

Tuomas Toukola

MONOZUKURI MASSARÄÄTÄLÖIN- NISSÄ JA AUTOALAN MODULARISOI- TUMISESSA

Kirjallisuuskatsaus japanilaisesta autoalasta

Kandidaatintyö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Kirsi Andersson
Huhtikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Tuomas Toukola: Monozukuri massaräätälöinnissä ja autoalan modularisoinnissa
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Teknisten tieteiden kandidaattiohjelma, konetekniikka
Huhtikuu 2022

Monozukurilla tarkoitetaan japanilaista valmistusfilosofiaa, jossa tuotekehitys, tuotanto ja toimitukset ajatellaan yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Monozukuri painottaa tuotannon tasaisuutta ja tehokkuutta. Tässä työssä tutkitaan monozukuri-ajattelutavan suhdetta massaräätälöintiin, joka tarkoittaa massatuotantoa, jossa tuotteita on mahdollista räätälöidä asiakkaiden toiveiden mukaisesti. Massaräätälöinti on merkittävässä osassa autoteollisuudessa, jossa autojen tuotantomäärät ovat suuria, mutta asiakkaalla on silti mahdollisuus valita haluamansa lisävarusteet ja vaihtoehdot autoon.

Työ on kirjallisuuskatsaus vertaisarvioituista tutkimuksista ja artikkeleista. Työn teoria osuus on jaettu kolmeen osaan monozukurin määritelmän mukaisesti. Tuotekehityksen osiossa käsitellään tuotekehityksessä tehtyjä päätöksiä, joilla vaikutetaan asiakkaalle tuotettaviin vaihtoehtoihin. Modulaarisuus tuotearkkitehtuurissa tarkoittaa tuotteiden koostumista osista tai osakokoonpanoista, joita vaihtamalla tuotteen ominaisuuksia voidaan muuttaa. Modulaarisuus mahdollistaa myös samojen osien käyttämisen eri tuotteissa. Lisäksi luvussa käsitellään asiakkaille tarjottavia vaihtoehtoja, dynaamista variaatiota sekä tuotekehitysprosessia. Monozukuri-tuotanto painottaa tuotannon yksinkertaisuutta, joten asiakkaille tarjottavien vaihtoehtojen määrä on vähäisempi kuin autovalmistajilla, jotka painottavat tarjoamassaan asiakasnäkökulmaa.

Tuotantoa käsittelevässä luvussa käsitellään sekatuotantolinjastoja, Market Flexible Customizing System -tuotantoa ja myöhäistä konfigurointia. Sekatuotantolinjastoilla tarkoitetaan tuotantolinjoja, joilla valmistetaan useita eri tuotteita. Sekatuotantolinjojen käytöllä pyritään linjastojen joustavuuteen. Toisaalta sekatuotantolinjat rajoittavat tuotekehitystä, sillä uusien tuotteiden tulee olla valmistettavissa samalla linjastolla muiden tuotteiden kanssa. Market Flexible Customizing system on tuotantomuoto, jossa alustavat tuotantosuunnitelmat luodaan myyntiennusteiden perusteella, jonka jälkeen tuotantosuunnitelmia voidaan muuttaa asiakastilauksien mukaisesti. Asiakastilauksien määrä tuotantosuunnitelmasta on noin 50 %, joten ennusteiden avulla voidaan tasoittaa tuotantoa ja nopeuttaa toimitusaikoja. Toimitusaikoja lyhentää myös myöhäinen konfigurointi, jolloin autoja voidaan tuottaa ennen kuin asiakas tilaa auton ja räätälöidä valmistuksen jälkeen tilauksen mukaisesti.

Kolmas osio käsittelee toimitusketjujenhallintaa. Yksi monozukurin tärkeimmistä periaatteista on läheiset suhteet osatoimittajiin. Japanilaisessa autoteollisuudessa osatoimittajat osallistuvat autojen tuotekehitykseen. Autovalmistajat toimittavat omat tuotantosuunnitelmansa osatoimittajille, jolloin osatoimittajat voivat luoda omat tuotantosuunnitelmansa niiden pohjalta. Yhteistyö mahdollistaa Just-In-Time ja Just-In-Sequence-perusteiset osatoimitukset. JIT ja JIS-perusteiden käyttö vähentää varastojen tarvetta, joka parantaa tuotannon kannattavuutta.

Kokonaisuutena monozukuri painottaa tuotantoprosessin tehokkuutta verrattuna saksalaiseen autoteollisuuteen, joka painottaa asiakastoiveisiin vastaamista. Monozukuri mahdollistaa laadukkaampien tuotteiden valmistuksen pienemmillä kustannuksilla.

Avainsanat: monozukuri, massaräätälöinti, modulaarisuus, MFCS, Market Flexible Customizing System, autoteollisuus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ALKUSANAT

Tämä työ on syntynyt mielenkiinnosta japanilaista autoteollisuutta kohtaan. Työssä käsiteltävät menetelmät ja periaatteet ovat sovellettavissa myös muunkinlaiseen valmistavaan teollisuuteen, joten koen, että tämän työn tekemisestä on hyötyä itselleni myös tulevaisuudessa.

Haluan kiittää ohjaajaani Kirsi Anderssonia avusta aiheen valinnan ja rajaamisen kanssa.

Tampereella, 7.4.2022

Tuomas Toukola

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. MASSARÄÄTÄLÖITYJEN TUOTTEIDEN KEHITYS	3
2.1 Modularisaation hyödyntäminen suunnittelussa	3
2.2 Varustepakettien hyödyntäminen	4
2.3 Erilaisten automallien määrä ja dynaaminen variaatio	6
3. TUOTANTO	9
3.1 Sekatuotantolinjastot	9
3.2 Market Flexible Customizing System	10
3.3 Myöhäinen konfigurointi	12
4. TOIMITUSKETJUT	14
4.1 Läheinen suhde ja sijainti osatoimittajiin	14
4.2 Just-In-Time ja Just-In-Sequence massaräätälöinnissä	15
5. YHTEENVETO	17
LÄHTEET	19

LYHENTEET JA MERKINNÄT

CMF	Common Module Family
JIS	Just-In-Sequence
JIT	Just-In-Time
MFCS	Market Flexible Customizing System
TNGA	Toyota New Global Architecture

1. JOHDANTO

Monozukurin suora käänös tarkoittaa valmistusta (engl. manufacturing). Monozukurilla voidaan kuitenkin tarkoittaa myös laajemmin kaikkea tuotantoon liittyvää tekemistä eli tuotekehitystä, prosessinhallintaa ja toimitusketjunhallintaa. Monozukuri siis yhdistää nämä kolme valmistavan teollisuuden osa-alueita, jotka yleensä länsimaisessa teollisuudessa ajatellaan omiksi osa-alueikseen. (Aoki & Stäblein 2018) Eri osastojen välinen yhteistyö organisaation sisällä on mainittu eri tutkimuksissa yhdeksi syyksi Toyotan menestykselle (Fujimoto 2007).

