 2.5.1 Vårt val

Den mest anpassade lösningen skulle vara att konstruera egna delar själva och sedan fräsa ut dessa i en metallfräs. Detta skulle vara praktiskt genomförbart vid ett projekt med större tidsomfattning. En bedömning gjordes att tiden inte skulle räcka till för att konstruera ett stativ från grunden. Därför valdes en befintlig tvåarmad gimbal som beställdes för att sedan modifieras till att passa projektets behov. Dessa behov inkluderade då bl.a. att kunna fästa rätt sorts motorer i gimbalen, att kunna fästa gimbalen i adaptorn och att få kameran i rätt höjd.



**Figur 6:** Modellen som beställdes och anpassades efter projekts behov. [4]

### 2.5.2 Material

Plattformen består i huvudsak av kolfiberrör samt fästena i metall och plast. Kolfiberrören är passande dels för att de är lätta, dels anpassningsbara, då det enkelt går att byta ut dem och på så sätt modifiera måtten på plattformen. En så lätt gimbal som möjligt var eftersträvt då det minskar vridmomentet som krävs för motorn som ska rotera i azimuth-riktning. Metallfästena följde med den gimbal som beställdes, men de bitar som specialdesignats för just denna konstruktion är gjorda av plast. Detta eftersom de är designade i CAD och utskrivna i 3D-skrivare. Att fräsa ut dessa delar i metall, skulle innebära en fördel i form av ökad hållfasthet. De större delarna däremot, som lådan för Arduinot och skärmen, anses vara fördelaktiga att behålla i plast då det skulle ge en märkbar viktskillnad att byta till exempelvis aluminium.

## 2.6 Motorer

En motor som används flitigt idag är DC-motorn, även kallad likströmsmotorn. Det är en elektrisk motor med mekanisk kommutering, som återfinns som komponent i en mängd andra motortyper [5]. Nedan beskrivs kortfattat de olika motortyper som övervägts i projektet.

### 2.6.1 Borstlös motor

En borstlös motor är en DC-motor utan mekanisk kommutering. En stor fördel med detta är minimalt mekaniskt slitage och därmed ökad motorlivslängd. Borstlösa motorer har dessutom höga verkningsgrader. En nackdel med dessa motorer är att de ej har någon positionsåterkoppling, utan behöver någon form av sensor till att hålla reda på rotorns position [6].

### 2.6.2 Stegmotor

En stegmotor är en typ av borstlös motor. Karaktärstikn för stegmotorer är att de genererar rörelse i diskreta steg [7]. Dessa steg är vinkelberoende, vilket betyder att en stegmotor tar ett begränsat antal steg per varv. Nackdel med detta är att de har svårt att nå höga varvtal. De diskreta stegen gör däremot att motorn själv kan hålla reda på sin position, förutsatt avsaknad av yttre tröghetsmoment. Andra fördelar med stegmotorer är att de är lätta att styra med hjälp av styrkort och har en enkel konstruktion, vilket gör dem väldigt kostnadseffektiva [8].

