

# RASKAAN RISTIKUDOSRENKAAN TUOTANTOON VIEMINEN



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö  
Konetekniikka, insinööri (AMK) Riihimäen kampus

Kevät, 2022

Jarno Halonen

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tutkittiin raskaan ristikudosrenkaan sisäänajoprosessia. Tutkimus tehtiin Nokian Raskaat Renkaat Oy:n määrittelemän toimeksiannon mukaisesti. Tutkimuksen tarkoituksena oli hankkia lisää tietoa raskaan ristikudosrenkaan sisäänajon aikataulutuksesta ja valmistettavista rengasmääristä tuoteperhettä tuotantoon vietäessä. Opinnäytetyön tuloksia peilattiin aikaisemmin tehtyyn radial -rakenteisen tuoteperheen sisäänajoon, jonka tuloksista oli tehty Lean Six Sigma -työ. Tuotannollistettava uusi tuoteperhe kantaa nimeä Nokian TR Forest 2 TL ja se sisältää yhteensä 12 rengaskokoa. Opinnäytetyössä keskityttiin uuden tuoteperheen neljään ensimmäiseen rengaskokoon. Sisäänajoprosessi ajoittui keväästä 2021, alkuvuoteen 2022. Neljän ensimmäisen koon osalta tulokset saatiin kerättyä syksyn 2021 aikana. Tutkimuksen tuloksia tullaan käyttämään hyödyksi tulevaisuudessa ristikudosrenkaiden sisäänajojen suunnittelussa aikataulutuksen, koevarausten ja rengasmäärien osalta.

Tuloksena saatiin selville TR Forest 2 sisäänajoon tarvittavien koevarausten ja rengasmäärien lisäksi aikataulun toteutuminen ja siihen liittyvät haasteet. Alkuperäisessä suunnitelmassa pysyttiin hyvin jokaisella osa-alueella. Vertailussa koevarausten ja rengasmäärien osalta radial- ja ristikudosrenkaan sisäänajot käyttäytyivät varsin yhtenäisesti, ottaen huomioon otannat. Tuotteiden tuotantoon ja myyntiin vapauttamisen aikatauluissa ero oli huomattava. Ristikudostuote pystyttiin vapauttamaan suunniteltua nopeammin tuotantoon, verrattuna radial-tuotteeseen.

---

Author	Jarno Halonen	Year 2022
Subject	Heavy Crossply Tyre Implementation to Standard Production	
Supervisors	Seija Halvari HAMK, Martti Keinonen Nokian Heavy Tyres Ltd	

---

ABSTRACT

This thesis was commissioned by Nokian Heavy Tyres Ltd. The purpose was to gain more knowledge of a new crossply tyre product family release on to production from design. Results of this research were compared to release process of the radial tyre product family. Focus was on the number of needed test slots and variance of schedules between different product families during process. New radial tyre product family release on the production has been examined on Nokian Heavy Tyres earlier using the Lean Six Sigma Method.

The name of the new crossply product family is Nokian TR Forest 2 TL and it includes altogether 12 tyre sizes. This thesis concentrates on four tyre sizes which were manufactured in the first patch. The results of this project to production took place between spring 2021 and the beginning of the year 2022. The new crossply tyre product family release from design to production has not been evaluated earlier within Nokian Heavy Tyres.

The outcome of this project was the number of test slots used per TR Forest 2 product, scheduling of the process, and challenges related to them. The original plan turned out to be successful. There were similarities in the number of test slots needed and in the number of tyres produced in both the radial and crossply tyre processes. Nevertheless, there were differences in releasing the different tyre types to standard production. The crossply tyre could be released to standard production earlier than the radial tyre. However, the sample size needs to be taken into account in all comparisons.

Keywords Product development, products, projects, tyres

Pages 28 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Rengaskoko ja rakenne.....	3
2.1	Koko.....	3
2.2	Rakenne.....	4
3	Projekti .....	6
3.1	Tutkimusprojekti .....	6
3.2	Tuotekehitysprojekti .....	7
4	Suunnittelu .....	8
4.1	Tutkimussuunnitelma .....	10
4.2	Sisäänajon suunnitelma .....	12
5	Toteutus.....	17
5.1	Aikataulu .....	17
5.2	Koevaraukset.....	21
5.3	Reflektointi Lean Six Sigma Green Belt .....	22
6	Tulokset .....	23
6.1	Koevaraukset.....	23
6.2	Aikataulu .....	24
7	Pohdinnat .....	26
	Lähteet.....	28

## Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Nokian TR Forest 2 (Nokian Renkaat Oy, 2021).....	2
Kuva 2. Renkaan rakenne (Nokian Renkaat Oy).....	6
Kuva 3. Stage-gate esimerkki.....	9
Kuva 4. Opinnäytetyön karkea aikataulu.....	12
Kuva 5. Sidosryhmien yhteys.....	17
Taulukko 1. Tuotenumerot ja rengaskoot. ....	4
Taulukko 2. Suunnitellut renkaat. ....	13
Taulukko 3. Suunniteltu aikataulu. ....	18
Taulukko 4. Muottitoimitusten vaikutus aikatauluun. ....	19

Taulukko 5. Toteutunut aikataulu. ....	20
Taulukko 6. Koevaraukset.....	21
Taulukko 7. Sisäänajojen vertailu. ....	23
Taulukko 8. Toteutuneet renkaat. ....	24
Taulukko 9. Tuotteiden vapautukset.....	25

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on uuden tuoteperheen sisäänajo -prosessin tutkiminen aikataulun ja käytettävien koevarausten kannalta. Tuloksia verrataan tilaajayrityksessä aiemmin tehtyyn Lean Six Sigma -työhön. Työn tilaajana toimii Nokian Raskaat Renkaat Oy, jossa työn tekijä työskentelee tuotekehitysosastolla projekti-insinöörinä.

Ajoneuvoilla liikuttaessa kosketus alustaan tapahtuu hyvin usein renkaiden kautta. Muitakin vaihtoehtoja on, kuten telat. Ilmakumirengas keksittiin ensimmäisen kerran vuonna 1846 RW Thomsonin toimesta. Keksintö kuitenkin jäi unohtuiksi, koska se oli edellä aikaansa ja tarkoitettu käytettäväksi lähinnä rautateillä. John Boyd Dunlop keksi ratkaisun paremman ajomukavuuden ja pienemmän vierimisvastuksen saavuttamiseksi vuonna 1888. Dunlop haki keksinnölleen patenttia, mutta ranskalainen patenttitoimisto ei hyväksynyt sitä, sillä idea oli keksitty jo aiemmin. Lopulta JB Dunlop sai kuitenkin patentin renkaalleen. (Craelius, 1992, s. 10)

Renkaat voidaan jakaa karkeasti kahteen pääluokkaan: henkilöautonrenkaihin ja raskaihin renkaihin. Raskaat renkaat voivat olla rakenteeltaan radial-, eli vyörenkaita, puolivyörenkaita tai ristikudosrenkaita. Tämän tutkimuksen renkaat ovat raskaita traktorin renkaita, joiden rakennetyyppi on ristikudos. Ristikudosrenkaiden yksi sovellusalue on metsä. Metsässä kuljettaessa raskailla koneilla, kuten esimerkiksi traktoreilla, nousee renkaan tietyt ominaisuudet arvoonsa. Käyttötunteja, pistonkestävyyttä, pehmeyttä, lujuutta ja haluttuja ajo-ominaisuuksia ei pystytä saavuttamaan radial-rakenteisella renkaalla näissä käyttöolosuhteissa. Tästä johtuen metsässä käytetään ristikudosrenkaita. Tämän tyyppisillä renkailla ei ajeta suuria nopeuksia. Suuriin nopeuksiin soveltuvat paremmin radial-, eli vyörenkaat. Henkilöautojen renkaat ovat vyörenkaita.

Renkaita valmistetaan ympäri maailman. Kolme suurinta rengasvalmistajaa ovat: Michelin, Bridgestone ja Continental. Nokian Renkaat sijoittuu suurimpien rengasvalmistajien listauksessa sijalle 19. (Tyrepress, 2021)

Nokian Raskaat Renkaat Oy on osa Nokian Renkaat konsernia. Nokian Raskaat Renkaat valmistaa erikoisrenkaita raskaan teollisuuden tarpeisiin, sekä kehittää ratkaisuja vaativimpiin olosuhteisiin esimerkiksi maatalouteen ja metsänhoitoon. (Nokian Renkaat Oy, 2021)

Nokian Raskaat Renkaat on valmistanut Nokian TR Forest -nimistä tuotetta 1970-luvulta saakka kevyessä metsäkäytössä oleviin traktoreihin. Markkinoiden kehitystä seuraamalla ja asiakkailta tulleiden signaalien perusteella pystyttiin päättämään, että myynnin kasvattamiseksi tuoteperhe olisi hyvä päivittää vastaamaan tämän hetken vaatimustasoa. Tähän haluttiin reagoida aloittamalla investointiprojekti, jossa tultaisiin tuomaan markkinoille kaksitoista täysin uutta rengasta korvaamaan Nokian TR Forest -tuotteet. (Nokian Renkaat Oy, 2021)

Saman segmentin renkaita löytyy myös muilta valmistajilta. Yhtenä mainittakoon Trelleborg T410 Agroforest (Trelleborg, 2022). Uusi Nokian Renkaiden tuoteperhe kantaa nimeä Nokian TR Forest 2, josta renkaan renderöity malli on esiteltynä kuvassa 1.

Kuva 1. Nokian TR Forest 2 (Nokian Renkaat Oy, 2021).



Opinnäytetyön tavoitteena on saada selville Nokian TR Forest 2 -sisäänajovaiheeseen tarvittavien koevarausten lukumäärä neljän ensimmäisen renkaan osalta. Tätä tulosta tullaan vertaamaan aiemmin yrityksen sisällä tehtyyn radial-renkaan Lean Six Sigma -työhön. Vastaavaa tutkimusta ei ole aikaisemmin tehty ristikudosrenkaiden sisäänajosta. Tuloksia tullaan käyttämään hyödyksi tulevaisuudessa ristikudosrenkaiden tuotekehitysprojekteja suunniteltaessa.

Opinnäytetyö vastaa seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mikä on riittävä määrä koevarauksia ja koerenkaita raskaan ristikudosrenkaan sisäänajossa?
- Miten käytettyyn koevarausten määrään päädyttiin?

Käytän luvusta 2 alkaen Nokian TR Forest- ja Nokian TR Forest 2 -tuoteperheiden nimistä pelkistettyjä muotoja: TR Forest ja TR Forest 2.

## **2 Rengaskoko ja rakenne**

Rengaskoon merkintä kertoo renkaan fyysisistä mitoista. Tämän informaation perusteella pystytään valitsemaan oikean kokoinen rengas oikean kokoiselle vanteelle. Renkaan rakenne pitää sisällään useita eri komponentteja, joita käyttäjä ei yleensä pääse näkemään. Jokaisella komponentilla on oma tehtävänsä. Esittelen tässä luvussa renkaan kokomerkinän informaatiota, sekä renkaan rakenteen tärkeimpiä osia.

### **2.1 Koko**

Opinnäytetyö käsittelee neljää eri traktorin rengasta. Kyseiset renkaat ovat keskenään eri kokoisia. Rengaskoon merkintä pitää sisällä renkaan kokoon liittyvän informaation.

Esimerkiksi rengaskoko 460/85-34 kertoo seuraavat mitat: renkaan leveys 460 mm, profiilin suhde leveyteen 85 % ja renkaan vannehalkaisija 34" (ETRTO, 2021, s. 35).



