

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Henri Hovatov
Sami Särkiniemi

STANDARDIINEN 13964:2014 (E) PERUSTUVA PALLOTYKKI

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
puh. (013) 260 6800

Tekijät
Henri Hovatov, Sami Särkiniemi

Nimeke
Standardiin EN 13964:2014 (E) perustuva pallotykki

Toimeksiantaja
Joen Nikkarituote Oy

Tiivistelmä

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa standardiin EN 13964:2014 (E) perustuva pallotykki. Tarkoituksena oli testata urheiluhallin kattoon kiinnitettäviä akustiikkalevyjä ampumalla niitä käsipallolla. Opinnäytetyömme aihe on saatu toimeksiantona Joen Nikkarituote Oy:ltä. Yritys alkaa maahantuoda uutta kattolevyä urheilutiloihin ja heillä oli tarve standardin mukaiselle iskutestille.

Opinnäytetyössä on käyty läpi pallotykin suunnittelu ja valmistus VDI2222-prosessin mukaisesti. Kyseiseen suunnitteluprosessiin kuuluu tehtävän asetteleminen, määrittely, kehittäminen ja viimeistely. Pallotykin suunnittelussa on käytetty Creo Parametric 2.0 -suunnitteluohjelmaa.

Pallotykin suunnittelu ja rakentaminen onnistuivat hyvin. Ohjaava opettaja sekä toimeksiantaja olivat tyytyväisiä lopputulokseen, vaikka tykin rakennetta jouduttiin hieman muuttamaan. Testin ajan laite toimi moitteettomasti. Pallotykki jäi koulun käyttöön ja sitä voi tarvittaessa vuokrata. Kehitysideana on rakentaa parempi mittauslaitteisto pallon lähtönopeuden mittaukseen.

Kieli
suomi

Sivuja 46
Liitteet 5
Liitesivumäärä 7

Asiasanat
pallotykki, standardi, suunnitteluprosessi



THESIS
May 2017
**Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering**
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. (013) 260 6800

Authors

Henri Hovatov, Sami Särkiniemi

Title

Ball cannon based on standard EN 13964:2014 (E)

Commissioned by

Joen Nikkarituote Oy

Abstract

The goal of this practice-based thesis was to design and manufacture a ball cannon based on the standard EN 13964:2014 (E). Our purpose was to test acoustics panels which are fastened to sports hall roof. Our ball cannon shoots men's handballs. Our employer for this thesis was Joen Nikkarituote Oy. This company starts importing these acoustics panels and they needed to make the impact test before it.

We have done our planning and manufacturing according to the VDI 2222 -process. It contains task layout, definition, development and finishing. We used Creo Parametric 2.0 to make 3D plans for our cannon.

Planning and manufacturing were successful. Our teacher and employer were satisfied even when we needed to change a bit the way the cannon worked. Cannon worked flawlessly at the test and it stays at school so they can rent it to other companies. For future development, it would be good to build better measuring device to measure ball launch speed.

Language
Finnish

Pages 46
Appendices 5
Pages of Appendices 7

Keywords

ball cannon, standard, planning process

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Standardi.....	6
2.1	Mikä on standardi?.....	6
2.2	Standardien eri lajit.....	7
2.3	Standardisointi maailmanlaajuisesti.....	9
2.4	Standardisoinnin hyödyt.....	11
3	Standardin asettamat vaatimukset ja pallotykin toimintaperiaate.....	12
3.1	Vaatimukset ja toimintaperiaate.....	12
3.2	Pneumatiikka.....	13
3.3	Liike-energia.....	14
3.4	Paineen tekemä työ tilavuuden suhteen.....	15
3.5	Kitka.....	15
4	Suunnitteluprosessi.....	15
4.1	Systemaattinen suunnittelu ja jännitteet.....	15
4.2	Systemaattinen suunnitteluprosessi VDI 2222.....	16
4.2.1	Tehtävään perehtyminen ja tehtävän asettelu.....	17
4.2.2	Tehtävän luonnostelu ja kehittäminen.....	19
4.2.3	Tehtävän viimeistely.....	20
5	Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat.....	20
5.1	Toiminnallinen opinnäytetyö.....	20
5.2	Opinnäytetyön lähtökohdat ja toimeksiantaja.....	21
5.3	Opinnäytetyön eteneminen.....	22
6	Pallotykin suunnittelu.....	25
6.1	Laskenta.....	25
6.2	Osien valinta.....	27
6.3	Turvallisuus ja kustannukset.....	31
7	Pallotykin rakentaminen ja esitestaus.....	33
8	Akustiikkalevyjen testaus.....	38
9	Pohdinta.....	41
9.1	Palaute ohjaavalta opettajalta ja toimeksiantajalta.....	41
9.2	Ammatillinen kasvu ja opinnäytetyöprosessin arviointi.....	41
9.3	Toiminnallisen tuotoksen arviointi.....	42
9.4	Luotettavuus ja eettisyys.....	43
9.5	Hyödynnettävyys ja jatkokehitysmahdollisuus.....	44
	Lähteet.....	46

Liitteet

Liite 1	Käyttöohjeet
Liite 2	Toimeksiantosopimus
Liite 3	Vaatimusluettelo
Liite 4	Riskienarviointilomake 1
Liite 5	Riskienarviointilomake 2

Lyhenne- ja käsiteluettelo

Standardi	Suositus siitä, miten jokin asia tulee tehdä
EN	eurooppalaisen standardin tunnuslyhenne
Creo Parametric 2.0	3D -suunnitteluohjelmisto, joka pohjautuu Pro / Engineer Teknologiaan.
SFS	Suomessa vahvistettu standardi tunnus
CEN	eurooppalainen standardisoimisjärjestö (European Committee for Standardization)
ISO	Kansainvälinen standardisoimisjärjestö (International Organization for Standardization)
Sketsi/ Sketsaaminen	Luonnos / luonnostelu
Pressure drop	Putkistojen painehäviöiden laskentaan erikoistunut internetsivusto

1 Johdanto

Standardilla tarkoitetaan suositusta siitä, miten jokin asia tulee tehdä. Viranomaiset saattavat kuitenkin edellyttää standardien käyttöä. [1.] Kirjainyhdistelmä EN tarkoittaa organisaatiota, jossa standardin teksti on hyväksytty. Eurooppalaisen standardin tunnuslyhenne on EN. [2.]

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella ja toteuttaa standardiin EN 13964:2014 (E) perustuva pallotykki. Tarkoituksena oli testata urheiluhallin kattoon kiinnitettäviä akustiikkalevyjä ampumalla niitä käsipallolla. Levyjen tulee kestää 12 kertaa pystysuoraan tietyllä nopeudella ammuttuja palloja, lisäksi 12 kertaa 60 asteen kulmassa kahdelta eri puolelta ammuttuja palloja. Yhteensä yhtä kattolevyä ammutaan 36 kertaa. Testin aikana akustiikkalevy ei saa vahingoittua tai irrota paikaltaan. Käytössä on standardi miesten käsipallo 3A, jonka lähtönopeus täytyy olla mitattavissa. Standardin mukaan pallon lähtönopeus tulee olla luokka 1A 16,5 metriä sekunnissa, luokka 2A 8,0 metriä sekunnissa tai luokka 3A 4,0 metriä sekunnissa.

Opinnäytetyömme on toiminnallinen ja aihe on saatu toimeksiantona Joen Nikkarituote Oy:ltä. Yritys alkaa maahantuoda uutta akustiikkalevyä urheilutiloihin ja heillä oli tarve standardin mukaiselle iskutestille. Pallotykki jää koulun käyttöön ja sitä voi tarvittaessa vuokrata.

Tässä opinnäytetyössä käymme läpi pallotykin suunnittelun ja valmistuksen VDI 2222-prosessin mukaisesti. Kyseiseen suunnitteluprosessiin kuuluvat tehtävänasettelu, määrittely, kehittäminen ja viimeistely. Eri vaiheiden tarkoituksena on varmistaa hyvän ja laadukkaan tuotteen syntyminen siten, että asioita pohditaan ja tarkastellaan eri kulmilta. [3, 47–49.] Pallotykin suunnittelussa käytimme Creo Parametric 2.0 -suunnitteluohjelmistoa, joka pohjautuu Pro / Engineer Teknologiaan. Ohjelmistolla voidaan tehdä osien tilavuus- ja ohutlevymallinnusta, kokoonpanoja, piirustuksia, osaluetteloita ja räjäytyskuvia. [4.]

2 Standardi

2.1 Mikä on standardi?

Maailmassa on paljon erilaisia standardeja. Sana standardi on laaja käsite ja sillä voidaan tarkoittaa montaa eri asiaa. De facto -standardia ei ole laadittu standardisointijärjestössä, vaan viranomaiset ovat muodostaneet siitä yleisen käytännön. Muun muassa Windows-käyttöjärjestelmä on de facto -standardi. Viranomaisten määräyksestä joidenkin standardien käyttö on pakollista, esimerkiksi liikennemerkkit ovat tällaisia standardeja. Standardit laaditaan standardijärjestöissä sovittuja laadintaperiaatteita noudattaen. [5, 7.]

Standardit ovat suosituksia. Niiden käyttö on vapaaehtoista ja ilmaista, mutta viranomaiset saattavat kuitenkin edellyttää niiden käyttöä. [1.] Ne on tarkoitettu yleiseen ja toistuvaan käyttöön. Standardijärjestöjen menot katetaan jäsenmaksuilla ja asiakirjojen myynnistä saatavilla tuloilla. Hyväksytyt standardit on oltava helposti saatavilla. Ne voivat olla parin sivun mittaisia tai useamman sadan sivun mittaisia tuotoksia. Ne tulee olla tehty yhteistyössä eri osapuolten kanssa. Lisäksi standardeissa pyritään ottamaan huomioon kaikkien osapuolten näkökannat. [5, 6–7.] Hyväksymisen voi antaa ainoastaan vain standardisoinnista vastaava elin, esimerkiksi järjestö tai viranomainen [1].

Järjestössä tehdyn standardoinnin tarkoituksena on yhteisten säädösten avulla helpottaa viranomaisten ja kuluttajan elämää. Standardeilla lisätään tuotteiden turvallisuutta, yhteensopivuutta sekä helpotetaan kotimaista ja kansainvälistä kauppaa. Standardit tehdään kaikkien asianosaisten yhteistyönä ja työn tulokset julkaistaan asiakirjoina. Standardit pyritään tekemään kansainvälisesti, mutta ne voidaan myös tehdä maakohtaisesti. [5, 6–7.]

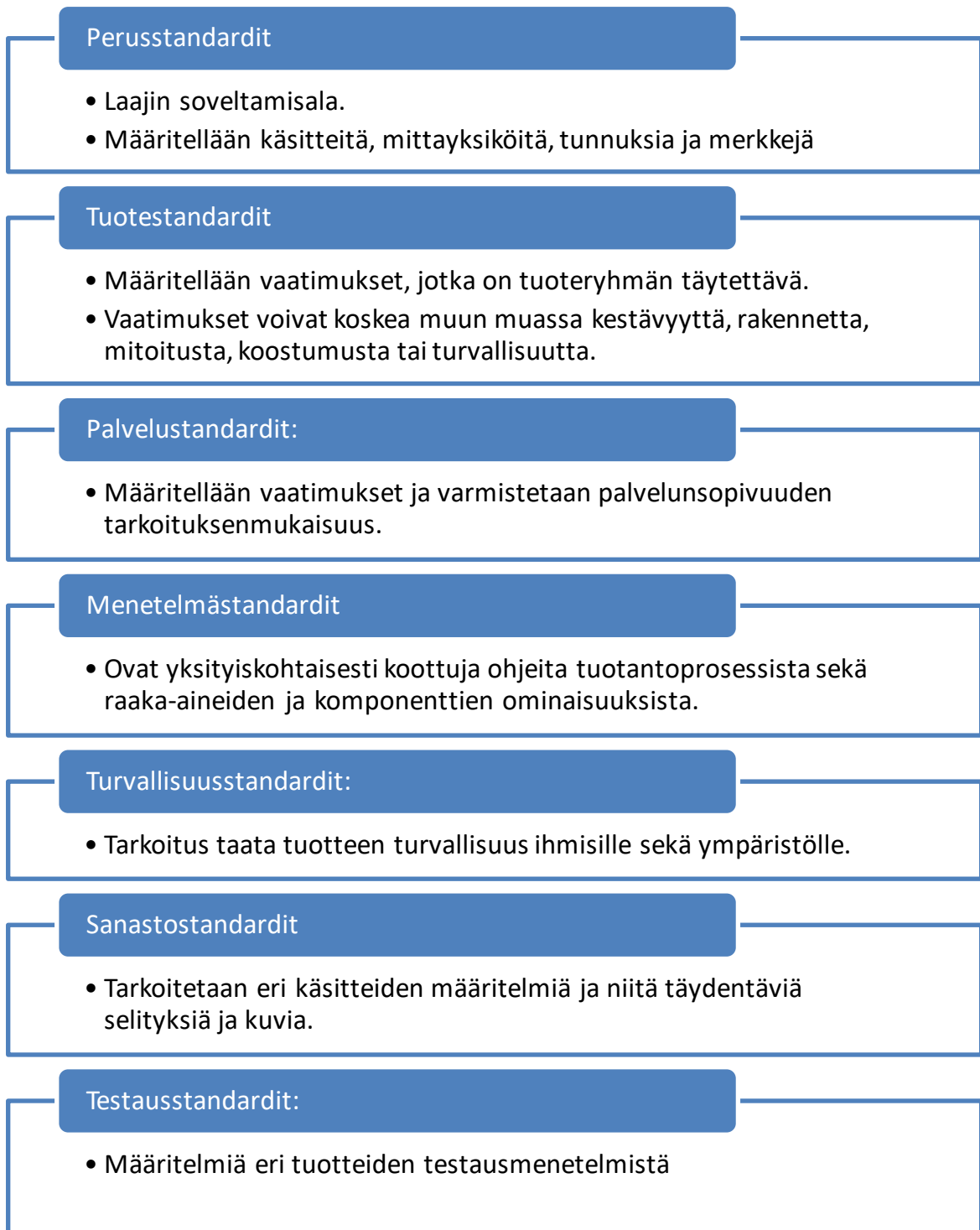
2.2 Standardien eri lajit

Laajin soveltamisala on perusstandardeilla. Näillä määritellään käsitteitä, mittayksiköitä, tunnuksia ja merkkejä. Tuotestandardilla määritellään vaatimukset, jotka tuoterhyhmän on täytettävä. Vaatimukset voivat koskea muun muassa kestävyyttä, rakennetta, mitoitusta, koostumusta tai turvallisuutta. [6.] Standardeissa tulee ottaa huomioon tuotteen ja sen valmistuksesta aiheutuvat vaikutukset ympäristöön. Tuotestandardi koskee palveluita ja tavaroita. [5, 8.]

Palvelustandardeissa määritellään vaatimukset palvelusopivuuden tarkoituksenmukaisuudesta [6]. Nämä voidaan laatia eri palveluntuottajille muun muassa kuljetuksille, tietoliikenteeseen ja koneen huoltoa varten. Menetelmästandardit ovat yksityiskohtaisesti koottuja ohjeita tuotantoprosessista sekä raaka-aineiden ja komponenttien ominaisuuksista. Standardissa voi olla kerrottuna, miten tuotteen huolto tulisi järjestää. [5, 8.]

