

Mirva Murtomäki

KEPPIHEVOSTEN KUOLAINTEEN LIIKEIDEA, SUUNNITTELU JA 3D-TULOSTUS

KEPPIHEVOSTEN KUOLAINTEN LIIKEIDEA, SUUNNITTELU JA 3D-TULOSTUS

Mirva Murtomäki
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Mirva Murtomäki

Opinnäytetyön nimi: Keppihevosten kuolainten liikeidea, suunnittelu ja 3D-tulostus

Työn ohjaajat: Hannu Heikkilä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 45 + 1 liite

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin keppihevosten kuolaimia liikeideasta valmiiksi tuotteeksi. Työssä käsitellään keppihevosten kuolainten liikeidea, erilaisia kuolaintyyppisiä, 3D-tulostusmenetelmiä, kuolainmallien suunnittelua, 3D-tulostusta, kuolainten vetokoetta sekä kyselytutkimusta kuolaimista.

Opinnäytetyö tehtiin Loikka-nimiselle yritykselle, joka valmistaa keppihevosiä sekä keppihevosten varusteita. Työn taustalla on halu kehittää tuotevalikoimaa asiakaspalautteen perusteella.

Työn tavoitteena oli suunnitella ja tuottaa kuolaimia keppihevosille. Tavoitteena oli valmistaa eri mallisia kuolaimia: pyörivärensäisiä nivelkuolaimia, kiinteärensäisiä nivelkuolaimia, kankikuolain ja hackamorekuolain. Tavoitteena oli saada kuolaimista keppihevosille sopivia mittasuhteiltaan sekä riittävän kestäviä käytettäviksi.

Kuolainten 3D-mallit suunniteltiin SolidWorks-mallinnusohjelmalla. Kuolaimet tulostettiin FDM-tulostustapaa käyttäen Creality Ender 3 S1 Plus 3D-tulostimella. Työhön sisältyi kuolaintutkimus toteutettuna Google Forms-kyselypohjalla. Kuolaintutkimuksessa kartoitettiin, minkä levyisiä ja minkä tyyppisiä kuolaimia asiakkaat tarvitsivat sekä millaiset mallit heitä kiinnostivat.

Työssä saatiin valmiiksi kuolainmallisto, joka sisältää useaa eri tyyppiä olevia kuolaimia keppihevosille. Kuolainten kestävyyttä testattiin vetokokeella ja kuolaimet täyttivät vetokokeen vaatimukset. Kuolaintutkimuksen vastausten perusteella mallistoa voidaan jatkossa kehittää yhä paremmaksi, jotta siitä löytyy sopiva kuolain useammille keppihevosille.

Asiasanat: keppihevonen, kuolain, 3D-mallinnus, 3D-tulostus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering, Option of Automotive and Work Machines

Author: Mirva Murtomäki

Title of thesis: Business idea, design and 3D printing bits for hobbyhorses

Supervisor: Hannu Heikkilä

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024

Number of pages: 45 + 1 appendix

In this thesis bits for hobbyhorses were developed from a business idea to a finished product. The thesis describes the business idea of bits for hobbyhorses, different types of bits, 3D printing methods, design of bits, pull test of bits and survey about bits.

The thesis was done for the company Loikka, which manufactures hobbyhorses and equipment for hobbyhorses. The background of the work is the desire to develop the product range based on customer feedback.

The goal of the work was to design and produce bits for hobbyhorses. The goal was to produce different models of bits; loose ring snaffle bits, fixed ring snaffle bits, curb bit and hackamore. The aim of the bits was to get suitable dimensions for hobbyhorses and durable enough to be used.

The 3D models of the bits were designed with the SolidWorks modeling program. Bits were printed using the FDM printing method with Creality Ender 3 S1 Plus 3D printer. The work included research about bits implemented using Google Forms questionnaire. The research surveyed customers' needs regarding the bits; bits width, bits type and bit models that are of interest to customers.

In the thesis, a collection of bits was completed, which contain several different types of bits for hobbyhorses. The durability of the bits was tested with a tensile test, and the bits met the requirements of the tensile test. Based on the answers of bit survey, the collection can be developed even better in the future so customers can find suitable bit for their hobbyhorses.

Keywords: hobbyhorse, bit, 3D modeling, 3D printing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Keppihevosharrastus.....	7
1.2	Loikka.....	8
2	KEPPIHEVOSTEN KUOLAIMET	9
3	KUOLAINTYYPIT	11
4	3D-TULOSTUS.....	15
4.1.1	FDM-tulostus.....	15
4.1.2	Hartsitulostus (SLA / DLP / LCD)	16
5	TYÖN SUORITUS	18
5.1	Nivelmallien suunnittelu.....	18
5.2	Erialaisten renkaiden, kuolainten ja kuolaimettomien suunnittelu.....	19
5.3	Tulostus.....	21
5.4	Prototyyppi 1	23
5.5	Prototyyppi 2	25
5.6	Vetokoe	27
5.7	Tuoteturvallisuus	34
5.8	Kuolaintutkimus	35
6	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	38
7	POHDINTA	40
	LÄHTEET.....	41
	LIITTEET	43

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja valmistaa 3D-tulostamalla kuolaimia keppihevosille. Kuolain on keppihevosen suuhun tuleva varuste, joka pysyy paikoillaan suitsien avulla. Kuolaimeen kiinnitetään ohjat, joista pidetään kiinni ohjasotteella. Tätä ohjasotetta arvostellaan esimerkiksi keppihevosten kouluratsastuskilpailuissa. (1.)

Opinnäytetyö on tehty Loikka-yritykselle, joka valmistaa keppihevoseja ja keppihevosten varusteita. Asiakkaiden tarve keppihevosten kuolaimille on selvinnyt tapahtumissa, joissa Loikka on ollut myymässä keppihevosten varusteita. Aikaisemmin jälleenmyynnissä olleet metalliset keppihevosten kuolaimet kävivät kaupaksi hyvin. Jälleenmyytäviä kuolaimia on ollut saatavilla vain muutamia malleja ja niiden jälleenmyynti ei ole ollut taloudellisesti riittävän kannattavaa. Kuolaimiin kohdistuvaa kiinnostusta ja kyselyitä on ollut paljon, joten tästä syntyi halu kehittää Loikan tuotevalikoimaa ja suunnitella oma kuolainmallisto.

Kuolaimet suunniteltiin 3D-malleiksi SolidWorks-mallinnusohjelmalla. FDM (Fused Deposit Modeling) eli filamenttitulostus valittiin kuolainten valmistustavaksi, sillä se on kustannustehokas ratkaisu kuolainten valmistamiseen. 3D-malleja on helppo muokata ja kuolaimia valmistaa myös pienissä erissä, usean eri mallisia ja levyisiä. Näin voidaan tarjota asiakkaille laaja valikoima eri vaihtoehtoja, joista voi valita sopivan omalle keppihevoselle.

Opinnäytetyön aikana valmistuneen kuolainmalliston kehittämistä varten suoritettiin tutkimus, jossa kartoitettiin minkä mallisia, levyisiä ja minkä tyyppisiä kuolaimia asiakkaat tarvitsevat. Tutkimustuloksia hyödyntämällä kuolainmallistoa on mahdollista kehittää yhä paremmaksi ja monipuolisemmaksi.

1.1 Keppihevosharrastus

Keppihevosharrastus on suhteellisen uusi ja edelleen kehittyvä sekä kasvava harrastus. Harrastajia on monen ikäisiä, aina pienistä lapsista aikuisiin. Keppihevosta voi harrastaa monin tavoin. Pienillä lapsilla harrastaminen tapahtuu usein vielä leikin varjolla, jolloin keppihevosta voidaan hoitaa oikeiden hevosten tapaan, esimerkiksi harjaamalla niitä, antamalla ruokaa, viemällä niitä talliin, tarhaan ulkoilemaan tai ratsastettavaksi. Leikin toimintatavoilla ja keppihevostille päätetyillä luonteilla voi olla suuri merkitys.

Leikistä voi kehittyä monipuolinen keppihevosharrastus aina urheilun tasoiseen harjoitteluun asti. Keppihevosharrastuksen voi löytää myös vanhemmalla iällä, vaikka ei olisi lapsena leikkinyt keppihevostilla. Tunnetuimmat lajit, joita harjoitellaan, ovat este- ja kouluratsastus. Muita lajeja ovat esimerkiksi maastoesteet, kolmen edeltävän lajin yhdistelmä kenttäratsastus, keppihevosten näyttelyt sekä lännenratsastus alalajeineen: Western Horsemanship, Western Riding ja tynnyrinkierto. Harrastukseen voi kuulua myös esimerkiksi keppihevosten valokuvaaminen, keppihevosten valmistus sekä varusteiden tekeminen keppihevostille. Moni myös rakentaa keppihevosesteitä harjoittelua varten. Harjoittelun tähtäimessä voi olla kilpaileminen keppihevostilpailuissa ja kilpailuissa menestyminen. Keppihevostilpailuja voi järjestää jokainen harrastaja, seura, yritys tai yhdistys. Keppihevosharrastajille on myös paljon valmennus-, kurssi- ja leiritoimintaa.

Suomessa toimii Suomen keppihevosharrastajat ry, joka on vuonna 2016 rekisteröity yhdistys. Yhdistyksen järjestämä isoin tapahtuma on vuosittain toistuva SM-tason keppihevosten koulu- ja esteratsastuskilpailu. Yhdistyksen toimenkuvaan kuuluu myös virallisten keppihevostalmentajien ja tuomareiden koulutus, virallisten keppihevostilpailuiden järjestäminen ja listaaminen, keppihevostalmentajien koulutus ja näyttelytoiminnan pyöritys sekä keppihevostalmentajien artikkelien julkaisu ja tiedonvälitys. (2.)

Keppihevosharrastuksen ympärille on kehittynyt liiketoimintaa, joka työllistää useita nuoria esimerkiksi NY-yritysten ja 4H-yritysten kautta. Y-tunnuksella toimivia isompia keppihevostalmentajia valmistavia yrityksiä on myös useita ja monet kaupat ovat ottaneet keppihevostalmentajia valikoimiinsa. Valmistaa ja myydä voi esimerkiksi keppihevostalmentajia, niiden varusteita ja esteitä. Tarjontaa on laidasta laitaan, aina kymmenen euron keppihevostalmentajasta viidensadan euron keppihevostalmentajiin, jotka ovat turpakarvaa myöden oikeiden hevosten näköisiä. Myös keppihevostalmentajien kaulan sisälle laitettava, puhelimella skannattava

siru on kehitetty. Sirun skannaamalla pääsee keppihevosharrastukseen ja sen omistajan tietoja. (3.) Yritystoimintaan voi liittyä myös kurssien, leirien, kilpailuiden tai keppihevossynttäreiden järjestämistä.

