

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2025

Niilas Mustonen

Renkaiden nastoitusprosessin kehittäminen



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2025 | 34 sivua

Niilas Mustonen

Renkaiden nastoitusprosessin kehittäminen

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Mopo Sport, joka on erikoistunut mopojen, skoottereiden sekä sähköajoneuvojen myyntiin, varaosiin ja huoltoon. Tämän lisäksi Mopo Sport nastoittaa myytäviä renkaita. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, kuinka renkaiden nastoitusprosessia voidaan tehostaa ja mitä kehitysmahdollisuuksia prosessissa on.

Tässä työssä on käsitelty renkaiden ja niiden nastoittamisen teoriataustaa, jonka jälkeen kuvaillaan nykyistä nastoitusprosessia, analysoidaan kehitysmahdollisuuksia, suunnitellaan konsepti puoliautomaattisesta nastoituskoneesta ja lopuksi esitetään johtopäätökset sekä suositukset.

Tutkimusmenetelminä käytettiin haastatteluja ja tuotantohavainnointia, joiden avulla kartoitettiin prosessin ongelmakohdat ja kehitysmahdollisuudet. Haastatteluilla kerättiin näkemyksiä Mopo Sportin työntekijöiltä ja havainnoin avulla saatiin objektiivista tietoa nykytilanteesta.

Työn keskeiset kehitysehdotukset keskittyvät nastoittamisen automatisointiin ja ergonomian parantamiseen. Automatisoidut nastoitusjärjestelmät lisäävät tuotantonopeutta ja nastoittamisen tasalaatuisuutta, mutta niiden käyttöönottoon liittyy investointikustannuksia sekä teknisiä haasteita.

Työn lopputuloksena saatiin selvitettyä nykyisen prosessin ongelmakohdat sekä luotua puoliautomaattisesta nastoituskoneesta 3D-malli, joka voi toimia pohjana mahdolliselle jatkekehitykselle.

Asiasanat:

Nastarenkaat, mopo, renkaat

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2025 | 34 pages

Niilas Mustonen

Development of tire studding process

This thesis was commissioned by Mopo Sport, a company specializing in the sales, spare parts, and maintenance of mopeds, scooters, and electric vehicles. In addition, Mopo Sport studs tires. The objective of this thesis was to examine how the tire studding process could be optimized and what development opportunities exist within the process.

This thesis covers the theoretical background of tires and the studding process, followed by a description of the current studding process, an analysis of potential improvements, the design of a semi-automated studding machine concept, and finally, conclusions and recommendations.

The research methods included interviews and production observations, which were used to identify the challenges and development opportunities in the process. The interviews gathered insights from Mopo Sport employees, while observations provided objective information about the current process.

The key development proposals focus on automating the studding process and improving ergonomics. Automated studding systems can enhance production speed and ensure consistent studding quality, but their implementation involves investment costs and technical challenges.

As a result of this thesis, the key problem areas of the current process were identified, and a 3D model of a semi-automated studding machine was designed, which could serve as a basis for future development.

Keywords:

Studded tires, moped, tires

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	7
1 Johdanto	8
2 Renkaat ja nastat yleisesti	9
2.1 Ristikudosrengas	10
2.2 Puolivyoirengas	11
2.3 Vyörengas	11
2.4 Nastat	12
3 Nastoitus Mopo Sportilla	14
4 Nykytila ja haasteet	16
5 Uuden nastoitusprosessin suunnittelu	19
5.1 Suunnittelun tavoitteet ja vaatimukset	19
5.2 Nykyisten menetelmien ja teknologioiden kartoitus	19
5.3 Konseptisuunnittelu	21
5.4 Uuden prosessin kuvaus	23
5.5 Prototyypin kehitys	23
6 Yhteenveto	31
Lähteet	32

Kuvat

Kuva 1. Nastoituksen vaikutukset renkaan ominaisuuksiin (Craelius 1992, 145).	9
Kuva 2. Ristikudosrenkaan rakenne (Rengasvalmistajat n.d.).	10
Kuva 3. Puolivyoörenkaan rakenne (Rengasvalmistajat n.d.).	11
Kuva 4. Vyörenkaan rakenne (Rengasvalmistajat n.d.).	12
Kuva 5. Moottoripyörän & auton renkaan läpileikkaus (Sherman & Hoover 2019).	13
Kuva 6. Wipertec WT0865	14
Kuva 7. Nastoitettu Duro HF204 3.50-8”	15
Kuva 8. Rengasteline	16
Kuva 9. Käytettävä pora	17
Kuva 10. OKU Tools nastapistooli	17
Kuva 11. Pneumaattinen malli, pohjin painettu	24
Kuva 12. Pneumaattinen malli, poljin ei painettu	25
Kuva 13. Pneumatic sizing työkalu (Festo 2025).	25
Kuva 14. Korkeudensäätömekanismi	26
Kuva 15. Trapetsiruuvit (Mekanex n.d.).	27
Kuva 16. Nastoituskoneen kokoonpano	28
Kuva 17. M16 kiinnitykset	28

Taulukot

Taulukko 1. Koneiden ominaisuudet (Oku Tools n.d.; Bruno Wessel n.d.).	20
Taulukko 2. Ongelmat manuaalisessa prosessissa ja niiden korjaavat toimenpiteet	23

Taulukko 3. Konseptin toteuttamiseen tarvittavat osat ja niiden ominaisuudet 29

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

CAD

Computer Aided Design

Monostabiili

Järjestelmä tai laite, jolla on vain yksi vakaa tila, johon se palautuu vaikka se hetkellisesti poikkeaisi siitä

1 Johdanto

Renkaiden nastoitus on keskeinen prosessi ajoneuvoalalla, joka vaikuttaa huomattavasti ajoneuvon turvallisuuteen ja suorituskykyyn talviolosuhteissa. Mopon, skoottereiden sekä muiden kevyiden ajoneuvojen renkaiden nastoitus on erityisen tärkeää sillä pienempien renkaiden pito-ominaisuudet eivät vastaa auton renkaiden tuomaa pitoa. Tästä huolimatta nastoitusprosessia ei ole tutkittu tai kehitetty ja monissa yrityksissä nastoittaminen tehdään manuaalisesti, mikä voi aiheuttaa laatuvariaatioita ja ergonomisia haittoja työntekijöille. Tämä työ keskittyy nastoitusprosessin kehittämiseen ja sen automatisoinnin mahdollisuuksiin.

Työhön liittyvä kirjallisuus ja tutkimukset käsittelevät lähinnä eri rengastyypin suorituskykyä ja nastan vaikutusta tien kuntoon. Lisäksi monet kaupalliset ratkaisut ovat suunniteltu massatuotantoon, eikä pienyrityksille olevia ratkaisuja ole monia. Tämä työ pyrkii tarkastelemaan, miten pienyrityksessä voidaan parantaa nastoitusprosessia ja mitä ratkaisuja yritykselle on tarjolla.

