



ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

RAZISKOVALNA NALOGA
AVTOMATSKO POZICIONIRANJE
SATELITSKE ANTENE

Avtorja:

Matija Laznik, M-4. c

Urban Kenda, M-4. c

Mentor:

Stevo Romanić, dipl. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2017

POVZETEK

Sodobna tehnologija nam omogoča internetni dostop na odročnih mestih preko satelitske povezave. To dosežemo s sprejemnikom oz. satelitsko anteno, ki jo moramo zelo natančno usmeriti proti satelitu. Usmerimo jo lahko ročno, kar je nezanesljivo in ob premiku zahteva ponovno nastavitev. Na trgu nam ponujajo dve možnosti. Prva, manualno vodenje z elektromotorji, nam omogoča večjo natančnost, vendar je draga in še vedno zahteva človekovo pozornost in čas. Druga, še dražja možnost, pa je natančno in avtomatsko pozicioniranje z elektromotorji, kar nam omogoča hitro ponastavljanje po vsakem premiku antene.

Odločila sva se za sistem, ki bi glede na trenutno lokacijo samodejno lociral satelit in se nanj tudi usmeril. Sistem bi bil primeren za odročne lokacije, kjer je potrebna internetna komunikacija, hkrati pa se lahko namesti tudi na vozila.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	PREDSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2	HIPOTEZE.....	1
2	NAČRTOVANJE IN NABAVA	2
2.1	KOMUNIKACIJSKI SKLOP	4
2.2	MEHANSKI SKLOP	7
2.2.1	PREGIBNI ELEMENT	7
2.2.2	LEŽAJ	8
2.3	REGULACIJSKI SKLOP	9
3	POTEK DELA	10
3.1	IZDELAVA KONSTRUKCIJE.....	10
3.2	ELEKTRONIKA IN VEZJE.....	21
3.3	PROGRAM	25
4	UGOTOVITVE IN NADGRADNJE	33
5	ZAKLJUČEK	34
6	ZAHVALA	35
7	VIRI	36
8	IZJAVA.....	37

KAZALO SLIK

Slika 1: 3D-model nosilnega elementa s sprejemnikom	2
Slika 2: Nosilni in pregibni element.....	2
Slika 3: 3D-model končne sestave	2
Slika 4: 3D-model postopka zlaganja.....	3
Slika 5: Delavniška risba posameznih delov pregibnega sklopa.....	3
Slika 6: Uporabniška oprema sistema Tooway	4
Slika 7: Potek komunikacije.....	4
Slika 8: Prikaz poti podatkov	6
Slika 9: 3D-model pregibnega sklopa	7
Slika 10: Postavitve pregibnega sklopa.....	7
Slika 11: Presek ležaja.....	8
Slika 12: Skica nebesnega koordinatnega sistema	9
Slika 13: Preračun sile, ki jo bo prenašal motor.....	9
Slika 14: 3D-model motorja	9
Slika 15: Nosilni element in nosilec na zobniku	10
Slika 16: Frezanje robov pregibnega elementa	10
Slika 17: Tooway oprema z vmesnimi profili	11
Slika 18: Varjenje plošče na profile	11
Slika 19: 3D-model osi pregibnega sklopa	12
Slika 20: Delavniška risba osi	12
Slika 21: Pregibni sklop s strojnimi vijaki	13
Slika 22: Sestavljen pregibni sklop	13
Slika 23: Koračni elektromotor	14
Slika 24: Nov elektromotor	14
Slika 25: Ležaj.....	15
Slika 26: Ležaj in pregibni sklop z elektromotorjem	15
Slika 27: Izdelava osne luknje v ležaju	16
Slika 28: Delo na stružnici	16
Slika 29: Zadnji del koračnega elektromotorja s specifikacijami	17
Slika 30: Polžasto gonilo.....	17
Slika 31: Vmesni element in gonilo	18
Slika 32: Druga os	18
Slika 33: Sestava osi, vmesnega elementa in gonila	18
Slika 34: Distančnik in zagozdi na motorju	19
Slika 35: Motor, nameščen na polžasto gonilo	19
Slika 36: Sistem, nameščen na spodnji del plošče	19
Slika 37: Valjasti podstavki, nameščeni na kote podnožne plošče	20
Slika 38: Elektronsko vezje.....	21
Slika 39: Prikaz X- in Z-osi, okoli katerih se sistem vrti	22
Slika 40: Gonilnik za koračne motorje.....	22
Slika 41: Magnetometer in gyro senzorja	23
Slika 42: Nastavitve koračnega elektromotorja	24

Slika 43: Drugi elektromotor.....	24
Slika 44: Inicializacija knjižnic in I2C-naslovov	25
Slika 45: Inicializacije spremenljivk	25
Slika 46: Nastavitvena zanka	26
Slika 47: Glavna zanka.....	26
Slika 48: getAngle zanka.....	27
Slika 49: getCompass zanka.....	28
Slika 50: Izračun elevacije	30
Slika 51: Pogoj za začetek programa in zanka getSet1	30
Slika 52: Nastavitev pogojev za vodenje zanke getSet2	31
Slika 53: getSet2 zanka	32
Slika 54: Končna sestava.....	33

1 UVOD

Pričujoča raziskovalna naloga je nastala na osnovi najinih idej in s pomočjo podjetja Novatel, kjer sva se seznanila s prekosatelitsko komunikacijo, ki omogoča internetno povezavo v odročnih lokacijah. Po kontaktu s podjetjem so nama predlagali projekt avtomatizacije takšnega sistema, kar bi uporabniku omogočalo hitro in avtomatsko postavitve antene neglede na lokacijo. V zameno za izdelavo sistema pa bi nama ponudili potrebno opremo, to so sprejemnik, satelitski krožnik ter vmesnik/modem.

Projekt je predstavljal unikaten izziv in možnost, da se naučiva nekaj novega, zato sva ga sprejela.

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Podjetje ta sistem ponuja malim uporabnikom, intervencijskim ustanovam in medijskim hišam. Za stacionarne uporabnike je sistem idealen, težava se pojavi na terenu, kjer je za vsak premik potrebna ponovna nastavitve sistema. To je zamuden proces, saj zahteva ročno nastavljanje, kar si večina intervencijskih služb ali medijskih hiš ne more privoščiti.

Problem takšnega načina komunikacije je, da mora biti satelitska antena nastavljena zelo natančno. V ta namen obstajajo avtomatski sistemi, ki nam povečajo natančnost in olajšajo postavitve, a so po navadi zelo dragi. Zato v projektu želiva narediti cenovno ugoden sistem, ki bo z visoko natančnostjo postavil anteno.

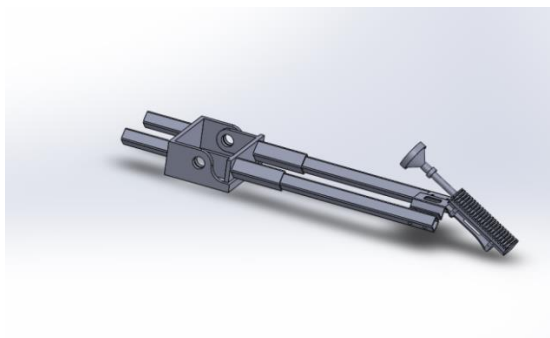
1.2 HIPOTEZE

- Sistem bo izvedljiv in cenovno ugoden.
- Naprava bo enostavna za uporabo.
- Izdelek mora biti primerljiv z dražjimi alternativami.
- Izdelek mora biti primeren za serijsko proizvodnjo.
- Sistem mora biti estetski.
- To bo prva takšna naprava v Sloveniji.
- Naprava bo v celoti delovala z mikrokontrolnikom Arduino.

2 NAČRTOVANJE IN NABAVA

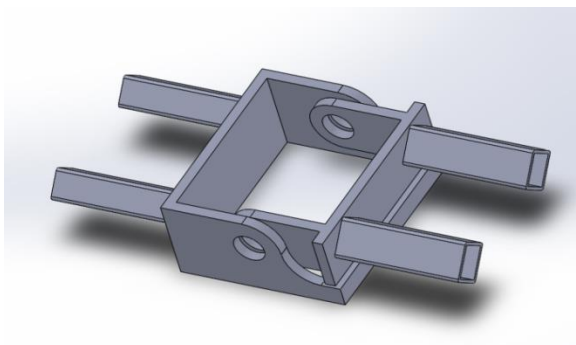
Raziskovalno nalogo sva si zamislila tako, da bo naprava satelitski krožnik avtomatsko usmerila k satelitu samo z dvema motorjema, vendar želiva ohraniti visoko natančnost, lepo obliko in enostavno uporabo. Sistem bo sestavljen iz treh sklopov: komunikacijskega, mehanskega in regulacijskega.