1.2 Loikka

Loikka on perustettu 4H-yrityksenä vuonna 2017. Idea yritykseen lähti, kun lopetin oman keppihevosharrastuksen ja myin keppihevoseni sekä estekalustoni pois. Ilmoitin tavaroista läheisen ratsastuskoulun ilmoitustaululla ja Tori.fi:ssä. Kauppa kävi todella hyvin, joten tein keppihevosiä sekä esteitä lisää. Äidin ehdotuksesta menin 4H:n järjestämälle yrityskurssille. 4H:n yrityskurssilla valmistui ensimmäinen liiketoimintasuunnitelma ja yritykselle keksittiin nimeksi Loikka. Loikka tarkoittaa hyppyä ja viittaa keppihevosilla hyppäämiseen, esteratsastukseen ja siinä kilpailemiseen, jotka ovat olleet minulle tärkeitä asioita niin lapsena keppihevosella kuin isompana oikean ponin kanssa.

Loikka on valmistanut myyntiin keppihevosiä suitsineen, kaksipalaisia keppiponeja pienemmille lapsille, keppihevosten varusteita ja esteitä. Loikka on osallistunut erilaisiin yrityskilpailuihin, kuten 4H-yhdistyksen järjestämiin 4H-yrityskilpailuihin kahdesti sekä Nuorten Karhunluolakisaan ja menestynyt niissä kaikissa sijoittuen toiseksi. Loikan toimintaan on kuulunut myös erilaisten kurssien sekä kerhojen järjestäminen, tapahtumissa esteradan pyörittäminen, estekilpailuiden järjestäminen ja keppihevossynttäreiden pitäminen. Yhteistyössä Zeppelin kauppakeskuksen kanssa Loikka on järjestänyt kahdet suuret estekilpailut ja Oulun 4H:n kanssa laitettiin käyntiin keppihevostoiminta kurssien sekä kilpailuiden muodossa. Vuonna 2018 Loikka ei voinut olla enää 4H-yhdistys tulorajan ylittyessä, joten yritys jatkui toiminimuodossa OP-kevytyrittäjäpalvelun kautta. Loikka on järjestänyt myös kahdet omat isot estekilpailut, jotka työllistivät muita opiskelijoita ja joilla kerättiin rahaa koulun opintomatkaan.

Seuraavat etapit yrityksen toiminnassa on kehittää uusia tuotteita ja verkkokauppaa, laajentaa myyntiä Etsyyn, hankkia uusia asiakkaita tapahtumien kautta, hankkia keppihevosille CE-merkintä ja muutenkin kehittää yrityksen toimintaa sekä tuotteita paremmiksi. Tavoitteena on brändi, jonka tuotteet tunnetaan laadukkuudesta ja monipuolisuudesta.

2 KEPPIHEVOSTEN KUOLAIMET

Liikeidean lähtökohtana on Loikan asiakkaiden tarve keppihevosten kuolaimille. Tavoitteena on suunnitella ja valmistaa usean eri mallisia kuolaimia keppihevosille, jotta mahdollisimman monelle keppihevoselle löytyisi sopiva kuolain.

Keppihevosten kuolaimia on tällä hetkellä markkinoilla metallista valettuja sekä laser- tai vesileikattuja, muovista laserleikattuja, 3D-tulostettuja sekä vanerista laserleikattuja (kuva 1). Lisäksi kuolaimia voi valmistaa askartelumassoista sekä päällystämällä rautalankaa alumiiniteipillä. Metallisia kuolaimia keppihevosille on markkinoilla noin neljää mallia. Eniten keppihevosilla käytettyjä kuolaimia ovat nivelkuolaimet, joka ovat avaimenperäksi alun perin tarkoitettuja, joten niissä on kuolainrenkaina avainrenkaat. Lisäksi yksi suomalainen yritys teettää muutamia eri mallisia metallisia kuolaimia.



KUVA 1. Vanerista laserleikattu pelham-kuolain. Valmistaja ja kuva DecoCut Oy. (4.)

Keppihevosten kuolaimille on kovasti kysyntää ja Loikan valikoimissa on niitä aikaisemmin ollutkin. Jälleenmyynti ei kuitenkaan ole kovin järkevää pienelle yritykselle, sillä jälleenmyyntiin ostettavat määrät ovat suuria ja niistä on vaikeaa saada riittävä kate. Samoin jos tuotteita valmistuttaisi muualla, tilausmäärän pitäisi olla todella iso yhtä mallia kohden, jotta kappalehinta saataisiin riittävän alhaiseksi.

Ongelmaan ratkaisu on 3D-tulostetut kuolaimet. 3D-mallinnuksella on mahdollista suunnitella useita malleja helposti sekä niin, että niitä voidaan myöhemmin muokata. Keppihevosia on eri kokoisia, joten tarvittavan kuolaimen koko ja leveys voivat vaihdella. 3D-tulostamalla kuolaimia voi tehdä pienissä erissä, mutta tuotettavaa määrää on helppo kasvattaa isommaksi.

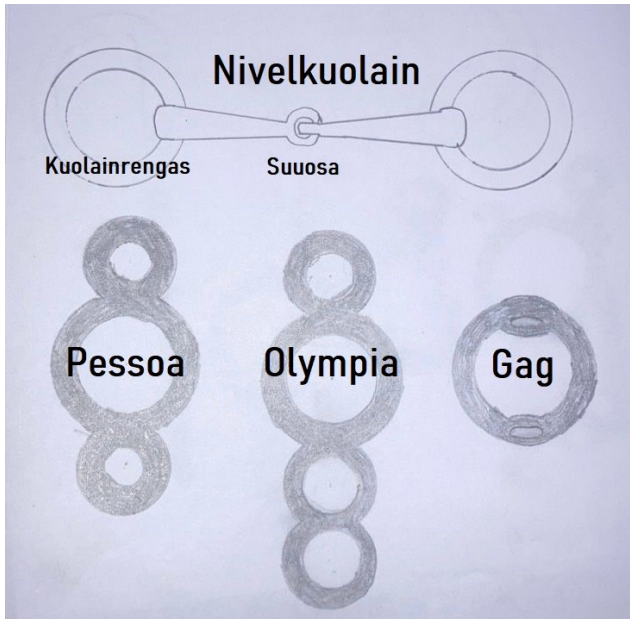
3 KUOLAINTYYPIT

Kuolaintyyppiä on olemassa oikeille hevosille useisiin erilaisiin käyttötarkoituksiin, lajiin ja erilaisilla ominaisuuksilla. Keppihevosilla ei tietenkään kuolaimen ominaisuuksilla ja sen toiminnalla suussa ole väliä, joten kuolaintyyppit voidaan lajitella niiden käyttölajin (koulu-, este- ja lännenratsastus) sekä ulkonäön perusteella. Kuolaimet pysyvät keppihevosen suussa suitsien avulla (kuva 2). Kuolainten peruseriaate on, että keppihevosen suussa on kuolainten suuosa. Kuolaimen ulko-reunoilla, suun ulkopuolella ovat kuolainrenkaat, joista ohjat lähtevät ratsastajan käteen. Ohjasetta, ohjien käyttöä ja ratsastajan liikkeitä arvostellaan kouluratsastuksessa sekä esteratsastuksen tyyli luokissa. (1.)



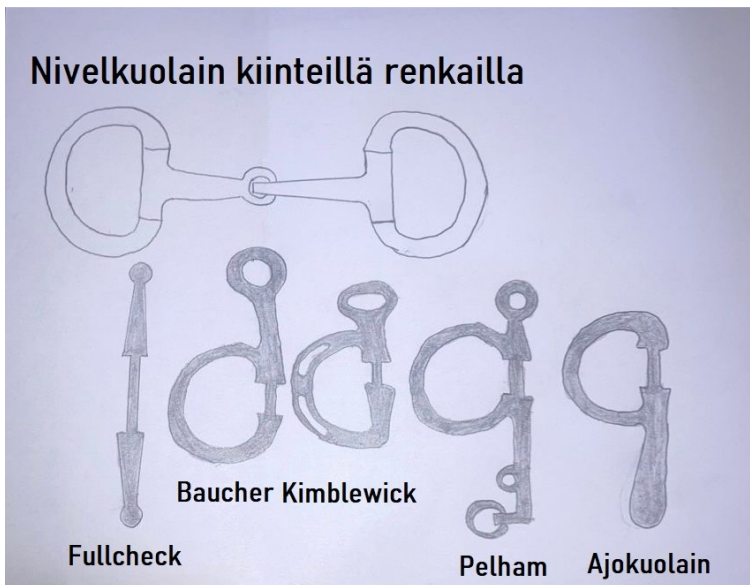
KUVA 2. Keppihevosen suitset päässä, olympiakuolain suussa.

Yleisin keppihevosten kuolainmalli on nivelkuolain, jossa on kaksi vapaasti pyörivää kuolainrenkasta, joihin ohjat kiinnitetään. Keppihevosen suuhun tulee nivelöity suuosa. Nivelkuolain on peruskuolain, jota löytyy erilaisilla renkailla, esimerkiksi o-rengas, pessa, olympia ja gag (kuva 3). Nivelkuolaimessa niveliä voi olla myös kaksi, jolloin se on kolmiosainen eli kolmipalakuolain. (5.)



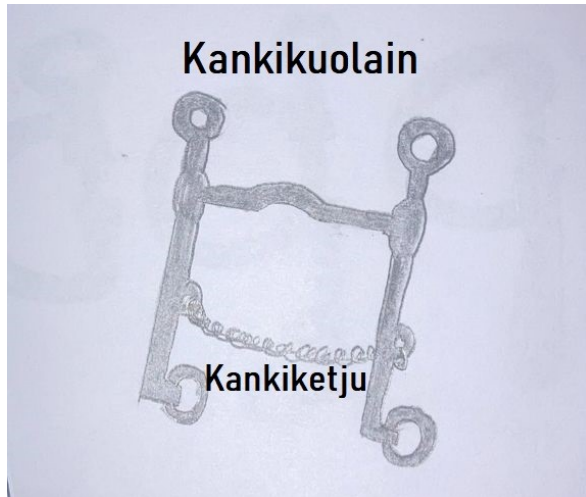
KUVA 3. Nivelkuolain ja erilaisia kuolainrenkaita.

Kiinteä nivelkuolain erottuu pyörivärenkaisesta siten, että sen renkaat eivät pyöri renkaan kehällä vapaasti, mutta kääntyvät kiinnitysakselinsa ympärillä. Kiinteän nivelkuolaimen rengastyyppejä ovat esimerkiksi oliivi, fullcheck, D-renkas, Baucher, Kiblewick, pelham ja ajokuolain, jotka näkyvät kuvassa 4.



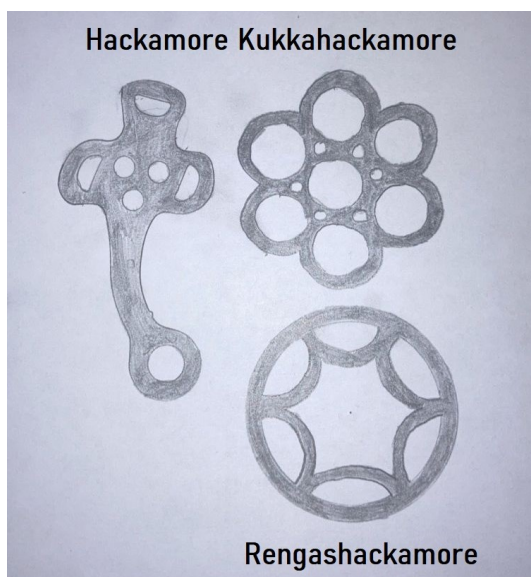
KUVA 4. Kiinteärenkainen nivelkuolain ja erilaisia kuolanrenkaita.

