

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka / Koneensuunnittelu

Pyry Kurko

LIKKUVAN INFRAPUNA-ASERADAN UUELLEENSUUNNITTELU

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

KURKO, PYRY Liikkuvan infrapuna-aseradan uudelleensuunnittelu

Insinööriyö 33 sivua + 3 liitesivua

Työn ohjaaja Osaamisalapäällikkö Markku Huhtinen

Toimeksiantaja Eko-Aims Oy, Marko Kurvinen

Marraskuu 2012

Avainsanat ammunta, sähkömoottorit, mekaniikka

Eko-Aims Oy valmistaa erilaisia infrapunavaloon perustuvia aseita, joissa maalitaulusta tuleva infrapunasiignaali vastaanotetaan aseessa ja tulkitaan tietokoneella. Yksi heidän tuotteistaan on infrapunakiväärille tarkoitettu Eko-Aims Hirvirata. Työn tarkoituksena oli uudistaa kyseinen rata. Haluttuja parannuksia oli muun muassa hiljaisempi ajo, kevyempi rakenne ja monipuolisemmat käyttömahdollisuudet eri ammuntalajeihin. Tarkoituksena oli suunnitella uusi mekaaninen rakenne sekä sähköteknisestä rajapinnasta osien sijoitus ja moottorin mitoitus.

Työssä esitetään uudelleensuunnittelun lopputuloksena syntynyt ehdotus uudeksi liikkuvaksi infrapuna-aseradaksi. Hiljaisempaa ajoa saadaan laakeroinnilla ja materiaalivalinnoilla. Maalitaulun koolla ja vaihdettavuudella sekä infrapunaledien sijoittelulla rata saadaan soveltumaan useammalle viralliselle ampumalajille sekä hupiammuntaan. Askelmoottorin käyttöönotolla saadaan rata muuntumaan helposti eri lajien vaatimiin maalin nopeuksiin ja ajastuksiin. Ratakiskon ja maalin uudelleensuunnittelulla koko radasta saadaan kevyempirakenteisempi.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Mechanical Engineering and Production Technology

KURKO, PYRY Redesign of a Moving Infrared Shooting Range

Bachelor's thesis 33 pages + 3 pages of appendices

Supervisor Markku Huhtinen, Manager of Department

Commissioned by Eko-Aims Oy, Marko Kurvinen

November 2012

Keywords shooting, electric motors, mechanics

Eko-Aims is a manufacturer and a developer of infra-red (IR) weapons. IR weapons are based on a system where IR signal is transmitted from a target and received on a weapon. The received signal is then processed in a computer to gauge the accuracy of a shot. One of Eko-Aims' product is a moving IR range for a rifle. The purpose of this thesis was to redesign that range. Desired improvements for the range included silent target run, lighter construction, and more versatile use in different shooting sports. The aim was to design a new mechanical construction including the positioning of electrical components and choosing a motor.

The final product of the redesign, a proposal for a new moving IR target range, is presented in the text. Silent running is gained by using bearings and correct materials. The range is made to suit common shooting sports by a changeable target board and a new IR-LED layout. By introducing a stepper motor the range gained accurate control for different running speeds. Integrating functions to a compact target sledge allowed a lightweight rail and stand design.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO	6
2 RADAN KOKO	7
2.1 Radan pituus ja korkeus	7
2.2 Kelkan koko	9
2.3 Tähtäyspisteet	10
3 KELKKA	12
3.1 Perusrakenne	12
3.2 Runkolevy	13
3.3 Moottori	14
3.3.1 Hitausmomentit	14
3.3.2 Moottorin momentti	15
3.3.3 Moottorin valinta	16
3.3.4 Voimanvälitys	18
3.4 Rullat	19
3.4.1 Vetorulla	19
3.4.2 Kiristysrulla	20
3.4.3 Tukirulla	21
3.5 Piirilevyt	22
3.6 Etulevy	22
3.7 Maalitaulu	22
3.8 Käyttöjännitteen syöttö	23
3.9 Kuori	24
4 KISKO	25
5 PIILOT	26
6 JALUSTA JA SEINÄKIINNITYS	27
7 YHTEENVETO	29

LIITTEET

- Liite 1. Kuva: rata
- Liite 2. Kuva: kelkka takaa, kuoren takaosat irrotettuna
- Liite 3. Kuva: kelkka edestä, maalitaulu irrotettuna

1 JOHDANTO

Eko-Aims Oy on Ylämyllyllä Liperin kunnassa toimiva infrapuna-aseisiin erikoistunut yritys. Yrityksen tuotteisiin kuuluu myös muita ampumaurheiluun ja varsinkin sen harjoitteluun liittyviä tuotteita. Aseissa tarvittavan huipputeknologian kehittämisen lisäksi Eko-Aims toimii myös konepajana. Yrityksen laitekannasta löytyy useampi moniakselinen CNC jyrsin, sekä muun muassa automaattisorvi. Omien tuotteiden lisäksi se tekee alihankintatöinä osia muille yrityksille.

Yksi Eko-Aimsin tuotteista on infrapunakiväärille tarkoitettu Eko-Aims Hirvirata, jolle he halusivat uudelleensuunnittelua. Vanhassa radassa maali liikkuu profiilin sisällä liukumalla. Kiskon päähän on sijoitettu moottori, joka vetää maalia vaijerien avulla. Maalin nopeus kalibroidaan aina käynnistyksen yhteydessä useammalla testiajolla.

Haluttuja parannuksia oli muun muassa hiljaisempi ajoääni, kevyempi rakenne ja parempi käyttöjännitejohdon hallinta. Rataan haluttiin myös monipuolisemmat käyttömahdollisuudet eri ammuntalajeihin – niin virallisiin kuin vaikkapa huvipuistoammuntaan. Radalle tuli suunnitella sekä jalusta että seinäkiinnitys. Tarkoituksena oli suunnitella uusi mekaaninen rakenne sekä sähköteknisestä rajapinnasta osien sijoitus ja moottorin mitoitus.

Radan suunnittelu ja mallinnus aloitettiin Pro/ENGINEER 3D-mekaniikka-suunnitteluohjelmalla. Työ saatettiin kuitenkin loppuun SolidWorks 3D-mekaniikkasuunnitteluohjelmistolla. Laskelmat tehtiin Mathcad laskentaohjelmalla, LibreOffice Calc taulukkolaskentaohjelmalla sekä Mulco-Europe EWIV:n online-hammashihnavetolaskurilla. Kuvia on tuotettu myös LibreOffice Drawing-piirustusohjelmalla sekä käsitelty GIMP-kuvankäsittelyohjelmalla.

Tässä opinnäytetyön kirjallisessa osassa pyrin välttämään tarkkojen mittojen ja laskutulosten esittämistä. En myöskään liitä mukaan mittapiirustuksia.

Tämä siitä syystä, että rata saattaa tulla jossain muodossa kaupalliseen valmistukseen.

2 RADAN KOKO

2.1 Radan pituus ja korkeus

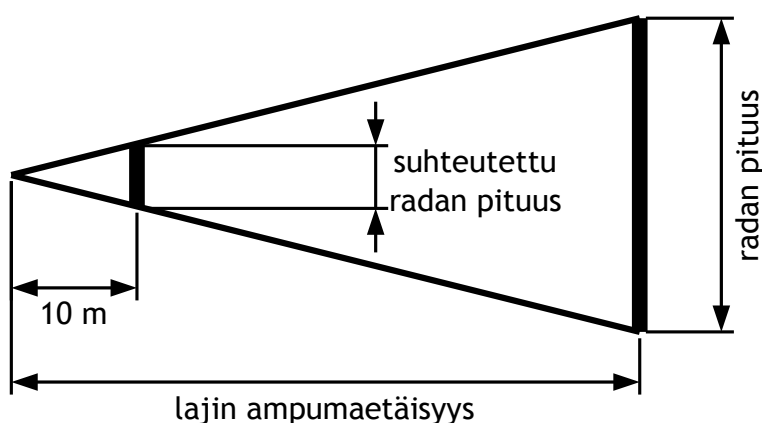
Vanhaa rataa ei oltu suunniteltu mittojen suhteen suoraan jonkin ampumalajin harjoitteluun. Uuden radan koon määrittelyssä lähdin siitä oletuksesta, että se olisi suoraan jonkin lajin radan pituinen tai ampumamatkan ja radan pituuden välinen suhde olisi sama. Alla olevassa taulukko 1:ssä on esitelty liikkuvaan tauluun ammuttavien ampumalajien ampumaetäisyyksiä, radan pituuksia, ampuma-aikoja (1; 2; 3; 4) ja näistä laskettuja maalin nopeuksia.

Taulukko 1. Yleiset liikkuvaan tauluun ammuttavat ampumalajit.

