

Antti Nissilä

URHEILUVÄLINEEN TUOTEKEHITYSTYÖ

URHEILUVÄLINEEN TUOTEKEHITYSTYÖ

Antti Nissilä
Opinnäytetyö
Syksy 2016
Kone- ja tuotantotekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

Tekijä: Antti Nissilä

Opinnäytetyön nimi: Urheiluvälineen tuotekehitystyö

Työn ohjaaja: Kai Jokinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2016

Sivumäärä: 23 + 1 liite

Opinnäytetyössä kehitettiin kuntosaliryttäjä Mika Kankaisen ideoima urheiluväline prototyypiksi. Urheiluvälinettä tulisi voida käyttää molemmissa käsissä esimerkiksi etunojapunnerruksessa tai pilateksessa. Projekti aloitettiin hahmottelemalla käteen sopiva kappale paperille, minkä jälkeen kappale mallinnettiin Autodesk® Inventor™ -ohjelmalla. Hahmotteluvaiheessa pohdittiin useita erilaisia vaihtoehtoja perinteisen käsipainon näköisestä kappaleesta puolipalloa muistuttavaan välineeseen.

Mallinnusprosessin aikana pohdittiin mahdollisia muovimateriaalivaihtoehtoja lujuusteknisten ominaisuuksien näkökulmasta. Kyseisen urheiluvälineen valmistusmateriaaleiksi voisivat sopia esimerkiksi termoelastit, polybutyleenitereftalaatti, polyamidi, akryyliniiriilbutadieenistyreeni. Opinnäytetyössä tutkittiin myös urheiluvälineen lattiapintaan kohdistamaa kosketusjännitystä lujuusopin kaavoja apuna käyttäen, jotta saataisiin näkemys kappaleen turvallisuudesta tyypillisille kuntosalin lattian pintamateriaaleille. Kosketusjännitystarkastelun tuloksena urheiluvälinettä voidaan käyttää vain betonipintaisilla lattiamateriaaleilla, mutta jos liikuntavälinettä halutaan käyttää puupintaisilla lattiamateriaaleilla, on lattiapinta suojattava tarkoitukseen soveltuvilla levyillä.

Toimeksiantajan pyynnöstä työssä käsiteltiin myös mahdollisia valmiin tuotteen suojausmenetelmiä. Tälle tuotteelle mahdollisia suojausmenetelmiä ovat muun muassa mallisuoja, hyödyllisyysmalli, patenti tai tavaramerkki. Projektin lopuksi 3D-mallista valmistettiin ensimmäinen prototyyppi pikamallinnuskoneella Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan laboratoriossa laborioteknikko Jari Mahlakaarron toimesta. Valmistukseen käytettiin Stratasys Dimension Elite -pikamallinnuskonetta ja aikaa valmistamiseen kului noin 17 tuntia. Prototyyppi valmistettiin ABS-muovista ja se tehtiin mittakaavassa 1:1. Lopullinen prototyyppi oli toimeksiantajan mielestä onnistunut muotoilultaan ja hyvin käteensopiva.

Asiasanat: tuotekehitys, CAD, pikamallinnus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TUOTEKEHITYS	6
3	TUOTTEEN MALLINTAMINEN	8
4	PROTOTYYPIN VALMISTAMINEN PIKAMALLINNUSMENETELMÄLLÄ.....	9
5	MATERIAALIVAIHTOEHTOJA	10
5.1	Materiaalit.....	10
5.1.1	Termoelastit, TPU, TPE-E.....	10
5.1.2	Polybutyleenitereftalaatti, PBT	10
5.1.3	Polyamidit, PA.....	10
5.1.4	Akryylinitriilibutadieenistyreeni, ABS	11
5.2	Materiaalivaihtoehtojen tekniset ominaisuudet	11
6	KOSKETUSJÄNNITYS.....	12
7	TUOTTEEN SUOJAAMINEN.....	13
7.1	Mallisuoja	13
7.2	Hyödyllisyysmalli	13
7.3	Patentti	14
7.4	Tavaramerkki.....	14
8	URHEILUVÄLINEEN TUOTEKEHITYS.....	15
8.1	Urheiluvälineen suunnittelu	15
8.2	Kosketusjännityksen laskeminen.....	18
8.2.1	Voiman vaikutus kosketusjännitykseen.....	19
8.2.2	Vierintäelimen halkaisijan vaikutus kosketusjännitykseen.....	20
8.3	Prototyypin valmistaminen.....	21
9	YHTEENVETO	22
	LÄHTEET.....	23
	LIITTEET	
	Liite 1 Mathcad-laskut	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana on oululainen liikuntaohjaaja Mika Kankainen. Tavoitteena on suunnitella Kankaisen ideoima urheiluväline. Urheiluvälinettä tullaan käyttämään esimerkiksi etunojapunnerruksessa tai pilateksessa.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tuotekehitysprojektin osa-alueista tuotteen mallintamiseen Autodesk® Inventor™ -ohjelmalla. Lisäksi esitellään mahdollisia valmistusmateriaaleja ja niiden ominaisuuksia sekä tarkastellaan urheiluvälineen lattiapintaan kohdistamaa kosketusjännitystä. Opinnäytetyöprojektin lopuksi tuotteesta on tarkoitus valmistaa prototyyppi pikamallinnusmenetelmää hyödyntäen. Tilaajan toiveesta työssä on perehdytty myös valmiin tuotteen kannalta mahdollisiin tuotesuojausmenetelmiin.

2 TUOTEKEHITYS

Tuotekehityksellä tarkoitetaan toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai paranneltu tuote. Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi, joka sisältää muun muassa ideoinnin, kehitysnäkömyiden, markkinoiden ja muiden tuotekehityshankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittämisen, tuotteen luonnostelun, suunnittelun ja mallinnuksen, käyttöohjeiden laatimisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen. (Jokinen 2001, 9.) Tärkeimpänä vaiheena pidetään suunnitteluprosessia eli rakenneratkaisujen ideointia, muotoilua ja tuotteen ominaisuuksien sekä kustannusten analysointia (Hietikko 2008, 42).