Testausstandardit sisältävät määritelmiä tuotteiden testausmenetelmistä. Näissä kerrotaan muun muassa, miten näytteet valitaan ja analysoidaan. [5, 8–9.] Turvallisuusstandardeilla on tarkoitus taata tuotteen turvallisuus ihmisille sekä ympäristölle. Sastostandardilla tarkoitetaan eri käsitteiden määritelmiä ja niitä täydentäviä selityksiä ja kuvia. [6; 5, 8–9.]

Standardit eroavat toisistaan siinä, onko niiden pääpaino lopputuotteen ominaisuuksissa vai tuotantomenetelmässä. Tuotantomenetelmiin rajoittuvilla määräyksillä voidaan rajoittaa kansainvälistä tuontia sekä kotimarkkinoiden kilpailua. Tuoreissa standardeissa onkin määritelty ne ominaisuudet, joita tuotteessa halutaan olevan. Valmistajalle jää mietittäväksi, millaisella tuotantoprosessilla voidaan saavuttaa paras mahdollinen lopputulos. [5, 9.] Kuvio 1 on kerrottu standardien eri lajit.



Kuvio 1. Standardien eri lajit [6.]

2.3 Standardisointi maailmanlaajuisesti

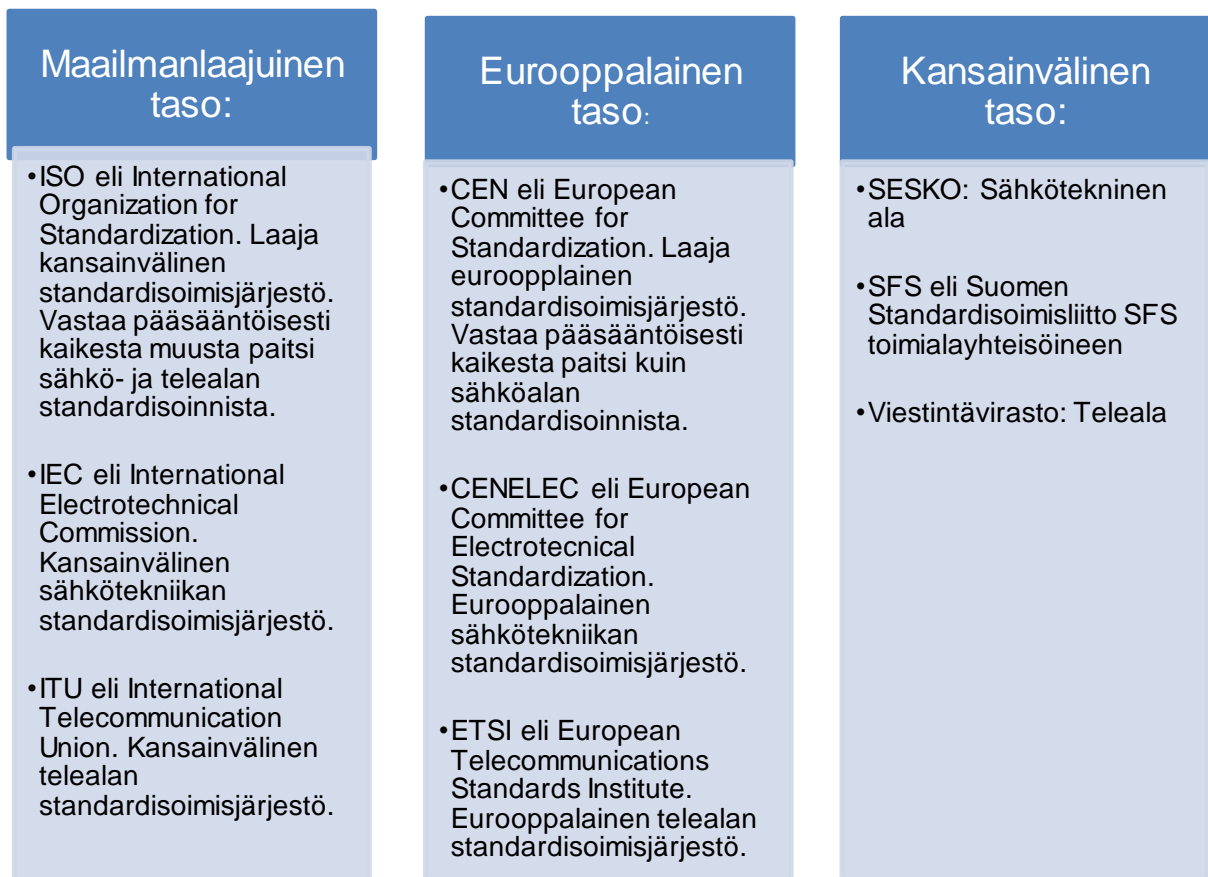
Standardisointi on maailmanlaajuisista. Teollisuusmaissa standardisointi on vapaaehtoisten järjestöjen ja organisaatioiden vastuulla. Kehitysmaissa standardisoinnista vastaa valtion viranomaiset. [5, 11.] Kirjainyhdistelmät ISO, SFS, EN tarkoittavat organisaatiota, jossa standardi on vahvistettu. Kansainvälisessä ISO:ssa julkaistun tunnus on ISO. Suomessa vahvistetun standardin tunnus on SFS. Eurooppalaisessa CENissä vahvistetun tunnus on EN. [2.] Jos standardissa on kaksi tai useampi tunnus, tarkoittaa se sitä, että standardi on vahvistettu kaikissa näissä organisaatioissa. Esimerkiksi SFS-EN tarkoitetaan, että sama standardi on voimassa Suomessa sekä Euroopassa. [1.]

Maailmanlaajuisella tasolla oleva standardointijärjestö ISO on laajin. Järjestö on perustettu vuonna 1948. Jäsenet koostuvat kansallisista standardijärjestöistä ja 163 eri maasta. [7.] Vuoden 2013 osallistuvia jäseniä oli 111, joukossa oli teollisuusmaat ja kehitysmaat, joissa on merkittävää teollisuutta. Standardien valmistelu tehdään ISO:n teknisissä komiteoissa ja työryhmissä. [5, 11–12.]

Niin maailmanlaajuisien kuin eurooppalaisten standardien käyttö perustuu vapaaehtoisuuteen. CEN:in jäsenmaissa eurooppalaiset standardit on vahvistettava kansalliseksi standardeiksi. Vuoden 2013 CENissä toimi 307 teknistä komiteaa ja tällöin CEN:in julkaisemia standardeja oli yhteensä 14 885. Standardit on pyritty yhtenäistämään Euroopan alueella. Euroopassa alettiin 1900-luvulla perustamaan kansallisia standardisointijärjestöjä. Suomessa standardisointityö aloitettiin vuonna 1924. Teollisuuden aloitteesta perustettiin Suomen Standardisointilautakunta. Vuonna 2012 standardeja oli voimassa 25033 kappaletta, joista enää kansallisia oli 8 prosenttia. Standardisointilautakunta jatkaa toimintaa SFS:n toimielimenä. [5, 13–14.]

Suomen standardisointiliitto SFS ry [5, 13–15] on vertaillut eri kansallisten standardien määrää vuonna 2009. Eniten voimassa olevia standardeja on Saksassa (31 021 kappaletta), Ranskassa (33 110 kappaletta) ja Iso-Britanniassa (31 438 kappaletta). Kun taas pohjoismaista Tanskassa oli 20 699 kansallista standardia, Norjassa 14 111 ja Suomessa 23 490.

SFS on rekisteröity yhdistys, jonka toiminta perustuu voittoa tavoittelemattomaan toimintaan. Jäseninä toimivat Suomen valtio ja elinkeinoelämän järjestö. Ylin valta on liittokokouksella. [1.] Suomessa kaikki eurooppalaiset standardit vahvistetaan aina SFS-standardeiksi. Vuonna 2012 SFS-standardeista oli eurooppalaisia 88 prosenttia. Näistä taas suurin osa oli alun perin tehty kansainvälisissä järjestöissä. Eurooppalaisen standardin laatimiseksi aloite voi tulla eurooppalaisten standardisoimisjärjestöjen jäsenjärjestöiltä tai EU:n komissiolta. Standardit laaditaan työryhmissä, joihin jäsenmaat usein nimeävät edustajansa. Kun standardi on valmis, se käännetään englanniksi, saksaksi ja ranskaksi. Jäsenmaat voivat kommentoida valmista standardia. Äänestyksessä jäsenmailla on painavimmat äänimäärät. Jos standardin puolesta on äänestänyt enemmän jäsenmaita kuin vastaan ja se on saanut yli 71 prosenttia äänistä, voidaan todeta, että se on hyväksytty. Kuuden kuukauden aikana standardin hyväksymisestä jäsenmaiden on vahvistettava standardi kansalliseksi standardikseen. [5, 13–14.] Kuviossa 2 on kuvattu standardisointi maailmanlaajuisesti.



Kuvio 2. Standardisointi maailmanlaajuisesti [7; 5, 11–14.]

Vaikka standardit ovat vapaaehtoisia suosituksia, käytetään niitä lainsäädännön apuna. Aikaisemmin tekniset yksityiskohdat pyrittiin sisällyttämään lainsäädäntöön. Nopean kehityksen takia lainsäädäntö kuitenkin vanhenee nopeasti. Viime vuosina on alettu noudattaa käytäntöä, jossa yksityiskohtia ei sisällytetä säädöksiin, vaan pidetään standardien mukaista tuotetta esimerkkinä hyväksytystä ratkaisusta. [5, 15.]

2.4 Standardisoinnin hyödyt

Standardoinnilla halutaan, että palvelut, tuotteet ja menetelmät ovat yhdenmukaisia [5, 9]. Tärkeimpiä tehtäviä on vähentää erilaisuuksia tuotteiden ja palveluiden välillä. Kaupallisesti merkityksettömät erilaisuudet vähentävät suurtuotannon etuja. Ne estävät avointa kilpailua markkinoilla sekä lisäävät kustannuksia muun muassa varastoinnissa ja kuljetuksissa. [8.]

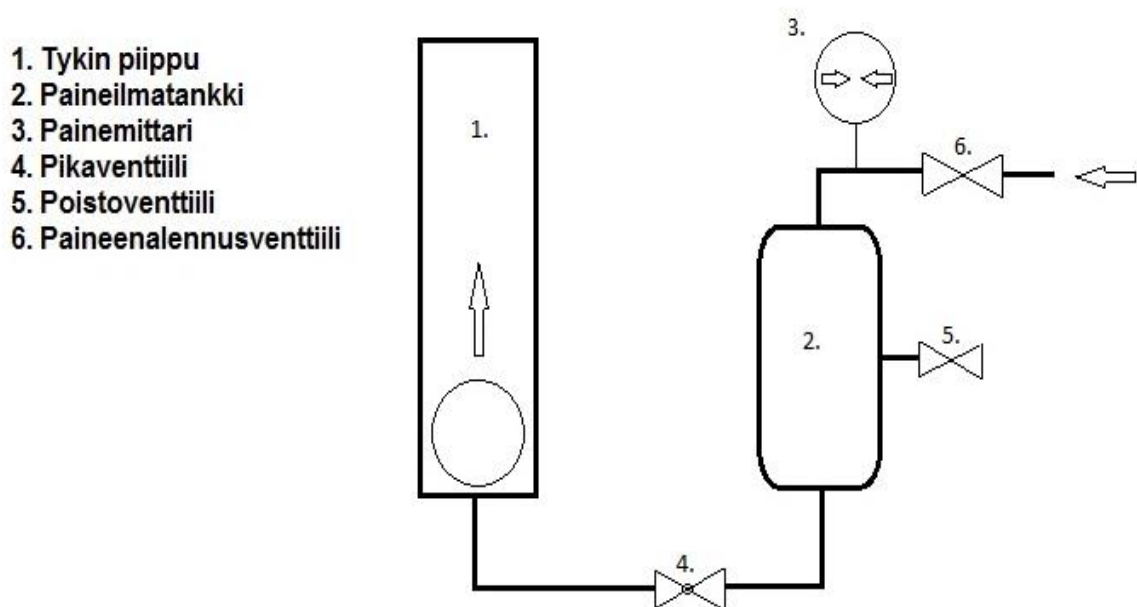
Standardoinnilla pyritään varmistamaan, että järjestelmien ja tuotteiden komponentit sopivat toisiinsa. Yhteensopivuuteen tulee kiinnittää huomiota jo tuotteen suunnittelu- ja kehitysvaiheessa. Tuotteita, menetelmiä tai palveluita tulee pystyä vaihtamaan keskenään. [8.] Sen tulee koskea tuotteen toiminnallisia ominaisuuksia ja mittoja. Standardeilla annetaan määritelmiä turvallisuudesta ja näin ollen suojellaan käyttäjää tapaturmilta. Standardien laadinnassa tulee huomioida myös ympäristö. [5, 9.]

Standardoinnin tarkoituksena ei ole pelkästään hyödyntää teollisuutta vaan sen tarkoitus on hyödyttää koko yhteiskuntaa. Hyödyt koskettavat kaikkia aloja. [8.] Hyväksytyt käsitteet ja määritelmät nopeuttavat toimintoja sekä virheiden ja väärinymmärrysten määrä myös vähenee. Tärkeää olisi, että käyttäjät ja kuluttajat osallistuisivat standardisointityöhön. Yhteinen valmistelutyö toisi valmistajat ja ostajat saman pöydän ääreen muutenkin kuin vain ostaessa tuotetta. Kun ostajalla on mahdollisuus vaikuttaa suoraan turvallisuuteen ja kestävyYTEEN tulee edellä mainittuihin asioihin kiinnittää enemmän huomiota. [5, 9.]

3 Standardin asettamat vaatimukset ja pallotykin toimintaperiaate

3.1 Vaatimukset ja toimintaperiaate

Standardin EN 13964:2014 (E) määrittelee pallotykin toimintaperiaatteet, kalibroinnin, ammuksena toimivan pallon tyypin, lähtönopeuden ja aamuntaetäisyyden sekä akustiikkalevyjen testauksen. Standardissa on kuvattu pallotykin toimintadiagrammi ja pääkomponentit (kuvio 9), jotka koostuvat tykinpiipusta, paineilmatankista, mittarista, pikaventtiilistä sekä paineenalennusventtiilistä. [9, 65.]



Kuvio 3. Pallotykin toimintaperiaate [9, 65.]

Pallotykki tulee kalibroida pallon nopeuden perusteella. Laukaisun jälkeen pallon saatuttua täyden nopeuden sen tulee mennä kahden valoportin läpi, jotka ovat tietyllä etäisyydellä toisistaan. Valoportit on kytketty ajastimeen, joka aktivoituu pallon mennessä niiden läpi. Kun saatua aikaa verrataan valoporttien keskinäiseen etäisyyteen,

saadaan pallon lähtönopeus. Ilmanvastuksesta ei oteta huomioon. Lähtönopeutta voidaan muuttaa säätämällä paineilmatakiassa olevaa painetta. [9, 66.]

Standardin mukaan testissä akustiikkalevyjen tulee kestää 12 kertaa pystysuoraan tiettyllä nopeudella ammuttuja palloja, lisäksi 12 kertaa 60 asteen kulmassa kahdelta eri puolelta ammuttuja palloja. Yhteensä neljän levyn muodostamaa aluetta ammutaan 36 kertaa. Testin aikana levy ei saa vahingoittua tai irrota paikaltaan. Jos testin aikana levyyn tulee näkyvä vaurio, tulee samaa kohtaa ampua 2 kertaa lisää. Käytössä on standardi miesten käsipallo, jonka paine on 1,2 baaria. Normaali-paine käsipallolle on 0,5–0,6 baaria. Standardin mukaan pallon lähtönopeus tulee olla luokkaa 1A 16,5 metriä sekunnissa, 2A 8,0 metriä sekunnissa ja 3A 4,0 metriä sekunnissa. [9, 64–66.]

