

Sami Karjalainen

KATSAUS POLKUPYÖRÄN TUOTEKEHITYKSEEN

KATSAUS POLKUPYÖRÄN TUOTEKEHITYKSEEN

Sami Karjalainen
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Sami Karjalainen
Opinnäytetyön nimi: Katsaus polkupyörän tuotekehitykseen
Työn ohjaaja: Mauri Haataja
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2015
Sivumäärä: 148 + 1 liite

Tämän työn aiheena on katsaus polkupyörän tuotekehitykseen. Työn tavoitteena oli perehtyä tuotekehitykseen arkisen tuotteen avulla ja osoittaa, kuinka monitahoinen prosessi on kyseessä. Työssä on käyty läpi tuotekehitysprosessia, lakeja ja standardeja, ihmisen ergonomiaa, polkupyörän komponentteja ja tyyppejä, materiaalivalintaa ja liitososia, mallinnusta ja jälkimarkkinointia lähinnä ajovarusteiden muodossa.

Työssä perehdyttiin polkupyörän tuotekehityksessä organisointiin, asiakasatarpeen tunnistamiseen, kohderyhmään ja käyttöympäristöön, suunnitteluprosessiin, tuotespesifikaatioihin, suunnittelun vaiheisiin ja työväliseisiin, käyttövarmuuteen, kustannuksiin, tuotteen elinkaareen sekä innovaatioiden suojaukseen. Lisäksi työssä selvitettiin polkupyöriin liittyvää suomenlainsäädäntöä, kuten jarrut, ohjauslaitteet, heijastimet, valaisimet ja äänimerkinantolaitteen. Työn kohdassa ergonomia, käsitellään pyöräilijän kehoa, ajoasentoa, -dynamiikkaa ja aerodynamiikkaa. Polkupyörä sisältää lukuisia komponentteja ja osakokonaisuuksia, joista työssä esiteltiin yleisimmät eli ohjauslaitteet, voimansiirto, jarrut, pyörät, istuin ja sen kiinnitys, heijastimet, valaisimet, suojaukset sekä laakeroinnit.

Työssä esitetyt yleisimmät polkupyörätyypit sisältävät esimerkkejä perus-, maantie-, maasto-, kilpa- ja erikoispyörien rakenneratkaisuista. Työhön on sisällytetty myös perustietoa materiaaleista, liitososista, tiivistimistä, lujuusopista sekä polkupyörään vaikuttavista kuormituksista. Materiaaleista työssä käydään läpi materiaalien valintaprosessia, ominaisuuksia ja yleisimpiä materiaalivaihtoehtoja. Lujuusopista työssä on käyty läpi suunnittelun lähtökohdat ja pääkuormituslajit.

Työn tekeminen oli pääasiallisesti tuotekehitykseen ja polkupyörään liittyvän tiedon keräämistä, valitsemista ja referointia sopivaan muotoon. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tuotekehitys on monimutkainen ja pitkälinen prosessi, joka vaatii resurssien ohella paljon osaamista ja perehtymistä prosessin osaluksiin. Onneksi aiheeseen liittyvää tietoa on runsaasti saatavilla.

Asiasanat: tuotekehitys, polkupyörä, suunnittelu, materiaalivalinta

ALKULAUSE

Opinnäytetyöaihe katsaus polkupyörän tuotekehitykseen oli varasuunnitelma. Alkuperäinen tarkoitus oli tehdä raskaankaluston yritykselle kaluston jarrujen lämmönseurantajärjestelmä. Järjestelmän tehtävänä olisi ollut välittää reaaliaikaista dataa jarrujen lämpötiloista langattomasti kuljettajan päätelaitteeseen. Näin kuljettaja olisi voinut seurata jarrujen lämpötiloja ja välttää mahdolliset ylikuumentumisista aiheutuvat laitevauriot ja vaaratilanteet. Yrityksen aikataulut muuttuivat jatkuvasti, ja opinnäytetyöni aikataulun takaraja tuli vastaan. Päädyin lopulta tekemään opinnäytetyön varalla olleesta aiheesta.

Päätin tehdä opinnäytetyön tuotekehityksestä, joka liittyy polkupyörään. Alkuperäinen tarkoitukseni oli suunnitella ja valmistaa uudenlainen polkupyörän rakenne. Suunnittelu osoittautui vaikeaksi vaadittavien ohjelmistojen vuoksi. Suunnittelu olisi tehty pääasiassa SolidWorks-ohjelmistolla, joka on käytettävissä Oamkin tietyissä luokkatiloissa. Luokkatilojen käyttöaste on korkea, mikä teki mallintamiseen käytettävästä ajasta hyvin rajallista. Päätin kuitenkin pitäytyä aiheessa ja aloin etsimään yleistä tietoa tuotekehityksestä sekä polkupyörästä.

Opinnäytetyöni mahdollisti Oulun ammattikorkeakoulu, jonka luokkatiloissa kirjoitimme pitkiä iltoja kohtalotoverini, insinööriopiskelija Antti Ylipukin kanssa. Pitkät illat mahdollistivat koulun työteliäät vahtimestarit. Oulun ammattikorkeakoulu opettajineen antoi minulle mahdollisuuden olla insinööri. Haluan kiittää työtäni ohjannutta yliopettajaa, professori Mauri Haatajaa sekä kielenhuollon opettajaa lehtori Tuija Juntusta. Haluan myös kiittää ympäristöäni eli perhettä ja ystäviä, jotka ovat antaneet uusia näkökulmia ja tyrmänneet rehellisesti tarpeen tullen. Avopuolisoni Anniina Lukkarila on ollut kaikessa viisautessaan erittäin hyvänä tukena. Haluan vielä antaa erityismaininnan Antti Ylipukille, joka on kulkenut tämän pitkän ja mäkisen taipaleen kanssani.

Oulu 2015

Sami Karjalainen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	9
1 JOHDANTO	11
2 YLEISTÄ TUOTEKEHITYSPROSESSISTA	13
2.1 Tuotekehityksen organisointi	14
2.2 Asiakastarpeen tunnistaminen	15
2.3 Kohderyhmä ja käyttöympäristö	17
2.4 Suunnitteluprosessi	18
2.5 Tuotespesifikaatiot	19
2.6 Suunnittelun vaiheita	21
2.6.1 Tuoteohjelman suunnittelu	21
2.6.2 Konseptisuunnittelu	22
2.6.3 Systemitasonsuunnittelu	22
2.6.4 Detaljisuunnittelu	24
2.6.5 Testaus	24
2.6.6 Tuotanto	24
2.7 Suunnittelussa käytettävät työvälineet	24
2.8 Teollinen muotoilu	25
2.9 Käyttövarmuus ja turvallisuus	26
2.10 Kustannukset	26
2.11 Tuotteen elinkaari	27
3 INNOVAATIOIDEN SUOJAUS	30
3.1 Patentti	30
3.2 Hyödyllisyysmalli	31
3.3 Mallioikeus	31
3.4 Tavaramerkki	31
3.5 Tekijänoikeus	32
4 POLKUPYÖRÄÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ	33
4.1 Jarrut	33

4.2 Ohjauslaite	34
4.3 Heijastimet	34
4.4 Valaisimet	36
4.5 Äänimerkinantolaite	36
5 STANDARDI JA TYYPPIHVÄKSYNTÄ	37
5.1 Standardit	37
5.2 Tyyppihväksyntä	37
6 ERGONOMIA	39
6.1 Pyöräilijän keho	39
6.2 Sukupuolen vaikutus polkupyörän rakenteissa	40
6.3 Ihmisen ja polkupyörän välinen tehopinta	42
6.4 Ajoasento	42
6.5 Ajodynamiikka	43
6.6 Aerodynamiikka	43
7 POLKUPYÖRÄN KOMPONENTTEJA	46
7.1 Ohjauslaitteet	47
7.1.1 Ohjaustanko	48
7.1.2 Ohjainkannatin	50
7.1.3 Etuhaarukka	53
7.1.4 Jousitus	53
7.2 Voimansiirto	55
7.2.1 Ketjuvälitys	55
7.2.2 Hihnavälitys	57
7.2.3 Hammashihnavälitys	57
7.2.4 Hammasvaihde	59
7.2.5 Vaihteisto	59
7.3 Polkimet ja poljinkammet	61
7.4 Jarrut	63
7.4.1 Napajarrut	64
7.4.2 Vannejarrut	66
7.4.3 Levyjarrut	69
7.4.4 Kiinteävälitteiset jarrut	70
7.5 Vanteet ja navat	71

7.6 Renkaat	74
7.7 Pyörien lukitus	77
7.8 Istuin ja istuinkannatin	78
7.9 Heijastimet ja valaisimet	80
7.10 Ketju-, hihnasuoja ja lokasuojat	82
7.11 Laakeroinnit	83
7.11.1 Laakerointitavan valinta	83
7.11.2 Laakereiden voitelu	85
7.11.3 Keskiölaakeri	86
7.11.4 Etuhaarukan ja rungon välinen laakerointi	86
8 POLKUPYÖRÄTYYPIT	88
8.1 Peruspyörät	89
8.2 Maantiepyörät	90
8.3 Maastopyörät	92
8.4 Kilpapyörät	94
8.5 Erikoispyörät	98
9 MATERIAALIVALINNAT	103
9.1 Materiaalivalintaprosessi	105
9.2 Materiaalien ominaisuudet	106
9.2.1 Tiheys	107
9.2.2 Kimmokerroin	108
9.2.3 Pituuden lämpötilakerroin	108
9.2.4 Lämmönjohtavuus	109
9.2.5 Ominaislämpökapasiteetti	109
9.2.6 Lujuus	110
9.2.7 Sitkeys	111
9.2.8 Väsyminen	111
9.2.9 Kovuus	111
9.2.10 Kitka	112
9.2.11 Korroosio	112
9.2.12 Viruminen	112
9.2.13 Kimmoraja	113
9.3 Metallit	113

9.4 Polymeerit ja elastomeerit	114
9.5 Keraamit ja lasit	116
9.6 Komposiitit	116
10 LIITOSOSAT JA LIITOKSET	118
10.1 Hitsausliitokset	118
10.2 Ruuviliitokset	120
10.3 Jouset	122
10.4 Muut liitokset	123
11 TIIVISTIMET	124
12 LUJUUSOPPI	126
12.1 Suunnittelun lähtökohdat	126
12.2 Pääkuormituslajit	127
13 POLKUPYÖRÄÄN VAIKUTTAVIA KUORMITUKSIA	129
13.1 Jännitys	129
13.2 Kuormitukset	130
13.2.1 Staattinen kuormitus	130
13.2.2 Dynaaminen kuormitus	131
14 MALLINNUS	132
15 SIMULOINTI	134
15.1 FEM-analyysi	134
15.2 Tuotteen testaus	135
16 RUNGON JÄLKIKÄSITTELY	136
17 JÄLKIMARKKINOINTI	137
17.1 Ajovarusteet	137
17.1.1 Kypärä	137
17.1.2 Ajokengät	138
17.1.3 Ajovaatteet	139
18 KÄYTTÖOHJEET	141
19 YHTEENVETO	143
LÄHTEET	145
LIITE	
Liite 1 lähtötietomuistio	

SANASTO

akseliväli	polkupyörän etu- ja takapyörien akseleiden välinen etäisyys kuormittamattomana
alaputki	viistoputki = polkupyörän rungon alaosassa sijaitseva putki, mikä yhdistää keskiön emäputkeen
emäputki	polkupyörän rungon etummaisoin putki, johon yhdistyy ohjauksen osat, eli ohjainkannatin, ohjainlaakeri ja ruotoputki
etuhaarukka	polkupyörän ohjauksen osa, johon yhdistyvät eturatas ja ruotoputki
hybridi	polkupyörä, joka sisältää maantie- ja maastopyörän ominaisuuksia
istuinkeppä	satulapolppa = polkupyörän satulaputken sisällä liukuva putki, johon istuin kiinnittyy
keskiö	yhdistää polkupyörän rungon takahaarukan alaputken, alaputken ja satulaputken sekä sisältää keskiölaakerit
ohjainkeppä	stemmi = polkupyörän ohjauksen rakenneosana, joka yhdistää ohjaustangon emäputkeen ja ruotoputkeen
ohjainlaakeri	emäputken ylä- ja alapäässä oleva laakerointi, jonka läpi ruotoputki kulkee
polkimen astinpinta	polkimen pinta, joka koskettaa jalan alapintaa
polkupyörä	vähintään kaksipyöräinen ajoneuvo, jonka pääasiallinen käyttövoima on sitä kuljettavan henkilön lihasvoima
pystyputki	satulaputki = polkupyörän rungon keskiputki, jonka sisällä satulapolppa liukuu

pyörä	kokonaisuus, johon kuuluvat napa, puolat tai levy ja vanne, mutta ei rengasta
ruotoputki	polkupyörän ohjauksen osa, joka sijaitsee emäputken sisällä ja yhdistää etuhaarukan ohjauskannattimeen
teho	kuvaa tehtyä työtä tietyllä ajanjaksolla, joka ilmoitetaan watteina (W)
työ	voima kerrottuna matkalla, jolla se vaikuttaa
vaakaputki	polkupyörän rungon yläputki, joka yhdistää satulaputken ja emäputken

1 JOHDANTO

Työ sai alkunsa kiinnostuksestani tuotekehitykseen. Kehitettäväksi tuotteeksi valikoitui arkielämästä tuttu polkupyörä, joka sisältää monia osakokonaisuuksia olematta kuitenkaan liian haastava tuote lähestyä. Kokemukseni polkupyöristä on tullut lähinnä peruskäyttäjän näkökulmasta. Tuotekehityksestä ja mallintamisesta kokemusta löytyy ainoastaan koulutuksen peruskurssien kautta. Työn alkulauseessa kerroin opinnäytetyön sisältöä koskevista muutoksista, joihin liittyen työn alkuperäinen lähtötietomuistio esitetty liitteenä 1.

Työ sisältää yleistä tietoa tuotekehityksestä, jossa käydään läpi tuotekehityksen organisointia, asiakastarpeen tunnistamista, kohderyhmän ja käyttöympäristön vaikutusta ja tuotespesifikaatioita. Suunnitteluprosessi ja suunnittelun eri vaiheet ovat myös osana tuotekehitystä. Suunnittelun vaiheet sisältävät esimerkiksi tuoteohjelman, konseptin, systeemitason ja detaljisuunnittelua. Tuotekehitysprosessi sisältää tuotteen testausta, kehittämistä ja tuotantoa. Suunnittelussa käytettävät työvälineet, teollinen muotoilu, käyttövarmuus, turvallisuus, kustannukset ja tuotteen elinkaaren suunnittelu ovat myös osana prosessia.

Työssä selvitetään polkupyörää koskevaa Suomen lainsäädäntöä. Määräykset kohdistuvat jarruille, ohjauslaitteille, heijastimille, valaisimille ja äänimerkinantolaitteille. Lakien lisäksi tutustutaan standardeihin ja tyyppihyväksyntään. Tuotekehityksessä on huomioitava tuotteen kohderyhmä. Tässä työssä kohdassa ergonomia tutustutaan pyöräilijän kehoon, sukupuolen vaikutukseen, ajoasentoon ja ajodynamiikkaan. Ihmisen ja polkupyörän välinen tehopinta ja aerodynamiikka, johon vaikuttaa kuljettajan lisäksi tuotteen muotoilu, ovat myös osana ergonomiaa.

Kohdassa Polkupyörän komponentteja käsitellään lyhyesti ohjauslaitteita, voimansiirtoa, jarruja, rengastusta, istuinta, heijastimia, valaisimia, suojauksia ja laakerointeja. Kohdassa Ohjauslaitteet käydään läpi ohjaustanko, ohjainkannatin, etuhaarukka ja jousitus. Voimansiirtoon perehdytään yleisesti käytössä olevien ratkaisujen myötä. Kohdassa Jarrut käydään läpi yleisimmät jarrujen raken-

teet. Kohdassa laakeroinnit käydään läpi laakerien valinta, voitelu, keskiölaakeri ja etuhaarukan ja rungon välinen laakerointi.

Katsaus polkupyörän tuotekehitykseen on tämän työn aiheena. Kohdassa Polkupyörätyypit perehdytään lyhyesti rungon rakenteeseen ja olemassa oleviin rakenneratkaisuihin. Kohdassa Materiaalit perehdytään yleisimpiin käytössä oleviin materiaaleihin ja niiden ominaisuuksiin. Luvussa 10 käydään läpi tyypillisimmät liitososat ja liitokset.

Kohdassa Lujuusoppi on kerätty lyhyesti lujuusopin perusteita, jotka ovat ratkaisevassa osassa tällaisen tuotteen tuotekehitysprosessia. Kohdassa Kuormitukset tarkastellaan polkupyörään kohdistuvia jännityksiä ja staattisia sekä dynaamisia kuormituksia. Kuormitusten jälkeen tarkastellaan mallintamista ja simulointia, jotka suoritetaan tietokoneavusteisten ohjelmistojen avulla.

Polkupyörälle suunniteltu runko tulee jälkikäsitellä halutun ulkonäön saavuttamiseksi ja korroosion estämiseksi. Kohdassa Jälkimarkkinointi perehdytään lähinnä polkupyöräilyyn liittyviin ajovarusteisiin, suojoavarusteisiin, ajokenkiin ja ajoausteisiin. Lopuksi tutustutaan polkupyörän mukana toimitettaviin käyttöohjeisiin, jotka antavat näkemyksen siitä, mitä loppukäyttäjän tulee tietää tuotteesta.

2 YLEISTÄ TUOTEKEHITYSPROSESSISTA

Tuotekehityksessä pyritään kehittämään uusia tuotteita tai parantamaan jo olemassa olevia. Yleisesti tuotekehitys on osana yrityksen toimintaa ja sillä pyritään parantamaan sen kilpailukykyä. Tuotekehityksen jakamisella prosesseihin saavutetaan useita etuja yrityksen toiminnan helpottamiseksi. Etuja ovat esimerkiksi selkeiden vaiheiden tuomat etapit. Etapit parantavat prosessien laatua ja tekevät niistä helpompia hallinnoida, joka näkyy positiivisesti kustannuksissa ja aikatauluissa. (1, s. 41–42.)

Tuote voidaan ajatella teollisen toiminnan tuloksena, eli hyödykkeenä. Hyödyke voi olla esimerkiksi tarvike, raaka-aine, palvelu tai tietoa. (1, s. 16.) Tuotekehitykseen on olemassa monia eri prosessimalleja, jotka sisältävät useita toimintoja. Prosessit voidaan jaotella esimerkiksi niiden luonteen perusteella:

- markkinavetoinen prosessi
- teknologiatyöntöprosessi
- ”platform”-prosessi
- prosessituotanto
- räätälöitävät tuotteet
- suuren riskin prosessit
- monimutkaiset järjestelmät. (1, s. 41–42.)

Tuotesuunnittelu on monivaiheinen prosessi. Sen lähtökohtana on monesti markkinoiden tarve, teknologiainnovaatio, olemassa olevan tuotteen parantaminen tai prosessituotanto. Prosessin tärkeimpänä vaiheena pidetään rakennet- kaisujen ideointia, muotoilua ja ominaisuuksien sekä kustannusten analysointia. Tuotekehitysprosessi voidaan jakaa esimerkiksi kuuteen vaiheeseen:

1. tarpeen tunnistaminen ja niihin reagointi
2. ongelman määrittely, eli tavoitteet ja spesifikaatiot
3. synteesi, eli ongelmien ja ideoiden generointi sekä konsepti
4. analyysi, eli konseptin analysointi
5. optimointi, eli detaljisuunnitteluvaihe
6. arviointi, eli tarpeen täyttymisen arviointi. (1, s. 42.)

Tuotteen suunnittelussa syntyviä dokumentteja ovat esimerkiksi valmistuspiirustukset, osaluettelot, kokoonpanopiirustukset, varaosaluettelot, huolto- ja ohjekirjat ja myyntiesitteet. Dokumentit helpottavat tuotteen kehittämisen seurantaan ja ovat osaltaan pakollisia dokumentteja tuotannolle ja jälkimarkkinoille.

Tuotekehitysprosessia ei tule sekoittaa tuotekehitysprojektiin, joka rajoittuu tiettyyn tuotteeseen, organisaatioon, tavoitteeseen ja aikatauluun. Tuotekehitysprojekti on monesti yksi osa tuotekehitysprosessia. Tuotekehitysprojekti ei sinänsä poikkea muista projekteista, koska silläkin on ohjaus, johto, reunaehdot, suunnitelma sekä palaverit ja katselmoinnit. Tuotekehitysprojekti alkaa projektin asettamisella. Sen toteuttamista varten laaditaan ensin projektisuunnitelma, joka sisältää esimerkiksi tavoitteet, resurssit, aikataulut, etapit ja katselmoinnit. Muita projektin vaiheita ovat suunnittelu, toteutus, ohjaus ja päättäminen. (1, s. 44–45.)

2.1 Tuotekehityksen organisointi

Tuotekehitysprojektit jaetaan yleensä kolmeen eri organisaatiomuotoihin, jotka ovat linja- projekti- ja matriisiorganisaatio. Linjaorganisaatiossa ajatuksena on keskittää osaaminen ja jakaa organisaation osat toimintojen mukaan. Toimintoja ovat esimerkiksi suunnittelu, myynti, tuotanto ja markkinointi. Linjaorganisaatio ei ole suositeltava muoto innovointiin ja projektien toteuttamiseen tiukan osastorakenteensa vuoksi. (2, s. 6–9.)

Projektiorganisaatio voidaan ajatella linjaorganisaation vastakohtana. Projektiorganisaatiossa organisaation osat kattavat itsenäisiä projekteja, joilla on omat resurssit ja tavoitteet. Tälle organisaatiolle nopea rakenteen muutos on tyypillistä. Osa ryhmän jäsenistä voi työskennellä osana useampaa projektia, joka voi johtua esimerkiksi projektien välisistä riippuvuuksista. Projektien välisillä riippuvuuksilla tarkoitetaan eri projektien vaikutusta toisiinsa. Projektiorganisaation heikkouksia ovat työntekijöiden irtonaisuus ja resurssien hallinta. (2, s. 6–9.)

Matriisiorganisaatio on linja- ja projektiorganisaation sekoitus. Matriisiorganisaatiolla tarkoitetaan pysty- ja vaakasuuntaista linjasuhteiden rakennetta, ja tällä tavoin pystytään optimoimaan käytettävät resurssit. Matriisiorganisaatiolla pyri-

tään yhdistämään linja- ja projektiorganisaatioiden vahvuudet, jolloin pystytään tuottamaan ja tarjoamaan enemmän osaamista projekteihin. Matriisiorganisaation ongelmana on projektihenkilöstön vastuualueiden ja käytettävien resurssien jakaminen. (2, s. 6–9.)

2.2 Asiakastarpeen tunnistaminen

Asiakastarpeen tunnistaminen on tärkeä osa tuotekehitysprosessin konseptisuunnittelua. Joidenkin mielestä asiakkaiden rooli tuotekehitysprosessissa korostuu, kun heiltä osataan pyytää oikeanlaista informaatiota. Tätä voisi olla esimerkiksi ongelmat tai tarpeet, joita he ovat kohdanneet aiempien tuotteiden kohdalla. Asiakkaalta ei kannata kysyä esimerkiksi tuotteen ominaisuuksista, koska heillä ei mahdollisesti ole valmiuksia antaa siihen realistista vastausta. (1, s. 55–56.)

Asiakkaiden tarpeiden selvittämisessä on yleensä kuusi vaihetta:

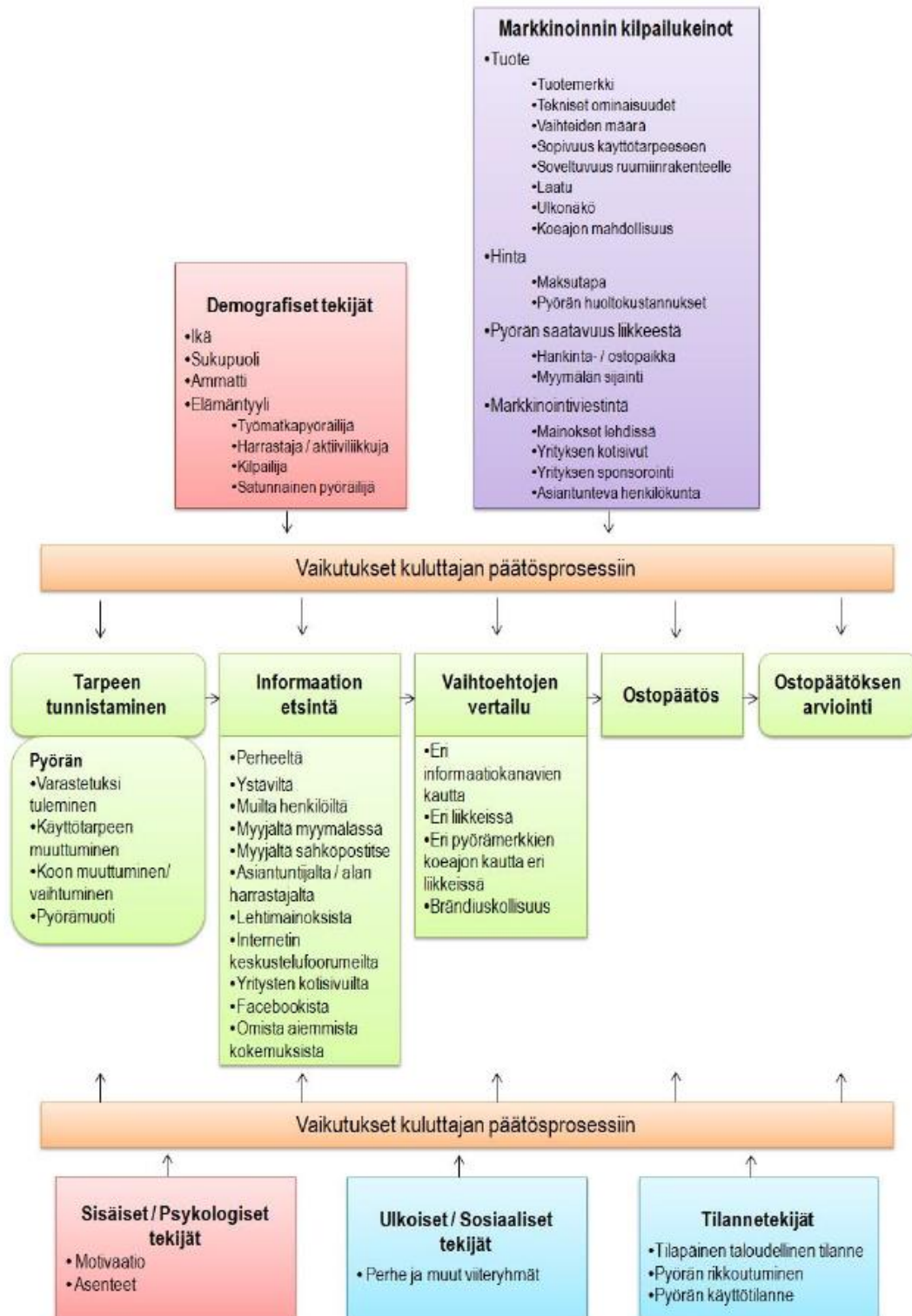
1. selvityksen laajuuden määrittely ja tavoitteen asettaminen
2. raakadatan kerääminen
3. raakadatan käsittely ja muuntaminen tarpeiksi
4. tarpeiden järjestäminen arvoasteikolle
5. tarpeiden merkittävyyden määrittäminen
6. tulosten ja prosessin pohdinta. (1, s. 57.)

Tuotekehitysprosessin kannalta on erittäin tärkeä kommunikoida asiakkaiden kanssa, jotta pystytään reagoimaan heidän muuttuviin tarpeisiin. Asiakkaiden tarpeiden huomioinen ideointivaiheessa, voi luoda monia hyviä lähtökohtia, jos ne kohtaavat yrityksen osaamisen kanssa. Yrityksen tulisi kuitenkin pohjimmiltaan aina pyrkiä vastaamaan asiakkaidensa tarpeisiin, jotta yhteistyö säilyisi. Asiakkaan kanssa tehtävä yhteistyö ja luottamus ovat merkittävässä asemassa konseptin kehitysvaiheessa ja liiketoiminta-analyysia luotaessa. (1, s. 55–56.)

Asiakaspalautte on hyvä tiedon lähde tuotteen testaus- ja koemarkkinointivaiheessa. Asiakas pääsee tarkastelemaan fyysistä tuotetta konkreettisesti ja pystyy arvioimaan, onko tuote tarpeiden mukainen. Asiakaspalautteen tulkinta voi

olla haasteellista. Tärkeintä olisi selvittää oman tuotteen asema suhteessa kilpailijoihin.

Kuvassa 1 on esitetty esimerkkituotteen ostopäätösprosessiin vaikuttavia tekijöitä. Tässä vaiheessa tuote on jo markkinoilla asti ja sen onnistumista voidaan seurata kuluttajien kautta. Tällaista tietoa on hyvä kerätä ja hyödyntää tulevien tuotteiden suunnittelussa: voitaisiinko esimerkiksi aikaisessa vaiheessa huomioida tuotteen menestyminen markkinoilla, mitä kanavia pitkin ja millä tavalla tulisi tuotetta markkinoida. Nämä kaikki tekijät vaikuttavat tuotteen menestymiseen.



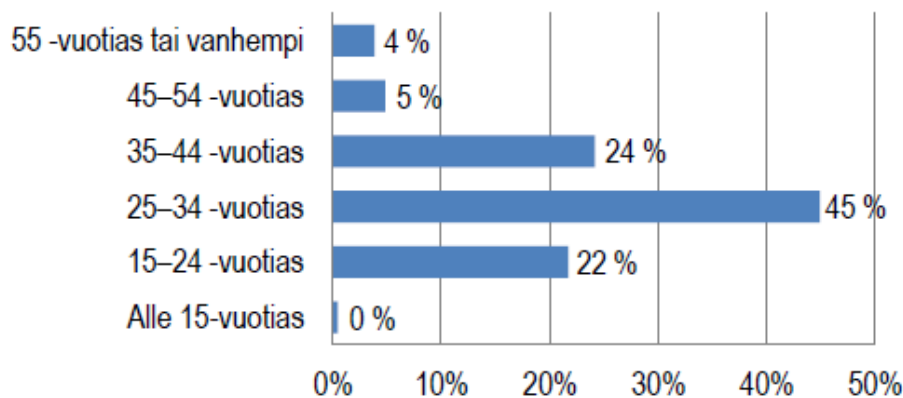
KUVA 1. Polkupyörän ostopäätösprosessiin vaikuttavat tekijät (3, s. 71)

2.3 Kohderyhmä ja käyttöympäristö

Kohderyhmän valinta on oleellinen osa tuotteen suunnittelua. Kohderyhmän yhteydessä puhutaan monesti segmentoinnista. Segmentoinnin tarkoituksena

on jakaa ostajat ryhmiin, jolle suunnitellaan heidän tarpeisiinsa sopiva markkinoitiohjelma. Polkupyörä on helposti kohdennettavissa oleva tuote, jonka ominaisuudet muokataan vastaamaan käyttäjän ja ympäristön tarpeita jo suunnitteluvaiheessa. Kohderyhmän valinta rajoittaa tuotteen suunnittelua, mutta voi samalla myös helpottaa suunnittelijan työtä. (3, s. 53.)

Tässä opinnäytetyössä esimerkkisegmentiksi valikoituivat 25–34 vuotiaat perusterveet miehet, jolle pyöräily on osa arkea ja polkupyörä toimii kulkuvälineenä työmatkoilla sekä muussa liikkumisessa ja harrastamisessa. Kristiina Innasen tekemän kyselyn (kuva 2) mukaan 25–34 vuotiaat ikäryhmänä ovat huomattava osa kaikista polkupyörän käyttäjistä. Mahdollisimman monen asiakkaan saavuttamiseksi, tulisi tuote kohdistaa tähän segmenttiin iän puolesta.



KUVA 2. Vastaajien ikäjakauma (n=207) (3, s. 53)

Yritykset ovat monesti suurin asiakas myytävälle tuotteelle. Tässä tapauksessa asiakkaaksi soveltuvia yrityksiä olisivat esimerkiksi posti, muut jakeluyritykset, pizzeria, kaupungit ja alihankkijat. Yrityksille tuotetta suunniteltaessa tai kohdennettaessa, tehdään yrityksen kanssa tiiviisti yhteistyötä, jotta tuote vastaa sille asetettuihin vaatimuksiin. Isojen yritysten asiakkaaksi saaminen voi pelkätään olla riittävä syy kannattavan toiminnan luomiseksi.

2.4 Suunnitteluprosessi

Yleensä suunnitteluprosessi saa alkunsa markkinoiden tarpeesta jollekin tuotteelle tai palvelulle. Alussa pyritään kartoittamaan tuotteelta tai palvelulta vaadittavat toiminnot mahdollisimman hyvin ja neutraalista näkökulmasta. Tuotteen

spesifikaatioiden määrittäminen voidaan suorittaa seuraavia ydinkohtia apuna käyttäen, jotta päästäisiin haluttuihin tuloksiin:

- markkinoiden tarpeiden tunnistaminen
- konseptitason suunnittelu, joka sisältää spesifikaatioiden, toimintojen ja rakenteiden määrittämistä sekä työmetodien ja syntyneiden konseptien arviointia
- sovellutuksien määrittely, eli suunnitellaan malli ja määritellään sen koko ja muodot
- mallinnetaan ja analysoidaan kokoonpanot
- optimoidaan toiminnot
- arvioidaan valitut mallit. (4, s. 8.)

2.5 Tuotespesifikaatiot

Spesifikaatioilla tarkoitetaan tässä yhteydessä tuotteelle esimerkiksi rungolle sekä ohjaustangolle asetettuja vaatimuksia ja teknisiä ominaisuuksia. Spesifikaatiot muodostuvat aina mitattavista suureista ja arvoista. Arvo voi tarkoittaa esimerkiksi numeroa, vaihteluväliä tai totuusarvoa. Spesifikaatioiden lähteenä käytetään tarvelauseita, jolle annetaan suure ja mittayksikkö sekä mahdollisesti eri ryhmien asettamat tärkeysarvot. Tarvelauseita varten voidaan tarvita useita spesifikaatioita. Mikäli tarpeelle ei voida muodostaa mitattavaa suuretta, asetetaan spesifikaatioksi tarvelause ja yksiköksi teksti ”subj.” (1, s. 65.) Taulukossa 1 on esitetty etuhaarukan tarvelauseita ja niitä vastaavia spesifikaatioita.

TAULUKKO 1. Esimerkki etuhaarukan tarvelauseista ja spesifikaatioista (1, s. 66)

Nro	Kohde	Tarve	Tärkeys	Spesifikaatio	Mittayksikkö
1	Etuhaarukka	on kevytrakenteinen	4	Massa	g
2	Etuhaarukka	on helppo huoltaa	3	Huoltokohteiden lkm	kpl
3	Etuhaarukka	on kestävä	5	Myötölujuus	Mpa
4	Etuhaarukka	vaimentaa tärinää	3	Jousituksen lkm	kpl
5	Etuhaarukka	mahdollistaa lokasuojien käytön	3	Kiinnitysten lkm	kpl
6	Etuhaarukka	mahdollistaa useiden eri renkaiden käytön	4	Etuhaarukan leveys	mm
7	Etuhaarukka	on jäykkyysäädettävissä	2	Asentojen lkm	kpl
8	Etuhaarukka	on visuaalisesti innostava	4	Värien lkm	kpl
9	Etuhaarukka	on edullinen hankkia	3	Hinta	€
10	Etuhaarukka	mahdollistaa jarrujen asentamisen	5	Kiinnitysten lkm	kpl

Oman tuotteen spesifikaatioita ja tarvelauseita voidaan verrata kilpaileviin tuotteisiin esimerkiksi vertailemalla tuotteiden suorituskykyä. Tarvelauseita vertailemalla käytetään arviointiin sopivaa asteikkoa. Taulukossa 2 on esitetty polkupyörän valaisimen, eli oman tuotteen tarvelauseiden vertailua taskulamppuun ja otsalamppuun kolmiportaisella arvoasteikolla, missä 1 = kilpailija toteuttaa asiakastarpeen huonosti, 2 = kilpailija toteuttaa asiakastarpeen kohtuullisesti ja 3 = kilpailija toteuttaa asiakastarpeen hyvin. Vastaavasti oman tuotteen kohdalla 1 = kilpailijat toteuttavat asiakastarpeen paremmin, 2 = kilpailijat toteuttavat asiakastarpeen yhtä hyvin ja 3 = oma tuote toteuttaa asiakastarpeen paremmin. (1, s. 66.)

TAULUKKO 2. Esimerkki kilpailijoiden suorituskyvystä tarvelauseiden mukaan (1, s. 66)

Tarvelause	Polkupyörän valaisin	Taskulamppu	Otsalamppu
Edullinen	2	2	2
Kestävä	2	2	2
Säädettävä	1	3	2
Tehokas	3	2	1
Helppo puhdistaa	1	3	3
Helppo käyttää	3	1	1
Monikäyttöinen	1	3	3

Taulukossa 3 on esitetty polkupyörän valaisimen spesifikaatioiden vertailua kilpaileviin tuotteisiin. Taulukosta voidaan vertailla tuotteiden keskeisiä ominaisuuksia ja huomataan, ettei polkupyörän valaisin välttämättä ole aina paras tai ainoa ratkaisu jokaisella osa-alueella.