Suunnitteluprosessi aloitetaan kartoittamalla tuotteelta vaadittavat toiminnot:

- konseptitason suunnittelu eli tuotteen koon ja muodon karkea määrittely
- mallinnus ja analysointi
- valitun mallin arviointi
- toimintojen optimointi (Ashby 1999, 8).

Konseptitason suunnittelussa etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuja kehitettävälle tuotteelle. Tässä vaiheessa ei vielä tehdä yksityiskohtaisia mittakaavallisia piirustuksia vaan luonnokset ovat ratkaisuperiaatteita selventäviä, enimmäkseen käsivaraisesti piirrettyjä. Tämän vaiheen tärkeimpiä työmenetelmiä ovat erilaiset luovaan insinööriyön tekemiseen soveltuvat ideointimenetelmät. Tuotteen luonnosteluun sisältyy samoja työvaiheita kuin päätöksenteossa tai ongelmanratkaisussa yleensä käytetään. Vaiheita ovat muun muassa ongelman havaitseminen, asiatietojen hankinta ja ongelman analysointi, vaatimusten ja tavoitteiden laatiminen, ratkaisuideoiden etsiminen, ideoiden karsiminen ja valittujen ratkaisujen testaus. (Jokinen 2001, 21.)

Kehitettäessä ideoita edelleen suunnittelutyö muuttuu aikaisempaa laskennallisemmaksi ja kokeellisemmaksi. Tässä kohtaa käydään läpi esimerkiksi seuraavanlaisia työvaiheita ja tehtäviä: etsitään ratkaisuille päteviä matemaattiset lainalaisuudet, tehdään esikokeita perusominaisuuksien määrittämiseksi ja tarkastellaan ideoiden tuotesuojaamisen mahdollisuuksia. Tämän lisäksi selvitetään esimerkiksi valmistusteknologiaa ja raaka-aine-vaihtoehtoja. (Jokinen 2001, 75.)

Luonnosteluvaiheen lopuksi valitaan lupaavin vaihtoehto, josta kehitetään lopullinen markkinoitava tuote. Kehittely aloitetaan luomalla mittakaavassa oleva malli. Tässä vaiheessa käydään läpi

tuotteelle asetetut vaatimukset ja tavoitteet, kuten mittavaatimukset, ergonomia ja toiminnalliset vaatimukset sekä materiaalivaatimukset. (Jokinen 2001, 89–90.) Suunnittelussa käytettävillä työvälineillä on suuri merkitys lopullisen tuotteen kannalta. Nykypäivänä tietokone on tehokkain ja eniten käytetty työväline. Suunnittelua voidaan optimoida käyttämällä sopivia välineitä ja ohjelmia. Esimerkiksi 3D-mallinnusohjelmilla voidaan piirtää näkyvää geometriaa ja analysoida ja simuloida rasituksia mallin haluttuihin kohtiin. (Tuhola – Viitanen 2008, 13–14.)

Viimeistelyllä tarkoitetaan työvaihetta, jossa kehitellystä mallista tehdään tarvittavat piirustukset, selitykset sekä asennus- ja käyttöohjeet, joita tarvitaan tuotteen valmistukseen ja käyttämiseen. Tässä vaiheessa päätetään lopullisesti esimerkiksi käytettävistä raaka-aineista ja valmistustavoista. Tuotteesta voidaan tehdä prototyyppi, jonka avulla voidaan selvittää tuotteen teknisiä ja taloudellisia ominaisuuksia. Prototyyppivaiheeseen kuuluu suunnittelu, valmistus, testaus sekä tulosten analysointi ja suunnitelmien tarkistaminen. Prototyyppiä voidaan tehdä useita esimerkiksi jo luonnosteluvaiheessa. Tuotekehitystyö ei lopu tuotannon alkaessa, vaan tuotetta tulisi kehittää käyttökokemusten ja asiakaspalautteiden perusteella kilpailukykyiseksi. (Jokinen 2001, 96–99.) Jatkossa perehdytään tarkemmin tuotekehitystyön niihin vaiheisiin, jotka ovat olennaisia tämän työn kannalta.

3 TUOTTEEN MALLINTAMINEN

3D-mallinnuksella tarkoitetaan tuotteiden suunnittelua kolmiulotteisesti (Tuhola – Viitanen 2008, 17). 3D-mallintaminen on viime vuosina kehittynyt merkittäväksi suunnittelutavaksi. Sen avulla voidaan pitkällä aikavälillä säästää huomattavia kustannuksia esimerkiksi uusia tuotteita suunniteltaessa ja prototyyppejä valmistettaessa. 3D-mallinnusta voidaan käyttää tuotekuvien tekemiseen sekä osien yhteensovittamiseen ja rakenteiden toimivuuden varmistamiseen. 3D-ohjelmien avulla tehtyjä malleja voidaan käyttää tehokkaasti myös lujuustarkastelumallien luomiseen ja pohjatietona lujuusanalyseille. (Tuhola – Viitanen 2008, 13.)

3D-mallinnus on prosessi, joka alkaa lähtötietojen kartoittamisesta. Lähtökohta voi olla idea, valmis luonnos tai jopa valmis tuote tai toimeksianto, jota aletaan työstää edelleen. Tämän jälkeen tehdään esivalmisteluja eli syötetään järjestelmään pohjatiedot ja tarvittavat määrittelyt. Varsinainen mallintaminen on itsessään vielä monitahoinen prosessi. Mallintamisen aikana mallia tulee tarkastella kriittisesti eri tavoin, jotta varmistutaan lopullisen tuotteen laadusta ja siitä, että se on suunnitelmien mukainen. Prosessiin kuuluukin usein muutos- ja korjausvaiheita, joita tehdään esimerkiksi lujuustarkasteluiden jälkeen. Kaikki vaiheet tähtäävät siihen, että lopullisesta tuotteesta saadaan toimiva kokonaisuus, joka vastaa annettua toimeksiantoa. (Tuhola – Viitanen 2008, 19-20.)