	Etäisyys [m]	Radan pituus [m]	Ampuma- aika [s]	Nopeus [m / s]
Ilmahirvi	10	2	5,0	0,400
Olympiakivääri, hidas	10	2	5,0	0,400
Olympiakivääri, nopea	10	2	2,5	0,800
Metsästyshirvi	100	23	4,4	5,227
Eurooppalainen metsästysammunta	50	6	1,8 2,0	3,333 3,000

Lyhin ampumaetäisyys lajeilla on 10 m. Tämä etäisyys sopii hyvin sisällä ampumiseen. Radan pituus näillä lajeilla on 2 m, joka on lähellä vanhanmallisen infrapunaradan pituutta. Tämän perusteella valitsin uuden radan oletusampumaetäisyydeksi 10 m. Muilta etäisyydeltä ammuttavien lajien radat suhteutettiin kymmenen metrin ampumaetäisyydelle.

Kuvassa 1 näkyy suhteuttamisen periaate. Maalitaulun nopeus hidastuu samassa suhteessa kuin radan pituus lyhenee, mutta koska ampuma-aika pysyy alkuperäisenä, pysyy myös ampumasektorin kulma samankokoisena. Tästä syystä myös aseiden kulmanopeus pysyy samana. Kymmenen metrin radalle suhteutettu radan pituus lasketaan kaavan 1 mukaisesti. Suhteutetut mitat ja maalin nopeudet on esitetty taulukossa 2.



Kuva 1. Radan pituuden suhteuttaminen kymmenen metrin ampumaetäisyydelle. Periaatekuva ei ole mittakaavassa.

$$\text{suhteutettu radan pituus} = \frac{10 \text{ m}}{\text{ampumaetäisyys}} \times \text{radan pituus} \quad (1)$$

Taulukko 2. Ampumalajien ratojen pituudet suhteutettuna kymmenen metrin ampumaetäisyyteen.

	Etäisyys [m]	Radan pituus [m]	Ampuma-aika [s]	Nopeus [m / s]
Ilmahirvi	10	2,0	5,0	0,400
Olympiakivääri, hidas	10	2,0	5,0	0,400
Olympiakivääri, nopea	10	2,0	2,5	0,800
Metsästyshirvi	10	2,3	4,4	0,523
Eurooppalainen metsästysammunta	10	1,2	1,8	0,667
			2,0	0,600

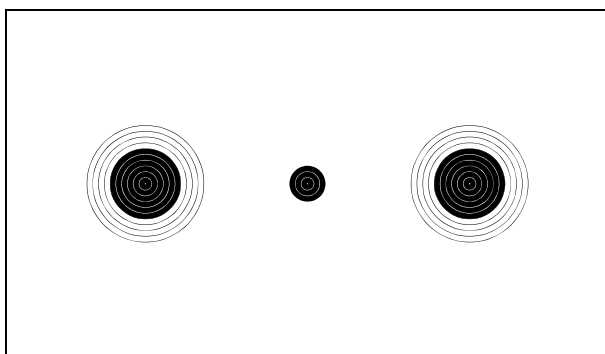
Suhteutetuista radoista pisin on metsästyshirvirata. Infrapuna-aseradan pituudeksi tulee siis tällä periaatteella 2,3 m. Maalitaulun suurin nopeus on nopealla olympiakiväärillä. Tätä 0,8 m/s nopeutta käytetään moottorin mitoituksessa. Suomen Ampumaurheiluliiton (SAL) normeissa kymmenen metrin

radoilla taulun keskipisteen korkeus ampumapaikan lattiatasosta on 1,40 m ± 0,05 m (5, 47). Käytin tätä korkeutta radan korkeutena.

2.2 Kelkan koko

Kelkan etuseinän koon tulisi olla sopiva siinä käytetyille maalitauluille sekä olla tarpeeksi iso kätkeäkseen taakseen kelkan mekaaniset osat. Kelkan syvyys määräytyy automaattisesti sen sisällä olevien rakenteiden mukaan, eikä se riipu ammuntalajista tai maalista.

Kuvassa 2 olevan Suomen Ampumaurheiluliiton kymmenen metrin etäisyydeltä ammuttavan liikkuvan maalin pahvitaulun suositeltu koko on 260 mm × 150 mm (5, 25). Ilmahirven maalin koko on 300 mm × 155 mm (6). Metsästys-hirven maali vastaa kymmenen metrin etäisyydelle muutettuna ilmahirven taulua.



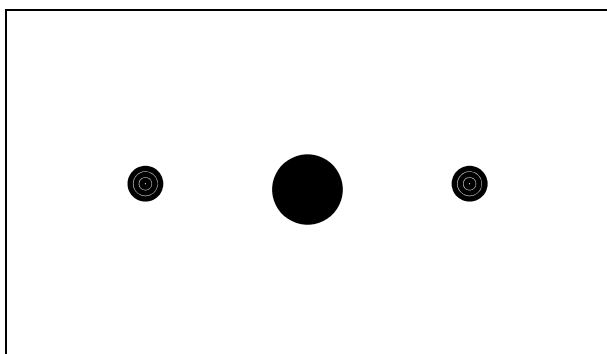
Kuva 2. 10 m liikkuvan maalin pahvitaulu

Eurooppalaisessa metsästysammunnassa käytetyn 50 metristä ammuttavan liikkuvan maalin tähtäyspisteenä toimiva karjun kärsä on 500 mm päässä 10-renkaasta (5, 23). Suhteutettuna kymmenen metrin ampumaetäisyydelle se on 100 mm etäisyydellä keskeltä. 50 metrin etäisyydeltä ammuttavan ammuntahiihtotaulun leveys on 1130 ... 1350 mm (7, 141), joka on kymmenen metrin ammuntaetäisyydelle muutettuna 226 ... 270 mm.

10 m liikkuvan maalin taulun koko, 260 mm × 150 mm, sopii siis kelkan etuseinän kooksi. Isommilla tauluilla maalitaulun koko voi olla kelkan etuseinää isompi tai maalitaulun voi rajata etuseinän kokoiseksi.

2.3 Tähtäyspisteet

Infrapuna-aseen maalissa infrapunaledit tulee sijoittaa tähtäyspisteisiin. Paikallaan olevassa maalissa tähtäyspiste on pistevyöhykkeen keskellä. Liikkuvassa maalissa tähtäyspisteenä on ennakkopiste, joka on liikesuunnassa ennen pistevyöhykettä. Joissakin maaleissa ennakkopiste on erikseen piirretty tähtäysmerkki, eläintauluissa yleensä tietty kohta eläimen kuvasta.



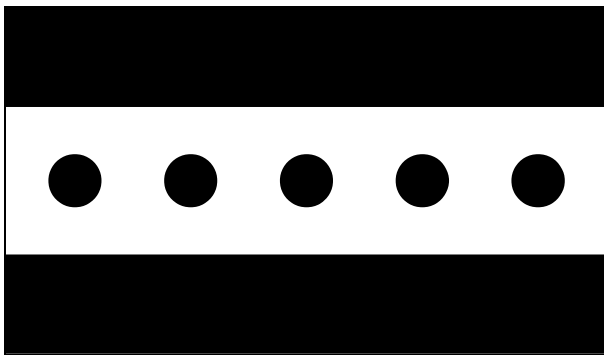
Kuva 3. 10 m liikkuvan maalin elektroninen taulu

10 m liikkuvassa maalissa on kaksi pistevyöhykettä, jotka sijaitsevat 70 mm etäisyydellä keskellä olevasta tähtäysmerkistä (kuva 2). Tästä taulusta on olemassa myös kuvassa 3 näkyvä metallinen elektroninen versio, jossa tähtäysmerkit ovat keskellä olevan reiän molemmin puolin 70 mm etäisyydellä. Kuvassa 4 näkyvässä ilmahirviammunnassa käytettävässä taulussa tähtäysmerkinä toimiva hirven parta on myös 70 mm etäisyydellä pistevyöhykkeen keskeltä. Näille kahdelle lajille sopii siis samat kolme infrapunalediä.



Kuva 4. Ilmahirviammunnan maalitaulu (hirven tuplakuva ei suhteessa piste-
vyöhykkeisiin)

Kuvassa 5 olevan ampumahiihdon maalitaulun kohteiden keskipisteet ovat 215 ... 260 mm päässä toisistaan. 10 m etäisyydelle muutettuna kohteiden väli on 43 ... 52 mm. Eurooppalaisen metsästysammunnan liikkuvan taulun ennakkopiste on 100 mm päässä keskeltä, mikä on sama etäisyys ampumahiihtotaulun ulompien kohteiden kanssa, jos ampumahiihtotaulun kohteiden etäisyyksiksi valitaan 50 mm.