TAULUKKO 3. Esimerkki kilpailijoiden suorituskyvystä spesifikaatioiden mukaan (1, s. 67)

Spesifikaatio	Yksikkö	Polkupyörän valaisin	Taskulamppu	Otsalamppu
Hinta	€	15	15	15
Värien lkm	kpl	2	2	2
Säätöjen lkm	kpl	2	4	3
Valoteho	lm	400	300	200
Osien lkm	kpl	8	6	6
Massa	g	34	48	52
Ergonomisuus	Subj.	Ei	On	On

Edeltävillä metodeilla saadaan tuotteelle alustavat spesifikaatiot. Prosessin edessä on kannattavaa pitää spesifikaatiot avoimena, jotta niitä voidaan myöhemmin tarkentaa ja rakentaa tarvittavia malleja ristiriitaisten spesifikaatioiden käsittelemiseksi.

2.6 Suunnittelun vaiheita

Suunnittelu voidaan jakaa kuuteen eri kategoriaan:

- tuoteohjelman suunnittelu
- konseptisuunnittelu
- systeemitasonsuunnittelu
- detaljisuunnittelu
- testaus
- tuotannon käynnistäminen (1, s. 43.)

2.6.1 Tuoteohjelman suunnittelu

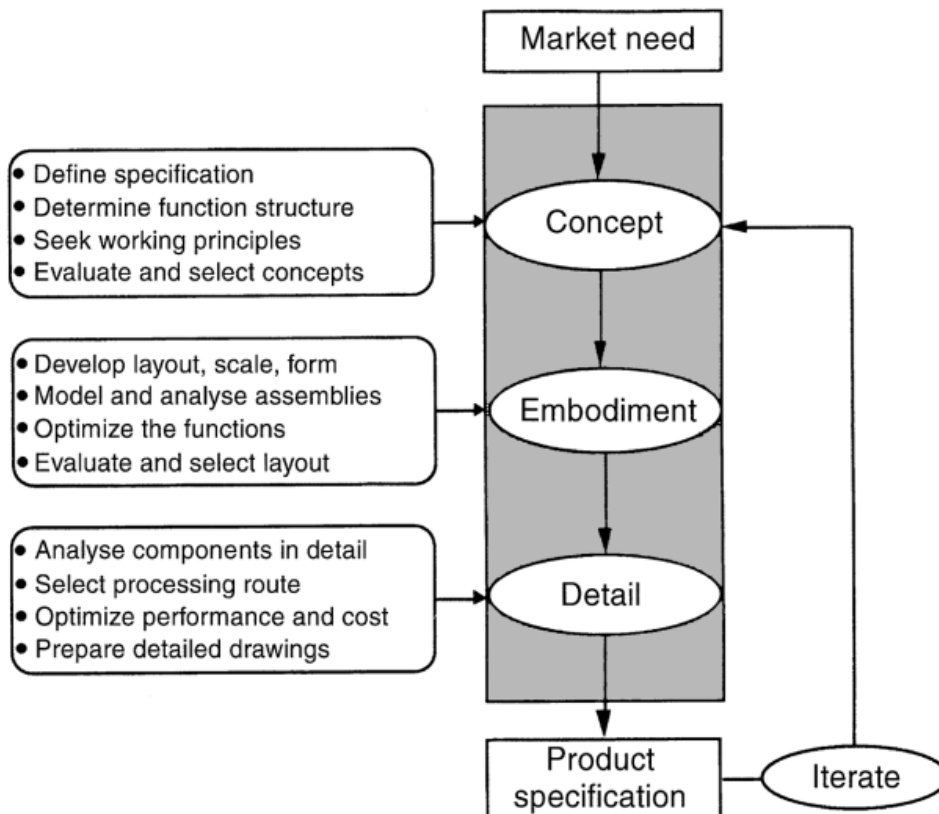
Tuoteohjelman suunnittelussa asetetaan projektille tavoitteet ja reunaehdot, niin että ne ovat linjassa yrityksen tuotestrategian kanssa. Tuoteohjelman tehtävänä on

- seurata asiakkaiden tarpeita ja kehittää tuotetta sen mukaisesti
- ylläpitää tuoteperheitä markkinoinnin ja tuotannon avulla, jotta kilpailukyky säilyy kannattavien tuotteiden muodossa
- huolehtia patenteista, tuotantovastuista, mallisuojusta ja muista vastaavista tekijöistä

- huolehtia kaikkien edellisten saavuttamisesta taloudellisesti kannattavasti (1, s. 31, tuotekehitystoiminta.)

2.6.2 Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnittelulla (kuva 3) tarkoitetaan asiakkaan ja käyttäjän tarpeiden selvittämistä. Konseptisuunnittelussa muodostetaan tuotekonsepteja, joista valitaan yksi tai useampi. Tuotekonseptilla tarkoitetaan alustavaa kuvausta tuotteen ominaisuuksista, muodoista ja toiminnoista. Tarvelauseet, kilpailuttaminen ja spesifikaatiot ovat osa konseptisuunnittelua. Konseptisuunnittelu sisältää myös luovan työn vaiheen, jonka tavoitteena on ratkaista asiakkaiden tarpeisiin liittyvät ongelmat, kilpailun tuomat haasteet. (4, s. 9.)

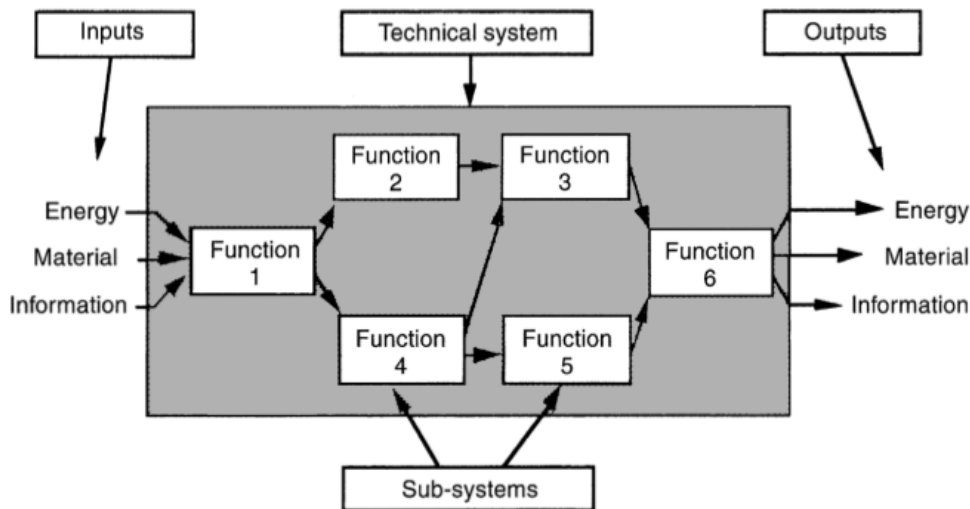


KUVA 3. Markkinoiden tarpeesta tuotespesifikaatioihin (4, s. 9)

2.6.3 Systemitasosuunnittelu

Systemitasosuunnittelussa määritellään tuotteelle rakenne ja muodostetaan tuotteesta eri variaatioita. Eri variaatioiden tarkoitus on vastata mahdollisimman

monen eri asiakkaan tarpeisiin. Tässä vaiheessa tuote jaetaan alikokoonpanoihin ja komponentteihin sekä määritellään eri variaatioiden ja osien tehtävät. Esimerkki systeemitason suunnittelusta (kuva 4) sisältää osakokoonpanoja, joilla on tietty tehtävä. Tässä vaiheessa päätetään tuotteen modulaarisuudesta ja kokoonpanojen järjestyksestä. Systeemitason suunnittelusta ulos saatava tieto sisältää esimerkiksi alikokoonpanojen tehtävien merkityksen ja tuotteen osien kuvaukset. Systeemitason suunnittelussa pyritään tiiviiseen yhteistyöhön viimeistelysuunnittelun kanssa. (4, s. 10.)



KUVA 4. Esimerkki systeemitason suunnittelusta (4, s. 10)

Tässä työssä suunniteltavan rakennekokonaisuuden analysointiin sopisi parhaiten ajattelumalli, jossa tuote on jo olemassa. Se on helppo jakaa eri kokoonpanoihin ja komponentteihin. Polkupyörää suunniteltaessa ei olla varsinaisesti kehittämässä mitään uutta, vaan muokataan jo olemassa olevia ratkaisuja eri muotoon. Joskus voidaan saavuttaa pelkillä materiaalivalinnoilla tai tuotteen geometriaa muokkaamalla haluttu tulos, jolloin puhutaan mukautuvasta suunnittelusta. Mukautuvassa suunnittelussa hyödynnetään olemassa olevia konsepteja ja pyritään parantamaan niitä. Muunnossuunnittelussa muokataan tuotteen kokoa tai yksityiskohtia funktion tai metodin säilyessä samana.

2.6.4 Detaljisuunnittelu

Detaljisuunnittelussa eli viimeistelysuunnittelussa analysoidaan komponenttien yksityiskohdat ja valitaan prosessit. Optimoidaan tehokkuus ja kustannukset sekä luodaan tarvittavat yksityiskohtaiset osapiirustukset. Kaikki tämä toistetaan niin monesti kuin on tarpeellista, jotta vaaditut spesifikaatiot saavutetaan. Detaljisuunnittelu on vaihe, jossa määritellään kokoonpano sekä osien materiaalit, lopulliset muodot, valmistusvaiheet ja käytetyt työvälineet. Detaljisuunnittelusta ulos saatava tieto sisältää yleensä tarkat mallit, kokoonpanot ja prosessikuvaukset valmistukseen. (5, s. 21.)

2.6.5 Testaus

Testausvaihe on osana tuotekehitysprosessia. Sen tarkoituksena on oppia virheistä ja todentaa simulointien sekä analysointien avulla saatua tietoa. Testaukset suoritetaan yleensä prototyypille, joka voi olla esimerkiksi tietokonemalli, jos fyysistä prototyyppiä ei ole valmistettu. Yleensä tuotteelle valmistetaan useita prototyyppiejä prosessin eri vaiheissa. Prototyypillä pyritään varmistamaan asiakastarpeen täytyminen, luotettavuus ja riittävä toimintakyky lopullisessa käyttöympäristössä. Tässä vaiheessa voidaan vielä muokata tuotteen ominaisuuksia kohtuullisen pienillä seurauksilla. (5, s. 21.)

2.6.6 Tuotanto

Tuotannon käynnistäminen on tuotekehitysprosessin viimeinen vaihe markkinoille viemisen ohella. Tuotannon aloittaminen on tärkeä osa tuotekehitysprosessia. Tuotanto aloitetaan yleensä koesarjalla, minkä avulla varmistetaan tuotannon toimivuudesta ja henkilökunnan riittävästä opastuksesta. Tuotannossa pyritään aina tehokkuuteen ja tasaisen laadun takaamiseen. (5, s. 21.)

2.7 Suunnittelussa käytettävät työvälineet

Suunnittelun työvälineet koskettavat prosessin jokaista vaihetta, ja niiden merkitys lopullisessa tuotteessa on suuri. Tietokone on ylivoimaisesti tehokkain ja eniten käytetty työväline, jolloin puhutaan monesti tietokoneavusteisesta suunnittelusta. Tietokoneelle saatavat käyttökohteeseen sopivat ja räätälöitävät oh-

jelmistot, nopeuttavat ja helpottavat huomattavasti suunnittelua. Suunnitteluprosessissa käytettävät työvälineet voivat olla myös asiakaslähtöisiä, jolloin noudatetaan asiakkaan ohjeistusta.

Suunnittelua voidaan optimoida käyttämällä sopivia välineitä ja ohjelmia. Ohjelmia ovat esimerkiksi 2D- ja 3D-mallinsohjelmat, joilla voidaan piirtää näkyvää geometriaa, analysoida ja simuloida rasituksia mallin haluttuihin kohtiin. 2D-mallinsohjelmasta hyvänä esimerkkinä voidaan pitää Autodeskin AutoCADia, joka tarjotaan nykyään maksuttomasti oppilaitoksille. Autodesk tarjoaa myös monia muita hyviä ohjelmistoja, joihin voi tutustua ohjelmistotarjoajan sivuilla. (6, linkit TUOTTEET > AUTOCAD.)

3D-mallinsohjelmista yleisesti käytössä olevalla helppokäyttöisellä ja monipuolisella SolidWorksilla voidaan simuloida ja analysoida rakenteiden käyttäytymistä. Solidworks sisältää tuotesuunnitteluohjelmiston, tuotetietojen hallintaohjelmiston ja composerin. SolidWorks soveltuu erityisen hyvin yksittäisten tuotteiden suunnitteluun. (6, linkit Miksi SolidWorks?.) Toinen esimerkki 3D-mallinsohjelmistosta on Catia. Se soveltuu erityisen hyvin ajoneuvojen suunnittelemiseen ja omaa hyvät ominaisuudet rakenteiden lujuuksien tutkimiseen.

Mallinsohjelmia on paljon ja niiden käyttö vähentää prototyyppien tarvetta ja säästää resursseja. AutoCAD ja SolidWorks soveltuvat hyvin tuotteiden suunnitteluun. Kun halutaan suunnitella laitoksia esimerkiksi tuotantolinjoja, niin on hyvä kääntyä muiden ohjelmistojen pariin. Aveva PDMS on hyvä esimerkki laitosuunnitteluun soveltuvasta ohjelmasta, joka sisältää aiheeseen liittyviä valmiita kirjastoja.

2.8 Teollinen muotoilu

Tuotteen ulkoasu ja sen käytettävyys ovat merkittävä osa tuotteen suunnittelua. Niiden tarkoituksena on luoda omalle tuotteelle yksilöllinen asema muiden tuotteiden keskuudessa. Teollista muotoilua hyödynnetään konseptisuunnitteluvaiheessa alustavien prototyyppien valmistamiseen, tällöin voidaan todeta muotoilun onnistuneisuus käytännössä. Teollisella muotoilulla on viisi keskeistä periaatetta:

1. Käyttäjän ja tuotteen välistä vuorovaikutusta toteuttaa turvallinen, helppokäyttöinen ja intuitiivinen käyttöliittymä.
2. Tuote tulisi olla värien ja geometrinen muotojen osalta miellyttävä kokonaisuus.
3. Tuotteen tulisi viestiä sitä koskevista huolloista ja korjauksista selkeästi.
4. Tuotteen muotoilu ja piirteet tulisi huomioida tuotannon menetelmissä ja kustannuksissa.
5. Teollinen muotoilu tulee pitää osana tuotekehitystä. (1, s. 142.)

2.9 Käyttövarmuus ja turvallisuus

Käyttövarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä olla tilassa, missä se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa, tietyllä ajanhetkellä ja tietyn ajanjakson aikana. Käyttövarmuus koostuu kolmesta osatekijästä:

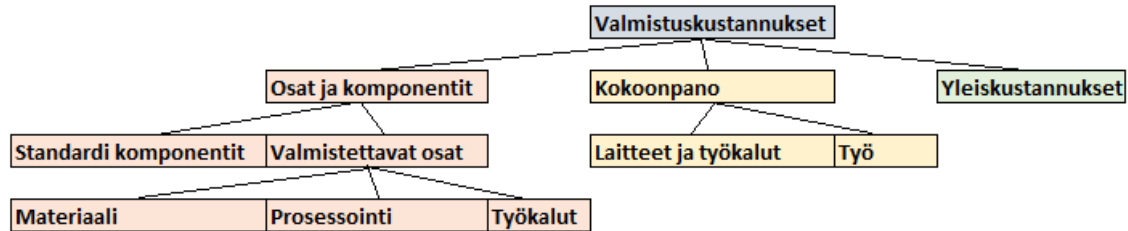
1. toimintavarmuudesta
2. kunnossapidettävyydestä
3. kunnossapitovarmuudesta. (7, s. 11.)

Toimintavarmuus ja kunnossapidettävyyden ovat suunniteltavan kohteen ominaisuuksia, joihin suunnittelun aikana vaikutetaan. Kunnossapitovarmuus puolestaan kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä tuottaa tarvittava palvelu kohteelle. Toimintavarmuus kuvaa kohteen kykyä suorittaa vaadittua toimintoa määrättyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson. Kunnossapidettävyyden on kohteen kyky olla pidettävissä tilassa tai palautettavissa tilaan, missä se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon määritellyissä käyttöolosuhteissa. Se edellyttää, että kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja. (7, s. 9–11.)

2.10 Kustannukset

Tuotteen elinkaaren kustannuksista 70–80 % muodostuu jo suunnitteluvaiheessa. Siksi onkin erityisen tärkeää kiinnittää huomiota suunniteltavan tuotteen valmistusmenetelmiin ja kustannuksiin. Valmistusmenetelmät päätetään yleensä tuotekehityksen aikaisessa vaiheessa, joka merkitsee konstruktiovaihtoehtojen tarkkaa harkitsemista. Tuotekehityksessä tulisi siis kiinnittää enemmän

huomiota tuotekonseptin optimointiin, eikä yksittäisten osien valmistukseen. (1, s. 151.) Tuotteen valmistuskustannusten (kuva 5) arviointi helpottuu tuotteen konstruktion tarkentuessa.

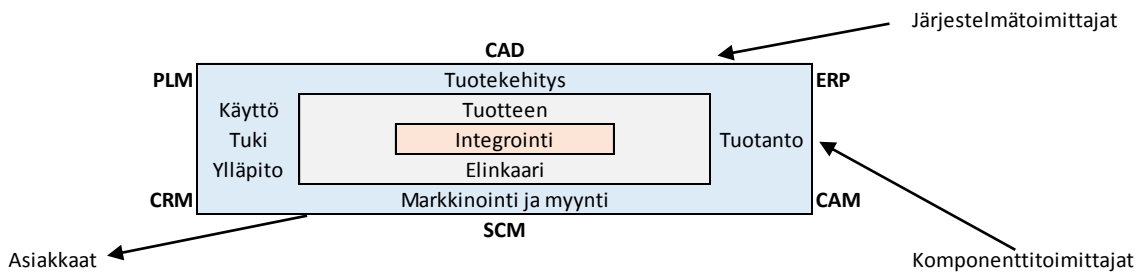


KUVA 5. Valmistuskustannusten jakautuminen (1, s. 152)

Hyvä tapa määritellä tuotteen ylin hinta on kuluttajien käsitys tuotteen arvosta. Tuotteen alimman hinnan määrittelevät syntyneet kustannukset. Tuotteen lopullinen hinta on yleensä vielä tässä vaiheessa epäselvä, koska ei tiedetä kustannuksien määrää tarkasti. Mikäli tuote suunniteltaisiin markkinoille asti, olisi otettava huomioon muut sisäiset ja ulkoiset tekijät. Sisäisiä tekijöitä olisivat yrityksen kautta myytäessä markkinastrategia, tavoitteet, markkinoinnin kilpailukeinot sekä muut huomioon otettavat asiat. Muita huomioitavia asioita ovat esimerkiksi imago, huolto ja takuu. Ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi markkinoiden ja kysynnän luonne, kilpailijoiden hinnat ja strategiat. Hintapäätösten tulisi sopia yhteen tuotesuunnittelun, jakelun ja myynninedistämisen kanssa. (3, s. 39.)

2.11 Tuotteen elinkaari

Tuotteen elinkaaren hallinta PLM on lyhenne sanoista Product Lifecycle Management. PLM pyrkii ohjelmistojen avulla hallitsemaan tuotteeseen liittyvää suunnittelua ja tietoja. Tällainen ohjelmisto voi esimerkiksi sisältää tuotteen suunnittelun, menetelmä- ja tuotannosuunnittelun, logistiikan ja kunnossapidon. Digitaalinen tuoteprosessi (kuva 6) sisältää esimerkiksi tietokantoja, mallinnus-, simulointi- ja analysointityökaluja. Se sisältää myös robotti- ja NC-ohjaimia sekä kollaboraatio- ja integrointityökaluja. (1, s. 174.)



KUVA 6. Digitaalinen tuoteprosessi (1, s. 174)

Tuotteen elinkaaren arvioinnissa tulee myös huomioida ympäristövaikutukset, joihin esimerkiksi lainsäädäntö yrityksiä velvoittaa. Elinkaariarviointi LCA on lyhenne sanoista Life Cycle Assessment. Se on analyttinen menetelmä, jonka avulla voidaan optimoida, tutkia ja arvioida tuotteen ympäristövaikutuksia. Elinkaaren arvioinnissa on tavoitteena selvittää ja vertailla tuotteen kokonaisvaikutuksia ympäristölle ja valita niistä vähiten haitallinen. Tuotteen valinta tapahtuu seuraavia vaiheita hyödyntäen:

- raaka-ainetuotanto
- valmistus
- jakelu
- käyttö
- käytöstä poisto
- kuljetukset. (1, s. 175.)

SFS-EN ISO 14040 -standardissa kuvaillaan elinkaariarvioinnin periaatteet ja pääpiirteet. Ehdotettava yleinen elinkaarimalli on jaettu kolmeen päävaiheeseen:

- tuotekehitys
- järjestelmän valmistus ja asennus
- käyttö ja kunnossapito. (7, s. 14.)

Kustannusten ja saatavien hyötyjen osalta merkittävimmät päätökset tuotteen koko elinkaareen liittyen, tehdään tuotekehityksen aikaisessa vaiheessa. Alkuvaiheessa tehtyjen virheiden korjaaminen myöhemmin voi osoittautua todella kalliiksi tai jopa mahdottomiksi. Tarkasti suunniteltavan tuotteen spesifikaatiot

pystytään määrittelemään ennen varsinaisen tuotekehityksen aloittamista, joka helpottaa lopputuotteelle asetettujen vaatimusten varmistamista. (7, s. 14.)

Tuotteen käytön ja kunnossapidon aikaisia kustannuksia on mahdollista hallita elinkaaren alkuvaiheessa tehdyillä päätöksillä. Konsepti- ja määrittelyvaiheessa luodaan perusta suunniteltavalle tuotteelle. Samanaikaisesti mahdollisuudet korkean käyttövarmuuden ja optimaalisten elinkaarikustannusten saavuttamiseksi vähenevät. Toimenpiteitä käyttövarmuuden hallintaan on jatkettava myös elinkaaren myöhemmissä vaiheissa, jotta käyttövaiheen kustannukset kyetään ennakoimaan. (7, s. 14.)

3 INNOVAATIOIDEN SUOJAUS

Omien innovaatioiden suojaaminen on osa tuotekehitysprosessia, ja sen vastuu on yleensä kehittäjillä. Tuotteen suojaamisessa puhutaan immateriaalioikeuksista, jotka voidaan jakaa kahteen alueeseen, tekijänoikeuksiin ja teollisoikeuksiin. Tekijänoikeudet koskevat esimerkiksi taidetta, mediaa ja kirjallisuutta. Teolliset oikeudet koskevat teollisia tuotteita, kuten innovaatiot ja tuotemerkit. Yleisesti käytössä olevia immateriaalioikeuksia ovat patentti, hyödyllisyysmalli, mallioikeuden tavaramerkki ja tekijänoikeus. Näistä jokainen sopii tiettyyn tarkoitukseen ja oikean suojan valinta onkin tärkeää. (8, linkit Patentit > Usein kysyttyä.)

Suomalaisen patentin, hyödyllisyysmallin, mallioikeuden tai tavaramerkin voi anoa Patentti- ja rekisterihallitukselta. Tekijänoikeudelle ei tarvitse erikseen haakea suojaa. Suomessa saatu tuotesuoja koskee vain Suomen sisäisiä markkinoita ja ulkomaille suojaa on haettava erikseen esimerkiksi kansainvälisellä patentinhakujärjestelmällä, eurooppapatentilla tai kansainvälisellä tavaramerkillä. (8, linkit Patentit > Usein kysyttyä.)

3.1 Patentti

Patentilla tarkoitetaan yksinoikeutta hyödyntää innovaatiota ammattimaisella tavalla, joka tarkoittaa esimerkiksi tuotteen valmistusta, myyntiä, käyttöä tai maahantuontia. Patentti on maakohtainen, eli se on voimassa vain niissä maissa, joihin patentti on myönnetty. Patentin voi halutessaan myydä tai sen avulla voidaan tuotteelle myöntää käyttöluva eli lisenssi. Patentin voimassaoloaika on korkeintaan 20 vuotta hakemuksen jättämispäivästä. Patentin ylläpitäminen on maksullista, ja siksi kannattaakin harkita sen kannattavuutta. (8, linkit Patentit > Usein kysyttyä.)

Patentointi on osa yrityksen liiketoimintaa ja strategiaa, jonka tavoitteena on suojata vastaavien tuotteiden julkaisun: Tällöin voidaan markkinoilla ylläpitää monopoliasemaa. Patentoimiselle on monia syitä:

- Patentilla rajoitetaan kilpailijoiden toimintaa samoilla markkinoilla ja säävutetaan etumatkaa.

- Patentti on yrityksen omaisuutta, jolla rahallisen arvon lisäksi voidaan myöntää käyttöluvia.
- Patenttien avulla voidaan luoda mielikuvia teknisestä osaamisesta ja innovaatioista, jotka nostaa yrityksen imagoa. (8, linkit Patentit > Usein kysyttyä.)

3.2 Hyödyllisyysmalli

Hyödyllisyysmalli antaa patentin tavoin yksinoikeuden innovaation käyttöön ammattimaisesti. Hyödyllisyysmalli myönnetään yleensä nopeammin, koska sen vaatimukset innovaation suhteen eivät ole niin tarkat. Hyödyllisyysmallille ei suoriteta teknistä tutkimusta ja se rekisteröidään heti. Hyödyllisyysmalli on patentin tavoin maakohtainen suojaus. Hyödyllisyysmallin voimassaoloaika on korkeintaan 10 vuotta hakemuksen jättämispäivästä. Hyödyllisyysmallille voidaan patentin tavoin myöntää käyttöluvia. (8, linkit Patentit > Usein kysyttyä.)

3.3 Mallioikeus

Mallioikeudella suojataan fyysisen tuotteen tai sen osan geometrista muotoa, joka estää muita käyttämästä samaa mallia. Mallioikeuden saanti edellyttää muodon yksilöllisyyttä tai täysin uutta näkemystä. Mallioikeudessa mallilla tarkoitetaan tuotteen tai sen osan ulkomuotoa, joka on seurausta koristelusta, linjoista, ääriviivoista, väreistä, muodosta, pinnan rakenteesta tai materiaalista. Mallioikeus myönnetään yleisesti tuotteelle tai sen yksityiskohdille, logoille, käyttöliittymille, pakkauksille ja kirjasinmalleille. Mallioikeus on voimassa korkeintaan 25 vuotta 5 vuotta kerrallaan. (8, linkit Mallioikeudet.)

3.4 Tavaramerkki

Tavaramerkki on tunnistettava merkki, joka antaa yrityksen valmistamille tuotteille ja palveluille eroavaisuutta verrattuna muihin yrityksiin. Tavaramerkki voi olla esimerkiksi sana, kuvio tai iskulause. Tavaramerkin haltijalla on yksinoikeus merkin käyttämiseen eli merkin haltija voi kieltää muita käyttämästä merkkiä, joka saattaa aiheuttaa sekaannusta. Tavaramerkin saannin edellytykset ovat seuraavat:

- Merkki ei saa olla lain, yleisen järjestyksen tai hyvä tavan vastainen eikä harhaanjohtava.
- Tavaramerkkiin ei saa ilman lupaa ottaa vaakunaa, lippua tai muuta tunnuskuvaavaa eikä toisen nimeä tai merkkiä.
- Merkin on oltava erottamiskykyinen ja poiketa muista vastaavista. (8, linkit Tavaramerkit.)

Tavaramerkkiä rekisteröitäessä on ilmoitettava, mihin tavara- tai palveluluokkiin merkki rekisteröidään. Merkkiä voidaan pitää vakiintuneena, kun se on tullut kohderyhmien keskuudessa tunnetuksi.

3.5 Tekijänoikeus

Tekijänoikeus tarkoittaa tekijän oikeutta ja suojaa kirjalliseen tai taiteelliseen teokseen. Tekijänoikeus on laissa säädetty ja määritelty. Tekijänoikeus kattaa esimerkiksi kirjalliset tuotokset, elokuvat, äänitteet, maalaukset ja sävellykset. Tekijänoikeussuojan saamisen ehtona on, että henkisen luomistyön tuote on itsenäinen ja omaperäinen. Sen tulee myös ylittää sille määrätyn teoskynnyksen. Teoskynnyksen ylittämiseen vaadittavat ominaisuudet riippuvat teostyyppistä. Tekijä voi myöntää teokselle esimerkiksi maksua vastaan käyttöluvia. Tekijänoikeus ei suojaa ideaa, teoksen tietosisältöä tai teokseen sisältyvää kaavaa tai teoriaa. (9, linkit TEKIJÄNOIKEUS.)

4 POLKUPYÖRÄÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Polkupyörä määritellään ajoneuvolain luvussa 2 pykälässä 19 § seuraavasti:

”Polkupyörällä tarkoitetaan yhden tai useamman henkilön tai tavaran kuljettamiseen valmistettua, vähintään kaksipyöräistä, polkimin tai käsikammin varustettua moottoritonta ajoneuvoa. Polkupyöräksi katsotaan myös sellainen enintään 250W:n tehoisella sähkömoottorilla varustettu ajoneuvo, jonka moottori toimii vain poljettaessa ja kytkeytyy toiminnasta viimeistään nopeuden saavuttaessa 25 kilometriä tunnissa.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 11.12.2002/1090.)

Polkupyörää koskevia säännöksiä on määritelty liikenne- ja viestintäministeriön asetuksessa kaksi- ja kolmipyöräisten ajoneuvojen sekä nelipyöräisten rakenteesta ja varusteista luvussa viisi. Määriteltyjä kohtia ovat jarrut, ohjauslaite, heijastimet, valaisimet ja äänimerkinantolaite. (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.)

4.1 Jarrut

”Polkupyörässä tulee olla ainakin yksi tehokas jarrulaite. Tavaran tai useamman kuin yhden henkilön kuljetukseen tarkoitettussa polkupyörässä ja polkupyörässä, missä on enemmän kuin kaksi vaihdetta, tulee kuitenkin olla kaksi erillistä tehokasta jarrulaitetta.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.) Laki kertoo hyvin yksiselitteisesti polkupyörältä vaadittavien jarrulaitteiden määrän. Jos tehdään yksivaihteinen polkupyörä, jolla ei kuljeteta kuljettajan lisäksi muita ihmisiä tai tavaraa, riittäisi yksi jarrulaite. Muutoin tulee käyttää vähintään kahta jarrulaitetta. Polkupyörän käyttäjän turvallisuuden kannalta olisi parempi, jos käytettäisiin aina vähintään kahta jarrulaitetta, koska laiteaurion mahdollisuus on aina olemassa.

”Jarrulaitteiden jarrutustehon ja lujuuden tulee täyttää standardin SFS 5200 tai ISO 4210 jarruja koskevat vaatimukset.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.) Annetulla standardilla varmistetaan jarrulaitteiden asianmukainen laatu ja toimivuus.

4.2 Ohjauslaite

”Jos polkupyörän ohjaustangon ja etuhaarukan yhdistävä ohjainkannatin on säädettävissä, sen tulee olla varustettu pysyvällä merkinnällä vähimmäissyvyydestä, mihin ohjainkannatin on asetettava etuhaarukan laakeriputkeen. Vähimmäissyvyysmerkinnän tulee olla putken alapäästä mitattuna etäisyydellä, mikä on 2,5 kertaa ohjainkannatinputken halkaisija.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.) Ohjauslaitetta koskeva lakipykälä on tehty takaamaan säädettävän ohjauskannattimen turvallisuus. Merkintä vähimmäissyvyydestä estää ohjauskannattimen vaurioitumisen normaalikäytössä. Ohjainputken halkaisijan ollessa esimerkiksi 50 mm tulee vähimmäissyvyydenmerkinnän olla 125 mm etäisyydellä putken alapäästä.

4.3 Heijastimet

”Polkupyörässä tulee olla etu-, sivu-, poljin ja takaheijastimet. Sivuheijastimet on oltava polkupyörän sekä etu- että takaosassa kummallakin sivuilla. Poljinheijastimia tulee kussakin polkimessa olla kaksi ja poljettaessa niistä toisen tulee olla suunnattu eteen- ja toisen taaksepäin. Urheilu- tai kilpailukäyttöön rakennetussa, tiellä käytettävässä polkupyörässä, jonka omamassa on enintään 10 kg ja missä on vähintään 12 vaihdetta, ei kuitenkaan vaadita etu-, sivu- eikä poljinheijastimia polkupyörää valoisaan aikaan ajettaessa.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.)

Heijastimia koskevan lakipykälän tarkoitus on varmistaa polkupyörän riittävä näkyvyys. Kevyen rakenteensa ansiosta polkupyörä on melko huomaamaton liikkumaväline, varsinkin autoilijalle. Vuosittain sattuu valitettavan paljon tapaturmia, jossa toisena osapuolena on pyöräilijä ja osa näistä olisi mahdollisesti voitu estää riittävän huomiota herättävällä suojaruudulla.

”Etuheijastimen tulee olla valkoinen, takaheijastimen punainen sekä poljin- ja sivuheijastimen ruskeankeltaisia. Sivuheijastimina hyväksytään myös heijastavat renkaat, jotka väriltään ja heijastuskyvyltään vastaavat E-säännön n:o 88 vaatimuksia.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.) Heijastimien värikoodien tarkoitus on kertoa muille

kanssaliikkujiille polkupyörän meno- tai tulosuunta. Esimerkiksi punainen heijastin kertoo autoilijalle, että polkupyörää lähestytään takaapäin ja täten auttaa arvioimaan tilannetta.

”Etu- ja takaheijastimen tulee olla vähintään 0,30 metrin ja enintään 1,20 metrin korkeudella tiestä.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.) Tällä lakipykälällä varmistetaan heijastimien oikeanlainen sijoitus, jotta ne näkyisivät halutulla tavalla. Oikein sijoitettu heijastin osuu paremmin esimerkiksi autoilijan valokeilaan.

”Etu-, sivu-, ja takaheijastimen tulee olla hyväksytyt liitteessä 1 olevassa 33 kohdassa mainitun direktiivin tai E-säännön luokkaan IV A. Poljinheijastimien tulee täyttää sanotun direktiivin tai E-säännön luokan I A punaisen heijastimen heijastusvaatimukset.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.) Heijastimille asetetut direktiivit ja E-säännöt varmistavat, että käytössä oleva heijastinmateriaali täyttää siltä vaaditut ominaisuudet.

”Polkupyörässä saa olla turvaviiriin kiinnitetyt, eteenpäin suunnatut valkoiset tai keltaiset ja taaksepäin suunnatut keltaiset tai punaiset heijastimet. Turvaviiri saa olla käännettävissä pyörän pitkittäissuuntaan.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.) Turvaviiriä käytetään yleisesti pienten lasten ja matalarakenteisten polkupyörien yhteydessä herättämään tarvittavaa huomiota. Laki määrittelee turvaviirille sallitut käytettävät värit sekä suunnan.

”Polkupyörässä saa olla tässä pykälässä vaadittujen heijastimien lisäksi eteenpäin suunnattuja valkoisia, sivullepäin suunnattuja keltaisia ja taaksepäin suunnattuja punaisia heijastimia. Tässä pykälässä vaadittujen heijastimien lisäksi eteenpäin ja taaksepäin suunnatut sallitut heijastimet saavat olla asennettuina leveysuunnassa polkupyörän keskilinjasta poiketen ja enintään 1,30 metrin korkeudelle tiestä.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.)

4.4 Valaisimet

”Ajettaessa tieliikennelain 36 §:n 2 momentin mukaisissa olosuhteissa tulee polkupyörässä olla eteenpäin valkoista tai vaaleankeltaista valoa näyttävä valaisin. Polkupyörässä saa olla taaksepäin punaista valoa näyttävä valaisin. Valaisimet saavat olla sijoitettuna leveyssuunnassa polkupyörän keskilinjasta poiketen.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.)

Tieliikennelain 36 §:n 2 momentissa on määritelty seuraavasti: ”Ajovaloja on käytettävä jokaisessa ajoneuvossa, kun sitä kuljetetaan tiellä pimeään tai hämärän aikana taikka näkyvyyden ollessa sään vuoksi tai muusta syystä huonontunut. Jollei ajoneuvon varusteeksi ole määrätty ajovaloja, ajoneuvossa on käytettävä sellaisia heijastimia kuin asetuksilla säädetään.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 1981 > 3.4.1981/267.)

”Valaisimen tulee olla vähintään 0,30 metrin ja enintään 1,30 metrin korkeudella tiestä.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.) Suomen olosuhteissa varsinkin talviaikaan ajettaessa, on valaisin ehdoton varuste. Valitettavasti tätä lainkin mukaan pakollista varustetta ei monikaan käytä pyöräillessä. Pelkät heijastimet eivät riitä herättämään muiden liikkujien huomiota riittävästi.