4 PROTOTYYPIN VALMISTAMINEN PIKAMALLINNUSMENETELMÄLLÄ

Pikamallinnuksella tarkoitetaan sitä, että 3D CAD -aineistosta valmistetaan konkreettinen kiinteä kappale ilman lastuavaa työstöä tai käsityötä (Syrjälä – Tuomi 1997, 1). Pikamallinnustekniikoita on nykyään useita, esimerkiksi sulasta materiaalista pursottavat kuten Fused Deposition Modeling, FDM, nestettä kovettavat, esimerkiksi Stereolitografia, SLA, sekä pulverista sintraamalla valmistavat, muun muassa Selective Laser Sintering, SLS (Tietoa eri tulostustekniikoista ja termeistä. 2016). Tässä opinnäytetyössä suunniteltu liikuntaväline mallinnettiin Stratasys Dimension Elite -pikamallinnuskoneella, joka käyttää FDM-tekniikkaa.

FDM-tekniikka perustuu siihen, että sulaa ohutta muovi- tai vahanauhaa pursotetaan tulostusalueelle kerroksittain. Tulostuspää ohjaa sulan nauhan oikeaan kohtaan ja aina kerroksen valmistuttua työtaso liikkuu kerrospaksuuden verran alaspäin. Tämä toistetaan, kunnes koko kappale on tulostettu valmiiksi. Kun kappale on tulostettu valmiiksi ja se on jäähtynyt, pinta voidaan haluttaessa viimeistellä. Menetelmällä voidaan valmistaa kohtalaisen lujia kappaleita. (Syrjälä – Tuomi 1997, 35 - 38; Tietoa eri tulostustekniikoista ja termeistä. 2016.)

5 MATERIAALIVAIHTOEHTOJA

Lopullinen tuote valmistetaan muovista, joten tässä luvussa käsitellään eri muovilaatuja, jotka voisivat soveltua tarkoitukseen. Oikean muovilaadun valinta on monimutkainen prosessi, jossa tulee huomioida muun muassa mekaaniset ominaisuudet sekä työstettävyys. (Järvinen – Jokinen – Teppola – Mannermaa 2008, 198.)

5.1 Materiaalit

5.1.1 Termoelastit, TPU, TPE-E

Termoelastit ovat kumimaisia kestumuoveja tai muovin ja kumin seoksia. Niitä voidaan seostaa muihin muoveihin esimerkiksi iskulujuuden lisäämiseksi. Termoelasteilla on erittäin monipuoliset ominaisuudet ja tyyppejä on kymmeniä. Termoelasteja käytetään muun muassa matkapuhelimien iskunkestävissä kuorissa. Termoelastit soveltuvat pintamateriaaliksi. (Järvinen ym. 2008, 99, 104–105.)

5.1.2 Polybutyleenitereftalaatti, PBT

Polybutyleenitereftalaatti on polyesteri, jota käytetään teknisenä muovina ja ruiskuvalupolymeerinä. PBT on lämmönkestävä, sitkeä ja jäykkä muovi, eikä se ime kosteutta. PBT:n käyttökohteita ovat muun muassa kattilan kahvat, saksien muoviosat ja vedenkeittimien lämmönkestävät osat. PBT:n pinnanlaatu on hyvä. (Järvinen ym. 2008, 95–97.)

5.1.3 Polyamidit, PA

Polyamidit ovat teknisiä muoveja, joista valmistetaan muun muassa kirveen varsia tai erilaisia koneenosia, kuten hammaspyöriä tai liukulaakereita. Polyamidiin voidaan seostaa esimerkiksi lasikuitua, jolloin saadaan erittäin jäykkää ja kestävää muovia. (Järvinen ym. 2008, 84–85, 136–137.)

5.1.4 Akrylinitriilibutadieenistyreeni, ABS

Akrylinitriilibutadieenistyreeni on iskunkestävä polymeeri. ABS-muovia käytetään muun muassa Lego-palikoissa, koneiden koteloidissa sekä henkilöautojen puskureissa. (Muovitieto.) ABS soveltuu hyvin elektroniikan ja laitteollisuuden tarpeisiin pinnanlaadun ja mittatarkkuuden vuoksi (Järvinen ym. 2008, 67).

5.2 Materiaalivaihtoehtojen tekniset ominaisuudet

Aiemmassa luvussa on esitelty kehitettävään liikuntavälineeseen soveltuvia muovilaatuja. Taulukossa 1 on eritelty näiden materiaalivaihtoehtojen teknisiä ominaisuuksia vetolujuuden, tiheyden, kimmomoduulin ja käyttölämpötilan osalta.

TAULUKKO 1. Muovien teknisiä ominaisuuksia (Thermoplastic polyurethane elastomers (TPU). 2012, 8; PBT GF30. 2016, 1; PA6. 2016, 1; ABS. 2016, 1.)

Materiaali	Vetolujuus	Tiheys	Kimmomoduuli	Käyttölämpötila
TPU (Elastollan © AC 85 A HPM)	50 MPa	1,19 g/cm ³		
PBT GF30	46 MPa	1,46 g/cm ³	3 400 MPa	<110°C
PA 6	76 MPa	1,14 g/cm ³	3 250 MPa	<100°C
ABS	32 MPa	1,04 g/cm ³	1 700 MPa	<80°C

6 KOSKETUSJÄNNITYS

Kun kaksi kaarevaa pintaa puristuu vastakkain tietyllä voimalla, muodostuu kosketuskohtaan kosketuspinta. Kosketuspinnan alueella vaikuttaa kosketuspaine, jonka suurin arvo löytyy pinnan keskeltä. Kosketusjännityksen laskemiseksi on olemassa valmiiksi johdettuja kaavoja erityistapauksille, ja näissä tapauksissa kosketusjännityksen maksimiarvon tarkastelu on hieman perustapausta yksinkertaisempaa. (Saarineva 1995, 13.1.) Tässä tapauksessa voitiin käyttää valmiiksi johdettuja kaavoja, koska toinen pinnoista oli tasomainen (Valtanen 2013, 366). Liikuntavälineen lattiapintaan kohdistamaa kosketusjännitystä voidaan tarkastella kaavan 1 ja SFS-EN-1569:1999-standardin (SFS-EN-1569:1999. 2001, 4) mukaista suurinta lattiapinnan kestämiä kosketusjännitystä kaavan 2 avulla.