Kuvassa 5 olevaa kankikuolainta käytetään kouluratsastuksessa. Kankikuolain on suora kuolain, jonka alaosan renkaasta lähtee ohjat ratsastajan käteen. Kankikuolaimen voi kuulua myös keppihevosen leuan alle tuleva ketju. Kankikuolaimen lisäksi suussa on aina tavallinen nivelkuolain, josta lähtee myös ohjat ratsastajan käteen, eli ratsastajalla on kahdet ohjat käsissään.



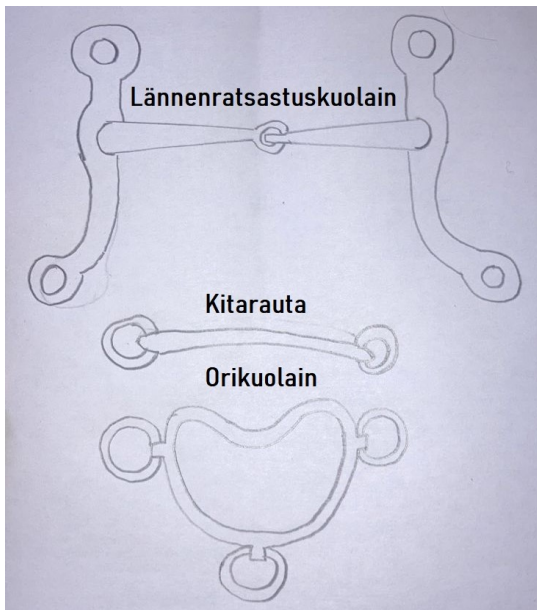
KUVA 5. Kankikuolain ja kankiketju.

Kuvassa 6 esitetyt kuolaimettomat kuolaimet ovat nimensä mukaisesti kuolaintyyppi, johon ei kuulu suuhun tulevaa osaa. Kuolaimeton kiinnitetään suitsiin ja niistä lähtee ohjat ratsastajan käteen. Kuolaimettomia ovat esimerkiksi hackamore, kukkahackamore, rengashackamore, ja niiden erilaiset variaatiot.



KUVA 6. Hackamoreja.

Kuvassa 7 on esitetty erikoiskuolaimia. Länneratsastuksessa on paljon erilaisia kuolaimia, yleensä pitkällä varrella olevia ja ne voivat olla koristeellisia. Ravihevosella voi olla suussa kuolaimen lisäksi myös kitarauta, johon päätä ylhäällä tukeva shekki kiinnitetään. Orikuolainta ei käytetä ratsastuksessa, mutta keppihevosilla se voi toimia rekvisiittana.



KUVA 7. Erikoiskuolaimia.

4 3D-TULOSTUS

3D-tulostuksella tarkoitetaan materiaalia lisäävä valmistustekniikkaa, jossa kappale valmistetaan kerros kerrokselta digitaalisen 3D-mallin pohjalta. 3D-tulostus on kehittynyt viimevuosina isoin harppauksin ja sitä käytetään laajasti erilaisiin käyttökohteisiin. 3D-tulostimet voidaan jakaa FDM-tulostimiin eli filamenttitulostimiin ja hartsitulostimiin (SLA / DPL /LCD). (6.)

4.1.1 FDM-tulostus

FDM (Fused Deposit Modeling) tai FFF (Fused Filament Fabrication) ova tulostusprosesseja, joissa käytetään termoplastista eli lämpömuovattavaa sidosainetta. Tätä filamenttilankaa syötetään tulostuspäähän, jossa se kuumenee ja josta se työnnetään suuttimen läpi tulostusalueelle. Menetelmää kutsutaan suoraksi ekstruudiksi eli suulakepuristukseksi. Bowden-ekstruudien ero suoraan ekstruudiin verrattuna on hotendin eli kuumentimen sijainti tulostimen rungossa. Tulostinpäässä on tällöin vähemmän painoa ja tulostimen liikkeet ovat tarkempia. Myös kaksoisekstruuderia eli kaksoispuuristinta käytetään. Kahdella ekstruuderilla varustetulla tulostimella pystyy yhdistämään helposti eri värejä tulostettavaan kohteeseen. Materiaalit voivat olla erilaisia, esimerkiksi tukimateriaali voidaan tulostaa liukenevasta materiaalista, jolloin kappaleen jälkityöstö helpottuu. (7.)

Filamenttilankoja on saatavana useista eri materiaaleista valmistettuna, yleisimmät ovat PLA, PETG, ABS ja nailon. PLA eli polyynihappo on valmistettu biopohjaisista materiaaleista, kuten maissitärkkelyksestä. PLA:n tulostaminen on helppoa, sillä sille riittää alhaisempi tulostuslämpö, eikä se tuota haitallisia kaasuja eikä haise tulostamisen yhteydessä. Se on myös biohajoava materiaali. Lisäksi on olemassa erikoismateriaaleja, joissa on puuta, metallia, hiiltä tai kiveä. (7.)

Tulostus tapahtuu kerroksittain 0,1–0,4 mm:n tarkkuudella riippuen tulostimen ominaisuuksista ja valituista asetuksista. FDM-tulostusta voidaan käyttää toimivien prototyyppien ja tuotteiden valmistukseen, taide-esineisiin, mallintamiseen ja havainnollistavien mallien esittelyyn, varaosien ja työkalujen valmistukseen sekä työkalujen tekemiseen. FDM-tulostuksen etuja on edullisuus: hankintakustannukset voidaan pitää matalina sekä tulostus- ja jälkikustannukset ovat edullisia. Filamenteja on saatavana eri värisinä, erikoisvärisinä ja eri materiaaleista valmistettuina. Tulostin on yksinkertainen ja helppo käyttää. (7.)

Tulostetut kappaleet eivät tarvitse kovin paljoa jälkikäsittelyä, mikäli pinnan laatu riittää työkohteeseen sellaisenaan. Filamenttia pystyy syöttämään tulostimelle nopeasti, joten prototyyppiä voi valmistaa nopeasti. Valmiit tuotteet kestävät hyvin vetoa, iskua ja säätä, kunhan ne on suunniteltu oikein ja tulostimen asetukset sekä käytettävät materiaalit ovat soveltuvia käyttökohteeseen. Teknologiaa kehitetään myös jatkuvasti, mikä mahdollistaa yhä paremmat tulostusominaisuudet ja pinnanlaadun. (7.)

4.1.2 Hartsitulostus (SLA / DLP / LCD)

Hartsitulostuksella tarkoitetaan tulostusta, jossa käytetään tulostusmateriaalina hartsia. Hartsin kovettaminen tapahtuu nesteen valopolymerisaatiolla eli allasvalopolymerisaatiolla. Allasvalopolymerisaatioon perustuvien tekniikoiden suurin ero on valon lähteessä. Hartsitulostus jaetaan SLA-tulostukseen (Stereolithography) eli stereolitografiaan, DLP:hen (Digital Light Processing) eli digitaaliseen valonkäsittelyyn ja LCD-tekniikkaan (Liquid Crystal Display), jossa LCD-näyttöä käytetään UV-valon lähteenä. (8.)

SLA-tulostus on yksi vanhimmista 3D-tulostustekniikoista. Tulostimen UV-laserin valopiste kohdistetaan peilien kautta rakennusaluustaan. Tulostusnopeus vaihtelee paljon riippuen tulostettavan kappaleen monimutkaisuudesta. Hartsia kovetetaan tulostimen etenemistahdin mukaan pistemaisesti laserilla. (8.)

DLP-tulostuksessa käytetään DLP-projektoria, joka heijastaa tulostettavan kappaleen tai tulostuksessa olevan kerroksen pikselöidylle kankaalle (8).

DLP- ja LCD-tekniikoiden etuna on hartsin kovettaminen kerroksittain, jolloin valmistus on nopeampaa. Tulostustekniikka on sama, mutta tekniikat erottaa toisistaan hartsin kovettamiseen käytettävä valonlähde. DLP-tekniikassa valonlähteenä toimii UV LED -projektor. LCD-tekniikassa valonlähteenä on nestekidenäytön läpi tuleva UV LED -valo. (8.)

Hartsitulostuksella pinnanlaadusta saadaan hyvä tulostustarkkuuden ansiosta, sekä pienten, monimutkaisten muotojen ja yksityiskohtien tekeminen on mahdollista. Valmiin kappaleen materiaalien ominaisuuksia ovat esimerkiksi paloluokiteltu materiaali, korkean lämmön kesto, kirkkaus ja läpinäkyvyys, kuminen materiaali ja UV-kestävät materiaalit. (9.)

Hartsitulostusta käytetään lääketieteessä sekä hammaslääketieteessä esimerkiksi hammasmallien tekemiseen, jossa se korvaa kipsimuottivalujäljennöksen tekemisen hampaista. (8.) Hartsitulostusta käytetään myös koruihin, tieteeseen, koneenrakennukseen sekä suunnitteluun ja taiteeseen. Hartsitulostukseen tarvittava tulostin on kalliimpi kuin perinteinen filamenttitulostin ja sen käyttökustannukset ovat isommat, sillä tulostusaineena käytettävä hartsiliuos on arvokkaampaa. (7.)

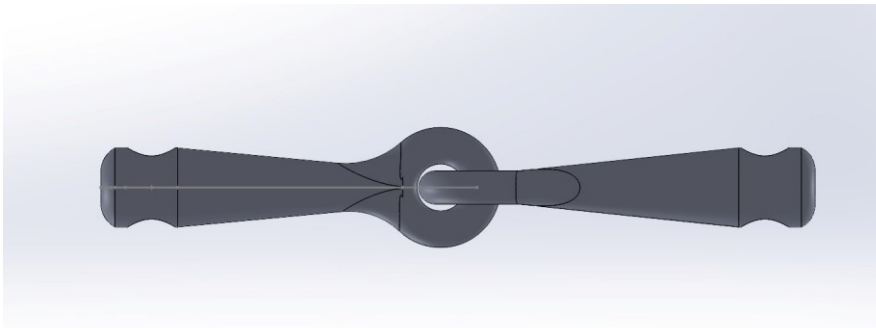
5 TYÖN SUORITUS

Työn suoritukseen kuului kuolainten osien suunnittelu 3D-mallintamalla ne SolidWorks-ohjelmalla, prototyyppien valmistus 3D-tulostamalla ja valmiin tuotteen kestävyys testaus. Kuolainmalliston valmistuttua asiakkaiden tarpeita kartoitettiin kuolaintutkimuksen avulla.