4.5 Äänimerkinantolaite

”Polkupyörässä tulee olla äänimerkinantolaitteena soittokello.” (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.) Äänimerkinantolaite on polkupyörässä yleisesti yksinkertainen soittokello, mikä päästää riittävän äänen esimerkiksi kävelijän huomion saavuttamiseksi takapäin lähestyessä.

5 STANDARDI JA TYYPPIHYVÄKSYNTÄ

Standardien tarkoitus on varmistaa niiden ehdoilla valmistettujen tuotteiden turvallisuus. Standardi rajoittaa, mutta myös ohjaa tuotteen valmistajaa ja suunnittelijaa tekemään riittäviä huomioita tuotteen testauksesta ja turvallisuudesta.

Koneenrakennuksessa käytettäviä standardeja ovat esimerkiksi

- Mesta ry eli Metalliteollisuuden standardisoimisyhdistys ry
- ISO eli International Organisation for Standardization
- EN eli European Committee for Standardization
- SFS eli Suomen Standardisoimisliitto ry
- TES
- DIN eli Deutsches Institut für Normung. (11, s. 508.)

5.1 Standardit

SFS-EN 14764 korvaa standardit SFS 5200:1985 ja SFS 5201:1985. Kyseinen standardi koskee kaupunki- ja retkipolkupyörien turvallisuusvaatimuksia ja testausmenetelmiä. Se on osa standardisarjaa, jonka tarkoituksena on kattaa kaikki polkupyörätyypit. Standardin soveltamisalassa määritellään suunnittelua, asennusta ja testausta koskevat turvallisuus- ja suorituskykyvaatimukset. Standardi koskee yleisillä teillä käytettäväksi tarkoitettuja polkupyöriä joiden suurin istuinkorkeus on 635 mm sekä niiden osaryhmiä. Soveltamisalan tarkoituksena ei ole pyrkiä standardisoimaan osia. Standardi ei koske maasto- ja kilpapolkupyöriä, rahtipolkupyöriä, nojapolkupyöriä, tandemeita, eikä polkupyöriä, joita käytetään virallisissa kilpailutapahtumissa. (12, s. 12.)

5.2 Tyypin hyväksyntä

Tyypin hyväksynnällä tarkoitetaan kansainvälisesti tai kansallisesti tunnustettua menettelyä, missä hyväksyntäviranomaisen varmentaa ajoneuvo- tai komponenttityypin täyttävän sitä koskevat tekniset vaatimukset. Tyypin hyväksyntöihin liittyvät vaatimukset tulevat joko kansainvälisistä tai kansallisista säädöksistä, joihin kuuluvat lait, asetukset, direktiivit ja E-säännöt. Suomessa tyypin hyväks-

syntäviranomaisen toimii Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. (13, linkit Tieliikenne > Luvat ja hyväksynät > Tyyppihyväksyntä.)

EY-tyyppihyväksytyn ajoneuvon, järjestelmän, osan tai erillisen teknisen yksikön merkintä osoitetaan vaatimuksenmukaisuustodistuksella tai hyväksyntämerkinnällä. Hyväksyntämerkintä sisältää erityisdirektiivin numeron ja suorakulmion kehystämän e-kirjaimen sekä valtion tunnuksen. E-tyyppihyväksyntä osoitetaan ajoneuvoon, osaan tai erilliseen tekniseen yksikköön tehdyllä hyväksyntämerkinnällä. Hyväksyntämerkintä sisältää renkaan ympäröimän E-kirjaimen ja hyväksyneen valtion tunnuksen. (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 19.12.2002/1250.)

6 ERGONOMIA

Ergonomian tarkoitus on sovittaa tekniikka ja toiminta ihmiselle. Ergonomia voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen:

1. fyysinen ergonomia
2. kognitiivinen ergonomia
3. organisatorinen ergonomia. (14, linkit Aihealueet > Ergonomia > Mitä ergonomia on?) (2, linkit Aihealueet > Ergonomia > Mitä ergonomia on?)

Fyysinen ergonomia on keskeisin osa-alue tässä opinnäytetyössäni. Se käsittää nimensä mukaisesti ihmisen fysiologian ja anatomian sovittamista työympäristöön ja siellä käytettäviin välineisiin. Kognitiivinen ergonomia on pääsääntöisesti ihmisen ja käyttöliittymän välisen kommunikoinnin yhteen sovittamista. Organisatorisen ergonomian tarkoitus on sovittaa tekninen järjestelmä sosiaaliseen järjestelmään. (14, linkit Aihealueet > Ergonomia > Mitä ergonomia on?)

6.1 Pyöräilijän keho

Ihmisen keho on moniosainen ja erittäin monimutkainen järjestelmä, jonka pääkohdat pyöräilyssä ovat hermosto, tuki- ja liikuntaelimestö, verenkierto, hengityselimet ja iho. Kaikkia kehon toimintoja ohjaa hermosto, joka koostuu miljardeista aivojen ohjaamista hermosoluista eli neuroneista. Neuronien välinen tiedonsiirto tapahtuu kemiallisten ja sähköisten muutosten aaltona, jotka ohjaavat reaktioitamme. (15, s. 152–153.)

Fyysiset reaktiot koostuvat kahdesta ajallisesta osasta, jotka ovat hermoston ja aivojen välinen sekä lihaksien liikkumiseen kuluva aika. Aivojen ja hermoston välisten käskyjen keskimääräinen nopeus on noin 160 m/s, jota ei voida kehittää edes kovalla harjoittelulla. Hyväkuntoisen ihmisen parempi reagointikyky johtuu lähes pelkästään lihaksiston kyvystä reagoida nopeammin, jota voidaan parantaa jopa 15 % harjoittelemalla. (15, s. 152–153.)

Ihmisen kehon osilla on tietty tehtävä, jonka merkitys korostuu pyöräiltäessä. Aivojen tehtävänä on ohjata toimintaamme käyttäen selkäydintä aärihermoston signaalien välittämiseen. Keuhkojen tehtävä on siirtää happea verenkiertoon.

Miehen keuhkojen tilavuus on noin 6 litraa ja naisen noin 4,7 litraa. Ihmisen pyöräillessä voi lihasten hapenkulutus kasvaa jopa 70-kertaiseksi lepoarvosta. Hapenkulutuksen kasvu vaikuttaa hengitystiheyden lisääntymiseen noin 10 kerrasta minuutissa noin 20 kertaan. Ihminen voi tahdonalaisesti supistaa noin 650 luustolihasta. Luustoliaksella tarkoitetaan luuhun jänteillä kiinnittyvää lihasta, jotka treenattuina voivat sisältää jopa 50 % enemmän hiussuonia paremman hapensaannin varmistamiseksi. Ihmisen keho sisältää lisäksi 206 luuta, jotka toimivat tukirakenteina ja niiden vahvuutta sekä tiheyttä voidaan kasvattaa harjoittelemalla esimerkiksi pyöräilemällä. (15, s. 152–156.)

Sydämen tehtävä on pumpata verta kehon verenkiertojärjestelmän läpi. Sydän painaa noin 200–450 g ja sen lyöntitiheys levossa vaihtelee yleisesti noin 40 lyönnistä 75 lyöntiin minuutissa. Harjoittelun aikana voi sydämen pumppaaman veren määrä jopa kahdeksankertaistua, tämä kasvattaa syketilavuutta jopa 60 %. Lihaksiin menevän veren osuus voi kasvaa jopa 88 %. (15, s. 152–156.)

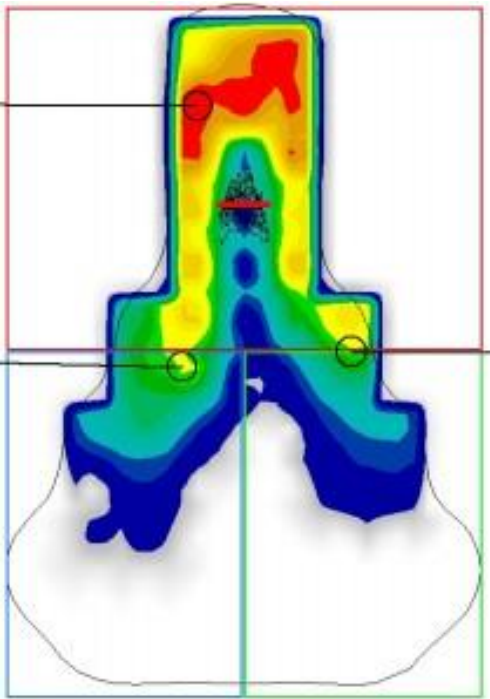
Iho on kehomme suurin elin, jonka pinta-ala voi olla lähes 2 m². Ihon tarkoitus on suojata kehomme syvempiä kudoksia fyysisiltä, kemiallisilta ja mikrobiologisilta hyökkäyksiltä. Iho sisältää myös suuren hermosolujen verkoston, joka kerää informaatiota ilmavirtausten, lämpötilan ja paineen muutoksista. Harjoittelun aikana iho auttaa säätelemään kehon lämpötilaa, mikä esiintyy esimerkiksi iho-
karvojen pystyyn nousuna ilman kylmetessä. Karvojen pystyyn nouseminen johtuu verinahassa olevien arrector pili -lihaksien toiminnasta, jotka pyrkivät muodostamaan ihon ylle eristävän kerroksen. Toisaalta kuumassa ympäristössä iho pyrkii luovuttamaan lämpöä, mihin yhdistyvät myös hikirauhaset, jotka erittävät suolavettä haihduttamaan lämpöä. (15, s. 152–153, 174–175.)

6.2 Sukupuolen vaikutus polkupyörän rakenteissa

Sukupuoli vaikuttaa polkupyörän geometrian ja istuimen valitsemiseen, tämä johtuu sukupuolten välisistä fysiologisista eroista. Naiset ovat keskimäärin 15 % kevyempiä ja 8 % lyhempiä kuin miehet. Polkupyörän ja kuljettajan välisiä kosketuspintoja on yhteensä kolme. Ensimmäinen kosketuspinta on käsien ja ohjaustangon välinen kosketus. Naispyöräilijällä on yleensä kapeammat hartiat ja lyhemmät sekä pienemmät kädet, mikä tulee ottaa huomioon istuimen ja oh-

jaustangon välisessä etäisyydessä, ohjaustangon leveydessä sekä ohjaustangolle asetetuissa lisälaitteissa. (15, s. 22.)

Toinen kosketuspinta on istuimen ja häpyluun välinen kosketus. Naisten häpyluu on leveämpi kuin miehillä, mikä tulee ottaa huomioon istuimen muotoa valittaessa. Miehillä on yleisesti käytössä kapeampi ja pitempi istuinosa, mikä ei välttämättä ole hyvä muoto istuimelle miehen välilihassa sijaitsevien hermojen ja verisuonien takia. Välihaan kohdistuu ajon aika suuri paine (kuva 7), mikä voi pitkään jatkuneen pyöräilyn tuloksena aiheuttaa erektiohäiriöitä. Asiaa onkin jo käsitelty laajasti ja on löydetty yhteyksiä miesten erektiohäiriöiden ja pyöräilyn väliltä. (15, s. 22.)



KUVA 7. Paineen jakautuminen istuimeen (16, linkit Blog)

Polkupyörien jälleenmyyjillä on saatavilla satuloita, joissa miehen fysiologia on otettu paremmin huomioon. Lähtökohtaisesti olisikin aina hyvä varmistaa oikeat säädöt ja hyvä ajoasento. (15, s. 22.) Kolmas kosketuspinta on kenkien ja polkimien välinen, tätä käsitellään myös ihmisen ja polkupyörän välisenä tehopin- tana. Miehen jalkaterä on yleisesti ottaen kookkaampi, mikä vaikuttaa suoraan käytettävän kengän kokoon. Tämä ei normaalien polkimien kanssa yleensä tuo ongelmia, mutta se kannattaa huomioida lukkopolkimia käytettäessä.

6.3 Ihmisen ja polkupyörän välinen tehopinta

Ihmisen ja polkupyörän välisellä tehopinnalla tarkoitetaan jalkaterien ja polkimien välistä rajapintaa. Tämä on osa-alue, jolla voidaan menettää paljon käytetystä energiasta ja pahimmassa tapauksessa aiheuttaa loukkaantumisia. Kokenut pyöräilijä, joka polkee 400 watin teholla, voi aiheuttaa lähes 500 KPa paineen isovarpaaseen jokaisella polkaisulla. Muihin varpaisiin kohdistuu samalla teholla noin 140 KPa:n paine. Jalkateriin kohdistuva paine tulee ottaa huomioon kenkiä ja varsinkin sisäpohjia valittaessa. (15, s. 100–101.)

Jäykkäpohjaisella sopivan kokoisella kengällä saavutetaan parempi pysyvyys polkimilla ja lisäksi niillä voidaan saavuttaa lähes 2 % tehonlisäys, mikä muutoin menisi kengän pohjan taipumiseen. Kun halutaan polkemisesta saada maksimaalinen tehokkuus, käytetään lukkopolkimia. Lukkopolkimien tarkoitus on hyödyntää polkemisessä normaalisti toisen jalan nostamiseen kuluva energia. Kuljettajan kengät lukitaan polkimien lukkoihin, jolloin poljettaessa nouseva jalka lepäämisen sijaan nostaa koukistajalihaksilla poljinta, tämä vähentää toisen jalan nelipäiselle reisilihakselle kohdistuvaa kuormaa. Lukkopolkimien avulla voidaan parhaimmillaan saavuttaa jopa 86 % mekaanisen tehon lisäys. Kääntöpuolena on ajan suhteen lisääntynyt energiankulutus. (15, s. 100–101.)

6.4 Ajoasento

Oikean ajoasennon löytäminen on erittäin oleellista turvallisen, tehokkaan ja onnistuneen ajokokemuksen kannalta. Ajoasento tulisi sovittaa sekä staattista että dynaamista ajoa ajatellen sopivaksi. Kuljettajan ja polkupyörän välillä on kohdassa 6.2 mainitut 3 kosketuspintaa. Ajoasentoa voidaankin yleisesti ottaen muokata näitä kosketuspintoja säätämällä.

Penkin ja ohjaustangon korkeuden sekä kallistuksen säädöt löytyvät lähes kaikista peruspyöristä ja näitä kannattaa hyödyntää. Säädöt ovat kuitenkin rajalliset, eikä sopivaa ajoasentoa aina löydy. Säättöjen rajallisuus tulee huomioida polkupyörää hankittaessa ja erityisesti suunniteltaessa. Suunnittelussa ajoasentoon vaikuttavia tekijöitä ovat runkoputkien pituudet ja kulmat toisiinsa nähden.

Muita tekijöitä ovat esimerkiksi renkaiden, poljinkampien, polkimien, istuimen ja ohjaustangon muotoilu sekä ominaisuudet.

6.5 Ajodynamiikka

Polkupyörän pystyssä pysyminen vaatii noin neljäntoista kilometrin tuntinopeuden. Teoriassa vapaasti kääntyvä eturengas, etupyörän kallistus sekä ohjaustangon ja etuhaarukan massajakauma muodostavat polkupyörän itsevakauttavan dynamiikan. Itsevakauttavan dynamiikan ansiosta polkupyörän keskiviiva palaa pystysuoraan tasoon massakeskipisteen kanssa. Todellisuudessa asiaan vaikuttaa monta eri tekijää, joita ei vielä kaikkia ole pystytty laskemaan. (15, s. 60–61.)

Kun polkupyörän istuimeen asetetaan kuljettaja, muuttuu polkupyörän dynamiikka esimerkiksi massakeskipisteen osalta. Kuljettajan korkealle tuoma lisäpaino nostaa massakeskipistettä ja lisäksi sen paikka vaihtelee kuljettajan ajoasennon mukaisesti. Kääntyminen polkupyörällä vaatii aina vastakkaiseen suuntaan kääntymisen, eli kun halutaan kääntyä oikealle, todellisuudessa käännytään ensin hetkellisesti vasemmalle. Kyseessä on vastaohjaus, jolla pyritään siirtämään massakeskipiste käännettävälle puolelle, jolloin painovoima kallistaa polkupyörää käännettävään suuntaan. Tässä vaiheessa kuljettaja reagoi kääntämällä ohjaustankoa samaan suuntaan estääkseen kaatumisen, samalla keskihakuvoima auttaa pitämään polkupyörän radallaan. Kuljettajaan ja polkupyörään kohdistuva keskihakuvoima, eli renkaiden ja ajopinnan välinen kitkavoima F voidaan laskea kaavalla 1. (15, s. 62–63.)

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

KAAVA 1

m = massa (kg)

v = nopeus (m/s)

r = kääntymissäde (m)

6.6 Aerodynamiikka

Maailmassa pyritään olemaan jatkuvasti tehokkaampia ja saavuttamaan mahdollisimman hyvä hyötysuhde varsinkin ajoneuvoteollisuudessa. Tässä kohtaa

aerodynamiikka nousee merkitseväksi, sillä se on virtausmekaniikkaa, missä tutkitaan ilman ja kiinteiden aineiden tai kappaleiden keskinäistä vaikutusta liikkeessä. Polkupyörän rungon rakenteilla ja kuljettajan ajoasennolla on suuri vaikutus ilmanvastukseen. Ilmanvastus nousee merkitseväksi varsinkin suurissa nopeuksissa ja kilpailtaessa, missä sen voittamiseen kuluu huomattava määrä pyöräilijän energioista.

Ilman vastustaminen johtuu ilman kitkavastuksesta ja massasta, mikä on merenpinnan tasolla 20 °C:n lämpötilassa noin 1,2 kg kuutiometriä kohden. Pyöräilijä joutuu ajaessaan työntämään edessä olevan ilman pois tieltään. Kitkavastus koostuu painevastuksesta ja kitkavastuksesta. Painevastus on riippuvainen kuljettajan ja polkupyörän koosta, nopeudesta sekä muodosta. Kitkavastus taas riippuu kuljettajan ja polkupyörän pintojen karheudesta sekä nopeudesta. (15, s. 128–131.)

Parhaan aerodynamiikan saavuttamiseksi pyritään laminaariseen virtaukseen, mikä tarkoittaa kitkatonta ilman virtaamista kohteen pintojen mukaisesti. Laminaarinen virtaus on vaikea saavuttaa, sillä jo rypy kuljettajan vaatteissa voi pilata laminaarisen virtauksen aiheuttaen turbulenttista pyörteilyä. Turbulenttien pyörteiden ja ilmavirtojen aiheuttama kitkavastuksen kasvaminen hidastaa kuljettajaa ja aiheuttaa turhaa energian kulumista. (15, s. 128–131.)

Polkupyörän ja kuljettajan (kuva 8) aerodynamiikkaa tutkitaan yleensä niille tarkoitetuissa tutkimustiloissa esimerkiksi tuulitunnelissa, missä ilmaa johdetaan kuljettajan ja polkupyörän ympäri. Tällöin pystytään tarkkailemaan ilman käyttäytymistä kyseisillä kohteilla. Virtauksien tutkiminen ei ole helppoa, koska todellisessa tilanteessa kuljettaja ja polkupyörä muuttavat nopeuttaan ja muotoaan jatkuvasti. Myös ilman nopeus, suunta, lämpötila ja tiheys saattavat muuttua, joka aiheuttaa saatuihin tuloksiin epävarmuutta. Nykyisin käytetään myös paljon tietokoneavusteista virtausdynamiikkaa eli CFD, joka tulee sanoista Computational Fluid Dynamics. Virtausdynamiikassa kohteiden aerodynamiikkaa analysoidaan tietokonemallien ja simulaatioiden avulla. (15, s. 128–131.)



KUVA 8. Ilman käyttäytyminen testiolosuhteissa (16, linkit Blog)

Aerodynamiikkaa voidaan parantaa muuttamalla polkupyörän rakenteiden ja komponenttien muotoa sekä kuljettajan ajovarusteita ja ajoasentoa. Käytännössä mitä pienempi etupinta-ala saavutetaan, sitä vähemmän tarvitsee ilmaa työntää edestä pois. Esimerkiksi maastopyöräilijä, jonka etupinta-ala on $0,57 \text{ m}^2$ työntää 100 kg ilmaa $146,2 \text{ m:n}$ matkalla. Vastaavan ilmanmäärän työntämiseen voi $0,35 \text{ m}^2$ etupinta-alalla oleva nojapyöräilijä ajaa 63% pitemmän matkan. Ilmanvastusvoima $F_{D(N)}$ voidaan laskea kaavalla 2. (15, s. 136–137.)

$$F_D = \frac{1}{2} * C_D * A\rho * V^2$$

KAAVA 2

C_D = ilmanvastuskerroin

A = kappaleen etupinta-ala (m^2)

ρ = kuivan ilman tiheys $20 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa (n. $1,2 \text{ kg/m}^3$)

V = kappaleen ilmanopeus (m/s)

Tehollinen etupinta-ala A_T (m^2) voidaan laskea kaavalla 3 (15, s. 136–137).

$$A_T = C_D * A$$

KAAVA 3

C_D = ilmanvastuskerroin

A = arvioitu tai laskettu etupinta-ala (m^2)

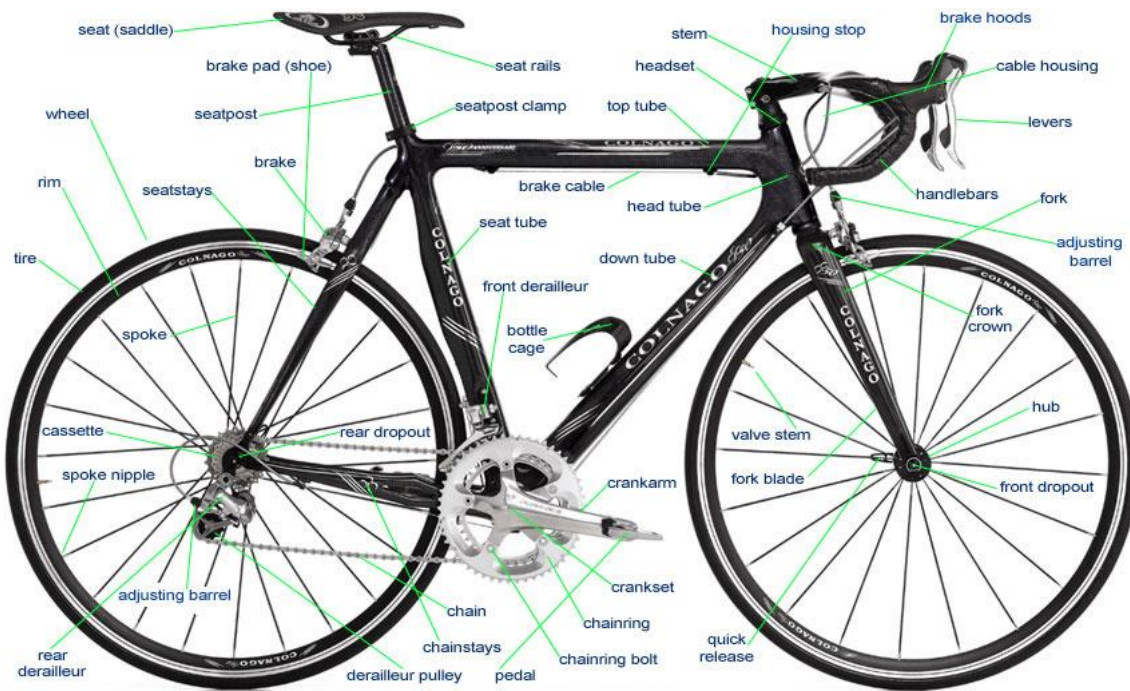
7 POLKUPYÖRÄN KOMPONENTTEJA

Valmiiden komponenttien käyttö on järkevää, koska polkupyörä on iäkäs keksintö ja moni komponentti on jo hiottu hyvään perusmuotoon. Valinnanvaraa on paljon ja valmiiden komponenttien hinnat ovat verrattain alaiset. Valmiita osia käytettäessä on kuitenkin hyvä huomioida komponenttien yhteensopivuus ja järkevyys. Ongelmia voi aiheutua esimerkiksi erilaisten materiaalien keskinäisistä reaktioista, vääristä sovituksista, kiinnityksistä ja kestävyydestä. Polkupyörä sisältää lukuisia komponentteja ja runkorakenteen eri osa-alueita (kuva 9), jotka on hyvä selvittää tarkoin polkupyörän suunnittelua tai rakentamista harkittaessa.



KUVA 9. Polkupyörän keskeisimmät osat (17, linkit Huolto > Polkupyörän rakenne)

Suomen kielellä voi olla vaikea löytää riittävästi informaatiota, jonka vuoksi kuvassa 10 on komponentit myös osoitettu englanniksi. Kuvista 9 ja 10 voidaan todeta eri osien sijoittuminen polkupyörän rakenteessa. Polkupyörän peruskomponentit ovat pääosin samat polkupyörätyypistä riippumatta, mutta eroavaisuusiakin löytyy. Osa polkupyörätyypeistä saattaa sisältää jälkiasenteisia lisälaitteita.



KUVA 10. Polkupyörän keskeisimmät osat englanniksi (18, linkit Bike Parts)

7.1 Ohjauslaitteet

Ohjauksen tarkoitus on siirtää ajajan ohjaustangolla tekemät kääntöliikkeet polkupyörän ohjattavan pyörän tai pyörien kääntöliikkeeksi. Ohjauslaitteiden suunnittelussa tai valinnassa tulee ottaa huomioon kuljettajan lisäksi polkupyörän lopullinen käyttötarkoitus. Ohjaukselle voidaan haluttaessa määrittellä käyttäytymisvaatimukset:

- Tienpinnan epätasaisuuksien säteileminen ohjaustankoon tulee olla mahdollisimman hyvin vaimennettu, ohjaustuntumaa kuitenkin liikaa menettämättä.
- Ohjauslaitteiden peruskinematiikka tulee olla mahdollisimman hyvin toteutettu polkupyörän helpon ja tarkan hallittavuuden säilyttämiseksi.
- Ohjauksen tulisi reagoida pieniinkin ohjausliikkeisiin ilman tarpeetonta elastisuutta.
- Ohjauksessa tulisi käyttää mahdollisimman pientä välityssuhdetta, mikä yleensä polkupyörän ohjauksessa ei muodosta ongelmaa. (19, s. 702.)

Ohjaukselle on määritely vakavuus standardissa SFS-EN 14764. Ohjauksen on voitava kääntyä keskiasennosta vapaasti kumpaankin suuntaan 60° ja sen on

oikein säädettyinä liikuttava koko tällä alueella vapaasti, jumiutumatta ja olematta liian löysä. Polkupyörän ja kuljettajan kokonaispainosta vähintään 25 %:n on kuormitettava etupyörää, kun kuljettaja pitää kiinni kädensijoista ja istuu istuimella. Kuljettajan ja istuimen tulee olla siirrettyinä mahdollisimman kauas taakse. Kyseisen standardin määrittelyllä pyritään varmistamaan ohjaukselta toivotu ja turvallinen käyttäytyminen. (12, s. 70.)

7.1.1 Ohjaustanko

Ohjaustankoa käytetään polkupyörän ohjaamiseen. Se sisältää yleensä polkupyörän tarpeellisimmat hallintalaitteet, kuten jarrukahvat, vaihteenvaihtajat sekä äänimerkinantolaitteen. Ohjaustanko on yhdistetty etuhaarukan ruotoputkeen ohjainkannattimella. Ohjauslaitteen tulee olla mahdollisimman ergonominen, jäykkä ja luotettava turvallisuuden takaamiseksi. Sen välityksellä pyritään saamaan kuljettajalle tieto renkaan asennosta ja tienpinnan laadusta, kuitenkin niin, ettei siitä synny ylimääräistä rasitetta käsien nivelille.

Ohjaustangoista on olemassa lukuisia eri malleja, jotka soveltuvat käytettäväksi eri olosuhteissa. Yleisimmin polkupyörissä näkee käytettävän joko käyrää tai suoraa tankoa, joista on tehty useita eri variaatioita esimerkiksi kilpailukäyttöön. Maantie- ja cyclocrosspyörissä käytetty käyrä ohjaustanko (kuva 11) antaa kuljettajalle useampia ote vaihtoehtoja, joilla saadaan ajoasento sovitettua ajotilanteeseen esimerkiksi aerodynaamisuutta haettaessa. Käyrän ohjaustangon kädensijoissa käytetään yleensä tankoteippiä, joka mukailee paremmin käyrää rakennetta ja antaa hyvän tartuntapinnan kuljettajalle.



KUVA 11. Ohjaustanko maantie (20, linkit VARAOSAT > Ohjain > Ohjaustanko > Ohjaustanko maantie 26,0 > Maantietanko BHB-03 FastBar 42cm)

Maastopyörissä ja hybrideissä käytetty suoratanko (kuva 12) soveltuu paremmin ajo-olosuhteisiin, missä vaaditaan pystympää ajoasentoa, tarkkuutta ja ketteryyttä. Suoraan tankoon on mahdollista halutessaan asentaa nousukahvat, joilla saadaan useampi ote vaihtoehto. Standardissa SFS-EN 14764 kädensijoille ja tulpille on määritelty seuraavat vaatimukset: Ohjaimien päät tulisi varustaa kädensijoilla tai tulpilla, joiden on kestettävä 70 N:n irrotussuuntaista voimaa. Tällä pyritään estämään kädensijojen irtoaminen ja varmistamaan niiden turvallisuus ajon aikana. (12, s. 68.)



KUVA 12. Ohjaustanko suora (20, linkit VARAOSAT > Ohjain > Ohjaustanko > Ohjaustanko MTB 31,8 > O-tanko BHB-05 MTB LiteBar OS)

Standardi SFS-EN 14764 määrittelee ohjaimen mittoja seuraavasti: Ohjaimen kokonaisleveyden on oltava 350–1 000 mm, ellei kansallisissa määräyksissä muuta edellytetä (12, s. 68).

7.1.2 Ohjainkannatin

Ohjainkannattimen tai stemmin tarkoitus on yhdistää ohjaustanko etuhaarukan runkoputkeen. Ohjainkannattimen pituudella voidaan vaikuttaa kuljettajan ajoasentoon ja ohjaustuntumaan. Lyhyellä ohjauskannattimella saavutetaan nopea ohjaustuntuma sen lyhentäessä käden ja ohjauslaakerin välistä etäisyyttä. Pidemmällä kannattimella saavutetaan luonnollisesti hitaampi ohjaus, mikä voi luoda tunteen vakaammasta ohjauksesta.

Ohjainkannattimissa käytetään yleisesti kahta eri rakenneratkaisua Quill- ja Ahead-kannatin. Quill-kannatin (kuva 13) on vanhempi rakenneratkaisu, joka kiristetään ohjainputken sisään kannattimen päässä olevan kierteellisen ruuvin avulla. Ruuvin toisessa päässä on kiila, joka painautuu ohjainputken sisäpintaa vasten ja lukitsee kannattimen haluttuun asentoon.



KUVA 13. Quill-kannatin (21, Pyöräilyvarusteet > Ohjaustangot > Ohjainkannatin Retro Quill)

Ohjainkannattimet voidaan jakaa periaatteessa rakenteen mukaisesti, kierteellisiin ja kierteettömiin. Kierteellisessä ohjainkannattimessa (kuva 14) on nimensä mukaisesti kierteet ruotoputken yläpäässä. Tällainen ratkaisu on yleensä käytössä quill-kannattimen yhteydessä, mutta vanhemmissa polkupyörissä esiintyy myös ahead-kannattimen yhteydessä.



KUVA 14. Kierteellinen ohjainkannatin (22, linkit Full archive > Tech > Headset standards and nomenclature)

Kierteetön ohjainkannatin (kuva 15) on yleisesti maantiepyörissä käytetty. Kierrettömässä ohjainkannattimessa ruotoputki jatkuu ohjainlaakerin yläpuolelle. Yläpäässä käytetään keskitysholkkia, jonka tarkoituksena on pitää ohjainlaakeri linjassa, kun ruotoputken päähän kiinnitetyillä ruuvilla kiristetään mekanismi. Tällainen rakenne on yleensä käytössä ahead-kannattimen yhteydessä.



KUVA 15. Kierteetön ohjainkannatin (22, linkit Full archive > Tech > Headset standards and nomenclature)

Zero Stack (kuva 16) tunnetaan myös matalaprofiilisena ohjainkannattimena, joka voi olla rakenteeltaan integroitu, puoli-integroitu tai perinteinen. Zero Stack käyttää prässättyjä kuppeja laakereille ja laakerit sijaitsevat ruotoputken ylä- ja alapäässä niille tehdyissä hahloissa



KUVA 16. Zero Stack ohjainkannatin (22, linkit Full archive > Tech > Headset standards and nomenclature)

Ohjainkannattimelle on laissa ja standardissa SFS-EN 14764 määritelty asennussyvyyden merkintä (kuva 17) tai pakkotoiminen pysäytin. Ohjainkannattimelle määritelty merkintä koskee vähimmäissyvyyttä, jonka pitää olla vähintään 2,5 kertaa kaulaputken ulkohalkaisijan vahvuus. Kaulaputken turvallisuuden takaamiseksi, on sen jatkuttava vielä vähintään yhden halkaisijan pituuden verran merkinnästä alaspäin. (12, s. 68.)



*KUVA 17. Ohjainkannattimen vähimmäissyvyyden merkintä (20, linkit Tuoteop-
paat > Varaosat)*

7.1.3 Etuhaarukka

Etuhaarukka (kuva 18) on ohjaustangon ohella yleisimpiä polkupyörässä käytettäviä ohjauslaitteita. Sen oikeanlainen suunnittelu tai valitseminen on erittäin olennaista polkupyörän ajokäyttäytymisen kannalta. Etuhaarukan muotoilu ja joustavuus tai joustamattomuus sekä paino määrittelevät paljon polkupyörän luonnetta ja soveltuvuutta eri ympäristöjen olosuhteisiin. Etuhaarukan ja eturenkaan akselin välinen liitos on toteutettu yleisesti mutterilla tai pikalinkuilla. Etuhaarukan ruotoputkeen yhdistetään ohjaustanko ohjainkannattimella.



KUVA 18. Erilaisia etuhaarukoita (23, linkit Tech > 20 > What's In A Fork)

7.1.4 Jousitus

Jousituksen tarkoitus on pehmentää tien epätasaisuuksien aiheuttamia äkillisiä pystysuuntaisia kiihtyvyysoimia. Hyvin suunniteltu jousitus parantaa polkupyörän ajettavuutta merkittävästi. Liian pehmeä jousitus voi huonontaa polkupyörän hallittavuutta ja pahimmassa tapauksessa absorboida kuljettajan tuottamaa energiaa. Liian jäykkä jousitus ei poista riittävästi tien epätasaisuuksien aiheuttamaa tärinää, mikä välittyy pyöräilijän kehoon. Nykyään pyritään pelkän istuimen sijasta vaimentamaan koko runkoon (kuva 19) kohdistuvia voimia. Vaimentamisella saadaan lisättyä rungon elinikää ja kestävyyttä varsinkin vaikeissa olosuhteissa käytettäessä. Iskunvaimennus vähentää merkittävästi liitoskohtiin kohdistuvaa rasitusta, varsinkin jos kyseessä on jäykkä alumiini- tai komposiittivalmisteinen runko.



KUVA 19. Takaiskunvaimennin (22, linkit [Repair Help and Education > Frame & Fork Tools > RockShox Rear Shock Service- Monarch 4.2](#))

Polkupyörien jousitukset ovat kehittyneet paljon lyhyessä ajassa. Nykyään iskunvaimentimet (kuva 20) ovat pääasiallisesti paineilma, kaasua tai nestekäyttöisiä ja jouset kierre- tai ilmajousia. On olemassa myös halpoja ratkaisuja, joissa jouset on korvattu polymeeristä valmistetuilla komponenteilla, joiden jousto on käytännössä olematon tai todella heikko. On olemassa myös tehdaskohtaisia ratkaisuja, joilla pyritään esimerkiksi vähentämään jouston aiheuttamaa keinumista.



KUVA 20. Joustohaarukka (20, linkit [VARAOSAT > Voimansiirto > Haarukat > Joustohaarukat > Dirt Joustohaarukat > Joustohaarukka SF7-Duro DJD](#))

SFS-EN 14764 standardissa on jousitetulle rungolle erityisvaatimukset määritellyt seuraavasti: jousen tai vaimentimen vikaantuessa rengas ei saa koskettaa mitään rungon osaa sekä takapyörää kannattava osa ei saa irrota muusta rungosta. (12, s. 86).