Pallotykki oli tarkoitus rakentaa standardin EN 13964:2014 (E) mukaan, jossa pallo ammutaan putken sisällä liikkuvan männän avulla. Palloa iskevän männän liike-energia muodostui kuitenkin liian suureksi pysäyttää pelkästään käyttämällä mekaanista iskuvaimennusta. Liike olisi voitu parhaiten pysäyttää pneumatiikalla, mutta projektiin asetettu aikataulu oli liian lyhyt sen toteuttamiseen. Myös pallotykin toimintaan liittyvät riskit olisivat kasvaneet huomattavasti. Fysiikan- ja ohjaavan opettajan kanssa päädyimme muuttamaan rakennetta siten, että pallon liike-energia kuitenkin säilyisi samana. Sylinteriputkessa liikkuva mäntä otettiin pois ja laite muutettiin kokonaan paineilmalla toimivaksi.

Tykki ladataan vetämällä pikaventtiilin kahva ylös josta vastaan niin, että sen saa lukittua sokalla. Sen jälkeen avataan ennen säiliötä oleva palloventtiili, jolloin paineilma pääsee kulkeutumaan säiliöön. Paineenrajoittimessa olevasta painemittarista katsotaan, milloin paine on riittävä säiliössä ja suljetaan palloventtiili. Laukaisu tapahtuu vetämällä sokka irti pikaventtiilin kohdalta.

3.2 Pneumatiikka

Pneumatiikalla tarkoitetaan jonkin energiamuodon muuttamista pneumaattiseksi energiaksi ja edelleen sen muuttamista mekaaniseksi työksi. Pneumatiikkaa käytetään lähes kaikilla teollisuuden aloilla, esimerkiksi metalli- ja autoteollisuudessa. Nykyisessä

teollisuudessa käytetty pneumatiikka on hyvin nuori tekniikan ala. Suomessa pneumaattisia komponentteja on käytetty 1950-luvulta lähtien. [10, 2, 4.]

Pneumatiikka voidaan jakaa neljään osa-alueeseen:

- paineilman kehittäminen esimerkiksi kompressorilla
- paineilman varastoiminen ja siirtäminen esimerkiksi putkistojen avulla
- paineilman ohjaaminen esimerkiksi venttiileillä
- pneumaattisen energian muuttaminen mekaaniseksi työksi esimerkiksi sylinterit [10, 2.]

Paineilmalla tehty työ voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen:

- sylinteripneumatiikka
- pyörivien liikkeiden aikaansaaminen
- paineilman itse tekemä työ [10, 2.]

Pneumatiikan etuja verrattuna hydraulikkaan ja sähkökäyttöön:

- edullisuus
- yksinkertainen huolto ja ylläpito
- soveltuu räjähdysvaarallisiin paikkoihin
- ylikuormitus ei yleensä aiheuta vaurioita
- nopeiden liikkeiden toteutus
- paineilmanverkosto voi olla kilometrien pituinen
- paine on yleensä 6–8 baaria [11, 9.]

3.3 Liike-energia

Liike-energialla eli kineettisellä energialla tarkoitetaan kappaleen kykyä tehdä työtä nopeutensa perusteella. Kun kappaleella on tietty nopeus v , kykenee se tekemään työtä. Esimerkiksi saman verran kuin sillä on liike-energiaa, kykenee se tekemään työtä kitkavoimaa vastaan. Kappaletta kiihdytettäessä siihen varastoituu energiaa. Kun se osuu esimerkiksi seinään, siirtää koko energiansa tai osan siitä, riippuen onko törmäys kimmoton vai kimmoisa. Liike-energiaan vaikuttaa kappaleen massa ja sen kiihtyvyys. [12, 41, 51, 52.]

3.4 Paineen tekemä työ tilavuuden suhteen

Paineen tekemällä työllä eli adiabaattisessa prosessissa muuttuvat kaasun tilavuus, paine ja lämpötila sillä tavoin, että järjestelmä ei vastaanota lämpöä eikä luovuta sitä. Käytännön prosesseista moni on adiabaattinen, esimerkiksi ilman ja polttoaineen seos puristuu kokoon auton sylinterissä. Ideaalikaasun adiabaattiselle prosessille voidaan johtaa yhtälö termodynamiikan ensimmäisen pääsäännön perusteella. [12, 212.]

3.5 Kitka

Kappaleen liikettä vastustavaa voimaa kutsutaan kitkaksi. Kappaleen liukuessa kyseessä on liukukitka, se muodostuu kosketuspintojen epätasaisuuksista ja niissä tapahtuvissa muodonmuutoksissa. Liukukitka ei riipu hankaavien pintojen nopeudesta eikä pinta-alasta. Tosin se hieman pienenee nopeuden kasvaessa. Voiteluainekerroksella voidaan pienentää kahden hankaavan pinnan välistä kitkaa. [12, 32.] Liukukitkan laskennallinen määrittäminen tapahtuu pintojen välisen liukukitkakertoimen ja tukivoiman avulla [13, 126].

4 Suunnitteluprosessi

4.1 Systemaattinen suunnittelu ja jännitteet

Tuomaala [14, 9, 22] on kirjassaan pohtinut luovaa suunnitteluprosessia. Hänen mukaansa luova suunnitteluprosessi voi perustua ihmisen alitajunnan oivallukseen eli Heureka-ilmiöön. Kyseisellä ilmiöllä tarkoitetaan hetkeä, jolloin tekijän mieleen tulee ratkaisu johonkin pitkään vaivanneeseen ongelmaan. Ilmiö voi tapahtua milloin ja missä tahansa.

Ennen oivalluksen syntymistä tulee luoda mieleen jännitteitä. Jännite muodostetaan määrittelemällä tavoite. Hyvä tavoite auttaa jännitteen luomisessa. Jännite vetää puoleensa tietoalkioita ja aktiivisesti yhdistelee jo olemassa olevia. Vähitellen alamme muodostaa riittävästi tietoa ja ratkaisu oivalletaan. Joskus kuitenkin tietoalkioita ei löydy tarpeeksi, jolloin syntyvä ratkaisu voi olla väkinäinen ja epäkypsä. Ratkaisu voi syntyä hyvinkin odottamattomassa tilanteessa. Yhteyden muodostamiseen eli oivallukseen tarvitaan paljon aikaa ja työtä. Esimerkiksi suunnittelutyö ei valmistu pelkästään oivallusta odottamalla vaan siihen tulee tehdä paljon taustatyötä. Tuomaala painottaakin, että esimerkiksi uransa alkupuolella olevan suunnittelijan tulisi hankkia mahdollisimman paljon tietoa, ennen kuin hän ryhtyy ongelman ratkaisuun. Voidaan todeta, että luovassa suunnittelussa korostuu taustatyön merkitys. [14, 13–15.]

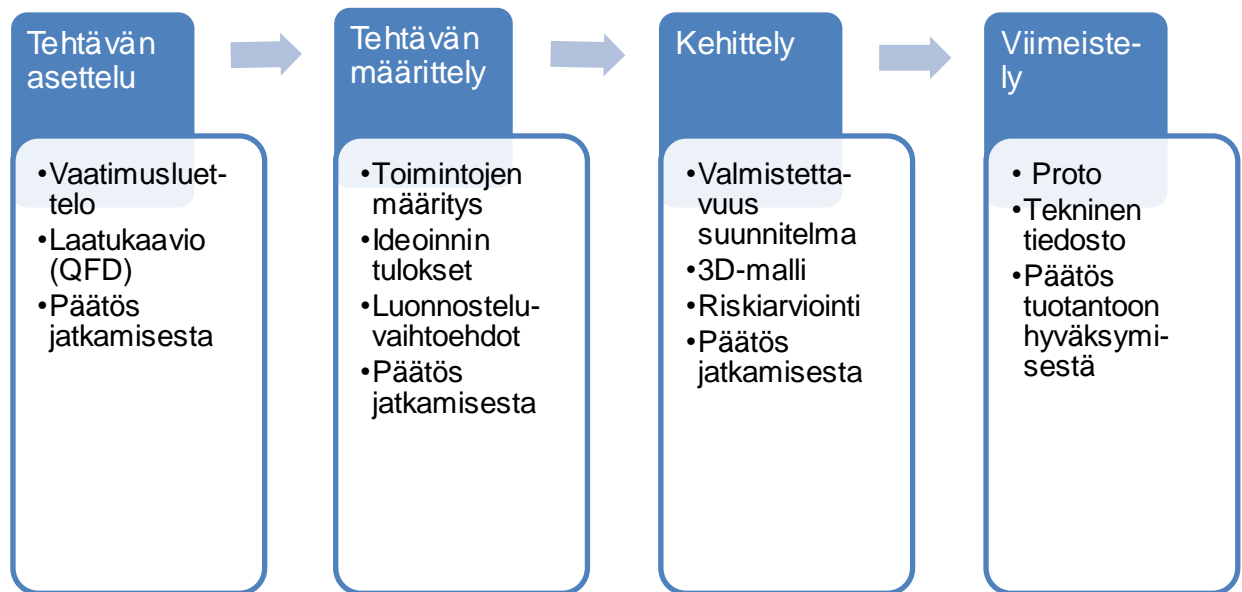
Heuristisella pisteellä tarkoitetaan tietokeskittymiä ja tiedonvälitysväyliä alitajunnan ja tietoisuuden välillä. Tuntemattoman asian kanssa työskenneltäessä pisteitä ei välttämättä ole ainuttakaan vaan ne pitää itse etsiä perehtymällä asiaan. Tutussa asiassa kaikki oivallukseen tarvittavat pisteet ovat puolestaan valmiina ja ratkaisu löytyy yleensä helposti. Tämä voi johtaa tilanteeseen, jossa uusia oivalluksia ei tapahdu eikä ratkaisusta tule parasta mahdollista. On tärkeää antaa alitajunnan sisäisille kytköksille aikaa. Asioiden hautuminen onkin tärkeimpiä vaiheita luovassa suunnittelussa. Se, missä ja milloin oivallus tapahtuu, on hyvin yksilöllistä. Hyvä ja kokenut suunnittelija tuntee itsensä, miten saa parhaiten ratkaisut esiin. [14, 13–15.]

4.2 Systemaattinen suunnitteluprosessi VDI 2222

Tässä opinnäytetyössä käymme läpi pallotykin suunnittelun ja valmistuksen VDI 2222-prosessin mukaisesti. Kyseiseen suunnitteluprosessiin kuuluvat tehtävänasettelu, määrittely, kehittäminen ja viimeistely. Eri vaiheiden tarkoituksena on varmistaa hyvän ja laadukkaan tuotteen syntyminen, siten että asioita pohditaan ja tarkastellaan eri kulmilta. [3, 47–49.]

VDI 2222 -suunnitteluprosessissa jokaisen työvaiheen jälkeen tekijällä on mahdollisuus palata takaisin, jos tulos ei miellytä. Tehokkaassa suunnittelussa on mahdollista

karsia vaiheita pois ja käydä karsittuja asioita läpi ajatustasolla. [3, 47–48.] Kuviossa 4 on kerrottu tuotekehityksen eri vaiheet.



Kuvio 4. Tuotekehitysprosessi [15, 10.]

4.2.1 Tehtävään perehtyminen ja tehtävän asettelu

Laitteen suunnittelu aloitetaan perehtymällä annettuun aiheeseen ja tehtävään. Seuraavaksi työlle määritellään reunaehdot, tavoitteet ja hankitaan lisää tietoa aiheesta. Tehtävän asettelu voi olla kehitystehtävä, konkreettinen tilaus tai virike, joka voi perustua muun muassa parannusehdotuksen. Laitteen kehityksessä tehtävän asettelun tulisi olla alusta alkaen tarpeeksi laaja. Nämä edellä mainitut asiat ovat tärkeitä, koska suunnittelun myöhemmässä vaiheessa korjaukset rajoittuisivat välttämättömiin kohtiin. [3, 48, 62–63.]

Tehtävän asettelun ohella tekijän on hyvä muistaa laatia vaatimuslista [3, 63]. Vaatimuslistan tarkoituksena on määrittää tuotteen keskeisemmät ominaisuudet [15, 15]. Lista on välttämätön uuden tuotteen kehityksessä [3, 63]. Listassa vaatimukset jaetaan kolmeen eri luokkaan. Kiinteät vaatimukset eli KV, jotka on täyttyvä kaikissa tilanteissa. Seuraavaksi on vähimmäisvaatimukset eli VV, joiden on täyttyvä tietyissä

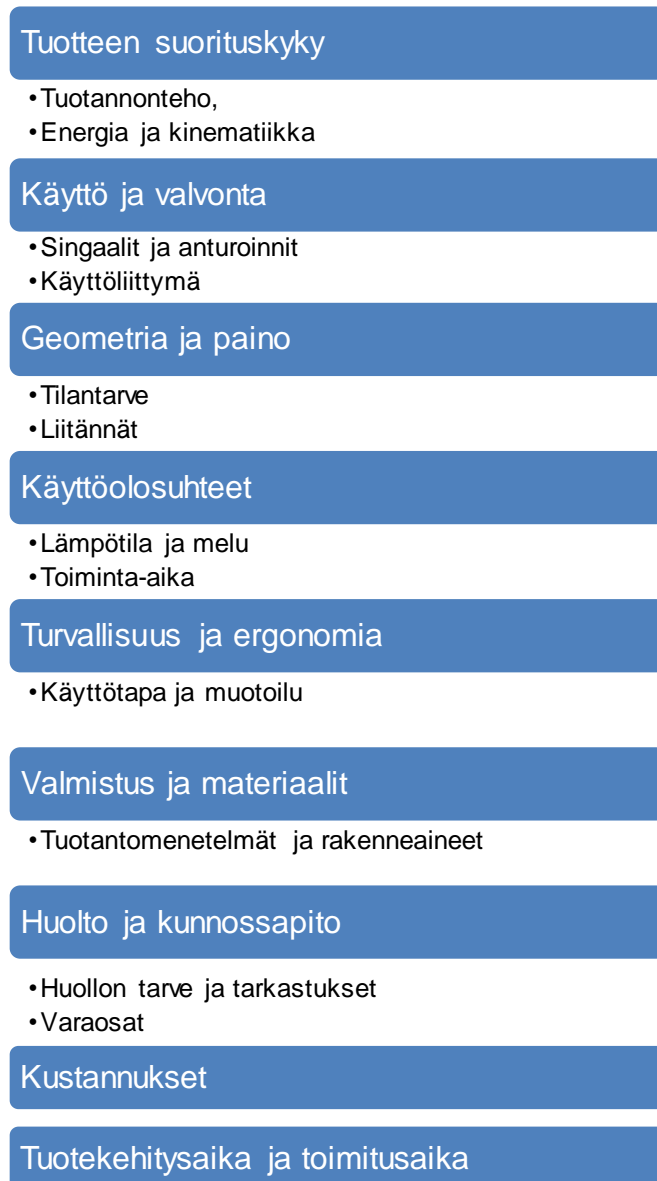
määrin. Niiden ylittäminen on toivottua, mutta ei kuitenkaan vaadittua. Viimeisenä listassa on toivomukset eli T, jossa otetaan esimerkiksi toimeksiantajan toiveet huomioon mahdollisuuksien mukaan. [14, 80.]