Za boljšo predstavo o izvedljivosti projekta sva sistem najprej narisala v CAD-programu Solidworks, kjer sva v 3D-obliki skicirala celoten mehanski del.



Slika 1: 3D-model nosilnega elementa s sprejemnikom

(Osebni vir)



Slika 2: Nosilni in pregibni element

(Osebni vir)



Slika 3: 3D-model končne sestave

(Osebni vir)

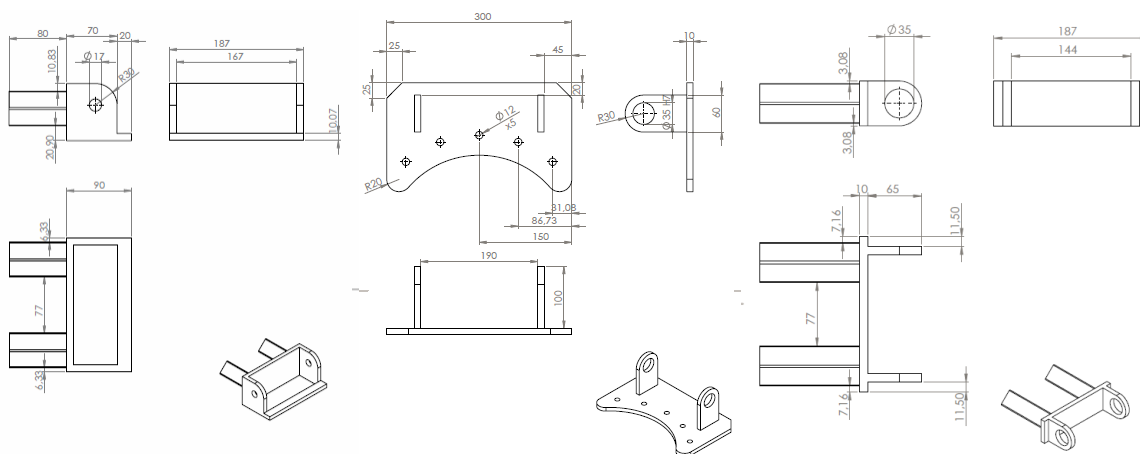
Program nama je omogočil tudi simulacijo delovanja pregibnega sklopa, tako da sva natančno ocenila potrebne mere za posamezne dele.



Slika 4: 3D-model postopka zlaganja

(Osebni vir)

Te dele sva prenesla tudi na tehniške risbe in jih poslala na laserski razrez v podjetje Sico.



Slika 5: Delavniška risba posameznih delov pregibnega sklopa

(Osebni vir)

Med čakanjem na razrezane dele sva se z mentorjem posvetovala o nadaljnjem poteku projekta in naredila tržne raziskave delov, ki jih je bilo potrebno naročiti. Potrebovala sva ležaje, ki bi se uporabljali na osi v pregibnem sklopu. Prav tako sva iskala večji ležaj, katerega namen bi bil obračanje celotnega mehanskega sklopa, in elektromotorja, ki bi bila dovolj močna za obračanje določenih tež.

2.1 KOMUNIKACIJSKI SKLOP

Obiskali smo podjetje Novatel, ki je zastopnik Tooway komunikacij v Sloveniji. Pokazali so nam, kako deluje komunikacija, predstavili so postavitev opreme in nam podarili vso potrebno opremo za tovrstno komunikacije.

DELOVANJE SISTEMA TOOWAY

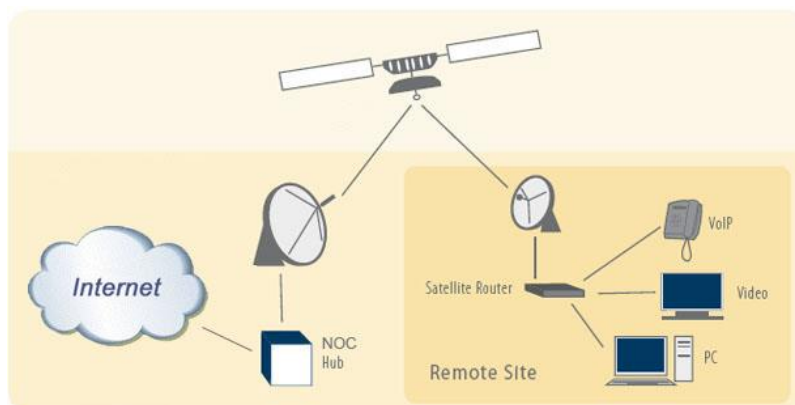
Tooway storitev je dostopna uporabnikom, ki želijo internetno povezavo ne glede na lokacijo. Internetno povezavo omogoča Eutelsat Broadband preko EUTELSAT KA-SAT satelita. »KA-SAT is a powerful new platform delivering high-bandwidth services to users beyond range of terrestrial networks.«¹ (Broadband, 2013). Uporabniška oprema obsega satelitski krožnik oz. anteno, sprejemnik in hkrati oddajnik ter modem, ki se poveže na računalnik.



Slika 6: Uporabniška oprema sistema Tooway

(Vir: http://www.rian-bv.eu/files/1386147690_KA%20B2B%20and%20newsspotter%20Rian%20.pdf)

Povezava je dvosmerna, začne se pri uporabniku, ki želi dostop do internetnega mesta. Ob zadanem ukazu modem preko satelitske antene pošlje naročilo do satelita, ta pa to informacijo posreduje bazi, ki namesto uporabnika na internetu najde željeno stran. To informacijo nato baza pošlje nazaj uporabniku po isti poti.



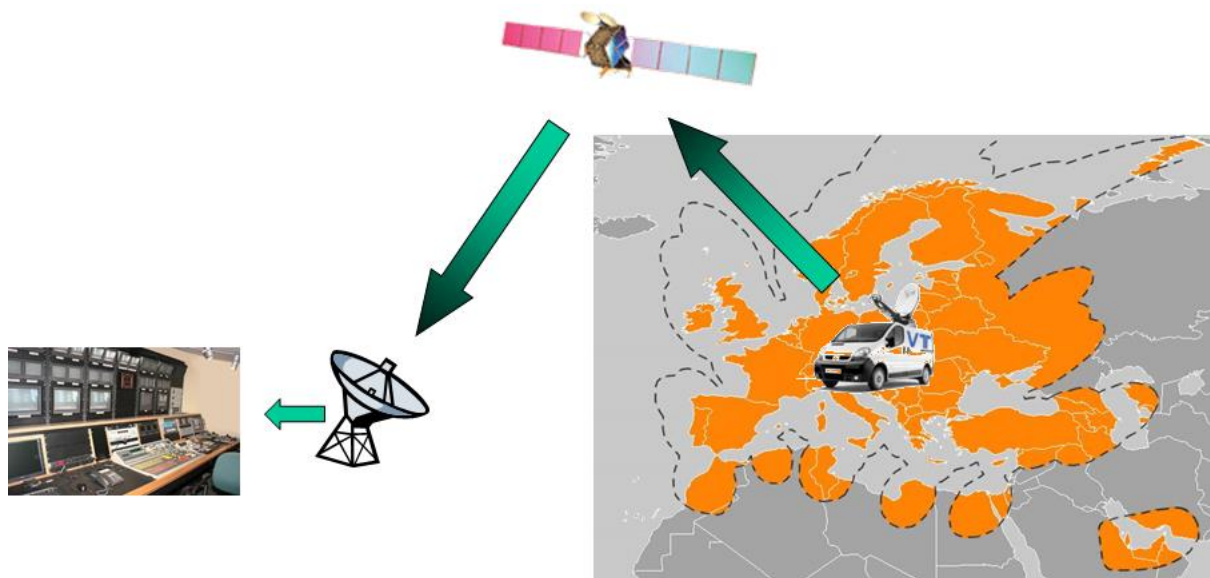
Slika 7: Potek komunikacije

¹ KA-SAT je nova platforma, ki prinaša visokopasovne internetne storitve uporabnikom izven zemeljskih omrežij.