5.1 Nivelmallien suunnittelu

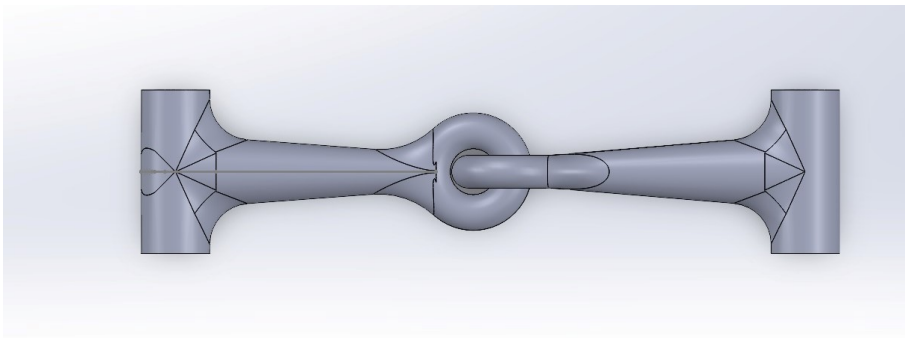
Suunnittelutyö alkoi kuvassa 8 näkyvän, vapaasti pyörivien kuolainrenkaiden kanssa yhteensopivan nivelosan suunnittelusta. Nivelen suunnittelussa huomioitava asia oli riittävät välykset, jotta kuolainrenkaat mahtuvat pyörimään rei'issään kunnolla. Samoin kuolainosan keskimmäisen nivelen tuli olla riittävän väljä, jotta kuolain menee nätisti nippuun esimerkiksi ripustettaessa suitset säilytykseen.

Suosan nivelen korkeimman kohdan täytyi olla myös mahdollisimman ohut, jotta se ei pukkaa keppihevosen suuta auki ja mahtuu keppihevosen suuhun kunnolla. Yleisesti keppihevosten käytössä olevan, alun perin avaimenperäksi tarkoitetun nivelosan korkein kohta on 1,3 cm. Tavoite oli saada valmistettua matalampi kuolain. Markkinoilla jo olevien kuolainten suosan leveys on 5,5–6 cm. Nivelosan leveydeksi päätettiin 5,5 cm, sillä se on todettu sopivaksi leveydeksi useille keppihevosille ja mahtuu Loikan valmistamille keppihevosille. Nivelosan leveyttä muuttamalla jatkossa voi tulostaa helposti myös eri levyisiä kuolaimia. Vaatimuksena nivelosalle oli myös kestävyys sekä ulkonäölliset seikat: sopusuhtaisuus ja kaunis ulkonäkö.



KUVA 8. Kuolaimen nivelosa pyörivärenkaisiin nivelkuolaimiin.

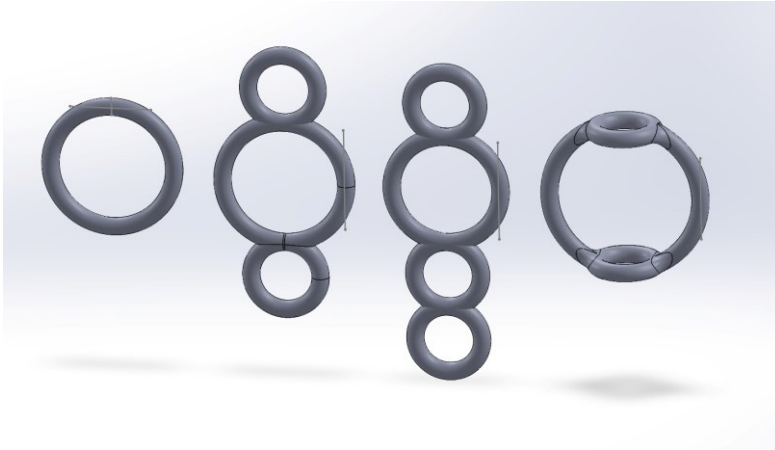
Kuvassa 9 esitetty, toinen suunniteltu nivelmalli on tarkoitettu yhteensopiviksi kiinteiden renkaiden kanssa. Vaatimukset olivat pääasiassa samat kuin pyöriville renkaille tarkoitetussa nivelosassa, joten suunnittelun pohjana pystyi käyttämään valmista mallia. Omat haasteensa toi erilainen rakenne renkaan kiinnityksessä. Välystä tuli olla riittävästi joka suuntaan, jotta rengas pääsisi pyörimään vaakasuunnassa, muttei liikkuisi liikaa pystysuunnassa. Kuolainrenkaan pystytankoon kohdistuu suurin rasitus, joten pystytangon tuli olla riittävän paksu kestääkseen kuormituksen. Keppihevosta harvoin vedetään ohjista kovin lujaa, sillä keppihevokset ja niiden vanutäyttö kestää huolellisella käytöllä pidempään. Kuitenkin tavoitteena oli tehdä mahdollisimman kestävä nivel, joka kestäisi myös väärinkäytön.



KUVA 9. Kuolaimen nivelosa kiinteärenkaisiin nivelkuolaimiin.

5.2 Erilaisten renkaiden, kuolainten ja kuolaimettomien suunnittelu

Toimiviin nivelosiin on helppo yhdistellä erilaisia renkaita. Renkaiden suunnittelussa tärkein seikka oli niiden paksuus, jotta ne mahtuvat pyörimään vapaasti nivelosan reiässä. Renkaiden tuli olla riittävän ohuita, jotta Loikan valmistamien ohjien kiinnityslukot sopivat yhteen niiden kanssa. Pyörivärenkaiseen niveleen suunniteltiin ensiksi tavallinen O-rengas. Muita suunniteltuja malleja oli olympia, pessa ja gag. Kuvassa 10 on erilaisia vapaasti pyöriviä renkaita.



KUVA 10. 3D-mallinnettuna O-rengas, pessoaa, olympia ja gag.

Kuvassa 11 olevaa kankikuolainta käytetään yhdessä nivelkuolaimen kanssa kouluratsastuksessa. Kankikuolaimen suunnittelussa haasteena oli pitkät tangot, joiden päästä ohjat lähtevät. Tankojen tulee kestää riittävästi niihin kohdistuvaa vääntöä. Kuolaimen ylimpien renkaiden paksuuden tuli olla sellainen, että kankiketjun saa kiinnitettyä niihin pienillä lukoilla tai s-koukulla. Kuolaimen tuli olla mahdollisimman siro ja sopusuhtainen mitoiltaan.



KUVA 11. Kankikuolain.

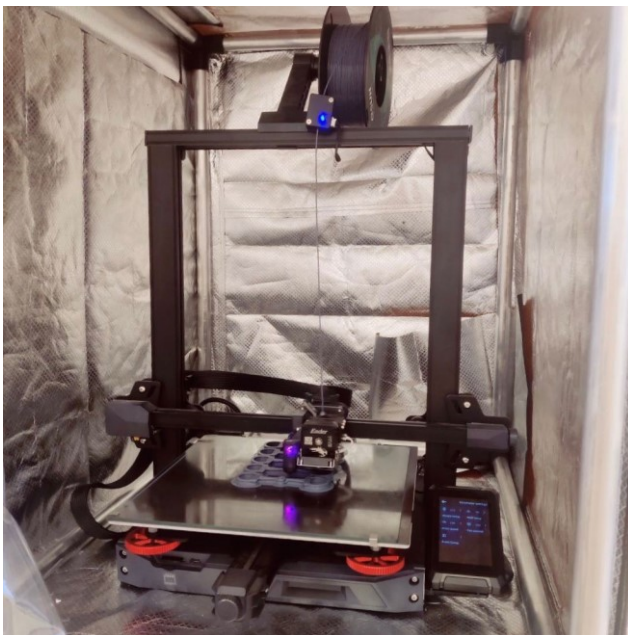
Kuvassa 12 näkyvä hackamore oli ohuen ja yksinkertaisen rakenteen ansiosta helppo suunnitella. Hackamossa piti huomioida kiinnitysreikien koko, joihin suitsien poskihina ja turparemmi kiinnitettiin. Keppihevosilla käytetään suitsissa yleensä noin 1 cm leveitä nauhoja, joten sentin tai hieman isommat reiät ovat sopivia. Paksuuden tuli olla sellainen, ettei kuolain taivu vedosta tai väännöstä.



KUVA 12. Hackamore.

5.3 Tulostus

Tulostustavaksi valittiin FDM-tulostus, sillä se on pinnanlaadultaan riittävä kuolaimiin sekä tulostusvälineet löytyivät helposti. Jatkoa ajatellen FDM-tulostuskustannukset ja tulostimen hankintakulut ovat sellaiset, että niihin on pienen yrityksen mahdollista investoida. Tulostus on tehty kuvassa 13 näkyvällä Creality Ender 3 S1 Plus -tulostimella. Sen tulostusalue on kooltaan 300 mm x 300 mm x 300 mm. Tulostussuutin on 0,4 mm. Tulostin on eristetyssä kotelossa, jotta lämpö ei karkaa tulostettaessa ja tulostuslaatu pysyy parempana.



KUVA 13. 3D-tulostin Creality Ender 3 S1 Plus tulostusteltassa.

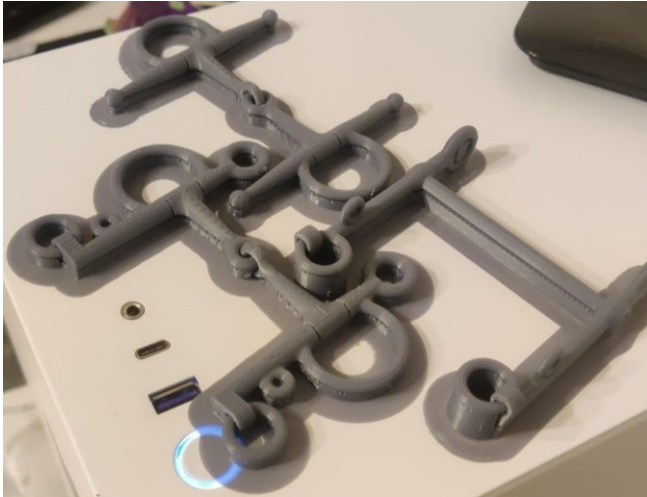
Tulostukset tehtiin eSUN PLA+ harmaasta filamentista. Sen etuna on helpompi tulostettavuus ja hyvä tarttuvuus verrattuna tavalliseen PLA filamenttiin. Tulostettaessa suuttimen lämpö oli 215 astetta ja tulostusalustan lämpö 60 astetta. Tulostuksessa käytettiin tulostusliimaa, sillä tulostettavat kappaleet olivat pieniä. Tulostusliimaa laitetaan tulostusalustalle, jossa se auttaa tulostettavaa kappaletta pysymään kiinni ja helpottaa sen irrotusta. Tulostusnopeus oli 40 mm/s. Yhden kuolaimen tulostaminen vei aikaa hieman yli tunnin.