Vaatimusluettelo laadittaessa tulee miettiä seuraavia asioita:

- suorituskkyä
- käyttöä ja valvontaa
- geometriaa ja painoa
- käyttöolosuhteita
- ergonomiaa ja turvallisuutta
- valmistusta ja materiaaleja
- huoltoa ja kunnossapitoa
- mitä tuote tulee maksamaan ja budjetti
- tuotekehitysaika

Laitteen suunnittelussa on hyvä muistaa, että tuoteominaisuuksilla voidaan merkittävästi vaikuttaa laitteen laatuun. Tämän vuoksi vaatimuslistassa tulee esittää selkeästi vaaditut tavoitteet ja rajoitukset, jotta virheet voitaisiin minimoida. [15, 11–12.] Kuviossa 5 on kerrottu vaatimuslistan sisältö.

Laitteen suunnitteluprosessin edetessä vaatimusluettelo on usein täydennettävä ja tarkennettava toimeksiantajan toiveiden mukaiseksi. Lisäksi myös laitteen luonnostelussa voidaan joutua muuttamaan laitteen rakennetta ja näin ollen vaatimuslistan sisältöä. [15, 11–12.] Edellä mainittujen tietojen pohjalta voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen eli laitteen luonnosteluun [3, 51].



Kuvio 5. Vaatimuslistan sisältö [15, 11–12.]

4.2.2 Tehtävän luonnostelu ja kehittäminen

Luonnosteluvaiheessa selvitetään suunniteltavan laitteen tärkeimmät toiminnot ja pyritään ennakoimaan mahdolliset ongelmakohdat. Tämän jälkeen aloitetaan miettimään työlle parhaimpia ratkaisumalleja, jotta saadaan koneesta toimiva ja luotettava. On hyvä pohtia useita eri vaihtoehtoja koneen toiminnan suhteen. Luonnosteluvaiheessa

valitaan koneen toiminnan kannalta paras mahdollinen tapa toteuttaa ja kehitellä sitä eteenpäin. [3, 71–72.]

Kehittelyvaiheessa aloitetaan työstämään konetta valitun toimintatavan mukaan. Tässä vaiheessa valittua tapaa tarkastellaan ja hiotaan pidemmälle sekä pyritään poistamaan kaikki mahdolliset ongelmat. Kehittely vaiheessa tehtävä elää vielä paljon ja lopullinen tuotos voi vielä kokea muutoksia esimerkiksi toimeksiantajan toiveiden ja vaatimusten pohjalta. Lopulta päädytään johonkin ratkaisuun ja sen pohjalta aloitetaan kehittämään tuotetta ja keskitytään sen loppuun viemiseen. Kehittelyvaiheen lopulla tuotteesta tehdään malli. Lisäksi aloitetaan tekemään kokoonpano- ja valmistusohjeet sekä osaluettelo. [3, 49–51.]

4.2.3 Tehtävän viimeistely

Viimeistelyvaiheessa täydennetään laitteen muotoilua, mitoitusta ja materiaaleja sekä tehdään laitteesta prototyyppi. Mietitään valmistusmahdollisuuksia, kustannuksia ja laaditaan lopulliset piirustukset sekä muut asiakirjat. Laadittavat asiakirjat ovat pohjana tilauksen käsittelylle sekä valmistuksen suunnittelulle. [15, 10–14.] Usein viimeistelyvaiheessa aloitetaan uudestaan tarkastelemaan virheitä. Ei niinkään kokonaisratkaisuja vaan yksityiskohtia ja rakenneryhmiä. Viimeistelyssä korostuvat periaatteen ja valmistuksen optimointi. [3, 50–51.]

5 Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat

5.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Toiminnallisella opinnäytetyöllä tarkoitetaan jotakin konkreettista tuotosta, esimerkiksi se voi olla opiskelijan suunnittelema laite. Yleensä opinnäytetyön aiheet ovat saatuja toimeksiantoina yrityksiltä. Aihe on hyvä valita oman mielenkiinnon mukaan ja sen tu-

lee liittyä opiskelijan koulutusohjelmaan. Opinnäytetyönprosessin tarkoituksena on tukea opiskelijan ammatillista kasvua ja laajentaa hänen tietämystään aiheesta. [16, 9, 16.]

Opinnäytetyössä tulee olla toiminnallinen osuus ja raportti. Raportissa kerrotaan koko opinnäytetyöprosessi sekä perustellaan asioita mitä on tehty ja miksi. Siinä pohditaan myös tuloksia sekä arvioidaan omaa tuotosta ja oppimista. Toiminnallisessa osuudessa opiskelijan tulee osoittaa alan tietojen ja taitojen hallinta. Laadukkaassa opinnäytetyössä tulee ilmi työelämälähtöisyys ja käytännönläheisyys. [16, 10, 65.]

Alusta alkaen oli selvää, että opinnäytetyön toteutustapa tulee olemaan toiminnallinen. Molemmat halusimme suunnitella ja tehdä jonkin konkreettisen tuotoksen. Toiveena oli, että työ tulisi toimeksiantona yritykseltä. Ajattelimme myös, että suunnittelu ja rakentaminen tukevat omaa ammatillista kasvuamme ja tulevaa työtä insinöörinä.

5.2 Opinnäytetyön lähtökohdat ja toimeksiantaja

Halusimme tehdä toiminnallisen opinnäytetyön, joka olisi mielenkiintoinen ja haastava. Koululta saimme toimeksiantona suunnitella ja rakentaa pallotykin joensuulaiselle yritykselle. Aihe oli todella kiinnostava, koska Suomessa ei ole kyseistä laitetta standardin vaatimassa muodossa. Aihe tarkentui joulukuun puolella välissä, kun tapasimme ohjaavan opettajan. Toimeksiantajan toiveena oli saada pallotykki valmiiksi tammikuun loppuun mennessä ja akustiikkalevyjen testauspäivä olisi ollut helmikuun alussa. Lähdimme suunnittelemaan pallotykkiä standardin mukaisesti. Lähtökohtaisesti laitteen tuli olla luotettava ja helposti käytettävä.

Opinnäytetyömme toimeksiantaja on Joensuulainen Joen Nikkarituote Oy. Yritys on perustettu vuonna 2007. Toimialana on LVI- ja sähkösuunnittelu sekä asennus- ja huoltopalvelut. Joen Nikkarituote tuottaa myös talotekniikkaa. Yrityksen asiakaskuntaan kuuluu yksityiset henkilöt ja yritykset. [17.] Yritys alkaa maahantuoda uutta kattolevyä urheilutiloihin ja heillä oli tarve standardin mukaiselle iskutestille, EN 13964:2014 (E). Pallotykki jäi koulun käyttöön ja sitä voi vuokrata tarvittaessa yrityksille. Koulu

maksoi pallotykin valmistuskustannukset. Laadimme pallotykillä yksinkertaiset käyttöohjeet (liite 1) myöhempää käyttöä varten.

5.3 Opinnäytetyön eteneminen

Opinnäytetyöprosessi alkoi joulukuussa aiheen ja toimeksiantajan valinnalla. Aihe tarkentui joulukuun puolella välissä, kun tapasimme ohjaavan opettajan ja toimeksiantajan ensimmäistä kertaa. Täytimme toimeksiantosopimuksen (liite 2). Aloimme jakaa tehtäviä siten, että toinen meistä aloitti perehtymään tarvittaviin kaavoihin ja toinen aloitti hahmottelemaan pallotykin rakennetta. Myöhemmin kävimme fysiikan opettajan kanssa läpi tarvittavat paineilman ja liike-energian kaavat.

Seuraavaksi mietimme tehtävän asettelua vaatimusluettelon avulla (liite 3) ja teimme myös mindmapin havainnollistamaan huomioon otettavia asioita. Tykin rakenne ja tarvittavat osat oli määritelty pääpiirteittäin standardissa. Pallo oli tarkoitus saada liikkeelle mekaanisen iskurin avulla käyttäen paineilmaa. Valitsimme kokoonpanoon alustavat komponentit ja pneumatiikan osat. Keskustelimme myös Karelia AMK:n sähkötekniikan opiskelijan kanssa nopeusmittarin rakentamisesta.

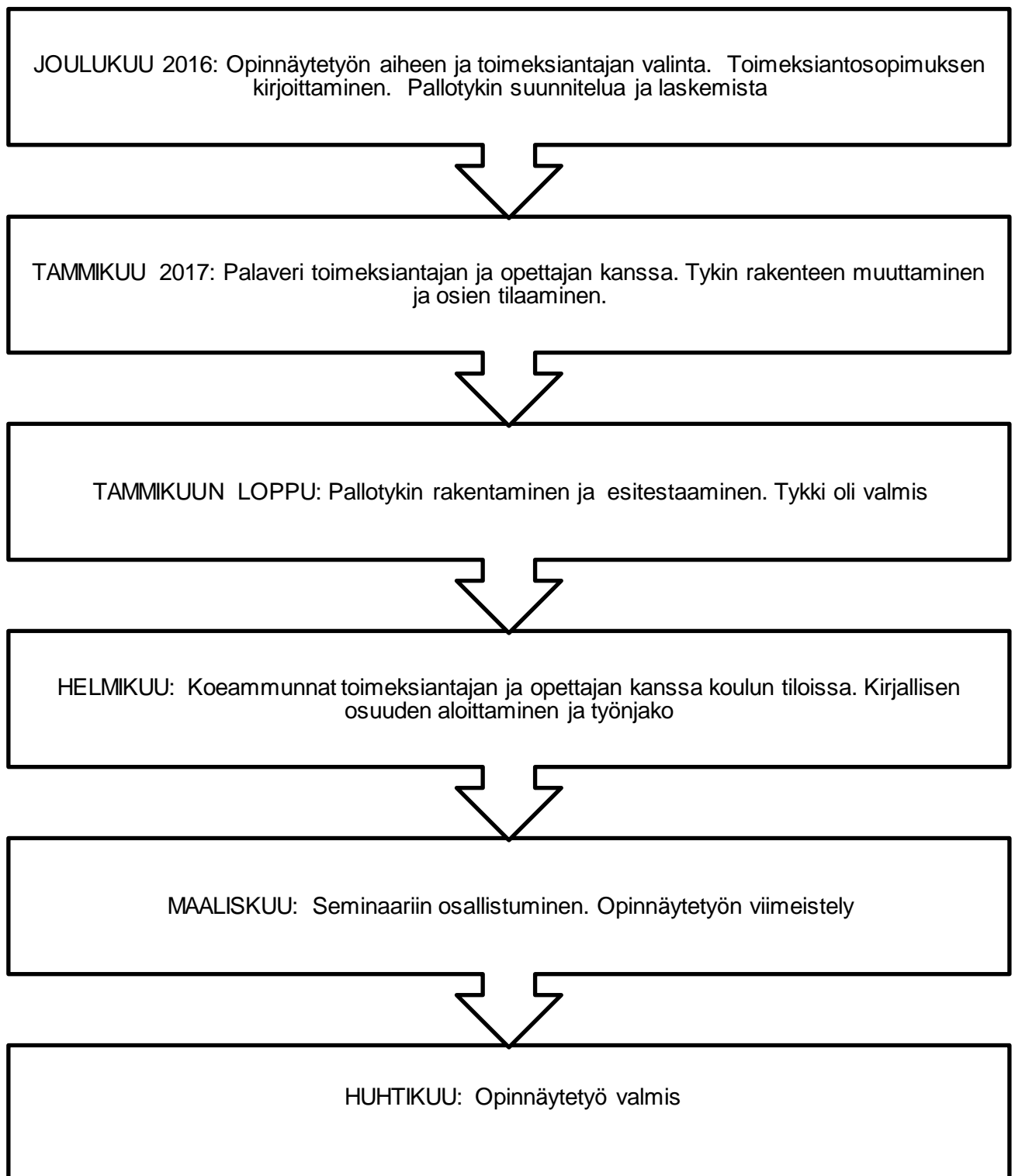
Tammikuun alussa pallotykin rakenne oli mietitty alustavasti valmiiksi ja komponentit valittu. Kävimme ohjaavan opettajan kanssa palaverin, jossa todettiin palloa iskevän männän liike-energia muodostuvan liian suureksi pysäytettäväksi pelkästään mekaanista iskuvaimennusta käyttämällä. Päädyimme yhdessä muuttamaan rakennetta siten, että pallon liike-energia säilyisi samana. Sylinteriputkessa liikkuva mäntä otettiin pois ja laite muutettiin kokonaan paineilmalla toimivaksi.

Teimme tarvittavat laskut uudestaan. Muutamia komponentteja vaihdettiin, mutta suurin osa osista säilyi samana. Kävimme kartoittamassa tarvittavia osia ja niiden saatavuutta paikallisesta hydraulikka liikkeestä. Teimme tarvikelistan valmiiksi ja hankimme tarvittavat osat.

Tammikuun puoleenväliin mennessä saimme rakennettua tykin lukuun ottamatta runkorakennetta. Saimme myös automaatiopuolen avustuksella rakennetun Arduino-pohjaisen nopeusmittarin kytkettyä. Tämän jälkeen pääsimme aloittamaan koeammunnat ja tykin kalibroinnin. Tässä vaiheessa huomasimme, ettei sähkötoimisen venttiilin virtaus riitä ja se vaihdettiin tavalliseen palloventtiiliin.

Tammikuun loppupuolella saimme tykin rungon valmiiksi. Tämän jälkeen kuvasimme koeammuntoja suurnopeuskameralla, joka oli saatu lainaan tiedepuistolta. Koeammuntojen aikana jouduimme säätämään nopeusmittaria ja maadoittamaan sen, ettei tykin laukaisusta tuleva staattinen sähkö aiheuttaisi häiriötä. Tammikuun lopussa saimme tykin toimintakuntoon ja ilmoitimme asiasta toimeksiantajalle. Koeammuntoja siirrettiin kahdella viikolla toimeksiantajan toiveesta.

Varsinainen testi suoritettiin helmikuun loppupuolella toimeksiantajan ja opettajan kanssa koulun tiloissa. Helmi- ja maaliskuun aikana kirjoitimme kirjallista osiota. Maaliskuun puolella välissä osallistuimme opinnäytetyön seminaarin esittämällä oman työmme. Huhtikuussa opinnäytetyö oli valmis. Kuviossa 6 olemme kuvanneet opinnäytetyön vaiheet selkeyttämään prosessin kulkua.