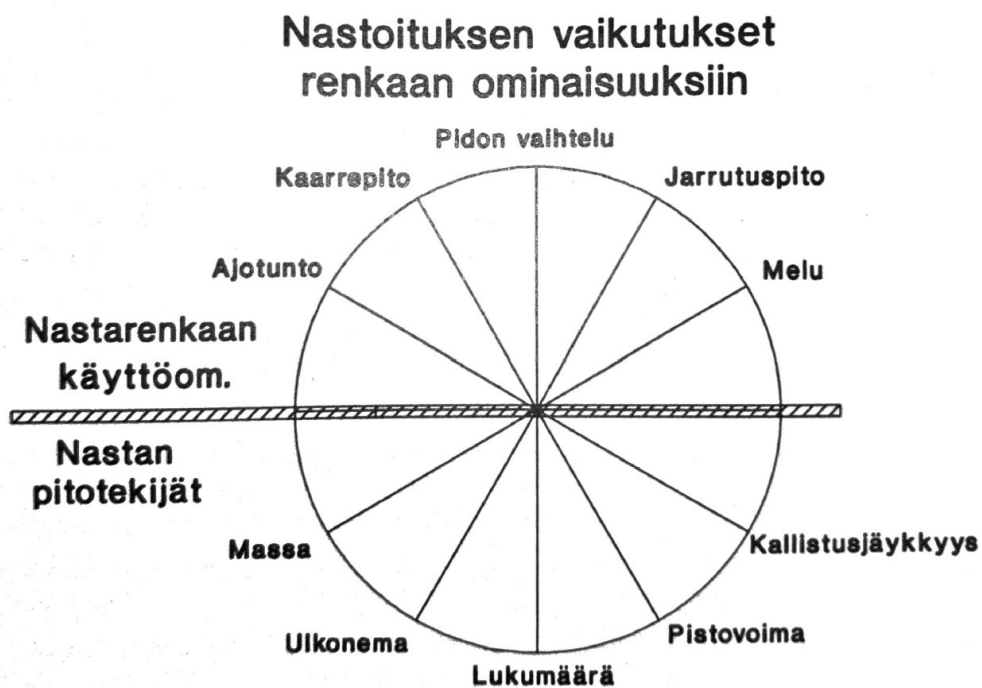
Tämän työn tavoitteena on kartoittaa nykyisen nastoitusprosessin haasteet ja kehityskohteet, sekä tutkia kuinka prosessia voidaan tehostaa esimerkiksi automaation avulla. Työssä analysoidaan nykyistä prosessia haastattelujen ja tuotantohavainnoinnin avulla. Lisäksi suunnitellaan konsepti puoliautomaattisesta nastoituskoneesta, joka parantaisi nastoituksen tasalaatuisuutta, nopeutta ja ergonomiaa. Hypoteesina on, että puoliautomaattinen nastoituskone voi merkittävästi parantaa nastoitusprosessia ilman, että kustannukset nousevat kohtuuttomiksi pienyrityksen näkökulmasta.

Työ etenee seuraavasti: ensin käsitellään renkaiden ja nastoituksen teoriaa ja taustoja, jonka jälkeen kuvataan nykyinen nastoitusprosessi ja sen kehityskohteet. Sen jälkeen analysoidaan mahdollisia kehitysvaihtoehtoja ja esitellään puoliautomaattisen nastoituskoneen konsepti. Lopuksi esitetään johtopäätökset ja suositukset Mopo Sportin nastoitusprosessin kehittämiseksi.

2 Renkaat ja nastat yleisesti

Vuonna 1847 Robert W. Thompson kehitti ja patentoi ensimmäisen ilmatäytteisen renkaan. Idea ei kuitenkaan päässyt tuotantoon. Vuonna 1888 John Boyd Dunlop kehitti ensimmäisen toimivan ilmatäytteisen renkaan. Vuosien 1820 ja 1920 välissä ilmatäytteinen rengas oli kovana kehityksen kohteena ja 1920-luvulla synteettiset kumirenkaat olivat yleisessä käytössä. Nämä renkaat koostuivat täytettävästä sisäputkesta ja ulkokumista. (Williams D 2018). Renkaat voidaan jakaa kolmeen luokkaan niiden rakenteen perusteella: ristikudosrengas, puolivyörengas sekä vyörengas (Autowiki 2020).

Talvirengas keksittiin vuonna 1934 Nokian Renkaiden toimesta. Rengas sai nimekseen Kelirengas ja se oli tarkoitettu kuorma-autoille. (Nokian Renkaat, n.d.). Nykyaikaisten nastojen voidaan katsoa syntyneen 1960-luvulla (Craelius 1992, 142). Nastoitukseen eri ominaisuudet vaikuttavat renkaan ominaisuuksiin monilla tavoilla (Kuva 1), joten renkaan ja nastan sovitus täytyy olla huolellista (Craelius 1992, 148).



Kuva 1. Nastoituksen vaikutukset renkaan ominaisuuksiin (Craelius 1992, 145).

Suomessa talvirenkaita on käytettävä 1.11.–31.3. kelin vaatiessa.

Nastarenkaiden käyttö on sallittua ja niitä voidaan käyttää muinakin aikoina, mikäli olosuhteet niin vaativat (Tieliikennelaki 10.8.2018/729, 5:105). Noin yli kymmenen vuoden ajan renkaiden nastamäärä on ollut vapaasti valmistajan päätettävissä, mutta renkaiden on suoritettava standarditesti, jotta voidaan varmistua siitä, ettei rengas kuluta tienpintaa säädettyä raja-arvoa enemmän (Tekniikan maailma 2021).

2.1 Ristikudosrengas

Ristikudosrenkaassa on huomattavia huonoja puolia, kun sitä verrataan vyörengaaseen. Ristikudosrengas kuluu nopeammin ja kasvattaa polttoaineen kulutusta, johtuen korkeammasta vierimiskitkasta. Pito kaarreaajossa, korkeilla nopeuksilla ei ole hyvä. Vyörengas on muuttunut renkaiden standardiksi ja ristikudosrengas on jäämässä historiaan. (Top Flight Automotive 2022).

Ristikudosrenkaita käytetään kuitenkin vielä erikoistarkoitukseen käytettävissä ajoneuvoissa, kuten traktoreissa ja kaivinkoneissa (Rosava n.d.).

Ristikudosrenkaan runko koostuu päällekkäin asetetuista, ristikkäin ladotuista kudosterroksista (Kuva 2). Maatalouskäytössä hyviä puolia renkaalla ovat kestävyys, vakaat ajo-ominaisuudet sekä kantavuus. (Elonen ym. 1995, 9–10).

Ristikudosrenkaan tyyppimerkki on D-kirjain, tai puuttuva merkintä (The Scandinavian Tire & Rim Organization 2022, 20).



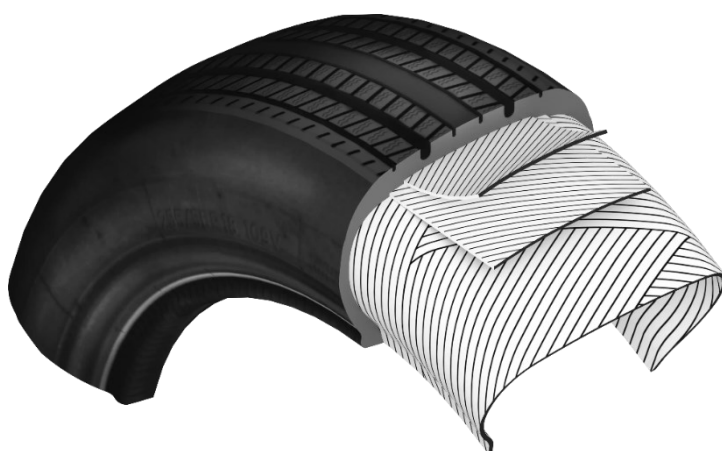
Kuva 2. Ristikudosrenkaan rakenne (Rengasvalmistajat n.d.).

2.2 Puolivyoirengas

Puolivyoirengas syntyi 1960-luvulla Yhdysvalloissa ja sen kudusrunko on koottu lähes samalla tavalla kuin ristikudosrenkaan kudusrunko (Kuva 3).

Puolivyoirengas on myös nykyisin ristikudosrenkaan tavoin häviämässä markkinoilta. (Craelius 1992, 15–16). Puolivyoirenkaassa runko-osan päällä on jäykistävä vyö ja sen tyyppimerkki on B-kirjain (Rengas valmistajat n.d.).

Puolivyoirengas pyrkii yhdistämään ristikudos- ja vyörenkaan parhaat puolet (Autowiki, 2020).



Kuva 3. Puolivyoirenkaan rakenne (Rengasvalmistajat n.d.).