Kuolaimet täytyi tulostaa käytännössä melkein kokonaan tukien päälle, koska vain hyvin pieni osa kappaleesta osui alustaan niiden pyöreiden muotojen takia. Tämän takia tukialustaan täytyi tehdä leveä reunus. Tukialusta on tulostettavan kappaleen alla oleva tulostettu osa, joka auttaa tulostettavaa kappaletta tarttumaan paremmin alustaan ja ehkäisee sen irtoamista ja liikkumista tulostuksen aikana.

Kuolaimien tukemiseksi tulostettaessa piti ottaa tukikatto sekä tukilattia käyttöön. Ne ovat kappaleen lähellä olevaa tiheää ristikkomaista tukirakennetta. Tukikatto ja tukilattia piti muuttaa tiheäksi, jotta loppulaatu tukien päällä olisi mahdollisimman hyvä. Tukien ja tulostettavan kappaleen välillä oli 0,2 mm:n rako, jotta tuet irtoavat helposti kappaleesta. Kestävyyden varmistamiseksi liikkuvat rengasosat täytyi tulostaa vaaka-asennossa, jotta ne kestäisivät mahdollisimman paljon vetoa ja vääntöä. Pystyasennossa tulostettujen renkaiden tulostuserrokset olivat herkempiä lohkeamiselle.

Sarjatulostuksessa monen kappaleen valmistuksessa täytyi ottaa huomioon yhden kappaleen jäähtyminen muiden kappaleiden tulostuserroksien aikana. Liikaa jäähtyessään kerroksien tarttuminen toisiinsa ei ollut paras mahdollinen. Tähän ratkaisuna tulostustellettä pidettiin lähes kokonaan suljettuna, jotta tulostusympäristön lämpö pysyisi riittävän korkeana tulostuserroksien tarttumisen varmistamiseksi.

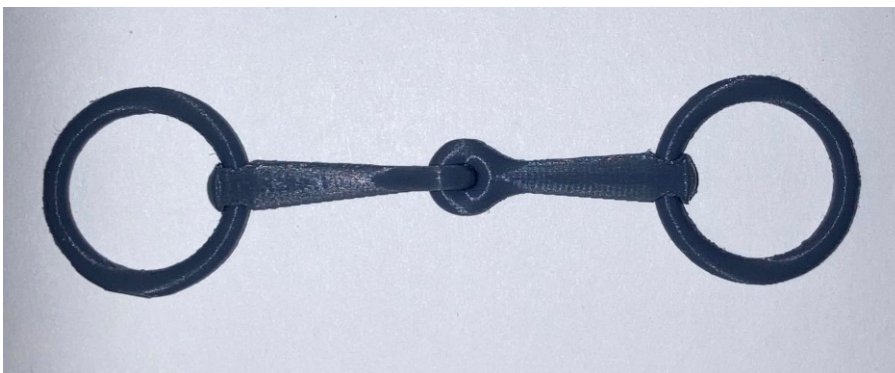
Tulostuksen jälkeen tulostetut kappaleet irrotettiin tulostusalustasta ja niiden tukirakenteet (tukikatto ja tukilattia) poistettiin. Tukirakenteet näkyvät kuvassa 14.



KUVA 14. Kuolaimet ennen tukirakenteiden poistoa.

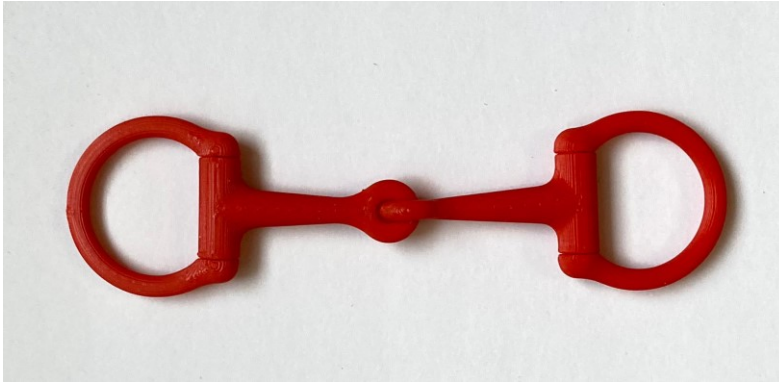
5.4 Prototyyppi 1

Ensimmäinen prototyyppi nivelkuolaimesta tulostettiin pystyasennossa, jotta tulostustuista jäivät pienet epätasaisuudet ovat kuolaimen alla. Pystyasennossa kuolaimia mahtuisi enemmän kerralla tulostusalustalle. Pystyssä tulostettujen kuolainten renkaat eivät kuitenkaan olleet riittävän kestäviä, sillä rengasta väännettäessä se napsahti poikki tulostuskerroksien välistä. Kuolaimen keskimäinen nivel oli hieman ahdas, nivel kyllä liikkui mutta kuolain ei mennyt nippuun otettaessa kiinni renkaista. Kuvassa 15 näkyy keskimmäisen nivelen ahtaus.



KUVA 15. Ensimmäinen pyörivärenkaisen nivelkuolaimen prototyyppi.

Kuvassa 16 näkyvä ensimmäinen kiinteärenkaisen nivelkuolaimen prototyyppi sisälsi samoja ongelmia kuin pyörivärenkainen nivelkuolain. Kuolaimen keskimäisessä nivelessä ei ollut riittävästi vällystä. Kuolainrenkaat eivät liikkuneet riittävän hyvin kiinnitysakselinsa ympärillä.



KUVA 16. Ensimmäinen kiinteärenkaisen nivelkuolaimen prototyyppi.

Kuvassa 17 esitetty hackamoren ensimmäinen prototyyppi oli varsin onnistunut ja tulostettavuudeltaan se on helpoin kuolain. Hackamore voisi olla hieman sirompi yläosastaan ja kokonaisuudessaan lyhyempi, jotta se sopisi myös pienemmille keppihevosille.



KUVA 17. Ensimmäinen hackamore prototyyppi.

Kuvassa 18 esitetty kankikuolaimen ensimmäinen prototyyppi oli muuten onnistunut, mutta kankiketjulle tarkoitetut pienet renkaat eivät olleet riittävän syvällä mallissa ja lähtivät liian helposti irti.



KUVA 18. Ensimmäinen kankikuolain prototyyppi.

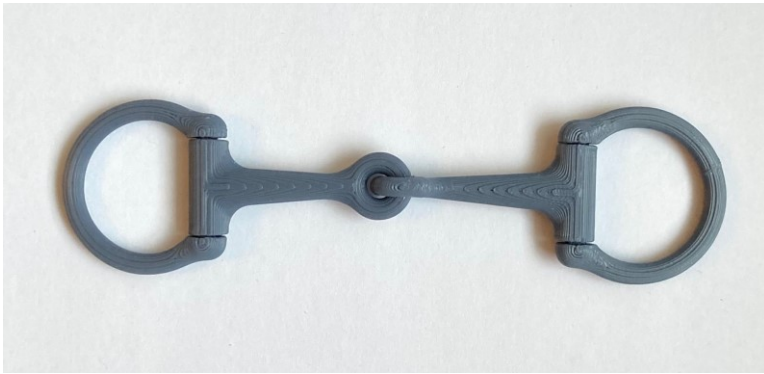
5.5 Prototyyppi 2

Kuvassa 19 on toinen prototyyppi pyörivärenkaisesta nivelkuolaimesta. Se tulostettiin vaaka-asennossa, jotta kuolainrenkaat varmasti kestävät niihin kohdistuvaa räsitusta. Nivelkuolaimen keskimäiseen niveleen lisättiin välystä, jotta kuolain menee renkaista nostettaessa nippuun. Kuolaimen päätyihin lisättiin massaa, jotta kuolain on varmasti kestävä. Massan lisääminen teki kuolaimesta myös paremman näköisen mittasuhteiltaan. Paksuutta lisättiin hiukan myös kuolainrenkasiin ja kuolainrenkaiden reikiä isonnettiin samassa suhteessa, jotta renkaat edelleen pyörivät rei'issään hyvin. Toinen prototyyppi pyörivärenkaisesta nivelkuolaimesta on valmis tuote, jota voi valmistaa myyntiin.



KUVA 19. Pyörivärenkaisesta nivelkuolaimen toinen prototyyppi.

Kuvassa 20 on kiinteärenkaisen nivelkuolaimen toinen prototyyppi, jossa välystä oli lisätty keskimäiseen niveleen sekä renkaiden akseleiden ympärille. Kuolainta myös levennettiin ja nivelosan päihin lisättiin paksuutta. Kiinteärenkaisen nivelkuolaimen toinen prototyyppi täyttää valmiin tuotteen vaatimukset ja sitä voi valmistaa myyntiin. Tästä mallista on kuitenkin tulossa vielä paranneltu versio, jossa kuolainrenkaat ovat isommat ja kaareutuvat suoraan kohti kiinnitystä.



KUVA 20. Kiinteärenkaisen nivelkuolaimen toinen prototyyppi.

Kuvassa 21 on hackamoren toinen prototyyppi, joka on hieman lyhyempi ja sirompi kuin ensimmäinen. Hackamoreja tulostettiin kaksi kappaletta, toinen ensimmäisen peilikuvana. Peilikuvana hackamore tulostettiin siksi, koska pinnanlaatu on hieman erilainen tulostetun kappaleen ala- ja yläpuolella. Peilikuvana tulostetut hackamoret ovat pari keskenään ja kuolaimen käyttäjä voi valita, kumman puolen hackamoresta haluaa kiinnittää suitsiin näkyville.



KUVA 21. Toinen hackamoren prototyyppi

Kuvassa 22 on kankikuolaimen toinen prototyyppi, jossa pienet renkaat olivat upotettuna syvem-
mälle ja ne pysyivät väännettäessä paremmin kiinni. Ohjille tarkoitetut renkaat käännettiin tulos-
tusta varten vaaka-asentoon. Vaaka-asennossa tulostettuna ne kestävät paremmin niihin kohdis-
tuvaa rasitusta. Kankikuolaimen toinen prototyyppi on valmis tuote myyntiin. Kankikuolaimesta val-
mistettiin kuvassa näkyvän 5,5 cm leveän kuolaimen lisäksi myös isompi malli, joka on leveydeltään
6,5 cm. Isommassa kuolaimessa myös pystytangot ovat hieman pidemmät, jotta kuolain on sym-
metrinen. Valmiissa kankikuolaimessa on lisäksi metalliketju, joka tukee kuolainta ja ehkäisee sen
liikettä ohjista vedettäessä.



KUVA 22. Kankikuolain kankiketjulla.

5.6 Vetokoe

Keppihevosta ei ole tarkoitus vetää suusta kovaa ja ohjastuntuma on yleensä keppihevosilla todella kevyt. Äkinäisiä, voimakkaampia vetoliikkeitä ohjaan voi tulla esimerkiksi horjahduksen seurauksena tai vaikeaa estettä ylittäessä. Suurin osa keppihevosharrastajista käsittelee keppihevosiaan sievästi, eikä vedä niitä suusta. Tällöin keppihevosen täyttö pysyy hyvässä kunnossa mahdollisimman pitkään.