Kuvio 6. Opinnäytetyöprosessin eteneminen

6 Pallotykin suunnittelu

6.1 Laskenta

Käytimme alkuperäisessä suunnitelmassa liikemäärän säilymlakia täysin kimmoisassa tilanteessa. Liikemäärän säilymlaki on esitetty kaavassa 1:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2$$

$$\begin{cases} m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \\ m_1 v_1^2 = m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1,5 * v_1 = 1,5 * u_1 + 0,475 * 4 \\ 1,5 * v_1^2 = 1,5 * u_1^2 + 0,475 * 4 \end{cases}$$

missä

m_1 = iskurin massa, kg

m_2 = käsipallon massa, kg

v_1 = iskurin nopeus ennen törmäystä, m/s

v_2 = pallon nopeus ennen törmäystä, m/s

u_1 = iskurin nopeus törmäyksen jälkeen, m/s

u_2 = pallon nopeus törmäyksen jälkeen, m/s

Tästä saimme tulokseksi, että iskurin nopeuden ennen palloon osumista pitäisi olla $v_1=2,6$ m/s (metriä/sekunnissa), kun pallon osumanopeus kattolevyyn pitäisi olla $u_2=4$ m/s. Saman kaavan mukaan, jos pallon osumanopeuden täytyisi olla $u_2=16,5$ m/s, niin iskurin nopeus ennen osumaa olisi $v_1=10,9$ m/s. Päätimme yhdessä ohjaajan ja fyziikan opettajan kanssa, että 11 m/s kulkeva 1,5 kg:n iskuri olisi liian vaarallinen ja haasteellinen pysäytettäväksi. Päätimme muuttaa tykin täysin paineilmalla toimivaksi,

jolloin piipussa liikkuisi pelkästään pallo eikä iskuria tarvittaisi. Laskimme ensin, min-kälaisen tilavuusvirran tarvitsemme, jotta pallon lähtönopeus olisi 16,5 m/s. Tilavuusvirran laskenta esitetty kaavassa 2 [18, 189.]:

$$q_v = A * v \quad (2)$$

$$q_v = \left(\frac{\pi * (0,2)^2}{4} \right) * 16,5 = 0,518363 \text{ m}^3/\text{s}$$

missä

q_v = tilavuusvirta, m^3/s

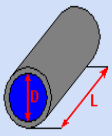
A = putken virtauspinta-ala, m^2

v = virtausnopeus, m/s

Kun tiesimme paljonko tilavuusvirran pitäisi olla, käytimme PressureDrop (kuva 7) ni-mistä sivustoa oikean putkikoon löytämiseksi ja painehäviöiden laskentaan. Lasken-nassa käytettiin ilman arvoja.

Element of pipe

Group: Straight pipes Subgroup: circular



Diameter of pipe D: mm

Length of pipe L: m

Pipe roughness: mm

Flow medium

Flow medium:

Condition: liquid gaseous

Volume flow:

Weight density:

Dynamic Viscosity:

Additional data for gases:
 Pressure (inlet, abs.): bar
 Temperature (inlet): °C
 Temperature (outlet): °C

Output of values: metrical US

Calculation output

Flow medium: Water 20 °C / liquid

Volume flow: 0.52 m³/s

Weight density: 1.3 kg/m³

Dynamic Viscosity: 17 10-6 kg/ms

Element of pipe: circular

Dimensions of element: Diameter of pipe D: 30 mm
Length of pipe L: 1 m

Velocity of flow: 735.65 m/s

Reynolds number: 1687667

Velocity of flow 2: -

Reynolds number 2: -

Flow: turbulent

Absolute roughness: 0 mm

Pipe friction number: 0.01

Resistance coefficient: 0.36

Resist. coeff. branching pipe: -

Press. drop branch. pipe: -

Pressure drop: 1250.54 mbar
1.25 bar

Kuva 7. Pressure drop [19.]

Saimme tulokseksi, että sisähalkaisijaltaan 30 millimetrin putki aiheuttaisi noin 1,25 baarin painehäviön. Kun tiesimme putken aiheuttamat painehäviöt, laskimme ideaalikaasun adiabaattisen prosessin avulla tarvittavan paineen. Adiabaattinen prosessi laskettu kaavassa 3 [18, 193.]:

$$p_1 * V_1^\gamma = p_2 * V_2^\gamma \quad (3)$$

$$p_1 * (0,02)^{1,4} = 125000 * (0,02)^{1,4} + 110000 * (0,045)^{1,4}$$

$$p_1 = 467332,562 \text{ Pa} \approx 4,67 \text{ bar}$$

missä

$$p_1 = \text{alkupaine, Pa}$$

$$p_2 = \text{loppupaine, Pa}$$

$$V_1 = \text{alkutilavuus, m}^3$$

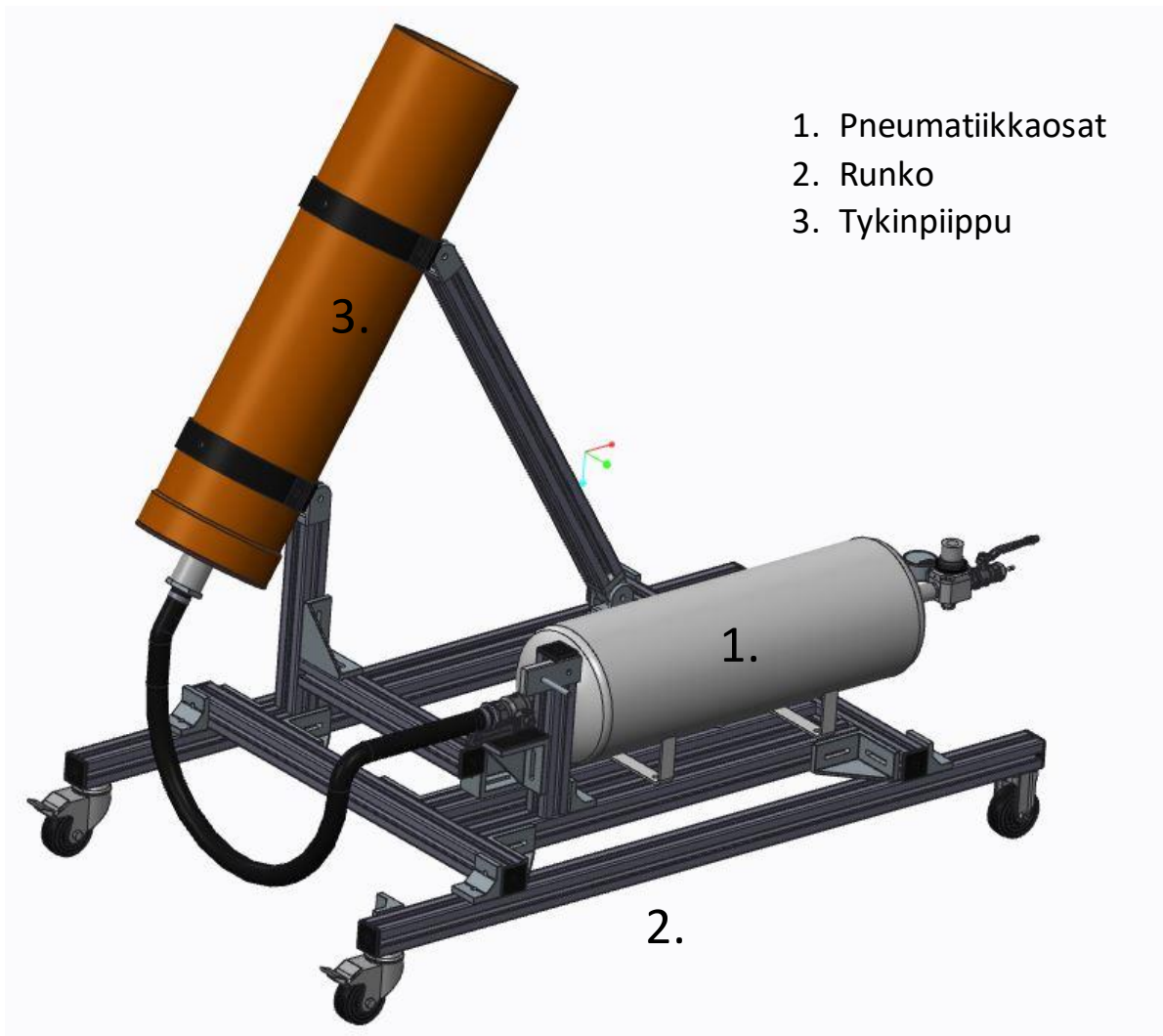
$$V_2 = \text{lopputilavuus, m}^3$$

$$\gamma = \text{adiabaattivakio}$$

Näissä laskuissa ei ole otettu kitkaa huomioon, koska kitkan laskeminen tällaisessa tilanteessa olisi turhan vaikeaa. Oletimme myös, että laskennallinen paine on liian pieni koska venttiileistä tulee jonkun verran painehäviöitä. Lisäksi lämpötilavaihtelut pneumatiikkaosissa aiheuttavat hieman muutoksia. Huomasimme tykin testauksessa, että sillä täytyy ampua muutaman kerran ennen kuin tulokset alkoivat tasaantua. Testauksessa pääsimme noin 7 baarin paineella 16,5 m/s lähtönopeuteen.

6.2 Osien valinta

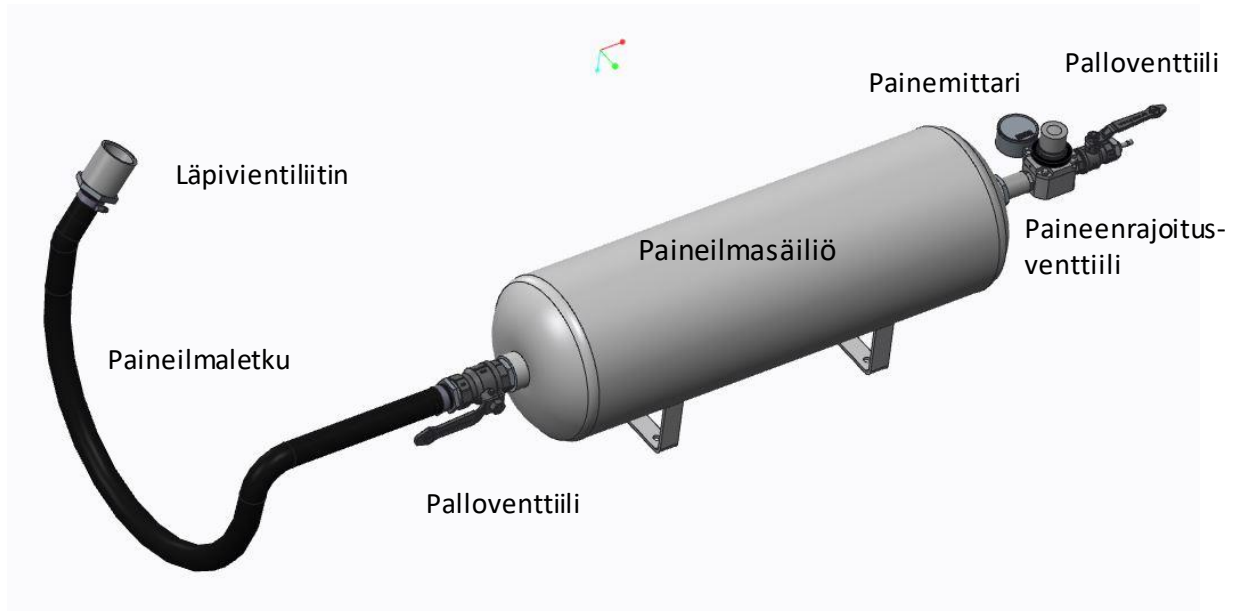
Pallotykin suunnittelussa käytimme Creo Parametric 2.0 -suunnitteluohjelmistoa. Laatiemme sketsien pohjalta aloimme piirtää 3d-mallia pallotykistä. Pneumatiikan komponenteista löytyi hyvin valmiita 3d-malleja. Muut osat mallinsimme itse ottamiemme mittojen perusteella. Tavoitteena oli saada kompakti rakenne, joka olisi samalla riittävästi kevyt liikutella ja vääntöjäykkä kestäämään laukaisusta tulevat paineiskut. Pallotykin rakenne muodostuu pneumatiikkaosista, rungosta ja maaviemäriputkesta, joka toimii tykinpiippuna (kuva 8).



Kuva 8. Pallotykin kokoonpano

Pneumatiikkaosat (kuva 9) valitsimme laskelmien perusteella riittävän kokoisiksi saadaksemme tarvittavan tilavuusvirran. Pallotykinä käytetyt pneumatiikkaosat lueteltuna vasemmalta oikealle ovat:

- 1/2 tuuman palloventtiili
- 1/2 tuuman paineenrajoitusventtiili
- 0-10 baaria näyttävä painemittari
- 20 litran paineilmasäiliö 1 tuuman ulostuloaukoilla
- 1 tuuman palloventtiili
- paineilmaletku 30 mm sisähalkaisijalla
- 1 1/4 tuuman läpivientiliitin



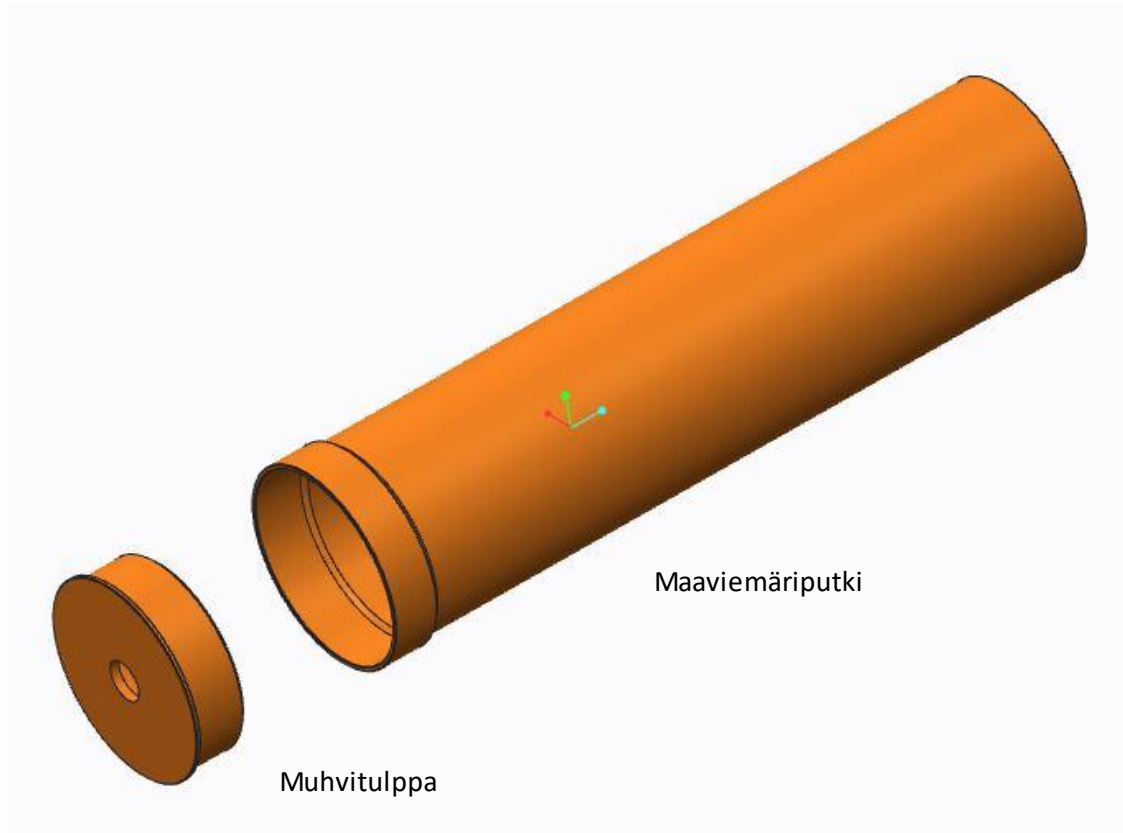
Kuva 9. Pneumatiikkaosat

Pallotykin runko (kuva 10) tehtiin 45 x 45 alumiiniprofiilista, jota oli koululla valmiina erikokoisina salkoina. Käyttämämme profiili on kevyttä ja vääntöjäykkää. Siihen oli myös helppo tehdä liitoksia valmiista kulmapaloista. Muut komponentit saatiin runkoon kiinni pulttiliitoksilla ja hitsausta tai koneistusta ei tarvittu. Pyörät ovat teräsrungolla olevia teollisuudessa käytettyjä muovipyöriä.



Kuva 10. Pallotykin runko

Tykinpiippu (kuva 11) koostuu 200 millimetrin ulkohalkaisijaltaan olevasta maaviemäriputkesta ja muhvitulpasta, jossa on läpiviennille kierteellinen reikä. Putken sisähalkaisija oli sopiva pallon ulkomitoille ja maaviemäriputki ei muodostanut liikaa kitkaa pallon kanssa.