AVTOMATSKO POZICIONIRANJE SATELITSKE ANTENE
Raziskovalna naloga

(Vir: http://www.rian-bv.eu/files/1386147690_KA%20B2B%20and%20newsspotter%20Rian%20.pdf)

Ker pa je satelit v geostacionarni orbiti (35786 km), mora informacija štirikrat prepotovati pot, kar pomeni, da je povezava zakasnjena za približno pol sekunde. S to povezavo uporabniku omogoča dostop do interneta, video prenos v živo, komunikacijo na dolge razdalje in podobno.



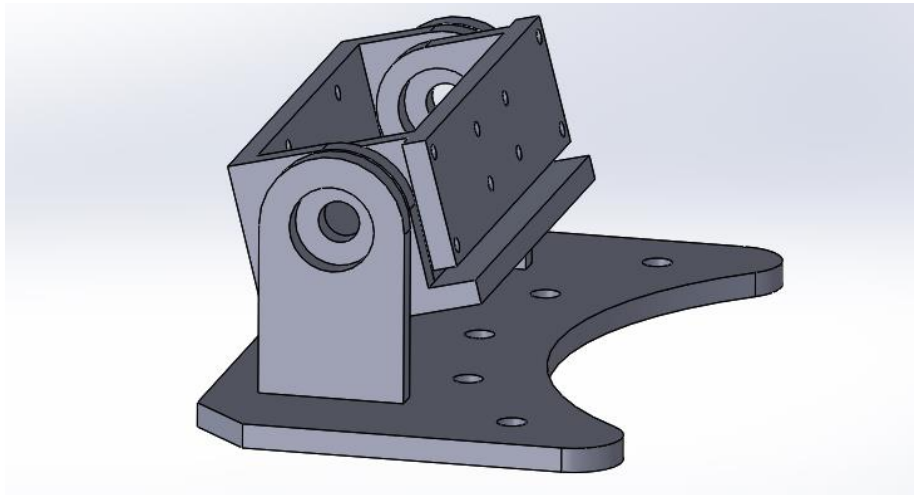
Slika 8: Prikaz poti podatkov

(Vir: http://www.rian-bv.eu/files/1386147690_KA%20B2B%20and%20newspotter%20Rian%20.pdf)

2. 2 MEHANSKI SKLOP

2. 2. 1 PREGIBNI ELEMENT

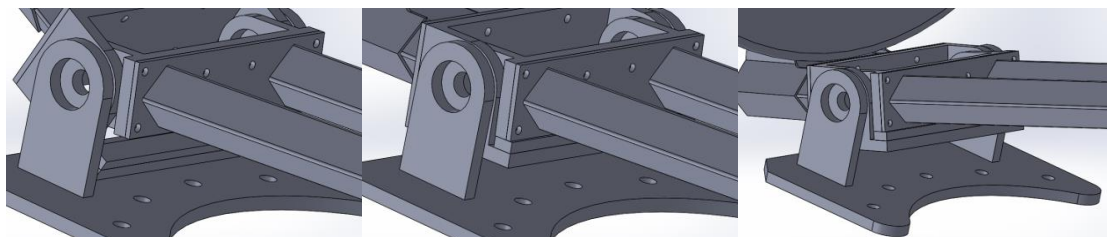
Namen elementa je postavitev antene na željeni višinski kot satelita, hkrati pa zlaganje v zaprto pozicijo, v kateri so elementi naprave varni pred vremenskimi vplivi in zunanjim okoljem. Za obe operaciji bi potrebovala samo en koračni elektromotor.



Slika 9: 3D-model pregibnega sklopa

(Osebni vir)

Krožnik, pritrjen z nosilnim elementom na os, se začne dvigovati iz zaprte pozicije do pregibnega elementa s sprejemnikom; ob kontaktu s pregibnim elementom se ta naleže na gumijasto površino in nosilni element. Tako motor skupaj dvigne oba dela v željeno pozicijo.

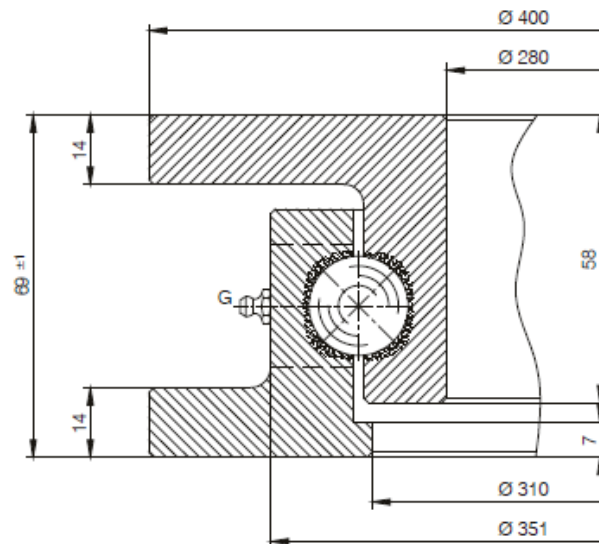


Slika 10: Postavitev pregibnega sklopa

(Osebni vir)

2. 2. 2 LEŽAJ

Ležaj bo imel funkcijo vrtenja cele naprave okoli osi, kar bo omogočalo nastavitve azimuta². Na sredino zgoraj je privarjena plošča, preko katere bo motor posredno obračal ležaj in s tem celo napravo. Na zgornji rob ležaja bo pritrjen pregibni sklop, preko spodnjega roba pa se naprava pritrdi na podnožje.



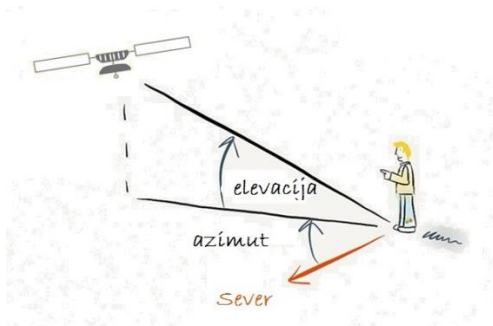
Slika 11: Presek ležaja

(Osebni vir)

² Azimut je nebesna koordinata v horizontalnem koordinatnem sistemu, ta pa predstavlja kot med severom in točko v koordinatnem sistemu.

2.3 REGULACIJSKI SKLOP

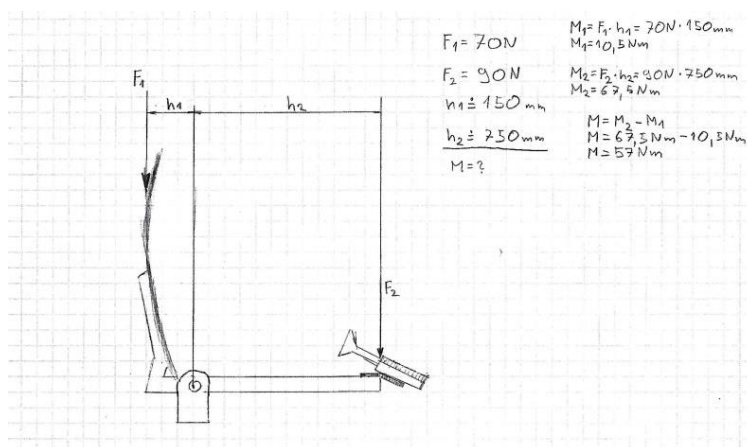
Za delovanje sistema bova uporabila mikrokontroler Arduino, ki bo vodil ves sistem, dva koračna motorja in gonilnike za vodenje, senzor za nagib, ki bo določil *altitudo ali elevacijo*³, ter senzor za določanje azimuta.



Slika 12: Skica nebesnega koordinatnega sistema

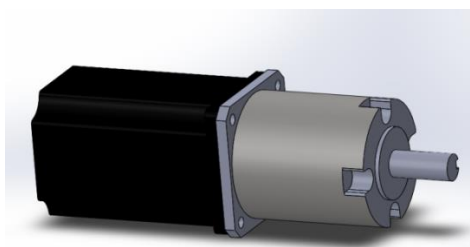
(Vir: <http://www.photopills.com/articles/understanding-azimuth-and-elevation>)

Po izračunih sva ugotovila, da mora motor prenašati minimalno silo 57 Nm. Po raziskavi sva se odločila za koračni elektromotor s planetnim gonilom, saj motorju nudi majhen korak, kar je z motnjami dovolj za natančno nastavljanje naklonskega kota in večji navor.