Vetokoe suoritettiin ensiksi keppihevosille, jotta tiedettäisiin, minkä verran kuormitusta keppihevo-
nen kestää. Keppihevosen täyttö vaikuttaa olennaisesti keppihevosen vedon kesto-
on. Jos täyttö on tiivis ja jäykkä, keppihevonen kestää huomattavasti enemmän vetoa ohjasta kuin väljemmin

täytetty keppihevonen. Kuvassa 23 on esitetty, kuinka Loikan vuonna 2022 valmistaman ja paljon käytössä olleen keppihevosen kaula menee lyttyyn vedettäessä ohjista 39 N:n voimalla.



KUVA 23. Veto 0 N – 39 N.

Vetokoe suoritettiin myös toiselle keppihevoselle, jonka täyttö on huomattavasti väljempi ja uusintatäyttö ajankohtainen. Kuvassa 24 olevaa keppihevosta vedettiin ohjista 14,7 N:n voimalla, kunnes kuolain hyppäsi suusta ulos.



KUVA 24. Vetokoe väljemmin täytetylle keppihevoselle

Kuolainten kestävyudeksi ohjasta vedettäessä riittäisi testien perusteella noin 40 N, sillä isommalla vedolla tiiviisti täytetyn keppihevosen pää painuu kiinni sen kaulaan. Kuolainten on toki hyvä kestää enemmänkin vahinkojen ja mahdollisen väärinkäytön vuoksi, joten kuolainten kestävyys otettiin 98 N:n tavoite.

Kuolaimille suoritettiin vetokoe kalavaakaa käyttäen. Kalavaaka kestää vetoa 50 kg eli 490 N, joka on riittävästi kuolainten testaamiseen. Kuolaimien vetolujuutta testattiin tässä työssä varmistamaan tuotteen laatu ja kestävyys. Keppihevosen kuolainten hajoamisessa vaarana on irtoavat pienet osat, joita lapset voivat laittaa suuhunsa.

Vetokokeessa käytetyt välineet näkyvät kuvassa 25. Koetta varten tukien päälle asetettiin vaakapalkki, jonka leveys on sama kuin kuolaimen suuosan leveys. Kuolaimessa oli kiinni ohjat pikaluukoilla ja kuolain pujotettiin vaakapalkin alle. Vaakapalkin päihin lisättiin massaa, jotta se ei nouse kuolainta vedettäessä ylös.



KUVA 25. Vetokoe.

Vetokoe tehtiin ensiksi pyörivärenkaiselle nivelkuolaimelle. 258 N vedon kohdalla ohjien lukot pettivät. Lukkoina käytettiin 34 mm:n pituisia liipasinlukkoja, joiden luvattu kesto on 137 N, joten lukot kestivät luvattua enemmän. Ohjiin ommeltiin kiinni erilaiset lukot, 38 mm:n papukaijalukot ja testi toistettiin. Toisessa testissä käytetyt papukaijalukot antoivat periksi 375 N:n kohdalla. Kuvassa 26 näkyy vetokokeessa hajonneet lukot.



KUVA 26. Hajonnut liipasinlukko ja papukaijalukot.

Kolmannessa testissä käytettiin kiinteärenkaista nivelkuolainta, sillä sitä arveltiin rakenteensa takia heikoimmaksi. Ohjat olivat kuolainrenkaissa kiinni kestävämmiksi todetuilla papukaijalukoilla. Tässä testissä papukaijalukot hajosivat 328 N:n kohdalla. Koska kuolainta ei saatu hajoamaan ohjien kiinnityksien pettäessä ensiksi, kuolainrenkaihin ommeltiin kiinni 10 mm leveää nylonnauhaa. Nylonnauhalla vedettäessä vaa'an suorituskyky tuli vastaan, eli kuolain kesti ainakin 490 N:n vetoa.

Joihinkin kuolainmalleihin jouduttiin ulkonäöllisistä syistä hieman lyhentämään nivelen keskiosan kiinnikkeitä, jotka tulevat kuolainrenkaan akselin ympärille. Kestävyyden varmistamiseksi testattiin myös kuolain lyhyemmillä kiinnikkeillä. Testattavaksi kuolainmalliksi valikoitui baucher. Renkaista vedettäessä se kesti 466 N, joka on kuolaimelle riittävä. Kuolaimessa periksi antoi nivelen kiinnityskohta renkaaseen. Kuolaimen keskiakseli ja toinen kuolainrenkas muuttivat hieman muotojaan, eli veto saattoi olla hieman epätasainen ja enemmän voimaa kohdistua hajonneen renkaan puolelle. Rikkinäinen baucher on esitetty kuvassa 27.



KUVA 27. Hajonnut baucher.

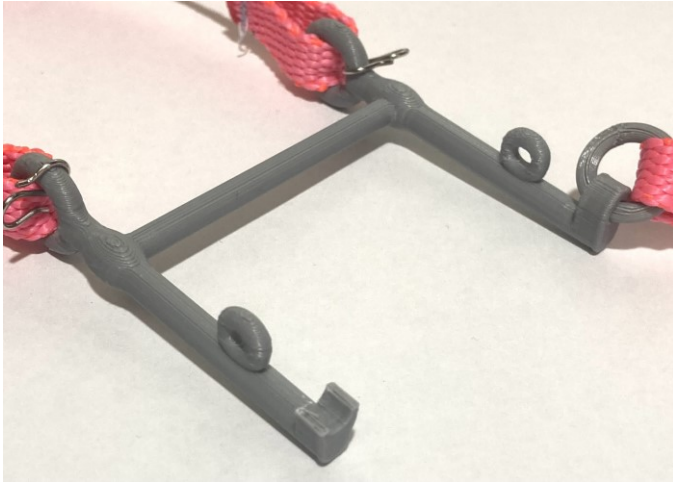
Varrellisten kuolainten testausta varten tarvittiin tuki, johon kuolaimen saa tuettua oikeaan asentoon ja vedon kohdistettua ohjan kiinnityskohtaan oikeasta kulmasta. Tätä varten piirrettiin hevosen pään kuva, jonka Nuutti Ay leikkasi vannesahalla puusta. Suitset valmistettiin vetokoetta varten nylonista ja suitsien hihnat ommeltiin suoraan kiinni kuolaimen. Nylonhihnaa käyttämällä varmistettiin suitsien venymättömyys sekä kestävyys. Ohjat ommeltiin suoraan niiden kiinnitysrenkaaseen kiinni, sillä aiemmissa testeissä ohjien kiinnityslukot hajosivat ennen kuolainta. Vetokokeissa puinen malli kiinnitettiin tukevasti ruuvipuristimeen.

Kankikuolaimen vetokokeessa kankikuolaimen ketju antoi periksi 29,4 N:n vedon kohdalla. Kankiketju on kuolaimen osa, joka kiinnitetään kuolaimen ylimpiin renkaisiin molemmin puolin. Kankiketju kulkee keppihevosen alaleuan ali. Kankiketjun tehtävä on ehkäistä kuolaimen yläpään nousua ohjasta vedettäessä ja tukea kuolainta. Kankiketju on siis ensimmäinen kuolaimen osa, johon kaikki voima kohdistuu ohjasta vedettäessä. Kuvassa 28 kuormituksen ollessa 58,8 N kuolaimen ylärenkas on noussut vaaka-asennosta pystyasentoon, sillä kankiketju on mennyt poikki ja kuolaimen varsi alkaa taipumaan.



KUVA 28. Kankikuolain vetokokeessa, 58,8 N vetoa.

Kankikuolain antoi periksi 112,77 N vedon kohdalla. Kankikuolaimesta meni poikki vasemman ohjan kiinnitysrenkaan kiinnike (kuva 29).



KUVA 29. Hajonnut kankikuolain.

Puista mallia apuna käyttäen testattiin myös pelham-kuolain. Pelham-kuolainta voi käyttää kaksilla ohjilla tai deltaohjalla. Deltaohja on lenkki, jolla ohjien kiinnitysrenkaat yhdistetään toisiinsa ja varsinainen ohja lähtee lenkistä. Testissä käytettiin deltaohjaa, jotta ohjien kautta tuleva kuormitus saadaan jaettua kuolaimen eri kohtiin.

Pelham alkoi taittua vetokokeessa 9 kg:n kohdalla. Ensimmäinen testi meni pieleen, kun vaa'an näyttö sammui kesken testin. Kuolain palautui 9 kg vedon jälkeen silmämääräisesti tarkasteltuna takaisin normaaliin asentoon. Pelham-kuolaimen vetokoe on esitettyinä kuvassa 30, kuormitusta kuvassa on noin 196 N.



KUVA 30. Pelham vetokokeessa.

Testi uusittiin samalla kuolaimella, sillä vaihtokuolainta ei ollut mukana. Uusintatestissä kuolain hajosi 259 N:n vedon kohdalla. Periksi antoi kuolainrenkaan kiinnitysakseli. Kuvasta 31 näkee,

kuinka kuolaimen varret ovat taipuneet, kuolainrenkaat muuttaneet hieman muotoaan ja kuolainrenkaan kiinnitysakseli mennyt poikki.



KUVA 31. Hajonnut pelham.

Vetokokeessa testattiin myös erilaisia materiaaleja. Silkkifilamentti on metallinhoitoisen värinsä takia hienomman näköistä ja tavoitteena oli saada valmistettua kuolaimia siitä. Silkkifilamentista valmistettu kuolain kesti vetoa 343 N. Rikkoutunut kuolaimen osa on kuvassa 32. Vääntöä silkkifilamentista valmistettu kuolain kestää huonommin kuin PLA+ filamentista valmistettu kuolain. Kuolaimen heikoin kohta oli sen keskimäinen nivel, joka oli niin heikko, ettei tulostustukia saanut helposti irti ilman kuolaimen hajoamista. Jos kuolaimia valmistettaisiin silkkifilamentista, tulisi kuolaimia isontaa reilusti ja niiden mittasuhteet kärsisivät.



KUVA 32. Hajonnut silkkifilamentista valmistettu kiinteärenkainen nivelkuolain.

5.7 Tuoteturvallisuus

Keppihevokset sekä niiden varusteet luokitellaan leluiksi, joten niitä koskee SFS-EN 71-1:2014 standardi Lelujen turvallisuus, Mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet (11).

Standardin mukaan lelulle tulee suorittaa vääntötesti ja vetotesti, jos siihen pystyy tarttumaan peukalo-etusormi-otteella. Vääntötestissä vääntöä lisätään asteittain 5 sekunnin ajan, kunnes testattava osa on vääntynyt 180 astetta alkuperäisestä asennostaan tai on saavutettu vääntömomentti 0,34 Nm. Kun jompikumpi näistä on saavutettu, vääntöä pidetään yllä 10 sekunnin ajan, jonka jälkeen testattavan osan annetaan palautua alkuasentoon ja testi suoritetaan vastapäivään. (12.)