Kuva 5. Ampumahiihdon maalitaulu sovitettuna kelkan etuosan kokoiseksi

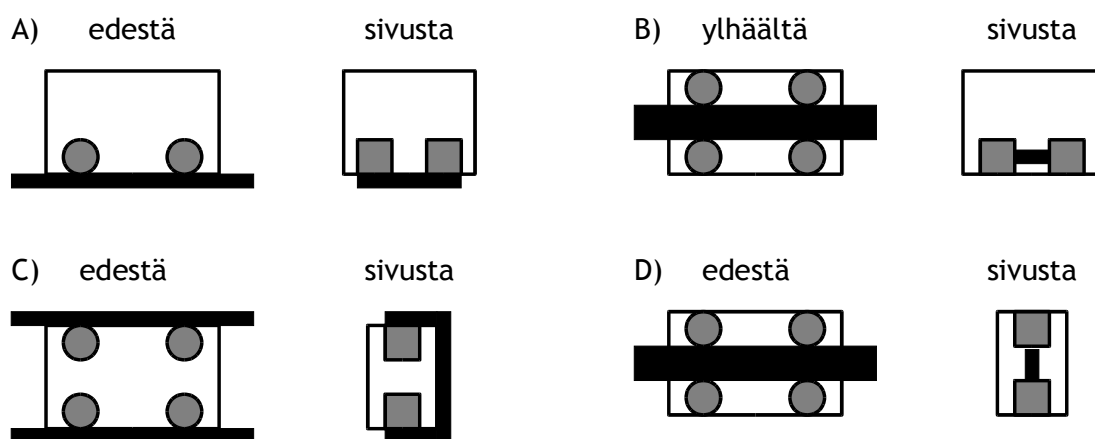
Valitsin edellä mainittujen lajien vaatimat seitsemän tähtäyspistettä sijoitettaviksi etulevyyn. Kaikkia ledejä ei kuitenkaan tarvitse asentaa, jos niille ei ole tarvetta. Esimerkiksi vapaamuotoisessa projektiiliammuntaa simuloimattomassa huvipuistoammunnassa, jossa ennakkoa ei tarvitse ottaa huomioon, ei tarvita kuin keskimäinen tähtäyspiste.

3 KELKKA

3.1 Perusrakenne

Kuvassa 6 on esitelty erilaisia mahdollisia kelkan perusrakenteita. Jaoin rakenteet neljään erilaiseen ratkaisuun sen mukaan, miten kelkan runko ja rullat sijoittuvat kiskoon nähden:

- A Kokonaan kiskon yläpuolella oleva kelkka. Tämän heikkous on syvästä kelkasta huolimatta vastakkaisen vertikaalisen tukipisteen puuttuminen.
- B Kiskon ympärillä vaakatasossa oleva kelkka. Tässä rakenteessa kelkan syvyys kasvaa rullien sijoittelun ja kiskon syvyyden takia turhaan, koska kelkalla on maalitaulun koosta johtuen vähimmäiskorkeus ja -leveys, ei vähimmäissyvyyttä.
- C Kiskon sisällä oleva kelkka. Tämä rakenne vastaa vanhan mallin mukaista rataa. Rakenteen suurin haitta on iso, kelkan takaa kiertävä kisko, tai kelkan ylä- ja alapuolella olevat kiskot, jotka kiinnitetään toisiinsa kelkan takaa.
- D Kiskon ylä- ja alapuolella oleva kelkka. Kompakti vertikaalisesti kumpaankin suuntaan tuettu rakenne, jossa maalitaulun taakse saadaan mahtumaan rullat sekä kisko.



Kuva 6. Kelkan mahdollisia perusrakenteita. A) Kiskon yläpuolella, B) Vaakatasossa kiskon ympärillä, C) Kiskon sisällä, D) Kiskon ylä- ja alapuolella

Valitsin kuvan 6 kohdassa D esitetyn kelkan perusrakenteen. Kelkan rungoksi valitsin kiskon etupuolelle tulevan runkolevyn, johon kiinnittyy suoraan kaikki toiminnalliset osat. Kelkka lepää kiskon päällä runkolevyn takana olevilla tuki- ja vetorullalla. Runkolevyn takana kiskon alapuolella on ylöspäin joustettu kiristysrulla. Runkolevyn takana kiskon yläpuolella on moottori, käyttöjännitteen sisääntulo ja moottorinohjauselektroniikka.

Runkolevyn etupuolelle sijoitetaan vain välttämättömimmät osat: isompi pääpiirilevy, etulevy, infrapunaledit ja maalitaulu. Myös vetorullan hammashihnaveto tulee runkolevyn etupuolelle. Runkolevyn ympärille ja taakse tulee ohuempi kuori. Kelkan painopiste tulee suunnitellulla rakenteella hieman runkolevyn etupuolelle. Rullien laahaamista voidaan yrittää minimoida ja kelkan ajoa tasata siirtämällä painopiste kiskon päälle. Helpoin tapa siirtää painopistettä on asentaa lisäpainoa kelkan taakse.

3.2 Runkolevy

Kuvassa 7 näkyvä runkolevy on sijoitettu kelkan sisälle kiskon etupuolelle. Siihen on kiinnitetty suoraan tai välillisesti kaikki liikkuvat osat: moottori, vetoakselin laakeripesä, tukirullan akseli ja kiristysrullan nivelakseli. Myös piiri-

levyt, etulevy ja maalitaulu ovat kiinni runkolevyssä. Tämä helpottaa saamaan osat tarkasti paikoilleen, kun kaikkien osien kiinnitysreiät voidaan tehdä kerralla yhdellä koneella. Runkolevyn materiaaliksi valitsin Rautaruukin AW 4017 -alumiinin sen muovattavuuden ja mekaanisen lujuuden vuoksi.



Kuva 7. Kelkan runkolevy, johon on kiinnitettyä muun muassa rullat, moottori, voimanvälitys, piiri- ja etulevyn holkit sekä maalitaulun magneetit

3.3 Moottori

3.3.1 Hitausmomentit

Moottorin mitoitus aloitettiin laskemalla liikkuvien osien hitausmomentit (inertiamomentit). Hitausmomenttia aiheuttaa koko kelkan massa kiskon suuntaisessa liikkeessä, sekä rullien ja moottorin pyöriminen.

Rullien hitausmomentit J_{rulla} lasketaan lieriöiden hitausmomentin kaavasta 2, jossa r on reiät säde, R lieriön säde ja m lieriön massa (8, 156):

$$J = \frac{1}{2} m (r^2 + R^2) \quad (2)$$

Kelkan massa aiheuttama hitausmomentti lasketaan vetävän rullan säteen etäisyydellä olevana yhtenä pistemäisenä massana. Pistemäisen kappaleen hitausmomentin kaavassa m on massa ja r on etäisyys pyörimisakselista (9, 55):

$$J = mr^2 \quad (3)$$

Laskettaessa moottorin momenttia ja kierroslukualuetta on vaihteet otettava huomioon. Vaihteistona toimii hammashihnaveto. Hitausmomentissa vaihteisto otetaan kertoimena huomioon kaavan 4 mukaisesti välityssuhteen (n_1/n_2) käänteisluvun neliönä (10, 18):

$$J_1 = J_2 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad (4)$$

Moottorin hitausmomentti on moottorikohtainen ominaisuus, jonka suuruus löytyy valmistajan antamista tiedoista. Kaikista erillisistä hitausmomenteista lasketaan kokonaishitausmomentti J_L .

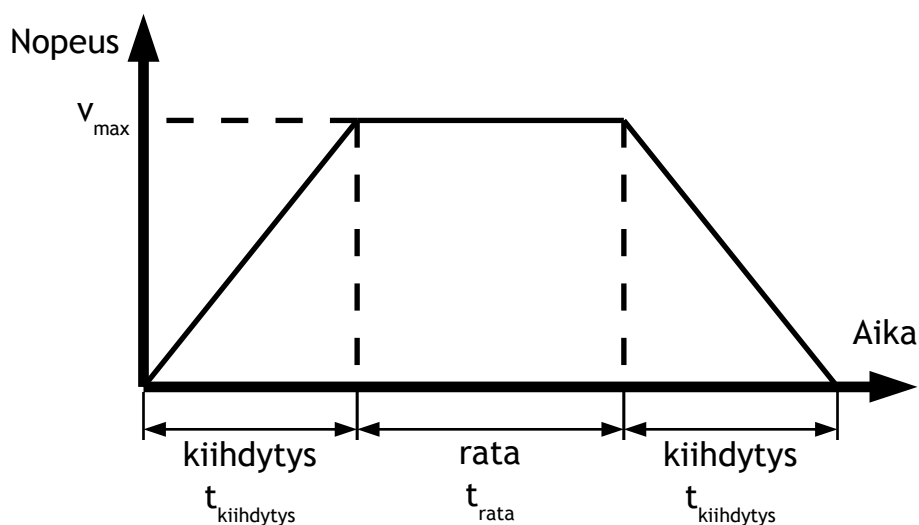
3.3.2 Moottorin momentti

Kelkan suurin nopeus tulee olympiakiväärin nopeassa osassa, jossa maali on 2 m radalla näkyvissä $t_{rata} = 2,5$ s (kuva 8). Matkasta ja ajasta pystytään laskemaan maalin suurin nopeus v_{max} (kuva 8). Nopeudesta lasketaan vetorullan pyörimisnopeus, joka on välityksen ollessa 1 sama, kuin moottorin maksimipyörimisnopeus $n_{moottori,max}$.