Opinnäytetyössäni käytettyjen renkaiden mallit ja koot on lueteltu taulukossa 1. Jatkossa käytän renkaista vain niiden kokomerkinettä.

Taulukko 1. Tuotenumerot ja rengaskoot.

Tuotenumero	Rengaskoko	Pintamalli
T445777	460/85-34	TR FOREST 2 TL
T445778	380/85-24	TR FOREST 2 TL
T445779	420/85-34	TR FOREST 2 TL
T445780	340/85-24	TR FOREST 2 TL

## 2.2 Rakenne

Rengas muodostuu useista erilaisista komponenteista, joilla on omat tehtävänsä. Esimerkiksi henkilöauton renkaassa voi olla yli 20 erilaista komponenttia ja jopa yli viittätoista erilaista kumisekoitusta (Gent ym., 2005, s. 2). Komponenttien paikan ymmärtämisessä auttaa renkaan eri alueiden nimeäminen. Käydään seuraavasta kappaleesta alkaen läpi renkaan tärkeimpiä alueita ja näillä alueilla sijaitsevia komponentteja Kivekkään (Kivekäs, 2002) diplomityön pohjalta.

Kulutuspinna on renkaan alue, joka on suoraan kosketuksessa alustaan. Sitä kautta välitetään ja otetaan vastaan alustan ja ajoneuvon väliset voimat. Renkaan käyttötarkoitus ja kohde määrittelevät kulutuspinnan materiaalivalintaa. Kulutuspinna voi olla useampaa kumiseosta. Kulutuspinnan reunoilla sijaitsee olkapääalue, jossa on yleensä renkaan suurin materiaalivahvuus. Olkapääalueelle päättyvät vyö- tai puskuripaketti. (Kivekäs, 2002)

Sivupinta on nimensä mukaisesti renkaan sivulla oleva kumikomponentti, joka suojaa renkaan kudusrunkoa mm. viilto- ja pistovaurioilta. Materiaaliksi valittava kumiseos valitaan käyttökohteen perusteella. Yleensä sivupinnan kumiseos on hyvin taipuisaa materiaalia. (Kivekäs, 2002)

Vyöpaketti on yhdestä tai useammasta vyökomponentista koostuva rakenne, joka pitää radiaalirenkaan ja rungon halutussa muodossa. Se suojaa kudusrunkoa muun muassa pistovaurioilta ja vaikuttaa ajoneuvon ajo-ominaisuuksiin. Materiaaleina voi olla tekstiili-, aramid-, tai teräskudoksia. Ristikudosrenkaissa vyöpaketin sijaan käytetään puskuria tai pistosuoja, joka on kudusrungon ja kulutuspinnan väliin sijoitettava suojaava komponentti. Se suojaa kudusrungon vaurioiden syntyä kulutuspinnan ja olkapäälueen läpi kohdistuvilta pistoilta yms. Materiaalina voidaan käyttää tekstiili- tai teräskudosta. (Kivekäs, 2002)

Kudusrunko ottaa vastaan vetojännityksen, joka syntyy renkaan paineistuksesta. Materiaaleina voidaan käyttää erilaisia tekstiili-, aramid- tai teräskoordeja. Radial-renkaassa runkokoordit menevät renkaan keskilinjaan nähden noin 90° kulmassa, kun taas ristikudosrakenteessa koordilankojen kulma renkaan keskilinjaan nähden on alle 90°. (Kivekäs, 2002)

Jalka-alueella sijaitsee muun muassa kaapeli, jonka tehtävä on varmistaa renkaan vanteella pysyminen. Kaapelin ympäri kierretään kudusrungon koordikerroksia. Kierretyt koordikerrokset vaikuttavat rakenteen lujuuteen merkittävästi. Kaapelien materiaaleina käytetään pienen venymäsuhteen ja suuren lujuuden omaavaa teräslankaa. (Kivekäs, 2002)

Renkaan sisäpinnassa löytyy sisäkerroskumi, joka on yhdestä tai useammasta kumikerroksesta koostuva renkaan sisäpinnan muodostava kumikalvo, jonka tehtävänä on tehdä renkaasta ilmanpitävä (tubeless-renkaat), suojata mahdollista sisärengasta hiertymiltä ja estää kosteuden ja lian pääsy kudusrunkoon. (Kivekäs, 2002)

Renkaan komponenttien lopullinen asemoituminen ja sitä kautta renkaan eri alueiden toteutumat suunniteltuun nähden ovat keskeisessä roolissa renkaan tuotannollistamisessa. Sisäänajossa joudutaan usein säätämään komponenttien vahvuuksia ja leveyksiä eri koekierrosten välillä. Radial- ja ristikudosrenkaan pääalueet havainnollistetaan poikkileikkauksien avulla kuvassa 2.

Kuva 2. Renkaan rakenne (Nokian Renkaat Oy).



### 3 Projekti

Artto ym. (2006) kertoo projektin ja jatkuvan toiminnan välisistä eroista kirjassa Projektiliiketoiminta. On tärkeitä ymmärtää näiden erot. Erityisesti puhekielessä käytetään sanaa projekti usein virheellisesti.

Projektinhallinnan määritelmälle ei ole olemassa yleistä hyväksyntää, mutta Artto ym. määrittää projektin näin: ”Projekti on ennalta määritettyyn päämäärään tähtäävä, monimutkaisten ja toisiinsa liittyvien tehtävien muodostama ajallisesti, kustannuksiltaan ja laajuudeltaan rajattu ainutkertainen kokonaisuus.” (Artto ym., 2006, s. 29). Tämän työn kannalta projektin ainutkertaisuus näkyy projektin päämääränä. Päämäärä ja tuloksena saatava ristikudostuotteen sisäänajon tutkimus eroavat aikaisemmista projektien päämääristä.

#### 3.1 Tutkimusprojekti

Vastaavanlaista projektia ei ole aikaisemmin toteutettu Nokian Raskaalla Renkaalla. Tämän tutkimusprojektin tuote on erityisvaatimusten mukainen ja se on suunniteltu ja toteutettu yrityksen vaatimukset ja tarpeet huomioon ottaen. Tutkimusprojekti on ajallisesti rajattu, eli on määritelty aikataulu, joka pitää sisällään aloitus- ja päättymisajankohdan.

Päättymisajankohdalla tarkoitetaan sitä ajankohtaa, jolloin tämän tutkimuksen tulokset ovat

käytettävissä asiakkaalla. Projekti on myös kustannuksiltaan rajattu. (Artto ym., 2006, ss. 26–27)

Tämän työn osalta projektin kustannusten rajausta tarkoittaa esimerkiksi mahdollisuutta käyttää resursseja, kuten työn tekijän henkilötyötä ja aikaa. Projektin pitää pysyä ennalta määritetyssä budjetissa. Opinnäytetyö tutkimusprojektina on laajuudeltaan rajattu kokonaisuus, jossa on mukana TR Forest 2 -tuoteperheen neljä ensimmäistä rengaskokoa. Tuloksena toteutettavan tutkimuksen tulee täyttää sille ennalta asetetut vaatimukset. Nämä vaatimukset perustuvat projektiin kohdistettuihin tarpeisiin, eli tässä tapauksessa tutkittuun tietoon ristikudostuotteiden sisärajasta. Näistä on sovittu asiakkaan kanssa etukäteen. (Artto ym., 2006, s. 27)

### **3.2 Tuotekehitysprojekti**

Tuotekehitysprojektissa, jonka osaa opinnäytetyö käsittelee, on tarkoituksena tuoda tuotantoon 12 kappaletta uusia tuotteita. Projekti on siten valmis, kun viimeinenkin tuote on tuotantoon ja myyntiin vapautettu ja projektin lopetus tehty. Kyseessä olevalle projektille on varattu tietty budjetti. Budjettiin sisältyy muun muassa paistomuottien hankinta.

Paistomuotit ovat suurin investointi. Jokaiselle rengaskoolle on hankittava oma paistomuottinsa. Yksittäisen paistomuotin hintaluokka on useita kymmeniä tuhansia euroja. Valmiille tuotteille on määritelty hintataso millä niitä tullaan myymään. Tästä hinnasta pitää pystyä kattamaan muuttuvat kustannukset, joilla arvioidaan tuotteen valmistamiseen kuluva summa. Tuotteen myynnistä pitää myös jäädä katetta. Katteella maksetaan takaisin investointiprojektiin sijoitettua pääomaa ja kerrytetään varoja yhtiön kassaan. Tärkeätä siis on, että suunnitellussa aikataulussa pysytään, jotta takaisinmaksu ja voiton tuottaminen yritykselle saadaan käyntiin mahdollisimman nopeasti.

Projektin aikana on tärkeätä osata hahmottaa kokonaisuus niin aikataulun kuin lopputuloksena syntyvien tuotteiden kannalta. Aikataulusta on pidettävä kiinni, mutta samalla on pidettävä mielessä tuotettava lopputulos, eli lopulliset tuotteet. Valmistuvien renkaiden pitää pystyä täyttämään premium-valmistajalta vaadittu taso. Pähkinänkuoressa tämä tarkoittaa sitä, että tuotteen laadusta loppuasiakkaalle ei voida tinkiä aikataulun hyväksi. Lisäksi pitää huomioida renkaiden valmistettavuus olemassa olevien

laatuvaatimusten mukaisesti, jotta tuotteista tulee myös tuotannon kannalta sellaiset, joita pystytään valmistamaan tuottavasti.

## 4 Suunnittelu

Tuotekehityksen tärkeimpiä tehtäviä ovat olemassa olevien tuotteiden kehittäminen entistä paremmiksi ja uusien tuotteiden kehittäminen ja vieminen tuotannollisiksi tuotteiksi. Tämä puolestaan auttaa toteuttamaan yrityksen strategiaa. (Jokinen, 2010, s. 9)

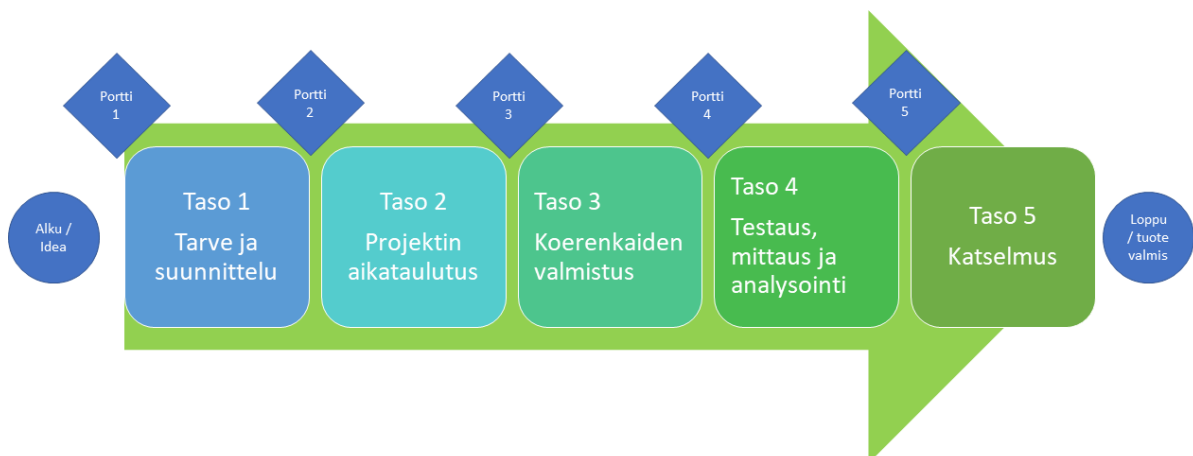
Nokian Raskailla Renkailla tuotekehityksen eri vaiheita ohjaa Stage-Gate -malli, jonka on kehittänyt tunnettu innovaatiojohtamisen tutkija, Robert G. Cooper. Cooper ajattelee tuotteen kehityksen prosessina, jota johdetaan minkä tahansa prosessin tapaan Stage-Gate -menetelmän kautta (Cooper, 1990, s. 45).