Tässä työssä tarkastellaan monozukuri-ajattelutavan suhdetta massaräätälöintiin. Massaräätälöinti tarkoittaa massatuotantoa, jossa tuotteet voidaan räätälöidä asiakaskohtaisesti. Massaräätälöinnin tavoitteena on yleensä vastata asiakkaiden toiveisiin suurella ulkoisella vaihtelulla samalla, kun tuotantoa monimutkaistava sisäinen vaihtelu on vähäistä. Stäblein et al. (2011) määrittävät sisäisen ja ulkoisen vaihtelun seuraavasti: erot lopputuotteiden ominaisuuksissa ovat ulkoista vaihtelua, ja tuotteiden valmistamiseen liittyvät eroavuudet ovat sisäistä vaihtelua. Ulkoisella vaihtelulla tarkoitetaan siis asiakkaan havaitsemia eroja tuotteissa, ja erot tuotantoprosessissa valmistusvaiheessa ovat sisäistä vaihtelua. (Stäblein et al. 2011)

Massaräätälöinnin yhteydessä käytetään yleensä modularisaatiota, jolla pyritään sisäisen vaihtelun vähentämiseen (Aoki et al. 2014). Modularisaatio määritellään eri lähteissä eri tavoin, mutta esimerkiksi Takeishi ja Fujimoto (2001) jakavat modularisaation autoteollisuudessa kolmeen osa-alueeseen:

1. modularisaatioon tuotearkkitehtuurissa
2. modularisaatioon tuotannossa
3. modularisaatioon yritysten välisissä osatoimituksissa.

Näiden kolmen osa-alueen voidaan huomata jakautuvan samankaltaisiin osa-alueisiin, joihin myös monozukuri voitiin jakaa.

Autoalalla asiakkaiden toiveisiin pyritään vastaamaan tarjoamalla eri automallien lisäksi lisävarusteita, värvaihtoehtoja ja saman automallin eri korimalleja. Tilauksen jälkeen auto valmistetaan toiveiden mukaisesti. Autovalmistajien ongelmana on tarjota asiakkaille eri vaihtoehtoja niin, ettei auton hinta, laatu tai toimitusaika kärsi. (Alford et al. 2000)

Stäblein et al. (2011) jakavat eri tavat, joilla monozukuri pyrkii vähentämään sisäistä variaatiota massaräätälöidyssä tuotannossa kahteen osaan. Ensimmäinen on suunnittelu-pohjaiset ratkaisut, ja toinen on jakelu- ja kokoonpanovaiheen mahdollistamat ratkaisut. Suunnittelupohjaisilla ratkaisulla tarkoitetaan modulaarisuutta tuoterakenteessa ja saman pohjalevyn käyttöä useissa automalleissa. (Stäblein et al. 2011) Aoki et al. (2014) mukaan jakelu- ja kokoonpanovaiheen ratkaisuja ovat:

1. myöhäinen konfigurointi
2. varustepakettien tarjoaminen
3. Just-In-Time-osatoimitukset
4. Osatoimittajien läheinen sijainti
5. Market Flexible Customizing System -tuotanto
6. Sekatuotantolinjojen käyttö

Tämä työ on jaettu kolmeen pääluokkaan monozukurin kolmen osa-alueen mukaisesti. Tuotekehityksestä käsittelevässä luvussa käsitellään modularisaatiota ja varustepakettien hyödyntämistä ja dynaamista variaatiota. Tuotantoa käsittelevässä luvussa käsitellään sekatuotantolinjoja, Market Flexible Customizing System -tuotantomuotoa ja myöhäistä konfigurointia. Toimitusketjuja käsittelevässä luvussa käsitellään autovalmistajien suhteita osatoimittajiin ja Just-In-Time-periaatteen hyödyntämistä. Tämän työn tarkoituksena on selvittää kuinka eri tavat ovat käytössä japanilaisissa autoalan yrityksissä. Työssä japanilaisten autovalmistajien toimintatapoja verrataan saksalaisten autovalmistajien toimintatapoihin, sillä sekä japanilaisten että saksalaisten autovalmistajien osuus automarkkinoista on merkittävä. Saksalaisten ja japanilaisten autovalmistajien toimintatavoissa on merkittäviä eroja johtuen yritysten erilaisista strategioista. Työn aineistona ovat vertaisarvioidut tutkimukset ja kirjallisuuskatsaukset sekä alan kirjallisuus.

2. MASSARÄÄTÄLÖITYJEN TUOTTEIDEN KEHITYS

Massaräätälöityjen tuotteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon tavoiteltavat räätälöintimahdollisuudet ja valmistuksen luomat rajoitteet. Massaräätälöinnissä tuotteiden tulisi olla sellaisia, että niitä voidaan tehokkaasti valmistaa massatuotantona, samalla kun asiakkaalle tarjotaan riittävästi erilaisia vaihtoehtoja.

Tässä luvussa esitellään miten japanilaiset autovalmistajat hyödyntävät modularisointia tuotearkkitehtuurissa, sekä vaihtoehtojen vähentämistä varustetasojen avulla. Kolmannessa aliluvussa esitellään myös tuotekehitysprosessia ja dynaamista variaatiota, joka tarkoittaa vaihtoehtojen ajallista vaihtuvuutta.

2.1 Modularisaation hyödyntäminen suunnittelussa

Modularisointi on yksi monozukurin suunnittelupohjaisista ratkaisuista tehostaa massaräätälöintiä, ja se liittyy auton rakenteeseen. Suunnitteluvaiheessa voidaan huomioida modulaarisuus tai osien liitäntöjen standardointi. Koska suunnittelupohjaiset ratkaisut vähentävät eri osien määrää, vähentävät ne myös osatoimittajien sisäistä variaatiota. (Aoki et al. 2014)

Modulaarisella tuotearkkitehtuurilla tarkoitetaan sitä, että tuotteen yhden ominaisuuden tuottamiseen käytetään yksittäistä osaa, jota vaihtamalla ominaisuutta voidaan muuttaa (Takeishi & Fujimoto 2001). Modulaarisen tuotearkkitehtuurin vastakohta on integroitu tuotearkkitehtuuri (engl. integral architecture). Integroidussa tuotearkkitehtuurissa tuotteen ominaisuudet on tuotettu useiden osien avulla ja yhden osan vaihtaminen voi vaatia myös muiden osien vaihtamisen. (Yin et al. 2018)

Takeishin ja Fujimoton (2001) mukaan autovalmistajat pyrkivät modularisaatioon luomalla useiden pienempien osien muodostamia osakokonaisuuksia. Näiden osakokonaisuuksien sisäinen tuotearkkitehtuuri voi olla integroitu, mutta osakokonaisuudet muodostavat lopputuotteelle modulaarisen tuotearkkitehtuurin. Osakokonaisuuksien käyttö vähentää kustannuksia ja painoa, sekä mahdollistaa erillisten osakokonaisuuksien laadunvarmistuksen. (Takeishi & Fujimoto 2001)

Ennen 1990-lukua japanilaisten autovalmistajien jokainen automalli koostui uusista, erilaisista osista. Eri automallit eivät siis jakaneet keskenään samoja osia. Integroidun tuotearkkitehtuurin käyttäminen oli hyvin tyypillistä. Vuosituhannen vaihteeseen tultaessa automallien eri variaatiot ja myös jotkin automallit alkoivat jakamaan osia keskenään,

mutta esimerkiksi eri tehtailla valmistetut autot valmistettiin yhä eri osista ja eri autovalmistajat eivät käyttäneet valmistamissaan autoissa toisten valmistajien käyttämiä osia. (Takeishi & Fujimoto 2001)

Saksalaiset autovalmistajat siirtyivät 2000-luvun alussa käyttämään yhteisiä pohjalevyjä ja osia yhä useammassa malleissa. Myös japanilaiset autovalmistajat ovat muuttaneet tuotearkkitehtuuriaan modulaarisemmaksi, mutta vasta selvästi myöhemmin. Esimerkiksi vuonna 2012 julkaistu Nissan Common Module Family (CMF) ja vuonna 2015 julkaistu Toyota New Global Architecture (TNGA) ovat modulaarisuuteen pyrkiviä konsepteja. Nissanin CMF-konseptissa auto on jaettu viiteen osakokonaisuuteen, joita ovat moottoritila, matkustamo, korin etualaosa, korin taka-alaosa ja sähköjärjestelmä. Eri moduuleja yhdistelemällä Nissan voi valmistaa eri automalleja. Nissanin tavoitteena on ollut valmistaa 60 % automalleistaan CMF-konseptin avulla vuoteen 2016 mennessä. (Stäblein & Aoki 2018)