Kelkan tulee päästä pysähdyksistä täyteen nopeuteen matkalla, joka on lyhyempi kuin tähtäysmerkin esiintulomatka. Tämän kiihdytysmatkan ja maksiminopeuden avulla saadaan laskettua kiihdytysaika $t_{kiihdytys}$ (kuva 8). Kun tiedetään kokonaishitausmomentti, maksiminopeus sekä kiihdytysaika, voi-

daan laskea moottorin maksimimomentti T_L , jonka moottorin täytyy pystyä tuottamaan maksimikiihdytyksessä. Kun moottorin maksimimomenttiin T_L lisätään vielä varmuuskerroin n , saadaan moottorin mitoituksessa tarvittava momentti $T_{L,n}$ kaavasta 5 (10, 7):

$$T_{L,n} = J_L \left(\frac{n_{moottori,max}}{t_{kiihdytys}} \right) n \quad (5)$$



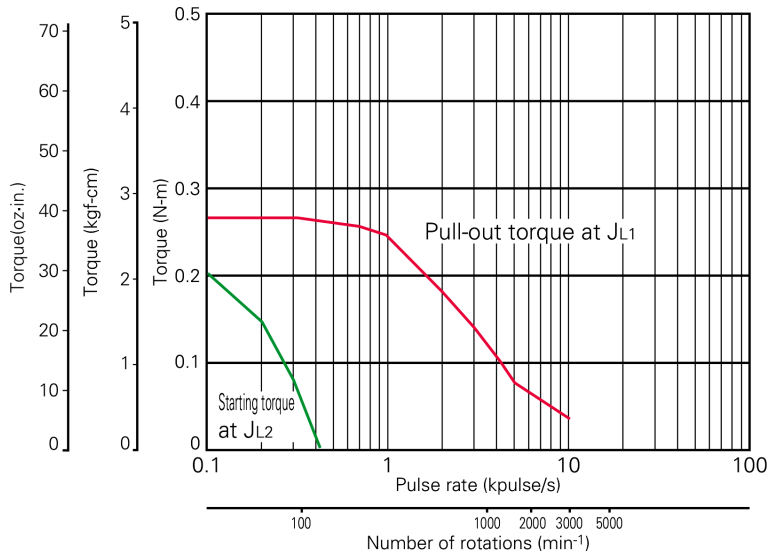
Kuva 8. Kelkan liikeprofiili moottorin mitoitusta varten. Kuva ei ole mittasuhteissa.

3.3.3 Moottorin valinta

Koska kelkan tulee kulkea tasaista nopeutta, valitsin moottorin lähtökohdaksi askelmoottorin. Askelmoottorin nopeutta pystyy oikein mitoitetulla moottorilla säätämään suoraan askelnopeudella. Moottoriksi valitsin Sanyo Denki 103H5205-5240 bipolaarisen askelmoottorin (11, 69). Moottori on 42 mm korkea ja 24 mm syvä, joten se mahtuu kelkan yläosaan. Kuvassa 9 on esitettyä moottorin taajuus-momentti -kaavio.

Kaavion mukaan moottori jaksaa lähteä liikkeelle noin 0,2 Nm:n väännöllä (Starting torque @ Pulse rate = 0,1 10³/s), mikä on enemmän kuin kelkan kiih-

dytykseen tarvitaan. Kaaviosta nähdään myös, että kiihdytyksen pystyy aloittamaan noin $0,2 \cdot 10^3/s$ askelnopeudella (Pulse rate @ Starting torque = $T_{L,n}$), jolloin moottorista saadaan vielä tarvittava vääntö $T_{L,n}$. Kelkan maksiminopeudella v_{max} moottorista saa yli 0,2 Nm väännön (Pull-out torque).



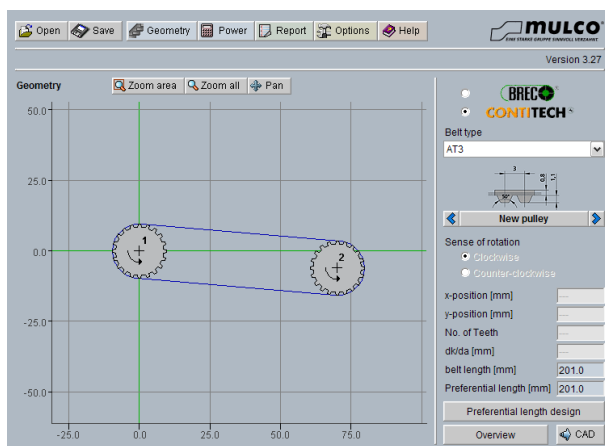
Kuva 9. Sanyo Denki 103H5205-5240 taajuus-momentti -kaavio (11, 72). Jännitelähde 24 V, kelavirta 1 A, full-step.

Moottorin kelavirta $I_{RMS_rated} = 1$ A ja kelan resistanssi $R_{coil} = 3,4 \Omega$ (11, 69). Näistä saadaan kelajännitteeksi $U_{coil_nom} = 3,4$ V. Käyttöjännitteen tulisi olla vähintään kaksi kertaa kelajännitteen verran, optimaalisessa tilanteessa vähintään nelinkertainen, mutta enintään 25-kertainen (12, 10). Käyttöjännitteen tulisi siis olla välillä 13,6 ... 80,0 V. Korkeammalla käyttöjännitteellä saadaan moottorista isompi vääntö, kun haluttu kelavirta saavutetaan askelpulssin aikana nopeammin. Koska moottorin vääntöominaisuudet on ilmoitettu 24 V käyttöjännitteellä, sekä radan valmistajan muissa tuotteissa on käytössä 24 V jännitelähde, valitsin radan käyttöjännitteeksi 24 V DC.

3.3.4 Voimanvälitys

Koska moottorin vääntö ja vetorullan säde saadaan sovitettua yhteen, ei varsinaista vaihteistoa tarvita. Moottori olisi mahdollista asentaa runkolevyn etupuolelle, jolloin vetorulla voisi olla suoraan moottorin omalla akselilla. Silloin runko- ja etulevyn väliin tulisi turhaa tilaa ja runkolevyn takapuolelle jäisi hyödyntämätöntä tilaa. Myös kelkan painopiste siirtyisi painavan moottorin takia reilusti kiskon etupuolelle. Koska moottori sopii syvyytensä puolesta runkolevyn taakse, päätin asentaa sen vetorullan viereen kiskon yläpuolelle.

Jotta askelmoottorin tarkkuutta voidaan hyödyntää, pitää myös voimansiirron olla tarkka. Tästä syystä valitsin moottorin ja vetorullan akselien väliin hammashihnavedon. Sopivat hammashihnapyörät löytyivät Mulcon AT 3 -profiileista (13, 14) ja hammashihna Continental Contitechin vastaavasta Syncroflex® AT 3 -sarjasta (14, 8).



Kuva 10. Mulcon online-hammashihnavetolaskuri (15)

Hammashihnavedon mitoituksessa käytin hyödykseni kuvassa 10 näkyvää Mulcon online-hammashihnavetolaskuria, jonka avulla sain määriteltä tarkasti moottorin paikan suhteessa vetopyörän akseliin (15). Moottori kiinnitetään runkolevyyn neljällä ruuvilla, joista vain yhdellä on pyöreä vastareikä runkolevyssä. Tätä ruuvia käytetään nivelenä hammashihnaa asennettaessa ja

kiristettäessä. Kolmen muun ruuvin vastakolot ovat pitkulaisia, jolloin mutterit voidaan kiristää oikeaan kohtaan. Hammashihnapyörät kiinnitetään akselleille putkisokilla.

3.4 Rullat

Rullien suunnittelun lähtökohtana pidin MiniTec-järjestelmän käytettyyn kiskotyyppiin suunniteltua Roller Element rullaa, joka oli kokonsa puolesta sopiva kelkan sisälle. MiniTecin rullat on valmistettu ABS-muovista ja niissä on kaksi 626 ZZ -mallista kuulalaakeria, jotka pystyvät kohtalaisesti käsittelemään myös aksiaalista kuormaa. (16, 201)

3.4.1 Vetorulla

Vetorullan tarkoituksena on välittää moottorin voima kiskoon. Koska vetorullan kiskon pintaan osuvan halkaisijan koko määräytyy halutun välityssuhteen mukaan, sekä voima halutaan vetoakselilta rullalle ilman laakerointia, vetorullana ei voida käyttää MiniTecin rullaa.

Valitsin vetorullan materiaaliksi polyuretaanin (PUR). Se on yleisesti käytetty materiaali veto- ja laakerirullien pinnoiteaineena. Polyuretaanin vetorullaan haluttavia ominaisuuksia on suuri kitkakerroin, äänenvaimennus, kuormankantokyky ja iskunvaimennuskyky (17, 2; 18).

