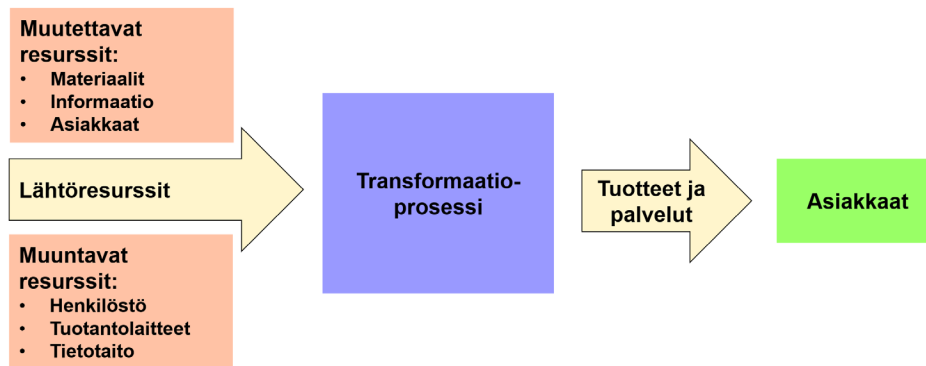


Tuotantojärjestelmät

Tuotannon taloudellisuus

Tuotantojärjestelmä kuvaa sitä tapaa, jolla tuotannontekijöitä käytetään ja yhdistetään muutoksen toteuttamiseksi ja muuttamiseksi tavaroiksi ja palveluiksi. Lähtöresursseina ovat mm. materiaalit, informaatio ja asiakkaat, ja muuntavia resursseja ovat henkilöstö, tuotantolaitteet sekä tietotaito. Transformaatioprosessin lopputuloksena on tuotteita ja palveluita asiakkaille. Taloudellinen kilpailu ohjaa toteuttamaan nämä tuotteet ja palvelut mahdollisimman tehokkaalla tavalla.



Kuva 1: tuotantojärjestelmän transformaatioprosessi

Tuotantojärjestelmän taloudellisuus mielletään helposti tuottavuuteen liittyvänä ominaisuutena. Liukuhinna, jolta valmistuu henkilöauto joka 20. sekunti, onkin ehkä tässä mielessä taloudellisen tuotannon huipentuma. Taloudellisuutta on kuitenkin tarkasteltava suhteessa siihen, mitä tuotantojärjestelmä tuottaa. Vaikka autoja kannattaakin liukuhinnalla tuottaa, se ei tarkoita, että esimerkiksi tuolien, tai polkupyörien tuottaminen liukuhinnalla olisi taloudellista. Taloudellisuutta on sen sijaan mielekästä tarkastella tehokkuuden ja joustavuuden välisenä kompromissina. Tehokas tuotantojärjestelmä on harvoin varsin joustava, ja joustava tuotantojärjestelmä on harvoin varsin tehokas – molemmat voivat kuitenkin olla taloudellisesti hyvinkin kannattavia. Tehokkuuden ja joustavuuden välistä suhdetta, tai kompromissia (eng. trade-off), voidaan tarkastella operaatioiden johtamisen neljän V:n kautta:

1. Volume: Tuotantovolyymi
2. Variety: Tuotekirjo
3. Variation: Kysynnän vaihtelu
4. Visibility: Asiakkaan näkyvyys tuotantoon.

Näistä varsinkin kaksi ensimmäistä mielletään usein ainakin osittain toisensa poissulkeviksi.

Operaatioiden johtamisen 4 V:tä

Tuotantovolyymi (Volume) on ehkä tärkein koko tuotantojärjestelmän suunnittelun ja ohjauksen logiikkaa määrittävä tekijä. Tuotantovolyymien ollessa tarpeeksi suuri voidaan investoida erikoistuneisiin kalliisiin laitteisiin, jotka ovat äärimmäisen tehokkaita – ja tämä investointi kannattaa, koska siitä aiheutuva kustannus jakaantuu yhä useammalle tuotettavalle tuotteelle, eli saavutetaan mittakaavaetua (economies of scale). Joillakin teollisuudenaloilla, varsinkin prosessiteollisuudessa, tuotantoa ei edes kannata harkita, ennen kuin voidaan olla kohtuullisen varmoja siitä, että tuotantovolyymi voidaan pitää riittävän korkealla.