7.2 Voimansiirto

Ihminen voi polkiessaan tuottaa hetkellisesti lähes 2 400 watin tehon, jonka voimansiirron tulisi välittää luotettavasti ja tehokkaasti renkaiden pyörimisliikkeeksi. Normaaliajossa tuotettu teho on noin 50–300 wattia. Pyöräilijän tuottama teho W voidaan laskea kaavalla 4. (15, s. 32–33.)

$$W = T\omega$$

KAAVA 4

T = vääntömomentti (Nm)

$\omega = 2\pi n$ = kulmanopeus (rad/s)

Polkupyörässä voima välitetään poljinkampia kääntämällä, jolloin rattaat ja ketjut tai hihnat pyrkivät pyörittämään vetäviä pyöriä. Näihin kaikkiin osiin kohdistuu vääntömomentti, joka tässä tapauksessa muodostuu ympyräradalla tehdystä työstä. Vääntömomentti T voidaan laskea kaavalla 5. (15, s. 32–33.)

$$T = Fd$$

KAAVA 5

F = voima (N)

d = pyörimisakselin ja vaikutuspisteen välinen etäisyys (m)

Voimalla tarkoitetaan pyöräilijän poljinkampeen tuottamaa voimaa ja etäisyydellä polkimen akselin keskipisteen ja kampien keskiön keskipisteen välistä etäisyyttä (15, s. 32–33). Voimansiirron osia ovat polkimet, kammet, keskiö, vaihteiston komponentit, takanapa, rengastus ja osien laakerointi. Voimaa keskiöltä takanavalle välittävät komponentit esimerkiksi ketju tai hihna, ovat myös voimansiirron osia.

7.2.1 Ketjuvälitys

Keskiöltä takanavalle välitettävän voiman siirtämiseen käytetään yleisesti rullaketjua (kuva 21) sen soveltuvuuden, edullisuuden ja helpon saatavuuden vuok-

si. Ketjuvälityksellä tarkoitetaan ketjupyörien ja ketjun yhdessä muodostamaa välitystä. Polkupyörässä on yleensä kaksi ketjupyörää, ensiöpyörä ja toisiopyörä. Ketjuvälitykselle on ominaista, että ensiö- ja toisioakselit ovat yhdensuuntaiset ja vaakasuorassa. Ketjun on täytettävä ISO 9633 vaatimukset.



KUVA 21. Rullaketju yksivaihte/napavaihte (20, linkit VARAOSAT > Voimansiirto > Ketjut > Ketjut yksivaihte/napavaihte > Ketju Nexus, anti corrosion)

Ketjuvälityksen hyviä ominaisuuksia ovat esimerkiksi korkea hyötysuhde, osittain joustava rakenne, pieni tilantarve, esikiristyksen tarpeettomuus ja suuri voimavälityskyky. Ketjuvälityksen huonoja ominaisuuksia ovat esimerkiksi melu, voitelun tarve, tiheä huollon tarve joissain sovellutuksissa, soveltuvuus vain yhdensuuntaiselle akselille, välykset ja välityssuhteen vaihtelevuus. (24, s. 569–570.)

Muita yleisesti käytössä olevia tapoja välittää voima keskiöltä takanavalle ovat hihnaveto ja kiinteävaihte. Taulukossa 4 on vertailtu perusvaihteiden ominaisuuksia, jotka antavat suuntaa oikean ratkaisun valitsemiseksi polkupyörälle. Kyseistä taulukosta voidaan todeta, että jokaisella perusvaihteella saavutetaan riittävän suuri kyky välittää voimaa sekä riittävän hyvä hyötysuhde. Käyttölämpötilan vaatimuksia tutkittaessa voidaan todeta, että hihnat soveltuvat muita paremmin polkupyörä käyttöön, koska ne kestävät alhaisempia lämpötiloja paremmin. Hammashihnasta voidaan todeta, että sillä on lähes ketjua ja hammasvaihdetta vastaava hyötysuhde sekä tarkkuus ilman voitelun tarvetta. Muihin hihnoin verrattaessa tarkkuus on se asia, mikä erottuu hammashihnan eduksi.

TAULUKKO 4. Perusvaihteiden ominaisuuksia (24, s. 607)

	Hammasvaihde	Ketju	Lattahihna	Kiilahihna	Hammashihna
Muoto-/kitkasulkeinen	m	m	k	k	m
normaalisti	10 000	500	1000	1000	500
erikoistap.	100 000	1000	5000	2000	1000
Suurin momentti M (Nm)	108	106	104	104	104
Suurin kehänopeus					
normaalisti	50	15	50	30	60
erikoistap.	100	30	120	50	100
Maksimivälitys					
normaalisti	15:01	6:01	15:01	10:01	15:01
erikoistap.	50:01:00	15:01	25:01:00	15:01	50:01:00
tarkkuus (välityssuhde i)	hyvä	hyvä	kohtalainen	kohtalainen	hyvä
hyötysuhde	94–98	94–98	98–99	92–97	93–98
käyttölämpötila	-0,2	-0,2	-0,5	-0,5	-0,5
käyntiääni	voimakas	voimakas	hiljainen	hiljainen	meluisa
voitelu	kyllä	kyllä	ei	ei	ei

7.2.2 Hihnavälitys

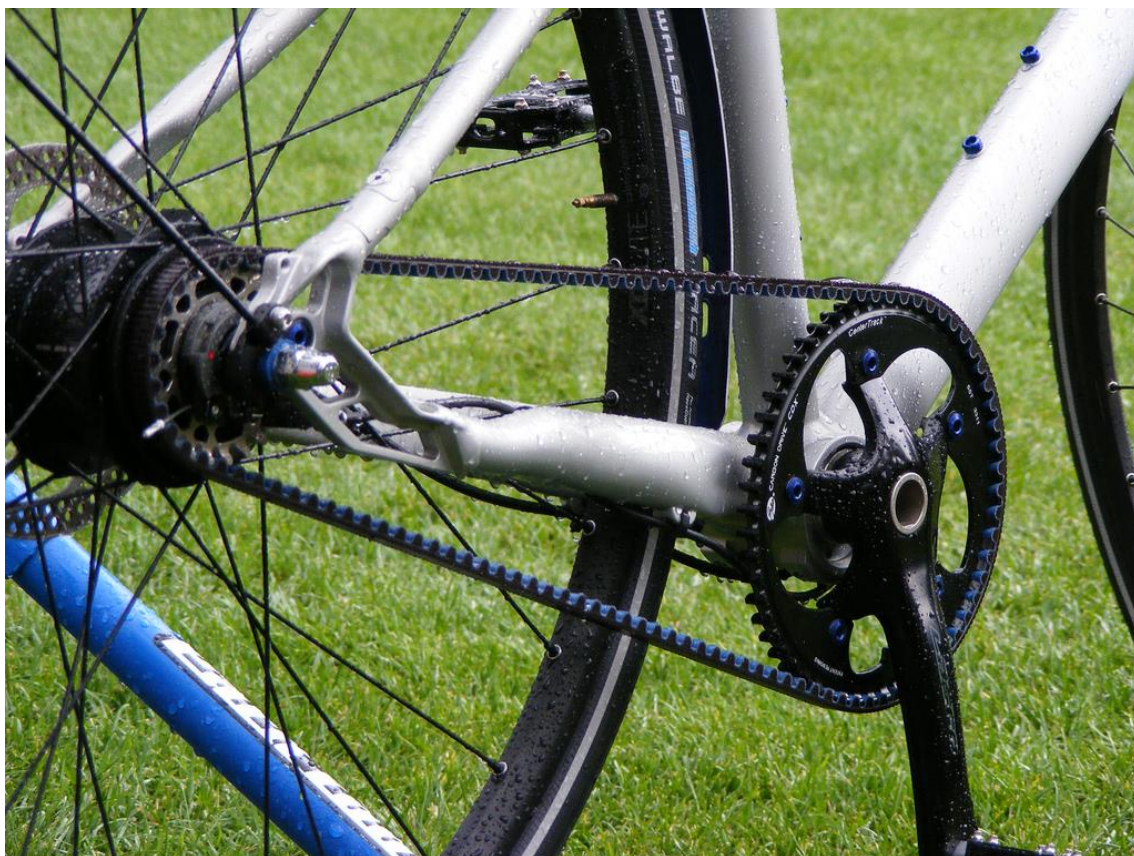
Hihnavälityksiä ovat latta-, kiila- ja hammashihnavälitykset. Latta- ja kiilahihnavälityksissä esiintyy aina pientä liukumaa tai jättämää. Siksi sovelluksissa, joissa ensiö- ja toisioakselien tulee olla tarkasti synkronoitu, käytetään hammashihnaa. Latta- ja kiilahihnavälityksen etuja verrattuna hammashihnaan ovat akselivälin suuruus, tarkkuuden vaatimukset, yksinkertaisuus ja halpa rakenne. Muita etuja ovat vaimennusominaisuuksista johtuva hiljainen käynti, huoltovapaus ja helppous, sekä lattahihnalla parempi hyötysuhde. (24, s. 586–587.)

Latta- ja kiilahihnavälityksen huonoja puolia verrattuna hammashihnaan ovat luisto ja jättämä, kiristyksen tarve vaippakantaisilla kiilahihnoilla ja suuremman esikiristyksen aiheuttama laakerikuorma. Muita huonoja puolia ovat tehonsiirto-kykyyn nähden suuri koko sekä toiminta-alttius ympäristöolosuhteille, jotka ovat merkittäviä tekijöitä polkupyöräkäytössä. (24, s. 586–587.)

7.2.3 Hammashihnavälitys

Hammashihna (kuva 22) on tavallaan ketjun ja hihnavälityksen välimuoto. Hammashihnassa voima välittyy hinnan ja hihnapyörän hammastuksen välillä, mutta rakenteeltaan hammashihna on kuitenkin tyypillisen hinnan kaltainen. Toisaalta hammashihnaan kohdistuva veto välitetään rakenteesta riippumatta

aina vetolangoilla. Vetolangat ovat yleensä valmistettu lasikuidusta tai kevlarista. Hammashihnan käyttö on yleistynyt ja sillä korvataan monesti ketju ajoneuvokäytössä. Hammashihnaa käytetään esimerkiksi auton jakopään rakenteissa. Hammashihnan etuja ketjuun verrattuna on sen puhtaus, huoltovapaus, meluttomuus pienillä kierroksilla sekä keveys. (24, s. 604–605.)



KUVA 22. Hammashihna polkupyöräkäytössä (25, linkit GALLERY > PHOTOS > Rainy day in Telluride)

Hammashihnan huonoja puolia verrattuna ketjuun ovat sen kalliimpi hinta, äänekkyys suurella nopeudella kuormittaessa, ylikuormituksesta johtuva rikkoutuminen ja renkaan irrottamisen tarve hihnaa vaihdettaessa. Hammashihnan suurimpana haittana on vaihteistojen rajaaminen napavaihteisiin. Hammashihnaa on jo jonkin aikaa ollut tarjolla polkupyörien perusvaihteeksi ja se onkin yleistynyt hyvää tahtia. Autojen jakopäiden hammashihnoista tuttu Gates valmistaa polkupyöriin valmiita hihnasarjoja. Hihnaa käytettäessä tulee huomioida hihnan taipumus vaeltaa, joten ainakin yksi hihnapyörä tulee olla varustettu ohjauslaipoilla. (24, s. 587.)

Hammashihnalla on kolme päämittaa: hammasjako, jakopituus ja leveys. Hammasjaolla tarkoitetaan kahden vierekkäisen hampaan keskiviivojen välistä etäisyyttä, joka mitataan hihnan jakoviivaa pitkin. Jakopituus on hihnan kokonaispituus jakohalkaisijaa pitkin mitattuna. Hihnojen kaikki mitat ilmaistaan millimetreinä. Hammashihnat mitoitetaan tavallisesti valmistajien kuten Gates antamien ohjeiden mukaisesti. Mitoituksen perustana on yleensä hampaan suurin sallittu pintapaine σ_{nsall} , joka voidaan laskea kaavalla 6. (24, s. 605.)

$$b = \frac{FY}{h\sigma_{nsall}z_e}$$

KAAVA 6

F = hihnavoima (N)

Y = sysäyskerroin

h = hampaiden korkeus (mm)

z_e = pienemmän ryntökaaren lukumäärä

7.2.4 Hammasvaihde

Hammaspyörä on yksi perusvaihteista, eli mekaanisen voimansiirron osa, jolla voidaan pyörivä liike siirtää akselilta toiselle tai muuttaa suoraviivaiseksi liikkeeksi. Yleisimmin käytetty hammaspyörätyyppi on lieriöhammaspyörä, joka voi olla joko suorahampainen, vinohampainen tai sisähammastettu. Muita hammaspyörätyyppejä ovat kartiohammas-, ruuvi- ja kierukkapyörä. Hammaspyörien aihioina käytetään joko lieriötä tai kartiota, johon hampaat valmistetaan. Käytettävien hammaspyörien välityssuhde i voidaan laskea kaavalla 7. (24, s. 490–491.)

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

KAAVA 7

ω = kulmanopeus (rad/s)

n = pyörimisnopeus (1/s)

7.2.5 Vaihteisto

Vaihteiston tehtävänä on muuttaa voimansiirron välitystä, jolla saadaan joustavuutta eri tieolosuhteissa poljettaessa. Nykyisin polkupyörissä vaihdelaiteena käytetään yleisesti napavaihdetta tai ketjuvaihdetta. Vaihteisto koostuu yleensä

vaihteenvalitsimesta, vaihdevaijerista sekä itse vaihdelaiteesta. Vaihteiston ansiosta pyöräily on paljon helpompaa, koska vaihteiston avulla ihminen pystyy hyödyntämään ihannepolkemistahtiaan eli kadenssia. Polkupyörässä välityksiä muutetaan esimerkiksi hammasrataspakkojen (kuva 23) avulla. Edessä olevassa pakassa on yhdestä kolmeen ratasta ja takana olevassa yhdestä kahdeksaan ratasta.



KUVA 23. Takempi hammasrataspakka (22, linkit [Repair Help and Education > Cassette and Freewheel Service > Cassette and Freewheel Removal](#))

Polkupyörän renkaan tekemät kierrokset voidaan laskea eturattaan ja takarattaan hampaiden määrästä. Esimerkiksi 53T hammasratas yhdistetään 12T hammasrattaan kanssa, saadaan välitykseksi 53:12 tai 4.42, joka tarkoittaa renkaan kulkemia kierroksia. Kuvassa 24 on esitetty kaksi tapaa hammasrattaiden luoman välityksen avulla kuljetun matkan laskemiseen. Hammasrattaiden luomat välitykset ovat yleensä väliltä 1.21 ja 4.81. (23, linkit [Tech > 5 > Beyond the big ring: understanding gear ratios and why they matter.](#))

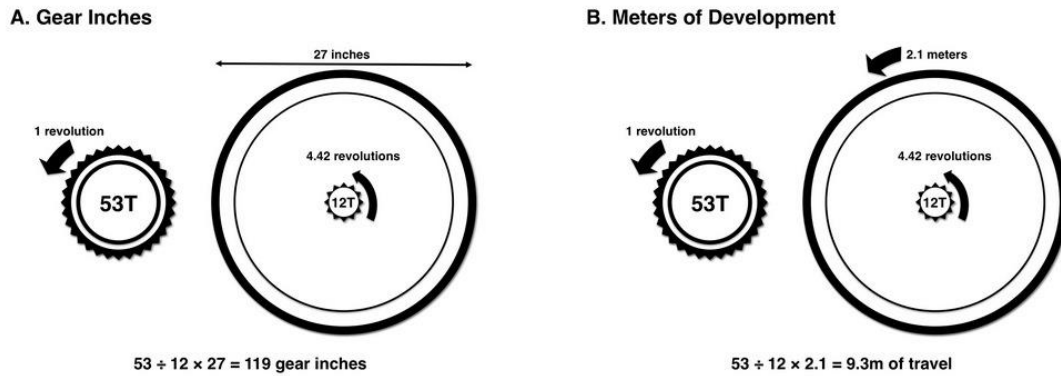


Figure 1: Converting gear ratios into (A) gear inches and (B) meters of development

KUVA 24. Kuljetun matkan laskeminen välityksen avulla (23, linkit Tech > 5 > Beyond the big ring: understanding gear ratios and why they matter)

7.3 Polkimet ja poljinkammet

Polkimet (kuva 25) ovat osa polkupyörän voimansiirtoa, joilla välitetään jalkojen rotaatioliikkeen kautta saatava voima perusvaihteelle ja siitä eteenpäin aina renkaalle tai renkaille asti. Polkimien ja kenkien välistä kosketuspintaa voidaan käsitellä tehorajapintana, sillä ihmisen polkupyörän liikuttamiseen käyttämä energia kulkee ensimmäisenä polkimien kautta. Polkimien keskellä kulkee akselit, joiden tarkoitus on mahdollistaa polkimien polkeminen niin, että jalkaterät ja polkimet voivat olla samassa asennossa.



KUVA 25. Vakiopolkimet (20, linkit VARAOSAT > Polkimet > Polkimet vakio 9/16" > Poljin BPD-24 EasyRider 2)

Polkimia on olemassa monenlaisia, mutta suurin eroavaisuus tulee vasta, kun puhutaan lukkopolkimista (kuva 26). Lukkopolkimet vaativat erikoiskenkien käytön niiden poljinpinnassa olevan lukitusmekanismin vuoksi. Lukitusmekanismien tuoma etu on selvä verrattuna normaalipolkimiin. Normaalipolkimia käytettäessä hukataan paljon energiaa toisen jalan nostamiseen. Alaspäin poljinta etummaisella jalalla poljettaessa, taaempi jalka nojaa nousevaa poljinta vasten aiheuttaen lisäkuormitusta etummaiselle jalalle. Lukkopolkimilla ja oikealla pyöritystekniikalla tämä voidaan estää ja saavuttaa huomattavasti parempi hyötysuhde. (17, linkit Harrastaminen > Ajotekniikka > Pyöritystekniikka.)



BikeShop.fi

KUVA 26. Lukkopoljin maantie (20, linkit VARAOSAT > Voimansiirto > Polkimet > Lukkopolkimet maantie > Shimano Ultegra-polkimet / 6800)

Pyöritystekniikalla tarkoitetaan polkemista jalkojen ollessa kiinni polkimissa, jolloin voidaan hyödyntää polkimien kulkema liikerata kokonaan. Pyörittämisen tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman tasainen pyörimisliike jalan voiman kohdistuessa kampeen sen ollessa 90 asteen kulmassa. (17, linkit Harrastaminen > Ajotekniikka > Pyöritystekniikka.)

Poljinkammet (kuva 27) ovat kiinnitetty keskiölaakerin molempiin päihin, mikä mahdollistaa niiden vapaan pyörimisen. Poljinkampiin on kiinnitetty yksi tai useampi hammasratas, jonka kautta jalkojen muodostama pyörimisliike muunnetaan esimerkiksi ketjun lineaariliikkeeksi. Tämä tapahtuu poljinkampiin kiinnitettyjen polkimien avulla.



KUVA 27. Kampisarja ja eturataspakka (22, linkit Repair Help and Education > Crank Service > External Bearing Crank Systems (Hollowtech 2, MegaExo, Giga X Pipe, X-type, Campagnolo Ultra-Torque)

SFS-EN 14764 -standardin mukaan polkimen astinpinnan siirtyminen polkimen kehyksessä on oltava estetty. Kuormittamaton polkupyörä on voitava kallistaa sivusuunnassa 25° kulmaan pystysuoran suhteen niin, että mikään polkimen osa, astinpinta ylöspäin, ei kosketa maanpintaa. Polkimen on tällöin oltava alimassa asennossaan ja samansuuntainen maanpinnan tason kanssa. Jos polkupyörä on jousitettu, tämä mittaus on suoritettava niin, että jousitus on säädetty mahdollisimman pehmeäksi ja polkupyörä on painettu asentoon, mikä vastaa 80 kg painavan henkilön vaikutusta. (12, s. 118–120.)

7.4 Jarrut

Jarrujen tehtävänä on vähentää polkupyörän liike-energiaa muuttamalla sitä lämpöenergiaksi. Energian muutos tapahtuu jarrumekanismin kitkapintoja toisi-

aan vasten puristamalla. Kitkapintoina toimivat yleisesti jarrupalat, jarrukengät, vanne, jarrulevy tai jarrunavan sisäpinta jarrutyypistä riippuen. Jarrutyyppejä on yleisesti käytössä kolme: napa-, levy- sekä vannejarrut. Kuljettaja käyttää jarruja yleensä ohjaustankoon sijoitettujen jarrukahvojen tai poljinkampiin sijoitettujen polkimien avulla. Jarrukahvoilta ja polkimilta voima välitetään jarrumekanismin mekaanisesti esimerkiksi vaijerilla tai ketjulla tai hydraulisesti nesteen välityksellä.

Jarrujen oikeanlainen toiminta on erittäin tärkeää polkupyörän käytön turvallisuuden kannalta. Polkupyörässä on SFS-EN 14764 -standardin mukaan oltava vähintään kaksi toisistaan riippumatonta jarrujärjestelmää. Toinen jarruista on sijoitettava etupyörälle ja toinen takapyörälle. Jarrujärjestelmien on täytettävä standardin kohdan 4.6.8 jarrutustehoa koskevat vaatimukset. Kohdassa 4.6.8 voidaan kahden eri testin avulla määrittää jarrutusteho pysähtymismatkan avulla. Toisessa testissä jarrutusmatka mitataan välittömästi koeajolla. Vaihtoehtoisesti voidaan tehdä testi, missä jarrutusvoima mitataan ja saatujen tulosten pohjalta lasketaan jarrutusmatka. Taulukosta 5 voidaan todeta polkupyörältä vaadittava jarrutusmatka tietyllä ajonopeudella, tietyissä olosuhteissa ja tietyllä jarrulla jarruttaessa. (12, s. 36.)

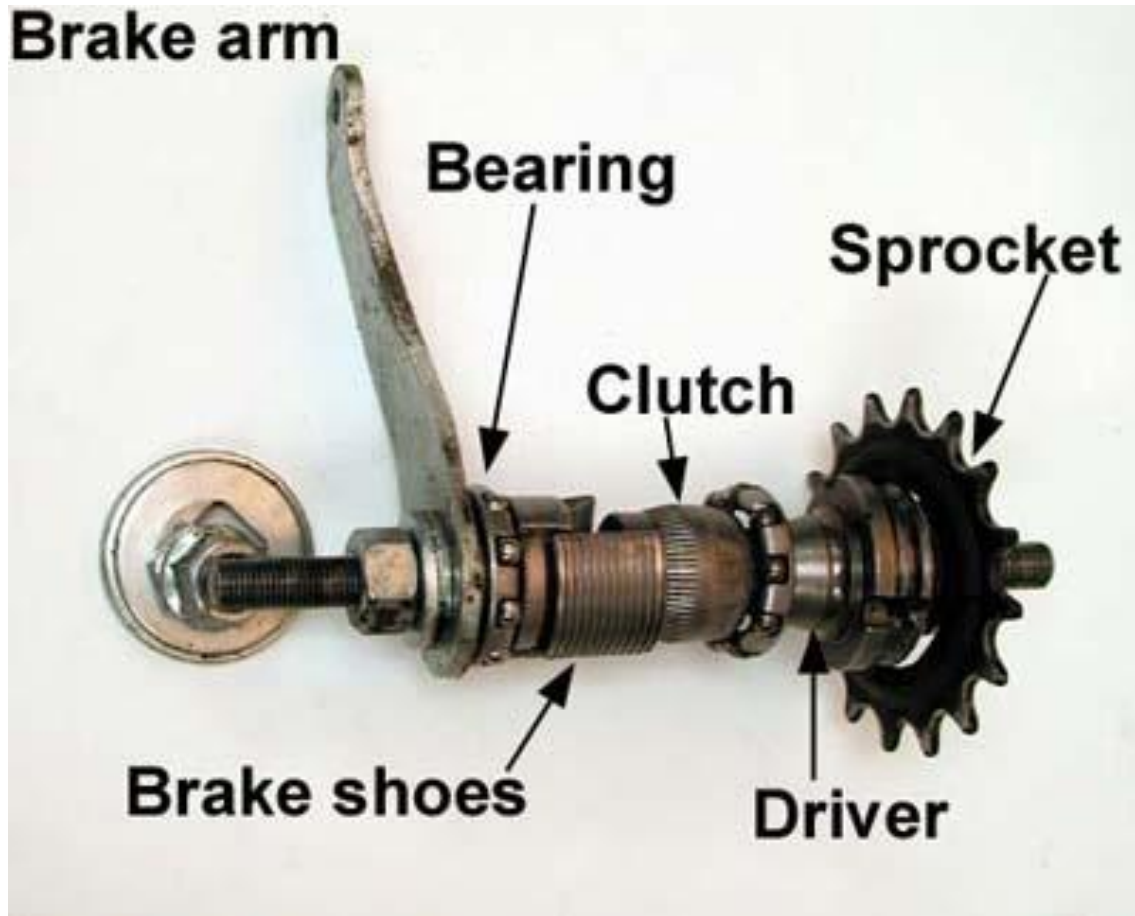
TAULUKKO 5. SFS-EN 14764 -standardissa jarrutusmatkoille esitetyt vaatimukset (12, s. 36)

Olosuhteet	Nopeus km/h	Käytetyt jarrut	Jarrutusmatka m
Kuiva	25	Molemmat	7
		Vain takajarrut	15
Märkä	16	Molemmat	5
		Vain takajarrut	10

7.4.1 Napajarrut

Napajarruissa tai sisäkenkäjarruissa (kuva 28) syntyvä kitka on toteutettu jarrukenkien kitkapinnan ja navan sisällä olevan jarrupinnan välisellä kosketuksella.

Jarrukenkien liike on toteutettu mekaanisesti ja se aktivoituu polkimen kampea taaksepäin painettaessa. Kyseessä on siis yleensä jalkakäyttöinen jarrulaite, joka on sijoitettu takavanteeseen.



KUVA 28. Napajarrujen rakenne (22, linkit [Repair Help and Education](#) > [Hub Service](#) > [Coaster Hub Overhaul \(Pedal Brake Hub\)](#))

Napajarrujen etuja vannejarruihin verrattaessa, ovat pitkä huoltoväli ja niiden suojaisa rakenne, joka estää ulkopuolisten partikkeleiden pääsyn jarrujen rakenteisiin. Suojaisa rakenne on myös niiden heikkous. Riittämätön lämmönpoisto tekee napajarruista erittäin huonon vaihtoehdon esimerkiksi alamäki pyöräilyyn, missä jarruja käytetään huomattavasti normaalia enemmän. Napajarrujen huoltaminen ja uusiminen on huomattavasti vannejarruja vaikeampaa ja yleensä kalliimpaa. (17, linkit [Harrastaminen](#) > [Polkupyörät](#) > [Polkupyörän osat](#) > [Jarrut](#).)

7.4.2 Vannejarrut

Vannejarruissa jarrupalojen (kuva 29) kitkanpinta puristetaan mekaanisesti vannekehän sivuja vasten vaijerin tai hydraulikan välityksellä ohjaustankoon liitettyjä jarrukahvoja käytettäessä. Jarrupaloiissa käytetty kitkamateriaali valmistetaan yleensä kumista, nahasta tai korkista. Vannejarrut ovat saavuttaneet suuren suosion niiden kevyen ja edullisen rakenteen, helpon huollettavuuden sekä hyvän jarrutehonsa takia. (20, linkit [Tuoteoppaat](#) > [Varaosat](#).)



KUVA 29. Vannejarrupalojen kaksi eri kiinnitystyyppiä (20, linkit [Tuoteoppaat](#) > [Varaosat](#))

Vannejarrujen huonoina puolina voidaan mainita vanteiden vaihdon tarve sekä herkkyys ympäristön epäpuhtauksille. Varsinkin märissä olosuhteissa voidaan jarrutustehosta menettää huomattavasti märkien kitkapintojen takia. Mikäli polkupyörää käytetään kuormattuna pitkiä aikoja yhtäjaksoisesti, tulee kitkasta vanteisiin muodostuva lämpö huomioida. Lämmön seuraamisella vältetään renaspaineen liialliselta nousulta ja renkaan puhkeamiselta. Tämä voidaan välttää esimerkiksi käyttämällä levyjarruja tai keraamisesta pinnoitettuja vanteita, missä pinnoite toimii eristeen tavoin ja estää lämmön siirtymistä vanteeseen. Vannejarrujen rakenne tulee huomioida, sillä se saattaa olla rajoittava tekijä vanteita tai jousitusta suunniteltaessa. (17, linkit [Harrastaminen](#) > [Polkupyörät](#) > [Polkupyörän osat](#) > [Jarrut](#).)

Vannejarruista on olemassa ainakin kolme eri rakenneratkaisu, jotka ovat U- ja V-jarru sekä Cantilever-jarru. U-jarruja (kuva 30) käytetään nykyään BMX-pyörissä niiden tylpän ja sileän rakenteensa vuoksi, mikä ei vahingoita kuljettajaa kontaktin sattuessa. U-jarruissa on kaksi samanmittaista jarruvipua, jotka on kiinnitetty kiinteästi runkoon samasta kohdasta. Jarruvipujen välissä on vaijeri, jonka keskelle on sijoitettu liukupala. Liukupalassa on kiinnitys jarrukahvalta tulevalle vaijerille, jota painettaessa liukupala kiristää jarruvipuihin tulevaa vaijeria tasaisesti. (17, linkit Harrastaminen > Polkupyörät > Polkupyörän osat > Jarrut.)



KUVA 30. U-jarru Tektro (20, linkit VARAOSAT > Jarrut > Jarru bmx > U-jarru Tektro FX570 CFS etu)

V-jarrut "V-brakes" (kuva 31) ovat Shimanon versio Cantilever-jarruista. Shimanon versiossa vaijeri tuodaan sivulta vaijerimutkan ja toisen jarruvivun kiinnikkeen kautta suoraan toiselle jarruvivulle. Jarruvipujen välissä ei ole muita erillisiä mekanismeja tai kiinnityskohtia rungossa. V-jarrut soveltuvat hyvin käytettäväksi jousitetuissa polkupyörissä edellä mainitusta syystä johtuen.



KUVA 31. V-jarru Shimano (20, linkit VARAOSAT > Jarrut > Vannejarru > V-jarru Shimano Brm422fx)

Cantilever-jarruissa (kuva 32) jarruvivut ovat kiinteästi kiinnitetty yleensä etuhaarukkaan molemmin puolin rengasta. Jarruvipujen välissä on vaijeri, joka kiinnittyy ohjainpalaan. Ohjainpalasta lähtee vaijeri jarrukahvalle, jota painettaessa vaijeri nousee ylöspäin ja vääntää vipuja kohti vanteen kehää. Cantilever-jarrut soveltuvat avoimen rakenteensa ansiosta hyvin käytettäväksi leveiden renkaiden kanssa. Kyseisten jarrujen huonoja puolia ovat niiden joustavasta rakenteesta johtuva heikohko jarruteho ja jarruvipujen käänkökulmasta johtuva vaatimus säätyville jarrupalloille. Jarruvipujen kiinnityskohdat luovat rajoituksia etuhaarukan valinnalle ja niitä varten tehdyt kiinnityskohdat saattavat heikentää sen rakennetta.



KUVA 32. Cantilever-jarru XLC (20, linkit VARAOSAT > Jarrut > Vannejarru > Cantilever jarru XLC BR-C01)

7.4.3 Levyjarrut

Levyjarrujen käyttö polkupyörissä on yleistynyt varsinkin kalliimmissa malleissa. Levyjarruja käytetään vannejarrujen tavoin ohjaustangolle sijoitetuilla jarrukahvoilla, joista voima välitetään vaijerien tai hydraulisen järjestelmän välityksellä jarrupaloille (kuva 33), jotka puristuvat jarrulevyä vasten. Jarrulevy on kiinnitetty kiinteästi pyörän navan yhteyteen.



KUVA 33. Levyjarrujen jarrupalat (20, linkit VARAOSAT > Jarrut > Jarrupalat > Jarrupala levyjarru > Levyjarrupalat BBS-494 DiscStop)

Levyjarrujen (kuva 34) etuja vannejarruihin verrattuna, on niiden luotettavuus ja toimivuus huonoissa olosuhteissa. Muita etuja ovat korkea kuormitettavuus sekä jarrujärjestelmän irrallisuus vanteesta. Levyjarrujen huonoja puolia ovat niiden hinta, rakenteen tuoma lisäpaino, sovite navan yhteydessä sekä vanteisiin kohdistuva vääntömomentti ja etuhaarukkaan kohdistuva taivutusmomentti. Nämä momentit tulee huomioida etuhaarukan ja vanteiden rakenteessa, joka näkyy yleensä lisääntyneenä painona.



KUVA 34. Levyjarru mekaaninen AVID (20, linkit VARAOSAT > Jarrut > Levyjarru mek. > AVID Mek. Levyjarru BB7 MTB)

7.4.4 Kiinteävälitteiset jarrut

Kiinteällä välityksellä (kuva 35) varustetuissa polkupyörissä jarrutustapahtuma tapahtuu kampien pyörimisliikettä jaloilla vastustamalla. Tämä ratkaisu on nykyään käytössä kilpapyörissä, tempupyörissä ja harrastelijoiden suosimassa fixiepyörässä, joka on esitelty tämän työn kohdassa 8.2. Kiinteällä välityksellä

olevaa polkupyörää ei yleensä suositella kokemattomalle pyöräilijälle sen haastavuuden takia, joka johtuu poljinkampien jatkuvasta liikkeestä.



KUVA 35. Kiinteävälitys (26)

7.5 Vanteet ja navat

Polkupyörän täydellinen vanne (kuva 36) sisältää yleensä ulkokehän, navan ja pinnat. Pinnojen tarkoitus on yhdistää napa ja kehä vetämällä niitä toisiaan vasten ennalta määrätyllä jännityksellä yhtä voimakkaasti. Vanteen kehä pysyy tällöin vakioetäisyydellä navasta ja kehä pystyy kauttaaltaan kannattelemaan polkupyörän, kuljettajan ja muiden komponenttien yhteispainon. Vanne pystyy painonsa nähden kannattelemaan suuria kuormia. Esimerkiksi 1 000 N pinnojen jännityksellä oleva vanne voi kantatella 400 kg painon. Jännityksessä olevien pinnojen perustaajuus f voidaan laskea kaavalla 8. (15, s. 110–111.)

$$f = \frac{1}{2L} * \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

KAAVA 8

L = pituus (m)

T = pinnan jännitys (N)

μ = massa yksikköpituudella (kg/m)



BikeShop.fi

KUVA 36. Kevyt vanneperi (20, linkit VARAOSAT > Kiekot > Kiekkoparit > Kiekkoparit 28" > Shimano Ultegra-kiekkopari 8-11v/6800)

Vanteen keventämisellä ja kehän suurentamisella voidaan saavuttaa merkittäviä etuja pyörää kiihdyttäessä johtuen massan hitaudesta ja jakautumisesta.

Vanteen hitausmomentti voidaan laskea kaavalla 9. (15, s. 109.)

$$I = mr^2$$

KAAVA 9

m = massa (kg)

r = säde (m)

Vanteen keventäminen ei kokonaisuuden kannalta ole välttämättä merkittävää.

Monesti saavutetaankin parempi hyöty esimerkiksi parantamalla polkupyörän aerodynamiikkaa ja lisäämällä ilmaa renkaisiin, joka vähentää vierintävastusta.

Vanteen tulee täyttää standardin ISO 5775-2 asettamat vaatimukset.

Vanteen keskellä sijaitsevia pyörännapoja voi olla monenlaisia. Edessä käytetään yleensä ihan perinteistä naparakennetta (kuva 37), jossa pyörännavan sisään on laakeroitu akseli, mikä on kiinnitetty molemmista päistä etuhaarukkaan. Kuvassa 37 näkyvässä etunavassa on pikalukitus ja päissä näkyviin reikäkiekkoihin eli pinnakehiin kiinnitetään vanteen pinnat.



KUVA 37. Etunapa (20, linkit VARAOSAT > Kiekot > Etunavat > Etunapa XT 36r musta)

Takanapa (kuva 38) poikkeaa etunavasta sen sisältämien voimansiirron ja jarrujärjestelmän komponenttien vuoksi. Yleisesti takanavat voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin vaihteistojen perusteella. Napavaihteellisessa pyörässä takanavan sisällä on planeettavaihteisto, joka muuttaa välitystä planeettapyörästön avulla. Toinen vaihtoehto on takanapa, jonka yhteyteen liitetään takarataspakka. Takarataspakka mahdollistaa useamman välityksen käytön, mihin vaikuttaa myös eturattaiden lukumäärä.



KUVA 38. Takanapa (20, linkit VARAOSAT > Kiekot > Etunavat > Etunapa XT 36r musta)

Pyörien pyörimistarkkuus on määritelty standardissa ISO 1101 sivuttaisen aksiaaliliheittotoleranssin avulla. Heittotoleranssit antavat suurimmat sallitut vanteen paikan muutokset valmiiksi kootulle ja säädetylle pyörälle. (12, s. 108.)

7.6 Renkaat

Polkupyörien renkaat (kuva 39) koostuvat yleensä polymeereistä valmistetuista ulko- ja sisärenkaista, jotka on tyypillisesti täytetty ilmalla. Polkupyörän renkaat tulisi valita käyttöympäristön ja käyttötarkoituksen mukaan. Käyttöympäristöjen mukaan jaoteltuja ulkorenkaita ovat esimerkiksi maasto-, maantie- ja nastarenkaat. Renkaiden mitoituksessa tulee ottaa huomioon kantavuus, nopeus, käyttöpaine ja käyttöympäristö.