Polyuretaania valmistetaan monessa eri muodossa vaahdosta kiinteään. Kiinteää polyuretaania saa myös monessa eri kovuudessa. Yleisesti saatavissa olevaa kiinteää polyuretaanilaatua, Bayer MaterialScience AG:n Vulkollania, valmistetaan shore 10A – 80D -kovuuksina (19). Polyuretaanista valmistetaan kappaleita yleisesti valamalla, mutta myös lastuava työstäminen on mahdollista. Valmistajan konekannan vuoksi alihankkijalla valamalla valmistetut rul-

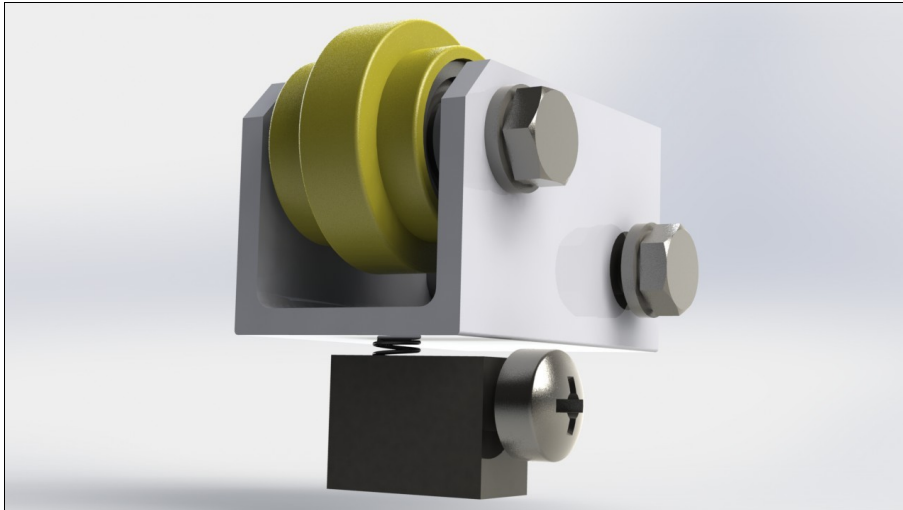
lat tulisivat varsinkin pienissä erissä kalliimmiksi kuin itse sorvaamalla tehdyt. Notkeampien laatujen lastuava työstö on venyvyyden takia vaikeaa, vaikka työstöä voidaan helpottaa esimerkiksi jäähdyttämällä kappaletta (17, 3). Kovempien laatujen työstö on helpompaa, mutta leikkaustyökalujen terävyys on tärkeää (17, 3). Polyuretaaniksi valitsin shore 90A kovuuksisen Vulkollan, jota on saatavissa eri paksuisina tankoina.

Vetorulla on kiinnitettynä vetoakseliin, joka on kiinni runkolevyn kahta puolta kiinnitetyissä laakeripesissä. Kummassakin laakeripesässä on samanlainen 626-tyyppinen laakeri kuin MiniTecin rullissa. Laakeripesät ovat alumiinia ja vetoakseli terästä. (Liite 2.)

3.4.2 Kiristysrulla

Kiristysrulla tulee kiskon alle, ja sen päätarkoituksena on tasoittaa kelkan kulua ja varmistaa vetorullan riittävä pito (Liite 2.). Kiristysrullana voidaan käyttää joko MiniTeckin vakiorullaa, tai jos halutaan hiljaisempi rulla, se voidaan valmistaa samasta polyuretaanista kuin vetorulla – tai esimerkiksi nailonista – ja kahdesta laakerista. Kiristysrulla on kiinni rungossa nivelletyn u-profiilin avulla ja sitä painetaan kiskoa kohti painejousella. Kiristysrullan koonpano näkyy kuvassa 11.

Rullan akselina toimii pultti. Koska kelmassa ei ole takapuolella tilaa mutteri-liitokselle, rulla kiristetään akselille sisäkierteisellä sekä toisella, kierteettömällä holkilla. Kierteinen holkki lepää u-profiilin reiässä ja siihen voidaan työstää kiristystä varten urat tai reiät kiinni pitävälle työkalulle. Pultin kanta menee runkolevystä läpi. Siinä olevan aukon koon avulla voidaan rajoittaa nivelen liikerataa niin, että kelkan asennus kiskolle on varmasti mahdollista.



Kuva 11. Kiristysrullan kokoonpano

Alumiinisen u-profiilin koko on 30 mm × 30 mm. Se niveltyy pultilla runkoon kiinnitettävällä akselilla. Nivelen liikkuvuutta voidaan tarvittaessa lisätä voitelulla ja akselin päähän lisättävällä nailonisella aluslaatatalla.

Profiilin alapuolella olevan jousen mitoitin niin, että sen voima on pienempi kuin painovoiman luoma voima yläpuolen rulliin. Voima on riittävä pitämään kelkan kulun tasaisena ja vetorullan kitkaa varten ei tarvita lisävoimaa. Muut mitoitusperusteet olivat käytössä oleva tila, haluttu esijännitys ja pieni jousivoiman muutos mekaanisten epätarkkuuksien varalta. Jouseksi valitsin Sode-mann 11270 painejousen, jonka jousivoima käytössä on 5,19 N (20, 6).

3.4.3 Tukirulla

Tukirullan tarkoituksena on olla vetorullan ohella toinen kelkkaa kannattava piste. Tukirulla kiinnitetään runkolevyyn M6-pultilla ja sen kohdistaminen tahta-uu väliholkilla. Tukirullan materiaaliksi valitaan sama kuin kiristysrullalle. (Liite 2.)

3.5 Piirilevyt

Pääpiirilevy tulee runkolevyn etupuolelle korotusholkkien päälle (Liite 3.). Piirilevyllä on runsaasti tilaa, ja sen kokoa rajoittaa kelkan etuosan koosta lähinnä hammashihnavedon osat. Holkkien asettelu on esimerkki, jossa on käytetty samoja reikiä etulevyn kiinnityksen kanssa. Runkolevyn taakse, moottorin ja tukirullan väliin, mahtuu toinen pienempi piirilevy. Tälle pienemmälle piirilevyllä mahtuu mahdollisesti tarvittavia isompia komponentteja, kuten kondensaattoreita ja jäähdytyslaitteita.

3.6 Etulevy

Koska kelkan ohjaus tapahtuu radiolinkin kautta, pitää kelkan etuosa valmistaa radioaaltoja helposti läpäisevästä materiaalista. Tekniset muovit ovat hyvä ja edullinen materiaali tällaiseen tarkoitukseen. Kiinteän etulevyn materiaaliksi valitsin polykarbonaatin (PC) sen iskunkestävyyden ja koneistettavuuden perusteella. Etulevy kiinnitetään uppokantaruuveilla piirilevyn eteen korotusholkkeihin. Ir-ledit kiinnitetään etulevyn reikiin. (Liite 3.)

Käytön aikana piilossa olevan etulevyn läpinäkyvyydellä ei ole suurta merkitystä. Täysin kirkas polykarbonaatti päästää mahdollisten merkkivalojen valon parhaiten läpi. Jos näkymä kelkan sisään halutaan peittää maalitaulun ollessa irti, voidaan etulevy valmistaa savun värisestä polykarbonaatista tai hioa etulevyn sisäpuoli mattapintaiseksi.

3.7 Maalitaulu

Maalitaulun materiaaliksi valitsin polymetyylimetakrylaatin (PMMA, "pleksi", akryyli) muun muassa sen edullisuuden ja eri väri vaihtoehtojen takia. Maalitaulun yleisin perusväri on valkoinen. PMMA:a saa myös valaisimiin ja valo-

mainoksiin tarkoitettuna opaalina versiona, jollaisena maalitaulu piilottaa kelkan sisustan, mutta päästää mahdollisten merkkivalojen valon lävitseen.

Maalitaulu tuli suunnitella helposti vaihdettavaksi. Kiinnityksen tulisi olla mahdollisimman kevyt, toimia myös kelkkaa isommilla maalitauluilla, ja olla mielellään näkymättömissä ampujalle. Ruuviliitokset olisivat yksinkertaisia, mutta näkyviä ampujalle sekä jonkin verran hitaita ja hankalia. Urat, joihin maalitaulu pudotettaisiin, olisivat rakenteesta riippuen ampujalle näkyviä, rakenteellisesti monimutkaisia ja painavia, ja voisivat estää eri kokoisten maalitaulujen käytön.

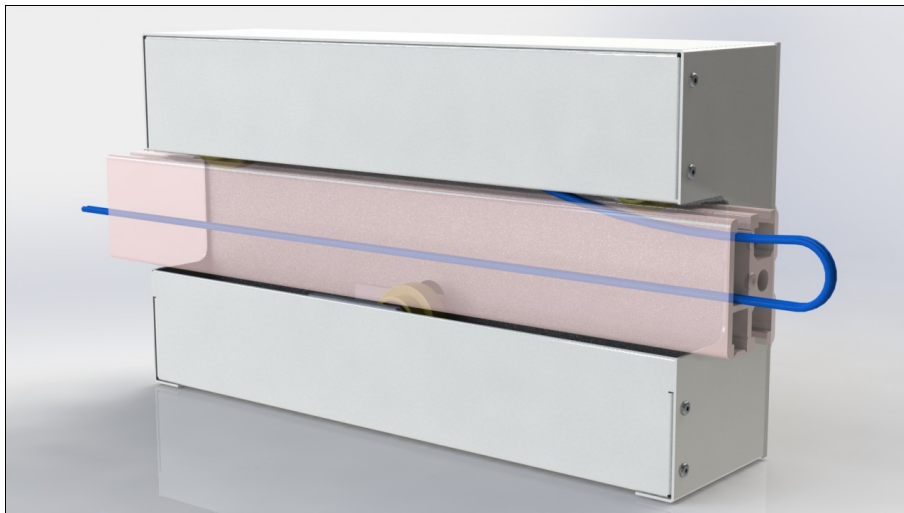
Valitsin maalitaulun kiinnitystavaksi magneetit. Magneetit kiinnitetään runkolevyyn korotusholkeilla niin, että niiden pinta on etulevyn takapinnan tasalla. Etulevyn tehdään magneettien kohdille enintään magneettien kokoiset reiät kohdistusta varten. Maalitaulun taakse liimataan magneettien kohdille pyöreät metallilevyt.