Erikoistuneiden laitteiden käytössä on kuitenkin huomioitava kaksi seikkaa. Ensinnäkin tällaisten tuotantolaitteiden käyttäminen usein edellyttää, että jokainen tuotettava tuote todellakin on juuri samanlainen, mikä asettaa vaatimuksia tuotteiden ominaisuuksille ja niiden toleransseille. Siinä missä työpajassa valmistetussa autossa osia voidaan tarvittaessa hieman työstää, elleivät ne ensi yrittämällä sovi toisiinsa, vastaava ei käy päinsä autotehtaan tuotantolinjalla. Korkean tuotantovolyymien tuotteet ovat täten erittäin laajalti standardoituja, ja toleranssit (eli sallitut poikkeamat ohjeistoista) ovat yleensä hyvin tiukat. Toimiessaan suurella volyymillä tehtävä tuotanto on kuitenkin erittäin tehokas ja pystyy hyvin vastaamaan tuotantokustannuksilla käytävään kilpailuun. Tällöin kysynnän on oltava sekä tarpeeksi suurta (tai sen odotetaan kasvavan tarpeeksi) että myöskin erittäin homogeenista. Joustavuus on tällaisen tuotantojärjestelmän Akilleen kantapää, ja sillä on haasteellista tuottaa asiakkaan tarpeisiin räätälöityjä tuotteita.

Kun tuotettujen **tuotteiden kirjo (Variety)** kasvaa, tuotantojärjestelmän tehokkuus laskee, koska sen on samalla oltava joustavampi. Tuotekirjon lisäämisellä on kaksi merkittävää vaikutusta:

1. Tuotannon resurssit eivät voi enää olla yhtä erikoistuneita, vaan yksittäisen resurssin on mielellään sovellettava useamman tuotteen tuotantoon (tähän liittyy laajuusedun käsite: economies of scale), mikä puolestaan näkyy siinä, että tuotannossa yleensä esiintyy enemmän virhevaihtelua.
2. Koska sama tuotantojärjestelmä tuottaa (yleensä samanaikaisesti) monia eri tuotteita, tuotannon ohjaus muuttuu haasteellisemmaksi, samalla kun tuotannon vasteaika pitenee (tuotannon aloittamisen ja tuotteen valmistumisen välinen aika).

Tehokkuuden ja joustavuuden välistä suhdetta voidaan tarkastella esimerkiksi pikaruokalan ja gourmet-ravintolan kautta; gourmet-ravintolalla on todennäköisesti huomattavasti laajempi menu, pidempi vasteaika ja se vaatii taitavampia (joustavampia) resursseja, eli huippukokkeja. Vastaavasti pikaruokala valmistaa (kannattavasti) tuotteita hintaan, joka on murto-osa siitä mitä gourmet-ravintolassa joutuu maksamaan.

Kysynnän määrällinen vaihtelu (Variation) vaikuttaa myös, joskaan ei yhtä suorasti, tehokkuuden ja joustavuuden väliseen suhteeseen. Tuotantojärjestelmän näkökulmasta kysynnän vaihtelu on erittäin haastavaa, koska se tekee kapasiteetin mitoittamisesta haastavaa. Joissain tapauksissa, erityisesti työvoimaintensiivisillä aloilla, tuotannon kapasiteettiä voidaan säätää hyvinkin joustavasti, esimerkiksi palkkaamalla ruuhka-apua, jne. Jos kuitenkin kyse on tuotantokoneista, jossa kapasiteettiä ei voida yhtä helposti säätää, yrityksellä on pari vaihtoehtoa.