KUVA 39. Pistosuojattu ulkorengas (20, linkit [RENKAAT](#) > [Ulkorengaat](#) > [Ulkorengaat 28"/27"](#) > [32-622 Schwalbe Marathon Plus](#))

Renkaiden ja tienpinnan välinen kitka on ratkaisevassa asemassa polkupyörän käytön kannalta. Mikäli tienpinnan ja renkaan välillä ei ole riittävästi kitkaa, on liikkeelle lähteminen ja jarruttaminen erittäin haasteellista tai jopa mahdotonta. Renkaan kitka eli pito muodostuu adheesion ja pinnan karheuden avulla. Adheesiokitkalla tarkoitetaan molekyylien välisiä sidoksia, joita muodostuu tässä tapauksessa ajopinnan ja renkaan välille. Pinnankarheudella R_a tarkoitetaan pintojen epätasaisuuksia. R_a arvoa käytettäessä epätasaisuudet ovat mitattujen pintojen profiilien ja keskiviivan välisten etäisyyksien itseisarvojen aritmeettinen keskiarvo. (15, s. 114–115.)

Tienpinnan ja renkaan välistä kitkaa voidaan kuvata kitkakertoimella μ , käytännössä mitä suurempi kitkakerroin sitä suurempi kitkavoima. Kitkakertoimeen vaikuttaa rengastyypin ja tienpinnan lisäksi ympäristötekijät, kuten lämpötila ja kosteus. Tyypillisiä renkaan ja asfaltin välisiä kitkakertoimen arvoja ovat 0,25–0,8. Kitkakerroin μ voidaan laskea kaavalla 10. (15, s. 114–115.)

$$\mu = \frac{F}{N}$$

KAAVA 10

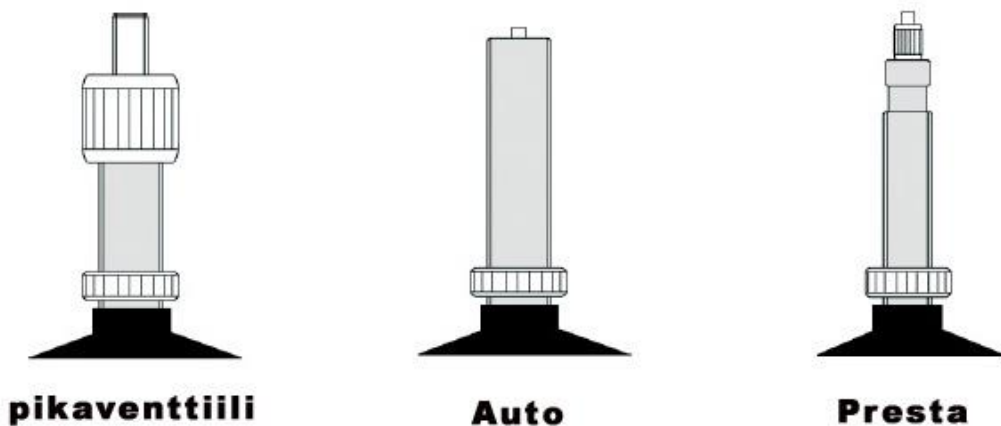
F = voima (N)

$N = m \cdot g$ = normaalivoima (N)

Polkupyörän renkaan ja tienkosketuspinnan välinen kosketuspinta on verrattain pienehkö. Sen koko riippuu renkaan rakenteesta, rengaspaineesta ja kuormasta. Mikäli halutaan lisätä renkaiden pitoa, tulisi alentaa rengaspainetta, kasvattaa kuormaa tai vaihtaa erityyppinen rengas. Renkaiden tulee täyttää standardeissa ISO 5775-1 asetetut vaatimukset. Renkaan sisärenkaan ja vannenauhan tulee olla yhteensopivia vanteen rakenteen kanssa. Renkaan sivupinnassa tulee olla pysyvä merkintä suurimmasta suositeltavasta täyttöpaineesta. Merkin tulee olla luettavissa pyörien ollessa asennettuina. (12, s. 116.)

Renkaiden kyljessä oleva kokomerkintä ilmoitetaan yleensä millimetreinä tai tuumina. Millimittainen ETRTO-merkintä 47–622 tarkoittaa seuraavaa: ilmatilan leveys 47 mm ja renkaan sisähalkaisija olakselta on 622 mm. Sama merkintä tuumissa: $28 * 1 \frac{5}{8} * 1 \frac{3}{4}$. Edellä olevien renkaiden sisähalkaisijoissa on 13 mm eroja, joka tulee ottaa huomioon vanteille renkaita sovitettaessa. (20, linkit Tuoteoppaat > Renkaat). Renkaiden kyljessä ilmoitetaan myös pyörimissuunta ja suositeltava rengaspaine, jota noudatettaessa saavutetaan renkaan paras mahdollinen käyttöikä ja toiminta. (20, linkit Tuoteoppaat > Renkaat.)

Sisärenkaina käytetään yleensä kombi-renkaita, jotka soveltuvat käytettäväksi useiden erikokoisten ulkorenkaiden kanssa. Sisärenkaita valittaessa on myös syytä huomioida venttiilityyppi (kuva 40), joita on olemassa ainakin kolmenlaisia. Pikaventtiiliä Woods ja Dunlop käytetään enimmäkseen jalkajarrullisissa polkupyörissä. Autoissa yleisesti käytössä oleva Schrader, eli neulaventtiili on käytössä maastorenkaissa. Maantiepyörissä ja maastopyörissä käytetään Prestaventtiiliä, mikä ei sovellu samaan venttiilireikään kuin muut edellä mainitut. (20, linkit Tuoteoppaat > Renkaat).



Kuva 40. Eri venttiilityypit (20, linkit Tuoteoppaat > Renkaat)

7.7 Pyörien lukitus

Pyörien lukitseminen etuhaarukkaan tapahtuu yleensä akselin päihin kiinnitettävillä akselimuttereilla. Nykyisin käytössä on myös monenlaisia pikalukituksia (kuva 41), jotka helpottavat polkupyörän kuljettamista ja varastoimista pyörän helpon irrottamisen vuoksi. Pikalukitsemilla tarkoitetaan laitetta, jonka avulla pyörä voidaan irrottaa ilman työkalua.



KUVA 41. Pikalinkku (20, linkit VARAOSAT > Kiekot > Akselit/mutterit > Pikalinkkuseti BQR-01)

Standardin SFS-EN 14764 mukaan pyörän muttereiden tulisi olla vähintään 70 % valmistajan suosittelemasta kiristysmomentista. Pikalukitsemisissa on oltava

seuraavia ominaisuuksia: kireyden säätö, muoto tai merkintä auki- ja kiinni-
asunnoille. Vivun avulla säädettäessä saa siihen tarvittava voima olla enintään
200 N, Suljetun lukitsemisen avaamiseen tarvittava voima ei saa olla alle 50 N ja
vivun avulla suljettaessa tulee lukitsemisen kestää vähintään 250 N voima. (12, s.
112–114.)

7.8 Istuin ja istuinkannatin

Standardin SFS-EN 14764 mukaan mikään istuimen, istuinkannattimen tai is-
tuimen varusteen osa ei saa olla yli 125 mm istuimen yläpinnan yläpuolella pis-
teessä, missä istuimen pinta ja istuinkannattimen keskiviiva leikkaavat. Istuin-
kannattimessa tulee olla selkeä merkintä tai pakkotoiminen pysäytin turvallisen
asennussyvyyden varmistamiseksi. Poikittaismerkinnän tulee olla pysyvä ja se
ei saa olla lyhempi kuin istuinkannattimen ulkohalkaisija tai sen poikkileikkauk-
sen suurin mitta. Pyöreässä poikkileikkauksessa merkintä on sijoitettava koh-
taan, mikä on istuinkannattimen alapäästä mitattuna vähintään kaksi kertaa sen
halkaisija. Muutoin merkintä on sijoitettava vähintään 65 mm etäisyydelle istuin-
kannattimen päästä. (12, s. 130–132.)

Istuin (kuva 42) valinnassa tulee huomioida kuljettaja ja käyttöympäristö. Istui-
men tulisi olla mukava ja tähän vaikuttaa paljolti kehon paineen jakautuminen
istuinta vasten, sillä istuimen tarkoitus on tukea lantiota. Käyttöympäristö vaikut-
taa suuresti istuimen rakenteeseen ja siihen mitä osa-aluetta istuimessa paino-
tetaan. Istuimesta voidaan tehdä pehmeä ja hyvin tienepätasaisuuksia absor-
boiva, mutta tämä yleensä johtaa raskaampaan rakenteeseen, joka ei ole suo-
tavaa kilpailukäytössä. Tyypillisesti istuin valmistetaan polymeeristä, mutta ra-
kenteiden keveyden tavoittelu on tehnyt komposiiteista varteenotettavan vaihto-
ehdon varsinkin kilpailukäyttöön tarkoitetuissa polkupyörissä.



BikeShop.fi

KUVA 42. Maasto- ja maantiekäyttöön sopiva istuin (20, linkit VARAOSAT > Istuin > Satula > Satula maasto/maantie > WTB Devo SLT Black)

Nykyään on alettu yhä enemmän kiinnittämään huomiota perinteisen istuimen rakenteen mahdollisesta soveltumattomuudesta miehen anatomialle. Pitkäaikaisella käytöllä voi olla väliaikaisia tai pysyviä haittavaikutuksia välilihan verenkierrolle ja hermostolle. Markkinoilta löytyy nykyään istuimia (kuva 43), jotka on suunniteltu miesten käyttöön paremmin soveltuviksi.



KUVA 43. Nokaton istuin (20, linkit VARAOSAT > Istuin > Satula > Satula muu > ISM Adamo Typhoon)

Istuinkannatin (kuva 44) liukuu satulaputken sisällä mahdollistaen istuimen korkeuden säätämisen ajajan tarpeiden mukaisesti. Satulaputken päässä on kiristin, jolla istuinkannatin lukitaan haluttuun asentoon. Istuinkannattimen päässä on lukitusmekanismi, johon istuin kiinnitetään. Istuinkannattimessa voi olla lisäksi kallistuksen säätö. Istuinkannattimesta on olemassa rakenneratkaisuja, jolla istuimen korkeudensäätö onnistuu ajonaikana hydraulisesti toimistotuolin tavoin. Istuinkannattimen valmistamiseen käytetään pitkälti samoja materiaaleja kuin polkupyörän rungossa.



KUVA 44. Istuinkannatin (20, linkit VARAOSAT > Istuin > Istuinkannatin > Perustolppa > Ist.kannatin BBB SkyScraper)

7.9 Heijastimet ja valaisimet

Polkupyörässä tulee lain mukaan olla eteenpäin suunnattu valkoinen tai keltainen valo (kuva 45). 1.1.2015 alkaen voi polkupyörään kiinnitetyn valon sijasta käyttää ominaisuuksiltaan vastaavaa valaisinta esimerkiksi otsavalaisinta. Mikäli polkupyörässä käytetään takavalaisinta, tulee sen olla väriltään punainen. Polkupyörän valaisin auttaa polkupyöräilijää näkemään eteenpäin ja lisäksi helpot-

taa pyöräilijän huomaamista liikenteessä, joka lisää merkittävästi turvallisuutta. (27, linkit Liikenteessä > Pyöräilijät.)



KUVA 45. Ladattava etuvalo (20, linkit TARVIKKEET > Valot > Valo ladattava > SigmaPowerled Evo Pro K-set jopa 900 lumenia!)

Heijastin (kuva 46) on yksi polkupyörän lainvaatimista komponenteista, jonka tarkoitus on herättää muiden kuljettajien huomio hämärän ja pimeän aikaan heijastamalla siihen osuvaa valoa. Esimerkiksi autoilijan kaukovaloilla voidaan polkupyöräilijä havaita noin 100 metrin päästä ilman heijastinta ja vastaavista 300 metrin päästä heijastimella varustettuna. (27, linkit Liikenteessä > Jalankulkijat.)



KUVA 46. Takaheijastin (20, linkit TARVIKKEET > Muut tarvikkeet > Heijastimet > Takaheijastin Hermans)

Suomessa käytössä olevien heijastimien tulee olla standardin mukaiset ja CE-hyväksytyjä. Tarkempia asetuksia polkupyörän heijastimille on kohdassa 4.3 Heijastimet. Heijastimien laadusta kertoo yleensä seuraavat tiedot:

- CE-merkintä
- EN 13356, heijastin EU-standardi
- tyyppitarkastuksen suorittaneen laitoksen tiedot
- käyttöohjeet (27, linkit Liikenteessä > Jalankulkijat.)

7.10 Ketju-, hihnasuoja ja lokasuojat

Lokasuojien (kuva 47) tarkoitus on suojata polkupyörän kuljettajaa ajopinnasta renkaiden kautta lentäviltä epäpuhtauksilta esimerkiksi kuralta ja lialta. Lokasuojat kiinnitetään yleensä haarukoiden rakenteisiin ja ne eivät saa estää pyörien pyörimistä eivätkä vaikeuttaa ohjaamista. Lokasuojat on valmistettu yleensä alumiinista tai muovista.



KUVA 47. Lokasuojat (20, linkit [TARVIKKEET](#) > [Lokasuojat](#) > [Lokasuojat 28" & 29"](#) > [Pikalokasuojapari RacaBlade XL](#))

Standardin SFS-EN 14764 mukaan ketjusuojalevyn (kuva 48) ulkohalkaisijan on oltava vähintään 10mm suurempi kuin poljinkeskiön uloimman ketjupyörän halkaisija. Ketjupyörän halkaisija on mitattu hammaspyörän hampaan kärjestä vastakkaisen hampaan kärkeen. Ketjusuojalevyn on peitettävä ketjun sivulevyt ja yläpinta sekä ketjupyörä vähintään 25 mm matkalla mitattuna taaksepäin ketjua pitkin. Mittaus suoritetaan pisteestä, jossa ketjupyörän hampaat menevät ensiksi ketjun sivulevyjen väliin ja ulottuvat eteenpäin uloimman ketjupyörän ympäri vaakasuoraan linjaan asti, joka kulkee laakeroidun keskiöakselin keskipisteen kautta. (12, s. 140.)



KUVA 48. Ketjusuoja (20, linkit TARVIKKEET > Muut tarvikkeet > Ketjusuojat > Ketjusuoja 48T)

7.11 Laakeroinnit

Laakerien tehtävänä on ohjata ja tukea pyöriviä ja edestakaisin kiertyviä koneenosia. Laakerit voidaan erotella kuormitustavan mukaan säteis- ja aksiaali-laakereihin sekä rakenteensa mukaan vierintä- ja liukulaakereihin. Liukulaakerin kuormankantava elin on akselin ja laakerin välissä oleva voiteluainekalvo. Vierintälaakereissa kuormaa on nimensä mukaisesti kantamassa vieriviä elimiä kuten kuulat, rullat tai neulat. Laakereissa on erittäin tärkeä huomioida maksimikäyttölämpötila, joka vaikuttaa merkittävästi laakerin toimintaan ja kulumiseen. Laakerin lämpötilaa hallinnoidaan yleisesti voitelun avulla. (24, s. 417).

7.11.1 Laakerointitavan valinta

Laakerin valintaan vaikuttavia parametreja ovat kuormitustilanne, tilantarve, lämpötila, voitelun järjestäminen ja rakenteen värähtelyt. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat ympäristöolosuhteet, säteily, tarkkuusvaatimukset, huollonjärjestäminen, melunäkökohdat ja kustannukset. Laakerit jaetaan yleensä viiteen tyyppiin:

- voitelemattomat laakerit
- itsevoitelevat laakerit
- vierintälaakerit
- hydrodynaamiset laakerit
- hydrostaattiset laakerit. (24, s. 417.)

Usein laakeriksi valitaan liuku- tai vierintälaakeri. Eri laakerityypeillä on eri perusominaisuudet (taulukko 6), jotka tulee huomioida laakerointikohteeseen laa-

keria valittaessa. Voitelemattomat laakerit ovat liukulaakereita, joissa laakerimateriaalina käytetään yleensä kestumuovia. Itsevoitelevat laakerit ovat huokoisia metalliliukulaakereita, jotka ovat kyllästetty voiteluaineella. Vierintälaakereissa käytetään vierintäelimiä kuulia, rullia, kartioita ja tynnyrimäisiä sylintereitä. (24, s. 417.)

TAULUKKO 6. Laakerien perusominaisuuksia (24, s. 418–419)

Käyttötilanne	Voitelemattomat	Itsevoitelevat	Vierintä
Korkea lämpötila	rajoituksia	rajoituksia	rajoituksia
Matala lämpötila	rajoituksia	rajoituksia	rajoituksia
Ulkopuolinen tärkastys	tyytyttävä	tyytyttävä	rajoituksia
Tilantarve	pieni radiaalinen	pieni radiaalinen	pieni aksiaalinen
Likaisten olosuhteiden tiivistys	eduksi	välttämätön	välttämätön
Tyhjä käytettävyys	erinomainen	rajoituksia	rajoituksia
Märiät olosuhteet käytettävyys	tyytyttävä	tyytyttävä	tyytyttävä
Säteilyssä käytettävyys	tyytyttävä	rajoituksia	rajoituksia
Pieni käynnistysmomentti	ei suositeltava	tyytyttävä	hyvä
akksiaalinen + radiaalinen kuormitettavuus	rajoituksia	rajoituksia	hyvä
Voitelun yksinkertaisuus	erinomainen	erinomainen	erinomainen
Saatavuus standardiosina	hyvä	erinomainen	erinomainen
Ympäristöystävällisyys	hyvä	tyytyttävä	tyytyttävä
Käyntisuunnan muuttamisen sietokyky	erinomainen	hyvä	erinomainen
Käyttökustannukset	alhaiset	alhaiset	alhaiset

Taulukossa 7 on jatkoa taulukon kuusi eri laakerien perusominaisuuksille. Hydrodynaamiset laakerit ovat liukulaakereita, joissa laakeriin johdetaan voiteluainetta. Kuormankantava paine muodostuu laakerin liikkeen vaikutuksesta. Hydrostaattisessa laakerissa liukupinnat erottaa sinne ylipaineella johdetun voiteluaineen muodostama kalvo. Hydrostaattisessa laakerissa ei tarvita liikkeen muodostamaa painetta voitelukalvon ylläpitämiseksi. (24, s. 417.)

TAULUKKO 7. Laakerien perusominaisuuksia (24, s. 418–419)

Käyttötilanne	Hydrodynaamiset	Hydrostaattiset	Dynaamiset kaasu	Staattiset kaasu
Korkea lämpötila	rajoituksia	rajoituksia	erinomainen	erinomainen
Matala lämpötila	rajoituksia	rajoituksia	erinomainen	erinomainen
Ulkopuolinen täristys	tydyttävä	erinomainen	tydyttävä	erinomainen
Tilantarve	pieni radiaalinen	pieni radiaalinen	pieni radiaalinen	pieni radiaalinen
Likaisten olosuhteiden tiivistys	välttämätön	välttämätön	välttämätön	eduksi
Tyhjä käytettävyys	rajoituksia	rajoituksia	erittäin heikko	kelpaamaton
Märät olosuhteet käytettävyys	tydyttävä	tydyttävä	tydyttävä	tydyttävä
Säteilyssä käytettävyys	rajoituksia	rajoituksia	erinomainen	erinomainen
Pieni käynnistysmomentti	tydyttävä	erinomainen	tydyttävä	tydyttävä
aksiaalinen + radiaalinen kuormitettavuus	rajoituksia	rajoituksia	rajoituksia	rajoituksia
Voitelun yksinkertaisuus	hyvä	rajoituksia	erinomainen	rajoituksia
Saatavuus standardiosina	hyvä	ei saatavissa	ei saatavissa	ei saatavissa
Ympäristöystävällisyys	tydyttävä	tydyttävä	hyvä	hyvä
Käyntisuunnan muuttamisen sietokyky	hyvä	erinomainen	huono	erinomainen
Käyttökustannukset	vaihtelevat	kallis	erittäin alhaiset	kallis

7.11.2 Laakereiden voitelu

Voiteluaineen tehtävänä on pienentää kitkaa, vähentää kulumista, jäähdyttää, estää korroosiota, tiivistää sekä poistaa ei toivottuja partikkeleita. Voiteluainekalvon muodostumista toisiaan vasten liikkuvien pintojen välissä säätelevät voiteluaineen reologiset ominaisuudet. Voiteluaineen viskositeetti on merkittävässä osassa kalvon muodostumisessa. (24, s. 450.)

Voiteluaineeksi voidaan soveltaa periaatteessa mitä tahansa juoksevaa materiaalia oli se kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä muodossa. Voiteluaineet voidaan jaotella voiteluöljyihin, voitelurasvoihin ja kiinteisiin voiteluaineisiin. Voiteluaine tulisi valita kohdetta ja ympäristöolosuhteita huomioiden.

Voiteluaineen ominaisuuksia ovat esimerkiksi rajavoitelu, jäähdytys, kitka, pysyvyys, tiivistäminen, lämpötila-alue, korroosionesto sekä haihtuvuus. (24, s. 437–438.)

Korkeaa suorituskykyä vaativia kohteita varten on kehitetty synteettisiä voiteluaineita, jotka voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- synteettiset hiilivedyt
- orgaaniset esterit
- polyglykolit
- fosfaattiesterit

- muut synteettiset voiteluaineet. (24, s. 438.)

7.11.3 Keskiölaakeri

Poljinkeskiössä sijaitseva keskiölaakeri on osa polkupyörän voimansiirtoa. Keskiölaakerin päihin kiinnitetään poljinkammet. Näiden yhdistelmä määrää ketjun etäisyyden pyörän keskilinjasta. Keskiölaakereita on ainakin neljä eri rakenneratkaisua (kuva 49). Oikean keskiölaakerin valinta tapahtuu polkupyörän kampien, rungon keskiön muhvin koon ja kierteentyyppin sekä vaadittavan laakerin akselin pituuden perusteella. (20, linkit Tuoteoppaat > Varaosat)



KUVA 49. Keskiölaakeri tyyppejä (20, linkit Tuoteoppaat > Varaosat)

7.11.4 Etuhaarukan ja rungon välinen laakerointi

Etuhaarukan ja rungon välinen liitos on laakeroitu. Laakereiden (kuva 50) kupit on painettu emäputken sisälle ja itse laakerit sijaitsevat liukupintojen välissä. Ohjainlaakerin yläpää kiinnitetään laipallisella mutterilla emäputkeen ja lukitaan vielä erillisellä lukkomutterilla. Laipallinen mutteri toimii samalla laakerin yläpuolisena liukupintana.



Kuva 50. Perinteisen kierteellisen ohjainkannattimen ohjainlaakeri (28, linkit Full archive > Tech > Headset standards and nomenclature)

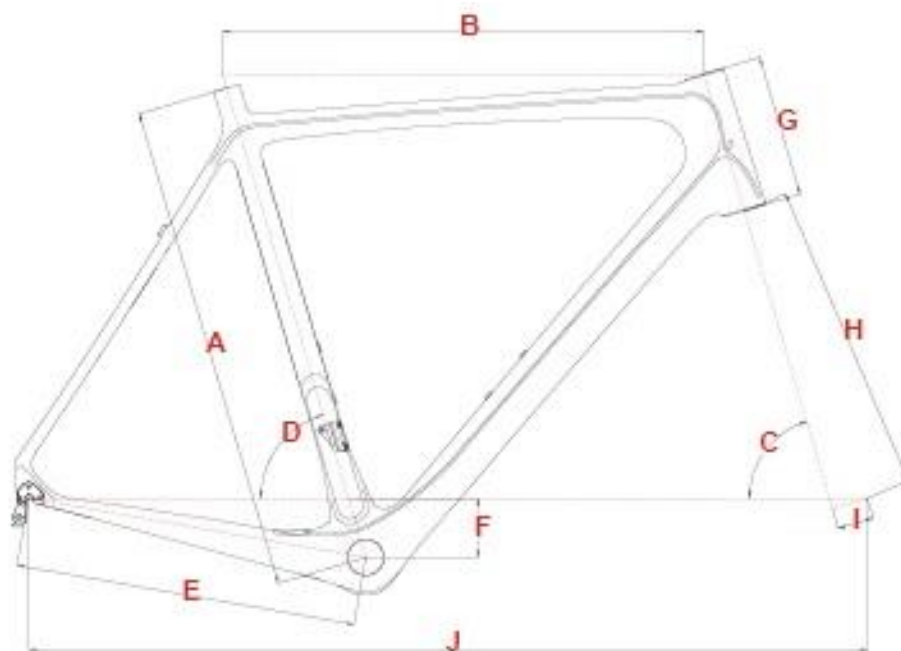
Kuvasta 51 voidaan todeta, että kierteellisen ja kierteettömän ohjainkannattimen laakeroinnin osat ovat yläpään kiinnitysmekanismissa lukuun ottamatta lähes vastaavat. Kierteettömässä rakenteessa yläpään kiinnitys on toteutettu keskittäväällä holkilla ja säädettävällä pultilla.



Kuva 51. Perinteisen kierteettömän ohjainlaakerin osat (28, linkit [Full archive](#) > [Tech](#) > [Headset standards and nomenclature](#))

8 POLKUPYÖRÄTYYPIT

Suurimmalla osalla polkupyöristä on sama perusrakenne, jossa runko muodostuu kahdesta kolmiosta (kuva 52). Tämä johtuu kolmion geometrian vahvuudesta, joka on vahvin kaksiulotteinen muoto. Kolmion muoto on käytännössä muuttumaton, kun se on kertaalleen kiinnitetty kulmista. Polkupyörän runkoa ja sen kulmia vertaillaan vaakasuoraan tasoon eli alustaan, tämä tarkoittaa sitä, että alustaa vasten pystysuora putki on 90° kulmassa. (15, s. 50.)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
28"	480	520	71,25°	74,8°	410	70	105	370	39	975
28"	500	525	71,25°	74,3°	410	70	110	370	39	976
28"	520	537	72°	74°	405	70	115	370	39	974
28"	540	543	72,5°	74°	405	70	135	370	39	975
28"	560	555	73,5°	73,5°	405	70	150	370	39	974
28"	580	570	73,5°	73,5°	405	70	170	370	39	995
28"	600	582	73,5°	73,5°	405	70	190	370	39	1000
28"	620	588	73,5°	73°	405	70	210	370	39	1001

KUVA 52. Rungon geometria (23, linkit Tech > 23 > The Geometry of Bike Handling)

Kilpapyörissä pyritään mahdollisimman pystysuoraan satula- ja emäputkeen, jotka tekevät polkupyörästä herkemmin hallittavan. Herkempi ohjattavuus johtuu etuhaarukan pienemmästä jättökulmasta. Vastavuoroisesti loivalla kulmalla

saavutetaan pehmeämpi ajettavuus. Useimmissa pyörissä etuhaarukka taipuu eteenpäin etuakselin ollessa ohjausakselin etupuolella. Käytännössä mitä suurempi taivutus on, sitä enemmän ohjaus pyrkii oikaisemaan itseään, tämä luo tuntea vakaudesta, mutta vaatii enemmän käyttövoimaa. (15, s. 50.)

Putkien pituudet ja kulmat ovat ratkaiseva tekijä kuljettajan ajoasentoa ajatellen. Satulaputken kulma vaikuttaa reisien ja poljinkampien keskinäiseen sijaintiin, joka vaikuttaa polkemisen tehokkuuteen. Jyrkällä kulmalla saadaan enemmän tehoa ja loivalla enemmän mukavuutta vaimennuksen kautta. Muita polkupyörän rakenteissa huomioitavia asioita ovat keskiön korkeus, yläputken kulma ja putkien geometria. (15, s. 50–51.)

Polkupyörien valmistajilla, tehtailla ja jälleenmyyjillä on olemassa taulukoita, jotka antavat suuntaa sopivan runkorakenteen löytämiseksi. Täysin sopivan polkupyörän löytäminen voi olla vaikeaa tehdasvalmisteisista polkupyöristä ja tällöin ainoaksi vaihtoehdoksi jää mittatilaustyönä tehty polkupyörä. Nykyään polkupyörien rungoista on tehty lukuisia eri rakenneratkaisuja.

8.1 Peruspyörät

Retki- tai trekkingpyörä (kuva 53) on suunniteltu pitkille matkoille ja tavaroiden kuljettamiseen, joka on mahdollistettu tavaratelineiden tai muiden lisälaitteiden avulla. Retki- tai trekkingpyörän runkorakenne on monesti maantie- tai hybridipyörän kaltainen ja varustelun taso runsas.



KUVA 53. Retki- tai trekkingpyörä (20, linkit POLKUPYÖRÄT > Miestenpyörät > Miestenhybridit > Nishiki Trekking Master Pro miesten)

Kaupunki- tai citypyörä (kuva 54) sopii nimensä mukaisesti hyvin kaupunkiolo-suhteisiin. Se on suunniteltu lyhyitä matkoja ja käytännöllisyyttä ajatellen. Ajo-asento on yleensä pystymäinen, jotta kuljettajalla on helpompi havainnoida ympäristön muutoksia. Kaupunkipyörässä on yleensä perinteiset rumpuvaihteet ja jalkajarrut takana sekä käsijarru edessä. Näiden pyörien varustetaso on yleisesti runsas valojen ja lisälaitteiden suhteen.



KUVA 54. Kaupunki- tai citypyörä (20, linkit POLKUPYÖRÄT > Miestenpyörät > Miesten city 7-8 > Kona Dr.Good)

8.2 Maantiepyörät

Maantiepyörä (kuva 55) on nopeaan maantieajoon suunniteltu polkupyörä, jonka ajoasento on pyritty saamaan mahdollisimman alas. Alhaisella ajoasennolla saavutetaan parempi ilmanvastuskerroin. Maantiepyörässä käytetään yleensä käyrää tankoa, ketjuvaihteita ja kapeita pienen vierintävastuksen omaavia renkaita. Rungon rakenne pyritään pitämään mahdollisimman kevyenä. Maantiepyörää voidaan käyttää myös kilpaharjoitteluun.



BikeShop.fi

KUVA 55. Maantiepyörä (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Maantiepyörät](#) > [Miesten](#) > [Bianchi C2C Impulso Ultegra](#))

Fitnesspyörä (kuva 56) on kilpa-, maantie- ja hybridipyörän sekoitus, jossa rungon geometria ja ohjaustanko on maantiepyörää suurempi, tämä tarkoittaa pysyvämpää ajoasentoa. Fitnesspyörää ei ole suunniteltu raskaan kuorman kantoon, vaan ennemminkin urheilulliseen ja nopeaan liikkumiseen.



BikeShop.fi

KUVA 56. Fitnesspyörä (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Miestenpyörät](#) > [Fitnesspyörät](#) > [Bianchi Camaleonte 3](#))

Fixie- tai sinkulapyörä (kuva 57) on yksivaihteinen yleensä maantie-, retki- tai ratapyöränrunkoinen. Rungon soveltuvuus yksivaihteiseksi polkupyöräksi vaatii oikeanlaisen takahaarukan, jossa on vaakasuuntaista säätövaraa. Fixien ja sinkulan erottaa toisistaan fixiessä oleva kiinteä välitys. Sinkulassa on vastaavasti

vapaaratas. Kiinteävälitys tarkoittaa takarattaan olevan kiinteästi navan rungossa, jolloin polkimet pyörivät aina takarattaan pyöriessä. Vapaaratas sisältää mekanismin, joka sallii hammasrataspakan vapaan pyörimisen vastapäivään, mutta ei polkemissuuntaan.



KUVA 57. Fixie- tai sinkulapyörä (20, linkit POLKUPYÖRÄT > Maantiepyörät > Sinkulat > Bianchi Pista D2)

8.3 Maastopyörät

Maastopyörä (kuva 58) on nimensä mukaisesti suunniteltu maastoajoa varten, mutta soveltuu myös erinomaisesti muuhunkin käyttöön. Maastopyörässä käytetään yleensä jousitettua etuhaarukkaa, ketjuvaihteita ja käsijarruja. Maastopyörää ja kaupunkimaastopyörää ei pidä sekoittaa keskenään, sillä oikean maastopyörän rungon ja osien rakenne on suunniteltu huomattavasti kovempaa käyttöä ajatellen.



KUVA 58. Maastopyörä (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Maastopyörät](#) > [Jäykkäperäiset 26"](#) > [Kona Fire Mountain -13](#))

Hybridipyörä (kuva 59) on käytännössä maasto- ja retkipyörän yhdistelmä, jossa runko on retkipyörän geometrialla toteutettu. Jousitus ja muu tekniikka on maastopyörästä. Vaihteistona käytetään yleensä ketjuvaihdetta ja jarruina käsi-jarruja. Ajoasento on kaupunki- ja maantiepyörän välimaastosta. Hybridipyörä soveltuu moneen eri käyttöön olematta kuitenkaan varsinaisesti kohdennettu mihinkään.



KUVA 59. Hybridipyörä (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Miestenpyörät](#) > [Miesten hybridit](#) > [Kona Splice DL](#))

Fatbike (kuva 60) on maastopyörä varustettuna erikoisleveillä renkailla, jotka helpottavat erittäin huonoilla pinnoilla ajamista esimerkiksi lumella, hiekalla tai kivikolla. Isot renkaat lisäävät merkittävästi vierintävastusta, mikä tekee Fatbikesta huonon vaihtoehdon pitkille matkoille ja asfaltille.



KUVA 60. Fatbike (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Maastopyörät](#) > [Jäykkäperäiset](#) > [26"](#) > [Kona Wo](#))

8.4 Kilpapyörät

Thriatlonpyörä (kuva 61) on suunniteltu thriatlonin pyöräilyosuuksia varten. Sen ajoasento on pyritty saamaan mahdollisimman aerodynaamiseksi ja rungon rakenne mahdollisimman kevyeksi. Merkittävin ero aika-ajopyörään on hieman pystympi ajoasento. Mikäli aikoo harrastaa aika-ajoa thriatlonpyörällä, on hyvä tiedostaa aika-ajoa koskevat UCI:n säännökset. (29, linkit [varusteet](#) > [aktiiviharrastajan treenivarusteet ja apulaiset](#) > [pyöräily](#) > [thriatlonpyörä](#) > ja [oheisvarusteet](#).)



KUVA 61. Thriatlonpyörä (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Maantipyörät](#) > [TT ja Tri](#) > [Bianchi D2 Crono 105](#))

Aika-ajopyörä (kuva 62) on suunniteltu nimensä mukaisesti aika-ajoja varten, jossa polkupyörän tulee täyttää UCI:n säännökset. UCI tulee sanoista Union Cycliste Internationale, joka tarkoittaa kansainvälistä pyöräilyliittoa. Aika-ajopyörän ajoasento on vielä thriatlonpyörääkin matalampi ja aerodynaamisempi. Ohjaustangossa on lisätangot ja kyynärnojat matalan ajoasennon saavuttamiseksi. Takapyörän vanne koostuu monesti yhtenäisestä kiekosta ja runkoputkien muotoiluun on pyritty kiinnittämään erityistä huomiota ilmanvastuksen minimoiseksi.



KUVA 62. Aika-ajopyörä (20, linkit POLKUPYÖRÄT > Maantipyörät > TT ja Tri > Bianchi Pico Carbon)

Ratapyörä (kuva 63) on suunniteltu puhtaasti kilpailukäyttöön ja mahdollisimman nopeaksi. Ratapyörät ovat fixie tyylisiä, eli kiinteä välitteisiä. Ratapyörässä ei ole jarruja erikseen, vaan hidastaminen tehdään poljinkampia vastustamalla ja kehon pystyasennolla. Renkaat ovat mahdollisimman kapeat ja usein käytetään myös vanteeseen kiinni liimattuja renkaita eli tuubirenkaita. Ratapyörillä ajetaan velodrom-rataa, missä on kaksi 180 asteen käännöstä ja radan kaltevuus yleensä 32° tai 45°.



KUVA 63. Ratapyörä (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Maantipyörät](#) > [Sinkulat](#) > [Felt TK2](#))

Cyclocross-pyörä (kuva 64) on maantiepyörästä hieman muunneltu versio, jossa on esimerkiksi leveämmät etu- ja takahaarukat. Cyclocross soveltuu paremmin epätasaisilla pinnoilla ajettavaksi. Cyclocrosspyörää käytetään cyclocross-kisoissa, joissa on hyvin vaihtelevat rataolosuhteet ja polkupyörää joudutaan monesti kantamaan tai nostamaan esteiden yli. Kisakäyttöä ajatellen cyclocross-pyörän tulee olla rakenteeltaan mahdollisimman kevyt.



KUVA 64. Cyclocross tai monikäyttöpyörä (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Cyclocross/monikäyttö](#) > [Bianchi D2 Zurigo Apex](#))

Alamäkipyörä (kuva 65) on suunniteltu alamäkipyöräilyyn, joka on maastopyöräilyn alalaji. Alamäkipyöräilyä harrastetaan erittäin haastavilla pinnoilla, jossa

tärkeäksi nousee rungon kestävyys ja keveys. Alamäkipyörässä on yleisesti pienempi runko kuin maastopyörässä. Pienemmän runkonsa vuoksi se ei sovel-
lu normaaliin maastopyöräilyyn niin hyvin. Runko on yleensä täysin vaimennettu
ja jarruina suositaan levyjarruja niiden tuomien etujen vuoksi. Levyjarrujen ovat
esimerkiksi niiden luotettavuus ja toimivuus huonoissa olosuhteissa.