KAAVA 1. Kosketusjännitys, pallo + taso (Valtanen 2013, 366)

$$p_0 = 0,918 \sqrt[3]{\frac{F}{D^2 \left(\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)^2}}$$

KAAVA 2. Kosketusjännitys, sylinteri + taso (Valtanen 2013, 368)

$$p_0 = 0,798 \sqrt[2]{\frac{F}{DL \left(\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right)}}$$

p_0 = maksimikosketuspaine

F = kappaleeseen kohdistuva voima

E = kimmomoduuli

D = pallon tai sylinterin halkaisija

L = sylinterin pituus

ν = Poissonin vakio

7 TUOTTEEN SUOJAAMINEN

Toisten kehittämien tuotteiden kopioimisen ja hyväksikäytön estämiseksi on kehitetty erilaisia laissa säädettyjä suojamuotoja (Jokinen 2001, 137). Näitä ovat esimerkiksi patenttisuoja, mallisuoja, hyödyllisyysmalli, tekijänoikeus ja tavaramerkki (Jokinen 2001, 137; Patentit. 2016). Eri suojamuodoilla on oma tarkoituksensa. Joskus voidaan käyttää hyödyksi useampaakin suojamuotoa. (Jokinen 2001, 137). Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyössä esiteltävän tuotteen kannalta olennaisimpia suoja.

7.1 Mallisuoja

Mallisuoja eli mallioikeus suojaa tuotteen tai sen osan muotoa (Mallioikeudet. 2011). Mallioikeuslain perusteella voi saada yksinoikeuden esineen ulkomuotoon samaan tapaan kuin patenttilain perusteella voi saada yksinoikeuden ideaan (L 12.7.2002/596). Jotta mallin voi rekisteröidä, sen on oltava luovan työn tulos, joka on uusi ja eroaa olennaisesti aikaisemmista malleista ja jolle ei ole laissa määritettyä rekisteröinnin estettä. Mallisuojaa voi käyttää yhdessä patentin kanssa, jos mallin rekisteröimishakemus ja patenttihakemus jätetään yhtä aikaa. (Jokinen 2001, 145–147.) Mallin rekisteröinti voi olla voimassa enintään 25 vuotta (L12.7.2002/596).

7.2 Hyödyllisyysmalli

Hyödyllisyysmalli on patenttia nopeampi ja halvempi tapa suojata keksintö. Se on myös hyvä vaihtoehto sellaiselle keksinnölle, joka ei välttämättä täytä patentin vaatimuksia, sillä ero tunnettuihin ratkaisuihin voi olla pieni. (Hyödyllisyysmalliopas. 2012, 4.)

Hyödyllisyysmallin keksinnöllisyydestä täytyy itse varmistua, sillä patentti- ja rekisterihallitus ei sitä tutki ilman erillistä maksullista menettelyä. Näin suojan saa nopeammin, mutta tällöin kuka tahansa voi vaatia hyödyllisyysmallin mitätöimistä esimerkiksi sen vuoksi, ettei keksintö ole uusi. (Hyödyllisyysmalliopas. 2012, 8.) Hyödyllisyysmallisuoja voi olla voimassa enintään 10 vuotta (L 7.11.2008/700).

7.3 Patentti

Patentti on tärkein keksintöjen suojamuoto (Patentti- ja rekisterihallitus 2003, 4). Patentti myönnetään vain sellaiseen keksintöön, joka on täysin uusi eikä ole tullut tunnetuksi ennen patenttihakemuksen tekemispäivää. Toinen edellytys patentille on, että se eroaa olennaisesti aikaisemmin tunnetusta. (L 18.11.2005/896.) Patentti täytyy anoa patentti- ja rekisterihallitukselta patenttilaissa ja -asetuksessa määrättyllä tavalla (Jokinen 2001, 137).

Patentti antaa keksijälle yksinoikeuden hyödyntää keksintöään kaupallisesti määräajan (Patentti- ja rekisterihallitus 2003, 4). Patentti säilyy voimassa 20 vuotta hakemuksen jättämisestä, edellyttäen että vuosimaksut maksetaan (L 6.6.1980/407). Patentti ei kuitenkaan yksistään anna lupaa hyödyntää keksintöä, koska se voi olla riippuvainen muista patenteista. Patentinhaltijan täytyy itse valvoa, ettei kukaan riko hänen yksinoikeuttaan keksintöön. (Patentti- ja rekisterihallitus 2003, 4.) Patenttia voi hyödyntää käyttämällä sitä itse, myymällä patentin tai myymällä siihen valmistusoikeuden eli lisenssin (Jokinen 2001, 143).

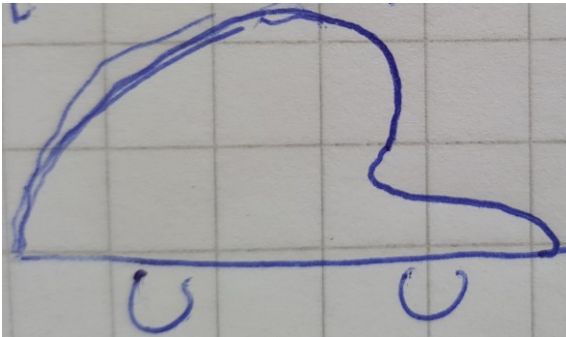
7.4 Tavaramerkki

Tavaramerkillä voi suojata sanan, tunnuksen, kuvion tai tavarän päällyksen muodon, kunhan se on esitettävissä graafisesti. Tavaramerkki on voimassa kymmenen vuotta kerrallaan, ja sen voi kirjallisella hakemuksella uudistaa aina kymmeneksi vuodeksi eteenpäin. (L 10.1.1964/7.) Tavaramerkkisuojan voi saada joko rekisteröimällä tai vakiinnuttamalla. Rekisteröinti tapahtuu patentti- ja rekisterihallituksessa. Edellytyksenä on, että tavaramerkki poikkeaa olennaisesti jo olemassa olevista rekisteröidyistä ja vakiintuneista merkeistä sekä toisten toiminimistä. Esimerkiksi yleisnimiä, jotka kertovat mistä tavaralajista on kyse, ei voi rekisteröidä. Vakiinnuttamisella tarkoitetaan sitä, että merkki on asianomaisissa elinkeino- ja kuluttajapiireissä yleisesti tunnettu merkinhaltijan tavaroiden erityisenä merkinä. (Jokinen 2001, 152.)