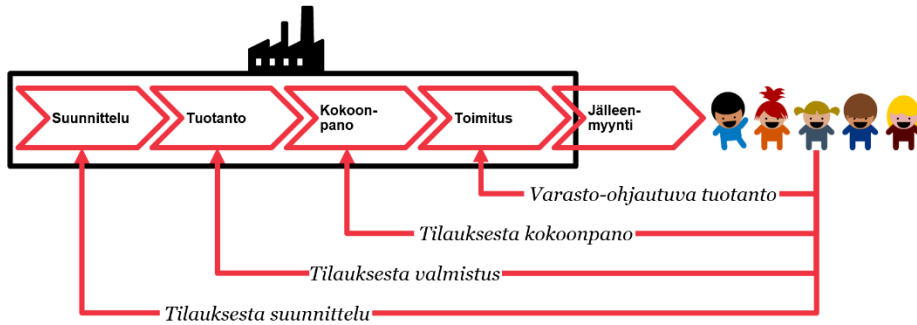
Ensimmäinen vaihtoehto on pitää tuotantomäärä vakiona, ja tuottaa varastoon silloin kun kysyntä on heikompi ja vastaavasti tyhjentää varastoa silloin kun kysyntää on enemmän. Toinen vaihtoehto, jos tuotantojärjestelmä on tarpeeksi joustava, on tuottaa sesongin puolesta toisiaan täydentäviä tuotteita; esimerkiksi haravia, lumilapioita ja pistolapioita. Myös hinnoittelulla voidaan vaikuttaa kysynnän luonnolliseen vaihteluun, ja tasoittaa kysyntäpiikkejä. Käytännössä kysynnän vaihtelun hallitsemiseen voidaan yhden tuotantojärjestelmän kohdalla käyttää useampia, tai jopa kaikkia näitä menetelmiä.

Palvelutuotanto on kuitenkin hieman poikkeava tässä mielessä, koska palveluja ei voida varastoida, eli käytännössä kysynnän vaihtelut on hoidettava resurssijoustavuudella, tai kapasiteetin yli- tai alimitoituksella. Koska palvelutuotannossa asiakkaan resurssi on osa tuotantojärjestelmää, voidaan palvelutuotantojärjestelmät jakaa edelleen sellaisiin järjestelmiin, joissa asiakas odottaa yrityksen resurssin vapautumista, ja sellaisiin, joissa yrityksen resurssi odottaa kysynnän (eli asiakkaan) ilmestymistä.

Asiakkaan näkyvyys tuotantoon (Visibility) onkin vahvasti yhteydessä nimenomaan asiakasresurssin ominaispiirteeseen, eli sen tuomaan vaihteluun, ja sen käsittelyyn tarvittavaan joustavuuteen. Tästä on syntynyt ajatus jakaa palvelutuotantojärjestelmät kahteen osaan – taustapalveluun ja asiakasrajapintapalveluun (eng. back- ja front-office). Tällä jaottelulla haetaan samalla joustavuutta ja tehokkuutta sijoittamalla taustalle ne palveluun liittyvät tehtävät, joita voidaan standardoida, ja joissa voidaan hakea tehokkuutta erikoistuneilla resursseilla. Vastaavasti asiakasrajapinnassa tehdään joustavasti ne asiat, joissa asiakas on itse mukana tuotannossa.

Jos asiakas on osa tuotantojärjestelmää, voidaan puhua avoimesta tuotantojärjestelmästä – eli tuotannossa käytetään resursseja, jotka eivät ole suoraan tuottajan hallinnassa. Tämä aiheuttaa vaihtelua, jota on hyvin vaikea sulkea pois, kun taas suljetussa järjestelmässä (esim. tehdas) vaihtelua pyritään jatkuvasti vähentämään. Kuitenkin myös suljetussa tuotantojärjestelmässä on usein asiakkaan aiheuttamaa vaihtelua, vaikka itse asiakas ei ole osa tuotantoa. Tämä vaihtelu pohjautuu asiakkaan yksilöllisiin toiveisiin, jotka voidaan ottaa huomioon tuotannon eri vaiheissa. Tähän liittyy käsite tilauksen kohdennuspiste (eng. order penetration point, tai OPP), jossa eri tilauksen kohdennuspisteet johtavat hyvinkin erilaisiin tuotantojärjestelmiin. Tilauksen kohdennuspisteet jaetaan yleensä seuraavaan neljään tyyppiin:

1. Varasto-ohjautuva tuotanto (eng. deliver-to-order (DTO) tai make-to-stock (MTS)), jossa asiakkaan tilaus kohdistuu tuotteiden loppuvarastoon, eli tuotanto on tapahtunut ilman että lopullista asiakasta tiedetään.
2. Tilauksesta kokoonpano (eng. assemble-to-order (ATO)), jossa tuotteen kokoonpano aloitetaan asiakkaan tilauksesta.
3. Tilauksesta valmistus (eng. make-to-order), jossa tuotantoa ei edes aloiteta ennen asiakastilauksen saapumista.
4. Tilauksesta suunnittelu (eng. engineer-to-order), jossa edes tuotteen suunnittelua ei aloiteta ennen asiakastilauksen varmistumista. Tähän viimeiseen kategoriaan kuulvat mm. lähes kaikki isommat projektit, kuten esimerkiksi risteilyalukset. Mitä aikaisemmin tuote yksilöidään asiakkaalle, sitä joustavampi tuotannon on yleensä oltava, ja sitä haastavampaa on sen tehostaminen – toisaalta sitä enemmän voidaan tuottaa asiakkaalle räätälöintiin pohjautuvaa lisäarvoa.



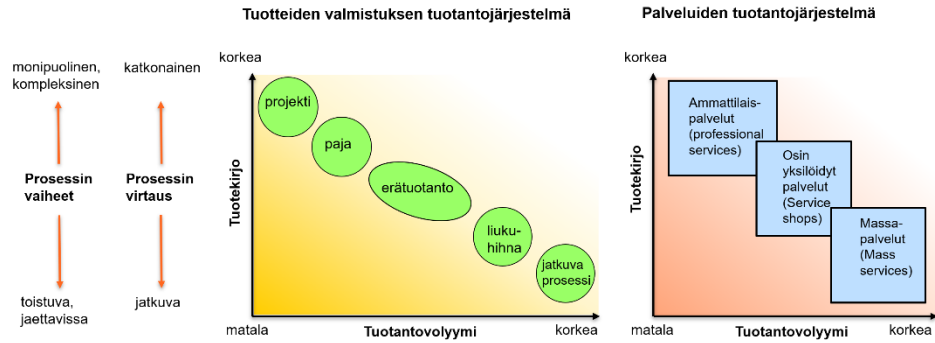
Kuva 2. Eri tilauksen kohdennuspisteitä.

Asiakasräätälöinnin ja tehokkuuden sovittaminen samaan tuotantojärjestelmään onkin luultavasti jokaisen tehtaanohtajan pitkäaikainen haave ja pyrkimys. Ja vaikka ne tässä esitetäänkin periaatteellisesti toisensa poissulkeviksi, niin asialle voi kuitenkin tehdä jotain. Joustavien ja tehokkaiden tuotantoresurssien lisäksi tähän voidaan vaikuttaa tuotannon ja tuotteen suunnittelulla seuraavasti:

- Tarkoituksenmukaisella tuotannonohjauksella, esim. valmistamalla tuotteet oikeassa järjestyksessä, ja järkevällä koordinoinnilla voidaan parantaa tehokkuutta.
- Järkevällä tuotantojärjestelmän suunnittelulla voidaan saada aikaan tuotantoprosessi, jossa tuotettavan tuotteen vaihtamiseen liittyvä aika ja tuotannon vasteaika minimoidaan.
- Modulaarisella tuotesuunnittelulla voidaan tarjota asiakkaalle valinnanvapautta siten, että sen aiheuttama vaihtelu kohdistuu vasta tuotteen kokoonpanoon.