*KUVA 65. Alamäkipyörä (20, linkit POLKUPYÖRÄT > Maastopyörät > Täys-
joustot 26" > Kona Supreme Operator)*

BMX- ja trial-pyörä (kuva 66) on tempuppyöräksi suunniteltu. Se soveltuu siihen
hyvin pienen kokonsa ja kestävien rakenteidensa ansiosta. Rungon materiaali-
na käytetään yleensä Cromoly-terästä, jolla on korkea kimmoraja ja vetolujuus.
BMX-pyörän rakennetta lähes vastaava on trial-pyörä. Trial-pyörä on suunnitel-
tu trial ajoa varten, missä tarkoituksena on selvitä mahdollisimman hankalista
ajo-olosuhteista koskematta ajettavaan pintaan tai esteisiin. BMX- ja rial-pyörä
on maastopyörän ja alamäkipyörän kaltainen. Runko on pieni ja vaakaputki las-
kee jyrkästi, mutta jousitusta ei välttämättä ole. Ohjaustanko on leveä ja keskiö
tavallista ylempänä.



KUVA 66. BMX-pyörä (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Maastopyörät](#) > [Jäykkäperäiset 26"](#) > [Kona Shonky](#))

8.5 Erikoispyörät

Nojapyörä (kuva 67) eroaa merkittävästi normaalista polkupyörän runkorakenteesta. Ajoasennosta pyritään tekemään taaksepäin nojaava, jolloin poljinkammet ovat kuljettajan edellä. Nojapyörällä voidaan saavuttaa todella pieni ilmanvastus. Nojapyörää on sovellettu myös liikuntarajoitteisten ihmisten käyttöön, silloin jaloilla polkemiseen sijaan käytetään käsille soveltuvaa vipurakennetta.



KUVA 67. Nojapyörä (30, linkit [Polkupyörät](#) > [Erikoispyörät](#) > [Matkaaja Nojapyörä](#))

Tandempyörä (kuva 68) mahdollistaa runkorakenteensa ansiosta useamman kuljettajan yhtäaikaisen pyörimisen. Yleensä tandempyörä on tehty kahdelle kuljettajalle. Runkoa on pidennetty ja siihen on asennettu polkimet sekä istuimet molemmille. Useamman kuljettajan tuoma lisäpaino on huomioitu rungonrakenteissa ja muissa polkupyörän komponenteissa. Tandemin etuja kahteen erilliseen pyöräilijään verrattaessa ovat sen pienempi ilmanvastus ja kevyempi runko.



KUVA 68. Tandempyörä (30, linkit Polkupyörät > Tandempyörät > MADISON 28" TANDEM PRO DEORE 24-V ALU GRAFIITIN HA)

Kolmipyöräinen (kuva 69) soveltuu hyvin esimerkiksi lapsien tai senioreiden käyttöön, koska se on erittäin vakaa ajettava. Kolmipyöräinen ei lisäpyöränsä ansiosta voi olla kovin kevyt rakenteinen. Lisärakenteiden tuoma lisäpaino vaatii pyöräilijältä enemmän työtä. Kolmipyöräisen ohjaustuntuma poikkeaa suuresti perinteisestä kaksipyöräisestä polkupyörästä, koska sen ohjaukseen ei käytetä painonsiirtoa eli kallistamista. Kolmipyöräistä ohjataan pelkästään ohjaustankoa kääntämällä haluttuun ajosuuntaan.



KUVA 69. Kolmipyöräinen Senior (30, linkit Polkupyörät > Erikoispyörät > Solifer Trike kolmipyörä met.punainen)

Taittopyörällä (kuva 70) tarkoitetaan taittuva runkoista polkupyörää. Taittuvalla runkorakenteella mahdollistetaan huomattavasti pienempi tilantarve. Yleensä taittopyörät on suunniteltu kaupunkiolosuhteisiin. Kaupungissa välimatkat ovat kohtuullisia ja polkupyörää säilytetään asuntojen ahtaissa varastotiloissa, asunnoissa tai parvekkeilla. Monimutkaisemman runkorakenteen negatiivisia puolia ovat korkeammat kustannukset suunnittelun, valmistuksen ja hankinnan osalta.



KUVA 70. Taittopyörä (30, linkit Polkupyörät > Erikoispyörät > Solifer Taittopyörä 24" 1v)

Potkupyörä (kuva 71) on potkulaudan ja polkupyörän sekoitus. Rungon rakenne on yksinkertainen, jäykkä ja potkulautamainen. Edessä on yleensä noin 26” ja takana 20” rengas. Jarruina käytetään yleensä polkupyörästä tuttuja vannejarruja. Potkupyörää käytetään potkulaudan tavoin jalalla vauhtia työntämällä. Potkupyörä soveltuu helposti hallittavan rakenteensa vuoksi erittäin hyvin kotieläinten ulkoiluttamiseen.



KUVA 71. Potkupyörä Race (20, linkit POLKUPYÖRÄT > Muut pyörät > Kickbike > Kickbike Race Max)

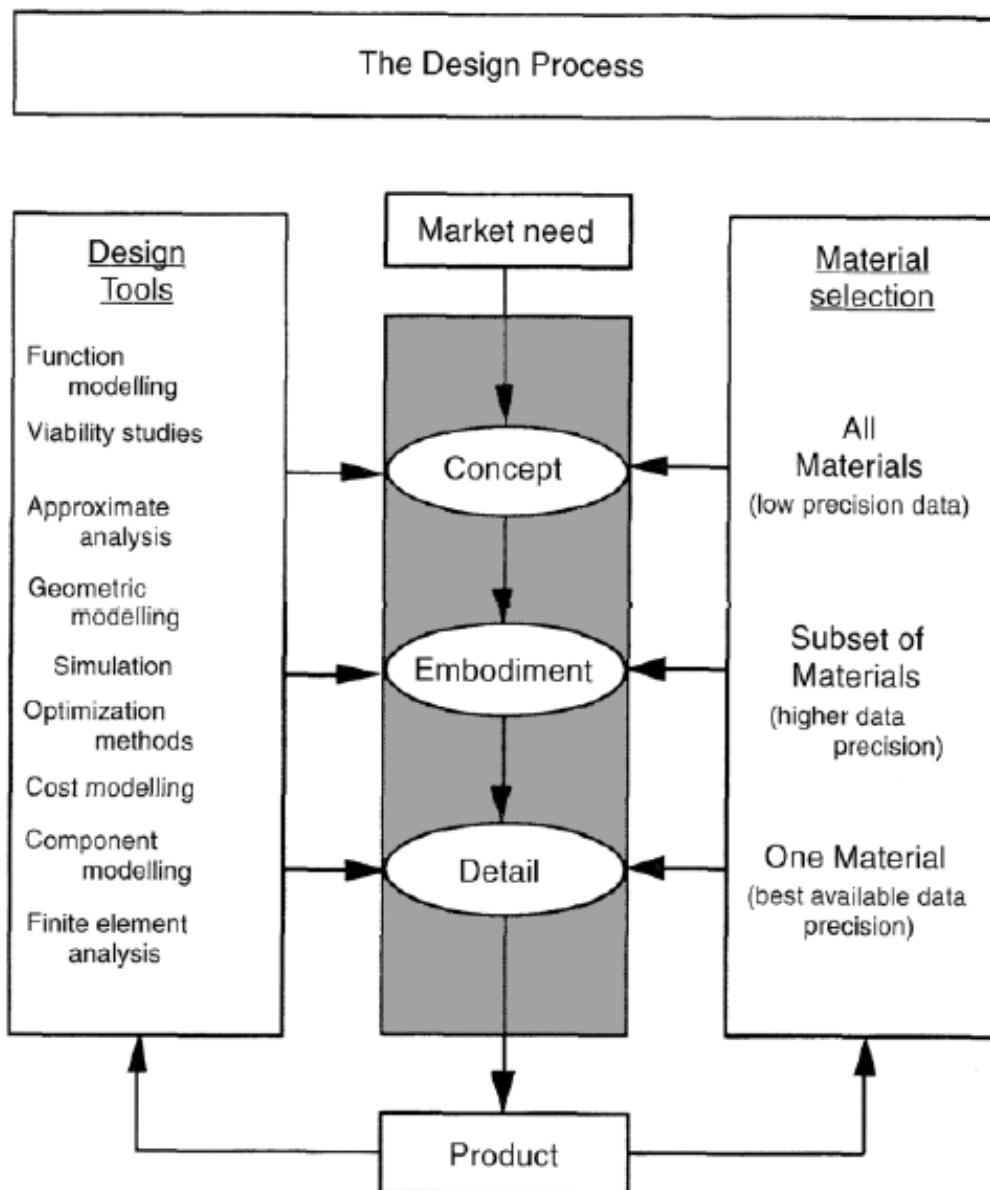
Sähköpyörä (kuva 72) on sähkömoottorilla varustettu polkupyörä ja tässä yhteydessä puhutaan sähköavusteisesta polkupyörästä, joka vielä luokitellaan Suomessa polkupyöräksi. Sähköavusteisessa polkupyörässä on enintään 250 W:n sähkömoottori, joka kytkeytyy vain poljetaessa aina 25 kilometrin tuntinopeuteen saakka. (10, linkit Lainsäädäntö > Ajantasainen lainsäädäntö > Vuosi 2002 > 11.12.2002/1090.)



KUVA 72. Sähköpyörä (20, linkit [POLKUPYÖRÄT](#) > [Muut pyörät](#) > [Sähköpyörät](#) > [Felt QXE85 EQ W](#))

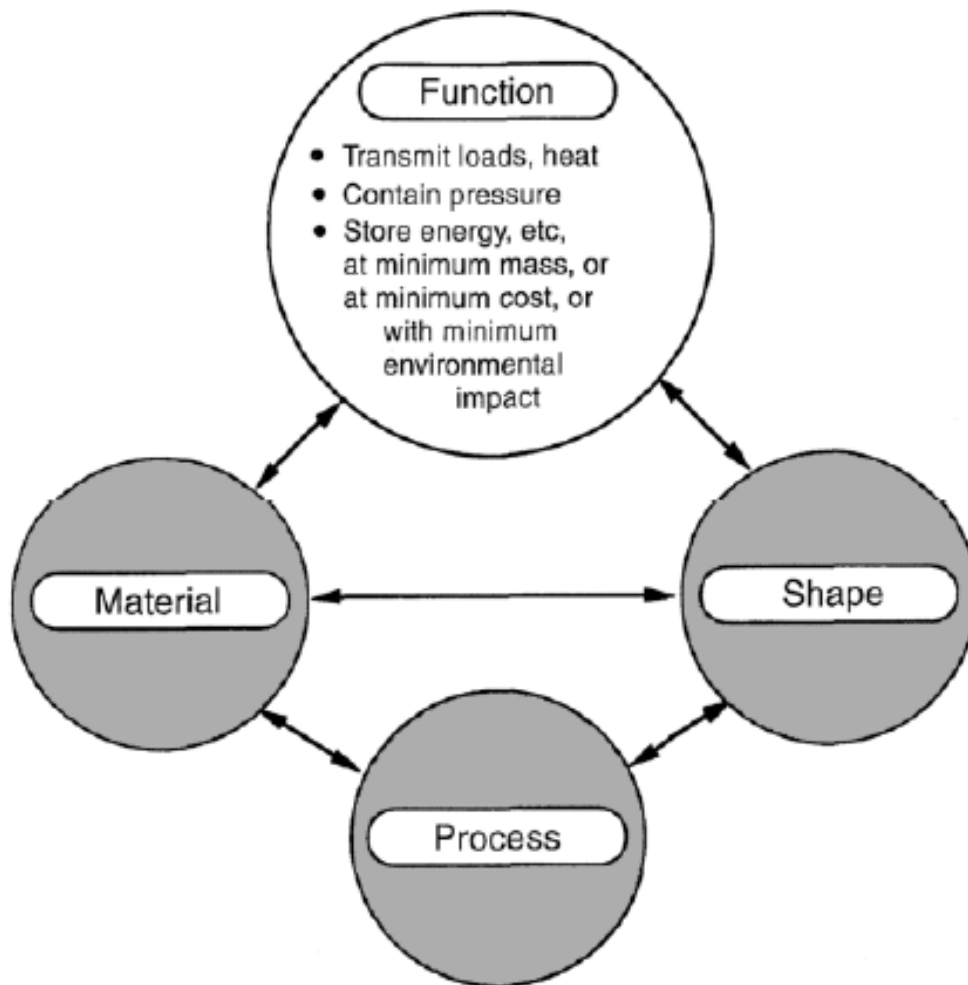
9 MATERIAALIVALINNAT

Yleisin syy laitteiden vaurioitumiselle on rakenteiden väsyminen, joka aiheutuu usein vetokuormitushuipun aiheuttamasta murtumasta. Tämä kertoo lähinnä heikosta suunnittelusta, eikä niinkään materiaalivirheestä. Tuotteelle määrätty toiminto määrittelee pääosin materiaalin valinnan, jota ei myöskään voi erottaa rakenteen muotoilusta tai valmistusmenetelmästä. Kaikki vaikuttavat keskenään toisiinsa (kuva 73), ja se tulee huomioida prosessin jokaisessa vaiheessa. (4, s. 12.)



KUVA 73. Työvälineiden ja materiaalien osuus suunnitteluprosessissa (4, s. 12)

Kuvassa 74 on esitetty tuotteelle määrätyn toiminnon, materiaalin, muodon ja prosessin keskinäinen vuorovaikutus, toiminnon ollessa kyseisten kohtien määrävain osa-alue. Materiaalin ominaisuudet ja työstettävyys vaikuttavat merkittävästi käytettyyn valmistusprosessiin. Prosessi vuorostaan määrittelee tuotteen koon, muodon, tarkkuuden ja myös kustannukset. (4, s. 13.)



KUVA 74. Funktion, materiaalin, muodon ja prosessin keskinäinen vuorovaikutus (4, s. 13)

Materiaalia valittaessa tulee ottaa huomioon rakenteeseen kohdistuvat rasitukset ja asetetut laatuvaatimukset sekä kustannukset. On myös syytä selvittää materiaalien saatavuus. Taulukossa 8 on esitelty muutama metallimateriaalien toimittaja.

TAULUKKO 8. Materiaalien toimittajia (11, s. 1032)

Nimi	Toimipaikka	Kotisivu: www.
BE GROUP OY	Lahti	begroup.fi
CRONIMO	Nurmijärvi	cronimo.fi
KONTINO	Vantaa	kontino.fi
ONNINEN	Vantaa	onninen.fi
OUTOKUMPU	Espoo	outokumpu.com
OVAKO	Imatra	ovako.com
POLARPUTKI	Helsinki	polarputki.fi
ROLATE	Masala	rolate.com
RUUKKI Oyj	Helsinki	ruukki.fi
STEN & CO	Tuusula	sten.fi
TIBNOR	Espoo	tibnor.fi

Polkupyörän rungon tulisi olla mahdollisimman kevyt ja kestävä. Rakenne tulisi optimoida hyvin, jotta haluttuihin vaatimuksiin päästäisiin. Polkupyörän rungon jäykkyys vaikuttaa suuresti sen ajo-ominaisuuksiin. Mikäli runko on olemukseltaan veltto, on ajotuntuma enemmän mukavuuspainotteinen. Velttoa eli joustavaa polkupyörän runkoa voidaan hyödyntää esimerkiksi senioripyörissä ja maastopyörissä. Jäykällä rungolla saadaan tarkka, mutta pintakova ajotuntuma, joka soveltuu paremmin matka- ja kilpapyöriin. Jäykän rungon huonoja puolia ovat siihen muodostuvat jännitykset, jotka voivat lyhentää rungon käyttöikää. Tästä syystä teräsrunko on yleensä pitkäikäisempi, kuin esimerkiksi alumiinirunko.

9.1 Materiaalivalintaprosessi

Materiaalin valinta on askeleittain etenevä ongelmanratkaisuprosessi. Ensimmäinen huomioitava asia on materiaalille määritellyt vaatimukset, jotka tulisi muuttaa materiaaliominaisuuksiksi. Näitä ovat esimerkiksi käyttöolosuhteet ja ympäristö. Seuraava vaihe on tarkastella sopivia materiaaleja ja vertailla niiden ominaisuuksia. Näistä sitten valitaan muutama päävaihtoehto tarkempaa analysointia varten. Analysoitavia asioita ovat materiaaleista tuotteelle saatava suorituskyky, kustannus, valmistettavuus ja saatavuus. Lopuksi varmennetaan saatavilla olevat tiedot materiaaliominaisuuksista ja pyritään tarvittaessa täydentämään niitä riittäväillä testeillä. (24, s. 99–100.)

Materiaalinvalintaprosessi voidaan toteuttaa kuudella tavalla:

1. yksinkertaistettu materiaalin valintaprosessi
2. vaatimus- ja ominaisuusprofiilien yhteensovittamiseen perustuva materiaalin valinta
3. materiaalin valinta jakamalla konstruktiio osakokonaisuuksiin
4. materiaalin valinta ominaisuuskarttojen ja toimivuusindeksien avulla
5. materiaalin valinta nelikenttien avulla
6. materiaalin valinta elinkaarikustannusanalyysin ja elinkaariarviointia soveltamalla. (31, s. 13.)

Materiaalin valintaan vaikuttavat seuraavat päätekijät:

- kustannukset
 - kokonais-, materiaali-, valmistus-, käytönaikaiset-, laadunvalvonta-, kierrätys- ja hallinnolliset kustannukset
- toimintojen asettamat vaatimukset
 - kuorman kanto, muodon säilyvyys, kulumisenkesto ja energiaabsorptio
- käyttöympäristön asettamat vaatimukset
 - lämpötila, korroosio, vanheneminen ja kosteus
- valmistusmenetelmän asettamat vaatimukset
 - hitsattavuus, valettavuus, lastuttavuus, muovattavuus ja pintakäsittelyvyys. (31, s. 5-9.)

9.2 Materiaalien ominaisuudet

Yleisesti käytössä olevia konstruktiomateriaaleja on kuusi, jotka jaetaan luokkiin seuraavasti:

- metallit
- polymeerit
- elastomeerit
- keraamit
- lasit
- komposiitit. (24, s. 88.)

Materiaaleilla on kullakin perusominaisuuksia (taulukko 9), joita voidaan verrata keskenään ja löytää omaan ratkaisuun sopiva vaihtoehto. Polkupyörissä yleisesti käytetyt materiaalit sisältävät pääosin eri metalleja, komposiitteja ja polymeerejä. Metalleista yleisimmät ovat rauta, alumiini ja titaani, joita seostamalla saadaan kestäviä, keveitä ja kustannustehokkaita komponentteja.

TAULUKKO 9. Materiaalien ominaisuuksien yksinkertaista vertailua (32, linkit Materials)

Ominaisuudet	Keraamit	Metallit	Polymeerit
Tiheys	matalasta korkeaan	matalasta korkeaan	matala
Kovuus	korkea	kohtalainen	matala
Vetolujuus	matalasta kohtalaiseen	korkea	matala
Puristuslujuus	korkea	kohtalaisesta korkeaan	matalasta kohtalaiseen
Kimmokerroin	kohtalaisesta korkeaan	matalasta korkeaan	matala
Sulamispiste	korkea	matalasta korkeaan	matala
Dimension pysyvyys	korkea	matalasta kohtalaiseen	matala
Lämpölaajeneminen	matalasta kohtalaiseen	kohtlaisesta korkeaan	korkea
Lämmönjohtavuus	kohtalainen	kohtlaisesta korkeaan	matala
Lämpöshokki vaikutus	matala	kohtlaisesta korkeaan	korkea
Sähköinen vastus	korkea	matala	korkea
Kemiallinen kestävyys	korkea	matalasta kohtalaiseen	kohtalainen
Korroosiokestävyys	kohtalaisesta korkeaan	matala	matala
Työstettävyys	kohtalainen	matala	kohtalainen

9.2.1 Tiheys

Tiheys eli ominaispaino suhteessa materiaalin muihin ominaisuuksiin on erittäin tärkeä materiaalin ominaisuus. Yleensä pyritään mahdollisimman kevyeen ja lujaan rakenteeseen unohtamatta edullista muotoilua ja valmistustapaa. Materiaalin hinta määritellään poikkeuksetta kilohintana, joka vaikuttaa merkittävästi materiaalin valintaan. Tiheys ρ voidaan laskea kaavalla 11. (24, s. 91 – 92.)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

KAAVA 11

m = massa (kg)

V = tilavuus (m³)

Kilohintaindeksin K_g^* voi laskea kaavalla 12 (€/kg) (11, s. 1032).

$$K_g^* = \frac{K_G}{K_{G0}}$$

KAAVA 12

K_G = tarkasteltavan materiaalin kilohinta (€/kg)

K_{G0} = perusmateriaalin kilohinta (€/kg)

Kilohintaindeksin tarkkuus annetaan vain yhden materiaalin kohdalla ja sille on olemassa vaihteluväli. Hintatiedot tulee aina tarkastaa materiaaliakohtaisesti ja huomioida hintatarjoukset.

9.2.2 Kimmokerroin

Kimmokerroin on elastinen kerroin, joka kiinteillä aineilla kuvaa jännityksen ja muodonmuutoksen välistä riippuvuutta kimmoisella, eli täysin palautuvalla alueella. Rakenneseosan jäykkyys on suoraan verrannollinen materiaalin kimmomoduuliin. Monien aineiden venymä on suoraan verrannollinen venyttävään jännitykseen. Kimmomoduulin muutoksen vaikutus voidaan korvata poikkipinnan mittoja ja geometriaan muuttamalla. Kimmokerroin E voidaan laskea kaavalla 13. (24, s. 92–93.)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

KAAVA 13

σ = jännitys (N)

ε = venymä (m²)

9.2.3 Pituuden lämpötilakerroin

Pituuden lämpötilakerroin eli lineaarinen lämpölaajenemiskerroin ilmoittaa suhteellisen laajenemisen lämpötilayksikköä kohden. Käytännössä laajenemiskerroin voidaan olettaa vakioksi tietyllä lämpötilavälillä. Pituuden lämpötilakerroin muuttuu myös silloin, kun materiaalissa tapahtuu faasimuutos. Kappaleen pituuden muutos ΔL voidaan laskea kaavalla 14. (24, s. 93.)

$$\Delta L = \alpha \Delta T L_0$$

KAAVA 14

α = pituuden lämpötilakerroin

L_0 = kappaleen alkuperäinen pituus (m)

ΔT = lämpötilan muutos (K)

9.2.4 Lämmönjohtavuus

Lämmönjohtavuus kuvaa materiaalien kykyä johtaa lämpöä. Metalleilla on keskimääräisesti huomattavasti parempi lämmönjohtavuus kuin polymeereillä tai keraameilla. Jalometallit, kupari- ja alumiiniseokset johtavat hyvin lämpöä, valuraudat ja teräkset melko huonosti. Titaaniseosten ja austeniittisten ruostumattomien terästen lämmönjohtavuus on erityisen huono. Lämmönjohtumisnopeus on osien koosta, seosaineista ja valmistustavasta riippuvainen suure. Fourierin mukaan lämmönjohtumisaika materiaalissa kasvaa rakenneosan mittakaavan neliössä. Lämmönjohtavuus λ voidaan laskea kaavalla 15. (24, s. 93.)

$$\lambda = \frac{P}{A * \left(\frac{dT}{dx}\right)}$$

KAAVA 15

P = lämpöteho (W)

A = poikkipinta-ala (m²)

dT / dx = lämpötilagradientti (K)

9.2.5 Ominaislämpökapasiteetti

Ominaislämpökapasiteetti kuvaa materiaalin kykyä varastoida lämpöenergiaa suhteessa lämpötilaeroon ja massaan. Ominaislämpökapasiteetti ja lämmönjohtavuus vaikuttavat nopeuteen, jolla rakenneosan pinnan lämpötila seuraa ympäristön lämpötilan muutosta. Lämpötilan muutoksella on puolestaan vaikutus korroosion kannalta pinnoille, joiden lämpötila on kastepistettä alhaisempi. Aine pyrkii laajenemaan, kun sitä lämmitetään. Laajeneminen saattaa kuormitusten nopeissa muutoksissa aiheuttaa rakenneosien vaurioitumisen. Ominaislämpökapasiteetti c voidaan laskea kaavalla 16. (24, s. 93 – 94.)

$$c = \frac{1}{m} * \frac{dE}{dT}$$

KAAVA 16

E = lämpömäärä (kJ)

m = kappaleen massa (kg)

T = lämpötila (K)

Taulukossa 10 on esitetty eri materiaalien edellä mainittuja ominaisuuksia, joista erityistä huomiota kannattaa kiinnittää tiheyteen ja kimmomoduuliin. Tiheyden

ja kimmomoduulin välinen keskinäinen riippuvuus vaikuttaa materiaalin kestävyteen suhteessa painoon.

TAULUKKO 10. Materiaalien ominaisuuksia (24, s. 92)

Materiaali	Tiheys	Kimmokerroin	Pituuden lämpötilakerroin	Lämmönjohtavuus	Ominaislämpökapasiteetti
	ρ g/cm ³	E kN/mm ²	$\alpha \cdot 10^{-6}/K$	λ W/(m ² *K)	c kJ/(kg*K)
Niukkaseosteiset teräkset	7,85	206	11	48...55	0,5
Ruostumattomat teräkset	7,9	200	16,5	16	0,45
Suomugrafiittirauta	7,25	100...140	10	45...55	0,5
Pallografiittirauta	7,2	165...185	10	33...42	0,6
Messingit	8,5	100...115	20	115	0,38
Pronssit	8,8	95...115	17,5	65	0,37
Uushopeat	8,65	125	16	40	0,37
Alumiiniseokset	2,7	70	23	120...220	0,96
Titaaniseokset	4,5	108	9,1	17	0,58
Magnesiumseokset	1,8	43	26	80	1,05
Muovit	0,8...2,2	0,2...20	50...160	0,1...0,9	1...2
Elastomeerit	0,8...1,5	1...9*10 ⁻³	50...200	0,17...0,23	1,2...1,6
Muovikomposiitit	1,3...2,0	75...205	2...30	0,16...17	1...1,4
Keraamit	3...6	200...400	3...11	2...140	0,4...0,9

9.2.6 Lujuus

Lujuus karakterisoi kuormituksen ja syntyvän jännityksen vuorovaikusta. Materiaalien vetolujuus mitataan yleensä vetokokeella. Vetokokeella voidaan määrittää myös puristuslujuus, taivutuslujuus, leikkauslujuus, virumislujuus. Vetokokeessa materiaalista mitataan myötöraja R_e , murtolujuus R_m , murtovenymä A ja murtokurouma Z . (24, s. 94.)

Rakenne- ja pehmeäksi hehkutetuilla teräksillä esiintyy ylempi- R_{eh} ja alempi- R_{el} myötöraja. Lujilla nuorrutusteräksillä, ruostumattomilla teräksillä ja ei-rautamalleilla mitataan se voima, jolla koesauvaan jää 0,2 %:n pysyvä venymä eli 0,2 -raja. Materiaalin lujuus eri rasiutilanteissa voidaan esittää riittävällä tarkkuudella vetolujuuteen suhteutettuna. (24, s. 94.)

9.2.7 Sitkeys

Sitkeys tarkoittaa materiaalin käyttäytymistä murtumistilanteessa. Sitkeyden mittana käytetään joko murtuma hetkellä vallinnutta jännitystä, venymää tai murtumiseen kulunutta energiaa. Mittaukset suoritetaan valituissa koestusolosuhteissa. Murtumissitkeys kuvaa materiaalin kykyä vastustaa särön laajenemista. Mikäli materiaalin K_{IC} - arvo tunnetaan, voidaan kriittinen murtokuorma määrittää, kun tiedetään särön suuruus tai käänteisesti voidaan määrittää kriittisen särön suuruus tietylle kuormitukselle. (24, s. 94.)

9.2.8 Väsyminen

Väsyminen kuvaa materiaalin käyttäytymistä vaihtelevien kuormitusten alaisena, jolla yleensä tarkoitetaan materiaalien rakenneominaisuuksien heikkenemistä. Väsymismurtuma riippuu aina materiaaliominaisuuksista, tarkastelukohdan mikro- ja makrogeometriasta ja lähiympäristön jännitystilasta. Väsymisen teoreettinen mallintaminen ei ole osoittautunut riittävän luotettavaksi. Monesti väsymislajuuden määrittämiseen käytetään kokeellisia menetelmiä, jossa koekappale altistetaan vaihtelevalle jännitykselle. (24, s. 95.)

Väsymisilmiö voidaan jakaa vaiheisiin seuraavasti: väsymissärön ydintyminen, eteneminen tai kasvaminen ja lopullinen murtuma. Särön kasvamis- tai etenemisvaiheessa voidaan särö havaita ja välttää murtuma. Suurien jännitysten ja muodonmuutosten sisältämään väsyttävän kuormituksen sovellutuksiin, soveltuu parhaiten käytettäväksi lujat ja sitkeät teräkset. Väsymiskestävyyttä voidaan parantaa esimerkiksi karkaisulla, pinnan typtyyksellä, valssauksella sekä hyvällä pinnan laadulla. (24, s. 95.)

9.2.9 Kovuus

Kovuus kuvaa materiaalin kykyä vastustaa pintaan painuvan partikkelin tunkeutumista, eli muodonmuutosta, kulumista tai leikkaantumista. Kovuuden mittausten menetelmät perustuvat suurehkon paikallisen plastisen deformaation synnyttämiseen. Kovuutta voidaan mitata esimerkiksi Vickersin, Brinellin, moshin tai Rockwellin menetelmillä. Materiaalin murtolujuus ja kovuus ovat metalleilla toisistaan riippuvia suureita. Seostamattomille ja niukasti seostetuille metalleille

ne on määritetty standardeissa EN 8-55, DIN 50150 ja ASTM E 140. Metalliseosten kovuuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi seosaineilla, kylmämuokkauksella, lämpö- ja pintakäsittelyllä. (24, s. 95.)

9.2.10 Kitka

Kitkaa ja kulumista syntyy, kun kaksi eri kappaletta liukuu toisiaan vasten. Kitka on yhtälössä liikettä vastustava voima, joka syntyy pintojen välisten epätasaisuuksien, deformaatioiden ja irtonaisten partikkelien kautta. Kulutusmekanismit voidaan jakaa neljään pääluokkaan: adheesio-, abraasio-, väsymis- ja tribo-kemialliseen kulumiseen. Kulumiseen voidaan parhaiten vaikuttaa sopivilla materiaalivalinnoilla. Pintojen välinen kovuusero, karheus ja kitka ovat merkittäviä tekijöitä kulumisen kannalta. Suunnittelua ja materiaalivalintoja varten on yleisesti käytössä kulumiskerroin K , mikä voidaan laskea kaavalla 17. (24, s. 96 - 97.)

$$K = \frac{V}{F \cdot s}$$

KAAVA 17

V = kulumistilavuus (m^3)

F = kuormitus (N)

s = liukumatka (m)

9.2.11 Korroosio

Korroosiolla tarkoitetaan materiaalin ja ympäristön välistä kemiallista tai sähkökemiallista reaktiota. Korroosimuotoja ovat yleinen ja paikallinen korroosio, joista yleinen korroosio tapahtuu koko materiaalin alalle. Paikallinen korroosio kohdistuu vain jollekin rajatulle alueelle. Paikallista korroosiota pidetään vaarallisempina sen huomaamattomuuden takia. Paikallista korroosiota on esimerkiksi rako-, piste-, raeraja-, jännitys- ja galvaaninen korroosio sekä valikoiva liukeneminen ja eroosio. (24, s. 97.)

9.2.12 Viruminen

Viruminen, eli staattinen väsyminen on ajan kuluessa tapahtuvaa ja lämpötilasta riippuvaa plastista muodonmuutosta, joka aiheutuu materiaaleihin kohdistuvasta vakiokuormituksesta tai -jännityksestä. Muodonmuutosmekanismeina toimivat

diffuusio, dislokaatioiden liike ja raerajaliukuminen. Vakiokuormitus aiheuttaa materiaaleihin kimmoista muodonmuutosta ja viskoosin, joka tarkoittaa kuormitustajasta riippuvaa muodonmuutosta. Muodonmuutoksesta osa voi olla pysyvää ja osa palautua kuormituksen poistamisen jälkeen. Viruminen vakiokuormituksessa on yleensä kolmivaiheinen. Alussa tapahtuu voimakasta väsymistä, joka muuttuu tasaiseksi virumiseksi ja siitä kiihtyväksi aina murtumiseen asti. (24, s. 99.)

9.2.13 Kimmoraja

Kimmoraja kuvaa suurinta jännitystä, jonka materiaali kestää muuttumattomana ilman pysyvää muodonmuutosta. Polkupyörään kohdistuu jatkuvasti jännityksiä, jotka aiheuttavat venymiä sen komponentteihin. Tärkeää onkin, että komponenttien materiaalit eivät missään vaiheessa ylitä kimmorajaa, jolloin niihin muodostuisi pysyviä muutoksia ja pahimmassa tapauksessa turvallisuutta vaarantavia vaurioita. Polkupyörien suunnittelussa käytetään kimmorajaa venymälaskelmien avulla, joilla varmistetaan komponenttien kestävyys ja täten vältytään vaarallisilta tilanteilta polkupyörää käytettäessä. (15, s. 42–43.)

9.3 Metallit

Metalleilla ja niiden seosaineilla (taulukko 11) on suhteellisen korkea kimmomoduuli muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Niitä voidaan lisäksi lujittaa seostamalla, lämpökäsittelmällä tai muokkaamalla. Käsittelystä huolimatta metallit pysyvät yleensä sitkeinä, eli materiaali myöntää ennen murtumistaan, joka on erittäin toivottua polkupyörän rungon käyttäytymisessä. Lujuuden noustessa sitkeys yleensä laskee, mikä tekee materiaalista helpommin murtuvaa. Väsyminen on erityisesti metalleille tyypillinen toistuvien kuormitusten aikaansaama ilmiö, joka johtuu lähinnä metallien sitkeästä käyttäytymisestä.

TAULUKKO 11. Metallien ominaisuuksia (4, s. 35)

Metalli	Tunnus	Tiheys (kg/m ³)	Kovuus (Brinell MPa)	Kimmokerroin (GPa)
Alumiini	Al	2,70*10 ³	245	70
Hopea	Ag	10,49*10 ³	206	83
Kromi	Cr	7,15*10 ³	1120	279
Kulta	Au	19,32*10 ³	25	79
Kupari	Cu	8,96*10 ³	874	110-128
Lyijy	Pb	11,34*10 ³	5	16
Magnesium	Mg	1,738*10 ³	260	45
Molybdeeni	Mo	10,28*10 ³	1500	329
Nikkeli	Ni	8,908*10 ³	700	200
Platina	Pt	21,45*10 ³	392	168
Rauta	Fe	7,86*10 ³	490	211
Sinkki	Zn	7,14*10 ³	412	108
Tina	Sn	7,265*10 ³ (harmaa)	350	50
Titaani	Ti	4,506*10 ³	716	116
Volframi	W	19,25*10 ³	2570	411

Seostetut metallit ovat edelleenkin yleisin polkupyörien rungoissa käytettävä materiaali. Yleisimmät metalliseokset tehdään teräksestä, alumiinista ja titaanista. Teräs on hiilellä seostettua rautaa, johon lisätään esimerkiksi kromia, molybdeenia, mangaania, piitä, rikkiä, fosforia tai nikkeliä. Alumiinin käyttö on yleistynyt huomattavasti vaihtoehtoisena runkomateriaalina. (15, s. 74–79.)

Alumiinia käytettäessä joudutaan runkoputkien kokoa kasvattamaan noin puoli-toista kertaiseksi, koska sen lujuus on vain noin kolmannes teräksen lujuudesta. Alumiinin seosaineina käytetään esimerkiksi magnesiumia, piitä, kuparia, rautaa, kromia, mangaania, sinkkiä ja titaania. Titaani on lujuudessa teräkseen verrattavissa ollessaan 45 % kevyempää, mutta sen kimmokerroin on vain noin puolet. Alumiiniin verrattaessa titaani on 60 % painavampaa, mutta kaksi kertaa vahvempaa. Titaani on erittäin hyvin korroosiota kestävä materiaali, mutta kallis työstää. Työstämisen hinta on yksi hidaste materiaalin käytön yleistymiseen. (15, s. 74–79.)

9.4 Polymeerit ja elastomeerit

Polymeerien ja elastomeerien (taulukko 12) Polymeerimateriaalit voidaan jakaa neljään tyyppiin: termoplastiset ja termosettiset polymeerit sekä termoplastiset elastomeerit ja vulkanoidut elastomeerit. Polymeerien ominaisuudet ovat mo-

nessa suhteessa metallien ja keraamien vastakohtia. Esimerkiksi niiden kimmo-kerroin ja kovuus ovat huomattavan matalia. Näille materiaaleille on ominaista viruminen jopa huoneenlämpötilassa. Lämpötila vaikuttaa muutenkin näihin materiaaleihin voimakkaasti. Polymeerit eivät kestä yli 200 °C:n lämpötiloja ja toisaalta 0 °C saattaa johtaa niiden hauraaseen käyttäytymiseen. Polymeerit ja elastomeerit ovat kuitenkin hyvin monikäyttöisiä materiaaleja, kun niiden ominaisuuksia muovataan lisäaineilla. Polymeerejä on myös helppo muovata ja muotoilla, mutta niiden maalaus saattaa tuottaa ongelmia. (33, s. 5.)