Robert G. Cooperin luomassa mallissa on kyse laajan projektin pilkkomisesta tasojen sarjoihin, joiden väleissä on portit. Portin kohdalla tarkastellaan projektin tilannetta ja päätetään jatkosta. Ennen kutakin porttia kerätään tietoa, vedetään se yhteen ja esitellään ryhmälle. Portti-vaiheessa saadun palautteen perusteella pystytään päättämään, miten projektin kannalta edetään ja kannattaako projektiin sijoittaa lisää rahaa. Tarkastelujen tavoitteena on tehdä päätös, päästetäänkö projekti portista eteenpäin, palautetaanko se aiemmalle tasolle vai lopetetaanko projekti kokonaan. (Cooper 1990, s. 46)

Yksinkertaistettuna esimerkkinä Stage-gate -menetelmästä voidaan käyttää yksittäisen renkaan tuotekehitysprosessia. Prosessin aikana jokaisen portin kohdalla tehdään päätös projektin etenemisestä ja suunnasta. Ensimmäisen portin kohdalla arvioidaan idean toteutuskelpoisuutta ja tarvetta. Mikäli tarve on olemassa, siirrytään ensimmäiselle tasolle, jossa aloitetaan alustava suunnittelu ja valmistettavuuden selvitys. Toisella portilla arvioidaan suunnittelun ja valmistettavuuden selvityksen perusteella, voidaanko koerengkaita alkaa aikatauluttamaan tuotannon ohjelmaan. Portilta numero 2 voidaan edetä seuraavalle tasolle, jossa tehdään varsinaiset aikataulut koerengaille ja tuotteiden myyntiin vapautuksille. Kolmannella portilla arvioidaan vielä tähänastista kokonaisuutta. Tämän jälkeen siirryttäessä koerenkaiden valmistus -vaiheeseen tasolle kolme, kulut nousevat konkreettisesti tehtävien koerenkaiden ja käytettävien resurssien osalta. Kolmannen tason

jälkeen portilla neljä todetaan, saatiinko koerenkaat ylipäätään tehtyä ja voidaanko siirtyä niiden testaamiseen, mittaamiseen ja analysointiin tasolle 4. Mikäli halutulle tasolle 4 on päästy ja vaaditut tehtävät suoritettu, voidaan arvioida niiden lopputulosta ja siirtyä katselmoimaan koerenkaat. Koerenkaiden katselmuksessa tasolla 5 päätetään renkaan jatkosta. Rengas voidaan karkeasti ajatellen hyväksyä tuotantoon ja myyntiin, tai se voidaan palauttaa jollekin aiemmalle tasolle. Kuvassa 3 näkyy yllä esitelty koerenkaan Stage-gate esimerkki.

Kuva 3. Stage-gate esimerkki.



Aikaisemmin Nokian Raskaalla Renkaalla on viety tuotekehitysprojekteja läpi mallilla, jossa tehdään tuotteet valmiiksi yksi kerrallaan. Rengaskokoja saman tuoteperheen sisällä on saattanut täten tulla valmiiksi huomattavasti hitaammalla aikataululla. Tämä on tarkoittanut käytännössä 1–3 kpl rengaskoon valmistumista per vuosi samaan tuoteperheeseen. Nokian TR Forest 2 tyyppisen tuoteperheen, jossa on 12 eri rengaskokoa, valmistumiseen on täten saattanut mennä aikaa esimerkiksi neljä vuotta. Tässä mallissa on myös vaarana, että kaikista tuoteperheen renkaista tulee keskenään hieman erilaisia. Suunnittelun perusteet ovat siten saattaneet olla keskenään poikkeavia ja suunnittelu on tehty pienemmissä osissa jatkuvasti säääten rengaskokojen valmistuessa. Tällä menetelmällä saadaan lopputuloksena

keskenään poikkeavan suunnittelun omaava tuoteperhe ja aikataulu venyy huomattavan pitkäksi. Tämä aiheuttaa muun muassa tuotantoon vapautuksen jälkeiselle ajalle haasteita, mikäli suurempien tuotantomäärien perusteella joku tai jotkut koot alkavat nousemaan asiakastytyvyyttä- tai tuotantolaadun tilastoissa korkeammalle.

Radial-renkaan tuotekehityksessä vietiin vuonna 2020 läpi projekti, joka piti sisällään uuden tuoteperheen. Tuoteperhe kantaa nimeä Nokian Ground King TL. Renkaat ovat radial-rakenteisia renkaita ja ne on tarkoitettu traktoreihin. Traktoreihin on olemassa useita visuaalisesti eri näköisiä renkaita. Renkaan pinnan näkyvää osaa, jonka kautta kontakti alustaan tapahtuu, kutsutaan renkaan pintamalliksi. Pintamalli voi olla esimerkiksi ripakuviainen, palakuviainen tai näiden kahden yhdistelmä. Perinteiset traktorinrenkaat ovat ripakuviaisia. Palakuviollisessa pintamallissa renkaan visuaalinen pinta koostuu toisistaan erillään olevista paloista. Yhdistelmäkuviassa näiden kahden pintamallin ominaisuudet on yhdistetty.

Ground King -renkaissa on yhdistetty ripa- ja palarenkaan parhaat ominaisuudet. Renkailla pystyy operoimaan monipuolisesti lähes kaikäntyyppisissä olosuhteissa. Näiden renkaiden tuotekehitysprojekti oli ensimmäisiä, jossa Nokian Raskailla Renkailla oli käytössä nykyinen malli tuoteperheen läpiviennistä tuotantoon. Ground King -projektin läpiviennistä tehtiin Lean Six Sigma Green Belt -työ. Työ käsittelee radial-renkaan sisäänajoprosessia ja sen nopeuttamista. Työn tekijänä toimi Raskaalta Renkaalta projekti-insinööri Päivi Kangas ja ohjaajana kehityspäällikkö Jukka Koskinen. Työhön sisältyy yhdentoista uuden tuotteen tuotannollistaminen. Saatuja tuloksia käytettiin hyödyksi, kun lähdettiin suunnittelemaan tämän opinnäytetyön aiheena olevien TR Forest 2 -renkaiden tuotekehitysprojektia. Tulosten perusteella lähdettiin suunnittelemaan TR Forest 2 -tuotekehitysprojektin aikataulua ja tekemään koevarauksia tuotantoon. Tästä eteenpäin käytän Lean Six Sigma Green Belt -työstä lyhennettä: LSS GB.

#### **4.1 Tutkimussuunnitelma**

Tuotekehitysprojekti on suurempi kokonaisuus, jonka osa tämä opinnäytetyönä tehtävä tutkimus on. Tutkimuksessa käytettiin hyödyksi laadullisen tutkimuksen menetelmiä. Laadullisen tutkimuksen yhtenä menetelmänä käytettiin analyysivetoista tutkimusta. Tässä

menetelmässä kerätystä aineistosta nousee esiin tutkimuksen tulokset. Tuloksia verrataan aiemmin saatuihin tuloksiin ja teorioihin. Tässä tapauksessa opinnäytetyön tuloksia verrataan LSS GB -työn tuloksiin. (Juhila Kirsi, n.d.)

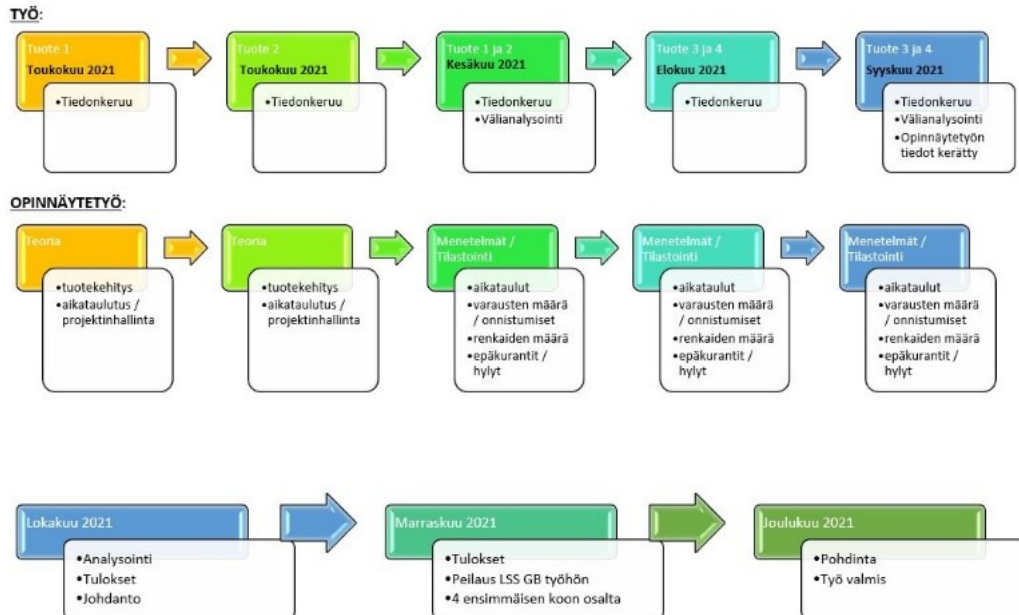
Ensimmäinen vaihe tutkimuksen alussa oli aikaisempaan tutkittuun tietoon tutustuminen. Tietolähteenä toimi aiemmin Nokian Raskaalla Renkaalla tehty LSS GB -työ radial-renkaan sisäänajoprosessista (Kangas, 2020). Kerättynä aineistona tutkimuksessa toimii TR Forest 2 -tuoteperheen tuotannollistamisen aikana kerätty tilasto. Tilastosta näkee kaikkien kahdentoista rengaskoon sisäänajon aikataulut ja tehtyjen renkaiden määrät. Tähän tutkimukseen on otettu huomioon kerätyt tiedot neljästä ensimmäisestä rengaskoosta. Tutkimuksessa käytettävää aineistoa on kerätty osittain opinnäytetyön kirjoittamisen kanssa saman aikaisesti. (Günther & Hasanen, n.d.)

Suunnitelman tekeminen aloitettiin alkuvuoden 2021 aikana, jolloin päätettiin tutkimuksen aihe, eli TR Forest 2 -sisäänajoprosessi. Tilaajayrityksellä oli tarve saada ristikudosrenkaan tuotannollistamisesta tutkittua tietoa tulevaisuuden tuotekehitysprojektien suunnittelun tueksi. Suunnitelmaan kuuluu myös tämän opinnäytetyön aikataulutus tekijän itsensä ja tilaajayrityksen tarpeen mukaisesti. Nokian Raskaiden Renkaiden puolelta aikatauluun ei asetettu varsinaista päivämäärää, koska työn tulisi olla valmiina. Työhön liittyvien uusien tuotteiden aikataulu olisi osaltaan määräävä tekijä, jotta tutkimusmateriaali olisi käytettävissä. Tekijän omaa aikataulutusta ohjasi vahvasti konetekniikan AMK-opiskelujen saattaminen päätökseen vuoden 2021 aikana. Nämä asiat huomioiden tehtiin tutkimukselle karkea aikataulu toukokuusta 2021 vuoden 2021 loppuun, joka esitellään kuvassa 4.