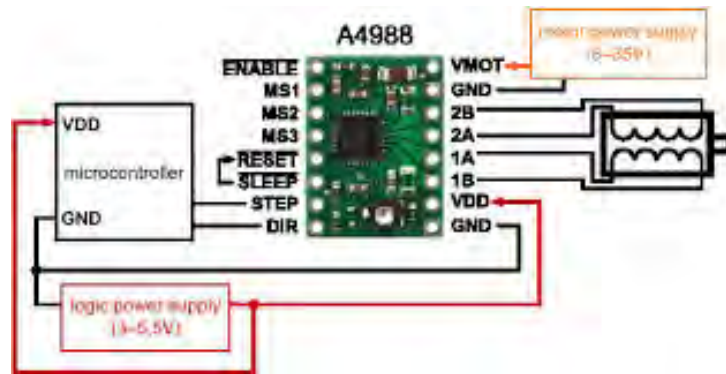
### 2.6.3 Servomotor

Till servomotorer hör alla motorer som har någon slags lägesåterkoppling [9]. Det finns idag en mängd olika servomotorer, varav alla hör till någon av följande grupper: AC eller DC. AC-motorerna, även kallade växelströmsmotorer, klarar av höga strömstötter och lämpar sig därför i tillämpningar såsom positioneringskontroll i större industrier. DC-motorerna, eller likströmsmotorerna, används istället i enklare tillämpningar såsom radiostyrda leksaker och robotar. Typiskt för servomotorer är att de har en mycket bra lägesåterkoppling, samt att de har god effekt i förhållande till sin storlek [10].

### 2.6.4 Vårt val

Då plattformen skulle byggas utifrån en färdig gimbal, beslutades det att använda motorerna som var rekommenderade för den gimbal som köptes in. Motorerna som rekommenderades var två av T-motors gimbalmotor 4106, vilket är en borstlös likströmsmotor. Fördelen med att använda den rekommenderade motorn är dels att den är lätt att montera i gimbalen, dels att motorns effekt är specialanpassad för kamerarotation. För att styra dessa motorer krävdes dock någon slags positionsåterkoppling. Då det skulle bli för tidskrävande att konstruera denna positionsåterkoppling, beslutades det att köpa in andra motorer till plattformen. Valet stod då mellan servo- och stegmotorer. Både servo- och stegmotorer hade kunnat användas i plattformen och generera bra resultat. Det som i slutändan avgjorde vilken typ av motor som användes var priset. Prismässigt ligger stegmotorer mycket lägre än servomotorer, varpå valet föll på de förstnämnda.

Två stegmotorer på 400 steg per varv vardera köptes in tillsammans med två styrkort av typen EasyDriver v4. Det visade sig dock senare att dessa styrkort ej var starka nog att driva motorerna som köptes in, varpå två nya styrkort beställdes. Denna gång av typen A4988 StepStick [13]. Stegmotorerna körs i plattformen på halvsteg, vilket innebär en steglängd på 0.45 grader, och kräver en strömförsörjning på 3 V samt en strömstyrka på 1.7 A. I vårt fall använde vi Turnigy, nano-tech 2200mah batterier [15]. Kopplingen mellan styrkort, batterier och kondensator gjordes enligt databladet, se fig. 7. Kondensatorerna som används har en kapacitans på 100  $\mu\text{F}$ . För att generera halvsteg kopplades MS1 till en pin som matar spänning, enligt fig. 8.



**Figur 7:** Databladets beskrivning av hur styrkortet ska kopplas till mikrokontroller, kondensator och batteri för att fungera adekvat [11]

MS1	MS2	MS3	Microstep Resolution
Low	Low	Low	Full step
High	Low	Low	Half step
Low	High	Low	Quarter step
High	High	Low	Eighth step
High	High	High	Sixteenth step

**Figur 8:** Databladets beskrivning av hur olika steglängder kan uppnås [11]

### 3 Avgränsningar

Sensorpositionen för kameran är inte exakt i samma position som marklaserskannerns skanningspunkt. Detta beror på att det krävs att kameran kan justeras i 3 riktningar: i höjddled (mitten av sensorhöjden på rätt ställe), i sidled (mitten av sensorbredden på rätt ställe) samt i djupled (sensorplanet på rätt ställe). Planen var först att designa en helt egen modell med dessa justeringsmöjligheter och därefter skriva ut i 3D-skrivare eller fräsa ut i aluminium. Tidsresurserna räckte dock inte till för detta, och den delvis färdiga gimbalen som istället använts har inte tillräckliga justeringsmöjligheter för exakt sensorpositionering. Denna avgränsning är acceptabel för projektet då det avsevärt största felet i matchningen mellan laserpunktmolnet och panoramabilden kommer från skapandet av panoramabilden, vilken inte kommer påverkas nämnvärt av att sensorn inte är exakt lika positionerad. En modell för hur man kan göra en plattform som gör att det går att justera sensorns placering exakt diskuteras i utvecklingsmöjligheter.