TAULUKKO 12. Poly- ja elastomeerien ominaisuuksia (34, linkit OPPIMATERIAALIT > Kestomuottivalujen suunnittelu > 3. valumateriaalit > polymateriaalit > s. 18 - 30)

Poly-/elastomeeri	Lyhenne	Tiheys g/cm ³	Kimmokerroin (GPa)	Kovuus Kg/mm ²
Akryliniiriili-butadieeni-styreeni	ABS	1,03-1,05	2,4-2,6	7,5-10
Iskunkestävä polystyreeni	HIPS	1,02-1,03	0,9-3,5	6,6-9
Metyylimetakrylaatti-ABS	MABS	1,08		7-7,5
Polyamidi (nylon)	PA	1,06-1,56		
Polybuteeni	PB	0,895-0,94	410	2800
Polybuteenitereftalaatti	PBT	1,3-1,73	2,53-72,9	7,5-19
Polyeteeni	PE	0,92-0,965	0,1-4,8	0,15-5
Polyeetterisulfoni	PESU	1,33-1,6	2,66-8,63	20,5-22,7
Polyeteenitereftalaatti	PET	1,39-1,85	2,76-4,14	5,8-12,5
Polymetyylimetakrylaatti	PMMA		2,24-3,8	
Polyasetaali	POM	1,39-1,65	3,5-7,9	12,0-40
Polypropeeni	PP	0,9-0,925	1,03-1,7	6,2-9,8
Polyfenyylisulfoni	PPSU	1,29-1,38		15,4-22,7
Polystyreeni	PS	1,03-1,04	2,4-11,3	15
Polysulfoni	PSU	1,23-1,50	2,5-11	13,5-19,4
Polyvinyylikloridi	PVC	1,2-1,47		8,5-11,5

Polymeerit ja elastomeerit soveltuvat hyvin massatuotantoon ja niitä käytetään lähes poikkeuksetta polkupyörissä. Esimerkiksi renkaissa, sisäkumissa, satuloissa, venttiilien- ja laakerien suojauksissa, ohjaustangon kädensijoissa, jarrupaloissa, heijastimissa, lokasuojissa, vaijerien kuorissa, pinnoitteessa sekä komposiittirungoissa on polymeerejä. Rungoissa polymeeri toimii yleensä hiilikuidun vahvisteena antaen vetolujille kuiduille puristuskestävyyttä rakenteessa. Polymeerien suuren suosion taustalla ovat niiden monikäyttöisyys, pieni kitakerroin, korroosion vastustuskyky, hinta, tiiveys ja keveys. (22, s. 84–85.)

9.5 Keraamit ja lasit

Keraameilla ja lasilla (taulukko 13) on korkea kimmomoduuli. Metalleista poiketen ne ovat yleensä hauraita ja murtuvat erityisesti vetokuormituksessa. Puristustilassa ne kestävät jopa kymmenkertaisia kuormia. Sitkeyden puuttumisen seurauksena keraamit ja lasit murtuvat helposti jännityskeskittymistä. Sitkeät materiaalit myötävät jännityshuippujen alueella ja tasaavat kuormituksen rakenteen vaurioitumatta. Keraamit ovat kovia, kulumista kestäviä ja yleensä korroosiovapaita. Ne kestävät yleensä korkeita lämpötiloja erinomaisesti. (32, s. 4.)

TAULUKKO 13. Keraamien ominaisuuksia (32, linkit Materials)

Keraami	Kaava	Tiheys g/cm ³	Kimmokerroin (GPa)	Kovuus Kg/mm ²
Alumiininitridi	AlN	3,26	320	1100
Alumiinioksidi (99,5%)	Al ₂ O ₃	3,89	375	1440
Kvartsi	SiO ₂	2,2	73	600
Mulliitti	Al ₆ Si ₂ O ₃	2,8	151	1070
Piikarbidi	SiC	3,1	410	2800
Piinitridi	N ₄ Si ₃	3,29	310	1580
"Sialon"		3,24	760	1430-1850

Polkupyörissä keraamien käyttö on verroittain alhaista. Käyttökohteita, missä voidaan niitä hyödyntää, ovat esimerkiksi jarrujen kitkapinnat, voiteluaineet sekä laakerit.

9.6 Komposiitit

Komposiitit (taulukko 14) ovat yhdistelmä eri materiaaliryhmistä, joita yhdistämällä saadaan materiaalille haluttuja ominaisuuksia ilman, että materiaalit liukenevat tai sulautuvat toisiinsa. Yleensä komposiiteilla pyritään maksimoimaan materiaalien hyvät puolet ja minimoimaan huonot puolet tekemällä lujempaa, kevyempää ja jäykempää kuin yksittäinen materiaali.

TAULUKKO 14. Komposiittien ominaisuuksia (24, s. 132)

Laminaatti (epoksimatriisi)	Tiheys g/cm ³	Kimmokerroin (GPa)	Vetolujuus (GPa)	Puristuslujuus (GPa)
Hiili XA-S (lujite 60 %)	1,5	130	2,2	1,6
Aramidi Kevlar 49 (lujite 60 %)	1,35	75	1,4	0,3
Lasi E (lujite 60 %)	2	45	1,1	0,3
Lasi S (lujite 60 %)	1,95	50	1,5	0,3

Lujitteen tarkoitus on kantaa komposiittiin kohdistuvat kuormat ja muovimatriisin sitoa lujitteet toisiinsa. Yleensä komposiittimateriaaleissa on polymeerimatriisi ja lujitteena lasi-, hiili- tai aramidikuitu. Polkupyörien komposiittirungoissa käytetään yleensä polymeerina epoksia ja lujitteena hiilikuitua. Kuitujen suunnalla, pituudella ja epoksin määrällä voidaan säädellä lopullisen tuotteen ominaisuuksia. Erikoissovelluksiin on kehitetty myös metalli- ja keraamikomposiitteja. Komposiitista valmistetut osat ovat kalliita ja niitä on vaikeahko valmistaa ja liittää muihin rakenteisiin. Komposiittien tärkein sovelluskenttä on kevytrakennetekniikassa. (15, s. 86–87.)

10 LIITOSOSAT JA LIITOKSET

Liitososiin ja liitoksiin lukeutuu esimerkiksi hitsaus-, ruuvi-, muodonmuutos-, juotto- ja liimaliitokset sekä jouset. Polkupyörässä käytetään kaikki näitä liitostyyppejä käyttökohteiden mukaan. Metalliset rungot ovat pääasiallisesti tehty hitsaamalla. Pienempien komponenttien liittämiseen käytetään yleensä ruuviliitoksia. Juottoliitoksia löytyy esimerkiksi polkupyörässä käytettävästä elektronikasta. Liimaliitoksia käytetään esimerkiksi polymeerien liittämiseen metalliosiin. Jousia polkupyörästä löytyy rungon värinän vaimentamiseen ja jarrujen mekaniismeista.

10.1 Hitsausliitokset

Polkupyörien metallisten runkojen yleisin liitostapa on hitsaus tai juottaminen. Metallien hitsauksella tarkoitetaan työkappaleiden liittämistä, siten että niiden välille syntyy atomien välinen sidos. Hitsaussanasto on standardisoitu kansainvälisesti. Hitsaussanaston yleistermit on käsitelty standardissa SFS 3052.

Teräslaatuja on monenlaisia ja ne eroavat toisistaan kemiallisen koostumuksen, mekaanisten ominaisuuksien ja hitsattavuuden osalta. Teräksien kemiallinen koostumus ja raekoko määrittelevät niiden laatuluokituksen hitsattavuuden kannalta. Käytännössä mitä pienemmän määrän epäpuhtauksia teräs sisältää, sitä parempi on sen hitsattavuus. Teräksen hitsattavuus säilyy hyvänä hiilipitoisuuden pysyessä alle 0,22 %. Mikäli hiiltä on enemmän, muodostuu hitsauksen yhteydessä hitsin muutosvyöhykkeelle kova ja hauras mikrorakenne, joka vähentää alueen sitkeyttä huomattavasti. Vaarana on, että hitsauksessa syntyvät jännitykset eivät pääse laukeamaan, joka lisää esimerkiksi palonalaisten halkeamisten todennäköisyyttä. (11, s. 894.)

Yleinen tapa määrittellä seostamattomien tai niukkaseoksisten terästen hitsattavuus on hiiliekvivalentti (C_{ekv}) arvo, joka voidaan laskea kaavalla 18 (11, s. 894).

$$C_{ekv} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{15} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cr}{5} + \left(\frac{Cu}{13} + \frac{Si}{4} + \frac{P}{2} + \frac{V}{5} \right)$$

KAAVA 18

Muille teräslaaduille tiedot esilämmityksestä saatavissa terästen- ja hitsauslisäaineiden valmistajilta sekä myyjiltä. Korotettu lämpötila tulisi pitää yllä koko hitsauksen ajan, jotta vältetään halkeamat. Puikkoja käytettäessä tulisi huomioida niiden säilytettävyyden, sillä niihin voi kerääntyä kosteutta, joka voi aiheuttaa hitsin muutosvyöhykkeen halkeamia. Muita huomioonotettavia asioita ovat teräksen tiivistymistapa, raekoko, työkappaleen koko ja lämpötila, liitosmuoto, hitsausmenetelmä, puikon halkaisija sekä päällystetyyppi. (11, s. 894.)

Hitsauksesta syntyviä kustannuksia ovat esimerkiksi työ-, aine-, kone- ja energiakustannukset. Työkustannukset K_T voidaan karkeasti laskea kaavalla 19. (11, s. 895.)

$$K_T = \frac{M}{T} * \frac{1}{e} * H_T \quad \text{KAAVA 19}$$

M = hitsiainemäärä (kg/m)

T = hitsiaineentuotto (kg/h)

e = paloaikasuhte (-)

H_T = työtunnin hinta (€/h)

Suojakaasukustannukset K_S voidaan laskea kaavalla 20 (11, s. 895).

$$K_S = \frac{M}{T} * V * H_S * 0,12 \quad \text{KAAVA 20}$$

V = kaasun virtaus (l/min)

H_S = suojakaasun ostohinta (€/m)

Konekustannukset K_K voidaan laskea kaavalla 21 (11, s. 895).

$$K_K = \frac{M}{T} * \frac{1}{e} * H_{KT} \quad \text{KAAVA 21}$$

e = paloaikasuhte (-)

H_{KT} = koneen tuntihinta (€/h)

Hitsauslisäainekustannukset K_L voidaan laskea kaavalla 22 (11, s. 895).

$$K_L = M * \frac{H_L}{N} \quad \text{KAAVA 22}$$

H_L = lisäaineen ostohinta (€/kg)

N = hyötyluku/riittoisuus

Jauhekustannukset K_J voidaan laskea kaavalla 23 (11, s. 895).

$$K_J = M * J * H_J$$

KAAVA 23

J = jauheen kulutus (kg/hitsiainekilo)

H_J = jauheenostohinta

Energiakustannukset K_E voidaan laskea kaavalla 24 (11, s. 895).

$$K_E = M * E * H_E$$

KAAVA 24

E = energian kulutus (kWh/hitsiainekilo)

H_E = energian hinta (€/kWh)

Koneen tuntihinta H_{KT} voidaan laskea kaavalla 25 (11, s. 895).

$$H_{KT} = (H_H * \left(\frac{1}{T_p} * \frac{p}{2*100} \right) + Y) * \frac{1}{T_K}$$

KAAVA 25

H_H = koneen ostohinta (€)

T_p = koneen poisto aika (v)

p = pääoman korkoprosentti (%)

Y = vuosittaiset kunnossapitokustannukset (€)

T_K = koneen vuosittainen käyttöaika (h)

10.2 Ruuviliitokset

Ruuvi voidaan käyttötapsansa mukaan jakaa kahteen pääryhmään kiinnitysruuvit ja liikeruuvit. Kiinnitysruuveilla liitetään koneenosia tai muita rakenneosia toisiinsa. Liikeruuveilla muutetaan pyörimisliike eli vääntömomentti suoraviivaiseksi liikkeeksi tai päinvastoin. (24, s. 161.)

Ruuvi ja/tai muttereita käytetään varsinaisena kiinnitysruuvina, kiristysruuvina, sulkutulppana, asetteluruuvina, voimanvahvistimena, differentiaaliruuvina, liikevahvistimena ja varsinaisena liikeruuvina. Ruuviliitoksen hyviä puolia ovat sen asennuksen ja irrotuksen helppous, luotettavuus oikein käytettynä, sopivuus moneen eri käyttöön ja edullinen hinta. Ruuviliitoksen heikkouksia ovat sen epä-

jatkuvuuskohdat, jotka aiheuttavat jännityshuippuja ja väsymislujuuden sekä kiinnipysymisen riippuvuus kiristysmomentista. (24, s.161.)

Ruuviliitos on erittäin laajasti käytössä oleva koneenos, jonka eri muotoja on standardisoitu suuri määrä. Suomessa on voimassa esimerkiksi seuraavat metriset ruuveja ja muttereita koskevat standardit:

- SFS-ISO 5048 lieriömäiset kierteet ja sanasto
- SFS 2017 ruuvit, mutterit ja niiden tarvikkeet sekä sanasto
- SFS-EN 20225 kiinnittimet eli ruuvit, vaarnaruuvit ja mutterit sekä tunnukset ja mittojen nimitykset
- SFS 2171 teknilliset toimitusehdot ja yleiskatsaus
- SFS 2172 toleranssit eli tarkkuusasteet A, B ja C
- SFS-ISO 898-1 kiinnityselinten lujuusominaisuudet osa 1 eli ruuvit ja vaarnaruuvit
- SFS-ISO 898/2 kiinnityselinten lujuusominaisuudet osa 2 eli mutterit ja metriset kierteet. (24, s. 173.)

Aluslaatat sijoitetaan ruuvin kannan tai mutterin alle tilanteen mukaan. Alustaat-
tojen tärkeistä tehtävistä seuraavasti:

- ruuvin kiristämisen helpottaminen
- alustaan kohdistuvan pintapaineen pienentäminen
- ruuvin paremman kiinnipysyvyyden varmentaminen
- kaltevan alustan aiheuttaman taivutuksen eliminointi
- liitoksen tiivistäminen
- liitoksen eristäminen esimerkiksi korroosiolta (24, s. 178.)

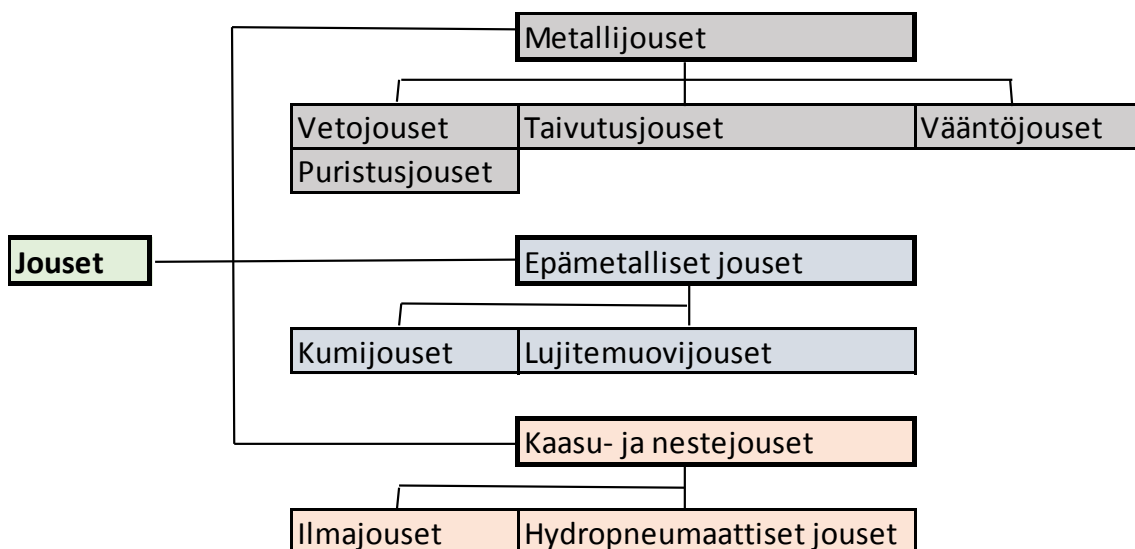
Standardissa SFS-EN 14764 ruuvien varmistaminen on määritelty seuraavasti: jousijärjestelmien, vetolaitteiden, jarrumekanismien, lokasuojien ja istuimen asentamiseen tai kiinnittämiseen käytettävien ruuvien tulee olla varustettu sopivilla varmistuslaitteilla esimerkiksi varmistuslaatoilla, lukkomuttereilla tai sulkumuttereilla. (12, s. 18.)

10.3 Jouset

Jousia käytetään polkupyörässä esimerkiksi runkoon kohdistuvien värähtelyjen vaimennukseen, kahvojen palauttamiseen, vaihteenvaihtimissa ja jarrumekanismieissa. Jousien päätoiminnot ovat seuraavat:

- varastoida mekaanista energiaa
- toimia joustavina kiinnitys- ja lukituseliminä
- vaimentaa iskuja ja värähtelyjä
- tuottaa joustavasti pakkoliikettä
- toimia voiman tai jouston mittalaitteena. (24, s. 135.)

Jousien valinnassa ja mitoituksessa on tarpeellista määritellä jouselta vaaditut toiminnot, mitat ja aineet (kuva 75) (24, s. 135).



KUVA 75. Jousien luokittelu (24, s. 135)

Metallijouset voidaan luokitella materiaalin mukaan seuraavasti: teräs-, titaani-, muistimetalli-, kupariseos- ja nikkelijouset. Metallijousen materiaali voidaan valita seuraavasti:

- selvitetään käyttökohteessa materiaalilta valitut ominaisuudet esimerkiksi lujuus, jäykkyys, kimmo-ominaisuudet, lämpötilankesto, korroosionkesto ja väsymiskestävyys
- selvitetään saatavien aineiden hinta ja ominaisuusprofiilit
- valitaan käyttökohteeseen sopiva materiaali

- mitoitetaan jousi ottamalla huomioon tavoitteet ja rajoitteet
- iteroidaan optimaalisen tuloksen saavuttamiseksi (24, s. 140.)

Puristus- ja vetojousia ovat jouset, joihin kohdistuu voimakuormitusta aksiaalisesti pääjääkyys suunnassa. Puristus- ja vetojouset voidaan luokitella seuraavasti: tanko-, kierre-, rengas- ja vakiovoimajouset. Taivutusjouset voidaan luokitella seuraavasti: latta-, bimetalli-, muisti-, paraabeli- ja lehtijouset. Epämetalliset jouset voidaan luokitella seuraavasti: kumijouset yhdistettyinä ja vapaina, komposiitti- ja lujitemuovijouset sekä taivutusjouset. (24, s. 143–158.)

10.4 Muut liitokset

Muita liitoksia ovat muodonmuutosliitokset, juottoliitokset ja liimaliitokset. Juotto- ja liimaliitokset voidaan jakaa seuraavasti: hitsaus, kova- ja pehmeäjuotto sekä anaerobiset liimaliitokset ja lujat liimat. Muodonmuutosliitoksia on olemassa plastisia ja kimmoisia. Plastisia liitoksia ovat esimerkiksi niittiliitokset. Niittiliitostyyppisiä on kaksi: kuuma- ja kylmäniittaus. Kuumaniittaus perustuu jäännösjännityksen synnyttämiin kitkavoimiin. Itse niittaus tapahtuu teräsniittejä kuumentamalla noin 1000 °C lämpötilaan. Kylmäniittauksessa niittiin aiheutetaan plastista muodonmuutosta, joka laajentaa sitä radiaalisesti, mutta samalla lyhentää aksiaalisesti. Kylmäniittauksen lujuuden määrään niittien leikkauslujuus ja kitkavoimat. Niittiliitoksia käytetään seuraavissa kohteissa:

- liitoksissa, joita ei voida hitsata lämpövaikutuksen takia
- liitoksissa, joita ei voida hitsata käytettävien materiaalien takia
- liitokset, jotka ovat metallien ja epämetallien välillä
- edellisten kaltaiset liitokset, joita kuormitetaan pääasiallisesti leikkauksella. (24, s. 305.)

11 TIIVISTIMET

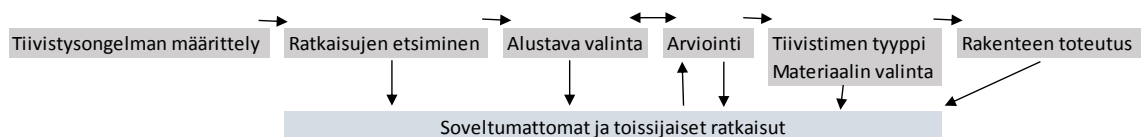
Tiivistyksien tarkoitus on vähentää tai estää kahden erillisen tilan välistä aineen virtausta. Tiivistäminen estää kahden aineen sekoittumisen keskenään tai kahden erillisen tilan paineen tasautumisen. Polkupyörässä tiivistimiä käytetään esimerkiksi jousituksen vaimennusmateriaalin ja akseleiden sekä laakereiden voiteluaineen tiivistämiseen. Tiivistimet pitävät voiteluaineen kohteessa ja samalla suojaavat kohdetta ulkoisilta epäpuhtauksilta. Tiivistimet voidaan jakaa viiteen pääryhmään liikkeen luonteen perusteella:

1. staattiset eli lepotiivistimet esimerkiksi laippaliitos
2. puolistaattiset tiivistimet esimerkiksi kalvorasia
3. pyörimisliikkeen tiivistimet esimerkiksi laakerin säteishuulitiiviste
4. suoraviivaisen liikkeen tiivistimet esimerkiksi hydraulikkasyylinteri
5. yhdistelmäliikkeen tiivistimet esimerkiksi liikeruuvi. (24, s. 636.)

Tiivistimet voidaan jakaa toistensa suhteen liikkuvien pintojen mukaan seuraavasti:

1. kosketuksettomat tiivistimet esimerkiksi labyrinttiiviste
2. kosketukselliset tiivistimet esimerkiksi säteishuulitiivistin (24, s. 636.)

Tiivistimen valinnassa ja suunnittelussa on otettava huomioon tiivistintyyppi, tiivistettävä materiaali sekä tiivistimen ympäristö. Tiivistäminen on aina syytä suunnitella järjestelmällisesti (kuva 76). (24, s. 660.)



KUVA 76. Tiivistyksen järjestelmällinen suunnittelu (24, s. 660)

Tiivistysongelman määrittely tapahtuu toimintaympäristön tietojen tiivistykseltä vaadittavien ominaisuuksien perusteella. Ratkaisumahdollisuuksien etsiminen aloitetaan tiivistyskohdan liikemahdollisuuksien pohjalta. Ensin selvitetään, että onko tiivistimeksi valittava staattinen vai dynaaminen tiivistin. Tiivistimen valinnassa voi käyttää hyödyksi esimerkiksi arvostelukriteereitä ja erilaisten tiivistimien

tyypillisiä ominaisuuksia. Tiivisten valinnassa tulee muistaa, että materiaalin ja rakenteen valinnan avulla voidaan joskus saada merkittäviä muutoksia arvoste-
luun. (24, s. 660–661.)

12 LUJUUSOPPI

Polkupyörälle ja sen komponenteille on asetettu monenlaisia vaatimuksia, jotka olisi hyvä varmistaa ennen tuotteen lanseeraamista markkinoille. Rakenteilta vaadittuja ominaisuuksia ovat esimerkiksi varmatoimisuus, valmistamisen ja kuljettamisen helppous, tarkoituksenmukainen ja toimiva rakenne sekä ennen kaikkea turvallisuus. Lujuusopilla pyritään varmistamaan tuotteen toimintavarmuus sille tarkoitettuun ympäristöön.

Rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi ulkoiset voimat, mekaaniset rasitukset, kiinnityspisteiden rasitukset, rakenteen sisäiset ominaisuudet ja voimat sekä syövyttävät aineet ja tilantarve. Jokainen asia vaikuttaa lopulta tuotteen lopullisiin kustannuksiin, joita pyritään minimoimaan rakenteen suunnittelussa. Kustannuksia voidaan vähentää esimerkiksi yksinkertaisilla muodoilla, materiaalisäästöillä, sopivalla toleranssilla, standardi materiaaleja ja osia käyttämällä sekä koneistettavien kohtien lukumäärällä. (11, s. 457.)

12.1 Suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelun lähtökohtana voidaan käyttää asiakkaalta saatuja lähtötietoja, joiden pohjalta määritellään käyttötarkoitus, käyttöolosuhteet, riippuvuudet ympäristölle ja rakenteille, asetetut tavoitearvot sekä turvallisuuskysymykset. Perustietojen selvittämisen jälkeen ideoidaan ja suunnitellaan esimerkiksi seuraavin vaihein:

1. ideoidaan ja valitaan sopivin rakenne esisuunnittelun pohjaksi
2. kehitetään valittua ideaa ja valitaan tarvittavat komponentit sekä raaka-aineet
3. vertaillaan valintoja ja saatuja tuloksia tavoitteisiin
4. muutetaan tarvittaessa esisuunnittelun tuotetta vastaamaan tavoitteita
5. dokumentoidaan ja muodostetaan tarvittavat kokoonpanopiirustukset ja osakuvat. (11, s. 457–458.)

Edellä mainittujen kohtien onnistumisen takaa osaava suunnittelija, joka hallitsee:

- materiaalien ominaisuuksien, muotojen ja mittojen valitsemisen

- tuotteen toiminta-arvojen realistisen laskennan
- osien, liitosten ja laitteiden optimaalisen mitoituksen
- teknisen piirustuksen ja dokumenttien laatimisen
- piirto-, tekstinkäsittely-, taulukkolaskenta- ja muiden tarvittavien ohjelmistojen käytön. (11, s. 458.)

Yleensä kaikki suunnittelu perustuu tai sivuaa jollain tavalla laskentaa ja varsinkin lujuuslaskentaa. On olennaista tuntea lujuusoppia, jotta voi suunnitella varmatoimisia rakenteita. Materiaalin sisäiset ominaisuudet, käyttöolosuhteet ja rakenteisiin vaikuttavat voimat tulee kaikki ottaa huomioon lujuuslaskennassa, joka antaa vastauksen materiaalin muotoihin ja materiaalivahvuuksiin. (11, s. 458.)

12.2 Pääkuormituslajit

Lujuusoppi sisältää seitsemän pääkuormituslajia, jotka ovat veto, puristus, taivutus, leikkaus, vääntö, nurjahdus ja kiepahdus. Esimerkiksi vakio-pintaiseen kappaleeseen vaikuttavan voiman F vuoksi syntyvä jännitys σ riippuu kuormitustavasta, jotka vaativat kappaleelta vastaavaa lujuutta. Lajit ovat seuraavat:

1. Veto on normaalivoima, joka pyrkii venyttämään kappaletta aiheuttaen siihen vetojännitystä vaatien siltä vetolujuutta.
2. Puristus on vetoon nähden vastakkaisuuntainen normaalivoima, joka pyrkii puristamaan kappaletta aiheuttaen siihen puristusjännitystä vaatien siltä puristuslujuutta.
3. Leikkauksessa kuormittava voima ja sen läheisyydessä oleva vastakkaisuuntainen voima aiheuttavat kappaleeseen leikkaus- sekä taivutusjännitystä.
4. Taivutus aiheuttaa vastavuoroisesti taivutusjännityksen lisäksi hieman leikkausjännitystä, jota ei kuitenkaan yleensä huomioida.
5. Vääntö pyrkii kiertämään kappaletta, joka aiheuttaa leikkausjännitystä mikä on suurimmillaan kappaleen pinnassa.
6. Nurjahdus on yhdistettyjen voimien ilmiö, joka sisältää esimerkiksi taivutus- sekä puristusjännitystä, jotka saavat kappaleen taipumaan.

7. Kiepahdus on hieman nurjahdusta vastaava tilanne, missä useampi voima saa kappaleen kiertymään. (11, s. 458.)

13 POLKUPYÖRÄÄN VAIKUTTAVIA KUORMITUKSIA

Polkupyörään vaikuttavia voimia ovat painovoima, ilmanvastus, kitka ja vierintävastus. Painovoima tarkoittaa maan vetovoimaa, jonka arvo on noin $9,81 \text{ m/s}^2$. Se kohdistuu sekä pyöräilijään että polkupyörään ja sen lisälaitteisiin. Ilmanvastus muodostuu pyöräilijän ja ilmakehän törmäyksestä, jossa pyöräilijä käyttää osan energiastaan ilman siirtämiseen. Kuutiometri ilmaa 20 °C :n lämpötilassa merenpinnan tasolla on massaltaan noin $1,2 \text{ kg}$. (15, s. 12.)

Kitkaa muodostuu renkaan ja tienpinnan välisestä kanssakäymisestä, sekä voimansiirron elimissä. Kitka muuttaa osan pyöräilijän käyttämästä energiasta lämmöksi ja ääneksi. Vierintävastusvoima syntyy renkaiden ja tienpinnan muodonmuutoksesta. Tässä muodonmuutoksessa hukataan käytössä olevaa energiaa. Polkupyörään vaikuttavien voimien voittamisen lisäksi pyöräilijä joutuu käyttämään osan energiastaan kappaleen liiketilan muuttamiseen. Kappaleella eli aineella on tapa, jolla se vastustaa liiketilojen muutosta. Mitä suurempi kappaleen massa on, sitä hitaammin sen liiketila muuttuu. (15, s. 12, Pyörä ja ihminen.)

13.1 Jännitys

Ensimmäinen asia, joka tulee huomioida polkupyörän rungon kestävyydestä, on jännitys. Jännitys on suure, joka mittaa kuorman eli voiman jakautumista materiaalien poikkileikkauksien yli. Runkoon kohdistuu ulkoisia voimia, jotka se pyrkii tasapainottamaan sisäisten voimien kanssa. Tämä aiheuttaa materiaalissa mikroskooppisia muutoksia, joita ihmissilmä ei havaitse. Kuhunkin rungon osaan kohdistuva jännitys on osan yksikköpinta-alaan kohdistuva keskimääräinen voima. Pinta-ala A_p runkoputkelle voidaan laskea kaavalla 26. (15, s. 40–41.)

$$A_p = \pi * (R^2 - r^2)$$

KAAVA 26

$$\pi R^2 = \text{putken ulkopinta-ala } A \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\pi r^2 = \text{putken sisäpinta-ala } a \text{ (mm}^2\text{)}$$

Normaalijännitys σ voidaan laskea kaavalla 27 (15, s. 40–41).

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

KAAVA 27

F = ulkoinen voima (N)

A = pinta-ala (m^2)

Pyöräilijän tuottama kokonaispainovoima voidaan laskea kaavalla 28 (15, s. 40–41).

$$G = m * g$$

KAAVA 28

m = kuljettajan massa (kg)

g = maanvetovoima (m/s^2)

Pyöräilijän tuottama kokonaispainovoima jakautuu kuljettajan asennosta riippuen ohjaustangolle, polkimille ja satulaputkelle. Runko absorboi kuljettajan tuottamaa energiaa, joka luo jännitystä ja vääntöä runkoputkiin, jotka yhdistyvät keskiöön. Polkeminen on harvoin symmetristä ja epäsymmetrisyys muodostaa keskiöön välittyvien voimien epätasapainon. Keskiö vääntyy edestakaisin, joka aiheuttaa vääntöä ala-, satula- ja takahaarukan alaputkiin. (15, s. 54–55.)

13.2 Kuormitukset

Polkupyörän rakenteita kuormittavat ulkoiset kuormitukset voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään, staattisiin ja dynaamisiin. Staattisella kuormituksella tarkoitetaan kuormitusta, jonka vaikutussuunta ja suuruus pysyvät vakiona. Tällainen kuormitus voidaan ajatella esiintyvän pelkästään polkupyörän ollessa paikallaan, jolloin kuormitus muodostuu polkupyörän ja kuorman painovoimasta. Staattisessa tarkastelussa voidaan huomioida myös dynaaminen kuormitus muuttamalla se kiihtyvyyksien kautta staattiseksi. (35, s. 15–16.)

13.2.1 Staattinen kuormitus

Staattisella kuormituksella ei sellaisenaan ole suurtakaan merkitystä rakenteen komponenttien väsymiselle ja sen merkitys kuormituksena tunnetaan yleensä hyvin jo suunnitteluvaiheessa, jolloin voidaan laskea rakenteeseen syntyvät suurimmat kuormitukset, jos suunniteltavissa rakenteissa sallitaan pysyviä muodonmuutoksia, tulee rakenteiden mitoituksessa käyttää murtorajaa, mikäli

muodonmuutoksia ei sallita mitoitetaan myötörajan mukaisesti. Lisäksi on olemassa rakenteita, jotka joudutaan laskemaan jännityksien aiheuttamien muodonmuutoksien sekä murtovarmuuden avulla. (35, s. 15–16.)

13.2.2 Dynaaminen kuormitus

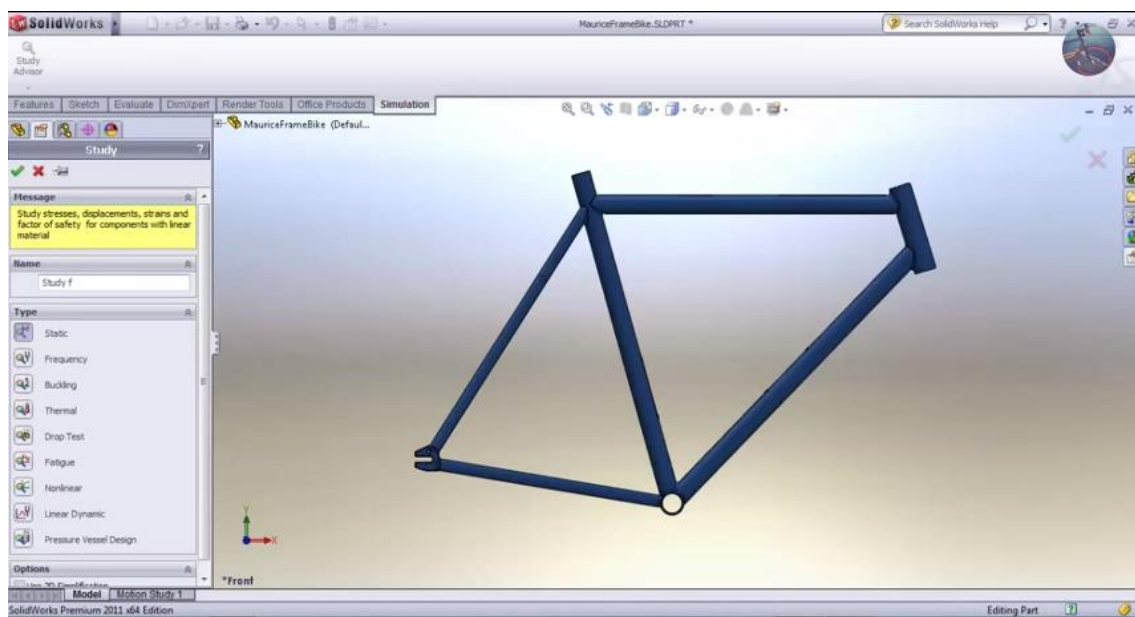
Dynaamiset kuormitukset ovat kuormituksia, joiden suuruus vaihtelee yleensä epäsäännöllisesti. Suuruudet vaihtelevat joko samansuuntaisesti tai vaihtosuuntaisesti, joka tarkoittaa vaihtokuormitusta. Polkupyörässä dynaamiset kuormitukset syntyvät esimerkiksi ajonaikaisista ajoneuvon ja kuorman massojen kiihtyvyyksistä. Nämä hitausvoimat aiheutuvat ajoradan epätasaisuuksista, jarrutuksista, kiihdytyksistä ja kallistumisista. Polkupyörän dynaamisiin kuormiin vaikuttavat myös esimerkiksi massa, ajorata, ajonopeus, akseliväli ja jousitus. (35, s. 15–16.)

Dynaamisten kuormien arviointi on huomattavasti staattista vaikeampaa. Laskennallisesti voidaan arvioida karkeasti käytännön kokemuksen perusteella kiihtyvyyksiä ja todeta staattisen tarkastelun kautta, että rakenne on riittävä, mutta tämä ei takaa rakenteen kestävyyttä. Dynaamisten väsyttävien kuormitusten on mittauksissa todettu olevan noin 1,5–3,5 kertaa staattisten kuormitusten suuruisia, mutta huippukohdat eivät yleensä esiinny samassa kohdassa eri kuormituksilla. Tärkeää olisi pitää kuormitus väsymisrajan alapuolella, jolloin väsymistä ei teoriassa enää tapahdu, tämä kuitenkin lisäisi suunniteltavien kohteiden massaa. Ratkaisuna tähän käytetään yleensä antamalla rakenteelle maksimaalinen kuormituskertojen määrä, joka on käytännössä rakenteen elinikä. (35, s. 15–16.)

Luotettava keino kuormitusten ja niistä syntyvien jännitysten arviointiin on prototyyppivaiheen kokeelliset mittaukset. Polkupyöränrakenteiden todelliset rasitukset saadaan selville esimerkiksi kenttämittauksissa venymäliuskojen avulla. Mittattujen venymien avulla on mahdollista määrittää rakenteessa esiintyviä jännityksiä tai kuormittavia voimia.