2.3 Vyöirengas

Vyöirengas, joka on nykyään tyypillisin rengasrakenne, koostuu poikittaisista langoista koostuvasta kudusrungosta ja kulutuspinnan alla olevasta vyökerroksesta (Kuva 4). Vyörenkaan rakenne on ristikudosrenkaaseen verrattuna huomattavasti kestävämpi ja se kestää paljon paremmin kulutusta. (Craelius 1992, 16). Vyöirengasta käytetään myös nykyään synonyymia radiaalirengas (Mauno 2002, 6.8). Puolivyoirenkaan tyyppimerkki on R-kirjain (The Scandinavian Tire & Rim Organization 2022, 20). Tässä työssä

käsiteltävät renkaat ovat vyörenkaita.



Kuva 4. Vyörenkaan rakenne (Rengasvalmistajat n.d.).

2.4 Nastat

Renkaiiin soveltuvat nastat koostuvat kahdesta osasta, rungosta ja kovametallisesta tapista. Nastan materiaali on teräs tai alumiini. (Tikkaspikes n.d.). Nastat painavat nykyisin keskimäärin alle gramman ja niiden keskipituus on 10 mm (Nokian renkaat n.d.). Nastoitustyö on tarkkaavuutta vaativa prosessi sillä tien kuluminen sekä renkaan käyttöikä riippuvat suuresti siitä. Paras nastoitus saavutetaan puoliautomaattisella koneella. Renkaan käyttöikä riippuu laajalti nastoituksesta ja tärkein käyttöikään vaikuttava muuttuja on nastojen ulkonema. Käsivarainen nastoittaminen antaa renkaille heikon laadun, koska nastojen ulkonema vaihtelee käden taidon mukaan. (Craelius 1992, 151–152). Kaksirenkaisten ajoneuvojen renkaat eroavat auton renkaista muodoltaan (Kuva 5). Kaksirenkaisten ajoneuvojen renkaat ovat kulutuspinnaan pyöreämpi kuin auton renkaat. Tämä johtuu siitä, että kaksipyöräisillä ohjaaminen tapahtuu kallistamalla ajoneuvoa ja autoissa renkaiden kääntämällä. (Sherman & Hoover 2019). Renkaiden eri muodon takia kaksipyöräisen renkaan nastoittaminen on hankalampaa, sillä nastoitettava pinta ei ole yhtä suora kuin auton renkaalla. Tästä syystä renkaiden nastoittaessa, joko renkaan tai nastoitustyökalun on kallistuttava.

Motorcycle Tire



Automobile Tire



Motorcycle & Car Tire Cross-Section

THE EXPERTS
Robson Forensic

Kuva 5. Moottoripyörän & auton renkaan läpileikkaus (Sherman & Hoover 2019).

3 Nastoitus Mopo Sportilla

Tällä hetkellä Mopo Sport käyttää renkaiden nastoittamiseen Wiper Tecin valmistamia WT0865 nastoja (Kuva 6), jotka on tarkoitettu motocross ja endurorenkaisiin (Korjaamopäällikkö Mopo Sport, Keskustelu 20.2.2025).



Kuva 6. Wipertec WT0865

Nastoitettuja renkaita myydään Mopo Sportilla vuoden aikana noin 1700 kappaletta. Rengas, jota nastoitetaan eniten, on Duron valmistama HF204 3.50-8" nappularengas. Duron HF204 renkaaseen tulee yhteensä 75 nastaa.

Renkaan nappulakuviointi vaihtuu riveittäin, joten nastat asetellaan renkaaseen vuorottelevin rivistöin: ensimmäisellä rivillä on kaksi nastaa, seuraavalla kolme, ja tämä toistuu koko renkaan ympäri (Kuva 7). Mikäli rengas on muu kuin Duron HF204 rengas, nastojen määrä ja paikoitus katsotaan tapauskohtaisesti.



Kuva 7. Nastoitettu Duro HF204 3.50-8”

Mopon ja moottoripyörän talvirenkaaksi katsotaan myös sopivaksi karkeakuvioinen rengas (Liikenneturva n.d.). Duro HF204 renkaat lasketaan siis talvirenkaiksi, jo ilman nastoja. Mopo Sport nastoittaa suurimmaksi osaksi 17 tuumaisia sekä 8 tuumaisia renkaita. Nastoitettuja renkaita myydään yhteensä vuodessa noin 1700 kappaletta, joista 200 kappaletta on muita, kun Duro HF204 renkaita. Muiden renkaiden koot vaihtelevat välillä 8–19”. Kaikkiin renkaihin käytetään samoja WiperTecin nastoja. Duro HF204 on aineenvahvuudeltaan noin 7 mm ja nastan pituus on 8 mm. Koska nasta ei saa mennä täysin renkaasta läpi niin reiän syvyys on 6 mm, jolloin nastan ulkonema on noin 2 mm. Nastan asennussyvyys on määritetty Mopo Sportin toimesta kokemuksen perusteella.

4 Nykytila ja haasteet

Tällä hetkellä Mopo Sport nastoittaa renkaita täysin manuaalisesti. Nastoitettava rengas asetetaan telineeseen (Kuva 8). Renkaaseen porataan reiät pneumaattisella poralla, Clevelandin valmistamalla kumille tarkoitetulla poranterällä.



Kuva 8. Rengasteline

Poraaminen suoritetaan niin että, kuvassa 9 ympyröity terän istukka ottaa kiinni renkaan pintaan, ja rajoittaa sitä kuinka syväälle terä uppoaa. Mikäli terä asennetaan väärin, on mahdollista, että reiät porataan liian syväälle. Tällöin on

mahdollisuus, että nasta puhkaisee sisäkumin ajossa. (Korjaamopäällikkö Mopo Sport, Keskustelu 20.2.2025).



Kuva 9. Käytettävä pora

Renkaan poraamisen jälkeen nastoja voidaan ruveta ampumaan renkaaseen. Nastojen asentamiseen käytetään OKU Toolsin valmistamaa pneumaattisesti toimivaa nastapistooli työkalua (Kuva 10). Nastapistooli on raskas, eikä se ole eduksi työergonomialle, erityisesti pitkällä aikavälillä.



Kuva 10. OKU Tools nastapistooli

Nastat syötetään käsin pistoolin ja ammutaan porattuihin reikiin. Nastojen yksittäinen syöttäminen pistooliin on hidasta ja tätä on mahdollista nopeuttaa huomattavasti. Tällä hetkellä nastojen ulkonemaa eli mittaa nastaan kärjestä renkaan pintaan ei mitata, koska mopojen renkaissa ulkonema on hyvin pieni verrattuna autojen renkaisiin, joissa nastat tulevat huomattavasti ulos renkaasta (Korjaamopäällikkö Mopo Sport, Keskustelu 20.2.2025). Nastan ulkonema testataan sormilla ilman hanskaa niin, että se on suurin piirtein tasossa renkaan pinnan kanssa. Välillä nasta ei uppoa tarpeeksi syväälle, jolloin se pitää poistaa pihdeillä ja asentaa uudestaan. Nastojen ulkonemaa on hyvin vaikea mitata perinteisellä työntömitalla tarkasti ja nopeasti, koska nastan ulkonema sekä koko on hyvin pieni. Yhden Duron HF204 renkaan nastoittamisessa kestää noin 17 minuuttia.

Tämän hetken nastoitusprosessissa ongelmia ovat nastoittamiseen kuluva aika, manuaalinen nastojen syöttö, nastapistoolin paino sekä liian pintaan jäävät nastat. Mikäli yhden Duron HF204 renkaan nastoittamiseen kuluu noin 17 minuuttia aikaa, 1500 renkaan nastoittaminen kestää 425 tuntia.