Toisin kuin yleisesti autovalmistajilla, japanilaisilla autovalmistajilla modularisoinnin tavoitteena ei ole helpottaa osien suunnittelun tai valmistuksen ulkoistusta. Japanilaiset autovalmistajat hyödyntävät moduuleja nopeuttaakseen autojen suunnittelua ja tuotannon käynnistämistä ja vähentääkseen niiden kustannuksia. Toyota käyttää uusien automallien kehittämisessä konseptia, jossa seuraavan vuosikymmenen aikana valmistettavien automallien alustavat suunnitelmat luodaan kerralla. Tämä mahdollistaa esimerkiksi samojen moottorien ja niiden apulaitteiden, vaihdelaatikoiden ja jäähdytysjärjestelmien käytön useissa eri automalleissa. Toisaalta samojen osien ja moduulien käyttö vähentää lopputuotteiden erilaisuutta. Autovalmistajat joutuvatkin tasapainoilemaan kustannusten ja lopputuotteiden erilaisuuden välillä. (Aoki & Stäblein 2018)

2.2 Varustepakettien hyödyntäminen

Asiakas valitsee auton ominaisuudet yleensä selainpohjaisella konfiguraattorilla, jossa asiakas voi valita haluamansa ominaisuudet aloittaen korimallista ja moottorityypistä. Muita valittavia ominaisuuksia ovat esimerkiksi sisä- ja ulkoväri sekä lisävarusteet, kuten kattoluukku ja navigaatiojärjestelmä. (Stäblein & Aoki 2015)

Ennen 90-lukua tarjottavien vaihtoehtojen määrä oli hyvin suuri. Chandlerin ja Williamsin (1993) mukaan vuonna 1993 Nissanin tarjoama vaihtoehtojen määrä oli hyvin suuri. Yhteen automalliin oli saatavilla esimerkiksi 87 erilaista ohjauspyörää ja 10 erilaista lattia-mattoa. Vaihtoehtojen määrää pyrittiin tämän jälkeen vähentämään kustannusten alentamiseksi. (Chandler & Williams 1993)

Varasto-ohjautuvassa tuotannossa suuri erilaisten vaihtoehtojen määrä eli suuri ulkoinen vaihtelu vähentää todennäköisyyttä, että asiakkaan toiveiden mukainen auto olisi valmiina rajatussa varastossa. Autovalmistajien tuleekin päättää joko varastossa olevien vaihtoehtojen määrän rajoittamisesta tai suuremman varaston luoman riskin kantamisesta. (Pil & Holweg 2004)

Vaihtoehtojen vähentäminen varustetasojen välillä on kokoonpanopohjainen strategia vastata variaatioiden määrään tuotteissa. (Aoki et al. 2014) Varustepakettien tarjoamisella pyritään rajoittamaan erilaisten varusteyhdistelmien määrää. Tarjoamalla yksittäisten varusteiden sijaan varustepaketteja sekä sisäinen, että ulkoinen variaatio vähenevät. (Pil & Holweg 2004) Myös väri vaihtoehdot ovat usein rajattuja, ja auton sisustan väri määräytyy auton ulkoverin mukaan. Lisäksi japanilaiset autovalmistajat tarjoavat yhdestä automallista vain yhtä korityyppiä. Esimerkiksi saksalaiset autovalmistajat tarjoavat yhteen automalliin kolmea eri korimallia, kuusi kertaa enemmän lisävarustevaihtoehtoja ja huomattavasti suuremman määrän väri vaihtoehtoja. Tämän johdosta saksalaisten autovalmistajien tarjoaman eri variaatioiden määrä on lähes äärettömän paljon suurempi. (Aoki et al. 2014)

Ero vaihtoehtojen määrässä kuvaa saksalaisten ja japanilaisten autovalmistajien välillä olevaa eroa yritysten strategioissa. Saksalaiset autovalmistajat tavoittelevat vaihtoehtojen suuremmalla määrällä parempaa vastaavuutta asiakastoiveisiin. Asiakaskeskeisellä näkemyksellä pyritään sekä autojen, että yksittäisten lisävarusteiden myynnin kasvattamiseen. Pienempi variaatio japanilaisten autovalmistajien tuotannossa noudattaa lean-tuotannon periaatteita, jossa painotetaan tuotannon tehokkuutta. Tehokkaalla tuotannolla pyritään vähentämään kustannuksia ja nopeuttamaan läpimenoaikoja. Pienempi lopputuotteiden eri variaatioiden määrä helpottaa myös ennusteiden tekemistä. (Aoki et al. 2014)

Stäblein et al. (2011) esittävät tutkimuksessaan, että lisävarustepakettien tarjoaminen on hyödyllistä vain, mikäli varusteita sisältävien pakettien määrä on vähäinen. Lisäksi varustepaketteja on hyödyllisintä tarjota edullisempien luokkien autoihin, sillä kalliimman luokan autoihin tilataan yleensä erilaisempia yhdistelmiä lisävarusteita, jolloin varustepaketit eivät yhtä todennäköisesti vastaisi asiakkaan toivomia vaihtoehtoja. Kalliimpiin autoihin myös tarjotaan yleensä enemmän lisävarusteita, jolloin pieni määrä varustepaketteja sisältäisi suuremman määrän eri lisävarusteita. (Stäblein et al. 2011) Pil ja Holweg (2004) osoittivat tutkimuksessaan, ettei tarjottavien vaihtoehtojen suuremmalla määrällä ole ollut korrelaatiota autojen myyntimääriin.

2.3 Erilaisten automallien määrä ja dynaaminen variaatio

Sisäisen ja ulkoisen variaation lisäksi autovalmistajat joutuvat huolehtimaan myös dynaamisesta variaatiosta. Dynaamisella variaatiolla tarkoitetaan tuoteperheen uusiutu-
vuutta, eli uusien automallien esittelyväliä. (Pil & Holweg 2005, s.173) Korkea dynaami-
nen variaatio vähentää tuotantolaitoksen tuottavuutta, sillä siirtymävaiheessa kuluu ai-
kaa, kun vanhan mallin tuotannosta siirrytään uuteen automalliin. Dynaamisen variaation
lisääminen vaatii nopeammat siirtymiset suunnittelun, kehityksen, tuotannosuunnittelun
ja tuotannon välillä. (Aoki & Stäblein 2018)

Monozukuri-tuotannossa pyritään nopeaan tuotannon käynnistykseen. Tämä mahdollis-
taa myös suuremman dynaamisen variaation. Vaikka japanilaisilla autovalmistajilla yh-
teen automalliin tarjottavien vaihtoehtojen määrä on pienempi kuin saksalaisilla autoval-
mistajilla, on niillä samaan aikaan myynnissä olevien eri automallien lukumäärä suu-
rempi. (Aoki et al. 2014) Japanilaiset autovalmistajat tuovat myös markkinoille useammin
uusia automalleja kuin saksalaiset autovalmistajat. Uusia usean mallin jakavia pohjale-
vyjä japanilaiset valmistajat esittelivät vuosina 2000–2013 noin 30 prosenttia enemmän.
Samalla myös malliston uusiutumisenopeus oli japanilaisilla autovalmistajilla huomatta-
vasti nopeampi. Japanilaisilla autovalmistajilla samaan pohjalevyyn perustuvien autojen
tuotantomäärä on pienempi saksalasiin autovalmistajiin verrattuna. Pienempi tuotanto-
määrä vähentää tuotannosta saavutettavaa mittakaavaetua. (Aoki & Stäblein 2018)