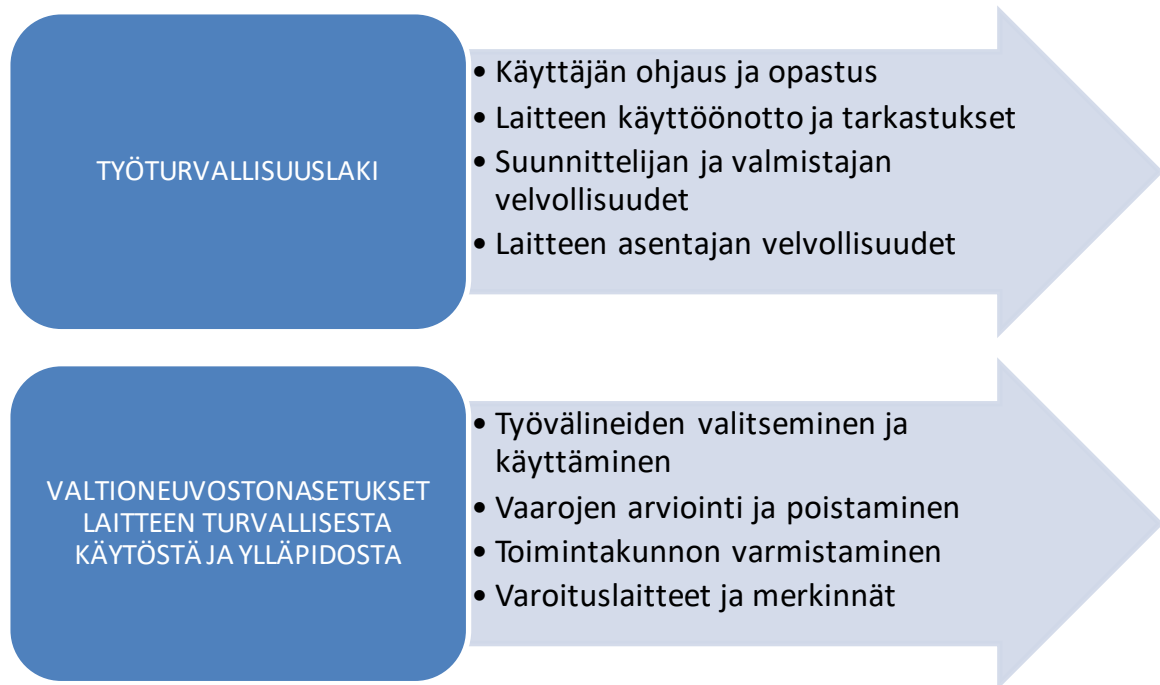


Kuva 11. Pallotykin piippu

6.3 Turvallisuus ja kustannukset

Laissa ja asetuksissa on säädetty laitteen rakentamiselle ja suunnittelulle terveys- ja turvallisuusvaatimukset (kuvio 12). Laki määrää käyttämään laitteita oikein, huoltamaan ja kunnossapitämään, jotta käyttö olisi turvallista ja tarkoituksenmukaista. Laitteen toimivuutta on jatkuvasti seurattava tarkastuksin, testauksin ja mittauksin. Laitteesta tulee tehdä käyttöohjeet ja ne tulee olla käyttäjän saatavilla. Työsuojeluhallinnon mukaan laitteiden käyttöohjeissa tulee kertoa:

- käyttöönotosta ja käytöstä
- tarvittavista suojavälineistä
- kunnossapidosta
- ohjeet laitteen asentamisesta, kokoonpanosta ja purkamisesta. [20.]



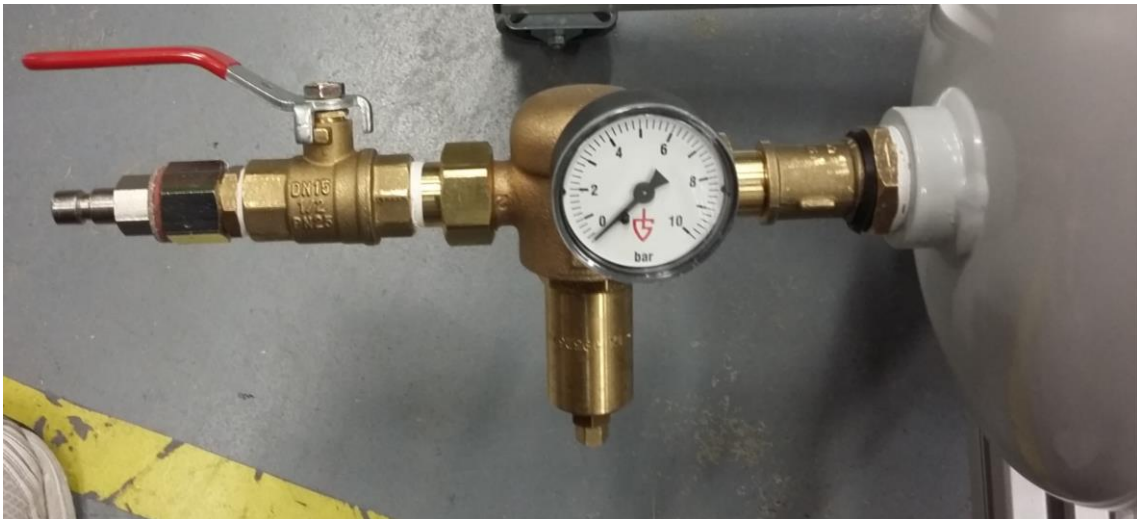
Kuvio 12. Lainsäädäntö ja asetukset laitteiden suunnittelusta ja käytöstä [20.]

Pallotykin käyttöön liittyviä riskejä arvioitiin riskienarviointilomakkeilla (liite 4 ja 5). Vakavimmaksi riskiksi koettiin iskumainen melu, joka aiheutuu ammuttaessa ilman nopeasta purkautumisesta. Muita merkittäviä riskejä ei ollut käytön osalta. Pallotykistä tehtiin myös käyttöohjeet, joissa kerrotaan turvallisesta käytöstä, käyttöönotosta ja suojavälineistä. Emme nähneet hyödylliseksi tehdä ohjeita laitteen asentamisesta, kokoonpanosta ja purkamisesta, koska laite on käyttökunnossa kokoonpantuna.

Koulu kustansi kaikki pallotykkiin tarvittavat materiaalit ja osat. Ohjaava opettaja hyväksyi osaluettelon, jonka jälkeen selvitimme mistä osat saataisiin hankittua edullisesti. Kyselimme tarjouksia eri yrityksiltä, mutta päädyimme hankkimaan pneumatiikka-osat suoraan Joen Nikkarituotteen kautta. Lukuunottamatta paineilmasäiliötä, joka tilattiin hydraulikkaliikkeestä. Rungon materiaalit saimme koululta ja loput osat tilasimme valmiina alihankkijoilta.

7 Pallotykin rakentaminen ja esitestaus

Pallotykin rakentaminen aloitettiin tammikuun puolivälissä, kun saimme kaikki tarvittavat osat. Aloitimme osien kokoamisen painerajoitusventtiilistä (kuva 13). Siihen kiinnitettiin painemittari, palloventtiili, Tema-liitin paineilman tuloa varten ja tarvittavat nipat paineilmasäiliöön kiinnitystä varten. Liitoskohtiin laitoimme putkiteippiä tiivistystä varten ja testasimme liitokset 8 baarin paineella. Paineenrajoitusventtiilikokoonpano kiinnitettiin säiliön 1 tuuman liitäntään.



Kuva 13. Painerajoitusventtiili

Paineilmasäiliön toisen puolen kokoamisen aloitimme sähkötoimisen solenoidi-venttiilin kiinnityksellä säiliöön, joka toimii pikaventtiilinä (kuva 14). 230 voltin toimintajännitteen vuoksi saimme opastusta sähköpuolen opettajalta venttiilin ohjausta varten. Ohjaus toteutettiin suoraan verkkovirrasta painonapin avulla. Teimme tarvittavat kytkennät, jotka sähkömiehen luvat omaava opettaja tarkisti ennen testausta. Venttiili on normaalisti kiinni oleva (normally closed, NC) ja nappia painamalla se aukeaa. Venttiili toimi koekäytössä hyvin ja se testattiin myös yleismittarilla. Solenoidi-venttiililtä tuleva paineilma ohjattiin 1 tuuman letkua myöten tykin piipulle. Letkun molempiin päihin laitettiin letkukat ja niiden jatkoksi liitoksia varten sopivat muhvit.



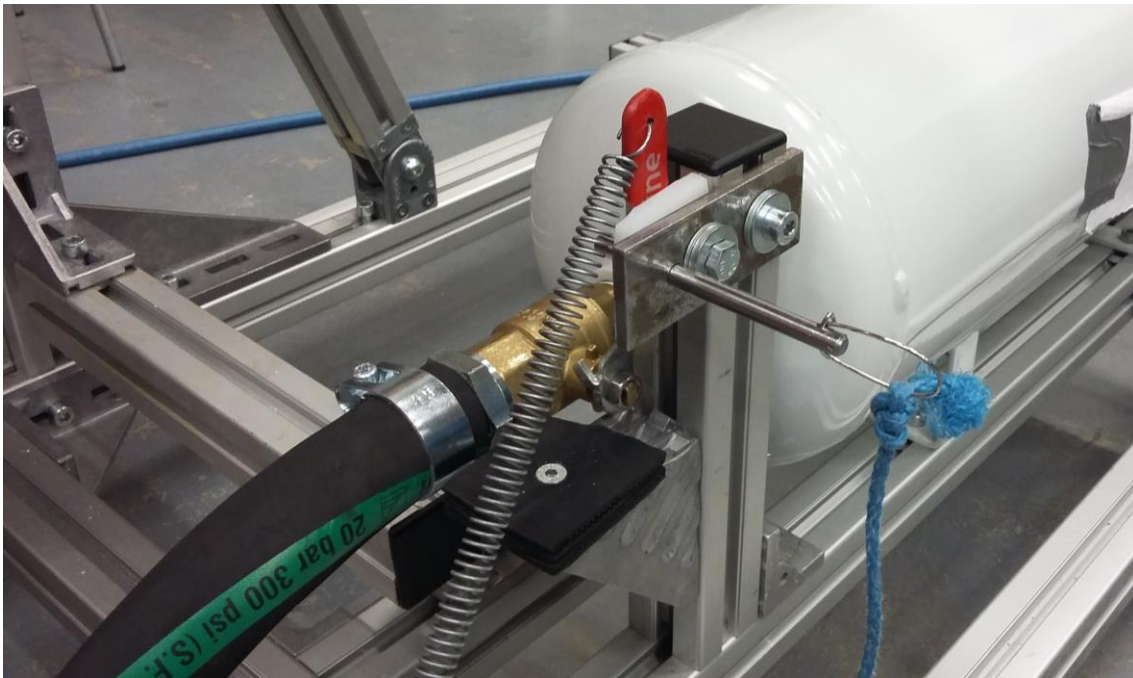
Kuva 14. Sähköventtiili

Tykinpiippuna (kuvio 15) olevan maaviemäriputki jätettiin alussa kaksi metriä pitkäksi alustavaa koeammuntaa varten, koska pallon ja putken välinen kitka ei ollut tarkkaan tiedossa. Putken toiseen päähän laitettiin valmis muhvitulppa, josta saatiin rakennettua tiivis läpivienti paineilmalle. Muhvitulppaan porattiin reikä ja siihen laitettiin 1 ¼ tuuman läpivienti, johon oli helppo kiinnittää paineilmaletku.



Kuva 15. Tykinpiippu ja muhvitulppa

Ensimmäiset koeammunnat suoritettiin Karelia-ammattikorkeakoulun työtiloissa ilman laitteen runkoa. Tykinpiippu tuettiin lattiaa vasten ja paineilmaa saimme työtiloissa olevasta kompressorista. Ensimmäiset laukaisut eivät tuottaneet toivottua lähtönopeutta. Alkuvaiheessa laitteessa kiinni ollut sähkötoiminen venttiili ei päästänyt ilmaa riittävästi läpi johtuen sen rakenteesta. Tilalle laitettiin tavallinen palloventtiili, jota alkuun avattiin manuaalisesti. Myöhemmin avausnopeuden vakioimiseksi laitoimme venttiilin kahvaan jousikuorman ja mekaanisen sokan (kuva 16). Tämän avulla venttiilin avautumisaika on joka kerta sama ja nopeampi, kuin käsin käännettäessä. Myös tykinpiippua lyhennettiin suunniteltuun 800 millimetriin. Tehtyjen muutosten jälkeen, saavutimme halutun 16,5 m/s lähtönopeuden.



Kuva 16. Sokkalaukaisu

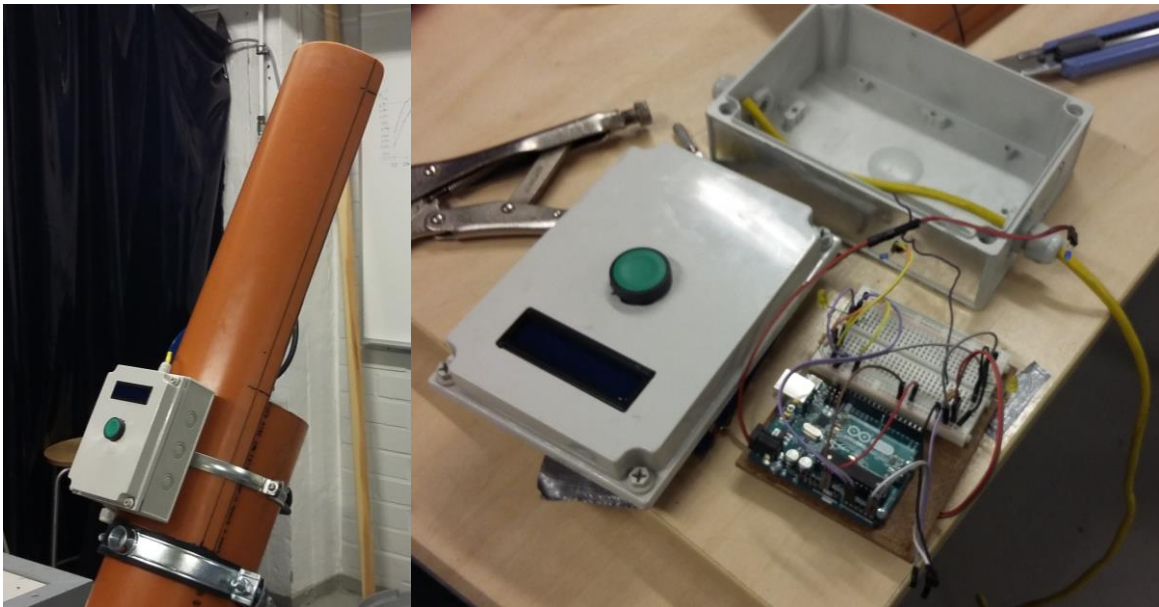
Pallotykkin runko rakennettiin 45 x 45 millimetrin alumiiniprofiilista alustavien piirustusten mukaisesti. Haasteena oli saada tykinpiippu kiinnitettyä tukevasti niin, että se kääntyy 60 asteen kulmasta pystysuoraan ja on lukittavissa päätyasentoihin. Tykinpiippu kiinnitettiin runkoon kahdella (DN 200) putkisangalla, joiden päässä on nivelet. Rakenne kestää laukaisusta tulevat paineiskut ja tykinpiipun kulma on helposti säädettävissä. Lisäsimme runkoon myös lukittavat pyörät, että pallotykkiä on helppo siirtää paikasta toiseen.