5 Uuden nastoitusprosessin suunnittelu

5.1 Suunnittelun tavoitteet ja vaatimukset

Uutta nastoitusprosessia haluttiin lähteä kehittämään, koska nykyinen manuaalinen nastoitustyö on hidas ja ergonomisesti kuormittavaa. Koska työ on hidasta, pitkällä aikavälillä automatisoidulla prosessilla on mahdollista vähentää kokonaiskustannuksia. Nastan ampumisvaiheessa syntyy myös laatuongelmia, jolloin nasta ei uppoa tarpeeksi syvälle renkaaseen ja nasta pitää irrottaa ja asentaa uudestaan. Uudella prosessilla voidaan parantaa toistettavuutta, vähentää virheiden määrää, nopeuttaa nastoittamista sekä lisätä ergonomiamia. Poraamisprosessi haluttiin toimeksiantajan puolelta pitää samanlaisena, joten sitä ei ole huomioitu uudessa prosessissa.

Uudelle prosessille on useita vaatimuksia. Nastojen tulee asettua oikeaan paikkaan renkaassa. Nastoituksen pitää tapahtua sopivalla voimalla, jotta nastat asettuvat tarpeeksi syvälle. Sopivaa voimaa ei ole tarkasti määritelty, mutta sillä tarkoitetaan noin 1–2 kg vastaavaa voimaa. Prosessi ei saa kuluttaa renkaan kulutus pintaa. Uuteen prosessiin valittavan laitteiston hankintakustannukset pitäisi olla mahdollisemman pienet. Uuden prosessin pitää sopia 8–19 tuuman renkaille. Nastoitusprosessin pitäisi olla 50 % nopeampi kuin manuaaliprosessi, ilman että nastoituksen laatu heikkenee. Uudessa prosessissa on hyvä käyttää jo olemassa olevaa nastapistoolia, jotta investoinnissa säästytään sen kustannuksilta. Prosessin täytyy olla ergonomisesti vähemmän kuormittava, kun nykyinen prosessi. Työaseman täytyy mahtua 110 cm x 110 cm x 200 cm tilaan.

5.2 Nykyisten menetelmien ja teknologioiden kartoitus

Nykyiset nastoitusprosessit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin.

Manuaalinen nastoitus, joka on tällä hetkellä käytössä Mopo Sportilla. Nastoitus tehdään täysin käyttäjän toimesta. Käyttäjä tuo renkaan nastoitustelineeseen, ja poraa siihen reiät, mikäli reikiä ei jo ole. Tämän jälkeen nastat asennetaan joko

sähköllä tai paineilmalla toimivalla pistoolilla tai manuaalisella puristintyökälulla. Sähköllä tai paineilmalla toimivalla nastapistoolilla nastat voidaan syöttää yksitellen, mutta on olemassa myös nastansyöttäjiä, joilla nastojen syöttämistä voidaan nopeuttaa. Nastapistoolin valmistaja OKU Tools myy nastapistooliin suoraan sopivia nastansyöttäjiä. Nastansyöttäjä on mahdollista asentaa suoraan nastapistooliin tai muualle niin että nastat tulevat pistoolille letkua pitkin (OKU tools n.d.). Manuaalisessa nastoituksessa nastapistoolin käsittelyn hitaus ja huono ergonomia rajoittavat tuotantomääriä merkittävästi.

Puoliautomaattisessa nastoituksessa, ihminen on osana prosessia mutta osa toiminnoista on automatisoituja. Ihminen on jollain tapaa osana prosessia, mutta nastoituksen automaatiotaso on kasvanut niin että ihmisen ei tarvitse manuaalisesti toteuttaa kaikkia toimintoja. Puoliautomaattinen nastoitus siis nopeuttaa prosessia mutta on silti osittain manuaalinen. Virhemahdollisuudet sekä ergonomiset haasteet ovat edelleen olemassa, mutta ne ovat huomattavasti pienemmät kuin manuaalisessa nastoituksessa.

Puoliautomaattista valmista ratkaisua myy muun muassa OKU Tools, Bruno Wessel ja A-tekniikka. A-tekniikka myy puoliautomaattista konetta tuotenimellä A-Tec 101 ja se tukee vain 500–900 mm halkaisijalla olevia renkaita, joten se ei toimi Mopo Sportin nastoittamille renkaille (A-tekniikka n.d.). Kaupallisista vaihtoehdoista jäljelle jäävät siis Bruno Wesselin SATSIM sekä OKU Toolsin ZN sarjan nastoituskone. Laitteista on saatavilla niukasti tietoa ja yhteydenottopyyntöihin ei vastattu. Löytyneiden tietojen perusteella OKU Toolsin valmistama kone on vaihtoehdoista parempi, johtuen SATSIMin teknisten tietojen puutteesta (Taulukko 1).

Taulukko 1. Koneiden ominaisuudet (Oku Tools n.d.; Bruno Wessel n.d.).

Valmistaja	OKU Tools	Bruno Wessel
Tuote	EPK-ZN-6,5 / FN-6,5	SATSIM
Hinta [eur]	-	6500
Tarvittava paine [bar]	8	8

Tarvittava tilavuusvirta [l/min]	-	227
Nastojen tuettu halkaisija [mm]	6,5	-
Nastojen tuettu pituus [mm]	≥11	-
Pituus x syvyys x korkeus [cm]	87 x 73 x 127	-
Yrityksen sijainti	Saksa	Yhdysvallat
Syöttönopeus [nastaa/min]	-	225

Täysiautomaattisessa nastoituksessa nastoitus on täysin automatisoitu ja ihminen ei ole osana prosessia muuta kuin vikatilanteissa. Vikatilanteiden korjaaminen on toki myös mahdollista automatisoida. Yrityksillä kuten A-tekniikka on myynnissä myös täysiautomaattisia nastoituskoneita (A-tekniikka n.d.). Täysiautomaattisessa ratkaisussa ongelmat ovat suuri tilantarve sekä investoinnin hinta. Nämä koneet ovat tarkoitettu myös ainoastaan auton renkaille, eli ne eivät toimi kapeille ja matalille enduro tyyppisille nappularenkaille. Täysiautomaattisen nastoituskone vaatii myös ohjelmointia ja huoltoa, mikä ei ole suotuisaa niin pienelle yritykselle kuin Mopo Sport. Täysin automatisoitua prosessia ei ole mahdollista toteuttaa, sillä tämä vaatisi merkittäviä investointeja sekä enemmän tilaa.

Nykyiset muut menetelmät ovat siis joko liian hitaita ja epäergonomisia tai liian kalliita ja monimutkaisia. Tämä luo tarpeen puoliautomaattiselle ratkaisulle, joka yhdistää tuotantotehokkuuden ja kustannustehokkuuden.

5.3 Konseptisuunnittelu

Uuden prosessin suunnittelussa on tärkeää määrittää, miten nastoitus saadaan tapahtumaan tehokkaasti, tarkasti ja ergonomisesti. Konseptisuunnittelun

tarkoitus on valita paras toteutustapa, joka yhdistää automaation hyödyt ja asiakkaan asettamat vaatimukset.

Ensimmäinen vaihtoehto on käsikäyttöinen nastoitusta helpottava vaihtoehto, jossa nastojen syöttömekanismi on automatisoitu ja käyttäjä ohjaa niiden kiinnitystä manuaalisesti. Nastapistoolille voitaisiin rakentaa nivelvarsi tai momenttivarsi niin, että käyttäjän ei tarvitsisi kannatella nastapistoolia omin voimin. Tämä sallisi työkalun kallistamisen ja liikuttamisen vapaasti ilman käyttäjään kohdistuvaa kuormaa. Tämän vaihtoehdon etuna on sen yksinkertaisuus sekä matala investointikustannus, mutta toisaalta se on yhtä virhealtis kuin nykyinen tapa. Tämä vaihtoehto on selvästi nopeampi kuin täysin manuaalinen ratkaisu, koska nastojen asettaminen yksitellen nastapistooliin vie huomattavasti aikaa. Nastapistoolia ei tarvitse kannatella, joten myös työergonomia on parempi.