Kuolaimille ei ole opinnäytetyön aikana tehty vääntötestiä puutteellisen välineistön vuoksi. Testin vaatima vääntömomentti 0,34 Nm on niin pieni, että siihen tarkkuuteen pääseviä momenttivääntimiä ei löydy helposti ja lähelle sitä pääsevät ovat kalliita. 0,5–2 Nm alueen näyttävä momenttiavain maksaa 149,5 €. (10.) Yksi vaihtoehto olisi ostaa halvempi perusmomenttiavain 5–25 Nm:n alueella kaupasta ja vääntää kuolainta 5 Nm:n voimalla. Jos kuolain kestäisi sen, se kestäisi myös testin vaatiman 0,34 Nm väännön.

Vetotesti tehdään samalle osalle vääntötestin jälkeen. Vetotestiä varten tarvitaan laite, joka mittaa voimaa ainakin 90 N:iin asti 2 N:n tarkkuudella. Kuolainten vetokokeessa käytetty kalavaaka täyttää tämän vaatimuksen. Vetokokeessa kuolaimeen kohdistettava voima on 90 N, sillä sen kosketavissa oleva mitta on yli 6 mm (12.) Opinnäytetyön ohessa tehty vetokoe ei ole virallinen vetokoe, mutta sen tulokset ovat suuntaa antavia. Kaikki kuolaimet kestivät niiden käyttöasennossa enemmän vetoa kuin 90 N.

Keppihevostia koskee sama standardi SFS-EN 71-1:2014 ja CE-merkintää varten niille tulee suorittaa mm. vetokoe saumojen ja materiaalien kestävyuden varmistamiseksi. Keppihevosten tapauksessa sen epäedullisimpaan kohtaan eli korvaan kiinnitetään leuat, joihin kohdistetaan 72 N:n voima 5 sekunnin ajaksi. (12.) Loikan keppihevostilla ja varusteilla ei ole vielä CE-merkintää, mutta pyrkimyksenä on hankkia se. CE-merkintää varten tarvitaan tiedot kaikista tuotteissa käytetyistä materiaaleista ja niiden on täytettävä CE-merkinnän vaatimukset. Loikan tuotteissa käytettyjä kankaita, metalliosia ja muita tarvikkeita on alettu vaihtamaan sellaisiin, jotka täyttävät CE-merkinnän vaatimukset.

5.8 Kuolaintutkimus

Google Forms -lomakepohjaa käyttämällä toteutettiin kuolaintutkimus (liite 1). Kuolaintutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa keppihevosten suiden leveyksiä sekä haluttuja kuolainmalleja. Tutkimukseen vastasi 93 keppihevosharrastajaa 11.4.–23.4.2024.

Tutkimusta mainostettiin Loikan Instagramissa sekä parissa keppihevosaiheisessa WhatsApp-ryhmässä. Tutkimukseen vastanneiden kesken järjestettiin arvonta, jonka palkintona oli kaksi voittajan valitsemaa kuolainta. Tutkimukseen vastaaminen oli vapaaehtoista. Arvontaa varten kerättiin vastanneiden nimet sekä yhteystietoina puhelinnumero tai sähköposti. Osoitteen ilmoittaminen oli vapaaehtoista, sillä voiton osuessa kohdalle osoite voidaan pyytää viestillä voittajalta.

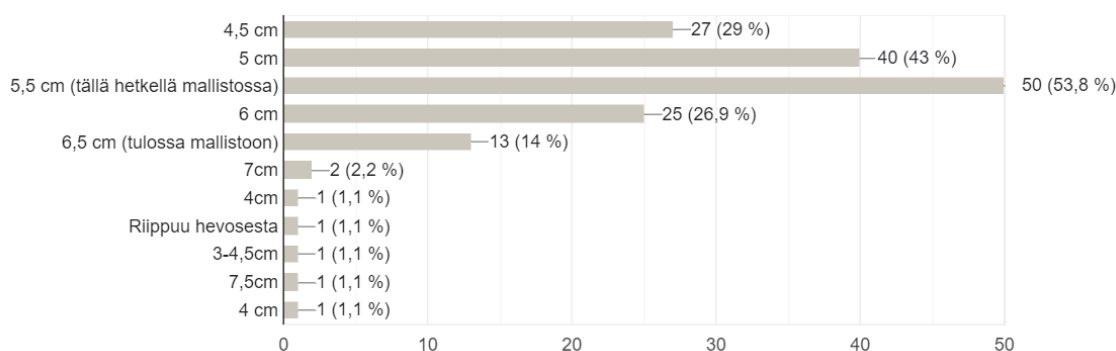
Tutkimuksen ensimmäisessä kysymyksessä kartoitettiin keppihevosille sopivan kuolaimen leveyttä. Kysymys oli monivalintakysymys, sillä samalla vastaajalla voi olla tarve eri levyisille kuolaimille. 5,5 cm levyinen kuolain oli 50 vastauksella suosituin leveys. Suurin osa keppihevosten tekijöistä käyttää n. 5 cm leveää kangaspalaa keppihevosen keskipalana, joten vastaukset tukivat mallistosta jo löytyvän 5,5 cm leveän mallin tarvetta.

Seuraavaksi suosituimpia leveyksiä olivat 5 cm 40 vastauksella ja 4,5 cm 27 vastauksella. Myös 6 cm:n leveys oli melko suosittu 25 vastauksella. Kapeammat kuin 4,5 cm ja leveämmät kuin 6,5 cm kuolaimet saivat vain muutamia vastauksia. Vastausten jakauma on esitetty kuvassa 33.

Minkä levyiselle kuolaimelle sinulla on tarve?



93 vastausta

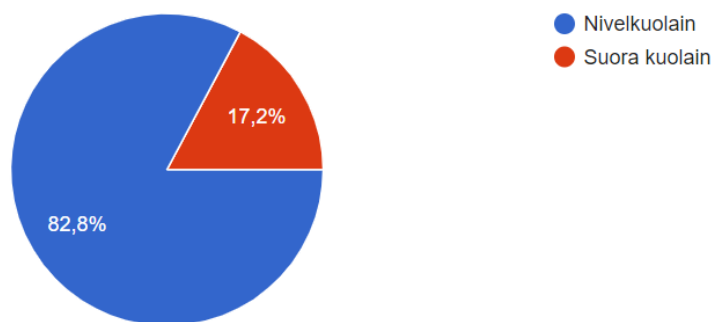


KUVA 33. Kuolainten tarvittava leveys.

Kysymyksessä 2 kartoitettiin suoralla suuosalla olevien kuolainten tarvetta. Osa keppihevosta on todella kalliita ja niiden suussa saattaa olla erilaisia kovikemateriaaleja tukemassa suuta. Suuhun ei tällöin välttämättä mahdu nivelkuolain sen korkeuden takia. Moni myös haluaa varjella keppihevosen suuta, jotta suun täyttö pysyy mahdollisimman pitkään hyvänä ja keppihevosen suu mahdollisimman tiiviisti kiinni. 82,8 % vastaajista käyttäisi nivelkuolainta ja 17,2 % suoraa kuolainta (kuva 34).

Kumpaa käyttäisit mielummin?

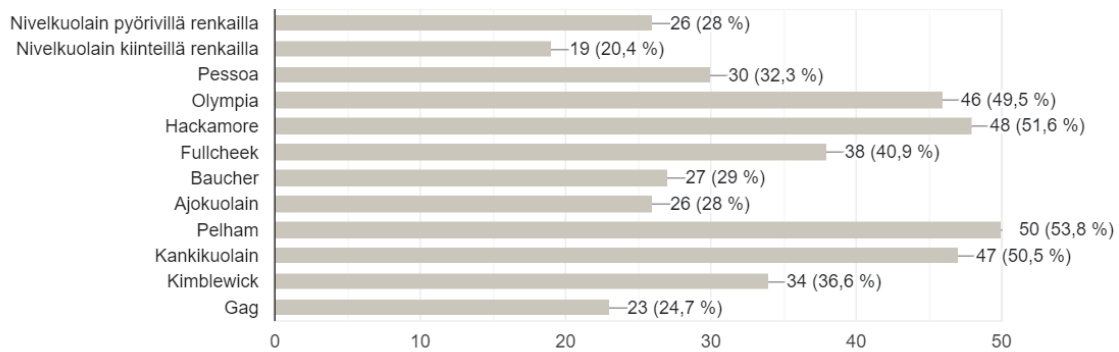
93 vastausta



KUVA 34. Nivelkuolaimia ja suoraa kuolaimia käyttävien vastaajien jakauma.

Kysymyksessä 3 kartoitettiin suosituimpia kuolainmalleja. Pelham oli suosituin 50 vastauksella, hackamore toiseksi suosituin 48 vastauksella ja kankikuolain kolmanneksi suosituin 47 vastauksella. Vastausten jakauma on esitetty kuvassa 35. Kaikki kuolainmallit saivat paljon vastauksia. Vähiten kiinnostavia kuolainmalleja vastaajien keskuudessa oli nivelkuolain kiinteillä renkailla, joka sai 19 vastausta sekä gag-kuolain 23 vastauksella. Näitä vastausmääriä selittää kuolaimen mallit, sillä nivelkuolain kiinteillä renkailla ei ole aivan saman näköinen kuin oikea vastaava kuolain. Siitä on tehty myös uudempi malli, joka ei valitettavasti ehtinyt mukaan tutkimukseen. Gag-kuolaimen malli vaatii myös vielä hieman päivitystä, jotta siitä saadaan keppihevosille täysin sopiva.

93 vastausta



KUVA 35. Suosituimmat kuolainmallit.

Kysymykseen 4 ”Mitä kuolainmalleja haluaisit mallistoon edellä mainittujen lisäksi?” vastauksia tuli 52 kappaletta. Useat vastaajista sanoivat, että mallisto on jo todella hyvä sekä kattava. Erityisesti vastauksissa toivottiin mallistoon kuolaimettomia hackamorekuolaimia. Mallistossa on perinteinen hackamore, mutta hackamoresta toivottiin myös muita malleja, kuten kukkahackamore, rengashackamore sekä hackamorekuolaimia pienemmille keppihevოსille. Lisää hackamorekuolaimia mallistoon toivoi 15 tutkimukseen vastannutta.

Toinen vastauksissa useasti toivottu kuolain oli lännenratsastuksessa käytettävä kankikuolain, jota valikoimiin toivoi 5. Muita toivottuja kuolainmalleja olivat oliivikuolain, D-kuolain, Waterford (moni-pallonivelkuolain), kolmipalakuolain, hissikuolain, orikuolain, butterfly kuolain, portugalilainen kankikuolain sekä barokkityylisiä kuolaimia kankina sekä hackamorena.

Tutkimustulosten perusteella Loikan kuolainmallistoa voidaan kehittää paremmaksi, jotta jokainen keppihevosharrastaja löytää haluamansa oikean kokoisen kuolaimen keppihevოსelleen. Kuolain-tutkimuksen tulokset auttavat varautumaan myyntitapahtumiin, sillä tutkimustulosten perusteella tiedossa on suosituimmat kuolainmallit. Suosituimpia kuolainmalleja voidaan valmistaa myyntiin enemmän kuin muita.