Nopea malliston uusiutuvuus vaatii nopean tuotekehitysprosessin. Autoissa tuotekehi-
tyksen läpimenoaika on 2000-luvulla jopa hidastunut, johtuen autojen monimutkaisuus-
desta ja ulkopuolisista rajoitteista, kuten turvallisuus- ja päästö- ja polttoainetaloudelli-
suusvaatimuksista. (Fujimoto & Won Park 2012) Toyotalla uuden automallin läpimeno-
aika suunnittelusta tuotannon aloitukseen on noin puolet kilpailijoidensa läpimenoajasta.
(Liker & Morgan 2006). Nopeuttaakseen tuotekehitysprosessia Toyota aloittaa suunnit-
telemalla auton raakakorin. Raakakorilla tarkoitetaan auton hitsattua korirakennetta, jo-
hon kuuluu moottoritila, lattia, takakyljet ja katto. Seuraavana vaiheena on tarkistaa, että
auton valmistaminen tuotantolinjalla on mahdollista. Kun raakakori on saatu valmistettua
tuotantolinjalla, voidaan auto suunnitella loppuun. Raakakorin kasaamiseen tarvittavat
työkalut asettavat rajoitteita, jotka tulee ottaa huomioon autoa suunniteltaessa. (Pil &
Holweg 2004)

Ward et al. (1995) kuvaavat artikkelissaan aiempia tuotekehityksperiaatteita Toyotalla,
joihin on kuulunut verrattain suuri määrä prototyyppisiä, joista vasta tuotekehityksen lop-
puvaiheessa on valittu parhaita ratkaisuja. Tämä on vastoin yleisiä tuotekehityksperiaat-
teita, joissa pyritään aikaisin lukitsemaan tiettyjä valintoja, jotta turhan työn tekeminen

vähenee ja tuotekehitys olisi nopeampaa. Valinnan hyvyys ei kuitenkaan välttämättä ole tiedossa ennen kuin tuotekehitys etenee, ja myöhemmin takaisin alkuun palaaminen saattaa vaatia enemmän resursseja ja pidentää tuotekehityksen aikataulua. (Ward et al. 1995)

Toyota pyrkii ratkaisemaan mahdollisia suunnitteluun liittyviä ongelmia mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tuotekehityksessä, joka nopeuttaa niiden korjaamista ja vähentää korjaamisesta aiheutuvia kustannuksia. Merkittävänä tekijänä ongelmien tunnistuksessa on eri osastojen välinen kommunikaatio, jolla varmistetaan, että eri osastojen suunnitellemat osat ovat yhteensopivia keskenään. (Thomke & Fujimoto 2000) Toyota on 90-luvulla esitellyt Obeya-systeemin, jossa suunnittelu-, tuotanto- ja hankintaosastojen edustajat kerääntyvät yhteen huoneeseen. Paikalle kutsutaan myös osatoimittajien edustajia. Yhteisessä kokouksessa eri osastojen edustajat voivat yhdessä parantaa digitaalista tuotekehitysmallia. (Aoki & Stäblein 2018)

Tuotekehityksen aikana Toyotalla käydään läpi aiempien autojen tuotekehityksen yhteydessä luotuja raportteja kohdatuista ongelmista, jotta samoilta ongelmilta voidaan välttyä uutta mallia suunnitellessa. Myös 3D-suunnittelu-ohjelmistot ovat tärkeässä osassa suunnitteluvaiheessa, sillä niiden avulla voidaan tarkistaa osien yhteensopivuuksia ennen prototyyppien valmistusta. Näiden keinojen avulla Toyota ratkaisee merkittävästi suuremman määrän suunnitteluvaiheen ongelmista jo ennen ensimmäisen prototyypin valmistusta. (Thomke & Fujimoto 2000)

Aokin ja Stäbleinin (2018) mukaan yksi tyypillinen piirre monozukurissa on tuote- ja prosessi-innovaatioiden kehittäminen samanaikaisesti. Gerth ja Baron (2003) kuvaavat Integrated Build -menetelmää, jossa auton suunnittelu ja tuotannon käynnistäminen eivät ole toisistaan selkeästi eroteltuja. Integrated Build -menetelmää hyödyntää Toyota. Menetelmässä auton suunnittelu aloitetaan raakakorin suunnitelmien viimeistelyllä, jonka jälkeen se valmistetaan tuotantolinjalla. Raakakorin valmistuksen jälkeen voidaan nopeasti siirtyä tunnistamaan myös auton tuotantoon liittyviä kehitettäviä kohtia. Kehitettävissä kohdissa voidaan keskittyä laatua parantaviin ja kustannuksia vähentäviin kohtiin. Muilla menetelmillä, joissa auto on suunniteltu kokonaan ennen tuotannon aloittamista, joudutaan tuotannon aloituksessa keskittymään kiinnittimien ja muottien uudelleen tekemiseen, jotta auton valmistaminen tuotantolinjalla on mahdollista. Integrated Build -menetelmän etuina saavutetaan nopeampi tuotannon aloitus ja parempi laatu. (Gerth & Baron 2003)

Perinteisesti autonvalmistamiseen käytettyjen osien toleranssit ovat laskettu kokoonpanon sallituista toleransseista. Integrated Build -menetelmässä esimerkiksi peltiosien toleranssit määritetään vasta, kun tuotantolinjan herkkyys toleranssipoikkeuksille on tiedossa. Menetelmässä huomioidaan, että komponenttien poikkeavuudet määritetyistä mitoista eivät välttämättä johda siihen, että kokoonpano poikkeaisi sille asetetuista toleransseista. Tuotantolinjalla eri osat voidaan kiinnittimien avulla sovittaa toisiinsa niin, että kokoonpanon toleranssit ovat sallituissa rajoissa. (Gerth & Baron 2003)

3. TUOTANTO

Japanilaisessa autotuotannossa noudatetaan lean-periaatteita, joiden tavoitteena on tasainen tuotannon virtaus. Tasaisella virtauksella pyritään läpimenoaikojen lyhentämiseen ja kustannusten alentamiseen. Aoki et al. (2014)

Massaräätälöityjen tuotteiden tuotantoa hankaloittaa tilausmäärien vaihtelevuus ja asiakkaiden tekemien valintojen ennustamisen hankaluus. Tässä luvussa käsitellään monozukurin tuotantoon liittyviä menetelmiä. Monozukuri pyrkii tasapainottamaan tuotantoa Market Flexible Customizing System -tuotantomuodolla, jossa huomioidaan sekä myyntiennusteet, että valmiit asiakastilaukset. Sekatuotantolinjojen käyttö nopeuttaa tuotannon käynnistämistä uusille tuotteille. Myöhäinen konfigurointi mahdollistaa valmiiden tuotteiden räätälöinnin asiakastilausten mukaisiksi.