Toinen vaihtoehto on puoliautomaattinen ratkaisu, jossa nastojen syöttömekanismi on automatisoitu sekä itse nastapistoolin käsittelystä ei tarvitse huolehtia. Nastapistooli on kiinnitetty telineeseen ja se suorittaa nastoituksen pneumaattisten venttiileiden sekä sylinterin avulla. Käyttäjän tehtäväksi jää renkaan asemointi sekä koneen käyttö jalkapolkimella. Tämän ratkaisun etuna on se, että se nopeuttaa prosessia huomattavasti, vähentää käyttäjän rasitusta ja takaa tasalaatuisen nastoituksen. Tämän ratkaisun hinta ei ole myös yhtä suuri kuin täysiautomaattisen koneen.

Eri vaihtoehtojen perusteella valittiin ratkaisu, jossa nastansyöttö on automatisoitu, nastapistooli on kiinnitetty telineeseen ja koneen käyttäjä säätelee renkaan asentoa käsin. Automatisoitu nastansyöttö parantaa nopeutta ja vähentää syöttöongelmia. Telineeseen asennettava nastapistooli mahdollistaa nopean ja tehokkaan nastoituksen ilman, että käyttäjän tarvitsee käsitellä raskasta nastapistoolia. Ratkaisu on kustannustehokas, vaikka se vaatiikin enemmän investointeja, kun toinen ratkaisu. Nykyisessä toimintamallissa on useita ongelmia, joita uusi puoliautomaattinen kone voi ratkaista (Taulukko 2).

Taulukko 2. Ongelmat manuaalisessa prosessissa ja niiden korjaavat toimenpiteet

Ongelma manuaalisessa prosessissa	Puoliautomaattisen koneen tarjoama ratkaisu
Nastojen syöttö on hidasta	Syöttö on automatisoitu ja nopea nastansyöttäjän avulla
Nastapistooli on painava	Kone kannattelee nastapistoolia
Nastan asennussyvyys vaihtelee riippuen kädentaidosta	Kone nastoittaa tasalaatuisesti

5.4 Uuden prosessin kuvaus

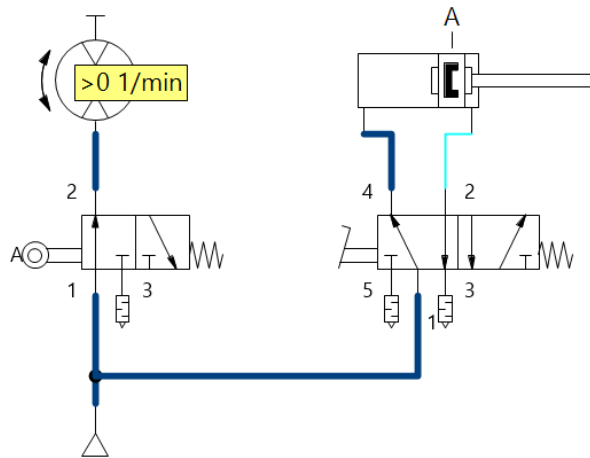
Käyttäjä syöttää koneeseen nastoitettavan renkaan. Renkaaseen porataan reiät samalla tavalla, kun nykyisessä prosessissa. Nastojen ampuminen renkaaseen vaatii sen, että nastoitus tapahtuu kohtisuorasti nastan reiän suuntaisesti eli joko nastapistoolin asennon tai renkaan asennon pitää muuttua. Koneen käyttö toteutetaan jalkapolkimella, jotta käyttäjän on mahdollista muokata renkaan paikoitusta. Kun poljinta painetaan, pneumaattinen sylinteri liikuttaa nastapistoolin rengasta vasten. Kun pneumaattinen sylinteri on ääriasennossaan nastapistoolin teline, osuu rajakytkimeen, joka aktivoi pistooliin ampumistoiminnon. Kun poljinta lakataan painamasta paineilma työntää sylinterin takaisin kiinni asentoon. Nastoitamisen jälkeen käyttäjä poistaa valmiin renkaan ja asettaa seuraavan renkaan työstettäväksi.

5.5 Prototyypin kehitys

Tässä työssä ei ole tarkoitus valmistaa fyysistä prototyyppiä, vaan keskittyä konseptin kehittämiseen virtuaalisilla malleilla ja simulaatioilla. Kone toimisi pneumaattisesti ja siinä olisi OKU Toolsin valmistama nastansyöttäjä sekä

olemassa oleva nastapistooli. Omaa puoliautomaattista nastoituskonetta lähdettiin suunnittelemaan Solidworks ohjelmistolla. Ensimmäiseksi mallinnettiin osat, joita tiedetään varmasti käytettävän: nastapistooli, rengas, sekä nastansyöttäjä. Nastapistoolin laukaisumekanismi voidaan muuntaa siten, että se ampuu aina yhden nastan jokaisella pneumaattisella syöttökerralla. Tällöin nastapistooli käyttäytyy kuin liipaisin olisi koko ajan pohjassa. (Oku Tools n.d. 8). Nastansyöttäjästä ei ollut saatavana tarkkoja mittoja tai 3D-mallia, joten siitä tehtiin likimääräinen malli.

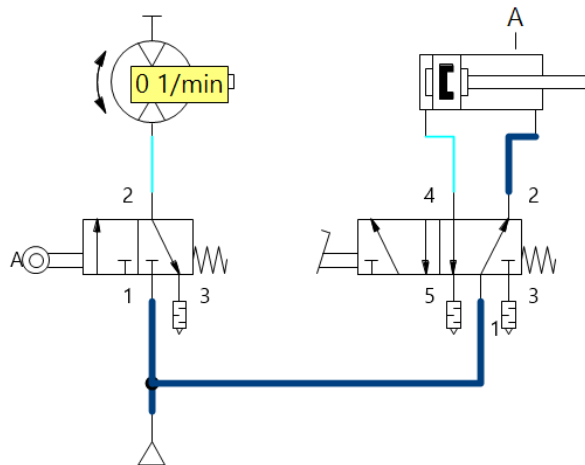
Osien mallintamisen jälkeen FluidSim ohjelmalla tehtiin simulaatio pneumaattisesta prosessista. Normaalitilassa paineilma pitää sylinterin suljettuna. Kun 5/2-venttiilin asentoa muutetaan polkimella, ilma siirtää sylinterin auki. Tämä liikuttaa nastapistoolin rengasta vasten ja saa sen telineen osumaan rajakytkimeen, joka avaa 3/2-venttiilin ja sallii ilmanvirtauksen nastapistoolille (Kuva 11).



Kuva 11. Pneumaattinen malli, pohjin painettu

Kun poljin vapautetaan, 5/2-venttiili palautuu normaalin asentoonsa. Tämä saa sylinterin sulkeutumaan, jolloin rajakytkin sulkee 3/2-venttiilin (Kuva 12).

Pneumaattisissa malleissa moottori kuvaa nastoituspistoolia.



Kuva 12. Pneumaattinen malli, poljin ei painettu

Konseptimallia varten pneumaattinen sylinteri valittiin Feston Pneumatic sizing suunnittelutyökalun avulla. Sylinterin pitää toimia 8 bar paineella, sen iskunpituus pitää olla 10–20 mm ja sen pitää pystyä liikuttamaan 4 kg painoa. Turvakerrointa ei ole määritetty standardissa, joten turvakertoimeksi valittiin 2 (SFS-EN ISO 4414). Konseptiin valittiin Feston työkalun suosittelema ADN-12-10-A-P-A (Kuva 13). Nastapistoolin teline kiinnitetään sylinterin männänvarteen siinä olevilla M5 kierteillä.