Kuva 4. Opinnäytetyön karkea aikataulu.

Jarno Halonen INKOM19A6, opinnäytetyön karkea aikataulutus 2021



## 4.2 Sisäänajon suunnitelma

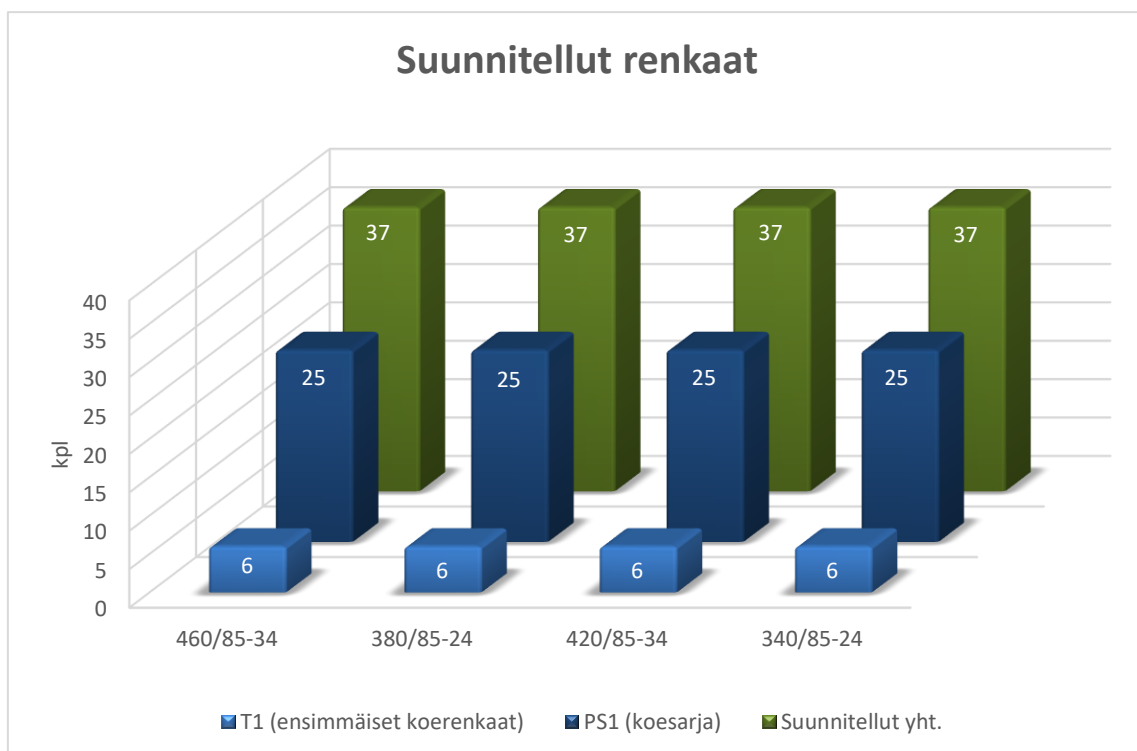
Tuotekehitysprojektin aikataulutuksesta tuotannollistamisen osalta vastaa projektipäällikkö. TR Forest 2 -projektissa projektipäällikkönä toimi Martti Keinonen, joka myös toimi tämän opinnäytetyön ohjaajana yrityksen puolelta. Sisäänajolle luotiin aikataulutus välille toukokuu 2021– helmikuu 2022. Tämä aikataulu piti sisällään kahdentoista rengaskoon koerengaskaiden valmistukseen tarvittavat koerengasvaraukset, joissa on huomioitu renkaisiin liittyvät testaukset ja katselmoinnit. Projektin jokaiselle rengaskoolle oli ennalta määritelty myyntiin vapauttamisen ajankohta yhteistyössä tuotehallinnan kanssa. Tuotehallinta on organisaatio, joka mm. hallitsee tuotteen elinkaarta.

Koerengasmääriä suunniteltaessa oli pohjatietona käytettävissä mm. radial-renkaiden sisäänajosta tehty LSS GB -työ. Työssä oli todettu yhdentoista radial-renkaan vaatineen noin 3 koevarausta per tuote (Kangas, 2020). Tuota määrää pidettiin punaisena lankana TR Forest

2 -koevarausten suunnittelussa. Tämä olisi se määrä mikä aiemman tutkimustuloksen pohjalta tulisi näiden tuotteiden sisäänajoon kulumaan, mikäli ristikudosrenkaiden sisäänajoprosessi käyttäytyy kuten radial-renkaan sisäänajoprosessi käyttäytyi LSS-GB-työn tulosten perusteella. Kaiken varalle projektipäällikkö varasi tuotannon suunnitelmaan ylimääräisiä optioita koevarauksille, jotka voidaan tarpeen vaatiessa ottaa käyttöön. Tuotannon suunnitelmaan on mahdollonta lisätä varauksia alle neljän viikon varoitusajalla. Suunnitelmasta voidaan helposti poistaa varsinaisia ja optionaalisia varauksia, mikäli niille ei ole tarvetta. Tämä johtuu siitä, että sisäänajon aikana renkaiden kysyntä on erittäin korkealla tasolla ja tuotannon kapasiteetti on rajattu.

Taulukossa 2 näkyy suunniteltujen renkaiden ja koevarausten määrät neljän ensimmäisen rengaskoon osalta. TR Forest 2 neljälle ensimmäiselle rengaskoolle varattiin kullekin tuotannon ohjelmaan kaksi koevarausta. Ensimmäinen koevaraus, T1, pitää sisällään yhteensä yhden koerengaskierroksen, jonka aikana tehdään kaksi tai kolme variaatiota rengasmäärän ollessa yhteensä kuusi kappaletta. Toinen varaus, PS1, on tarkoitettu 25 kpl esisarjalle.

Taulukko 2. Suunnitellut renkaat.



Koesarjan perusteella tehdään päätös renkaan tuotantoon ja myyntiin vapauttamisesta. Näiden varauksien lisäksi oli optiona käyttää varmuuden vuoksi tehdyt varaukset tuotannon suunnitelmasta.

Ennalta valmistautuminen tuotekehitysprojektiin tehtiin rakennekatselmuksin, aikaisemman TR Forest -tuoteperheen vulkanoitumisaikojen analyysillä, LSS-GB-työn tuloksiin tutustumalla sekä ottamalla huomioon muiden tuotteiden ongelmat tuotannossa vastaavilla rakenteilla. Näiden menetelmien ja analyysien perusteella saatiin paras mahdollinen tieto, jotta tuotekehitysprojekti onnistuisi. Taulukointi tehtiin MS-Exceliin, joka tallennettiin yrityksen tietokantaan. Taulukosta löytyy koontisivu ja jokaiselle tuotteelle tarkempi yhteenveto sisäänajosta.

Kestäväkehitys otettiin huomioon jo tuoteperheen suunnittelussa. Kestävän kehityksen peruselementteihin kuuluu ekologinen, taloudellinen ja sosiaalinen & kulttuurinen kestävyys (Ympäristöministeriö, n.d.). TR Forest -renkaat ovat sisärenkaalla käytettäviä ja korvaavasta tuotteesta haluttiin tehdä sisärenkaaton, eli tubeless-rengas. Pelkästään tällä muutoksella tuotteeseen, pystyttiin vähentämään raaka-aineiden ja energian käyttöä valmistuksessa, koska sisärengasta ei tarvitse uuteen TR Forest 2 -tuotteeseen erikseen valmistaa. Uuteen tuoteperheeseen tehtiin myös kattavat vulkanoitumiskokeet, joissa määritettiin jokaiselle TR Forest 2 -rengaskoolle optimoitu vulkanoitumisaika. Näin pystytään vähentämään energian käyttöä renkaiden valmistuksessa. TR Forest 2 -sisäänajojen yhteydessä kokeiltiin myös erilaisia kumisekoituksia, joissa käytettiin kierrätysmateriaaleja. Näiden kokeilujen mukanaan tuomat hyödyt pystytään realisoimaan tulevaisuudessa renkaan materiaalityöväen vähenemisellä kierrättämisen myötä.

Neljän ensimmäisen TR Forest 2 koon osalta myyntiin vapauttamisen aikataulu ajoittui kesälle 2021– syksylle 2021. Ideaalinen tilanne olisi, että prosessia saataisiin vietyä eteenpäin täysin suunnitelman mukaan, jotta yllätyksille varattu aika olisi käytettävissä. Suunnitelman toteutuessa vältyttäisiin myös useamman koon samanaikaiselta tekemiseltä. Silloin mahdollisiin muutoksiin esimerkiksi renkaan rakenteessa pystyttäisiin reagoimaan ja nuo muutokset pystyttäisiin vielä ottamaan huomioon muissa saman tuoteperheen renkaissa. Tällöin kaikissa projektin renkaissa olisi käytössä toisiaan vastaavat suunnittelun periaatteet ja renkaat olisivat keskenään hyvin samanlaisia.

Kahdelle ensimmäiselle koolle varattiin optionaalisia testivaroja 2 kpl molemmille. Nämä olivat meillä valmiina suunnitelmassa ja ne tulisi ottaa käyttöön, mikäli tarve niin vaatisi. Toisaalta, mikäli niitä ei tarvittaisi, olisi mahdollista saada tuotteet vapautettua myyntiin etujassa ja aikaistettua seuraavien kokojen sisäänajoa. Aikataulun aikaistaminen vaatisi myös tarvittavien materialististen resurssien saatavilla oloa, kuten esimerkiksi paistomuottien.

Sisäänajon suunnittelussa pitää huomioida myös eri sidosryhmät ja heiltä käytettävissä olevat resurssit. Sidosryhmien vaikutus tuotteen sisäänajossa on merkittävä. Pitkä urani Nokian Raskaan Renkaan palveluksessa on luonut hyvät suhteet sidosryhmiin, joiden kanssa työskennellään uuden tuoteperheen syntymisen eri vaiheissa. Olen toiminut projekti-insinöörinä 4.1.2021 alkaen. Tuossa vaiheessa TR Forest 2 -tuotekehitys oli jo startannut. Kyseisen position alusta saakka on ollut selvää, että tulen työskentelemään juuri tämän tuoteperheen tuotannollistamisessa projekti-insinöörinä. Seuraavaksi esittelen renkaan sisäänajoprosessin kannalta tärkeimmät sidosryhmät.

Tuotehallinta määrittää uusien tuotteiden tai vanhojen kehittämisen tarpeen, mikäli kyseessä on suurempi muutos, kuten tässä tapauksessa TR Forest -tuoteperheen päivittäminen kauttaaltaan uudeksi TR Forest 2 -tuoteperheeksi. Heidän kanssaan sovitaan lanseerauksen aikatauluista ja koska tuotteita voidaan alkaa toimittamaan asiakkaille.

Tuotekehitys suunnittelee ja toteuttaa tuoteprojektit. Tämä pitää sisällään monia eri vaiheita aina designista rakenteen suunnittelun kautta renkaan katselmukseen. Tuotekehityksen yhteydessä toimii myös rakennekehitys.