3.1 Standardoidut sekatuotantolinjastot

Yhtenä monozukurin periaatteena on, että tuotantolinjastojen tulisi olla standardoituja. Standardoinnin tavoitteena on kustannusten optimointi ja tuotekehityksen ja tuotannon aloittamisen välisen ajan lyhentäminen. (Aoki & Stäblein 2018) Japanilaiset autovalmistajat pyrkivät siihen, että autotehtaat olisivat samanlaisia tuotantolinjaston ja välineistön osalta. Samanlaiset tuotantolinjastot mahdollistavat useiden eri automallien valmistamisen samalla tuotantolinjalla. Japanilaiset autovalmistajat tuottavat yhdellä tehtaalla yli kaksinkertaisen määrän eri automalleja saksalaisiin autovalmistajiin verrattuna. Lisäksi jokaisella tehtaalla valmistetaan vähintään kahta eri automallia, kun saksalaisilla autovalmistajilla on tehtaita vain yhtä automallia varten. (Stäblein & Aoki 2015)

Useiden mallien valmistaminen samalla linjastolla edellyttää linjastolta joustavuutta, jotta linjasto on muunneltavissa eri automalleja varten. Toisaalta samanlaisen tuotantolinjaston käyttäminen rajoittaa myös tuotekehitystä, sillä autot on suunniteltava niin, että niitä on mahdollista valmistaa olemassa olevalla tuotantolinjalla. Standardointi siis rajoittaa tuoteinnovaatioiden kehittämistä. Saksalaiset autovalmistajat painottavat tuotekehityksessään tuoteinnovaatioiden kehittämistä, joka puolestaan rajoittaa prosessi-innovaatioiden kehittymistä. (Aoki & Stäblein 2018)

Linjaston joustavuus nopeuttaa uuden automallin valmistuksen käynnistämistä, sillä tuotantolinjastoa ei tarvitse muuttaa uusia automalleja varten. Joustavien tuotantolinjastojen ansiosta japanilaisten autovalmistajien tuotanto on käynnistyessään tehokkaampaa sak-

salaisten autovalmistajien tuotantolinjoihin verrattuna. Japanilaisilla autovalmistajilla tuotantomäärät ovat keskimäärin kolmen kuukauden jälkeen yhtä suuria kuin tuotannon toisena vuonna. Saksalaisilla autovalmistajilla toisen vuoden tuotantotahtia ei keskimäärin saavuteta ensimmäisen kuuden kuukauden aikana. (Aoki & Stäblein 2018)

3.2 Market Flexible Customizing System

Vuonna 1991 Nissan muutti tuotantotyyppiään varasto-ohjautuvasta tuotannosta tilausohjautuvaksi. Tämä vaati muutoksia sekä tuotannonsuunnitteluun, aikataulutukseen että käytettyihin tietojärjestelmiin. (Tomino et al. 2012) Tilausohjautuvuudella mahdollistetaan se, että asiakkaille voidaan tarjota kaikkien asiakkaiden toiveiden mukaisia autoja ilman, että kaikkia vaihtoehtoja tarvitsee valmistaa varastoon.

Japanilaisten autovalmistajien tuotanto on Market Flexible Customizing System -muotoista (MFCS), eli tuotannonsuunnittelu on yhdistelmä sekä varasto-ohjautuvuutta, että tilausohjautuvuutta. Tilaus- ja varasto-ohjautuvuuksien yhdistäminen mahdollistaa tuotantomäärien pitämisen tasaisena tilauksien määrästä huolimatta, reagoimisen markkinatilanteiden muutoksiin ja autojen räätälöinnin asiakkaiden tilausten mukaisiksi. (Tomino et al. 2009) Valmistettavista autoista yleensä noin 50 % on asiakkaan tilauksen perusteella valmistettavia (Tomino et al. 2012; Aoki et al. 2014; Stäblein & Aoki 2015).

Monozukuri-tuotannossa yksittäisten asiakkaiden toiveisiin vastaamista ei painoteta yhtä paljon kuin tuotannon tehokkuutta ja lean-periaatteiden hyödyntämistä. Tuotannossa pyritään tasaisuuteen, joten yleisesti japanilaiset autovalmistajat valmistavat suuremman määrän autoja varastoon verrattuna eurooppalaisiin autovalmistajiin. Suuremmilla valmiiden autojen varastoilla saavutetaan nopeammat toimitusajat asiakkaille. Autovalmistajat tekevät läheistä yhteistyötä jälleenmyyjien kanssa. Mikäli asiakkaan toiveita vastaava auto löytyy valmistajan toimittajaverkostosta, voidaan se toimittaa asiakkaalle jopa viikossa. Autojen valmistaminen varastoon yksinkertaistaa tuotannonsuunnittelua, mutta painostaa alennusmyynteihin, jotta varastoa saadaan pienennettyä. (Stäblein & Aoki 2015)

Tuotannonsuunnittelu on yleensä jaettu neljään tasoon aikajaksojen pituuden mukaan, vuositason, kuukausitason, viikkotason ja päivittäiseen tuotantosuunnitelmaan. Tuotannonsuunnittelu aloitetaan vuositasolta, jossa määritetään alustavat tuotantomäärät jokaiselle automallille vuoden eri kuukausille. Määritelmät tehdään markkinaennusteiden perusteella. Määritelmien perusteella tehdään kapasiteettipäätöksiä, esimerkiksi tarvittavan henkilökunnan osalta. Vuosittaista tuotantosuunnitelmaa päivitetään puolen vuoden

välein. Tuotantosuunnitelma jaetaan myös osatoimittajille, jotka voivat tehdä omat kapasiteettipäätöksensä sen perusteella. (Tomino et al. 2009) Vuosittaisilla kapasiteettipäätöksillä on suuri merkitys tuotannon suorituskykyyn ja kannattavuuteen (Stäblein & Aoki 2015).

Kuukausittainen tuotantosuunnitelma luodaan kolmelle kuukaudelle eteenpäin myyntiennusteiden ja tuotantokapasiteetin perusteella. Myyntiennusteet luodaan yksittäisten jälleenmyyjien tarkkuudella. Kuukausittainen tuotantosuunnitelma sisältää tuotantomäärät eri automalleille ja moottori-, vaihdelaatikko- ja varustetasovaihtoehtoille. (Tomino et al. 2009)

Kuukausittaisten tuotantosuunnitelmien käsittelytavoissa on eroja valmistajien välillä. Nissan muuttaa kappalemääriä jälleenmyyjien tekemien tilausten mukaan. Jälleenmyyjät tekevät tilaukset joko omien myyntiennusteidensa, tai valmiiden asiakastilausten perusteella. Jälleenmyyjät voivat siis pitää oman varastonsa pienempänä, jolloin myös riskit ovat pienemmät. (Tomino et al. 2012)

Toyota ja Honda käsittelevät tuotantosuunnitelmaa kiinteänä, jossa eri automallien valmistettavia kappalemääriä ei muuteta. Honda ylläpitää itse omaa myyntiverkostoaan, jonka avulla se tekee tarkkaa tutkimusta markkinakehityksestä, joihin se perustaa myyntiennusteensa. Koska Hondan tuotanto perustuu vahvemmin myyntiennusteisiin, voi sen toimitusajat vaihdella enemmän kuin Nissanilla tai Toyotalla. (Tomino et al. 2012)

Viikoittainen tuotantosuunnitelma sisältää suunnitelman päivittäiselle tuotannolle noin viikolle eteenpäin. Suunnitelmat luodaan kuukausittaisten tuotantosuunnitelmien ja tilausten perusteella. (Tomino et al. 2012) Viikoittainen suunnitelma sisältää tarkat suunnitelmat yksittäisistä automalleista ja niiden varusteista. Tuotantosuunnitelmaa muutetaan tilausten mukaan muuttamalla valmistettavien autojen konfiguraatioita tilausten mukaisiksi. Tilauksiin vastaamista voi rajoittaa esimerkiksi osien saatavuus tai tuotantokapasiteetti, sillä päivittäisten tuotantosuunnitelmien tuotantomääriä ei muuteta. Tuotantopäivänä tuotantosuunnitelmaan voidaan tehdä korjauksia, esimerkiksi tuotannossa sattuneiden virheiden takia. (Tomino et al. 2009)