Kamerans rotation nedåt i zenith är begränsad till 55 grader. Detta beror på att linsen tar i en del av plattformen vid större rotation än så. Uppåt uppfyller rotationsmöjligheterna kravspecifikationerna.

Positionen i höjddled där kameran sensorns mitt hamnar är något lägre ned än positionen för marklaserskannerns skanningspunkt. Detta beror på att delen som utgör fästet under motorn som roterar i azimuth inte är nog hög. Detta upptäcktes sent i processen, då tillgång till en 3D-skrivare nog bra för att skriva ut en hållbar del inte fanns. CAD-modellen för fästet som bifogas är dock uppdaterad med korrekta mått.

## 4 Kostnad

Kostnad för plattformens grundläggande komponenter kan ses i tab. 1 nedan. Kostnadskalkylen bortser från enklare komponenter såsom transistorer, resistorer, kablar, kabelstrumpor och experimentkort.

**Tabell 1:** Plattformens grundläggande komponenter tillsammans med antal, pris och länk för inköp av dessa.

	Komponent	Länk	Antal	Pris (exl. moms, exl. frakt) kr
	Gimbal	[4]	1	959,20
	Stegmotor	[12]	2	366,40
	Styrkort	[13]	2	40,76
	Axelnav	[14]	2	142,40
	Arduino Mega	[16]	1	390,00
	Touchskärm	[17]	1	180,00
	Minneskort	[18]	1	29,78 <sup>1</sup>
	Piezoelektrisk summer CPE-827	[19]	1	18,65 <sup>2</sup>
	Batterihållare	[20]	1	31,20
	Batteri 9V	[21]	1	23,20
	Strömbrytare	[22]	1	23,20
	USB-kabel till arduino	[23]	1	23,20
Totalt:				2227,99

## 5 Resultat

Den färdiga plattformen med kamera monterad kan ses i fig. 9. Användarmanual för plattformen bifogas.



**Figur 9:** De synliga komponenterna i plattformen är 1) switchen där Arduinot stängs av/på, 2) pekskärmen, 3) buzzern, 4) batterierna fästa på baksidan, 5) triggerkabeln samt 6) stegmotorerna. Den orange lådan som pekskärmen är integrerad i innehåller även Arduinot samt alla elektriska komponenter.

<sup>1</sup>Exempelpris. I projektet fanns minneskort att tillgå.

<sup>2</sup>Exempelpris. I projektet fanns en sådan summer att tillgå.

Testkörningarna genomfördes vid två olika stationer i en skog, där marklaserskannern skannade av omgivningen varefter kameran fotograferade. Den totala fotograferingen med 360 grader i azimuth, 55 grader nedåt och 80 grader uppåt i zenith samt 60 % överlapp i alla riktningar tog ca 7.5 minuter. Då den manuella fotograferingen tar ungefär 8 minuter med mindre överlapp (alltså färre bilder), går den automatiska snabbare. Kameran roterade automatiskt till alla givna positioner, men missade ett fåtal bilder (1-2 bilder per fotografering) där fokuseringstiden inte var tillräcklig för den omgivning som just de vinklarna innebar. I och med att fokuseringstiden via koden är förinställd att vara samma oavsett omgivning, är det väldigt tidskrävande att ha nog lång tid för att täcka de extrema fallen. Om ett specifikt foto skulle behöva 5 gånger längre tid än ett genomsnittligt foto, skulle det innebära att man måste femdubbla fokuseringstiden för alla fotograferingar. Den tidsökningen skulle sakta ner plattformen avsevärt. Sätt att lösa detta problem diskuteras i sektionen Utvecklingsmöjligheter. Vid testkörningarna verkade det angivna överlappet vara nog stort för att täcka upp för de missade bilderna, då de resulterande panoramabilderna var fullständiga. Dessa kan ses i fig.10 samt 11.