Rakennekehityksessä suunnitellaan renkaaseen rakenne, joka kestää siihen kohdistuvat rasitukset ja voimat. Rakennetta suunniteltaessa pitää huomioida mitoituksessa rengasnormien toteutuminen. Suunnittelussa käytetään apuna muun muassa lujuuslaskennan malleja, sekä FEM-analyysijä. Kokonaista tuoteperhettä suunniteltaessa pitää ottaa huomioon erilaisten rengaskokojen väliset vaatimukset ja eroavaisuudet toisiinsa nähden, sekä luoda mahdollisimman yhtenäinen tuoteperhe, jossa toteutuisi samat suunnittelun perusteet. Tämä helpottaa esimerkiksi tuotteiden valmistusta

normaalituotannossa, kun komponenttien määrä pysyy maltillisena. Rakennekehityksen edustaja osallistuu koerengaskatselmuksiin.

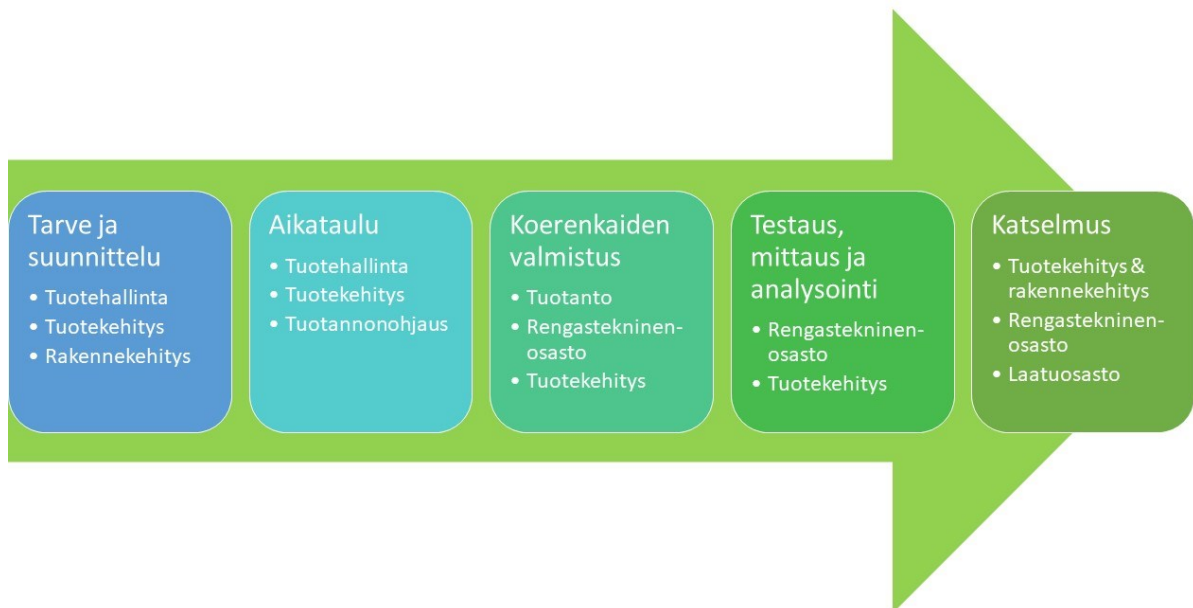
Koerenkaat aikataulutetaan tuotannon suunnitelmaan tuotannosuunnitteluinsinöörin kanssa yhteistyössä. TR Forest 2 kohdalla tuotantosuunnitelmaan laitettiin ensin karkea aikataulu jokaiselle koerengasvaraukselle. Tätä suunnitelmaa tarkennettiin viikoittain, jotta tuotanto pystyi varaamaan riittävän kapasiteetin ja materiaalit tuotekehityksen koevarauksille.

Rengasteknisen-osaston (RTO) teknikot mittaavat tuotannossa koerenkaiden materiaalit ja tarkastavat koneasetukset. Lisäksi he valvovat, että koerenkaat tehdään oikein vaihe vaiheelta. Tämän lisäksi RTO tarkastaa valmiit renkaat, suorittaa tarvittavat testit, ottaa näytteet, mittaa näytteet ja dokumentoi tulokset katselmusta varten. Teknikoiden tekemillä mittauksilla ja huomioilla on erittäin tärkeä rooli uusien tuotteiden tuotannollistamisvaiheessa. Rengastekniikassa tehdään koerenkaiden konereseptit ja koneohjelmat, sekä osallistutaan koerenkaiden katselmuksiin.

Laadun edustajana toimii koerenkaiden katselmuksissa laatuinsinööri, jonka tehtävänä on toimia niin laadun, kuin tuotannonkin edustajana. Mikäli koerenkaiden visuaalinen laatu tai valmistettavuus ei ole riittävällä tasolla tuotetta ei pystytä vapauttamaan tuotantoon.

Katselmuksia varten tuotekehityksen projekti-insinööri käy tehdyt koerenkaat tarkkaan läpi, sekä analysoi niistä tehdyt testit, mittaukset ja havainnot. Katselmuksessa projekti-insinööri toimii palaverin vetäjänä, osallistuu päätösten tekemiseen ja kirjaa ne. Katselmuksissa on läsnä projekti-insinöörin ja projektipäällikön lisäksi rengastekniikan insinööri, laatuosaston / tuotannon edustaja sekä tuotteen rakenteen suunnittelija. Tästä palaverista syntyy päätökset, miten tuotteen kanssa tullaan etenemään. Uusituote – projektien katselmuksissa on vaihtoehtoina päättää lisäkokeiden teettämisestä katselmuksessa tehdyillä päätöksillä tai tuotantoon ja myyntiin vapauttaminen. Päätökset tallennetaan yhtiön tietokantaan, josta löytyy tuotteen koko historia. Kuvassa 5 näkyy eri sidosryhmät ja niiden liittyminen eri vaiheisiin sisäänajossa.

Kuva 5. Sidosryhmien yhteys.



## 5 Toteutus

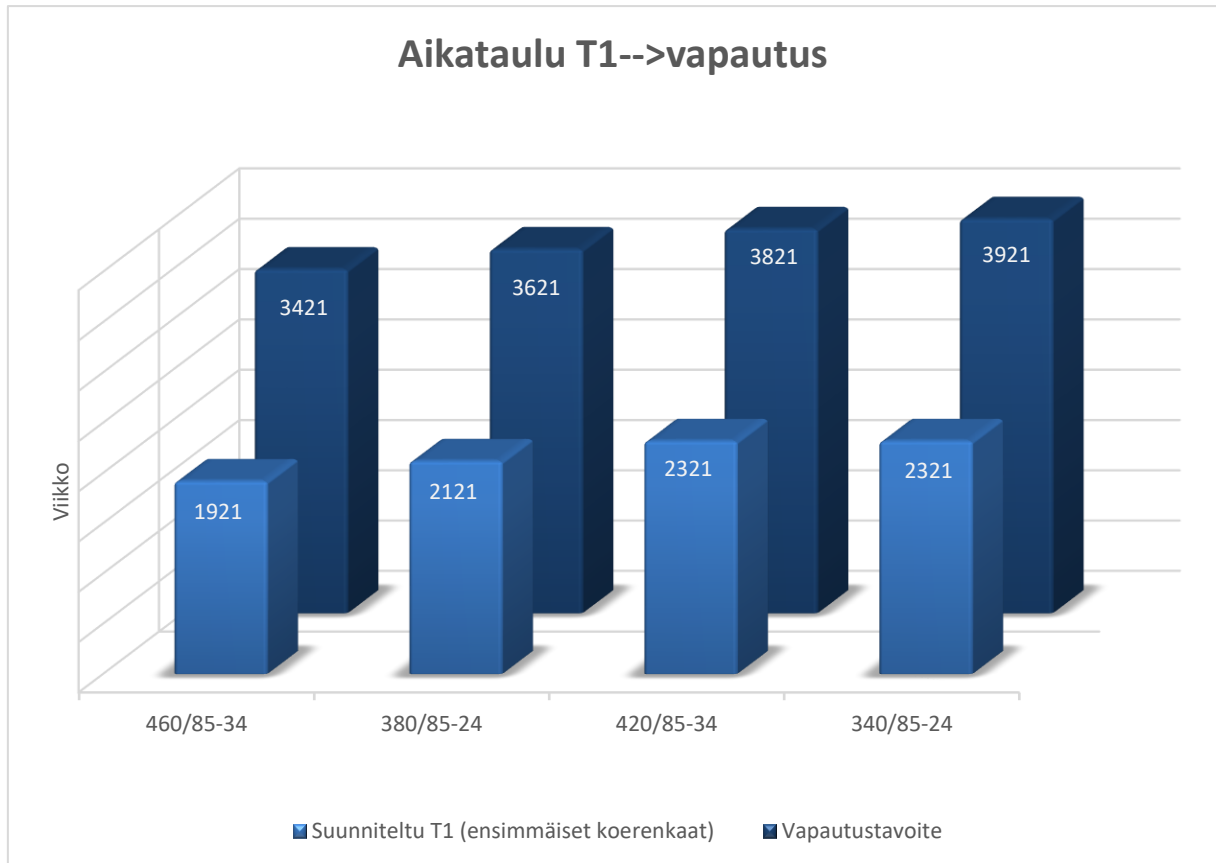
Tuotannollistamisen toteutukseen vaikuttaa tuotantotilanteen lisäksi tuotteen myyntiin- ja tuotantoon vapautuksen ajankohta. Tämä ajankohta oli sovittu yhteistyössä tuotehallinnan kanssa. Tuon kyseisen ajankohdan jälkeen tuotetta voidaan myydä asiakkaille. Tuotteen vapautus hyväksytään esisarjan katselmuksessa. Toteutuksessa noudatetaan suunniteltua aikataulua ja pysytään rengasmäärässä, joka maksimissaan sisäänajoon on varattu.

### 5.1 Aikataulu

TR Forest 2 kohdalla ensimmäisten kokojen koerenkaiden T1 aikataulut ajoittui keväeseen ja kesään 2021. Tuotteiden suunnitellut vapautuspäivämäärät oli määritelty loppukesän ja syksyn 2021 ajalle. Neljälle ensimmäiselle tuotteelle oli varattu sisäänajolle aikaa 15–16 viikkoa. Tuon ajan puitteissa pitäisi jokainen rengaskoko saada hyväksytyllä tasolla tuotantovalmiiksi, jotta myynti voi alkaa suunnitellusti. Sisäänajoaika sisältää kullekin tuotteelle tarvittavat koevarukset, joissa tarvittava määrä renkaita valmistetaan. Taulukossa

3 nähdään koerenkaiden ja vapautuksien suunniteltu aikataulu viikon tarkkuudella vuonna 2021.

Taulukko 3. Suunniteltu aikataulu.