Nissan luo päivittäiset tuotantosuunnitelmat noin neljästä kuuteen päivään eteenpäin. (Tomino et al. 2012) Mikäli jälleenmyyjä tilaa asiakkaalle auton, jota ei ole varastossa, auton valmistus aikataulutetaan sen päivittäiseen tuotantosuunnitelmaan. Mikäli päivittäiset tuotantosuunnitelmat ovat jo täynnä, auton valmistus viivästyy. Autoja valmistetaan suunniteltu määrä, vaikkei tilauksia kaikille autoille olisikaan valmiina. Autot, joille ei ole valmista asiakastilausta, jäävät valmiiden autojen varastoon joko jälleenmyyjälle tai autovalmistajalle. (Aoki et al. 2014)

Viikoittaisen tuotantosuunnitelman vakioidulla valmistusmäärällä saavutetaan japanilaiseen tuotantoon tyypillinen tasainen tuotannon virtaus. Myös tuotannon välivarastot voidaan pitää pieninä, joten tuotannon tahtiaika pysyy samana tuotannon eri vaiheissa. (Stäblein & Aoki 2015)

Asiakkaat luovat tilaukset jälleenmyyjien kautta. Esimerkiksi Toyota on sopinut jälleenmyyjien kanssa myyntitavoitteista, jotka niiden tulee täyttää. Myyntitavoitteissa on eritelty autojen mallit, väri vaihtoehdot ja varustetasot. Autoja toimitetaan jälleenmyyjille myyntitavoitteiden mukainen määrä. (Aoki et al. 2014) Toimittamalla autoja myyntitavoitteiden mukaan Toyota kannustaa aggressiiviseen myyntityöhön. Jälleenmyyjät kantavat kaiken riskin valmiiden autojen varastosta. Mikäli jälleenmyyjä ei saa allokoitua määrää autoja myytyä, jäävät ne sen varastoon. (Tomino et al. 2012) Varastoon jääneitä autoja voidaan myydä jopa ovelta-ovelle myynnillä, ja autovalmistaja tukee uusien autojen myymistä provisioilla. (Stäblein & Aoki 2015)

3.3 Myöhäinen konfigurointi

Autovalmistajien välillä on eroja siinä, kuinka myöhään jälleenmyyjät voivat muuttaa tuotantosuunnitelmassa olevien autojen konfiguraatioita asiakastilauksien mukaisiksi. Nissanin tuotantosuunnitelma lukitaan neljästä kuuteen päivään ja Mitsubishilla viisi päivää ennen valmistusta. Tuotantosuunnitelman lukitsemisen jälkeen tuotantosuunnitelmassa olevien autojen ominaisuuksiin ei tehdä muutoksia. Mikäli jälleenmyyjä tilaa auton, kun tuotantosuunnitelma on jo lukittu, siirtyy auton valmistaminen seuraavaan tuotantosuunnitelmaan. Toyotalla jälleenmyyjät ilmoittavat päivittäin uusista asiakastilauksista. Toyotan tuotantosuunnitelma luodaan ennusteiden perusteella 10 päivää ennen valmistusta, jonka jälkeen Toyota antaa jälleenmyyjille mahdollisuuden muuttaa 10 % valmistettavan auton konfiguraatiosta joko asiakastilauksen tai tarkentuneiden ennusteiden perusteella. Toyota lukitsee tuotantosuunnitelman kolme päivää ennen valmistusta, jonka jälkeen muutoksia tuotantosuunnitelmaan ei tehdä. (Tomino et al. 2009)

Myöhäisellä konfiguroinnilla (engl. late-configuration) tarkoitetaan esimerkiksi autojen lisävarusteiden lisäämistä joko tuotannon loppuvaiheessa tai sen jälkeen. Myöhäisellä konfiguroinnilla varastossa olevia autoja voidaan muokata asiakkaiden toiveiden mukaisiksi sen jälkeen, kun asiakas on tilannut auton. Myöhäinen konfigurointi vähentää varastointikustannuksia, sillä sen avulla pienemmällä varastolla voidaan vastata erilaisiin asiakastoiveisiin. Myöhäinen konfigurointi tulee kuitenkin ottaa huomioon jo auton suunnitteluvaiheessa, jotta konfigurointi on mahdollista, eikä sen suorittaminen aiheuta suuria kustannuksia. (Stäblein et al. 2011)

Jotkin japanilaiset autovalmistajat siirtävät osan lisävarusteista jälleenmyyjien asennettaviksi. Jälleenmyyjien asentamia lisävarusteita ovat esimerkiksi navigointilaitteet, erilaiset sivupeilit ja sisävalot. (Stäblein, T. & Aoki, K. 2015) Asennettavien lisävarusteiden määrä jälleenmyyjillä voi olla yli sata, kun tuotantolinjoilla asennettavien lisävarusteiden määrä on siitä vain noin kymmenesosan. (Aoki et al. 2014; Staeblein & Aoki 2015)

Lisävarusteiden asentaminen jälleenmyyjillä mahdollistaa valmiiden autojen muuttamisen asiakastoiveiden mukaisiksi. Tämä vähentää variaatioiden määrää tuotantolinjoilla, joka yksinkertaistaa tuotantoa. Lisäksi valmiiden autojen varasto voidaan pitää pienempänä, kun valmiita autoja voidaan muokata asiakastoiveiden mukaisiksi. Kaikkien lisävarusteiden asentaminen ei kuitenkaan ole jälleenmyyjien toimesta mahdollista, ja jotkin autovalmistajat kertovat jälleenmyyjien tekemien muutoksien heikentävän autojen laatua. (Pil & Holweg 2004)

4. TOIMITUSKETJUT

Japanilaisissa autoissa ulkopuolisten toimittajien valmistamien osien osuus on yli 70 %. (Liker & Morgan 2006; Tomino et al. 2012) Tasaisessa, ennusteiden mukaisessa tuotannossa osat voidaan tilata etukäteen sille hetkelle, kun niitä tarvitaan, ja osien valmistajat voivat ennakoida tarpeen. Massaräätälöidyssä tuotannossa tuotantosunnitelma voi kuitenkin muuttua, joten tarvittavat osat ja niiden määrät voivat kuitenkin selvillä vasta muutamaa päivää ennen valmistusta. Tästä syystä osatoimittajat joutuvat pitämään jonkinlaista varastoa osista vastatakseen autovalmistajien osatarpeisiin. (Tomino et al. 2012) Tässä luvussa käsitellään kaksi toimitusketjuihin liittyvää monozukurin tapaa vastata massaräätälöintiin, eli läheinen sijainti osatoimittajien kanssa, ja Just-In-Time ja Just-In-Sequence-periaatteiden hyödyntäminen.