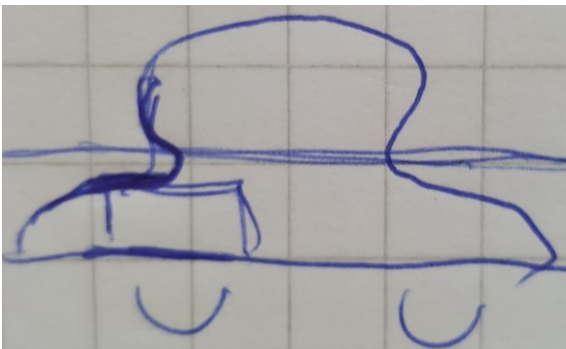
8 URHEILUVÄLINEEN TUOTEKEHITYS

8.1 Urheiluvälineen suunnittelu

Urheiluvälineen suunnittelu aloitettiin miettimällä karkeasti käteen sopivaa muotoa ja lähtökohdaksi otettiin puolipallo, jossa tilaajan sanoin tulisi olemaan ”mullinsilmäakereita”. Alustavat piirrokset tehtiin lyijykynällä ruutupaperille (kuva 1 ja kuva 2), ja kun sopivia muotoja alkoi löytyä, alettiin niistä luomaan kolmiulotteista mallia Autodesk® Inventor™ -ohjelmalla.

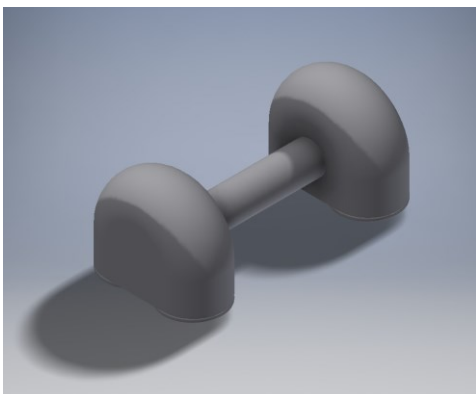


KUVA 1. Ensimmäinen hahmotelma

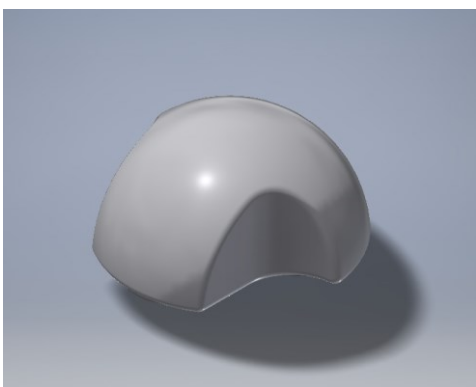


KUVA 2. Ensimmäinen hahmotelma

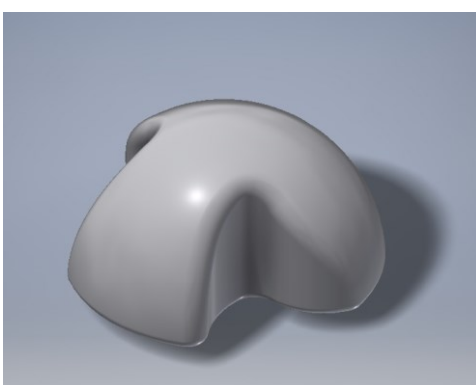
Suunnittelun edetessä pohdittiin puolipallon lisäksi muutamia muitakin mahdollisuuksia (kuvat 3 - 5), jotka kuitenkin hylättiin jo varhaisessa vaiheessa niitä pidemmälle kehittämättä.



KUVA 3. Käsipainosta muokattu laite

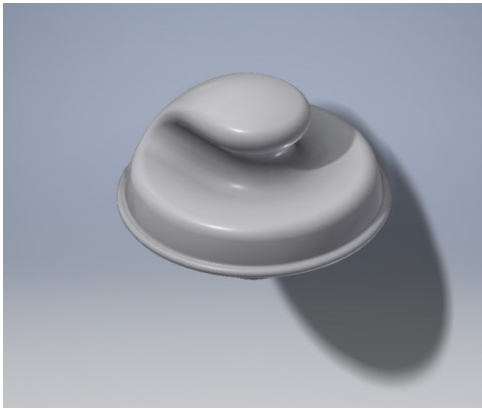


KUVA 4. Pallosta muokattu laite



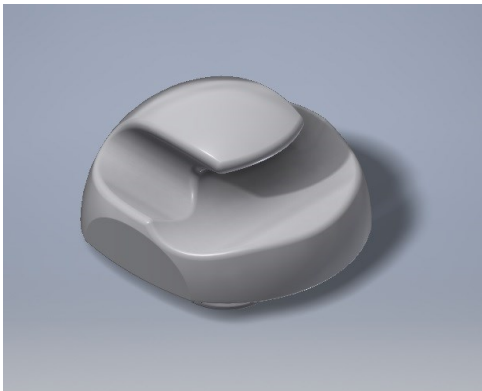
KUVA 5. Pallosta muokattu toinen vaihtoehto

Lopullista muotoa haettiin käsivaralta piirretyistä hahmotelmista, joiden todettiin olevan tarkoitukseen soveltuvia (kuva 6).

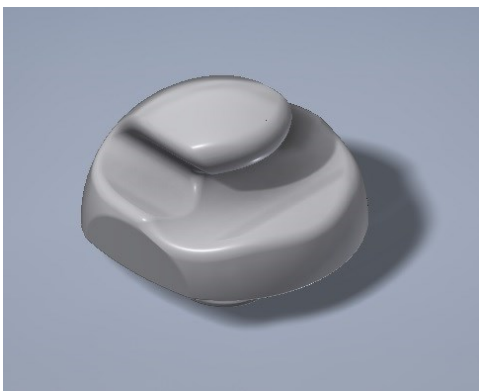


KUVA 6. Lopullinen muoto alkaa hahmottua

Valmista 3D-mallia muokattiin useaan kertaan (kuva 7) ja viimein saatiin toimeksiantajaa tyydyttävä muoto valmiiksi (kuva 8).