Slika 13: Preračun sile, ki jo bo prenašal motor.

(Osebni vir)



Slika 14: 3D-model motorja

³ Altituda ali elevacija je druga nebesna koordinata, ki se uporablja v horizontalnem koordinatnem sistemu. Predstavlja kotno oddaljenost nebesnega telesa od horizonta oziroma obzorja.

(Osebni vir)

3 POTEK DELA

3.1 IZDELAVA KONSTRUKCIJE

Ko sva dobila posamezne razrezane dele, sva začela z delom na mehanskem delu sistema. Z varjenjem sva posamezne dele sestavila v tri sestavne dele.



Slika 15: Nosilni element in nosilec na zobniku

(Osebni vir)



Slika 16: Frezanje robov pregibnega elementa

(Osebni vir)

Luknje so bile že narejene na plošči za pritrnitev ležaja, zato sva jih samo porobkala. Zvrtati je bilo potrebno luknje za pritrnitev planetnega gonila motorja, kar sva storila tako, da sva naredila element, s katerim sva lahko luknje enostavno prenesla iz gonila na nosilec.

Ker pregibni sklop sprejemnik ločuje s krožnikom, sva morala prej dobljene profile Tooway sistema skrajšati, tako da se je sklop ujema med krožnikom in sprejemnikom, hkrati pa jih je še vedno ločeval po potrebni razdalji.



Slika 17: Tooway oprema z vmesnimi profili

(Vir: http://www.rian-bv.eu/files/1386147690_KA%20B2B%20and%20newsspotter%20Rian%20.pdf)

Tu sta se pojavila dva problema: pregibni sklop je aluminijast, kvadratni profili, ki držijo krožnik in sprejemnik, pa so jekleni; poleg tega bi stalna zveza onemogočila razstavitev, kar bi otežilo nadaljnjo izdelavo. Oba problema sva rešila tako, da sva v pregibni sklop zvrtila luknje za vijake, nato pa naredila jeklene ploščice z identično nastavljenimi luknjami, ki sva jih privarila na profile.

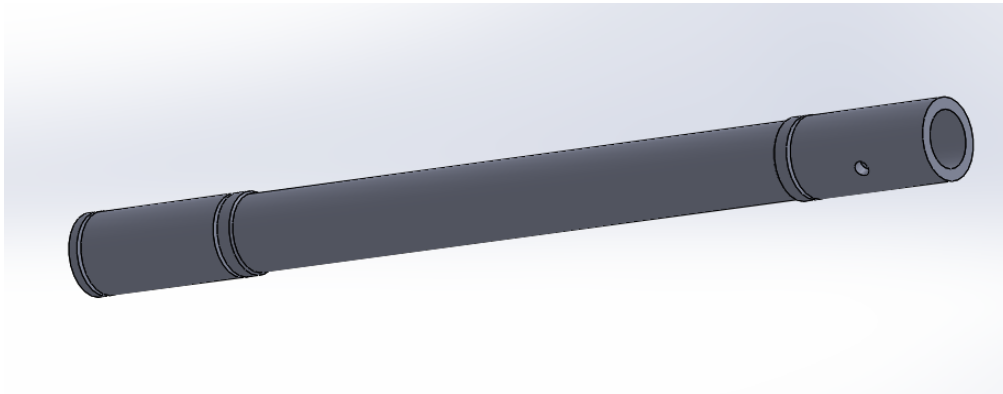


Slika 18: Varjenje plošče na profile

(Osebni vir)

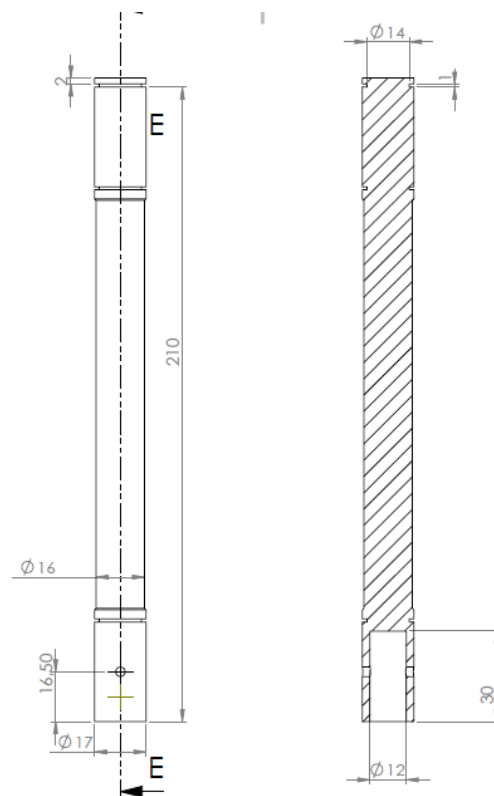
Ta sistem nam je omogočil, da elemente spojimo z razstavljivo, vijakno zvezo.

Sledila je izdelava osi, preko katere je eden od elektromotorjev vodil pregibni sklop, in sestava samega sklopa. Na mestih, kjer so ležaji, sva os postružila na toleranco H7, naredila pa sva tudi utore, kamor nasedejo segerjevi obroči. Nato sva v center ene strani osi zvirtala luknjo, ki se ujema z osjo planetnega gonila, sredino, kjer pa ni stika z nobeno komponento, pa sva postružila na manjši premer, in sicer za lažjo kasnejšo sestavo.



Slika 19: 3D-model osi pregibnega sklopa

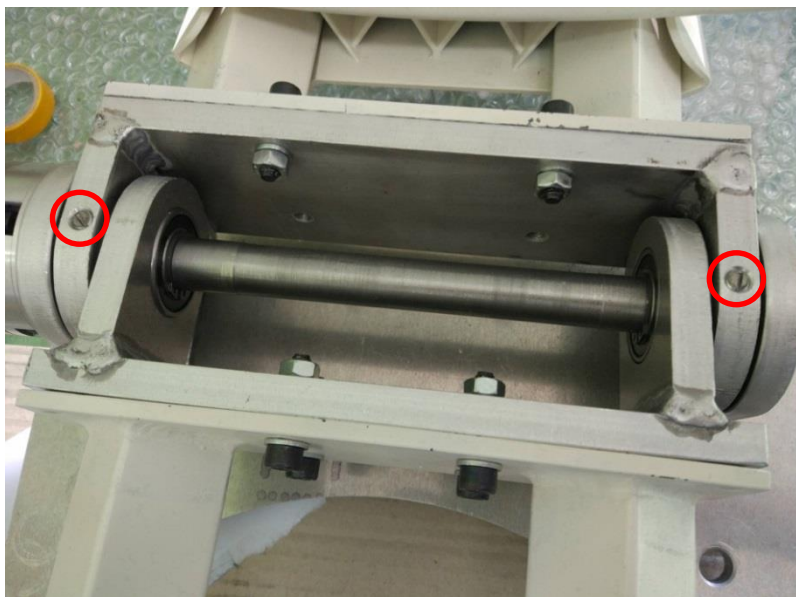
(Osebni vir)



Slika 20: Delavniška risba osi

(Osebni vir)

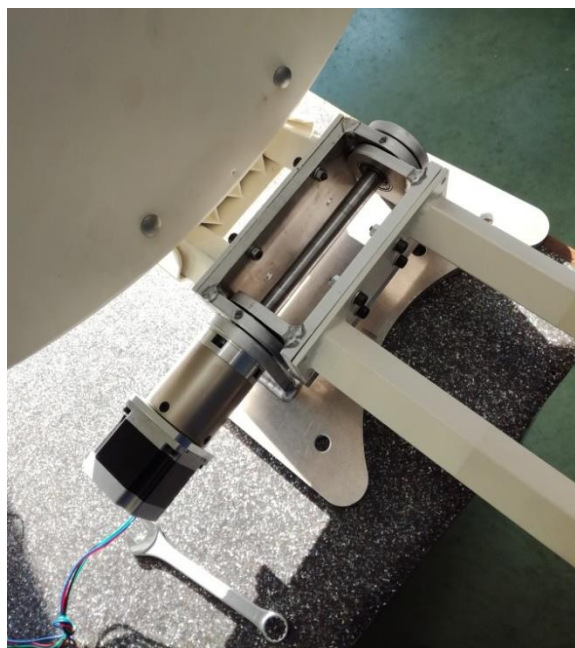
Po sestavi sklopa sva os povezala z nosilnim elementom in osjo planetnega gonila tako, da sva skozi vse zvirtala luknjo in vanjo vrezala navoj. Tako sva lahko vse dele pričvrstila s strojnim vijakom.