Magneetiksi valitsin Sura Magnets MS-K-10NDA neodyymimagneetit koon, kiinnitystavan ja vetovoiman perusteella. Magneetissa on enimmillään 25 N:n vetovoima. Teräskuoreen upotetun magneetin voima kohdistuu vain yhdelle pinnalle, joten siitä ei ole haittaa kelkan muulle toiminnalle. Voima on riittävä pitämään isompaakin maalitaulua paikoillaan, ja sen vaikutusta voidaan kehitysvaiheessa säädellä vastakappaleen koolla (esimerkiksi reikä keskellä) ja ilmaraolla (vastakappaleen paksuus).

3.8 Käyttöjännitteen syöttö

Koska moottori, ir-ledit ja muu elektroniikka on kelkan sisällä, pitää sinne saada syötettyä käyttöjännite. Jännitteen syöttö haluttiin mahdollisimman piiloon, joten päädyin kiskossa olevaan uraan, jota pitkin käyttöjännitekaapeli

tuodaan kuvan 12 mukaisesti kelkan yläosaan. Kaapelin sisääntulo on kallellaan vasemmalle, joten kaapeli työntää itseään eteenpäin kelkan liikkua vasemmalle, ja vetää kelkan liikkua oikealle. Kaapeli on puoleen väliin kisko koko ajan suorana, joten se voidaan kiinnittää kiskon uran pohjalle auttamaan loppuosan rullaantumista.



Kuva 12. Käyttöjännitteen syöttö kelkan yläosaan kiskon uraa pitkin. Kisko on esitetty läpikuultavana, jotta kaapelin reitti näkyy paremmin.

Kaapeliksi valitsin $2 \times 1,0 \text{ mm}^2$ monisäikeisen silikonikaapelin. Kaapelin on 5 mm leveä, joten se on sopiva kaapeliuraan. Tarkempi valinta täytyy tehdä testaamalla, minkä kokoinen kaapeli on tarpeeksi jäykkä työntämään itseään urassa, mutta jonka taitoskohta ei nouse siitä pois.

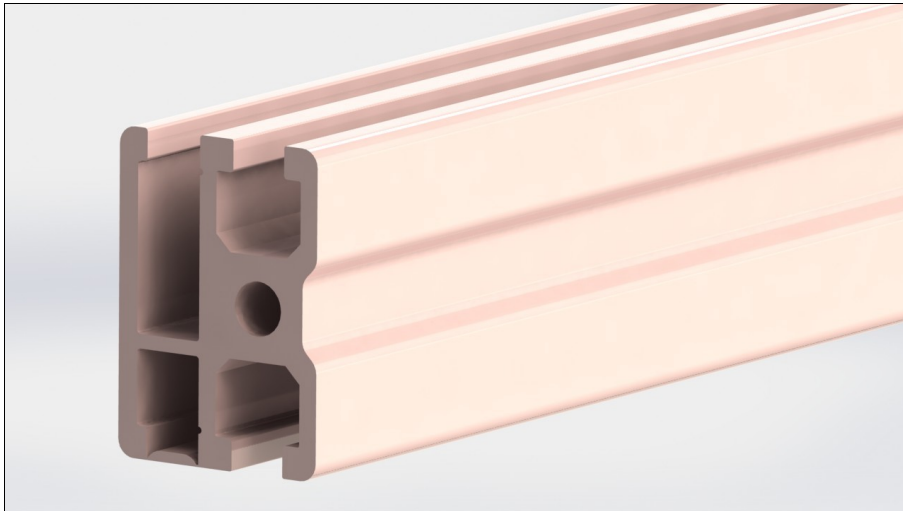
3.9 Kuori

Kelkan kuori on samaa materiaalia kuin runkolevy, mutta ohuempaa. Kuoren pääasiallinen tarkoitus on suojata kelkan osia käyttäjältä sekä toisinpäin. Kuoren osat myös jäykistävät runkolevyä. Kuori koostuu kolmesta erillisestä osasta: päältä ja sivuilta suojaavasta kuoresta, sekä kahdesta takaosia suojaavasta kuoresta. Kuori ei ylety kiskon takapuolelle, jolloin kisko voidaan kiinnittää takapuolelta jalustaan tai seinään. Kuoret kiinnitetään runkolevyyn ja toisiinsa

vetoniiteillä. Kuoreen kiinnitetään ainoat kolme komponenttia, joita ei kiinnitetä runkolevyyn: virtajohto ja kaksi reed-relettä paikkatietoa varten.

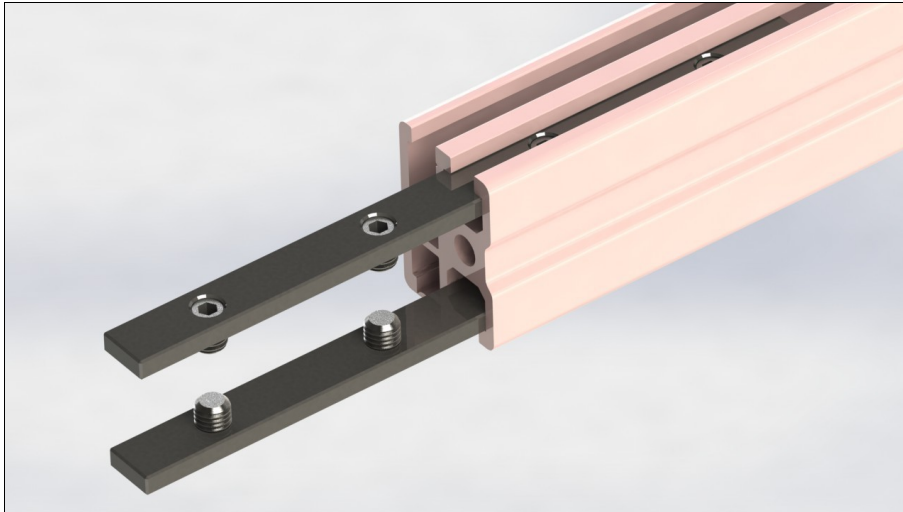
4 KISKO

Kiskoksi valitsin kuvassa 13 näkyvän MiniTec-profiilijärjestelmän Clamp Profile 45 X 32 -alumiiniprofiilin (16, 44). Profiilissa on ylä- ja alapuolella urat rullille, sekä yläpuolella takana ura virtajohdolle.



Kuva 13. Kiskon profiili

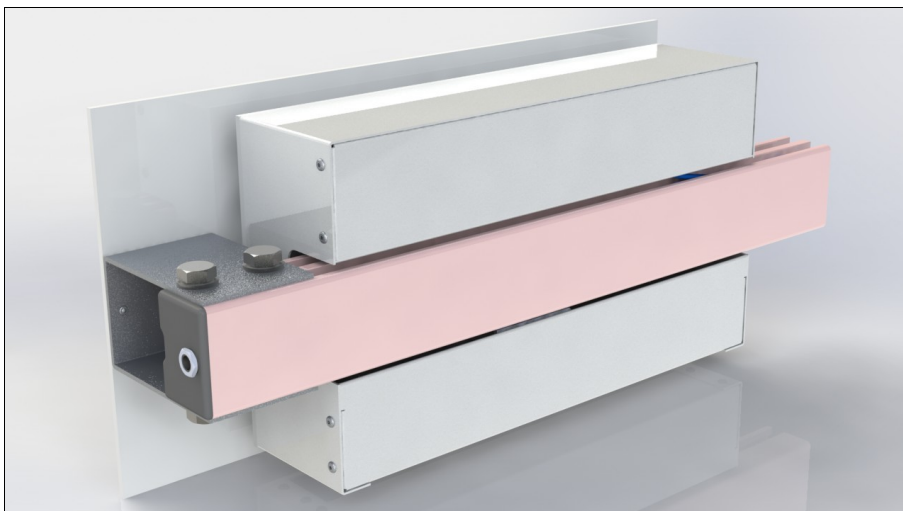
Kiskon kokonaispituudeksi tulee piilojen kanssa 2960 mm, joten sen liikuttaminen ja varastointi on hankalaa, sekä toimitus käyttäjälle kallista. Tästä syystä kisko on tehtävä kahdesta osasta. Kisko katkaistaan kahdeksi yhtä pitkäksi osaksi. MiniTec-järjestelmässä on olemassa komponentit, joilla profiileja voidaan jatkaa, mutta ne kaikki tulevat rullien uriin (16, 74). Jatkokohtassa käytetään muutettua versiota MiniTecin T-Slot Bar 180 -tuesta. T-Slot on mitoitettu tarkasti rullien uraan, mutta muutettu versio mitoitetaan kuvan 14 mukaisesti tiukaksi seiniä vasten rullien uran alapuolelle. Sisätuki kiristetään paikoilleen neljällä kuusiokolopidätinruuvilla.