4.1 Läheinen suhde ja sijainti osatoimittajiin

Monozukuri painottaa läheistä yhteistyötä osatoimittajien kanssa (Tomino et al. 2012). Aiemmin japanilaisten autovalmistajien, esimerkiksi Toyotan alihankinnan tehokkuus on perustunut Keiretsu-verkoston. Keiretsu tarkoittaa toimittajaverkostoa, jossa osatoimittajiin luodaan pitkät ja luotettavat suhteet, jotka hyödyttävät molempia osapuolia. Vuonna 1981 Japanissa jopa kaksi kolmasosaa pienistä teollisuusyrityksistä koki olevansa toimittajana yhdelle tietylle isolle yritykselle. Kasvanut globaali kilpailu osavalmistajien kesken on kuitenkin johtanut pienten yritysten fuusioitumisiin, yrityskauppoihin ja yhteisyrityksiin. Niiden myötä autovalmistajien toimittajaverkostot eivät enää koostu yhtä monesta pienestä yrityksestä vaan isommista yrityksistä, joiden kanssa autovalmistajat tekevät yhteistyötä. (Schaefer 2010)

90-luvulla eurooppalaiset autovalmistajat alkoivat ulkoistaa osakokonaisuuksien tuotantoa halvan työvoiman maihin, Japanissa osakokonaisuuksia valmistettiin itse vanhan toimittajaverkoston kautta hankituista osista (Takeishi & Fujimoto 2001). Osien hankkiminen alihankintana halvan työvoiman maista johti usein laadun heikkenemiseen, ja epäluotettavuuteen toimituksissa (Jacobides et al. 2016).

Yksi osa monozukuria olivat lähellä sijaitsevat osatoimittajat. Osatoimittajien sijaitseminen lähellä autotehdasta vähentää kuljetuskustannuksia, varastojen tarvetta ja mahdollistaa JIT-periaatteen hyödyntämisen. Muita etuja ovat yleensä parantunut kommunikatio ja yhteistyö osatoimittajien ja autovalmistajien välillä. (Reichhart & Holweg 2008) Japanilaisten autovalmistajien osatoimittajista noin puolet sijaitsevat alle tunnin matkan

päässä autotehtaasta. Eurooppalaisten autovalmistajien osatoimittajista vain joitakin prosentteja sijaitsee vastaavalla etäisyydellä, ja noin 40 % yli 24 tunnin etäisyydellä. (Pil & Holweg 2005, s.146)

Toyota tekee yhteistyötä osatoimittajien kanssa esimerkiksi tuomalla osatoimittajien insinöörejä töihin Toyotan toimistoihin. Näin osatoimittajat saadaan integroitua mukaan tuotekehitysprosessiin. (Liker & Morgan 2006) Toyota käyttää myös niin sanottua Drawing Approved -menetelmää osien suunnittelussa. Drawing approved tarkoittaa, että Toyota määrittää osien vaatimukset, mutta ulkoistaa osan suunnittelun osavalmistajalle, jonka jälkeen Toyota hyväksyy suunnitelman. (Takahiro & Dongsheng 2006) Drawing Approved -menetelmän on nähty lisäävän tuotekehitykseen panostamista ja uusien teknologioiden käyttöönottoa osavalmistajien toimesta (Ishida et al. 2017).

4.2 Just-In-Time ja Just-In-Sequence massaräätälöinnissä

Just-In-Time eli JIT on yksi lean-filosofian tärkeimmistä periaatteista. JIT tarkoittaa, että tuotannossa tarvittavat resurssit toimitetaan tuotantolinjalle silloin kun niitä tarvitaan. JIS, eli Just-In-Sequence tarkoittaa, että osien valmistaja tuottaa ja toimittaa osat siinä järjestyksessä, kuin asiakas niitä tarvitsee (Hüttmeir et al. 2009). Osien toimittaminen tuotantolinjalle siinä järjestyksessä kuin niitä tarvitaan vähentää virheiden määrää tuotannossa, sillä väärän osan asentamisen riski poistetaan (Tomino et al. 2012). Massaräätälöintiä varten varastot voivat kuitenkin olla välttämättömiä, jotta tuotannossa voidaan vastata muutoksiin (Aoki et al. 2014).

Autovalmistajat tekevät osatilaukset tuotantosuunnitelmien perusteella. Autovalmistajat lähettävät kerran kuukaudessa kuukausittaiset tuotantosuunnitelmat osavalmistajille. Ne sisältävät päivittäisten tuotantosuunnitelmien automallit ja määrät kolmelle kuukaudelle eteenpäin. Samalla autovalmistajat joutuvat ennustamaan asiakkaiden toivomien optioiden määriä ilmoittaessaan niihin tarvittavien osien määrä. (Tomino et al. 2009) Tuotantosuunnitelmien perusteella osatoimittajat voivat alkaa varaamaan tarvitsemiaan resursseja, kuten materiaaleja, tiloja ja työntekijöitä (Tomino et al. 2012).

Myöhemmin autovalmistajat ilmoittavat muutoksista tuotantosuunnitelmiin ja valmistettavien autojen optioihin. Suunnitelmien toimitusväleissä on eroja autovalmistajien väleillä. Nissan lähettää päivittäiset osatarpeensa toimittajille kerran päivässä, aloittaen 16 päivää ennen toimituspäivää. Viimeiset muutokset suunnitelmaan tehdään 60 tuntia ennen valmistusta. (Tomino et al. 2009) Toimitettujen tuotantosuunnitelmien perusteella myös osatoimittajat voivat tehdä oman tuotantonsa lopulliset tuotantosuunnitelmat. (Stäblein & Aoki 2015)

Osavalmistajille tehtävissä tilausperiaatteissa on eroja valmistajien kesken. Honda toimittaa tuotantosuunnitelmansa osatoimittajille yli kaksi viikkoa aiemmin, kun Nissan ja Toyota toimittavat tuotantosuunnitelmansa vain muutamaa päivää ennen tuotantoa. Toyotan hankintaprosessi on tehokkain, johtuen pitkäkestoisesta tuotantosuunnitelmasta ja nopeasta reaktiivisuudesta markkinoihin. (Tomino et al. 2012)

Japanilaiset valmistajat tekevät hankintaa kolmella periaatteella. Synchro-delivery periaatteella toimitettavat osat toimitetaan JIS-periaatteen mukaisesti tehdasalueella toimivilta osatoimittajilta. Esimerkiksi istuimia valmistaja osatoimittaja voi aloittaa oman tuotantonsa 2.5 tuntia ennen kuin istuin asennetaan autoon. Moottoreita ja vaihdelaatikoita voidaan tilata tehdasalueen ulkopuolisilta osatoimittajilta, jotka valmistavat niitä tuotantosuunnitelman mukaisesti etukäteen, mutta toimittavat niitä JIS-periaatteen mukaisesti. Tilaukset tehdään, kun lopullinen tuotantosuunnitelma on valmis, eli viimeistään neljä päivää ennen tuotantoa. Muut osat toimitetaan tuotantolinjalle pieninä erinä JIT-periaatteella. Toimituksia voi olla jopa 8 kertaa päivän aikana. (Aoki et al. 2014; Stäblein & Aoki 2015)

5. YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli tarkastella kuinka japanilainen monozukuri ajattelutapa suhtautuu massaräätälöintiin. Työ jaettiin monozukurin kolmen osa-alueen mukaisesti tuotekehitykseen, tuotantoon ja tuotannosuunnitteluun sekä toimitusketjujenhallintaan. Näihin osa-alueisiin sijoitettiin Stäblein et al. (2011) sekä Aoki et al. (2014) määrittämät eri tavat, joilla monozukuri pyrkii vähentämään sisäistä variaatiota massaräätälöidyssä tuotannossa. Suunnittelupohjaisia ratkaisuja olivat modulaarisuus tuoterakenteessa ja saman pohjalevyn käyttö. Jakelu- ja kokoonpanopohjaisia ratkaisuja olivat myöhäinen konfigurointi, varustepakettien käyttö, JIT-filosofia, paikalliset osatoimittajat, MFCS-tuotanto ja sekatuotantolinjojen käyttö.