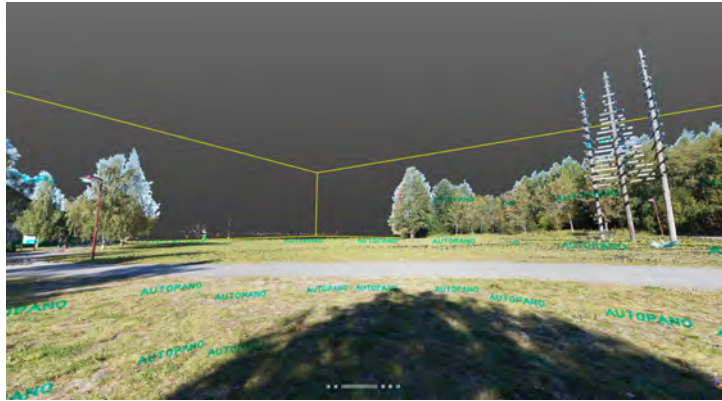


**Figur 10:** Panoramafotot för den första stationens position vid testkörningen den 6:e september 2016. Trots att kameran under denna station missade ett fåtal triggningar är panoramafotot komplett.



**Figur 11:** Panoramafotot för den andra stationens position vid testkörningen den 6:e september 2016. På denna station genomfördes alla triggningar av kameran vilket resulterade i en komplett panoramabild.

Skanning och fotografering genomfördes på 2 olika stationer nära varandra, vilket i mjukvaran som användes för att matcha stationernas punktmoln med respektive panorama innebar vissa problem. Mjukvaran klarade inte av att särskilja den ena skanningen från den andra. Detta problem kommer inte att uppstå vid de riktiga skanningarna, då det vid flera skanningsstationer nära varandra finns referenspunkter att använda. Problemet innebär dock att punktmolnsmatchningen från den inofficiella testkörningen dagen innan visas istället, då detta problem inte uppstod. Denna matchning kan ses i form av 3 stycken skärmdumpar i olika vinklar utifrån kamerans position i fig. 12, 13 och 14.



**Figur 12:** Matchningen mellan punktmolnet och panoramabild, från kamerans position, vid testkörningen den 5:e september 2016.



**Figur 13:** Matchningen mellan punktmolnet och panoramabild, från kamerans position, vid testkörningen den 5:e september 2016.



**Figur 14:** Matchningen mellan punktmolnet och panoramabild, från kamerans position, vid testkörningen den 5:e september 2016.

Från skärmdumparna (fig. 12, 13 och 14) kan ses att matchningen stämmer till största del. De största missmatchningarna uppstår vid matchning för träd. En anledning till denna missmatchning kan bero på

blåst, vilket gjorde att grenar inte var positionerade på samma ställe som de var under körningen med marklaserskannern. En annan anledning kan vara att kameran sensorn i nuläget är positionerad något lägre än vad sensorn för marklaserskannern är. I övrigt påverkar kamerans upplösning hur bra bilden blir.

## 6 Utvecklingsmöjligheter

En stor utvecklingsmöjlighet ligger i att kunna fräsa ut en egen, enarmad modell enligt fig. 4. Att kunna justera kameran i både sid-, djup- och höjddled gör att sensorns mittpunkt kan hamna på exakt samma ställe som skanningspunkten för marklaserskannern. Det ger även större valbarhet vad gäller kamera, då modellen inte ställer några krav på dess storlek. Däremot kan andra motorer behöva användas då uppsättningen kommer ha ett annat vridmoment och kanske kräva starkare motorer. Utveckling skulle också kunna ske genom optimering av tyngdpunktens placering för att underlätta rotation/tiltande av kamera.

En större skärm skulle kunna användas för användarvänlighetens skull. I så fall bör en skärm som klarar normala TFT-bibliotek användas, då det går att handskas med typsnitt och tal på ett mer omfattande och välutvecklat sätt. En skärm som är bättre anpassad för Arduino Mega skulle kunna vara snabbare på den grafiska framställningen.