Nopeusmittaria ei ennätetty saada valmiiksi ensimmäisiin koeammuntoihin. Lainasimme Joensuun Tiedepuistolta suurnopeuskameran (kuva 17), jonka avulla saimme määriteltäviä pallon lähtönopeuden eri painearvoille. Tässä vaiheessa kaikki koeammut suoritettiin vaakasuoraan ja ilmanvastuksesta johtuvaa pallon hidastumista ei otettu huomioon.



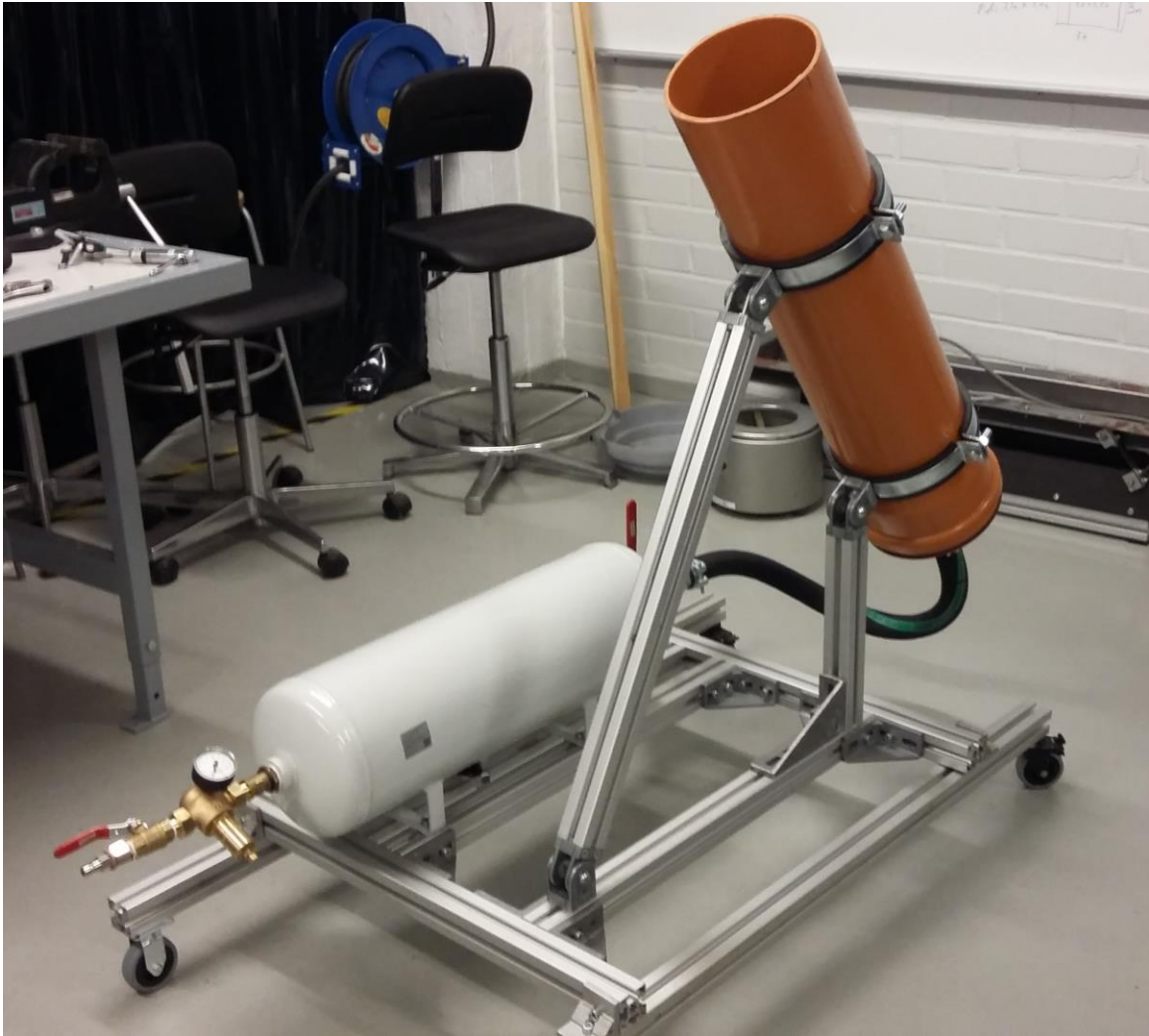
Kuva 17. Suurnopeuskamera ja tallennuslaitteisto

Tammikuun loppupuolella saimme nopeusmittarin (kuva 18) ja tykin rungon (kuva 19) valmiiksi. Siirsimme pallotykin koulun korkeampaan halliin, jossa suoritimme ammuntoja standardin vaatimaan pystysuoraan ja 60 asteen kulmaan. Koeammunnoissa huomasimme, että Arduino antaa mittadataa vain tietyllä resoluutiolla ja on todella herkkä häiriöille. Palloa ammuttaessa keinoahkapallon ja muoviputken välillä syntyvä staattinen sähkö sekoittaa mittarin, jonka takia jouduimme maadoittamaan sen. Tämän jälkeen saimme luotettavia mittaustuloksia, joita vertasimme suurnopeuskameralla saamiimme tuloksiin. Simuloimme myös tuloksia fysiikan opettajan avulla tehdyllä Excel-taulukolla ja graafisilla kuvaajilla.



Kuva 18. Nopeusmittari

Koeammunnat kestivät kaksi viikkoa ja tänä aikana saimme määriteltä tarvittavat paineet standardin vaatimia pallon lähtönopeuksia varten. Pallon lähtönopeus 16,5 metriä/sekunnissa saavutetaan 7,0 baarilla ja 8,0 metriä/sekunnissa 4,0 baarilla. Standardi määrittelee, ettei pallo hidastu merkittävästi, jos kohteen ja lähtönopeuden saavuttaneen pallon välinen etäisyys on korkeintaan 2 metriä. Näin ollen kattolevy oli 3,4 metrin korkeudessa maasta ja hieman alle 2 metriä tykin piipun suusta.



Kuva 19. Valmis pallotykki

8 Akustiikkalevyjen testaus

Testauspäivä oli helmikuun loppupuolella ja se toteutettiin ammattikorkeakoulun tiloissa. Aloitimme tekemään kattorakennetta toimeksiantajan kanssa. Lautatavara tuli Nikkarituotteelta ja he suunnittelivat kattorakenteen. Neljä kappaletta akustiikkalevyjä (kuva 20) kiinnitettiin puusta tehtyyn kehikkoon, joka mallinsi urheiluhallin kattokoolausta. Rakennelma nostettiin nosturilla 3,4 metriä korkealle ja ympärille rakennettiin seinäkehikot. Kattorakenteesta tuli riittävän tukeva mallintamaan urheiluhallin kattoa. Myös lisävalaistusta käytettiin akustiikkalevyjen ympärillä suurnopeuskameralla otettujen kuvien takia.



Kuva 20. Akustiikkalevyt

Varsinaisen testin aikana nopeusmittari ei voinut olla paikoillaan tilan puutteen vuoksi. Tämän takia ennen akustiikkalevyjen testausta (kuva 21) ammuimme ohjaavan opettajan läsnä ollessa muutamia kertoja halutuilla nopeuksilla, jolla varmistettiin tykin toimivuus. Ohjaava opettaja toimi myös testin valvojana ja loppuraportin tekijänä. Toimeksiantaja seurasi testin alkuosan.

Testi toteutettiin standardin EN 13964:2014 (E) mukaan käyttäen luokkaa 1A, jossa pallon lähtönopeus on 16,5 metriä sekunnissa. Standardissa luokkia on yhteensä kolme, mutta käytämme vain ensimmäistä toimeksiantajan toiveesta. Testissä käytettiin standardin mukaista miesten käsipalloa, jonka paine on 1,2 baaria. Ammuimme kaikkia neljää levyä eri kohtiin ja 2 eri kulmasta. Pallotykki toimi koko testin ajan moitteettomasti ja 36 laukauksen ampumiseen valmisteluineen meni noin 3 tuntia.



Kuva 21. Akustiikkalevyjen testaus

9 Pohdinta

9.1 Palaute ohjaavalta opettajalta ja toimeksiantajalta

Kysyimme palautteen suullisesti. Ajattelimme, että kasvotusten palautteen kysyminen on tässä tapauksesta paras tapa, tarvittaessa esitimme täsmentäviä jatkokysymyksiä. Halusimme tietää missä onnistuimme hyvin ja missä olisi kehitettävää. Toimeksiantaja ja ohjaava opettaja olivat tyytyväisiä lopputulokseen. Pallotykki oli tavoitteita vastaava. Tykki valmistui ajallaan, vaikka aikataulu oli tiukka sekä tykin rakennetta jouduttiin hie-man muuttamaan. Saimme positiivista palautetta tiimityöskentelystä ja projektin suunnittelusta sekä toteuttamisesta.

9.2 Ammatillinen kasvu ja opinnäytetyöprosessin arviointi

Opinnäytetyöprosessi oli molemmille ensimmäinen ammattikorkeakoulussa. Prosessi oli aikaa vievä, mutta palkitseva. Perehdyimme Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyön ohjeisiin, joka auttoi työn tekemistä. Saimme hyvää tietoa, mitä asioita opinnäytetyössä tulee olla. Luimme myös muiden opinnäytetöitä ja saimme vinkkiä omaan työhön. Halusimme opinnäytetyömme olevan selkeä, helposti luettava ja johdonmukainen. Mielestämme onnistuimme siinä hyvin.

Tietoperustan jaoimme puoliksi ja molemmat teimme itsenäisesti omat osiomme. Koskimme tietoperustan osiot yhdessä ja täydensimme tarvittaessa. Tällöin molemmat saivat päättää opinnäytetyön sisällöstä ja tuoda omia mielipiteitä julki. Yhteistyö sujui mutkattomasti ja molemmat osallistuivat yhtä paljon työn tekemiseen. Prosessia edesauttoi kiinnostava aihe ja molempien motivaatio. Kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessi kesti vajaa neljä kuukautta. Työn tekeminen oli tiivistä, sillä halusimme työn valmistuvan maaliskuun seminaariin mennessä.

Opinnäytetyön myötä pitkäjänteisyys ja tiimityöskentelytaidot karttuivat, joita pidämme tärkeinä ominaisuuksina ajatellen tulevaa insinöörin ammattia. Mielestämme koko

opinnäytetyöprosessi oli kaiken kaikkiaan opettavainen ja vaivan arvoinen. Seuraava opinnäytetyö olisi huomattavasti helpompi tehdä, kun nyt on kokemusta.

Käytimme hyväksi koulun aikana opittuja asioita opinnäytetyössä. Luotettavan tiedon hankinta ja lähteiden käyttö olivat myös olennainen ja tärkeä osa raportin teossa. Lähteiden merkitseminen tekstiin ja lähdeluetteloon oli haastavaa sekä aikaa vievää. Lisäksi alkuun oli haastavaa löytää luotettavia lähteitä. Käytimme työssä vain ensisijaisia lähteitä. Päätimme, että emme käytä toissijaisia lähteitä, koska ne laskevat työn luotettavuutta.

Laitoimme opinnäytetyöhön kuvia pallotykiä, sen rakennusvaiheista sekä iskutes-
tistä. Mielestämme kuvat selkeyttävät työtä ja ne helpottavat lukijaa seuraamaan työn erivaiheita. Kuvat otimme itse. Halusimme niiden olevan selkeitä ja yksinkertaisia.

9.3 Toiminnallisen tuotoksen arviointi

Molemmille laitteiden suunnittelu ja toteutus olivat jollakin tapaa tuttua, sillä olemme koulussa tehneet aikaisemmin erinäisiä projekteja, mutta pienemmässä mittakaavassa. Suunnittelu oli mielestämme haastavin ja aikaa kuluttavin osuus, halusimme minimoida virheet jo siinä. Saimme hyvää kokemusta ja opimme, että isoissa projekteissa on tärkeää tehdä aikataulu ja sen suunnitteluun on hyvä varata ”peli-aikaa” sillä aina tulee yllätyksiä.

Opinnäytetyössä aikataulu oli tiukka, mutta muutoksista huolimatta pysyimme siinä. Kokonaisuudessaan pallotykin suunnitteluun, rakentamiseen ja testaukseen meni reilu kaksi kuukautta. Mielestämme projekti oli hyvä tehdä parityönä, koska molemmilla oli selkeitä osaamisalueita ja tekemistä oli paljon.

Olemme tyytyväisiä tekemäämme pallotykkiin. Saimme rakennettua laitteen tavoitteita vastaavaksi. Rakenne on toimiva ja yksinkertainen. Koneistettavia osia ei ollut yhtään kappaletta vaan kaikki saatiin valmiista komponenteista rakennettua. Noin kaksi viikkoa kestänyt esitestaus osoittautui todella hyödylliseksi. Tällä aikaa saimme virheet minimoitua ja laitteen toimimaan toivotulla tavalla. Lisäksi onnistumista edesauttoi

hyvä ja tiivis yhteistyö toimeksiantajan, fysiikanopettajan ja ohjaavan opettajan kanssa. Saimme kaikilta aina apua tarvittaessa. Yhteistyö sujui hyvin ja odotukset pallotykistä olivat samanlaiset.

9.4 Luotettavuus ja eettisyys

Hyvässä opinnäytetyössä arvioidaan luotettavuutta ja eettisyyttä. Toiminnallisessa opinnäytetyössä voidaan käyttää luotettavuuden arvioinnissa laadullisen työn kriteerejä. [21, 197.] Opinnäytetyömme luotettavuutta olemme arvioineet seuraavilla kriteereillä, vahvistettavuus, siirrettävyys, refleksisyys ja uskottavuus. Kriteerit olemme huomioineet koko opinnäytetyöprosessin ajan.

Vahvistettavuus (auditability) tarkoitetaan, että koko opinnäytetyöprosessi kirjoitetaan tarkasti ja yksityiskohtaisesti niin, että lukija voi seurata prosessin kulkua. On hyvä muistaa, että toinen opinnäytetyön tekijä ei välttämättä päädy samaan lopputulokseen samankaan aineiston pohjalta. Erilaiset johtopäätökset eivät heikennä laadullisen työn luotettavuutta, vaan saadaan laajempi käsitys tutkittavasta asiasta. [22, 129.] Olemme kirjoittaneet opinnäytetyön yksityiskohtaisesti ja johdonmukaisesti. Pidimme koko opinnäytetyön ajan päiväkirjaa tekemisistä. Päiväkirjan pitäminen auttoi meitä opinnäytetyön prosessin kirjoituksessa.

Siirrettävyydellä (transferability) tarkoitetaan, että opinnäytetyön tulokset ovat helposti siirrettävissä muihin samankaltaisiin tilanteisiin. Laadukkaassa opinnäytetyössä tulee kuvata kohderyhmä ja ympäristö yksityiskohtaisesti. [21, 198.] Opinnäytetyössämme on kuvattu tarkasti kohderyhmä ja ympäristö.

Refleksisyys on opinnäytetyön tekijän lähtökohtien tiedostamista, joka tulee ilmi opinnäytetyössä. Raportissa kirjoitetaan ja pohditaan myös omaa kiinnostusta aihetta kohtaan. [22, 129.] Aihe valittiin yhteisymmärryksessä kuunnellen molempien toiveita ja mielenkiinnon kohteita. Mielestämme pallotykin suunnittelu oli oman ammatillisen kasvun kannalta hyvä ja haasteellinen. Saimme työn suunnittelusta ja rakentamisesta paljon uutta tietoa ja taitoa, jota varmasti tarvitsemme ajatellen tulevaa uraa insinöörinä.