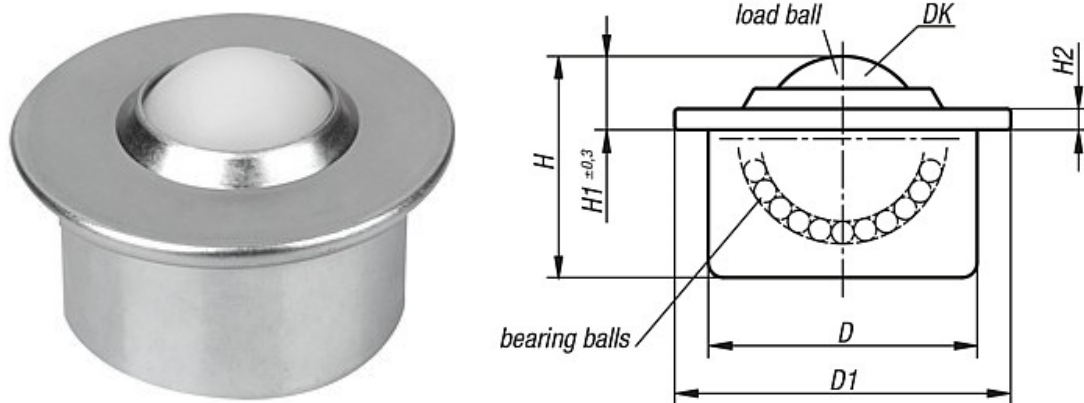


KUVA 7. Lähes valmis



KUVA 8. Lopullinen muoto löytyi lopulta

Urheiluvälineen laakerointi toteutettiin käyttämällä ball transfer unit -laakeriyksiköitä. Näitä laakeriyksiköitä löytyy monelta eri valmistajalta ja materiaalivaihtoehtoja on useita. Tuotteeseen valittiin Norelem 95152-130 -tyyppinen laakeriyksikkö (kuva 9), koska siitä löytyi sopivan kokoinen ja sopivaa materiaalia oleva vierintäelin. Vierintäelimen materiaali on nylon (PA66). Nylon vierintäelimen materiaalina on terästä sopivampi, koska nylonin kimmomoduuli on paljon terästä pienempi ja näin ollen lattiaan kohdistuva kosketusjännitys pysyy pienempänä kuulan jousaessa enemmän. Valitun laakeriyksikön vierintäelimen halkaisija on 30 millimetriä ja sen kuormankantokyky on 250 newtonia.



KUVA 9. Ball transfer unit -laakeriyksikkö (Norelem 2016)

8.2 Kosketusjännityksen laskeminen

Kosketusjännityksen eli pintapaineen laskeminen katsottiin tarpeelliseksi, jotta voitiin tarkastella urheiluvälineen lattiaan kohdistamaa kosketusjännitystä ja mahdollisia lattiaan käytöstä syntyviä vaurioita. Liikuntasalien lattioiden kestävyyttä mitataan SFS-EN-1569:1999 -normin (SFS-EN-1569:1999. 2001, 4) mukaisesti ja pienin sallittu pyöräkuorman kesto on 1 500 newtonia. Tätä arvoa käytettiin maksimiarvona, jotta nähtäisiin, vaurioituuko puupintainen lattia urheiluvälineen alla. Kaavalla 1 on laskettu kosketusjännitystä, joka kohdistuu urheiluvälineestä lattiaan käytön aikana. Käytetty kaava huomioi koskettavien pintojen erilaiset materiaaliominaisuudet, jotta tuloksesta saadaan mahdollisimman luotettava. Laskut kokonaisuudessaan liitteessä 1.

$$p_0 = 0,918^3 \sqrt{\frac{147,15N}{30^2 * \left(\frac{1 - 0,04^2}{12,62 GPa} + \frac{1 - 0,4^2}{3GPa} \right)^2}} = 99,356 MPa$$

Seuraavassa on lueteltu laskennassa käytetyt lähtöarvot:

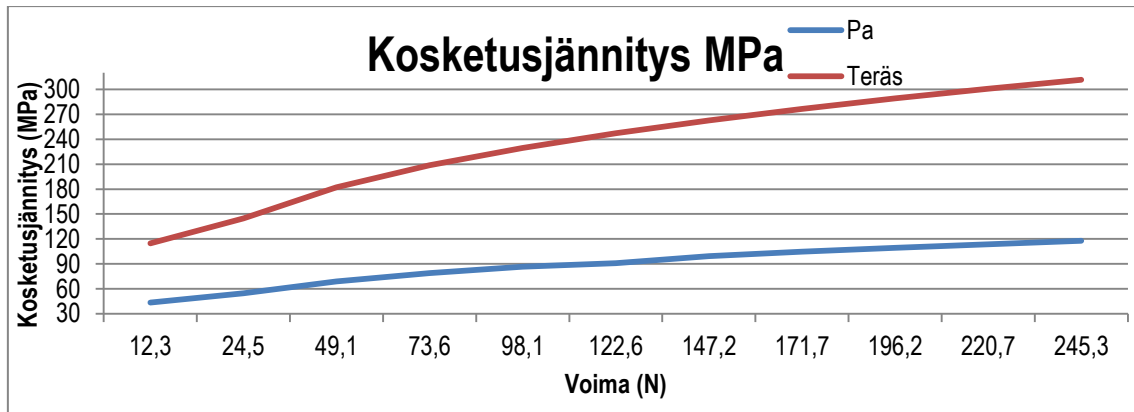
- Voima F = 147,15 N on urheiluvälineen yhdelle vierintäelimelle kohdituva voima.
- Halkaisija D = 30 mm on vierintäelimen kuulan halkaisija.
- Poissoninvakio $\nu = 0,04$ on puisen lattiamateriaalin arvo.
- Poissoninvakio $\nu = 0,4$ on vierintäelimen arvo.
- Kimmomoduuli E = 12,62 Gpa on puisen lattiamateriaalin arvo.
- Kimmomoduuli E = 3 Gpa on vierintäelimen arvo.