De fästena som i nuläget används till att fästa både magneterna på baksidan av dosan och dosan (innehållandes skärm och Arduino) på kolfiberröret, består av kardborreband. Ett alternativ till den typen av fästen är magneter. Magnetiska fästen möjliggör snabb och enkel borttagning respektive fästsättning och förbättrar användarvänligheten jämfört med kardborrebandsfästen. Om elektroniken påverkas av detta är dock oklart.

Batterierna är ej optimala. Dels skulle antalet batterier (3 i nuläget) kunna minskas ner, d.v.s. att använda samma batteri till båda motorerna, eller i bästa fall till både motorer och Arduino. Dessutom skulle man kunna försluta kring batterierna/batteriet samt flytta dem/det från armen på modulen närmare botten (exempelvis under motorn som vrider i azimuth) för att få masscentrum närmare mitten av modulen.

Att på skärmen visa hur mycket batteri som finns kvar för att driva skärmen och Arduinot skulle vara ett användarvänligt tillägg då man kan varnas om batterinivån är låg.

Enkelheten att transportera plattformen skulle öka om alla kontakter ersattes med snabbkontakter, så att de är enkla att plocka loss. Då skulle man enkelt kunna montera isär plattformen till 2 separata delar.

Problemet med fokuseringen och att kameran inte klarar av att ta bilder ibland skulle kunna lösas om man på något sätt kan ställa in fokuseringen beroende på omgivning så att kameran använder den inställningen under resten av fotograferingen. Exempelvis skulle det kunna ske genom att fokusera manuellt på första bilden och använda samma inställningar därefter. På så sätt slipper kameran ha en och samma fokuseringstid i koden oavsett omgivning. Om man använder den lösningen skulle man dessutom kunna ta bort fokuseringstiden via koden helt och på så sätt spara man tid för varje fotografering (eftersom fokuseringstiden nu är överdriven för att inte bara klara av de fall där ljuset är optimalt). En annan lösning vore att skapa ytterligare ett alternativ på skärmen att kunna välja fokuserings- och slutartid, och på så sätt ha dem som parametrar som kan väljas om från gång till gång beroende på omgivning. Det ställer dock krav på användaren att ha en del koll på kameror och vilken typ av omgivning som kräver vad. Vad gäller effektivisering av själva fotograferingen finns många möjligheter att utforska.