Stroke 10 mm

Payload 8 kg

Required positioning time 120 ms

Pressure
4 bar 6 bar **8 bar**

Assembly position
-90° 0° 90°

Exact result

Cylinder ADN-12-10-A-P-A 536205	Positioning Time 120 ms
Piston diameter 12 mm	CO₂ emission / cycle 0 g
Valve VUVG-LK10-M52-AT-M7-1R8LS 8042551	Air consumption / cycle 0.1 l
Flow rate 340 l/min	

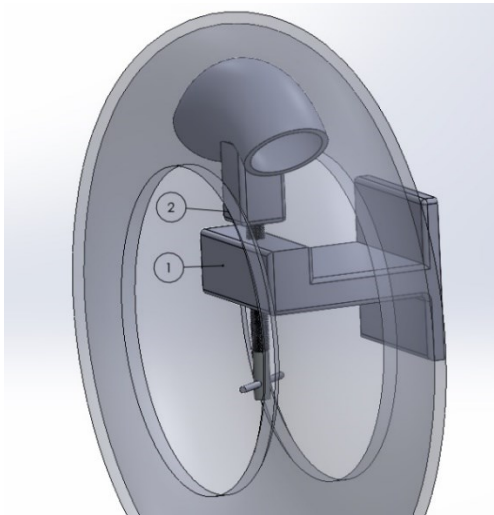
[Show all components of the solutions](#)

[Show energy and CO₂](#)

Kuva 13. Pneumatic sizing työkalu (Festo 2025).

Tämän jälkeen valittiin mekanismi, jolla renkaan korkeutta on mahdollista säätää. Korkeusmekanismiin pohdittiin useita vaihtoehtoja kuten trapetsiruuvimekanismia, karamoottoria sekä hammastankomekanismia. Lopuksi päädyttiin yksinkertaiseen trapetsiruuvimekanismiin, koska se on kaikista helpoin ja yksinkertaisin toteuttaa, ja sillä saadaan toteutettua tarkka säätö. Renkaiden aineenpaksuus ja kuvioinnin syvyys vaihtelee vain vähän, joten korkeus säätöä tarvitaan vähintään 5 mm.

Trapetsiruuvimekanismi toimii hyvin yksinkertaisesti. Rengastelineen yläosassa (2) on reikä, johon trapetsiruuvi uppoaa. Alemmassa osassa (1) on kierteet, joiden kitkavoima pitää ruuvia ja rengastelinettä ylhäällä. Telineen korkeutta muutetaan kiristämällä tai löysäämällä ruuvia (Kuva 14).



Kuva 14. Korkeudensäätömekanismi

Lasketaan tarvittava aksiaalivoima renkaan nostamiseen:

$$F = m \cdot g \approx 70 \text{ N}$$

, jossa

m on renkaan ja telineen yhteenlaskettu paino

g on putoamiskiihtyvyys.

Valitaan trapetsitruuvinkierre esim. Tr10x3 (Kuva 15).

Kierre	Tuoteno		Tuoteno		Ruuvi			Mutteri		
	O / Teräs	V / Teräs	O / RST	V / RST	d _{max}	d _i _{max}	dm _{max}	D _{min}	Di _{min}	Dm _{min}
Tr 10x3	TH10	-	-	-	10	6,5	8,4	10,5	7	8,5
Tr 12x3	TH12	TV12	TH12-SS	TV12-SS	12	8,5	10,4	12,5	9	10,5
Tr 14x4	TH14	-	-	-	14	9,5	11,9	14,5	10	12,0
Tr 16x4	TH16	TV16	TH16-SS	TV16-SS	16	11,5	13,9	16,5	12	14,0
Tr 18x4	TH18	TV18	TH18-SS	TV18-SS	18	13,5	15,9	18,5	14	16,0
Tr 20x4	TH20	TV20	TH20-SS	TV20-SS	20	15,5	17,9	20,5	16	18,0
Tr 22x5	TH22	TV22	TH22-SS	TV22-SS	22	16,5	19,4	22,5	17	19,5
Tr 24x5	TH24	TV24	TH24-SS	TV24-SS	24	18,5	21,4	24,5	19	21,5
Tr 26x5	TH26	TV26	TH26-SS	TV26-SS	26	20,5	23,4	26,5	21	23,5
Tr 28x5	TH28	TV28	TH28-SS	TV28-SS	28	22,5	25,4	28,5	23	25,5
Tr 30x6	TH30	TV30	TH30-SS	TV30-SS	30	23,0	26,9	31,0	24	27,0
Tr 32x6	TH32	TV32	TH32-SS	TV32-SS	32	25,0	28,9	33,0	26	29,0
Tr 36x6	TH36	TV36	TH36-SS	TV36-SS	36	29,0	32,9	37,0	30	33,0
Tr 40x7	TH40	TV40	TH40-SS	TV40-SS	40	32,0	36,4	41,0	33	36,5
Tr 44x7	TH44	TV44	-	-	44	36,0	40,4	45,0	37	40,5
Tr 50x8	TH50	TV50	TH50-SS	TV50-SS	50	41,0	45,9	51,0	42	46,0
Tr 60x9	TH60	TV60	-	-	60	50,0	55,4	61,0	51	55,5
Tr 70x10	TH70	TV70	-	-	70	59,0	64,9	71,0	60	65,0
Tr 80x10	TH80	TV80	-	-	80	69,0	74,9	81,0	70	75,0

Kuva 15. Trapetsiruuvit (Mekanex n.d.).

Lasketaan tarvittava vääntömomentti (Mekanex n.d.):

$$M_d = \frac{F \cdot p}{2000\pi \cdot \eta_s} = 0,11 \text{ Nm}$$

, jossa

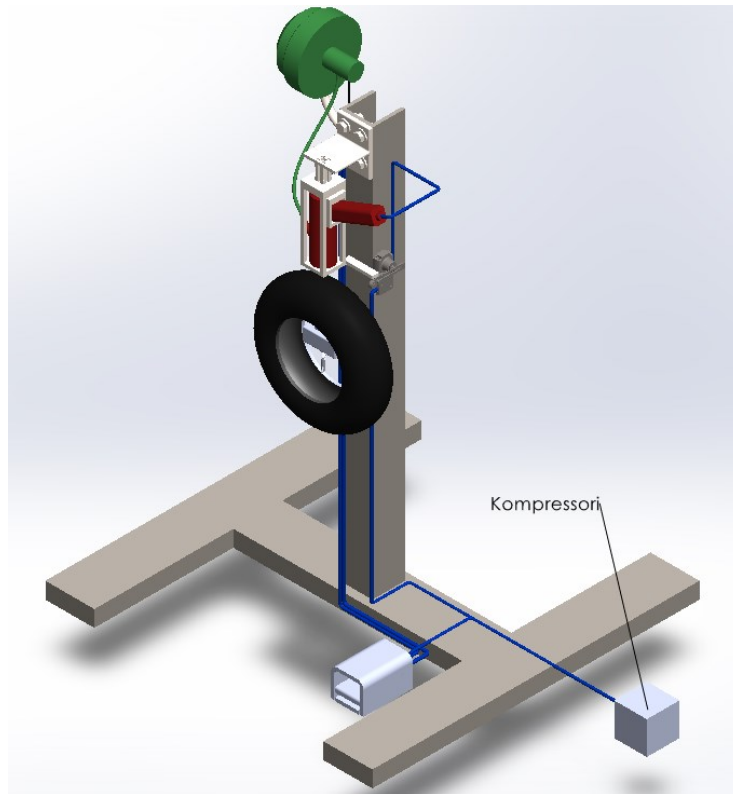
F on aksiaalivoima

p on nousu

η_s on hyötysuhde, 30 % (Mekanex n.d.).

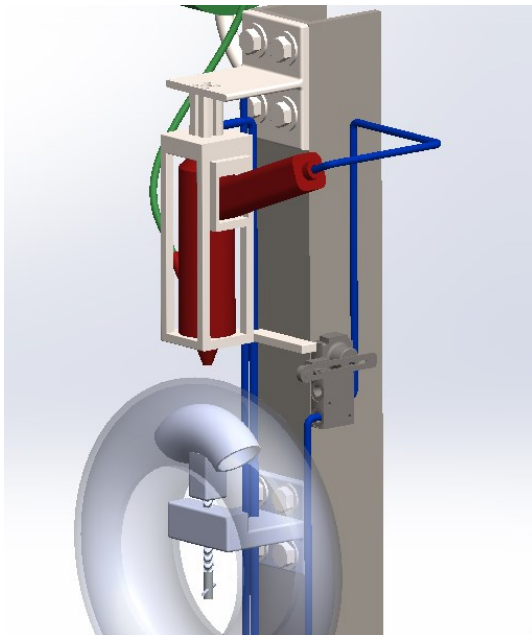
Tarvittava momentti on siis hyvin pieni ja rengastelineen asento on helposti muutettavissa.