Uskottavuus (credibility) on tutkimuksen ja saatujen tulosten uskottavuutta. Opinnäytetyölle uskottavuutta voidaan lisätä esimerkiksi säännöllisillä tapaamisilla toimeksiantajan kanssa. [22, 128.] Opinnäytetyöprosessi kesti kaiken kaikkiaan noin neljä kuukautta. Perehdyimme aiheeseen laajasti eri lähteitä käyttäen. Prosessin aikana tapasimme toimeksiantajaa säännöllisesti. Pallotykin suunnittelimme yhdessä toimeksiantajan ja ohjaavan opettajan kanssa. Suunnittelussa otimme huomioon kaikkien mielipiteet. Kysyimme suullista palautetta ja kehitysideoita toimeksiantajalta sekä opettajalta. Toimeksiantaja on antanut luvan käyttää yrityksen nimeä työssä.

Ensisijaisesti tulee käyttää alkuperäisiä julkaisuja eli primäärilähteitä. Toissijaisia lähteitä eli sekundaarilähteitä ei suositella käytettävän opinnäytetyöissä. Sekundaarilähteet ovat yleensä ensisijaisen tiedonlähteen tulkintaa. [16, 73.] Opinnäytetyössä olemme pohtineet lähteiden luotettavuutta. Ensisijaisesti olemme käyttäneet alkuperäisiä julkaisuja. Tiedonhaussa olemme käyttäneet internet lähteitä sekä kirjallisuutta.

Hyvässä opinnäytetyössä lähteitä on käytetty monipuolisesti ja lähteet on merkattu asianmukaisesti tekstin viitteisiin kuin lähdeluetteloonkin. Plagioinnilla tarkoitetaan toisen tekstin siirtämistä omaan työhön. [16, 78.] Opinnäytetyössä plagiointi ei anna luotettavaa kuvaa työstä ja se on myös laitonta [23, 122]. Opinnäytetyöhömmme teoriaosuuden olemme kirjoittaneet omin sanoin. Lähteet olemme merkanneet opinnäytetyöohjeiden mukaisesti.

Opinnäytetyötä tehdessä on hyvä huomioida tekijänoikeuteen liittyvät asiat. Suomen standardisoimisliitto ry on antanut luvan oppilaiden lainata opinnäytetyössään otteita aihetta koskevista SFS-standardeista [1]. Lisäksi kaikki työssä käytetyt kuvat ovat itse otettuja.

9.5 Hyödynnettävyys ja jatkokehitysmahdollisuus

Ohjaavan opettajan ja toimeksiantajan palautteen avulla pystyimme arvioimaan pallotykin hyödynnettävyyttä. Pallotyki jäi koulun käyttöön. Koulu hyödyntää pallotykin

käyttöä myöhemmin vuokraamalla jatkossa sitä tarvitseville yrityksille. Myös akustiikkakalevyjen testauksessa käytetty kattorakenne on helposti purettavissa osiksi ja se jäi koulun käyttöön.

Opinnäytetyön jatkokehitysmahdollisuutena olisi rakentaa tykille parempi nopeusmittari. Pallon nopeus mitataan infrapuna-antureilla, jotka ovat tietyn välimatkan päästä toisistaan. Anturit pitäisi vaihtaa lasertoimisiksi, että pallon havainnointitarkkuus olisi parempi. Myöskin Arduino pitäisi ohjelmoida uudelleen tai vaihtaa parempaan tietokoneeseen. Tällä hetkellä se mittaa vain tietyllä resoluutiolla ja näin ollen pyöristää mitaustulokset vain tiettyihin arvoihin.

Lähteet

1. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2017. Usein Kysyttyä. http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/usein_kysyttya#Mikonstandardi. 20.2.2017.
2. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2017. Standardit. http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/julkaisut/standardit. 20.2.2017.
3. Gerhard, P. & Wolfgang, B. 1992. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
4. Econocap. 2017. Creo Parametric. <http://www.econocap.com/tuotteet/creo-2-0/creo-parametric>. 26.2.2017.
5. Suomen standardisoimisliitto sfs ry. 2013. SFS-käsikirja 1. http://www.sfs.fi/files/83/KK_1_2015_muokattu.pdf. 10.3.2016.
6. SFSedu. 2017. Mikä on standardisointi. http://www.sfsedu.fi/standardien_abc. 28.3.2017.
7. SFSedu. 2017. Standardisointi maailmanlaajuisesti. http://www.sfsedu.fi/standardien_abc/kuka_laatii_standardit/standardisoinnin_maailmankartta. 28.3.2017.
8. Yrittäjät. 2014. Standardit. <https://www.yrittajat.fi/yrittajat/a/yrittajan-abc/yritystoinnin-abc/innovaatiot-ja-aineeton-omaisuus/standardit-317950>. 28.3.2017.
9. Suomen standardisoimisliitto SFS. 2014. Suspended ceilings. Requirements and test methods. Impact resistance. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/247235.html.stx>. 6.4.2017.
10. Hulkkonen, V. 2005. Pneumatiikan perusteita. <https://asiakas.kotisivukone.com/files/fluidfinland.kotisivukone.com/FluidKlinikat/9.pneumatiikan-perusteita.pdf>, 19.2.2017.
11. Ellman, A., Hautanen, J., Järvinen, K., & Simpura, A. 2002. Pneumatiikka. Helsinki: Edita Prima Oy.
12. Hautala, M. & Peltonen, H., 2007. Insinöörin (AMK) Fysiikka osa 1. Lahti: Lahden Teho-Opetus Oy.
13. Suvanto, K. 2003. Tekniikan fysiikka 1. Helsinki: Edita Prima Oy.
14. Tuomaala, J. 1995. Luova koneen suunnittelu. Jyväskylä: Tammertekniikka Ky.
15. Kleimola, M. 2014. Johdatus tuotekehitykseen: Tuotekehitystoiminta. Teoksessa Björk, T., Hautala, P., Huhtala, K., Kivioja, S., Kleimola, M., Lavi, M., Martikka, H., Miettinen, J., Ranta, A., Rinkinen, J. & Salonen, P. (toim.). Koneenosien suunnittelu. Helsinki: Sanoma Pro Oy. 10–14.
16. Vilkkä, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi.
17. Joen Nikkarituote. 2016. Täydenpalvelun LVI- ja sähkötalo vuodesta 2007. <https://www.nikkarituote.fi/>. 6.3.2017.
18. Valtanen, E. 2013 Tekniikan taulukkokirja. Jyväskylä: Genesis-kirjat Oy.
19. Pressure drop. 2017. Pressure drop. <http://www.pressure-drop.com/>. 7.3.2017.
20. Työsuojeluhallinto. 2017. Koneet ja työvälineet. <http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/koneet-ja-tyovalineet>. 6.4.2017.
21. Kankkunen, P. & Vehviläinen-Julkunen, K. 2013. Tutkimus hoitotieteessä. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
22. Kylmä, J. & Juvakka, T. 2007. Laadullinen terveystutkimus. Helsinki: Edita.
23. Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

PALLOTYKINKÄYTTÖOHJEET:

1. Huolehdi, että kaikilla laitteen ympärillä olevilla on kuulosuojaimet
2. Vie tykki haluttuun paikkaan ja lukitse pyörät
3. Laita käsipallo putkeen ja työnnä se pohjalle asti.
4. Kytke paineilmalähde Tema-liittimeen ja varmista, että sitä ennen oleva palloventtiili on kiinni-asennossa.
5. Lataa tykki vetämällä jälkimmäisen palloventtiilin (pikaventtiilin) kahva ylös jouta vastaan niin, että sen saa lukittua sokalla.
6. Sen jälkeen avaa ennen säiliötä oleva palloventtiili, jolloin paineilma pääsee kulkeutumaan säiliöön.
7. Paineenrajoittimessa olevasta painemittarista katsotaan, haluttu paine ja suljetaan palloventtiili.

7,0 bar = 16,5 m/s

4,0 bar = 8,0 m/s

8. Laukaisu tapahtuu vetämällä sokka irti jälkimmäisen palloventtiilin kohdalta.



OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTOSOPIMUS

Toimeksiantaja

Organisaation nimi:	Joen Nikkarituote Oy
Toimeksiantajan edustaja:	Marko Räsänen
Osoite:	Alasintie 2
Puhelinnumero:	050-3837400
Sähköposti:	Nikkarituote@nikkarituote.fi MARKO.RASANEN@NIKKARITUOTE.FI

Opiskelijan/opiskelijoiden tiedot

Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Opiskelijanumero(t) ja nimi(et):	1200954 1301278	Henri Hovatov Sami Särkiniemi
Puhelinnumero:	0504339183 Henri 0504925379 Sami	
Sähköposti:	Henri.hovatov@edu.karelia.fi Sami.p.sarkiniemi@edu.karelia.fi	

Toimeksiannon kuvaus

Aihe	Standardin mukainen pallotykki
Toteutusmuoto	Toiminnallinen
Aikataulu	Valmis keväällä 2017
Kustannusarvio ja kustannusvastuu	Kustannusvastuu Joen Nikkarituote Oy

Toimeksiantajan sitoumukset**Opiskelijan sitoumukset****Opinnäytetyön ohjaus Karelia-amk:ssa**

Ohjaaja(t):	Jukka Tulonen
-------------	---------------

Opinnäytetyön julkisuus

Opinnäytetyö on julkinen asiakirja ja se voidaan julkaista Theseus-verkkokirjastossa.

Allekirjoitukset

Päiväys 16.2 - 17	Opiskelijan allekirjoitus ja nimenselvennys Sami Särkiniemi Henri Hovatov SAMI SÄRKINIEMI Henri Hovatov
Päiväys 16.2 - 17	Toimeksiantajan edustajan allekirjoitus ja nimenselvennys Marko Räsänen
Päiväys 16.2 - 17	Opinnäytetyön ohjaajan allekirjoitus ja nimenselvennys Jukka Tulonen

Sami Särkiniemi ja Henri Hovatov	VAATIMUSLISTA PALLOTYKILLE	pvm. 2.1.2017
VAATIMUKSET	SUUREET	MERKITYS
<p>KIINTEÄT VAATIMUKSET:</p> <p>-Pallon nopeus vähintään</p> <p>-Paineilmalla toimiva</p> <p>-Ammuntakulma 90-60 astetta</p> <p>-Pallotykki valmis</p> <p>VÄHIMMÄISVAATIMUKSET:</p> <p>-Liikuteltavuus</p> <p>-Paino</p> <p>-Käyttömukavuus</p> <p>-Turvallisuus</p> <p>-Huolto</p> <p>TOIVOMUKSET:</p> <ul style="list-style-type: none"> Käyttöohjeet 	<p>16,5m/s</p> <p>maksimi 10 Bar</p> <p>portaattomasti säädettävä</p> <p>31.1.2017</p> <p>Pyörät</p> <p>Alle 80kg</p> <p>Pikaventtiili (sokkalaukaisu)</p> <p>Laadukkaat osat</p> <p>Osat helppo vaihtaa</p>	<p>III</p> <p>IV</p> <p>II</p> <p>IV</p> <p>I</p>
IV = ratkaiseva merkitys III = suuri merkitys	II = Jonkin verran merkitystä I = vähäinen merkitys	

TAPATURMAN VAARAT (T)

VAAROJEN TUNNISTAMINEN

Yritys: Karelia AMK	Arvioinnin kohde: Pallotykki
Päiväys: 25.1.2016	Tekijät: Sami Särkiniemi, Henri Hovatov

	Aiheuttaa vaaraa tai haittaa	Ei vaa- raa tai haittaa	Ei tietoa	Kommenteja ja tarkennuksia
Työympäristö				
T 1. Liukastuminen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 2. Kompastuminen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Paineilmajohto
T 3. Henkilön putoaminen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 4. Lukittuun tilaan loukkuun jääminen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 5. Sähköisku tai staattisen sähkön purkaus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ammuttaessa pieni sähkövaraus mahdollinen
T 6. Hapen puute	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 7. Veden varaan joutuminen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 8. Tavarankuljetukset ja muu liikenne	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 9. Järjestys ja siisteys	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maassa olevat johdot
Esineet ja aineet				
T 10. Esineiden putoaminen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 11. Esineiden kaatuminen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 12. Sortuminen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 13. Esineiden tai aineiden sinkoutuminen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pallo kimpoaa kohti
T 14. Liikkuvan esineen aiheuttama isku	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pallo kimpoaa kohti
T 15. Puristuminen esineiden väliin	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 16. Takertuminen liikkuvaan esineeseen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 17. Vilto-, leikkautumisvaara tai pisto-	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
T 18. Eläimen tai ihmisen toiminta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Arvioi riski	Seu- raa tilan- netta	Selvitä	

Lisätietoja:

Riskit mahdollisia lähinnä väärinkäytön tai toimintavikojen sattuessa.

TAPATURMAN VAARAT (T)**TOIMENPIDELOMAKE**

9.5.1	Vaaratilanteen kuvaus	Riski	Toimenpiteet	Vastuuhenkilö	Aikataulu	OK
	Pallo kimpoaa kohti	2	Turvaetäisyys			

Todennäköisyys

Seuraukset

	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1 Merkityksetön riski	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski
Mahdollinen	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski
Todennäköinen	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietämätön riski

FYSIKAALISET VAARATEKIJÄT (F)

VAAROJEN TUNNISTAMINEN

Yritys: Karelia AMK	Arvioinnin kohde: Pallotykki
Päiväys: 23.01.2016	Tekijät: Sami Särkiniemi, Henri hovatov

	Aiheuttaa vaaraa tai haittaa	Ei vaaraa tai haittaa	Ei tietoa	Kommentteja ja tarkennuksia
Melu				
F 1. Jatkuva melu	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 2. Iskumelu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>Ammuttaessa</u>
F 3. Työpaikan lämpötila	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 4. Yleisilmanvaihto ja kohdepoistot	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 5. Vetoisuus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 6. Kylmät tai kuumat esineet ja pinnat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 7. Työskentely ulkotiloissa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Valaistus				
F 8. Yleisvalaistus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 9. Kohdevalaistus työpisteissä	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 10. Ulkovaalaistus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Tärinä				
F 11. Käsiin kohdistuva tärinä	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>Jos laitteesta pitää kiinni</u>
F 12. Koko kehoon kohdistuva tärinä	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Säteilyt				
F 13. Ionisoiva säteily	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 14. Ultravioletti säteily (UV)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 15. Lasersäteily	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 16. Infrapunasäteily	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 17. Mikroaallot	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F 18. Sähkömagneettiset kentät	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Muita mahdollisia vaaratekijöitä?				
<u>Pallo osuu ympärillä oleviin ihmisiin</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>Pallo voi kimmota iostakin</u>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Arvioi	Seuraa	Selvitä	

Todennäköisyys

Seuraukset

	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1 Merkityksetön riski	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski
Mahdollinen	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski
Todennäköinen	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietämätön riski

Lisätietoja:

FYSIKAALISET VAARATEKIJÄT (F)**TOIMENPIDELOMAKE**

9.5.2 Vaaratilanteen kuvaus	Riski	Toimenpiteet	Vastuuhenkilö	Aikataulu	OK
Ammuttaessa palloa syntävä iskumainen melu	2	Kuulosuojainten käyttö			