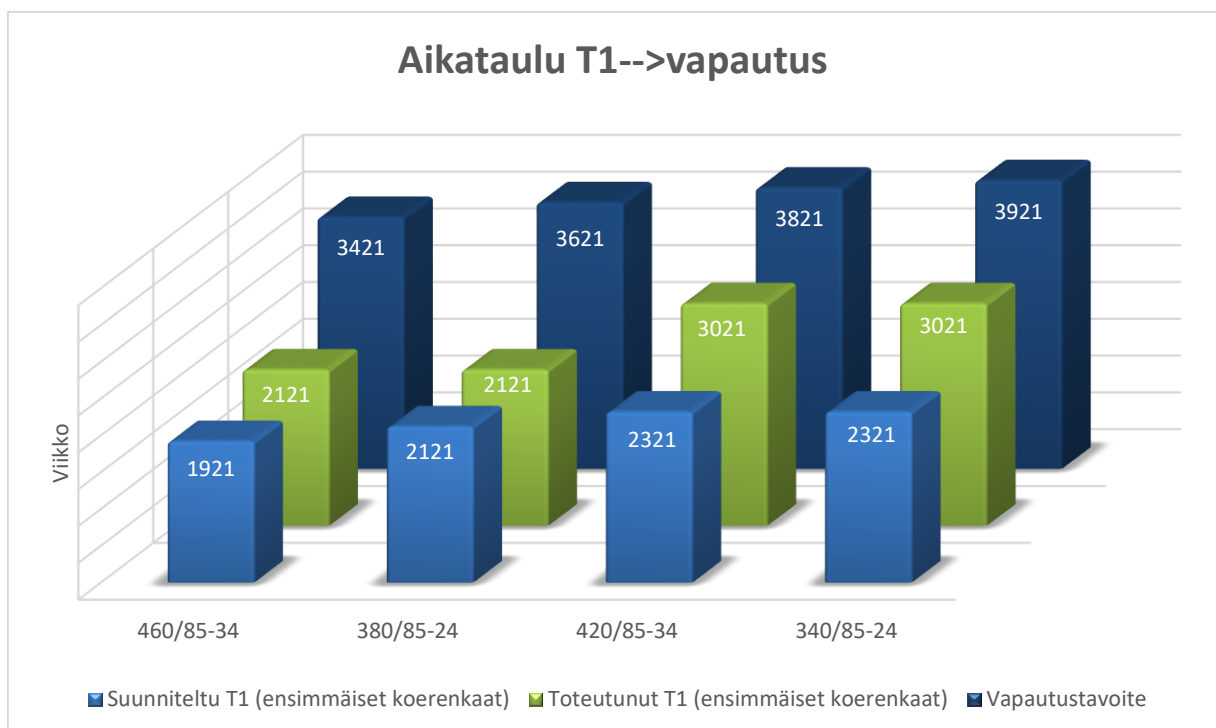


Vuosi 2021 oli erityinen maailman laajuisen Covid 19 pandemian vuoksi. Tuttavallisemmin Korona-virus vaikutti globaalisti muun muassa rahtiliikenteeseen ja teollisiin toimijoihin. TR Forest 2 -sisäänajokaan ei viruksen vaikutuksilta säästynyt. Muottitoimitukset toiselta puolelta maapalloa viivästyivät useaan otteeseen osittain niiden valmistajasta johtuvista viivästyksistä ja osittain logististen haasteiden vuoksi. Kokonaisuutena muottitoimitusten aikataulujen venyminen haastoi alkuperäistä aikataulua, johon oli huomioitu normaalit muottien toimitusajat. Käytännössä myöhästymiset johtivat TR Forest 2 -sisäänajon aloituksen myöhästymiseen, sekä ensimmäisten kokojen aikataulujen kiristymiseen. Lisäksi aikataulujen kiristyminen lisäsi riskiä aikataulussa pysymiselle.

Ensimmäisenä tehtävän tuotteen 460/85-34 sisäänajo viivästyi kahdella viikolla. Samalla se tarkoitti myös sitä, että molempien kahden ensimmäisen rengaskoon, 460/85-34 ja 380/85-24, koerenkaat tulitisiin tekemään samanaikaisesti. Näin oli huvennut mahdollisiin muutoksiin budjetoitu kahden viikon reagointiaika pois kokojen valmistuksen väliltä. Tämä kahden viikon myöhästymisen heti alussa tarkoitti myös suoraan TR Forest 2 -tuoteperheen sisäänajoon budjetoidun kokonaisajan pienenemistä.

Seuraavien tuotteiden 420/85-34 ja 340/85-24 kohdalla paistomuottien viivästymisen aiheutti merkittävän aikataulun kiristymisen. Sisäänajoille oli seitsemän viikon myöhästymisen johdosta aikaa enää 8–9 viikkoa ennen suunniteltua tuotteiden vapautusta. Seitsemän viikon aikataulumuutos pitää sisällään neljä viikkoa muottitoimituksesta johtuvaa myöhästymistä ja kolme viikkoa tuotannon seisokkia, joka alkoi juuri muottien saavuttua. Taulukosta 4 nähdään muottitoimitusten vaikutus sisäänajon ensimmäisten koerenkaiden valmistukseen.

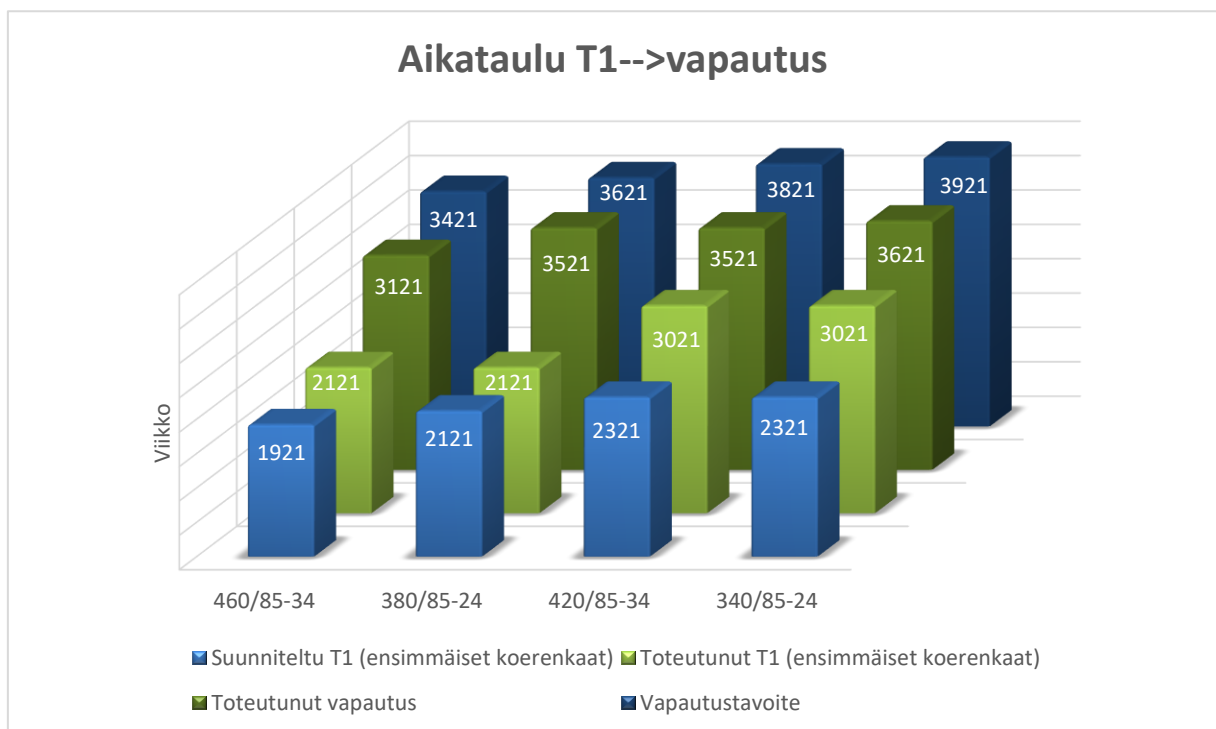
Taulukko 4. Muottitoimitusten vaikutus aikatauluun.





Viivästyksistä huolimatta alkuperäinen tuotteiden tuotantoon- ja myyntiin vapautuksen aikataulu pidettiin ennallaan. Koerengkaita tehtiin kahden viikon välein per tuote ja viikoittain tehtiin useampaa kokoa kerralla. Vapautuksen aikatauluissa pysyttiin ja jopa alitettiin budjetoitu tavoite. Ensimmäinen rengaskoko 460/85-34 saatiin vapautettua viikolla 31 päivämäärän ollessa 5.8.2021. Suunniteltua vapautusta pystyttiin edistämään täten kolme viikkoa. Koesarja, jonka katselmuksen perusteella vapautus voitiin tehdä, saatiin valmistettua jo viikolla 24. Katselmusta jouduttiin siirtämään viisi viikkoa eteenpäin kesälomien vuoksi. Toisena aloitettu 380/85-24 saatiin vapautettua viikkoa ennen suunniteltua viikolla 35 vuonna 2021. Kolmantena ja neljäntenä tehtyjen kokojen 420/85-34 ja tämän koon eturenkaan 340/85-24 sisäänajot aloitettiin viikolla 30. Vapautukset näille kahdelle tuotteelle tehtiin viikoilla 35 ja 36. Taulukko 5 esittää toteutuneen aikataulun ensimmäisistä koerengkaista T1, koesarjan vapautukseen saakka.

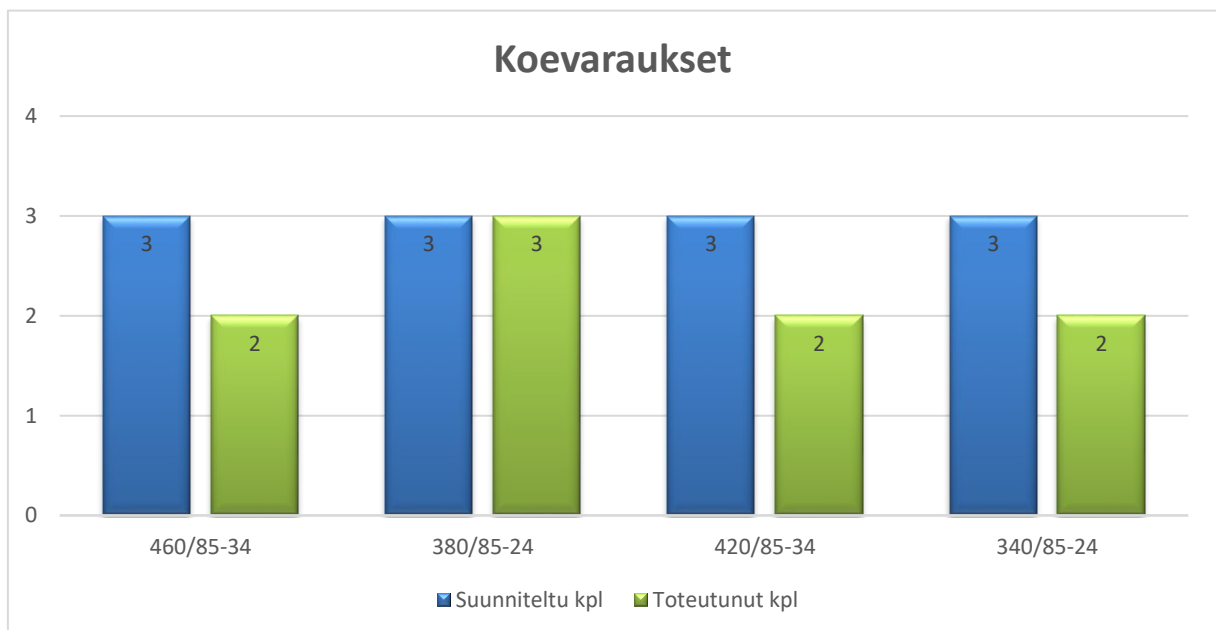
Taulukko 5. Toteutunut aikataulu.