Kuva 14. Kiskon jatkokohta ja sisätuki. Kiskon vasemman puoleinen osa poistettu.

5 PIILOT

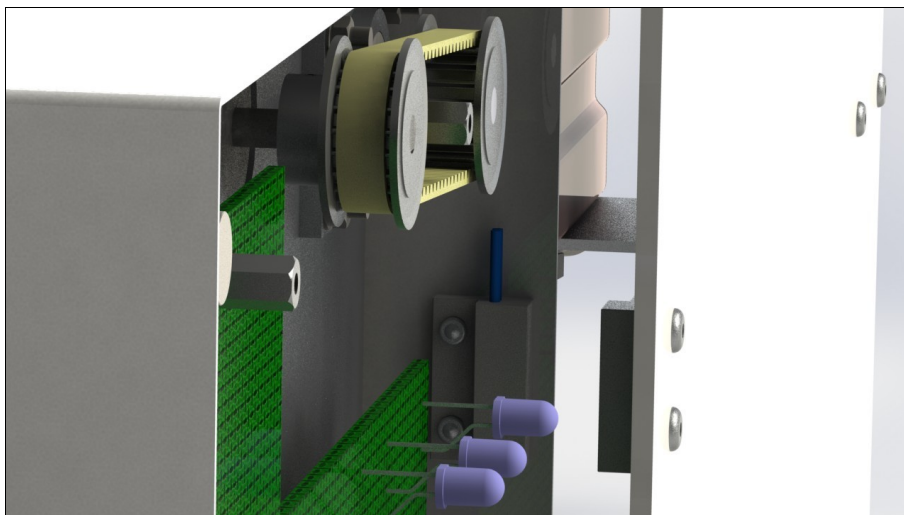
Piilojen tarkoitus on peittää maalitaulu silloin, kun siihen ei ole tarkoitus ampua. Radalla on kaksi piiloa, yksi kummassakin päässä (Liite 1.). Piilojen rakenteisiin kuuluu myös rajakytkimien magneetit ja virtaliitin (kuvat 15 ja 16).



Kuva 15. Piilo taakaa

Radiolinkin takia piilon etulevyä ei voida tehdä metallista. Etulevyn materiaaliksi valitsin saman valkoisen polymetyylimetakrylaatin (PMMA) kuin maalitauluun. Etulevy on kiinni kiskossa levystä taivutetulla u-kannattimella, joka

on tehty samasta materiaalista kuin kelkan runkolevy. Kannatin kiinnitetään kiskoon neljällä pultti/mutteri-liitoksella, joihin MiniTec-profiilin urat ovat mitoitettuja (16, 25). Tällöin piilojen välimatkaa voidaan muuttaa eri ammuntalajeihin sopiviksi, tai jos ei voida ampua täydeltä etäisyydeltä. Kelkan nopeutta voidaan samalla hidastaa. Etulevy kiinnitetään kannattimeen vetoniiteillä.



Kuva 16. Kelkan sisällä oleva reed-kytkin ja piilon etulevyssä oleva magneetti

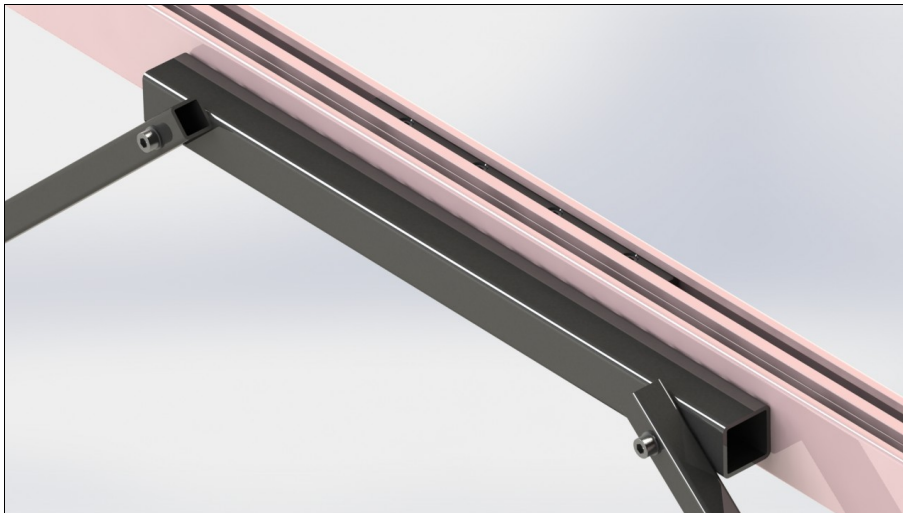
Kiskon päihin asennetaan MiniTecin vakiomalliset ABS-muovista valmistetut päätytulpat (16, 65). Oikean puoleiseen päätytulppaan asennetaan jännitelähteen liitin, joka osuu toisella puolella kiskon kaapeliuraan. Piilon etulevyn taakse kiinnitetään vetoniiteillä kuvassa 16 näkyvä magneetti kelkan sisällä olevaa reed-relettä varten.

6 JALUSTA JA SEINÄKIINNITYS

Jalustan perusrakenteeksi valitsin kulmatuilla varustetut kaksi pystyjalkaa, joissa on lattian tasalla radan suuntaan vastakkaiset vaakatuuet (Liite 1.). Jalustaan ei radan painosta kohdistu suuria voimia. Kelkan kiihdytykset aiheuttavat heilumista, johon ei vaikuta jalustan lujuus, vaan paino. Rata on myös suhteellisen korkea (1,4 m) verrattuna pituuteen ja varsinkin syvyyteen. Jotta jalustasta ei tarvitse tehdä erityisen syvää, suunnittelin jalustan jalat paksusta

ohutseinäputkesta (25 mm × 25 mm), jolloin sen painopiste laskeutuu mahdollisimman alas. Ylhäällä sijaitsevat kulmatuet tehdään pienemmästä ohutseinäputkesta (15 mm × 15 mm). Jotta jalkojen ja keskellä olevien kulmatukien tuki kiskolle olisi tasainen, asetin jalat niin, että etäisyys jalasta kiskon reunaan on noin puolet jalan etäisyydestä kulmatukeen.

Radan kiinnitys jalkoihin tapahtuu kuusiokolopulteilla radan etuosaan upoteuista rei'istä. Kulmatukia varten radan takaosaan tulee kuvan 17 mukainen jalkojen profiilista tehty takatuki, joka toimii samalla radan katkaisukohdan tukena. Osa muttereista tulee profiiliputkien sisään, joten ne kannattaa käyttää varten esikiinnittää hitsaamalla, jolloin jalustan kasaaminen on helpompaa.



Kuva 17. Kiskon takana oleva vaakatuki

Jalustan materiaaliksi valitsin Rautaruukin Form 220 -ohutseinäputken. Sisätiloissa käytettävänä jalustan pinnoituksella ei ole korroosion puolesta merkitystä, mutta koska rata on kuluttajatuote, valitsin pinnoitteeksi kylmävalssatun pinnan. Se voidaan joko kromata tai maalata valmistajan väreihin. (21)

Seinäkiinnitys tapahtuu samoista kiskon rei'istä kuin jalustan jalkojen ja takatuen kiinnitys. Kiinnitykseen tulee käyttää kupu- tai lieriökantaisia ruuveja, ei uppokantaisia.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli uudistaa Eko-Aims Hirvirata monikäyttöisemmäksi ja käyttäjäystävällisemmäksi. Jo tuotekehityksen alkuvaiheessa päätin, että en lähde parantamaan olemassa olevaa rataa, vaan lähdän kehittämään uutta tuotetta tyhjältä pöydältä. Ampumalajien säännöt ja infra-puna-aseen tekniikka loivat suunnittelulle raamit, joiden sisällä pystyin vapaasti työskentelemään.

Radan uusi perusrakenne, jossa moottori ja kaikki elektroniikka sijoitettiin maalitaulua liikuttavaan kelkkaan, oli uuden radan kantava perusidea, johon toimivan ratkaisun löytäminen oli välttämätöntä projektin onnistumiselle. Sisäampumalajien maalitaulut ovat pieniä ja kelkan koon kasvattaminen syvyysuunnassa kasvattamaa turhaan muitakin osia. Varsinkin kelkan takaosassa suunnittelu oli vaativaa, koska pieneen tilaan piti saada toimintoja ilman monimutkaisia rakenteita.