Suunnittelupohjaiset ratkaisut ovat yleistyneet, mutta niiden käyttöönotto on ollut hitaampaa kuin eurooppalaisilla autovalmistajilla. Syynä on ollut eri tavoitteet modulaarisuudelle, sillä eurooppalaiset autovalmistajat ovat pyrkineet moduulien käytöllä kilpailuttamaan alihankintaa, joka on japanilaisen monozukuri ajattelutavan vastaista, sillä monozukuri painottaa pitkiä toimitussuhteita ja läheistä yhteistyötä toimittajien kanssa.

Jakelu- ja kokoonpanopohjaiset ratkaisut painottavat tuotannon tasaisuutta. Myöhäinen konfigurointi mahdollistaa autojen valmistamisen varastoon odottamaan räätälöintiä. Varustepakettien käyttö vähentää erilaisten variaatioiden määrää, jolloin on todennäköisempää, että oikeanlainen auto voidaan valmistaa tai on jo valmistettu varastoon. JIT-filosofia vähentää varastojen tarvetta, jolloin tuotannon kannattavuus paranee. Variaatiot tuotannossa vaativat kuitenkin jonkin verran varastoa, jotka esimerkiksi Toyotan tapauksessa on osatoimittajilla komponentteina, sekä jälleenmyyjillä valmiina autoina. Paikalliset osatoimittajat mahdollistavat lyhyet toimitusajat tarvittaville komponenteille, lisäksi läheinen yhteistyö toimittajien kanssa nopeuttaa tuotekehitystä. MFCS-tuotannon tavoitteena on pitää tuotantomäärät tasaisena, jolloin tuotanto on tehokkaampaa. MFCS-tuotanto mahdollistaa myös tilauksien mukaisen tuotannon, mikäli asiakkaan tilauksen mukaista autoa ei ole valmiina varastossa. Standardoidut sekatuotantolinjat luovat joustavuutta, sillä toisen linjan tuotantoa voidaan korvata toisella tuotantolinjastolla. Myös prosessi-innovaatioiden käyttöönotto on nopeampaa.

Monozukurin eri periaatteet painottavat tuotannon ja prosessi-innovaatioiden kehittämistä. Tuotannon tavoitteena on olla mahdollisimman vakaata koko järjestelmässä, joka voidaan huomata pitkistä suhteista sekä osatoimittajiin että jälleenmyyjiin. Monozukurin

periaatteet alentavat tuotantokustannuksia, parantavat laatua ja lyhentävät läpimenoaikoja. Prosessin tehokkuutta painottava monozukuri vähentää mahdollisuuksia tuoteinovaatioihin, sillä standardoidut tuotantolinjastot rajoittavat tuotekehitystä ja vähentää mahdollisuuksia vastata asiakkaiden toiveisiin, sillä asiakkaalle tarjottavien vaihtoehtojen määrä on rajattu.

LÄHTEET

- Alford, D., Sacket, P., Nelder, G. (2000). Mass customisation — an automotive perspective. *International journal of production economics*. Vol.65(1), pp. 99–110.
- Aoki, K., Stäblein, T., Tomino, T. (2014). Monozukuri capability to address product variety: A comparison between Japanese and German automotive makers. *International journal of production economics*. Vol.147, Part B, pp. 373–384.
- Aoki, K. & Stäblein, T. (2018). Monozukuri capability and dynamic product variety: An analysis of the design-manufacturing interface at Japanese and German automakers. *Technovation*. Vol.70-71, pp. 33–45.
- Chandler, C. & Williams, M. (1993) Strategic Shift: A Slump in Car Sales Forces Nissan to Start Cutting Swollen Costs --- Its Wild Growth in Variations Of Models and Designs Is Now Being Reversed --- Shocks for Corporate Culture. *The Wall Street journal*. Eastern edition.
- Fujimoto, T. & Won Park, Y. (2012). Complexity and control: benchmarking of automobiles and electronic products. *Benchmarking: an international journal*. Vol.19(4/5), pp. 502–516.
- Gerth, R. J. & Baron, J. (2003). Integrated build: a new approach to building automotive bodies. *International journal of automotive technology and management*. Vol.3(3-4), pp. 185–201.
- Hüttmeir, A. de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International journal of production economics*. Vol.118(2), pp. 501–507.
- Ishida, S., Magnusson, M., Nagahira, A. (2017). Factors influencing Japanese auto suppliers' predictions about the future of new technologies – An exploratory study of electric vehicles. *Futures: the journal of policy, planning and futures studies*. Vol.89, pp. 38–59.
- Jacobides, M. G., MacDuffie, J. P., Tae, C. J. (2016). Agency, structure, and the dominance of OEMs: Change and stability in the automotive sector. *Strategic management journal*. Vol.37(9), pp. 1942–1967.
- Liker, J. K. & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management perspectives*. Vol.20(2), pp. 5–20.
- Pil, F. K. & Holweg, M. (2004). Linking Product Variety to Order-Fulfillment Strategies. *Interfaces (Providence)*. Vol.34(5), pp. 394–403.
- Pil, F. K. & Holweg, M. (2005) *The Second Century: Reconnecting Customer and Value Chain through Build-to-Order Moving Beyond Mass and Lean in the Auto Industry*. 1st edition. Vol. 1. The MIT Press, Cambridge. 238 p.
- Reichhart, A. & Holweg, M. (2008) Co-located supplier clusters: forms, functions and theoretical perspectives. *International journal of operations & production management*. Vol.28(1), pp. 53–78.

- Schaede, U. (2010). Globalisation and the reorganisation of Japan's auto parts industry. *International journal of automotive technology and management*. Vol.10(2-3), pp. 270-288.
- Sturgeon, T. J., Memedovic, O., Van Biesebroeck, J., Gereffi, G. (2009). Globalisation of the automotive industry: main features and trends. *International journal of technological learning, innovation and development*. Vol.2(1-2), pp. 7-24.
- Stäblein, T. & Aoki, K. (2015). Planning and scheduling in the automotive industry: A comparison of industrial practice at German and Japanese makers. *International journal of production economics*. Vol.162, pp. 258-272.
- Stäblein, T., Holweg, M., Miemczyk, J. (2011). Theoretical versus actual product variety: how much customisation do customers really demand? *International journal of operations & production management*. Vol.31(3), pp. 350-370.
- Takahiro, F. & Dongsheng, G. (2006). The architectural attributes of auto parts and transaction patterns on design drawings. *International journal of automotive technology and management*. Vol.6(4), pp. 370-386.
- Takeishi, A. & Fujimoto, T. (2001). Modularisation in the auto industry: interlinked multiple hierarchies of product, production and supplier systems. *International journal of automotive technology and management*. Vol.1(4), pp. 379-396.
- Thomke, S. & Fujimoto, T. (2000). The effect of 'front-loading' problem-solving on product development performance. *The Journal of product innovation management*. Vol.17(2), pp. 128-142.
- Tomino, T., Park, Y., Hong, P., Roh, J. J. (2009). Market flexible customizing system (MFCS) of Japanese vehicle manufacturers: An analysis of Toyota, Nissan and Mitsubishi. *International journal of production economics*. Vol.118(2), pp. 375-386.
- Tomino, T., Park, Y., Hong, P. (2012). Strategic procurement through build to order system: an analysis of Japanese auto-manufacturers. *International Journal of Procurement Management*. Vol.5(4), pp. 413-429.
- Ward, A., Liker, J. K., Cristiano, J. J., Sobek, D. K., II (1995). The second Toyota paradox: how delaying decisions can make better cars faster. *Sloan management review*. Vol.36(3), 43-.
- Yin, Y., Stecke, K. E., Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International journal of production research*. Vol.56(1-2), pp. 848-861.