Slika 21: Pregibni sklop s strojnimi vijaki

(Osebni vir)

Ko je bil sklop sestavljen, sva začela preizkušati sposobnost in moč elektromotorja.



Slika 22: Sestavljen pregibni sklop

(Osebni vir)

Po preizkusih sva opazila, da elektromotor, ki sva ga namenila za sistem, ni bil dovolj močan. Sicer je motor z navorom 1,25 Nm in gonilom prestavnega razmerja 47 : 1 v teoriji dovolj močan, saj je končni navor pogona 58,75 Nm, potreben navor pa je 57 Nm. V praksi pa trenje samega pregibnega sklopa ovira navor motorja ravno toliko, da ta v najbolj obremenjeni poziciji ne more dvigniti antene.



Slika 23: Koračni elektromotor

(Osebni vir)

Sledila je ponovna tržna raziskava za motor, ki bi bil kompatibilen s planetnim gonilom, hkrati pa močnejši od prejšnjega. Našla sva večjo različico, ki ustreza planetnemu gonilu, ima pa 2,8 Nm izvirnega navora, kar po reduciranju pomeni 131,6 Nm navora.



Slika 24: Nov elektromotor

(Vir: <http://eu.stepperonline.com/nema-23-dual-shaft-stepper-motor-283nm400-ozin-40a-23hs334008d-p-274.html>)

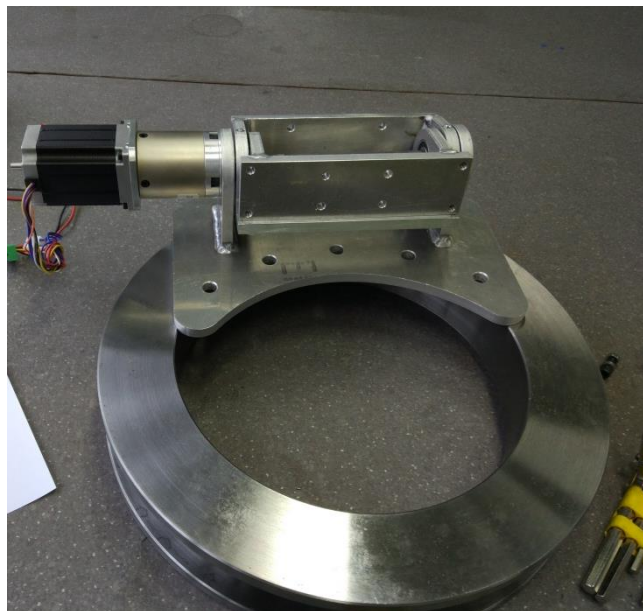
Ko sva dobila ležaj, sva nadaljevala s strojnim delom.



Slika 25: Ležaj

(Osebni vir)

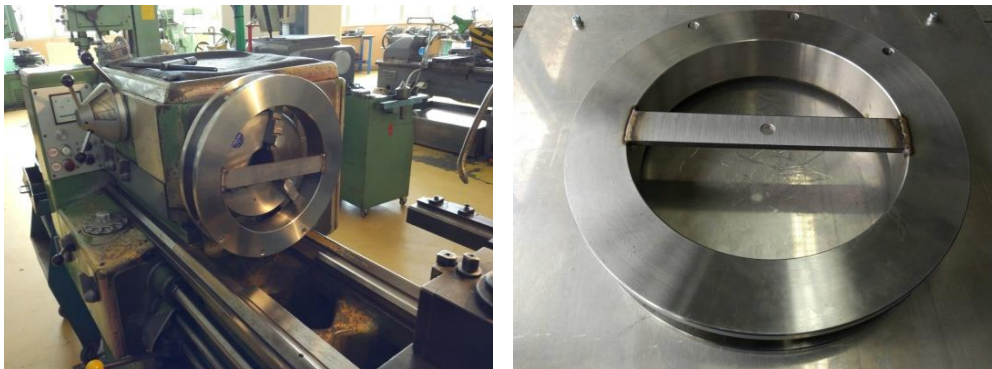
Najprej je bilo potrebno na ležaj prenesti luknje iz nosilca pregibnega elementa in podnožne plošče.



Slika 26: Ležaj in pregibni sklop z elektromotorjem

(Osebni vir)

Nato sva v sredino ležaja privarila jekleno ploščo, v katero se vstavi os drugega električnega pogona, ki nam omogoča zasuk celotne naprave okoli svoje osi. Da sva luknjo naredili v sredino plošče, sva celoten ležaj vpela na stružnico in luknjo zvirtala.



Slika 27: Izdelava osne luknje v ležaju

(Osebni vir)



Slika 28: Delo na stružnici

(Osebni vir)

Za vrtenje ležaja sam elektromotor ni dovolj močan, zato sva kupila še polžasto gonilo razmerja 30 : 1.



Slika 29: Zadnji del koračnega elektromotorja s specifikacijami

(Osebni vir)



Slika 30: Polžasto gonilo

(Osebni vir)

Zaradi oblike gonila sva morala narediti element, ki omogoča pritrditev gonila na ploščo, hkrati pa sva s tem lahko določila potrebno os in njeno dolžino.



Slika 31: Vmesni element in gonilo

(Osebni vir)



Slika 32: Druga os

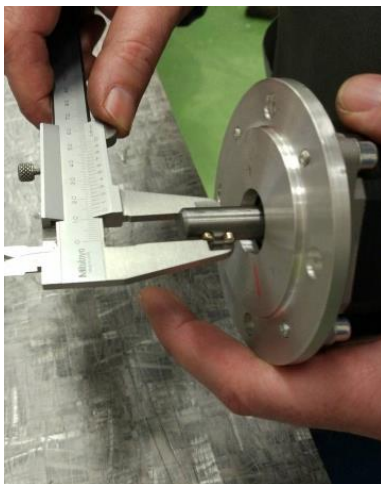
(Osebni vir)



Slika 33: Sestava osi, vmesnega elementa in gonila

(Osebni vir)

Nato sva naredila še distančnik, katerega namen je namestitev motorja na polžasto gonilo. Zatem je bilo potrebno narediti adapter, ki poveča premer osi motorja na potreben premer gonila. V ta sklop sva zvirtala dve luknji, v kateri se prilegajo zagozdi za utor na gonilu.



Slika 34: Distančnik in zagozdi na motorju

(Osebni vir)



Slika 35: Motor, nameščen na polžasto gonilo

(Osebni vir)



Slika 36: Sistem, nameščen na spodnji del plošče

(Osebni vir)

V podnožno ploščo sva namestila še štiri valjaste aluminijaste podstavke, ki služijo kot podpora in naredijo prostor za namestitev drugega elektromotorja ter gonila.