Tuotantojärjestelmät tuotteille ja palveluille

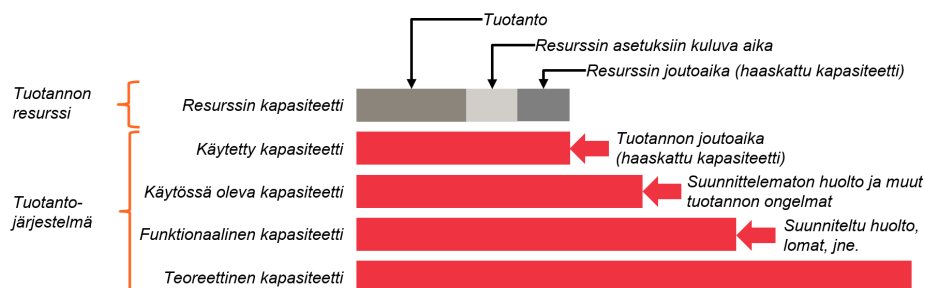
Tuotantovolyymi vaikuttaa oleellisesti siihen, millainen tuotantojärjestelmä tuotteen tai palvelun toteuttamiseksi kannattaa valita. Tuotteiden valmistuksen osalta tuotantojärjestelmien tyypillinen jaottelu on (tuotantovolyymien mukaan) projekti, paja, erätuotanto, liukuhihna sekä jatkuva prosessi. Palveluiden puolella jaottelu tehdään usein ammatillisipalveluihin, osin yksilöityihin palveluihin sekä massapalveluihin (Kuva 3). On huomattava, että tämä jaottelu on suuntaa antava: samassa tuotantoympäristössäkin voi olla osin rinnakkain erilaisia tuotantotapoja, joita yhdistellään tehokkaasti parhaimman mahdollisen lopputuloksen saamiseksi. Lisäksi teknologian kehittyminen muuttaa tuotantolaitteistoja jatkuvasti joustavammiksi, ja paremmalla suunnittelulla ja innovaatioilla voidaan myös muuttaa fyysistä lopputuotetta siten, että valmistuksessa voidaan ja kannattaa siirtyä toisenlaisen tuotantojärjestelmän soveltamiseen. Myös kysynnän muutos voi tehdä kannattavammaksi muuttaa tuotantojärjestelmää. Palveluiden osalta muutokset voivat olla vielä huomattavampia: digitaalisuus yhdistettynä uudenlaiseen ajatteluun ja palveluinnovaatioihin on mahdollistanut yhä kehittyneempien ja monipuolisempien palveluiden tuottamisen edullisesti.



Kuva 3. Tuotteiden valmistuksen ja palveluiden tuotantojärjestelmät.

Käyttöaste

Tuotantojärjestelmän taloudellisuutta pohdittaessa, tuotannon resurssien käyttöaste on keskeisessä asemassa – mitä korkeampi käyttöaste, sitä tuottavampi resurssi on (edellyttäen että sen tuotosta voidaan myydä), ja sitä taloudellisempi resurssin käyttö on. Yksittäisen resurssin käyttöaste on kuitenkin hieman monimutkaisempi käsite, joka vaatii avaamista. Resurssin laskennallisen ja toteutuvan käyttöasteen välillä on yleensä huomattava ero, joka on huomioitava tuotantojärjestelmää suunniteltaessa ja mitoitettaessa. Tämä ero johtuu monesta eri tekijästä kuten esimerkiksi huolto ja kunnossapito, sekä asetukseen menevä aika. Tuotantojärjestelmän koostuessa monesta tuotantoresurssista on lisäksi otettava huomioon, että se tuotannon resurssi, jolla on korkein todellinen käyttöaste, määrää koko järjestelmän kapasiteetin, muodostaen tuotannon pullonkaulan (eng. bottleneck). Tästä syystä kannattaakin varmistaa, että kyseisen resurssin käyttöaste pysyy mahdollisimman korkeana, ja ettei se koskaan esimerkiksi joudu odottelemaan aikaisempien tuotantovaiheiden valmistumista. Jos tuotantojärjestelmä tuottaa monia eri tuotteita, syntyy lisähaasteita siitä, että pullonkaula saattaa eri tuotteelle olla eri tuotannon resurssi, mikä on otettava tuotannonohjauksessa huomioon.



Kuva 4. Tuotantojärjestelmän kapasiteetti.