Kun kaikki tarvittavat osat oli mallinnettu, niistä luotiin kuvassa 16 näkyvä nastoituskoneen kokoonpano. Kokoonpanon CAD-malli koostuu itse suunnitelluista osista sekä komponentin valmistajan malleista (Festo 2025).



Kuva 16. Nastoituskoneen kokoonpano

Osien kiinnitys rungon pystypalkkiin on toteutettu M16 pulteilla (Kuva 17).



Kuva 17. M16 kiinnitykset

Konseptin toteuttamiseen tarvittavat osat sekä niiden mitat, ominaisuudet, ja arvioidut hinnat, listattiin taulukkoon 3. Kokonaissumma käytettäville osille on noin 1000 €. Tämän lisäksi rahaa kuuluu myös kokoonpanon kokoamiseen ja eri kappaleiden työstämiseen. Arvioitu hinta koko konseptin toteuttamiselle on 2500 €.

Taulukko 3. Konseptin toteuttamiseen tarvittavat osat ja niiden ominaisuudet

Osa	Määrä	Hinta [€]	Mitat, ominaisuudet	Konseptissa käytetty osa
U-profiili (Rungon pystyosa)	1	50	100x100x10 mm, 1,3 m, S235	
T-profiili	2	120	100x115x10 mm, 0,2 m, S235	
M16 pultti	8	10	40 mm, 8.8	
M16 mutteri	8	10		
M16 aluslaatta	16	10		
Pneumaattinen sylinteri	1	100	Isku 10 mm, Hyötykuorma 8 kg, Käyttöpaine 8 bar, toimii -90° asennossa (männän varsi osoittaa alaspäin)	Festo ADN-12-10-A-P-A
3/2-venttiili rajakytkimellä	1	120	Käyttöpaine 8 bar, Monostabiili, G 1/4"	Festo VMEF-VLT-M32-M-G14

Jalkaohjattu 5/2-venttiili + kotelo	1	70	Käyttöpaine 8 bar, Monostabiili, G 1/4"	
Vipuvarsi rajakytkimelle	1	20		Festo ASL-02
Pneumaattiset letkut + sovitteet	1	60	Käyttöpaine 8 bar, 6 m	
M4 pultti (Sylinterin kiinnitys)	4	5	30 mm	
M4 aluslaatta (Sylinterin kiinnitys)	4	5		
Neliötanko (Korkeudensäätömekanismi)	2	20	30x30 mm, 0,2 m	
Trapetsiruuvi	1	10	TR10x3, 100 mm	
Nastansyöttäjä - Oku Tools	1	150		
Nastapistoolin teline	1	80	S235	
Lattateräs (Rungon pohjaosa)	1	100	10x100mm (3 m) S235	
Nastansyöttäjän teline - Oku Tools	1	30		
Summa		970		

6 Yhteenveto

Tässä työssä tutkittiin renkaiden nastoitusprosessin kehittämismahdollisuuksia. Työn tavoitteena oli tunnistaa nykyisen prosessin haasteet ja ongelmakohdat sekä löytää ratkaisuja, jotka parantavat tuotannon tehokkuutta, laatua ja ergonomiaa.

Työssä analysoitiin nastoitusprosessin nykytilaa haastattelujen ja havainnoinnin avulla. Tulokset osoittivat, että keskeisiä ongelmia nykyisessä prosessissa ovat nastojen syöttämisen hitaus, manuaalisen työn aiheuttamat laatuvariaatiot ja ergonomiariskit. Tutkimuksen perusteella luotiin konsepti puoliautomaattisesta nastoituskoneesta.

Tämän työn johtopäätösten pohjalta Mopo Sport voi tehdä perusteltuja päätöksiä nastoitusprosessin kehittämiseksi. Työn lopputuloksena saatiin selvitettyä nykyisen prosessin ongelmakohdat sekä luotua puoliautomaattisesta nastoituskoneesta 3D-malli, joka voi toimia pohjana mahdolliselle jatkokehitykselle.

Oman puoliautomaattisen nastoituskoneen suunnitteleminen ja rakentaminen vaatii merkittävästi resursseja ja työntunteja. Valmis kaupallinen vaihtoehto saattaisi olla Mopo Sportin kaltaiselle suhteellisen pienelle yritykselle järkevämpi vaihtoehto. OKU Toolsin tarjoama puoliautomaattinen nastoituskone on sopiva vaihtoehto, mikäli se tukee 8–19” renkaita.

Lähteet

A-tekniikka. n.d. Studding robots. Viitattu 29.3.2025 <https://a-tekniikka.fi/studdingrobots/>

Autowiki. 2020. Rengas. Viitattu 17.3.2025.
<http://www.autowiki.fi/index.php/Rengas>

Bruno Wessel. n.d. SatSIM Manual. Viitattu 29.3.2025
<https://brunowessel.com/wp-content/uploads/2018/07/SATSIM-Manual.pdf>

Craelius, K. 1992. Henkilöauton renkaat. Espoo: Erkki Ahlavo Oy

Elonen, E; Alukukku, A; Koskinen, P. 1995. Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen. Viitattu 17.3.2025.
https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/443118/vtiedote69_95.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Festo. 2025. Compact cylinder. Haettu 28.3.2025.
<https://www.festo.com/tw/en/a/536205/>. Lataaminen vaatii käyttäjätunnuksen.

Festo. 2025. Sizing | Pneumatic sizing. Viitattu 2.4.2025.
<https://www.festo.com/il/en/s/pneumatic-sizing/>

Festo. 2025. Swivel lever, long. Haettu 28.3.2025.
<https://www.festo.com/gr/en/a/5836/?q=5836+ASL%7E%3AfestoSortOrderScore>. Lataaminen vaatii käyttäjätunnuksen.

Festo. 2025 Swivel lever valve. Haettu 28.3.2025.
<https://www.festo.com/gr/en/a/8048976/?q=VMEF-VLT%7E%3AfestoSortOrderScore>. Lataaminen vaatii käyttäjätunnuksen.

Korjaamopäällikkö, Mopo Sport. 2025. Keskustelu. Mopo Sportin korjaamopäällikön kanssa keskusteli 7.2.2025 Niilas Mustonen.

Liikenneturva. n.d. Auton renkaat. Viitattu 20.3.2025.
<https://www.liikenneturva.fi/liikenteessa/auton-renkaat/>

Mauno, E. 2002. Moottoripyörän tekniikka. Helsinki: Alfamer Kustannus Oy

Mekanex, n.d. Ruuvikäytön momentti. Viitattu 1.4.2025.
<https://www.mekanex.fi/laskenta/ruuvikayton-momentti/>

Mekanex, n.d. Trapetsimuuvit & mutterit. Viitattu 1.4.2025.

<https://www.mekanex.se/wp-content/uploads/trapetsskruvar-fi.pdf>

Nokian renkaat. n.d. Nokian Renkaiden toimet katupölyn vähentämiseksi.

Viitattu 20.3.2025

<https://www.nokianrenkaat.fi/innovatiivisuus/rengastietoa/katupoly/nokian-renkaiden-toimet-katupolyn-vahentamiseksi/>

OKU Tools. n.d. Automatic Stud Gun EPK-6,5, EPK-8 Operating instructions.