## Referenser

- [1] *Arduino Mega*. Arduino. <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega> (Hämtad: 2016-08-03)
- [2] *Pekskärm*. Wikipedia. <https://sv.wikipedia.org/wiki/Peksk%C3%A4rm> (Hämtad 2016-08-04)
- [3] *Angle of view*. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Angle\\_of\\_view](https://en.wikipedia.org/wiki/Angle_of_view) (Hämtad 2016-08-04)
- [4] *FPV Brushless Camera Gimbal till Mini SLR Sony 5N*. RCflight. <http://rcflight.se/visaprodukt.aspx?id=2515&p=fpv-brushless-camera-gimbal-till-mini-slr-sony-5n> (Hämtad 2016-08-04)
- [5] Larsson, Krister. *DC-motorer*. Compotech. <http://compotech.se/produkter/motorer/dc-motorer/> (Hämtad: 2016-08-04).
- [6] Larsson, Krister. *Borstlösa motorer*. Compotech. <http://compotech.se/produkter/motorer/borstlosa-motorer/> (Hämtad: 2016-08-04).
- [7] Earl, Bill. *What is a Stepper Motor*. Adafruit. <https://learn.adafruit.com/all-about-stepper-motors/what-is-a-stepper-motor> (Hämtad: 2016-08-04).
- [8] *Princip-stegmotor*. Drivteknik. <http://www.drivteknik.nu/skolan/motor/stegmotor> (Hämtad: 2016-08-04).
- [9] Larsson, Krister. *Servomotorer*. Compotech. <http://compotech.se/produkter/motorer/servomotorer/> (Hämtad: 2016-08-04).
- [10] Reed, Frances. *How Do Servo Motors Work*. Jameco electronics. <http://www.jameco.com/jameco/workshop/howitworks/how-servo-motors-work.html> (Hämtad: 2016-08-04).
- [11] Datasheet stepstick A4988, <http://www.robotshop.com/media/files/PDF/datasheet-1182.pdf>.
- [12] *Stegmotor 400 steg/varv bipolär*. Electrokit. <http://www.electrokit.com/stegmotor-400-steg-varv-bipolar.49047>
- [13] *4 pcs A4988 StepStick Stepper Motor Driver with Heatsink for REPRAP RAMPS 1.4 UK*. Ebay. <http://www.ebay.co.uk/itm/4-pcs-A4988-StepStick-Stepper-Motor-Driver-with-Heatsink-for-REPRAP-RAMPS-1.4-UK/181806718014?hash=item2a54865c3e:g:SgAAA0Sw951XE2JY>
- [14] *Actobotics Axelnäv med klämfäste 5mm*. Electrokit. <http://www.electrokit.com/actobotics-axelnäv-med-klamfaste-5mm.53053>
- [15] *Turnigy nano-tech 2200mah 4S 45 90C Lipo Pack*. Hobbyking [http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_\\_11952\\_\\_Turnigy\\_nano\\_tech\\_2200mah\\_4S\\_45\\_90C\\_Lipo\\_Pack.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__11952__Turnigy_nano_tech_2200mah_4S_45_90C_Lipo_Pack.html)
- [16] *Mikrostyrenhetskort, Mega2560, R3 A000067 ATmega2560, A000067, Arduino*. Elfa distrelec. <https://www.elfa.se/sv/mikrostyrenhetskort-mega2560-r3-a000067-atmega2560-arduino-a000067/p/11038920?q=arduino+mega&page=2&origPos=3&origPageSize=50&simi=90.81>
- [17] *2.8" Touch LCD Display Shield for Arduino*. Robotshop. <http://www.robotshop.com/en/28-touch-lcd-display-shield-arduino.html>

- [18] *microSD-kort klass 10 8 GB, SP008GBSTH010V10SP, Silicon Power*. Elfa distrelec.  
[https://www.elfa.se/sv/microsd-kort-klass-10-gb-silicon-power-sp008gbsth010v10sp/p/30019831?q=minneskort&sort=Price:asc&filter\\_Category3=USB-minne+%2F+Minneskort+%2F+Enheter+%2F+Band&page=2&origPos=41&origPageSize=50&simi=91.5](https://www.elfa.se/sv/microsd-kort-klass-10-gb-silicon-power-sp008gbsth010v10sp/p/30019831?q=minneskort&sort=Price:asc&filter_Category3=USB-minne+%2F+Minneskort+%2F+Enheter+%2F+Band&page=2&origPos=41&origPageSize=50&simi=91.5)
- [19] *Audio Products ž Buzzers CUI Inc CPE-827 BUZZER PIEZO 10V 30MM CHASSIS 30.0mm Dia x 5.6mm H*. AliExpress.  
<http://www.aliexpress.com/item/Audio-Products-Buzzers-CUI-Inc-CPE-827-BUZZER-PIEZO-10V-30MM-CHAS32426727789.html>
- [20] *Batterihållare 9V med DC-plugg*. Electrokit.  
<http://www.electrokit.com/batterihallare-9v-med-dcplugg.48720>
- [21] *Batteri 9V GP Ultra*. Electrokit.  
<http://www.electrokit.com/batteri-9v-gp-ultra.44647>
- [22] *Strömbrytare DC-kontakt*. Electrokit.  
<http://www.electrokit.com/strombrytare-dckontakt.50751>
- [23] *USB-kabel A hane - B hane 1.8m svart*. Electrokit.  
<http://www.electrokit.com/usbkabel-a-hane-b-hane-1-8m-svart.47349>