## 5.2 Koevaraukset

Neljästä rengaskoosta ensimmäisten koerenkaiden jälkeen päästiin koesarjaan kolmen kohdalla. Koon 380/85-24 kohdalla jouduttiin käyttämään yksi ylimääräinen koevaraus. Tämä tarkoitti sitä, että kyseiselle tuotteelle suunniteltu koevarausten määrä tullaan käyttämään kokonaisuudessaan. Käytännössä T1-koerenkaiden katselmuksessa päätettiin, että renkaan poikkileikkaus ei ole riittävällä tasolla, jotta voitaisiin valmistaa esisarja. Siitä syystä valmistettiin T2-koerenkaat, joiden perusteella voitiin valmistaa esisarja. Renkaan poikkileikkauksen säätö tapahtui luvussa 2.2 esiteltyä ristikudosrenkaan kudusrunkoa muokkaamalla. T2-kokeiden perusteella voitiin valmistaa esisarja, joka vapautettiin 2.8.2021 viikolla 35. Aikataulussa pysyminen vapautuksen suhteen on esitetty taulukossa 5. Renkaiden 420/85-34 ja 340/85-24 kohdalla edettiin kahden koekierroksen jälkeen vapautukseen. Mikäli olisimme joutuneet tekemään T2-koerenkaat, olisi alkuperäinen tuotteiden myyntiin vapautus aikataulu ollut vaarassa jäädä toteutumatta. Tuote 420/85-34 vapautettiin 2.8.2021 viikolla 35 ja 340/85-24 vapautettiin 9.9.2021 viikolla 36. Taulukossa 6 esitellään TR Forest 2 neljän ensimmäisen rengaskoon vapauttamiseen tehtyjen koevarausten kappalemäärät.

Taulukko 6. Koevaraukset.



### 5.3 Reflektointi Lean Six Sigma Green Belt

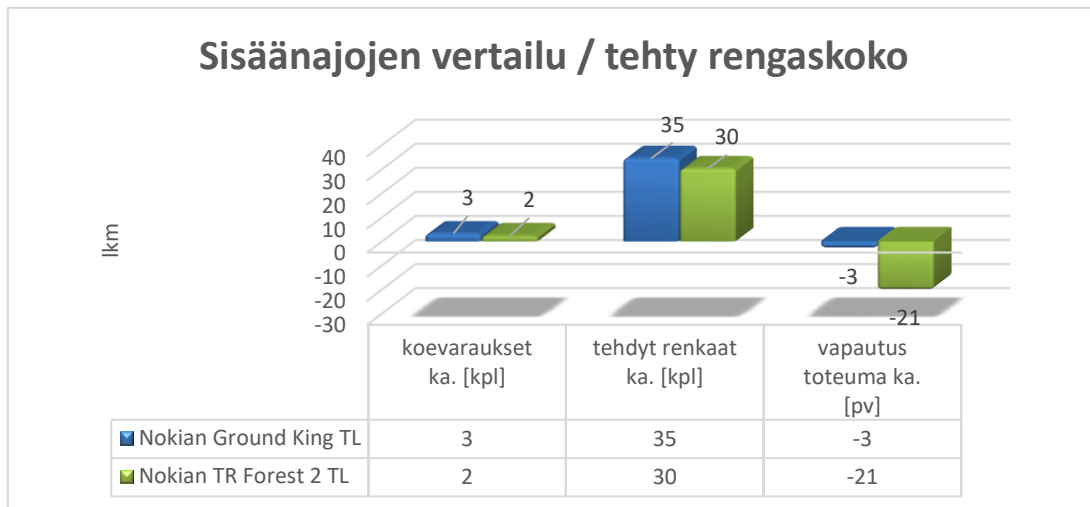
Kerättyjen tilastojen pohjalta voidaan suorittaa vertailua tehtyjen radial- ja ristikudosrenkaan sisäänajojen välillä. Aiemmin on jo todettu, että radial-renkaan sisäänajosta on tehty LSS GB -työ. Kyseisessä työssä tilastoitiin Ground King -tuoteperheen sisäänajoon käytetyt koerengasvaraukset, tehtyjen renkaiden lukumäärä ja vapautusaikataulun toteutuminen yhdentoista rengaskoon osalta (Kangas, 2020). TR Forest 2 sisäänajon aikana on kerätty vastaavat tiedot neljästä ensimmäisestä rengaskoosta. TR Forest 2 -tuotteita viedään tuotantoon yhteensä 12 kappaletta.

Koerengaille tehtyjä koevarauksia käytettiin Ground King -renkaiden sisäänajossa keskiarvoisesti 3 kpl yhtä rengaskokoa kohti. Tämä luku pitää sisällään kaikki yhteen kokoon käytetyt varaukset, jotta koko on saatu hyväksytyä tuotantokelpoiseksi. TR Forest 2 -sisäänajon neljään ensimmäiseen rengaskokoon käytettiin keskiarvoisesti 2 koevarausta per koko, jotta tuote saatiin hyväksytyä tuotantokelpoiseksi.

Yhden rengaskoon hyväksymiseen tuotantokelpoiseksi tehtiin Ground King -tuotteiden sisäänajossa keskiarvoisesti 35 rengasta (Kangas, 2020). Vastaava luku TR Forest 2 -tuotannollistamisessa on 30 rengasta. Sisäänajoissa tehdyt renkaat pitivät sisällään mahdolliset markkinoinnin tarkoituksiin tehdyt renkaat.

Aikataulullisesti vertailtavana olevat radial- ja ristikudostuote käyttäytyvät tuotantoon ja myyntiin hyväksymisen osalta kerätyn tilaston perusteella niin, että radial-renkaan sisäänajossa tavoiteltu tuotteen vapautus on pystytty tekemään keskiarvoisesti kolme päivää suunniteltua aiemmin (Kangas, 2020). Ristikudostuotteen osalta sisäänajon neljän ensimmäisen koon laskettu keskiarvoinen vapautuksen toteuma on 21 päivää suunniteltua aiemmin. Taulukossa 7 on esitettyä Ground King ja TR Forest 2 sisäänajojen vertailu.

Taulukko 7. Sisäänajojen vertailu.



## 6 Tulokset

Kerättyjen tilastojen perusteella saadaan selville tämän tutkimuksen varsinaiset tulokset. Tulokset kertovat miten TR Forest 2 -tuotekehitysprojektin neljän ensimmäisen renkaan kohdalla sisäänajo onnistui suunnitelmaan nähden.

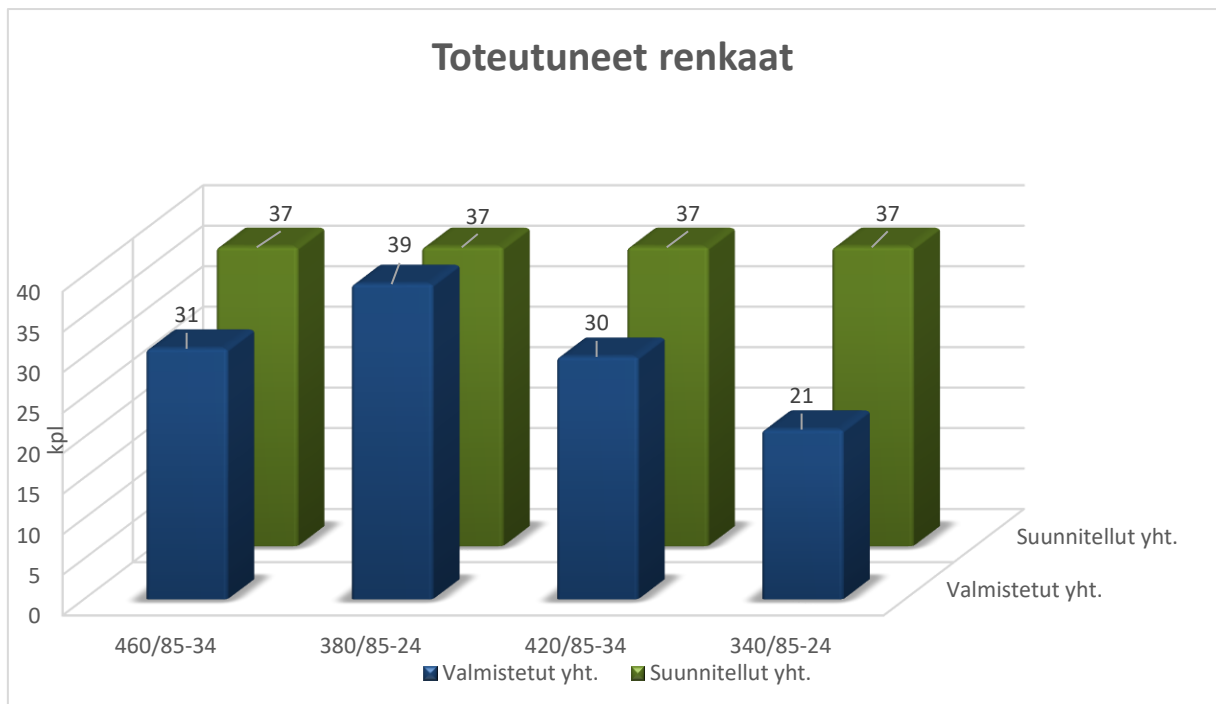
### 6.1 Koevaraukset

Koevarausten suhteen suunniteltu koevarausten määrä pystyttiin alittamaan yhdellä kappaleella tuotteiden 460/85-34, 420/85-34 ja 340/85-24 kohdalla. Tuotteeseen 380/85-24 käytettiin kaikki varaukset, joita oli suunniteltu kolme kappaletta. Tämä käy ilmi taulukosta 6 luvussa 5.3. Suunniteltua vähäisempi varausten määrä tarkoittaa käytännössä pienempää koerengaiden määrää, joka taas tuo kustannussäästöä yritykselle niin materiaalien, kuin resurssienkin osalta. Lisäksi investointiprojektin takaisinmaksu päästään aloittamaan suunniteltua aikaisemmin näiden tuotteiden osalta.

Tehtyjen renkaiden määrät, mitä tuotteiden sisäänajoissa valmistettiin, pysyivät hyvin budjetoiduissa määrissä. Jokaiselle rengaskoolle oli varattu 37 kpl renkaita sisäänajon tarpeisiin. Ainoastaan tuote 380/85-24 ylitti sille suunnitellun kappalemäärän kahdella

renkaalla. Kyseiseen tuotteeseen jouduttiin käyttämään kolme koevarausta, kun muihin käytettiin kaksi. Tämän lisäksi tuotteen 380/85-24 toisena tehdyssä koerenkaissa otettiin huomioon neljä ylimääräistä rengasta, mitkä tarvittiin tuoteperheen markkinointikuvauksiin. Ilman näitä neljää ylimääräisinä tehtyä rengasta tämäkin tuote olisi alittanut sille budjetoidun rengasmäärän kahdella renkaalla. Tuotteiden 460/85-34 ja 420/85-34 rengasmäärät olivat sisäänajossa 30 ja 31 kappaletta. Tuotteen 340/85-24 rengasmäärä oli vain 21 kappaletta, koska esisarjasta jouduttiin tuotannosuunnittelun pyynnöstä tekemään alkuperäistä suunnitelmaa pienempi. Taulukko 8 esittää valmistettujen renkaiden määrän suunniteltuihin verrattuna.

Taulukko 8. Toteutuneet renkaat.