Viitattu 30.3.2025. [https://cdn.website-](https://cdn.website-editor.net/s/d593faba73c0433694419b7748aa9295/files/uploaded/EPK-6%252C5-8_0622_EN.pdf?Expires=1745155443&Signature=aD-eKxz3jSRFqvDovvHVc0eh51YgiYCTIEFjrtembWN6lqSwm3wodpDfRJls-AA7Qi6GiDwlsq5E~sEvu9msfqnj-GkLuTGsYJo4bojwy18q779-faySrh440ka7r910WnaAC9gRltD2RZUpKaO7pmoCBQzsYOojWta77zF5SxEVAgHkflLHKwtC5D5rDVZubGt0TEsACFxfMpgPO30hjc2tsOvb43IW6NVhbDq~eX7icBPMptZ0al~lez9VNbs1EVNfiNBnacy3Mvm5PMOm0opyF47gemqYsflpd fuCNjWyRJCLYQOaLaaD-0b3Xhar4WFEPfRXhQP-VIGSVGug_&Key-Pair-Id=K2NXBXLf010TJW)

[editor.net/s/d593faba73c0433694419b7748aa9295/files/uploaded/EPK-6%252C5-8_0622_EN.pdf?Expires=1745155443&Signature=aD-eKxz3jSRFqvDovvHVc0eh51YgiYCTIEFjrtembWN6lqSwm3wodpDfRJls-AA7Qi6GiDwlsq5E~sEvu9msfqnj-GkLuTGsYJo4bojwy18q779-faySrh440ka7r910WnaAC9gRltD2RZUpKaO7pmoCBQzsYOojWta77zF5SxEVAgHkflLHKwtC5D5rDVZubGt0TEsACFxfMpgPO30hjc2tsOvb43IW6NVhbDq~eX7icBPMptZ0al~lez9VNbs1EVNfiNBnacy3Mvm5PMOm0opyF47gemqYsflpd fuCNjWyRJCLYQOaLaaD-0b3Xhar4WFEPfRXhQP-VIGSVGug_&Key-Pair-Id=K2NXBXLf010TJW](https://cdn.website-editor.net/s/d593faba73c0433694419b7748aa9295/files/uploaded/EPK-6%252C5-8_0622_EN.pdf?Expires=1745155443&Signature=aD-eKxz3jSRFqvDovvHVc0eh51YgiYCTIEFjrtembWN6lqSwm3wodpDfRJls-AA7Qi6GiDwlsq5E~sEvu9msfqnj-GkLuTGsYJo4bojwy18q779-faySrh440ka7r910WnaAC9gRltD2RZUpKaO7pmoCBQzsYOojWta77zF5SxEVAgHkflLHKwtC5D5rDVZubGt0TEsACFxfMpgPO30hjc2tsOvb43IW6NVhbDq~eX7icBPMptZ0al~lez9VNbs1EVNfiNBnacy3Mvm5PMOm0opyF47gemqYsflpd fuCNjWyRJCLYQOaLaaD-0b3Xhar4WFEPfRXhQP-VIGSVGug_&Key-Pair-Id=K2NXBXLf010TJW)

OKU Tools. n.d. HFN-6,5 Operating instructions and Assembly instructions.

Viitattu 20.3.2025. [https://cdn.website-](https://cdn.website-editor.net/s/d593faba73c0433694419b7748aa9295/files/uploaded/HFN_FN-6-5_0622_EN.pdf?Expires=1745055581&Signature=pBCwC~bl2tmHHviKZMjWBAGhiycUDfjDWZyIC83RWuBdjbq07RRay6UZvepWtoU25onhJN4QqQLcxqgC0zd7gMb2OSpgakve92KnUKSMp6E8FHijzsz~pBsJrC35pCwHdnzG2n1BbfpXaiQFPrXfsE~G3yiFt3JT7TYGh-V81MdMK6T~AxqaRaR1ZI72QwAG2gmx8XuLCst-cfDegSppKMUd5~5l4vWHSzJtyAi3~W5D6NG77pHqLDiTB2HI7Kww44sdiDwMNbAji1bKhKjoR9nBVZxlRrV3OUAsOoa~iq0rBVNq3PqGHqaQa8hKRHpEq97xZ1u2k-OcRrAncAJqA_&Key-Pair-Id=K2NXBXLf010TJW)

[editor.net/s/d593faba73c0433694419b7748aa9295/files/uploaded/HFN_FN-6-5_0622_EN.pdf?Expires=1745055581&Signature=pBCwC~bl2tmHHviKZMjWBAGhiycUDfjDWZyIC83RWuBdjbq07RRay6UZvepWtoU25onhJN4QqQLcxqgC0zd7gMb2OSpgakve92KnUKSMp6E8FHijzsz~pBsJrC35pCwHdnzG2n1BbfpXaiQFPrXfsE~G3yiFt3JT7TYGh-V81MdMK6T~AxqaRaR1ZI72QwAG2gmx8XuLCst-cfDegSppKMUd5~5l4vWHSzJtyAi3~W5D6NG77pHqLDiTB2HI7Kww44sdiDwMNbAji1bKhKjoR9nBVZxlRrV3OUAsOoa~iq0rBVNq3PqGHqaQa8hKRHpEq97xZ1u2k-OcRrAncAJqA_&Key-Pair-Id=K2NXBXLf010TJW](https://cdn.website-editor.net/s/d593faba73c0433694419b7748aa9295/files/uploaded/HFN_FN-6-5_0622_EN.pdf?Expires=1745055581&Signature=pBCwC~bl2tmHHviKZMjWBAGhiycUDfjDWZyIC83RWuBdjbq07RRay6UZvepWtoU25onhJN4QqQLcxqgC0zd7gMb2OSpgakve92KnUKSMp6E8FHijzsz~pBsJrC35pCwHdnzG2n1BbfpXaiQFPrXfsE~G3yiFt3JT7TYGh-V81MdMK6T~AxqaRaR1ZI72QwAG2gmx8XuLCst-cfDegSppKMUd5~5l4vWHSzJtyAi3~W5D6NG77pHqLDiTB2HI7Kww44sdiDwMNbAji1bKhKjoR9nBVZxlRrV3OUAsOoa~iq0rBVNq3PqGHqaQa8hKRHpEq97xZ1u2k-OcRrAncAJqA_&Key-Pair-Id=K2NXBXLf010TJW)

Rengasvalmistajat. n.d. Vyö-, puolivyö- ja ristikudosrengas. Viitattu 17.3.2025.

<https://rengasvalmistajat.fi/renkaat/vyo-ja-puolivyorengas/>

Rosava. n.d. What is the difference between a Radial Tyre and a Bias Ply Tyre?

Viitattu 17.3.2025. https://rosava.com/en/useful_tips/chim-vidriznyayutsya-radialni-i-diagonalni-shini

SFS-EN ISO 4414. 2011. Pneumaattinen tehonsiirto. Järjestelmiä sekä niiden komponentteja koskevat yleiset periaatteet ja turvallisuusvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sherman, R & Hoover, R. 29.10.2019. Motorcycle Tire Failures. Viitattu 20.3.2025. <https://www.robsonforensic.com/articles/motorcycle-tire-expert>

Tekniikan maailma. 22.9.2021. Vuosikymmen sitten hämmästeltiin 190 nastaa Nokian talvirenkaassa, ja siitä kilpajuoksu lähti käyntiin – Näin nastojen määrä on kehittynyt TM:n talvirengasvertailussa. Viitattu 20.3.2025.

<https://tekniikanmaailma.fi/vuosikymmen-sitten-hammasteltiin-190-nastaa-nokian-talvirenkaassa/>)

The Scandinavian Tire & Rim Organization. 2022. Rengasnormit.

Tieliikennelaki 10.8.2018/729. Viitattu 17.3.2025.

<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2018/729>

Tikkaspikes. n.d. Valmistus. Viitattu 20.3.2025.

<https://www.tikkaspikes.fi/fi/valmistus>

Top Flight Automotive. 07.10.2022. Radial vs. Bias Ply Tires. Viitattu 27.3.2025.

<https://www.topflightautomotive.com/blog/radial-vs-bias-ply-tires/>

Williams, D. 2018. The History Of Tires. Viitattu 11.3.2025.

<https://www.treadwright.com/blogs/treadwright-blog/the-history-of-tires>