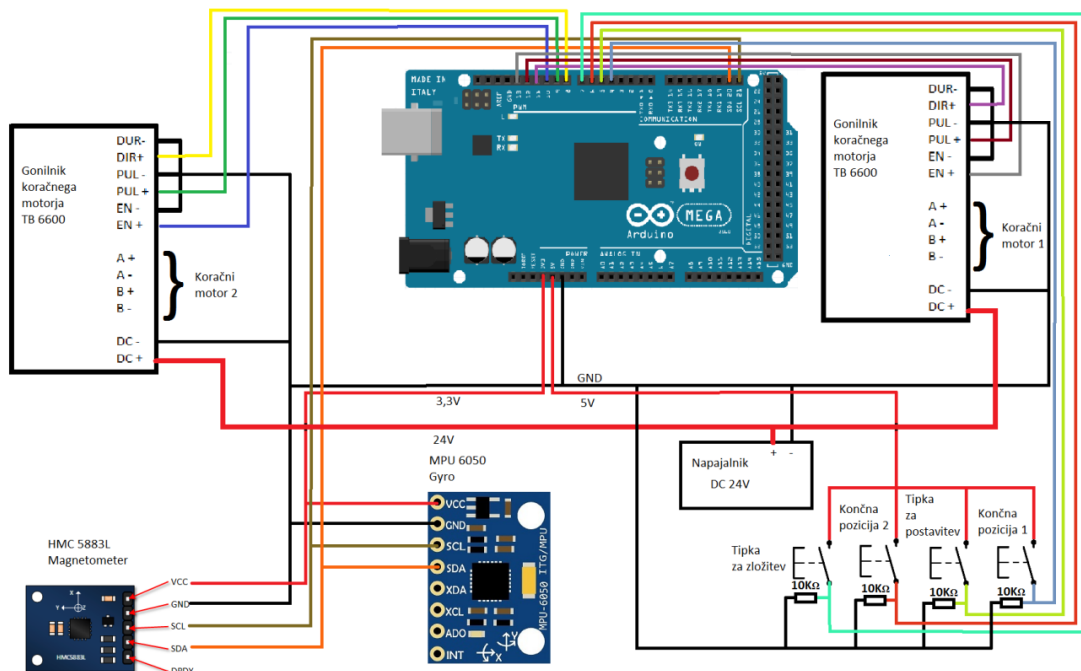


Slika 37: Valjasti podstavki, nameščeni na kote podnožne plošče

(Osebni vir)

3. 2 ELEKTRONIKA IN VEZJE

Elektronsko vezje sestoji iz mikrokrmilnika Arduino MEGA, dveh koračnih motorjev z gonilnikom TB6600, gyro senzorjem MPU-6050, magnetometrom HMC-5883L, dveh končnih stikal in dveh tipk.

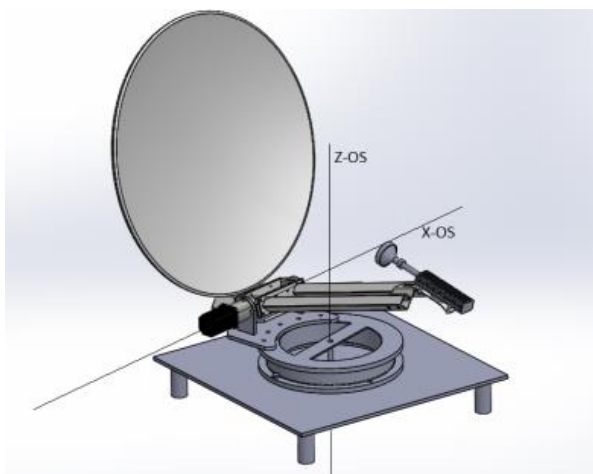


Slika 38: Elektronsko vezje

(Osebni vir)

Na mikrokrmilniku so pini⁴ 4–7 namenjeni vhodnim enotam. Pin 4 je vhod za tipko končne pozicije 1, ki določi izhodiščno pozicijo vrtenja okoli Z-osi. Pin 5 je vhod tipke za postavitev, ki na podlagi programa začne premik na željeno pozicijo. Pin 6 je vhod za tipko končne pozicije 2, ki določa izhodiščno pozicijo vrtenja okoli X-osi. Pin 7 pa je vhod tipke za zložitvev, ki začne premik na stanje zložitvev. Pomen uporov, vezanih na tipke, je, da minimalizirajo motnje v vezavi.

⁴ Pin – priključek na elektronskih komponentah



Slika 39: Prikaz X- in Z-osi, okoli katerih se sistem vrti.

(Osebni vir)

Pini 8–10 so izhodi mikrokrmilnika, namenjeni za gonilnik koračnega motorja 2. Pin 8 je povezan z DIR+ (direction) pinom, preko katerega se določa smer vrtenja motorja. Pin 9 je povezan s PUL+ (pulse) pinom, na katerega pošljamo napetostne pulze in z njihovimi frekvencami določamo hitrost vrtenja motorja. Večja kot je frekvenca, hitrejši je motor. Pin 10 je povezan z EN+ (enable) pinom, ki določa stanje motorja. Če je na njem napetost, se motor lahko vrti, drugače pa deluje kot elektronska zavora. Pini DIR-, PUL- in EN- so povezani z GND-pinom na Arduinu, hkrati pa na ničti vodnik napajalnika. A+, A-, B+ in B- so povezane na tuljave motorja 2. Na DC+ pin je vezanih 24 V enosmerne napetosti, DC- pa je pin za ničti vodnik.

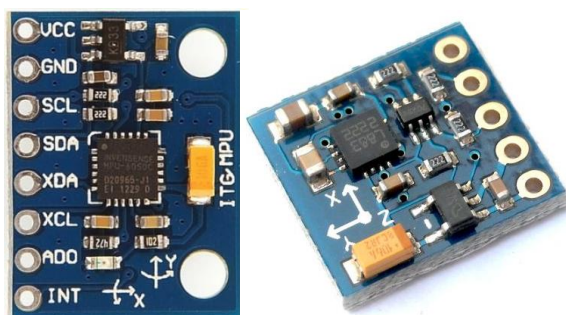


Slika 40: Gonilnik za koračne motorje

(Osebni vir)

Pini 11–13 so izhodi mikrokrmilnika, namenjeni za gonilnik koračnega motorja 1. Pin 11 je povezan z DIR+ (direction) pinom, pin 12 je povezan s PUL+ (pulse) pinom, pin 13 pa je povezan z EN+ (enable) pinom. DIR-, PUL- in EN-pini so povezani na ničti vodnik. Pini A+, A-, B+ in B- so povezani na tuljave motorja 1. DC+ in DC- sta tako kot na drugem gonilniku napetostna pina.

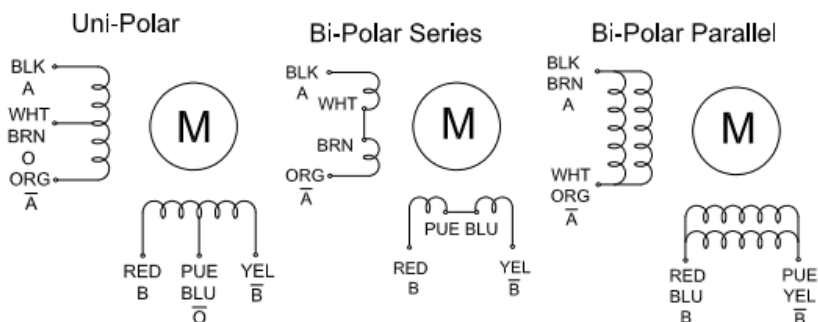
Pina 20 – SDA in 21 – SCL na mikrokrmilniku sta namenjena za I2C-komunikacijo, ki je uporabljena za gyro in magnetometer senzorja. Prednost tovrstne komunikacije je, da lahko komunicira več naprav po samo dveh vodnikih, ne da bi se podatki izgubili. Povezana sta s SDA- in SCL-pinoma na senzorjih. VCC je na obeh povezan s 3,3 V napetostnim nivojem, GND pa z GND-pinom na mikrokrmilniku.



Slika 41: Magnetometer in gyro senzorja

(Vir: <http://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/mems-accelerometer-gyrocope-magnetometer-arduino/>)

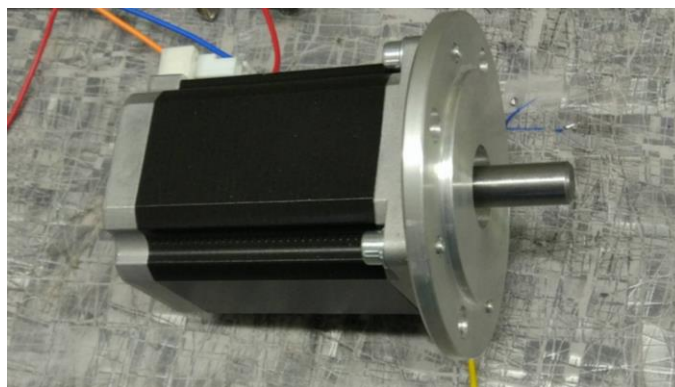
Motor 2, s serijsko številko 23HS33-4008D, vrti napravo okoli X-osi. Motor je unipolaren ali bipolaren, vezan kot unipolarni ima manj navora, tj. 2 Nm, kar je za najine potrebe premalo. Vezala sva ga bipolarno zaporedno (Bi-polar series), saj tako nudi 2,8 Nm navora ter ima polovico manjšo zahtevo toka kot pri bipolarni vzporedni vezavi.