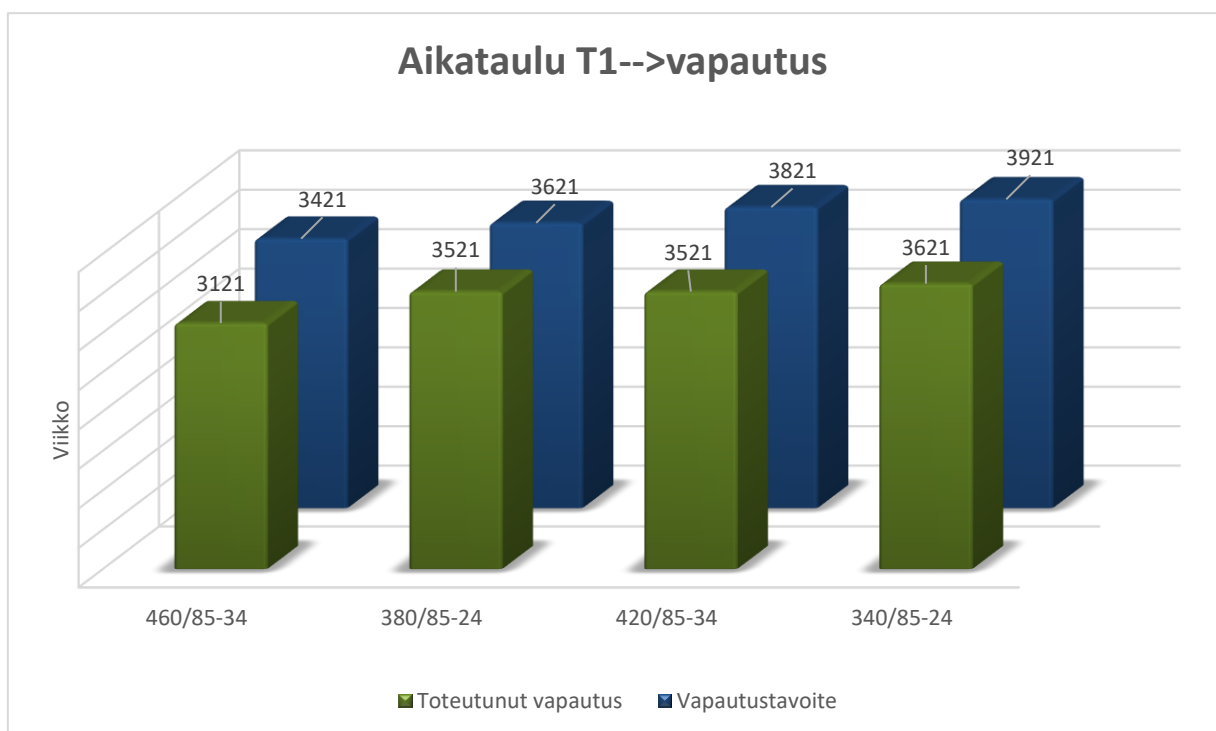


## 6.2 Aikataulu

Aikataulullisesti kaikkien neljän tuotteen osalta suunniteltu tuotteiden vapautus pystyttiin tekemään etuajassa, kuten nähdään aiemmin esitetyssä taulukosta 5 luvussa 5.3.

Suunnitellun aikataulun toteutuminen oli vaarassa erityisesti muottitoimitusten viivästymisten vuoksi. Muottitoimituksiin vaikutti erityisesti Covid-19 pandemia, jonka vaikutukset on esitelty kappaleessa 6.1. Haasteista huolimatta aikataulua saatiin edistettyä tuotteen 460/85-34 kohdalla kolme viikkoa, tuotteen 380/85-24 kohdalla yksi viikko, tuotteella 420/85-34 kolme viikkoa ja tuotteen 340/85-24 kolme viikkoa. Taulukosta 9 nähdään vapautuksen aikataulun edistäminen tuotteittain viikkotasolla suhteessa suunniteltuun.

Taulukko 9. Tuotteiden vapautukset.



Verrattaessa TR Forest 2 -sisäänajon onnistumista aiemmin tehtyyn Ground King - tuoteperheen sisäänajoon neljän ensimmäisen koon osalta, voidaan todeta yhtäläisyyksiä löytyvän. Tehtyjen renkaiden keskiarvoinen kappalemäärä yhtä koevarausta kohti on tuotteella Ground King 35 kpl ja tuotteella TR Forest 2 30 kpl. Molempien tuoteperheiden tähänastiset vapautukset on pystytty toteuttamaan suunniteltua aiemmin. Käytettyjen koevarausten määrät ovat myös hyvin lähellä toisiaan niiden ollessa tuotteella Ground King

kolme ja tuotteella TR Forest 2 kaksi kappaletta. Verrattaessa tuloksia tuoteperheiden välillä pitää ottaa huomioon sisäänajettujen tuotteiden lukumäärät.

## 7 Pohdinnat

Opinnäytetyön päämääränä oli selvittää raskaan ristikudosrenkaan sisäänajoon tarvittavien koevarausten ja koerenkaiden määrät Nokian TR Forest 2 -sisäänajoprosessin aikana neljälle ensimmäiselle rengaskoolle, sekä saada tutkittua ja dokumentoitua tietoa yrityksen käyttöön sisäänajovaiheen aikataulutuksesta. Tuloksia verrattiin radial-rakenteisen renkaan sisäänajosta tehtyyn LSS GB -työn tuloksiin.

Tiedon keräämiseen oli varattu aikaa viisi kuukautta sisältäen vuosilomat ja tuotantoseisokit. Tämä aika oli riittävä, sillä tuona aikana saatiin haasteista huolimatta sisäänajo neljälle tuotteelle tehtyä suunnitellusti. Työn kirjoittamiseen oli varattu aikaa kahdeksan kuukautta.

Tuotteiden sisäänajojen kannalta laaditut aikataulut, käytettyjen koevarausten määrät ja tehdyt koerenkaat toteutuivat suunnitellun mukaisesti ja jopa alittivat alkuperäiset suunnitelmat. Mikäli Covid-19 ei olisi myöhästyttänyt muottitoimituksia, olisi toteutunut aikataulu alittanut suunnitellun vieläkin enemmän. Täten voidaankin todeta, että riskienhallinta oli otettu huomioon riittävällä tasolla tuotekehitysprojektia suunniteltaessa. Tulevaisuudessa vastaavan laajuisissa projekteissa kannattaa kuitenkin kartoittaa mahdollisuus hankkia paistomuotit Suomea lähempänä olevista maista, jotta niiden logistinen matka kohdemaahan olisi lyhyempi. Vaihtoehtoisesti voidaan miettiä nykyisen muottien alkuperämaan ja Suomen välisen logistiikan nopeuttamista esimerkiksi käyttämällä lentorahtia. Tämä vaihtoehto lisää tosin kuljetuskustannuksia ja suurentaa hiilijalanjälkeä.

Opinnäytetyöhön sisältyvät tuotteet tarvitsivat onnistuneeseen sisäänajoon keskiarvoisesti kaksi koevarausta. Mikäli halutaan toteuttaa tuotteiden sisäänajoja nykyisellä mallilla, missä tehdään koerenkaat ennen tuotannon esisarjaa, niin varausten määrä ei voi olla pienempi. Simuloinnin kehittyessä tulevaisuudessa voisi olla mahdollista päästä tilanteeseen, jossa olisi mahdollista valmistaa ainoastaan tuotannon esisarja tuotannollisuuden toteamiseen ja tarvittaviin testeihin.

Käytettyihin koevarausten määriin päädyttiin koerenkaiden toteuman perusteella. Suunnitellut määrät olivat riittävät. Tarvittava määrä koevarauksia tehtiin, mutta ei yhtään ylimääräistä. Tuotteet saatiin riittävälle tasolle, jotta ne pystyttiin vapauttamaan tuotantoon ja myyntiin. Kaikille TR Forest 2 -tuotteille tullaan pitämään vastuuajakatselmukset, kun kutakin rengasta on valmistettu normaalissa tuotannossa noin 150 kpl. Tässä katselmuksessa käydään läpi laadun toteutuminen ja mahdolliset esiin nousseet haasteet tuotannossa ja asiakkailla. Mahdollisten esiin nousevien parannusta vaativien seikkojen pohjalta voidaan käynnistää tuotteen tai tuoteperheen parannusprojekti. Tässä projektissa pyritään parantamaan tuotetta tai tuoteperhettä halutulle tasolle.

Ristikudosrenkaan sisäänajoprosessin reflektointi radial-renkaan sisäänajoprosessiin tehtiin asetelmassa, jossa ristikudosrenkaita tehtiin valmiiksi neljä kappaletta ja radial-renkaita yksitoista kappaletta. Tämän tuloksen perusteella ristikudosrengas saadaan pienemmällä koevarausten ja tehtyjen renkaiden määrällä vietyä läpi sisäänajoprosessin. Aikataulullisesti ristikudosrengas pystytään tämän otannan perusteella vapauttamaan tuotantoon ja myyntiin huomattavasti suunniteltua aikaisemmin verrattuna radial-renkaan suunnitelmaan ja toteutuneeseen aikatauluun. Rengastyypin sisäänajojen tuloksia keskenään verrattaessa pitää ottaa huomioon vertailusarjojen koot. Tarkemman tuloksen saamiseksi vertailu rengastyypin sisäänajojen välillä voidaan tehdä, kun myös TR Forest 2 -tuoteperheestä on tuotannollistettu 11 rengaskokoa.

Kokonaisuutta arvioidessa työn tekijän kannalta TR Forest 2 tuotannollistaminen projektina on tarjonnut aitiopaikan osallistua uuden tuotteen tuotekehityksen loppuvaiheeseen, jossa idea muodostuu konkreettiseksi tuotteeksi. Matkan aikana olen saanut valtavan määrän oppia tuotekehityksen toiminnasta ja projektityöskentelystä. Haluan kiittää Nokian Raskaita Renkaita saamastani mahdollisuudesta toimia osana tuotekehityksen tiimiä, joka mahdollisti myös tämän opinnäytetyön tekemisen. Erityiskiitokset haluan osoittaa aviovoimolleni Anulle, jonka tuki läpi insinööriopiskeluni on ollut täysin korvaamaton.



## Lähteet

- Artto, K., Martinsuo, M., & Kujala, J. (2006). *Projektiliiketoiminta* (Painos 1). WSOY.
- Cooper, R. G. (1990). Stage-gate systems: A new tool for managing new products. *Business Horizons*, [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(90\)90040-l](https://doi.org/10.1016/0007-6813(90)90040-l)
- Craelius, K. (1992). *Henkilöautonrenkaat*. Erkki Ahlavuo Oy.
- ETRTO. (2021). *Standards Manual 2021*. The European Tyre and Rim Technical Organisation.
- Gent, A., Walter, J., & The university of Akron. (2005). *The Pneumatic Tire*. The National Highway Traffic Safety Administration U.S. Department of transportation.
- Günther, K., & Hasanen, K. (n.d.). Tutkimuksen suunnittelu. *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja - Tietoarkisto*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-prosessi/tutkimuksen-suunnittelu/>
- Jokinen, T. (2010). *Tuotekehitys*. Aalto-yliopisto Teknillinen korkeakoulu. url: <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>
- Juhila Kirsi. (n.d.). Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteet. *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja - Tietoarkisto*. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/mita-on-laadullinen-tutkimus/laadullisen-tutkimuksen-ominaispiirteet/>
- Kivekäs, K. (2002). *Työkoneen radiaalirenkaan kehittäminen*. Tampereen teknillinen korkeakoulu.
- Nokian Renkaat Oy. (2021). *Nokian Renkaat*. <https://www.nokianrenkaat.fi/>
- Trelleborg. (n.d.). *T410 Agroforest*. Noudettu 16.01.2022, osoitteesta: <https://www.trelleborg.com/en/wheels/products-and-solutions/agriculture-and-forestry-tires/forestry-machinery-tires/forestry-tractors/t410-agroforest>
- Tyrepress. (2021). *The world`s leading tyre manufacturers*. <https://www.tyrepress.com/wp-content/uploads/2021/06/210617-Leading-tyre-manufacturers.pdf>
- Ympäristöministeriö. (n.d.). *Mitä on kestävä kehitys?* <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>