Kaavassa 2 on sijoitettuna SFS-standardin antamat lähtöarvot:

$$p_0 = 0,798^2 \sqrt{\frac{750N}{99mm * 29,7mm * \left(\frac{1 - 0,04^2}{12,62 GPa} + \frac{1 - 0,28^2}{210 GPa} \right)}} = 44,105 MPa$$

8.2.1 Voiman vaikutus kosketusjännitykseen

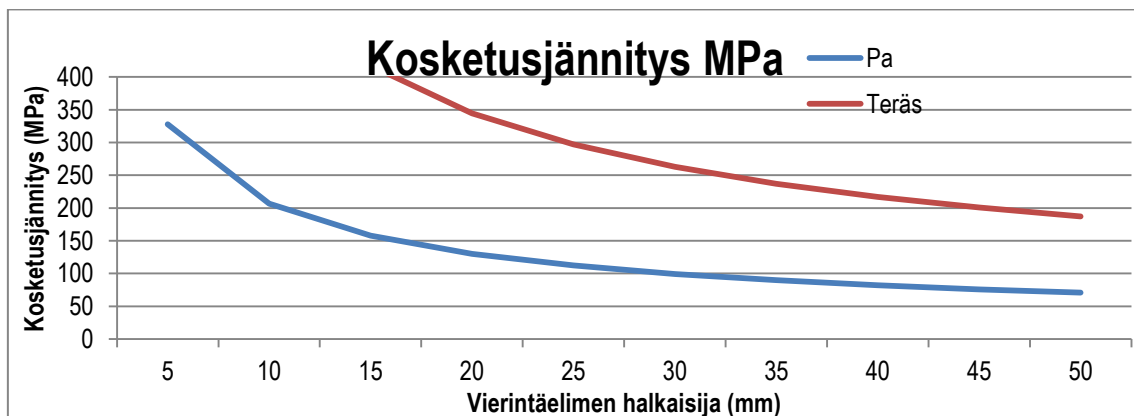
Kuvassa 10 on tutkittu voiman vaikutusta kosketusjännitykseen verraten samalla vierintäelimien materiaaleja eli terästä ja nylonia. Kuvasta voidaan todeta, että voiman suhde kosketusjännitykseen on melko lineaarinen ja että teräksisen vierintäelimen kosketusjännitys on huomattavasti suurempi kuin nylonista valmistetun. Ero on noin 2–3-kertainen riippuen käytetystä voimasta. Voiman arvot on laskettu siten, että jokainen taulukossa esitetty voima vastaa liikuntavälineen kuormituksen lisäämistä 10 kilogrammalla välillä 10–100 kg, poikkeuksena aloituksessa käytetty 5 kg (=12,3N).



KUVA 10. Voiman vaikutus kosketusjännitykseen

8.2.2 Vierintäelimen halkaisijan vaikutus kosketusjännitykseen

Kuvassa 11 on tarkasteltu vierintäelimen halkaisijan vaikutusta kosketusjännitykseen materiaali huomioiden. Kaaviosta voidaan todeta, että vierintäelimen halkaisijan kasvattaminen pienentää kosketusjännitystä eksponentiaalisesti ja että teräs vierintäelimen materiaalina saa aikaan huomattavasti suuremman kosketusjännityksen kuin nylon. Kaavion alkupäätä on leikattu, koska 5 mm halkaisijalla olevan teräskuulan kosketusjännitys on 867,8 megapascalia (MPa).



KUVA 11. Vierintäelimen halkaisijan vaikutus kosketusjännitykseen.

8.3 Prototyypin valmistaminen

Prototyypin valmisti Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan pikamallinnuksen laboratoriossa laboratorioteknikko Jari Mahlakaarto. Valmistamiseen käytettiin Stratasys Dimension Elite -pikamallinnuskonetta ja aikaa valmistamiseen kului noin 17 tuntia. Prototyyppi valmistettiin ABS-muovista ja se tehtiin mittakaavassa 1:1.

9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa prototyyppi toimeksiantaja Mika Kankaisen ideoimasta urheiluvälineestä. Urheiluvälinettä on tarkoitus käyttää molemmissa käsissä muun muassa etunojapunneruksessa ja pilateksessa. Työssä tarkasteltiin mahdollisia valmistumateriaaleja, lopputuotteen tuotesuojausmenetelmiä ja tuotteen liikuntasalin lattiaan kohdistamaa kosketusjännitystä. Projektin lopuksi valmistettiin pikamallinne urheiluvälineestä.

Urheiluvälineen suunnittelu aloitettiin piirtämällä ruutupaperille muutamia alustavia kuvia, joista alettiin muokkaamaan lopullista tuotetta 3D-mallinnusohjelmalla. Alkuvaiheessa suunnittelin viisi eri tyyppistä tuotetta, joista toimeksiantaja valitsi mieluisimman jatkokehitystä varten. Jatkokehitysvaiheessa tuotteen muotoja hiottiin vähä vähältä pohtien muotojen istuvuutta loppukäyttäjien käteen. Haasteena muotoilulle on se, että tuotteen tulee soveltua kaikenkokoisille käyttäjille. Kun tuote oli mielestämme muotoiltu ergonomiseksi ja myyvän näköiseksi, seuraava vaihe oli valmistaa prototyyppi, jotta tuotetta päästäisiin fyysisesti kokeilemaan. Prototyyppi valmistettiin laborioteknikko Jari Mahlakaarron toimesta Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan pikamallinnuslaboratoriossa FDM-tulostusmenetelmää käyttäen. Valitettavasti en itse päässyt mukaan tulostusprosessiin. Lopullinen prototyyppi oli toimeksiantajan mielestä onnistunut muotoilultaan ja istui hyvin käteen.

Haastavinta projektissa oli tarkastella urheiluvälineen lattiaan kohdistamaa kosketusjännitystä ja arvioida sen liikuntasalien lattiamateriaaleihin mahdollisesti aiheuttamia vaurioita. Lattiamateriaalien suoranaisia kosketusjännitysten kestoja ei ilmoiteta, vaan lattiamateriaalien kestävyyttä mitataan standardoidulla testillä, jossa tiettyä kuormaa liikutellaan useita kertoja lattiapinnan päällä ja lopuksi mitataan lattiapintaan syntyneet vauriot. Työssä jouduttiin arvioimaan tällaisen testin aiheuttamaa kosketusjännitystä, jotta saatiin vertailuarvot oman tuotteen turvallisuuden arvioimiseksi. Laskuista käy ilmi, että urheiluvälineen lattiaan kohdistama kosketusjännitys on noin kaksinkertainen verrattuna SFS-standardin lattiankesto mittaavaan minimikeston. Tämän vuoksi joudutaan asettamaan rajoja urheiluvälineen käytölle. Vaurioiden välttämiseksi urheiluvälinettä ei suositella käytettäväksi tiloissa, joissa on puupintainen lattia, tai vaihtoehtoisesti lattiapinta on suojattava tarkoitukseen soveltuvalla suojamateriaalilla. Kovilla lattiapinnoilla käyttö sen sijaan on vaaratonta.