Slika 42: Nastavitve koračnega elektromotorja

(Vir: <http://eu.stepperonline.com/download/pdf/23HS33-4008D.pdf>)

Motor 1, s serijsko številko 103H7823-1740, vrti napravo okoli Z-osi in je pritrjen na polžasti gonilnik. Koračni motor je bipolaren z 2,7 Nm navora.



Slika 43: Drugi elektromotor

(Osebni vir)

3. 3 PROGRAM

Za program sva naredila preračun, ki nama iz vnesenih trenutnih koordinat izračuna potrebno elevacijo in azimut, na katera se mora sistem postaviti. Za sestavo tega računa sva si pomagala s preračuni, na voljo na spletni strani ponudnika Eutelsat. Delno pa sva ga naredila sama.

Za gyro in magnetometer senzorja sva uporabila že obstoječe knjižnice in programe, ki sva jih dobila s spletne strani »<http://howtomechatronics.com/>«. Seveda sva programe morala delno preurediti za potrebe naprave.

V programu so najprej inicializirane knjižnice in naslovi za I2C-komunikacijo.

```
#include<Wire.h>
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU9250.h"
#include "BMP180.h"
I2Cdev I2C_M;

const int MPU_addr=0x68;
int16_t AcX,AcY,AcZ,Tmp,GyX,GyY,GyZ;

int minVal=265;
int maxVal=402;

double xAng, yAng, zAng;
double x;
double y;
double z;

//////////////////////////////////COMPASS//////////////////////////////////

#define Magnetometer_mX0 0x03
#define Magnetometer_mX1 0x04
#define Magnetometer_mZ0 0x05
#define Magnetometer_mZ1 0x06
#define Magnetometer_mY0 0x07
#define Magnetometer_mY1 0x08
```

Slika 44: Inicializacija knjižnic in I2C-naslovov

(Osebn vir)

Nato so inicializirane spremenljivke, označene z 1 so za motor Z-osi, z 2 pa za X-os. Spodaj so spremenljivke, namenjene za računanje elevacije in azimuta.

```
int Korak = 0;
int Dir1 = 11;
int Step1 = 12;
int Ena1 = 13;
int Dir2 = 9;
int Step2 = 8;
int Ena2 = 10; //enable
double Kot1 = 0;
double Kot2 = 0;
int foldButton = 6; //končna pozicija
int Fold = 7; //tipka za zložitev
int Start = 5; // zacetek programa

double lat=46.548555;
double lon=16.002465;
double rad = pi/180;
double r =6371;
double h =42200;
double elev, azimut, nasprotniAzimut, razlikaE1, razlikaAz;
int n=0;
```

Slika 45: Inicializacije spremenljivk

(Osebn vir)

V nastavitveni zanki se začnejo izvajati serijske in I2C-komunikacije, hkrati pa nastaviva vhode, izhode in začetna stanja pinov.

```
void setup() {  
  Wire.begin();  
  Wire.beginTransmission(MPU_addr);  
  Wire.write(0x6B);  
  Wire.write(0);  
  Wire.endTransmission(true);  
  
  Wire.beginTransmission(Magnetometer);  
  Wire.write(0x02); // Select mode register  
  Wire.write(0x00); // Continuous measurement mode  
  Wire.endTransmission();  
  
  pinMode(Dir1, OUTPUT);  
  pinMode(Step1, OUTPUT);  
  pinMode(Ena1, OUTPUT);  
  pinMode(Dir2, OUTPUT);  
  pinMode(Step2, OUTPUT);  
  pinMode(Ena2, OUTPUT);  
  pinMode(foldButton, INPUT);  
  pinMode(Fold, INPUT);  
  pinMode(Start, INPUT);  
  digitalWrite(Dir1, LOW);  
  digitalWrite(Step1, LOW);  
  digitalWrite(Ena1, HIGH);  
  digitalWrite(Dir2, LOW);  
  digitalWrite(Step2, LOW);  
  digitalWrite(Ena2, HIGH);  
  
  Serial.begin(115200);  
}
```

Slika 46: Nastavitvena zanka

(Osebni vir)

V glavni zanki program najprej izvaja podzanke za pridobitev kota elevacije, azimuta, trenutnega nagiba in odmika od severa.

```
void loop() {  
  
  getAngle();  
  getCompass();  
  getElev();  
}
```

Slika 47: Glavna zanka

(Osebni vir)

Z I2C-komunikacijo program v podzanki `getAngle` pridobi trenutni X- in Y-nagib iz gyro senzorja, katera kasneje uporabi v nadaljnjih izračunih.

```
//////////////////////////////////////ANGLE//////////////////////////////////////  
void getAngle () {  
  
    Wire.beginTransmission(MPU_addr);  
    Wire.write(0x3B);  
    Wire.endTransmission(false);  
    Wire.requestFrom(MPU_addr, 14, true);  
  
    AcX=Wire.read()<<8|Wire.read();  
    AcY=Wire.read()<<8|Wire.read();  
    AcZ=Wire.read()<<8|Wire.read();  
    xAng = map(AcX,minVal,maxVal,-90,90);  
    yAng = map(AcY,minVal,maxVal,-90,90);  
    zAng = map(AcZ,minVal,maxVal,-90,90);  
  
    x= RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -zAng)+PI);  
    y= RAD_TO_DEG * (atan2(-xAng, -zAng)+PI);  
  
}
```

Slika 48: `getAngle` zanka

(Osebni vir)

V //////////////////////////////////////COMPASS//////////////////////////////////// etometra, s katerimi v spodnjem delu

```
void getCompass () {
  //---- X-Axis
  Wire.beginTransmission(Magnetometer); // transmit to device
  Wire.write(Magnetometer_mX1);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(Magnetometer,1);
  if(Wire.available()<=1)
  {
    mX0 = Wire.read();
  }
  Wire.beginTransmission(Magnetometer); // transmit to device
  Wire.write(Magnetometer_mX0);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(Magnetometer,1);
  if(Wire.available()<=1)
  {
    mX1 = Wire.read();
  }

  //---- Y-Axis
  Wire.beginTransmission(Magnetometer); // transmit to device
  Wire.write(Magnetometer_mY1);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(Magnetometer,1);
  if(Wire.available()<=1)
  {
    mY0 = Wire.read();
  }
  Wire.beginTransmission(Magnetometer); // transmit to device
  Wire.write(Magnetometer_mY0);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(Magnetometer,1);
  if(Wire.available()<=1)
  {
    mY1 = Wire.read();
  }

  //---- Z-Axis
  Wire.beginTransmission(Magnetometer); // transmit to device
  Wire.write(Magnetometer_mZ1);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(Magnetometer,1);
  if(Wire.available()<=1)
  {
    mZ0 = Wire.read();
  }
  Wire.beginTransmission(Magnetometer); // transmit to device
  Wire.write(Magnetometer_mZ0);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(Magnetometer,1);
  if(Wire.available()<=1)
  {
    mZ1 = Wire.read();
  }

  //---- X-Axis
  mX1=mX1<<8;
  mX_out =mX0+mX1; // Raw data
  // From the datasheet: 0.92 mG/digit
  Xm = mX_out*0.00092; // Gauss unit
  /* Earth magnetic field ranges from 0.25 to 0.65 Gauss, so these are :

  //---- Y-Axis
  mY1=mY1<<8;
  mY_out =mY0+mY1;
  Ym = mY_out*0.00092;

  //---- Z-Axis
  mZ1=mZ1<<8;
  mZ_out =mZ0+mZ1;
  Zm = mZ_out*0.00092;
```

Slika 49: getCompass zanka

(Osebni vir)

izračuna trenutni kotni odklik od severa – azimut.