14 MALLINNUS

Tietokoneavusteisen suunnitteluohjelman avulla mallinnetaan kohteelle kolmiulotteinen geometria (kuva 77). Kolmiulotteista geometriaa voidaan käyttää kaksiulotteista kuvaa huomattavasti tehokkaammin. Esimerkiksi kohteen toimintojen tutkiminen helpottuu ja tällöin puhutaan parametrisesta piirremallinnuksesta. Kolmiulotteisten kappaleiden avulla voidaan jäljittää kokoonpanoissa olevia virheitä esimerkiksi fyysisiä yhteensopimattomuuksia. Mallinnukseen kuuluu yleensä kolme erilaista mallityyppiä: osa, kokoonpano ja piirustus. Osa kuvaa yksittäistä komponenttia, kokoonpano muodostuu osista ja osakokoonpanoista ja piirustuksilla esitetään yksityiskohtaisesti tarpeellinen määrä projektioita osista ja osakokoonpanoista. (36, s. 23, 27.)



KUVA 77. Polkupyörän rungon kolmiulotteinen geometria (37, Ks Liakouris 2012)

Parametrisuus mallinnuksessa tarkoittaa kohteeseen kytkettyjen mittojen geometrian keskinäistä riippuvuutta, jota voidaan muokata työn jokaisessa vaiheessa. Parametrisuus helpottaa mallinnuksen etenemistä varsinkin alkuvaiheessa, jolloin kaikkia mittoja ei välttämättä vielä tarkasti tiedetä. Myöhemmissä vaiheissa tehdyt muutokset mittoihin muuttavat automaattisesti niihin kytkettyjä geometrioita. Parametrisessa mallinnuksessa voidaan mittojen välille muodostaa

relaatioita, matemaattisia yhteyksiä sekä ehtoja esimerkiksi symmetrialla ja yhdensuuntaisuudelle. (36, 23–25.)

Piirremallinnuksesta puhuttaessa tarkoitetaan kohteen mallin rakentamista piirteistä. Piirteitä luodaan riittävä määrä tarkan geometrian luomiseksi. Piirteiden lisääminen luo elementtejä ohjelmassa sijaitsevaan piirrepuuhun, josta on helppo tarkastella haluamaansa kohtaa. Ohjelmiston esimerkiksi SolidWorksin piirrepuussa näkyviä osia ovat esimerkiksi osat, komponentit, osakokoonpanot ja niihin kuuluvat piirteet, osat, kokoonpanot ja osakokoonpanot. (36, 23–25.)

Piirrepuu on mallintajan tehokkaimpia välineitä hallinnoida tuotteen suunnittelua. Piirrepuu pyritään rakentamaan niin, että ylhäällä on merkittävimmät kohteen toimintaan vaikuttavat piirteet ja alapuolella vähemmän merkittävät piirteet esimerkiksi viisteet ja pyöritykset. Fyysisesti toisiaan lähellä olevat piirteet, esimerkiksi sylinteri ja siinä oleva reikä, tulisi myös sijoittaa mahdollisimman lähekkäin. (36, 23–25.)

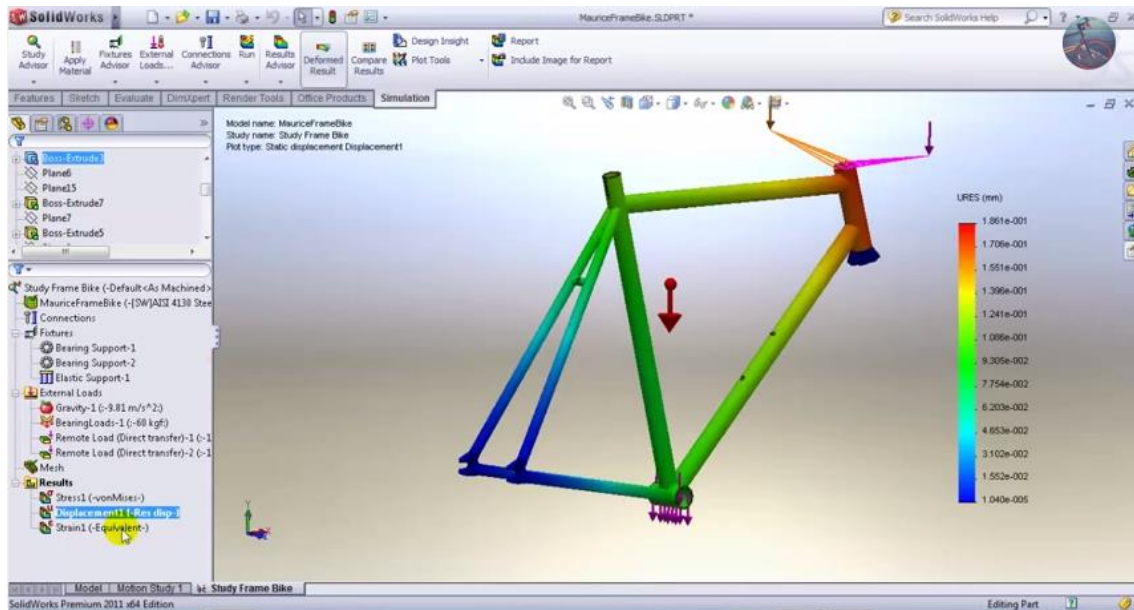
Mekaniikkasuunnittelusta lähes 90 % tehdään parametrisella piirremallinnuksella, joka on seurausta nykyaikaisen tuotesuunnitteluprosessin sisältämistä muutoksista. Piirteillä voidaan helpottaa myös suunnittelun muita vaiheita esimerkiksi luomalla piirteisiin muiden toimintojen tarvitsemaa informaatiota. Informaatio voi olla esimerkiksi fyysisen reiän valmistukseen tarvittava menetelmätieto. Parametrisuus puolestaan mahdollistaa integraatioita esimerkiksi työstöratojen, elementtiverkkojen ja piirteiden välille, jolloin pystytään osien geometriassa tapahtuvat muutokset huomioimaan automaattisesti. (36, s. 25–26.)

15 SIMULOINTI

Simulointi on erityisen tehokasta suunnittelun alkuvaiheessa, sillä sen avulla voidaan vähentää huomattavasti prototyypitestausta sekä löytää lopullinen optimaalinen rakenne nopeasti ja edullisesti. Simulointi on suuresta mallinnustyöstä huolimatta kaiken sen arvoista. Käytännössä simulointimallin yhdistäminen väsymisanalyysiin edellyttää sellaisen jälkikäsitteilyohjelman käyttämistä, joka selvittää mallissa esiintyvät kriittiset jännitysvaihtelut ja tekee myös väsymisanalyysin saatujen tulosten perusteella.

15.1 FEM-analyysi

FEM-analyysillä tarkoitetaan 3D-ohjelmiston osaa, jolla voidaan tarkastella kappaleeseen kuormituksen aiheuttamia siirtymiä. FEM-analyysissa suunnittelun kohteena olevalle kappaleelle määritellään materiaaliominaisuudet sekä kappaleiden väliset keskinäiset riippuvuudet. Analyysin jälkeen kappaleen rakenteet jaetaan mahdollisen moneen elementtiin ja tuetaan kohdista, jotka vastaavat todellista tilannetta. Lopuksi kappaleeseen aiheutetaan haluttu kuormitus ja annetaan käytettävän ohjelman laskea kappaleeseen muodostuvat siirtymät ja jännitykset (kuva 78). FEM-analyysin tuloksia ei saa käsitellä absoluuttisina to- tuuksina, vaan ne ovat suuntaa antavia laskelmia, joiden pohjalta voidaan esimerkiksi käsittää rakenteessa tapahtuvia muutoksia. (36, s. 25–26.)



KUVA 78. Polkupyörän rungon staattisen kuormituksen analyysi (37, Ks Liakouris)

Ohjelmistoja on olemassa monenlaisia ja niistä kannattaakin valita omaan käyttöön parhaiten soveltuva versio. Ohjelmien eroja ovat esimerkiksi kyky laskea staattisia sekä dynaamisia kuormia, käytettävien elementtien määrä, kuormituslajien määrä ja hinta.

15.2 Tuotteen testaus

Tuotteen toimintojen testaaminen voidaan aloittaa jo konseptisuunnitteluvaiheessa, mutta varsinainen simulointi suoritetaan vasta detaljisuunnitteluvaiheessa. Simuloinnissa voidaan hyödyntää esimerkiksi virtausdynamiikkaa, väsymis- ja murtumisanalyseja sekä elektromagnetismia. Mikäli saatavilla on fyysinen malli, voidaan sitä testata erilaisilla kenttämittauksilla ja kerätä raakaa dataa simuloinnin avuksi. Fyysisellä mallilla voidaan hyvin varmentaa jo saatuja simuloinnin tuloksia tai huomata jotain, mitä simuloinnissa ei käynyt ilmi. Näin saavutetaan pienempi virhemarginaali ja riskienhallinta helpottuu oleellisesti. Prototyypillä tarkoitetaan yleensä konkreettista luonnosta, mikä on tehty tuotteen muotojen ja toimintojen testausta varten. Prototyyppejä käytetään yleensä neljään eri tarkoitukseen: oppimiseen, kommunikointiin, integrointiin sekä etäpiksi. (1, 179–180.)

16 RUNGON JÄLKIKÄSITTELY

Rungon jälkikäsitteily on ratkaisevassa asemassa, kun mietitään tuotteen elinkaarta ja käyttäjien kokemuksia tuotteen laadusta pitemmällä aikavälillä. Huono maine tuotteen korroosionkestävyydestä säilyy pitkään ihmisten muistissa. Helposti syöpyvä tuote kertoo virheellisestä suunnittelusta ja antaa huonon kuvan tuotteen laadusta ja kestävydestä. Korroosionkestävyyden lisäksi pinnan viimeistelyllä on suuri merkitys tuotteen visuaaliselle olemukselle.

Materiaalien valinnassa on huomioitava ilmassa olevan hapen ja kosteuden vaikutus eri materiaaleihin. Varsinkin teräksen kohdalla syöpymistä tapahtuu merkittävästi ilman suojausta. Polkupyörän rakenteet altistuvat monille korroosiota aiheuttaville olosuhteille. Kaupunki-, teollisuus- ja meriympäristössä ilman suuremmat kloridi- ja rikkipitoisuudet lisäävät syöpymisnopeutta. Syöpymisnopeus on yleensä Suomessa 5–40 $\mu\text{m}/\text{v}$. Maaseudulla syöpyminen on 35–42 μm ja kaupungissa 59–97 μm . (35, s. 14.)

Pintakäsittelyllä voidaan merkittävästi hidastaa ja estää korroosion etenemistä. Maalaus tai muu kemiallinen käsittely ovat yleisimmin käytettyjä tapoja suojaamaan rakenteita. Monesti käytetään myös eri käsittelyjen yhdistelmiä, kuten sinkitys ja maalaus, jossa maalaus suoritetaan sinkitylle kappaleelle. Käsittelyjen onnistumiselle merkittävää on onnistunut esikäsitteily. Esikäsitteily voi esimerkiksi olla pintojen puhdistaminen rasvoista ja muista likapartikkeleista. (35, s. 14.)

17 JÄLKIMARKKINOINTI

Standardin SFS-EN 14764 mukaan runkoon on tehtävä helposti havaittavaan kohtaan näkyvä ja pysyvä merkintä, jossa on rungon numero. Runkonumeroa kannattaa hyödyntää tietokannan luomiseen, jota voidaan käyttää hyödyksi jälkimarkkinoinnissa. Esimerkiksi huoltoon tulevan asiakkaan polkupyörästä voidaan runkonumerosta suoraan katsoa kyseiseen polkupyörään asennetut komponentit ja pitää kirjaa huolloista. Polkupyörä koostuu useista eri komponenteista, jotka voivat vikaantua tai joita voidaan vaihtaa tai muuntaa käyttäjälle sopivaan muotoon. Tämä on hyvä lähtökohta jälkimarkkinointia ajatellen. (12, s. 146.)

17.1 Ajovarusteet

Ajovarusteita hankittaessa tai suunniteltaessa on huomioitava varusteiden keveys, eristävyys, hengittävyys, kestävyys ja mukavuus turvallisuuden ohella. Nykyaikaiset pyöräilyvarusteet tehdään pääasiallisesti synteettisistä- tai luonnonkuiduista, jotka on suunniteltu erityisesti polkupyöräilyyn hylkien likaa, pitäen tuulta ja kuivuen nopeasti. Bakteerien torjunnasta on myös tullut tärkeä osa-alue, jolla pyritään pitämään ajovarusteet turvallisina ja hygieenisinä. Bakteerien torjuntaan voidaan käyttää kemikaaleja tai merinovillaa, joka on osoittautunut hyväksi luonnonmukaiseksi vaihtoehdoksi. (15, s. 158–159.)

Ajovarusteista merkittävin lienee suojapäähine eli kypärä, jonka valmistukseen käytetään pääasiallisesti polymeeriä ja vaahtomuovia. Kyseiset materiaalit on sertifioitu kestämaan määriteltyjä iskuja. Maksimaalisen keveyden tavoittelu on johtanut myös komposiittien käyttöön kypärän kuorivalmisteena. (15, s. 158–159.)

17.1.1 Kypärä

Kypärä (kuva 79) on suositeltavin ajovaruste polkupyörää käytettäessä. Sen tarkoitus on suojata päätä iskuilta tapaturman sattuessa. Kypärää valittaessa on tärkeää oikean koon valitseminen. Kypärien koot ilmoitetaan yleensä senttimetreinä pään ympärysmittaan viitaten. Oikean kokoinen kypärä tulee vielä sovittaa

käyttäjän päähän asianmukaisesti niin, että se istuu hyvin, mutta ei purista. Sovittaminen tehdään kypärän kiinnityspantoja kiristämällä kypärän ollessa vaakasuorassa asennossa. Kypärä on aina uusittava, jos siihen kohdistuu merkittävä isku. Ulkoisesti ehjän näköinen kypärä ei välttämättä ole enää sisäisesti täysin ehjä.



KUVA 79. Monikäyttöinen kypärä (20, linkit VAATTEET&VARUSTEET > Kypärät > City kypärät > Bell Slant)

17.1.2 Ajokengät

Kenkien valinta tulee yleensä ajankohtaiseksi, jos siirrytään käyttämään lukkopolkimia. On kuitenkin olemassa monenlaisia kenkiä, jotka on suunniteltu pyöräilyä silmällä pitäen. ”Allround” kenkä (kuva 80) on nimensä mukaisesti moneen käyttöön soveltuva kenkä, joka soveltuu vaikka lenkkeilyyn. Pohjasta löytyy kuitenkin asennusreiät klossien upottamista varten. (20, linkit Tuoteoppaat > Varusteet > Ajokengät.) Klosseja, käytetään pyöräilykengissä välikappaleena polkimien lukkiinnityksille. Klossien avulla saadaan parannettua polkemisen hyötysuhdetta yhdistettynä oikeanlaiseen pyöritystekniikkaan.



KUVA 80. Monikäyttöinen kenkä (20, linkit VAATTEET&VARUSTEET > Kenkät/sukat > Allround-kenkät > Shimano SH-MT44)

Muita kenkätyyppejä ovat esimerkiksi maasto-, spinning- ja maantiekengät. Maastokenkien pohja on karkea ja soveltuu hyvin huonoihin olosuhteisiin, missä kengiltä vaaditaan pitoa. Spinningkenkä on todella kevyt rakenteinen ja rakenteeltaan ilmava. Se onkin suunniteltu lähinnä sisä- tai salikäyttöön. Maantiekengä on suunniteltu pitkille välimatkoille ja omaa erittäin jäykän pohjan. Se eroaa muista kengistä ulkonevalla klossin sijoittelulla, joka hankaloittaa kengän käyttöä muuhun tarkoitukseen. (20, linkit Tuoteoppaat > Varusteet > Ajokengät.)

Oikean ajokengän koon löytämiseksi on tehty hyviä mittataulukoita, joita on esimerkiksi saatavilla polkupyöriin erikoistuneista liikkeistä. Toki on aina hyvä varmistaa kengän sopivuus itse kokeilemalla.

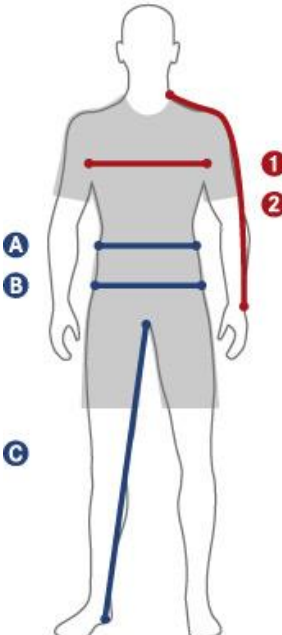
17.1.3 Ajovaatteet

Polkupyöräilyyn on saatavilla paljon erilaisia ajovaatteita, jotka voi erotella materiaalin perusteella. Eri materiaaleja ovat esimerkiksi GORE-TEX, WINDSTOPPER ja Thermo-stretch. Näiden materiaalien ominaisuuksissa on pyritty huomioimaan tuulen- ja vedenpitävyys sekä hengittävyys. Thermo-stretch on suunniteltu erityisesti viileisiin olosuhteisiin tasaisen ruumiinlämmön ylläpitämiseen. (20, linkit Tuoteoppaat > Varusteet > Ajovaatteet > Materiaalit.)

Pyöräilyssä oikeiden varusteiden ja vaatetuksen löytämiseksi tulee huomioida ulkoilman sääolosuhteet. On hyvä tutustua tarjontaan ja tarpeen tullen tukeutua alan ammattilaisiin ja jälleenmyyjiin. Sopivan koon löytämiseksi on tehty kattavia

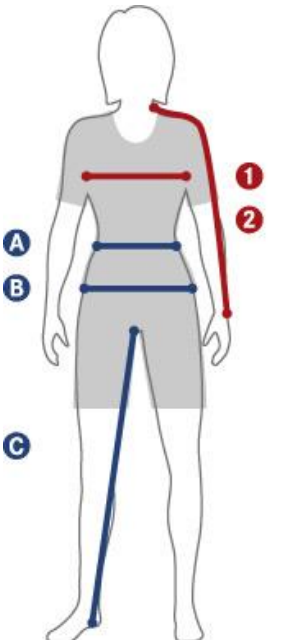
mittataulukoita (kuva 81), joita kannattaa hyödyntää. Aina tulee muistaa, että oikea varustus takaa paremman ja turvallisemman ajokokemuksen.

Find your size – Body measurements in cm



	S	M	L	XL	XXL	XXXL
1 CHEST	83-88	89-94	95-100	101-106	107-112	113-118
2 ARM LENGTH	76,5-78	79-80,5	81,5-83	84-85,5	86,5-88	89-90,5
A WAIST	73-78	79-84	85-90	91-96	97-102	103-108
B HIP	85-90	91-96	97-102	103-108	109-114	115-120
C INSEAM	78-79	80-81	82-83	84-85	86-87	88-89

Find your size – Body measurements in cm



	34 (XS)	36 (S)	38 (M)	40 (L)	42 (XL)	44 (XXL)
1 CHEST	77-80	81-84	85-88	89-92	93-96	97-100
2 ARM LENGTH	71	72	73	74	75	76
A WAIST	61-64	65-68	69-72	73-76	77-80	81-84
B HIP	86-89	90-93	94-97	98-101	102-105	106-109
C INSEAM	80	80	80	80	80	80

KUVA 81. Mittataulukko pyöräilyvaatteille (20, linkit Tuoteoppaat > Varusteet > Ajovaatteet > Mittataulukot)

18 KÄYTTÖOHJEET

Polkupyörän tuotekehityksessä tulee huomioida myös lopullisen käyttäjän tarvitsema tieto tuotteesta. Standardin SFS-EN 14764 mukaan, jokaisen polkupyörän mukana on toimitettava seuraavat tiedot sisältävät käyttöohjeet sen maan kielellä, mihin polkupyörä toimitetaan:

1. Käyttötapa, jota varten polkupyörä on suunniteltu, esimerkiksi maasto, sekä varoitus virheelliseen käyttöön liittyvistä vaaroista
2. käyttövalmiuteen saattaminen eli esimerkiksi kuljettajalle sopivan istuinkorkeuden mittaaminen ja säätö sekä viittaus istuinkannattimen ja ohjainkannattimen vähimmäisasennussyvyyden varoitusmerkintöjen merkityksestä
3. selkeät tiedot, kumpi jarruvipu käyttää etu- ja takajarrua, ja mahdollisesti olemassa olevista jarrutusvoiman modulaattoreista ja kuvaus niiden toiminnasta ja säätämisestä, sekä mahdollisen jalkajarrun oikeasta käytettävyydestä
4. pienin sallittu istuinkorkeus ja sen oikeanlainen mittaustapa
5. mahdollisen säädettävän jousitusjärjestelmän suositeltu säätämismenetelmä
6. suositukset turvallista ajamista varten eli esimerkiksi pyöräilykypärän käyttö, jarrujen, renkaiden, ohjauksen ja vanteiden säännöllinen tarkistaminen sekä varoitus koskien märällä ilmalla mahdollisesti kasvavista jarrutusmatkoista
7. polkupyörän suurin sallittu kokonaispaino sisältää polkupyörän, kuljettajan ja matkatavarat
8. Suositus kuljettajan huomion kiinnittämiseksi mahdollisiin kansallisiin lainsäädännöllisiin vaatimuksiin, jotka koskevat polkupyörän käyttöä yleisillä teillä
9. ohjeet ohjaimen, ohjainkannattimen, istuimen, istuinkannattimen ja pyörien kiinnitysosien kiristämisestä ja kierrelitosten kiristysmomenttien arvoista
10. ohje pikalukitsemien oikeaa säätöä varten
11. ohjeet asentamattomina toimitettavien osien oikeanlaiseen asennustapaan

12. ohjeet voitelukohteista, voiteluväleistä ja suositeltavista voiteluaineista
 13. ohjeet ketjujen oikealle kireydelle ja niiden kireyden säädölle kun katsotaan tarpeelliseksi
 14. vaihteiden säätöön ja niiden toimintaan liittyvät ohjeet
 15. jarrujen säätöön liittyvät ohjeet ja suositus kitkakomponenttien vaihtamisesta
 16. suositushjeet yleisestä kunnossapidosta
 17. huomautus, että on tärkeää käyttää vain alkuperäisiä varaosia komponenteissa, jotka liittyvät vanteen kulumiseen
 18. ohjeet sopivista varaosista esimerkiksi renkaista, sisärenkaista ja jarrujen kitkakomponenteista
 19. lisävarusteista, jotka on asennettu valmiiksi polkupyörään, on annettava yksityiskohtaiset tiedot niiden toiminnasta, tarvittavasta kunnossapidosta ja tarkoituksenmukaisista varaosista
 20. ohje, että on tärkeää peittää sopivalla tavalla kaikki istuimen alapuolella olevat kierrejouset lastenistuinta käytettäessä, että estetään sormien puristuminen jousien väliin
 21. suositus kuljettajan huomion kiinnittämiseksi mahdollisiin vaurioihin, joita voi esiintyä intensiivisen käytön seurauksena, ja suositus tarkastaa määrävälein runko, haarukka ja mahdolliset pyörän kiinnityksen liitososat.
- (12, s. 142–144.)

19 YHTEENVETO

Tuotteen kehittäminen on pitkälinen prosessi, joka vaatii perehtymistä moniin osa-alueisiin. Tämä on ehkä juuri se asia, mitä insinöörikoulutus on minulle opettanut. Tuotteita ei vain tehdä, vaan ne suunnitellaan huolellisesti ottamalla huomioon lukuisia asioita kuten kustannukset, markkinat, lait, standardit, vaatimukset sekä itse suunnittelu ja sen hallinta. Pelkästään arkisen polkupyörän oikeanlainen suunnittelu ja toteutus vaativat paljon tietämystä ja resursseja. Suunnittelua ei helpota haastavuus ihmisen ja koneen yhdistämisestä turvallisesti ja toimivasti.

Tämän työn tarkoitus oli herättää lukija huomaamaan insinöörikoulutuksen tarpeellisuus ja tuotekehityksen monimutkaisuus. Tämä ei tietenkään koske kaikkia, ja kokemus tehdyistä töistä on koulutuksen ohella yhtä tärkeää. Mielestäni Suomessa voisi olla enemmän teollisuutta ja tuotesuunnittelua, jotka toisivat lisää työpaikkoja. Insinöörejä koulutetaan joka vuosi suuria määriä teollisuuden eri työtehtäviin.

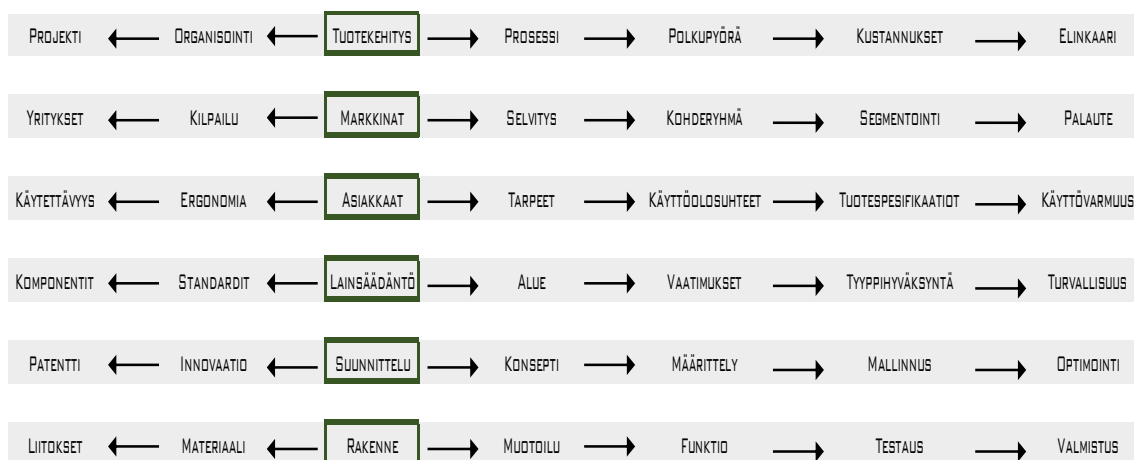
Olen tyytyväinen tietoon, jonka sain Finlexin ja Trafain sivuilta polkupyörästä ja sitä koskevasta lainsäädännöstä. Tein opinnäytetyötäni koululla, mikä mahdollisti SFS-verkkokaupan sisältämien standardien käytön. Koulun lisenssi sisältää käyttöoikeuden vain osaan standardeista, mutta onneksi polkupyörää koskevat standardit olivat saatavilla. Standardien käyttö suunnittelun apuvälineenä on mielestäni erittäin suositeltavaa. Se opettaa huomioimaan ja testaamaan tuotetta oikealla tavalla.

Jos nyt alkaisin tehdä opinnäytetyötä, rajaisin työn tarkemmin ja kävisin työhön liittyvän kirjallisuuden paremmin läpi. Internet on hyvä tiedon lähde, mutta saatavilla oleva tieto on hajanaista ja sen paikkansapitävyyden todentaminen ottaa oman aikansa. Suurin osa aiheeseen liittyvästä tiedosta on englanninkielistä, mikä termistön ohella hidastaa materiaalin hyödyntämistä. Opinnäytetyössäni on monta kohtaa, joista voisi tehdä erillisen opinnäytetyön.

Haluaisin vielä painottaa, että työhön sisällyttämäni aiheeseen liittyvä tieto on vain murto-osa siitä, mitä on saatavilla. Mikäli aihe herätti kiinnostusta, kannat-

taa käydä jokainen lähteistäni läpi ja lukea muiden tekemiä opinnäytetöitä, jotka ovat ammattikorkeakouluista saatavissa osoitteesta Theseus.fi. Yksittäisen tuotteen tuotekehityksestä voi olla vaikea löytää spesifiä tietoa, koska ne ovat yleensä yritysten sisäistä tietoa. Työssä läpikäyty yleinen tieto tuotekehityksestä, materiaaleista, liitosmenetelmistä, lujuusopista ja mallintamisesta on sovellettavissa lähes kaikkiin tuotekehitysprosesseihin. Ero tulee lähinnä tuotteiden eroavaisuudessa ja niitä koskevista asetuksista ja määräyksistä. Monesti näkeekin yritysten kehittävän toisistaan hyvin poikkeavia tuotteita lähes samoilla menetelmillä.

Opinnäytetyön tulisi olla mahdollisimman selkeä ja helppolukuinen, mutta kuitenkin informatiivinen. Näin laajassa työssä edellä mainitun asian toteuttaminen oli erittäin vaikeaa. Työn sisältö olisi voinut sisältää lukemattoman määrän laskukaavoja ja spesifiä tietoa, joiden sisällyttäminen olisi tehnyt työstä huomattavasti vaikeampilukuisen asiaan perehtymättömälle. Kuvassa on 82 esitetty yksinkertaistettu malli polkupyörän tuotekehityksessä huomioitavista asioista.



KUVA 82. Polkupyörän tuotekehitys

LÄHTEET

1. Hietikko, Esa 2008. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.
2. Heikkilä, Juhani - Maunuksela, Ville 2009. Tuotekehityksen haasteet projektiliiketoiminnassa. Kandidaatintyö. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Tuotantotalous. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe200905251539>. Hakupäivä 5.2.2015.
3. Innanen, Kristiina 2013. Polkupyörän ostopäätösprosessi ja siihen vaikuttavat tekijät. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, liiketalouden koulutusohjelma. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/58541>. Hakupäivä 17.11.2014.
4. Ashby, Michael F 1999. Materials selection in mechanical design second edition. Englanti: Elsevier.
5. Nuutinen, Pekka 2011. Lisätyn todellisuuden hyödyntäminen suunnittelukatselmoinnissa. Diplomityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Kone-tekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-201103291057>. Hakupäivä: 5.2.2015.
6. 3D CAD – suunnitteluohjelmisto SolidWorks. 2015. Dassault Systemes. Saatavissa: <http://www.solidworks.fi/>. Hakupäivä 11.2.2015.
7. Ahonen, Toni – Ellman, Asko – Franssila, Heljä – Hietala, Jukka – Jännes, Jere – Kunttu, Susanna – Multanen, Petteri – Mäkiranta, Ari – Saarinen, Harri – Valkokari, Pasi – Venho-Ahonen, Outi – Välisalo, Tero-Pekka 2012. Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön. Espoo: VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T69.pdf>. Hakupäivä 16.10.2014.
8. PRH. 2015. Patentti- ja rekisterihallitus. Saatavissa: <http://www.prh.fi/fi/index.html>. Hakupäivä 6.2.2015.

9. Antipiracy. 2015. Tekijänoikeuden tiedotus- ja valvontakeskus. Saatavissa: <http://antipiracy.fi/>. Hakupäivä 23.2.2015.
10. Finlex Etusivu. 2014. Finlex. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/>. Hakupäivä 29.9.2014.
11. Valtanen, Esko 2010. Tekniikan taulukkokirja. Mikkeli: Genesis-Kirjat Oy.
12. SFS-EN 14764. Kaupunki- ja retkeilypyörät. Turvallisuusvaatimukset ja testimenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
13. Trafi.fi – Etusivu. 2014. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Saatavissa: <http://www.trafi.fi/>. Hakupäivä 10.12.2014.
14. Työterveyslaitos Etusivu. 2014. Työterveyslaitos. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/fi/sivut/default.aspx>. Hakupäivä 7.10.2014.
15. Glask, Max - Sarkkinen Eero 2014. Pyörä ja ihminen – Miten pyörä ja polkija pelaavat yhteen. Jyväskylä: Docendo Oy.
16. Velocitysportscycling.com. 2014. Velocitysportscycling. Saatavissa: <http://velocitysportscycling.com/>. Hakupäivä 10.2.2015.
17. PolkupyöräWiki. 2014. MediaWiki. Saatavissa: <http://www.polkupyoraily.net/wiki/Etusivu>. Hakupäivä 29.10.2014.
18. The Bicycle. 2014. The Bicycle. Saatavissa: <http://www.the-bicycle.com/>. Hakupäivä 18.11.2014.
19. Bosch, Robert 2002. Autoteknillinen taskukirja 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.
20. Etusivu – Bikeshop.fi. 2014. Bikeshop.fi. Saatavissa: <http://www.bikeshop.fi/>. Hakupäivä 24.11.2014.
21. Classic Bike. 2014. Classic Bike. Saatavissa: <http://classicbike.fi/>. Hakupäivä 25.11.2013.

22. Park Tool Co. 2015. Park Tool Co. Saatavissa: <http://www.parktool.com/>. Hakupäivä 12.2.2015.
23. Cycling Tips. 2014. Cycling Tips. Saatavissa: <http://cyclingtips.com.au/>. Hakupäivä 10.2.2015.
24. Airila, Mauri – Ekman, Kalevi – Hautala, Pekka – Kivioja, Seppo – Kleimola, Matti – Martikka, Heikki – Miettinen, Juha – Niemi, Erkki – Ranta, Aarno – Rinkinen, Jari – Salonen, Pekka – Verho, Arto – Vilenius, Matti – Välimaa, Veikko 2003. Koneenosien suunnittelu. Porvoo: WS Bookwell Oy.
25. Home – Gates Carbon Drive Belt System. 2014. The Gates Corporation. Saatavissa: <http://www.gatescarbondrive.com/>. Hakupäivä 1.12.2014.
26. Single-Speed and Fixed-Gear Bikes. 2015. Monopoint Media LCC. Saatavissa: <http://gearjunkie.com/single-speed-fixed-gear-bikes>. Hakupäivä 9.2.2015.
27. Liikenneturva. 2013. Liikenneturva. Saatavissa: <https://www.liikenneturva.fi/fi>. Hakupäivä 12.2.2014.
28. Cycling News & Race Results. 2014. Cycling news. Saatavissa: <http://www.cyclingnews.com/>. Hakupäivä 18.11.2014.
29. TriathlonSuomi. 2014. TriathlonSuomi. Saatavissa: <http://www.triathlonsuomi.com/>. Hakupäivä 27.11.2014.
30. Etusivu – Polkupyöräkauppa. 2014. Polkupyöräkauppa.fi. Saatavissa: <http://www.polkupyorakauppa.fi/>. Hakupäivä 27.11.2014.
31. Eskelinen, Harri 2012. Luento 3 Materiaalin valintaprosessi 2012. Lappeenranta University of Technology study portal Noppa. Saatavissa: https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk20a2100/luennot/materiaalien_valintaprosessi.pdf. Hakupäivä 12.2.2015.
32. Accuratus. 2013. Accuratus. Saatavissa: <http://accuratus.com/index.htm>. Hakupäivä 12.12.2014.

33. Ekman 2011. Materiaalinvalinta. Lappeenranta University of Technology study portal Noppa. Saatavissa: https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/10048/materiaali/10048_ekman_materiaaleista.pdf. Hakupäivä 12.2.2015.
34. ValuAtlas. 2014. Valuatlas. Saatavissa: <http://www.valuatlas.fi/>. Hakupäivä 17.12.2014.
35. Ilvonen, Reijo – Kähönen, Asko – Pärssinen, Valtteri – Siljander, Aslak 2008. Putkipalkkien ja korkealujuuksisten terästen käyttö ajoneuvorakenteissa. Espoo: VTT.
36. Hietikko, Esa 2013. SolidWorks Tietokoneavusteinen suunnittelu 2014. Helsinki: BOD-Books on Demand.
37. Ks Liakouris 2012. Static Analysis of a Bike Frame | SolidWorks Engineering. Video. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=BmWMctS2hBI>. Hakupäivä 13.2.2014.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä ¹ Sami Kalevi Karjalainen tOkasa00@students.oamk.fi	Tilaja ² Sami Kalevi Karjalainen tOkasa00@students.oamk.fi	
	Tilajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ Sami Kalevi Karjalainen tOkasa00@students.oamk.fi		
	Työn nimi ⁴ Polkupyörän tuotekehitys		
	Työn kuvaus ⁵ Työ koskee olemassa olevan tuotteen (polkupyörän) peruskonstruktion kehittämistä mielestäni tarpeelliseen muotoon. Työ sisältää 3D-mallinnusta, lujuuslaskentaa, materiaalivalintoja, kustannuslaskentaa ja olemassa olevien osien hyödyntämistä tarpeen mukaan.		
	Työn tavoitteet ⁶ Työn tavoitteena on luoda tarvittavat dokumentit ja mallit tuotteen peruskonstruktiosta ja siihen liittyvistä toiminnoista sekä osajärjestelmistä ja komponenttien määrityksistä, jotta se voitaisiin toteuttaa ja testata käytännössä. Lopullinen tavoite olisi saada tuotteen proto valmistettua.		
	Tavoiteaikataulut ⁷ Tavoitteena on saada opinnäytetyö valmiiksi kesän 2014 aikana tai viimeistään syyskuuhun 2014 mennessä.		
	Päiväys ja allekirjoitukset ⁸ 26/03/20 14 Tekijän allekirjoitus		26/03/20 14 Tilajan allekirjoitus
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet. 7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. LähtötietomuiSTIO päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö. 		