LÄHTEET

ABS. 2016. Villingen-Schwenningen: Schmidt + Bartl. Saatavissa: www.schmidt-bartl.de/content/pdfs/halbzeuge/technischdatenblaetter/ABS.pdf. Hakupäivä 28.11.2016.

Ashby, Michael F. 1999. Materials selection in mechanical design second edition. Englanti: Elsevier.

Hietikko, Esa 2008. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

Hyödyllisyysmalliopus. 2012. Helsinki: Patentti- ja rekisterihallitus. Saatavissa: <https://www.prh.fi/stc/attachments/patentinliitteet/hmopus.pdf>. Hakupäivä 5.5.2016.

Jokinen, Tapani 2001. Tuotekehitys. Helsinki: Otatieto.

Järvinen, Pasi – Jokinen, Liisa – Teppola, Kari – Mannermaa, Tuula 2008. Uusi muovitieto. Söderkulla: Muovifakta.

L 10.1.1964/7. Tavaramerkkilaki.

L 12.7.2002/596. Mallioikeuslaki.

L 18.11.2005/896. Patenttilaki.

L 6.6.1980/407. Patenttilaki.

L 7.11.2008/700. Laki hyödyllisyysmallioikeudesta.

Mallioikeudet. 2011. Helsinki: Patentti- ja rekisterihallitus. Saatavissa: <https://www.prh.fi/fi/mallioikeudet/mallinrekisteroiminen/yleista.html>. Hakupäivä 5.5.2016

Muovitieto. Helsinki: Muoviteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto>. Hakupäivä 5.5.2016

Norelem. 2016. Saatavissa: http://www.norelem.com/xs_db/BILD_DB/9/www/30242/95152.jpg.
Hakupäivä 30.8.2016

PA6. 2016. Villingen-Schwenningen: Schmidt + Bartl. Saatavissa: www.schmidt-bartl.de/content/pdfs/halbzeuge/technischdatenblaetter/PA_6.pdf. Hakupäivä 28.11.2016

Patentit. 2016. Helsinki: Patentti- ja rekisterihallitus. Saatavissa: <https://www.prh.fi/fi/patentit.html>.
Hakupäivä 27.4.2016.

Patenttiopas. 2003. Helsinki: Patentti- ja rekisterihallitus. Saatavissa: https://www.prh.fi/stc/attachments/patentinliitteet/Patenttiopas_2003.pdf. Hakupäivä 27.4.2016.

PBT GF30. 2016. Villingen-Schwenningen: Schmidt + Bartl. Saatavissa: http://www.schmidt-bartl.de/content/pdfs/halbzeuge/technischdatenblaetter/PBT_GF30.pdf. Hakupäivä 28.11.2016.

Thermoplastic polyurethane elastomers (TPU). 2012. Lemförde: BASF Polyurethanes GmbH. Saatavissa: <http://www.polyurethanes.basf.com>. Hakupäivä 28.11.2016.

Tietoa eri tulostustekniikoista ja termeistä. 2016. Lahti: Rp-Case. Saatavissa: <http://rpcase.fi/Sovellukset/Tietoa-eri-tekniikoista>. Hakupäivä 12.6.2016.

Saarineva, Jarmo 1995. Lujusoppi: peruskurssi. Tampere: Pressus.

SFS-EN-1569:1999. 2001. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Syrjälä, Seppo – Tuomi, Jukka 1997. Rapid prototyping – Mallien, prototyyppien ja työkalujen pikavalmistus. Helsinki: Tekes.

Teknologian kehittämiskeskus: Teknologiakatsaus 52/97.

Tuhola, Esa – Viitanen, Kristiina 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.

Valtanen, Esko 2013. Tekniikan taulukkokirja. Hyvinkää: Genesis-Kirjat Oy.

Kosketusjännityksen laskeminen	
Kimmokerroin puu:	$E_{puu} := 12.62 \text{ GPa}$
Kimmokerroin polyamidi:	$E_{pa} := 3 \text{ GPa}$
Poissonin vakio puu:	$\nu_{puu} := 0.04$
Poissonin vakio Pa:	$\nu_{pa} := 0.4$
Arvioitu enimmäiskurmitus per liikuntaväline:	$F := 60 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 588.6 \text{ N}$
Liikuntavälineessä on neljä pyörää joille kuormitus jakautuu:	$F_1 := \frac{F}{4} = 147.15 \text{ N}$
Vierintäelimen halkaisija:	$d_2 := 30 \text{ mm}$
	$R := 15 \text{ mm}$
Liikuntavälineen enimmäiskosketuspaine:	$P_0 := 0.918 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_1}{d_2^2 \cdot \left(\frac{1-\nu_{puu}^2}{E_{puu}} + \frac{1-\nu_{pa}^2}{E_{pa}} \right)^2}} = 99.356 \text{ MPa}$
$F := 750 \text{ N}$ $D := 99 \text{ mm}$ $L := 29.7 \text{ mm}$ $\nu_{teräs} := 0.28$ $E_{teräs} := 210 \text{ GPa}$	
Sallitun kosketusjännityksen laskeminen	$P_{sall} := 0.798 \cdot \sqrt[3]{\frac{F}{D \cdot L \cdot \left(\frac{1-\nu_{puu}^2}{E_{puu}} + \frac{1-\nu_{teräs}^2}{E_{teräs}} \right)}} = 44.105 \text{ MPa}$
Lähtöarvojen lähteet:	
	www.pentagonplastics.co.uk/wp-content/uploads/2015/04/Nylon-PA66.pdf
	SFS-EN-1569:1999 - standardi
	Valtanen, Esko 2013. Tekniikan taulukkoriija. Hyvinkää: Genesis-Kirjat Oy