Samalla kun halusin siirtää laitteiston kelkan sisään, halusin ottaa käyttöön askelmoottorin. Sen hallinta nopeuden ja paikan suhteen verrattuna normaaleihin tasavirtamoottoreihin oli juuri niitä ominaisuuksia, joita tarvittiin maalitaulun liikuttamiseen eri ampumalajeissa. Moottori onkin yksi radan tarkimmin mitoitetuista komponenteista. Kelkan mittojen ja painon tarkentuessa suunnittelun edetessä, pystyin tarkemmin etsimään sopivaa moottoria. Bipolaarisista askelmoottoreista löytyi tarpeeksi pieni ja tehokas moottori, joka ei tarvitse vaihteistoa. Moottorin testauksessa kannattaa kokeilla myös saman

sarjan pienempiä moottoreita, joista voidaan saada tarpeeksi vääntöä käyttämällä kiihdytysten aikana moottorin ohjearvoa suurempaa kelavirtaa.

Kelkan etupuolen mekaanisten rakenteiden suunnittelu oli helpompaa kuin taakse, koska seinä ei ollut – kirjaimellisesti – heti vastassa. Maalitaulun siirtämistä kauas kiskosta ja painavien osien sijoittelua eteen piti kuitenkin välttää. Hammashihnavedon käyttöönotto oli onnistunut ratkaisu näihin ongelmiin. Sisäänrakennetusta vetolaitteistosta askelmoottoreineen tuli yksinkertaisempi rakenne kuin nykyisen radan vaijerivetoisesta maalitaulusta. Rakenne sopii myös paremmin eri pituisille radoille, ja samalle kiskolle voi vapaamuotoista ampumarataa varten laittaa vaikka useampia eri tahtiin liikkuvia maaleja.

Suurin käyttäjälle näkyvä muutos oli radan suunnittelu virallisten ampumalajien sääntöihin sopiviksi. Nykyisessä radassa maalitaulun vaihtoa varten tarvitsee purkaa osa radasta. Magneetilla kiinnitettävät vaihdettavat maalitaulut mahdollistavat nopean vaihdon eri lajien välillä. Piilojen etäisyyttä pystytään säätämään helposti löysämällä kiinnitystä ja liu'uttamalla piiloa kiskoa pitkin. Hiljaisempaa ajoa radalle saatiin askelmoottorin käyttöönoton lisäksi laakeroinnilla ja materiaalivalinnoilla. Rullien materiaaleiksi valitsin hiljaisia muoveja ja kaikki akselit on laakeroituja.

Jalustaksi suunnittelin ohutseinäputkesta. En kiinnittänyt sen suunnittelussa huomiota varastointiin tai myyntipakkaukseen, mutta siihen pystyy tarvittaessa helposti lisäämään katkaisukohtia. Yksi projektin eniten ongelmia aiheuttanut kohta oli kiskon jatko. Rullien tulee kulkea jatkon yli häiriöttä. Ratkaisin ongelman lopulta muokkaamalla kiskon vakio-osia ja lisäämällä jalustaan vaakatuon jatkokokhan yli. Tämän ratkaisun riittävyys jää epävarmaksi ja kohtaan voidaan joutua lisäämään liitosta kiinni puristavia komponentteja.

Uudelleen suunnittelemani radan lopullinen toimivuus pääsee ainakin osittain testiin, kun luovutan tuotekehityksen tulokset Eko-Aims Oy:lle, joka jatkaa radan kehittämistä jossakin muodossa prototyypin kautta valmiiksi tuotteeksi.

LÄHTEET

1. Ilmaluodikko ja ilmahirvi. Suomen Metsästäjäliitto ry. 2008. Verkkojulkaisu. [Viitattu 3.6.2011]. Saatavissa: <http://www.metsastajaliitto.fi/?q=node/151>
2. Metsästyshirvi. Suomen Metsästäjäliitto ry. 2008. Verkkojulkaisu. [Viitattu 3.6.2011]. Saatavissa: <http://www.metsastajaliitto.fi/?q=node/155>
3. Olympiakivääri. Oulun Metsästys- ja Ampumaseura ry. s.a.. Verkkojulkaisu. [Viitattu 3.6.2011]. Saatavissa: <http://www.omas.fi/jaostot/riistamaali/rmsivu2.htm>
4. Pekka Karhunen. Eurooppalainen metsästysammunta muutoksissa. Suomen Metsästäjäliitto ry. 2008. Verkkojulkaisu. [Viitattu 2011-06-03]. Saatavissa: <http://www.jahti-lehti.fi/keskisuomi/?q=node/171>
5. Kansainvälisen Ampumaurheiluliiton (ISSF) teknisten sääntöjen rata- ja taulunormit 2009-. Suomen Ampumaurheiluliitto. 2009. Verkkojulkaisu. [Viitattu 9.11.2012]. Saatavissa: <http://www.ampumaurheiluliitto.fi/@Bin/2906879/teknisetsäännöt2009+rata+ja+taulunormit.pdf>
6. Ilmahirvitaulu 15,5X30CM-2028124496316 - Metsästäjän erikoisliike Olkkonen. Olkkonen Oy. 2012. Verkkokauppa. [Viitattu 19.11.2012]. Saatavissa: <http://www.olkkonen.fi/naytatuote.php?lTuoteTunniste=1126>

7. Annexes to the Event and Competition Rules. International Biathlon Union. s.a.. Verkkojulkaisu. [Viitattu 9.11.2012]. Saatavissa:
http://www.biathlonworld.com/media/download/Handbook_annex_to_e_and_c_rules.pdf
8. Esko Laitinen, Mikko Mäkelä, Lauri Soininen, Seppo Tiomola 1996. Kaavasto. Jyväskylä: Tammertekniikka
9. Esko Ranta, Matti Tiilikainen 1991. Lukion taulukot. Porvoo: WSOY
10. Tekninen opas nro 7 - Sähkökäytön mitoitus. ABB Automation Group Ltd. 2001. Verkkojulkaisu. [Viitattu 3.6.2011]. Saatavissa:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11dafa92973be93c1256d2800415027/\\$file/tekninen_opasnro7.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11dafa92973be93c1256d2800415027/$file/tekninen_opasnro7.pdf)
11. Stepping Systems - CATALOG No.759-5 '05.2.3DN. Sanyo Denki co.. 2005. Verkkojulkaisu. [Viitattu 27.11.2012]. Saatavissa:
http://www.sanyodenki.biz/products/INSTRUCTIONMANUAL/STEP/old/2step_e-759-5-05.2.3DN.pdf
12. QMOT QSH4218 Manual v1.06 2011-04-12. TRINAMIC Motion Control GmbH & Co. KG. 2011. Verkkojulkaisu. [Viitattu 19.11.2012]. Saatavissa:
http://www.trinamic.com/tmc/media/Downloads/QMot_motors/QSH4218/QSH4218_manual.pdf
13. Mulco - Komponentit. Movetec Oy. s.a.. Verkkojulkaisu. [Viitattu 19.11.2012]. Saatavissa: <http://www.movetec.fi/images/pdf/komponentit1.pdf>

14. Mulco - Tehonsiirtotekniikka. Movetec Oy. s.a.. Verkkajulkaisu. [Viitattu 19.11.2012]. Saatavissa:
<http://www.movetec.fi/images/pdf/tehonsiirtotekniikka1.pdf>
15. Zahnriemenberechnung. Mulco-Europe EWIV. s.a.. Verkkotyökalu. [Viitattu 19.11.2012]. Saatavissa: <http://mulco.gwj.de/common/gwj/belt.php>
16. MiniTec s.a.. MiniTec — Profile System ... save time!. Tuoteluettelo. Mini-Tec Maschinenbau GmbH & Co KG
17. PUR Tekniset tiedot. Vink Finland Oy. 2011. Verkkajulkaisu. [Viitattu 14.11.2012]. Saatavissa:
http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pur/vink_pur_esite_a4_web.pdf
18. Soft Diamond -valuaineet - rajaton määrä ratkaisuja. Soft Diamond Oy. 2012. Verkkajulkaisu. [Viitattu 14.11.2012]. Saatavissa:
<http://www.softdiamond.fi/valut.html>
19. PU-tietoa. Finn-Valve Oy. 2008. Verkkajulkaisu. [Viitattu 14.11.2012]. Saatavissa: <http://www.finn-valve.com/pu-tieto.html>
20. Vakiojouset – Varastokuvasto, 2. painos. Sodemann Industrifjedre A/S. 2008 2. painos. Verkkajulkaisu. [Viitattu 15.11.2012]. Saatavissa:
http://www.jouset.com/pdf/FI_Katalog_08.pdf
21. Neliönmuotoiset Form 220- ja 370-ohutseinäputket. Rautaruukki Oyj. 2012. Verkkajulkaisu. [Viitattu 19.11.2012]. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Terastuotteet/Ohutseinäputket-EN-10305-standardin-mukaan/Nelionmuotoiset-ohutseinäputket/Nelionmuotoiset-Form-220--ja-370-ohutseinäputket>