6 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuolaimia saatiin opinnäytetyön aikana valmiiksi useita eri malleja. Nivelkuolainten leveys on 5,5 cm. Pyörivärenkaisia kuolaimia valmistui perinteinen nivelkuolain, pessoa ja olympia. Kiinteärenkaisia nivelkuolaimia valmistui nivelkuolain, fullcheek, baucher, ajokuolain sekä pelham ketjulla. Kuolaimeton hackamore sekä kankikuolain ketjulla 5,5 cm:n ja 6,5 cm:n leveyksissä saatiin myös mallistoon ja myytäväksi.

Kuolaimia testattiin vetokokeella ja kaikki kuolaimet pääsivät kestävyydeltään 98 N:iin asetettuun tavoitteeseen. Pyörivärenkainen nivelkuolain ja kiinteärenkainen nivelkuolain kestivät vetoa 490 N:iin asti, jolloin vaa'an suorituskyky tuli vastaan. Kapeammalla kiinnityskohdalla olevista kiinteärenkaisista nivelkuolaimista vetokokeeseen valittiin baucher, joka kesti vetoa 466 N. Pelham kesti vetoa deltaohjalla 259 N. Kankikuolain kesti vetoa 122,77 N.

Kuolainten esille laittoa varten valmistettiin teline, johon kuolaimet voi myyntiä varten ripustaa. Teline on valmistettu vanerista. Telineen vaneripohjan valmisti ja kokosi Laatuvaneri Oy. Kuolainten ripustuskannakkeet kiinnitettiin itse. Niitä varten porattiin 8 mm:n reikiä reikätulkkia ja stopparia poranterässä apuna käyttäen. Puiset ripustuskannakkeet kiinnitettiin reikiin puuliimalla. Lopuksi teline maalattiin valkoiseksi. Valmiit tuotteet ja kuolainteline näkyvät kuvassa 36.



KUVA 36. Valmiit tuotteet ja kuolainteline

Opinnäytetyön aikana valmistui kattava valikoima kuolaimia keppihevosille. Kuolaimet ovat herättäneet kiinnostusta tapahtumissa sekä sosiaalisessa mediassa. Kuolaintutkimukseen vastasi useita keppihevosharrastajia ja tutkimuksen vastaukset tukivat kiinnostusta kuolaimiin sekä niiden tarvetta. Kuolaintutkimus auttaa malliston kehittämistä edelleen. Kuolaimia on ollut myynnissä Oulun 4H-yhdistyksen keppihevoskilpailuissa, Tampereen Hevoset -messuilla sekä Oulussa järjestetyissä MHR- Derby keppihevoskisoissa. Kuolaimet ovat herättäneet näissä tapahtumissa paljon kiinnostusta ja kuolainkauppa on käynyt hyvin. Asiakkailta on siis selvä tarve keppihevosten kuolaimille, niin kuin työn alkuvaiheessa arvioitiin.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe ”Keppihevosten kuolainten liikeidea, suunnittelu ja 3D-tulostus” tuli halusta kehittää Loikka-yrityksen tuotevalikoimaa. Aiheena tämä oli mielenkiintoinen ja monipuolinen, sillä se sisälsi kuolainten suunnittelua, tuotekehitystä, 3D-tulostimen käytön opettelua ja 3D-tulostusta, valmiin tuotteen kestävyys- ja kestävyys testaukseen ja tutkimukseen, jossa kartoitettiin kiinnostusta ja tarvetta keppihevosten kuolaimille.

Opinnäytetyön tavoitteena oli valmistaa ja tuotteistaa myyntiin pyörivärensäisiä nivelkuolaimia, kiinteärensäisiä nivelkuolaimia, hackamore sekä kankikuolain. Tavoitteissa ulkonäön ja kestävyys osalta onnistuttiin ja kuolainmalleja valmistui useita. Koska kuolaimille on kysyntää, mallistoa voidaan jatkossa kehittää vielä paremmaksi tutkimustulosten perusteella. Mallistoon voisi lisätä uusia kuolainmalleja, eri leveyksiä sekä suoralla suuosalla olevia suorita kuolaimia.

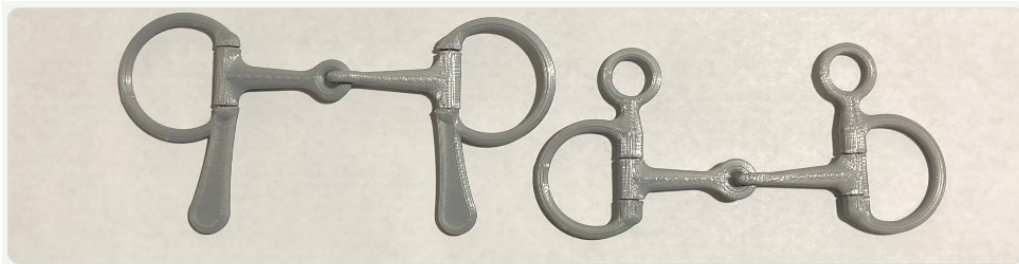
Kuolaimet valmistuvat pienimuotoisesti omalla tulostimella kotona, joten niiden valmistus on eettistä ja niiden ostaminen tukee kotimaista pienyrittäjää. Valmistuksessa käytettävä filamentti eSUN PLA+ tilataan Suomesta mutta alkujaan se on peräisin Vietnamista. (13). Joitakin filamentteja valmistetaan Euroopan alueella, mutta toistaiseksi niistä ei ole löytynyt sopivaa materiaalia kuolaimiin.

Kuolainten valmistuksessa syntyy jätettä niiden tukirakenteista, jotka poistetaan tulostuksen jälkeen. PLA+ on biohajoavaa kestämuovia ja yksi ympäristöystävällisimmistä vaihtoehdoista 3D-tulostukseen. Sen raaka-aineena on käytetty kasvien tärkkelystä. (14.) Vaikka PLA-muovit ovat biohajoavia, niiden laittamista kompostiin ei suositella pitkän maatumisajan takia. Tulostuksessa syntyneen jätteen voi lajitella sekajätteeseen. Toivottavasti tulevaisuudessa myös PLA-jätteen pystyy kierrättämään. Nykyisin se erotellaan muovinkierrätykseen päättyessään energiahyötykäyttöön, sillä siitä ei tällä hetkellä voida valmistaa uutta raaka-ainetta. (15.)

LÄHTEET

1. Suomen Keppihevosharrastajat ry 12.10.2022. Kouluratsastuksen kilpailusäännöt. Hakupäivä 22.4.2024. https://drive.google.com/file/d/1oaKAj4zf4jJgEgBD_dUTvFZC0oImS-bMS/view.
2. Suomen keppihevosharrastajat ry 2024. Tietoa yhdistyksestä. Hakupäivä 9.2.2024. <https://skhhry.fi/tietoa-yhdistyksesta/>.
3. HH Stable – Keppihevospassit 2024. Keppihevospassit. Hakupäivä 9.2.2024 <https://hhs-table.fi/>.
4. Decocut Oy 2024. Keppihevosten kuolaimet. Hakupäivä 14.3.2024. <https://decocut.fi/shop/product/keppihevosen-kuolaimet-eri-malleja>.
5. Suomen ratsutarvike 2024. Nivelkuolaimet ja kolmipalat. Hakupäivä 14.3.2024. <https://suomenratsutarvike.fi/154-nivelkuolaimet-ja-kolmipalat>.
6. PLM Group Suomi Oy 2024. Mitä 3D-tulostus on ja miten sitä käytetään? Hakupäivä 14.3.2024. <https://plmgroup.fi/blogi/mita-3d-tulostus-on-ja-miten-sita-kaytetaan/>.
7. 3D Jake 2024. 3D tulostimen ostaminen, mitä pitäisi ottaa huomioon. Hakupäivä 9.2.2024. <https://www.3djake.fi/info/ohjekirja/3d-tulostimen-ostaminen-mitae-pitaeisi-ottaa-huomi-oon>.
8. Ortomat Herpola 2024. 3D-tulostimen valinta. Hakupäivä 9.2.2024 <https://www.ortomat-herpola.fi/files/3D-tulostimen%20valinta.pdf>.
9. Ajatec Oy 2024. 3D-tulostus DLP. Hakupäivä 9.2.2024. <https://ajatec.fi/tekniikat/muoviosia/3d-tulostus-dlp>.
10. Dust In Home 2024. TorqueVario-momenttiavain. Hakupäivä 23.4.2024. <https://www.dustinhome.fi/product/5011300302/torquevario-momenttiavain-05-2-nm>.

11. Tukes 2024. Tuoteryhmäkohtaisia ohjeita ja vaatimuksia. Hakupäivä 23.4.2024. <https://tukes.fi/tuoteryhmakehtaisia-ohjeita-ja-vaatimuksia>.
12. SFS-EN 71-1:2014 + A1:2018. Lelujen turvallisuus. Osa 1. Mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
13. eSUN 2024. About Us. Hakupäivä 2.4.2024 <https://www.esun3d.com/about-us/>.
14. 3D Kauppa 2024. Tietoa filamenteista. Hakupäivä 17.4.2024. <https://www.3dkauppa.com/tietoa-filamenteista>.
15. HSY 2024. Biohajoava muovi. Hakupäivä 17.4.2024. <https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kier-ratys/jateopas/jatteet/biohajoava-muovi/>.



Loikka kuolaintutkimus

Tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa keppihevosten suiden leveyksiä sekä haluttuja kuolainmalleja. Tutkimuksen tuloksia käytetään Mirva Murtomäen opinnäytetyössä "Keppihevosten kuolainten liikeidea, suunnittelu ja 3D-tulostus" sekä Loikka-yrityksen kuolainmalliston kehitykseen.

Loikka tulee myymään kuolaimia ja muita keppihevosten varusteita Keppihevosten SM-kisoihin 15.6.2024, nähdään siellä!

Kyselyyn vastanneiden kesken arvotaan kahden kuolaimen paketti, johon saa valita haluamansa kuolaimet sen hetken mallistosta. Arvonta suoritetaan 31.5.2024 klo 18:00.

Loikka Instagramissa @loikk4

Minkä levyiselle kuolaimelle sinulla on tarve? *

- 4,5 cm
- 5 cm
- 5,5 cm (tällä hetkellä mallistossa)
- 6 cm
- 6,5 cm (tulossa mallistoon)
- Muu: _____

Kumpaa käyttäisit mielummin? *

- Nivelkuolain
- Suora kuolain

Tämän hetken kuolainmallisto



Mitkä kuolainmallit kiinnostavat sinua eniten? *

- Nivelkuolain pyörivillä renkailla
- Nivelkuolain kiinteillä renkailla
- Pessoa
- Olympia
- Hackamore
- Fullcheek
- Baucher
- Ajokuolain
- Pelham
- Kankikuolain
- Kimblewick
- Gag

Mitä kuolaimia haluaisit edellä mainittujen lisäksi mallistoon?

Oma vastauksesi

Nimi (arvontaa varten) *

Oma vastauksesi

Sähköposti tai puhelinnumero *

Oma vastauksesi

Osoite (vapaaehtoinen, voidaan kysyä viestitse voiton osuessa kohdalle)

Oma vastauksesi

Lähetä

Tyhjennä lomake