Program v tem delu iz danih zemeljskih koordinat izračuna potreben kotni odklik od severa in elevacijo, na katera moramo postaviti anteno za komunikacijo s satelitom.

```
//////////////////////////////////GET EVELVATION AND AZIMUTH//////////////////////////////////
void getElev () {

    double B = (lon-9);
    double C = acos(cos(lat*rad)*cos(B*rad))/rad;
    ////////////////////////////////// azimuth////////////////////////////////
    azimuth = (atan(tan(B*rad)/sin(lat*rad))/rad)+180;
    ////////////////////////////////// evelvation////////////////////////////////
    double d = sqrt((r*r)+(h*h)-2*r*h*cos(C*rad));
    elev = acos(h*sin(C*rad)/d)/rad;
    /* Serial.println(azimut);
    Serial.println(evel);*/

}
}
```

Slika 50: Izračun elevacije

(Osebni vir)

Ko pritisnemo tipko za postavitev – Start, po kratkem izračunu program izračuna, za kolikšen kot mora naprava zavrteti motor 1, da pride do željenega azimuta. Nato se začne podzanka getSet1, ki poganja motor okoli Z-osi.

```
//////////////////////////////////MOTOR1//////////////////////////////////
    delay(500);

    razlikaAz = azimuth - Az;

    if(razlikaAz<0){
        razlikaAz = razlikaAz +360;
    }
    Serial.println(razlikaAz);
    delay(500);
    digitalWrite(Dir1,HIGH);
    digitalWrite(Enal, LOW);
    while(Kot1 < razlikaAz){//ne gledava po trenutnem kotu, ker zanka potrebuje veliko časa, ker pa moti koračni motor

        getSet1 ();

    }
    Kot1=0;

void getSet1 () {

    digitalWrite(Step1, HIGH);
    delayMicroseconds(400);

    digitalWrite(Step1, LOW);
    delayMicroseconds(400);
    Kot1 =Kot1 + 2 * 0.004822531;// 1 korak = 0.004822531 stopinje//// 2 koraka se izvršita
}
}
```

Slika 51: Pogoj za začetek programa in zanka getSet1

(Osebni vir)

Po postavitvi motorja 1 na željeno pozicijo se začne program za pogon motorja 2. Najprej program preračuna zmerjeni nagib na X-osi, na kakšen naklon se mora antena postaviti. Po nastavitvi program še enkrat zmeri naklon in preveri, če je na pravem položaju. V primeru, da ni, po potrebi naklon popravi.

```
//////////////////////////////////MOTOR2//////////////////////////////////
delay(500);

if(x > 180){
x = x - 360;
}
Kot2=x-90;

digitalWrite(Dir2, HIGH);//smer
digitalWrite(Ena2, LOW);
while(Kot2 < elev){//ne gledava po trenutnem kotu, ker zanka potrbuaj

getSet2 ();
RazlikaD = elev - Kot2;
if(RazlikaD>9 && RazlikaD<11){
Delay=800;
}

}

delay(500);
getAngle();//zmerimo še enkrat
if(x > 180){
x = x - 360;
}
razlikaE1 = x-elev-90;

if(razlikaE1>0.5){//če se dvigne previsoko
Kot2=0;
digitalWrite(Dir2, LOW);
while(Kot2 < razlikaE1){//Gre v drugo smer
digitalWrite(Ena2, LOW);
getSet2 ();
}

}

else if(razlikaE1<-0.5){//če se dvigne premalo
Kot2=0;
digitalWrite(Dir2, HIGH);
while(Kot2 < razlikaE1){//Gre v drugo smer
digitalWrite(Ena2, LOW);
getSet2 ();
}

}

}
Delay=400;
}

digitalWrite(Ena2, HIGH);
```

Slika 52: Nastavitev pogojev za vodenje zanke getSet2

(Osebni vir)

Z zanko getSet2 program pošilja ukaze gonilniku motorja 2 in ga na ta način vodi.

```
void getSet2 () {  
  
  digitalWrite(Step2, HIGH);  
  delayMicroseconds(400);  
  
  digitalWrite(Step2, LOW);  
  delayMicroseconds(400);  
  
  Kot2 =Kot2 + 2 * 0.004822531;// 1 korak = 0.004822531 stopinje; 2 koraka se izvršita;  
  //Serial.println(Korak);  
  
  //Serial.println(Kot);*/  
  
}
```

Slika 53: getSet2 zanka

(Osebni vir)

4 UGOTOVITVE IN NADGRADNJE

Po izdelavi sva ugotovila, da je sistem izvedljiv in še vedno cenejši od ostalih variant. Meniva, da je naprava v takšnem stanju dovolj enostavna za uporabo, izdelek pa bi bil z določenimi nadgradnjami primerljiv z alternativami na tržišču. Z znanjem, ki sva ga pridobila pri projekta, meniva, da bi bil s konstrukcijskimi popravki sistem primeren za serijsko proizvodnjo. Prav tako meniva, da bi se dalo izboljšati estetiko in poenostaviti sestavo izdelka. Po tržni raziskavi se izkaže, da je najina naprava prva te vrste v Sloveniji, kar potrди najino hipotezo, prav tako pa deluje z mikrokontrolerom Arduino.

Izdelek sam po sebi ni popoln zaradi pomanjkanja časa, zato pa naslednjim raziskovalcem nudi veliko možnosti za nadgradnjo. Med pomembnejšimi ugotovitvami je dejstvo, da bi sistem lahko z nekaj dela sam našel svoje zemeljske koordinate, kar bi mu omogočilo skoraj popolno avtonomnost. Poleg tega se ga lahko nadgradi z regulacijskim sistemom, ki bi nenehno prilagajal postavitev, kar bi omogočilo integracijo z ladijskimi navigacijskimi sistemi po Sredozemskem morju.



Slika 54: Končna sestava

(Osebni vir)

5 ZAKLJUČEK

K projektu sva pristopila misleč, da ga bo lažje izpeljati in z manj spodrseljaji, vendar sva kmalu, sploh na začetku strojnega dela, ugotovila, da ne bo tako lahko. Izdelava je zahtevala ogromno dela in časa, pri programskem delu pa sva se bila prisiljena naučiti veliko novih znanj. Na žalost se na vse ne da vplivati, zato pa je potrebno biti sposoben prilagajanja trgu in okoliščinam. Na koncu sva z izdelkom zelo zadovoljna in čeprav bi ga bilo potrebno še nadgraditi, meniva, da je primeren za uporabo. Hkrati pa verjameva, da sva z najinim trudom dodala še en zobnik v ogromni mehanizem tehnološkega razvoja.

6 ZAHVALA

Najprej bi se zahvalila mentorju g. Stevu Romaniću, dipl. inž., saj ta projekt brez njegovega truda, nasvetov in pomoči na področju strojništva ne bi bil izvedljiv. Prav tako se zahvaljujeva vsem ostalim profesorjem, ki so nama pomagali in svetovali.

Zahvala gre tudi šoli za finančno in materialno pomoč in podjetju Novatel, d. o. o., ki nama je priskrbelo Tooway opremo.

Na koncu bi se zahvalila še najini profesorici slovenščine ge. Brigiti Renner, prof., ki nama je raziskovalno nalogo lektorirala.

7 VIRI

- [1] BARTENSCLAGER, J. Mehatronika. Ljubljana: založba Pasadena, 2012
- [2] HMC – 58831 (online). (citirano 5. 3. 2017). dostopno na naslovu:
<http://www.emartee.com/product/42254/HMC5883L%20%20Axis%20Digital%20Compass%20Module>
- [3] Komerzialna prezentacija (online). 2009. Skylogic. (citirano 5. 3. 2017). Dostopno na naslovu: http://www.rian-bv.eu/files/1386147690_KA%20B2B%20and%20newsspotter%20Rian%20.pdf
- [4] Motor 23HS33-4008D (online). (citirano 5. 3. 2017). Dostopno na naslovu:
<http://eu.stepperonline.com/nema-23-dual-shaft-stepper-motor-283nm400-ozin-40a-23hs334008d-p-274.html>
- [5] MPU – 6050 (online). (citirano 5. 3. 2017). Dostopno na naslovu:
<http://blog.bitify.co.uk/2013/11/interfacing-raspberry-pi-and-mpu-6050.html>
- [6] Programa za senzorja (online). How to mechatronic. (citirano 15. 2 2017). Dostopno na naslovu: <http://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/mems-accelerometer-gyrocope-magnetometer-arduino/>
- [7] Računanje azimuta in elevacije (online). Eutelsat. (citirano 3. 8. 2017). Dostopno na naslovu: <http://www.eutelsat.com/files/contributed/support/pdf/azimuth-elevation-polarization.pdf>

8 IZJAVA

Mentor, Stevo Romanič, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Avtomatko pozicioniranje satelitske antene, katere avtorja sta Matija Laznik in Urban Kenda.

-besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,

-pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,

-da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,

-da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,

-da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oz. besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,

-da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 8. 3. 2016

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe