

Tämä on rinnakkaistallenne.  
Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat  
*saattavat poiketa* alkuperäisestä julkaisusta.

Julkaisun tekijä(t): Kilponen, Teemu; Jokinen, Tauno

Julkaisun nimi: Tuotannon tasapainottaminen

Julkaisuvuosi: 2020

Versio: Kustantajan versio

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Kilponen, T. & Jokinen, T. (2020). Tuotannon tasapainottaminen.  
*Oamk\_kone with passion: vuodesta 1894*, 2 (2), 24-27.

[Oamk\\_kone with passion, vuodesta 1894 - lean-erikoisnumero by oamk\\_kone with passion - issuu](#)

# Tuotannon tasapainottaminen

Kirjoittajat: projektipäällikkö Teemu Kilponen ja yliopettaja, TKT Tauno Jokinen, Oulun ammattikorkeakoulu

*Virtautetun tuotannon tasapainottaminen vaatii sekä tuotteen, tuotannonohjauksen että tuotantojärjestelmän kehittämistä.*

## Tarvittavat lähtötiedot

Tuotannon tasapainottaminen on keskeinen osa tuotannon suunnittelua ja ohjausta. Tuotannon tasapainottamisen lähtökohtina ovat tuotteen arvioitu vuosikysyntä, tuotteen valmistamiseen kuuluva työaika ja tuotantojärjestelmän kokonaistehokkuus eli tuottavan työn osuus kokonaistyöajasta. Näiden tietojen avulla voidaan määrittää tuotantoon tarvittavien työntekijöiden lukumäärä.

Olenainen osa tuotannon suunnittelua on myös viikoittainen työaika eli käytännössä työvuorojen lukumäärä. Näillä perusteilla voidaan määrittellä tarvittavien työpisteiden määrä. Tuotannon tasapainottaminen tarkoittaa työn jakamista työpisteisiin siten, että kaikissa työpisteissä on mahdollisimman sama määrä työtä.

## Tahtiaika

Tuotannon tasapainottaminen alkaa tahtiajan määrittämisellä. Tahtiaika voidaan laskea, kun tiedetään, kuinka monta valmista tuotetta tehdään tulevaisuudessa asiakkaalle aikayksikössä. Kysynnän arvioimisessa käytetään tyypillisesti koko vuoden kysyntää, josta johdetaan päivittäinen tuotantotavoite.

Tahtiaika	Aika joka kuluu yhden tuotteen valmistamisesta seuraavan tuotteen valmistamiseen
Vaihe-/Normiaika	Aika, joka työntekijälle on varattu yhden työvaiheen tekemiseen
Kokonaistehokkuus	Tuottavan työn osuus kokonaistyöajasta, eli vaiheajan suhde tahtiaikaan
Asetusaika	Tuotteen vaihtumisen yhteydessä menetettävä työaika
Odotusaika	Aika, jolloin keskeneräinen tuote odottaa pääsyä seuraavaan työvaiheeseen
Läpimenoaika	Tuotteen valmistamiseen kuuluva aika, kun odotus- ja asetusaikat huomioidaan

Työaikaan liittyviä käsitteitä

Seuraavaksi suunnitellaan päivittäisten työvuorojen määrä, eli kuinka monta tuntia tuotetta valmistetaan yhden työpäivän aikana. Näiden tietojen avulla voidaan laskea, kuinka monen sekunnin, minuutin tai tunnin välein yhden tuotteen tulee valmistua.

Kun tunnetaan tahtiaika, tuotteen valmistamiseen tarvittava työmäärä, tuotannon kokonaistehokkuus ja käytettävissä olevien työvuorojen lukumäärä, voidaan laskea, kuinka monta työpistettä tai työvaihetta tarvitaan tahtiajan saavuttamiseen. Tältä pohjalta määritetään tuotteen tuoterakenne.

Tuoterakenteen avulla ylläpidetään tietoa siitä, mitkä ovat valmistettavan tuotteen kokoonpanovaiheet, mitä materiaaleja missäkin vaiheessa tarvitaan, mikä on osakokoonpanojen valmistuksen ajoitus suhteessa toisiinsa, ja mitkä ovat materiaalin toimitusajat ja toimitusehdot. Tuoterakenteesta käy ilmi, mitä työtä missäkin työpisteessä tai työvaiheessa tehdään.

## Työn analysointi ja tasapainottamisen työvälineet

Työn vaiheajan määrittämiseksi työ on jaettava työelementteihin. Työelementti on pienin työn lisä, joka on siirrettävissä toiseen työvaiheeseen tai analysoitavissa työaikatutkimuksessa. Useimmiten työvaihe on selkeärajainen sarja toimintoja, jossa työelementit olennaisesti kuuluvat yhteen. Työvaiheen suunnittelua ja ylläpitoa helpottaa työvaiheen kuvaaminen prosessikaavion ja tarkentavien työohjeiden avulla.

Vaihe	Toiminnon kuvaus	Asetusaika (min)	Työaika (min)	Matka (m)
1	Ulkovarasto			
2	Lastaus kuljetuskärryyn	6	20	
3	Siirto hiekkapuhallukseen		4	18
4	Hiekkapuhallus	3	45	
5	Siirto sahalle		6	2
6	Sahausta odottavat			

### Prosessikaavio

#### Prosessikaavio

Kuvan esimerkissä prosessikaaviosta teräsprofiilit haetaan kuljetuskärryllä hiekkapuhallushuoneeseen, syötetään yksitellen hiekkapuhallusautomaattiin ja nostetaan odottamaan seuraavaa työvaihetta. Tässä esimerkissä profiilien hakeminen ja hiekkapuhallus voisivat olla erillisiä työvaiheita.

Prosessikaavion pohjalta voidaan määrittää työelementteihin liittyvät asetus- ja vaiheajat sekä materiaalien siirtämiseen tarvittavat matkat. Läpimenoaikojen arvioimista varten on selvitettävä myös keskeneräisen tuotannon odotusajat.

#### Työntutkimus

Työn vaiheajojen määrittämisessä voidaan käyttää työn mittaamista sekuntikellolla ja valmiita standardiaikataulukoita hyödyntäen. Kattava kuvaus työntutkimuksen käsitteistä, menettelytavoista ja käyttökohteista löytyy esimerkiksi Teknologiateollisuuden julkaisemasta ohjeesta (katso Ahokas et al. 2011).

Työajan mittaaminen tapahtuu yleensä sekuntikellon avulla. Mittaamista varten valmistellaan mittauspöytäkirja, johon kirjataan mitattavan työvaiheen työelementit. Mittaus toistetaan esimerkiksi viisi kertaa, jolloin satunnaiset häiriöt voidaan tunnistaa ja poistaa aineistosta.

#### Työn joutuisuus

Osana mittaamista arvioidaan työntekijän joutuisuutta eli sitä, kuinka nopeasti työntekijä tekee työnsä suhteessa normaalijoutuisuuteen. Työhön

harjaantuneen työntekijän joutuisuus on yleensä välillä 100–140 %. Joutuisuuden arviointi on hyvää ammattitaitoa edellyttävä tehtävä, ja urakkapalkojen määrittäminen kellottamisen avulla on syytä jättää työntutkimuskoulutuksen saaneille ammattilaisille.

#### Normiaika

Työajan mittaamisen tuloksena työlle määritetään normiaika, jota voidaan käyttää tuotannon suunnittelun ja urakkapalkkauksen perustana. Työntekijä, joka tekee työtä tavanomaisella 120 %:n joutuisuudella, ansaitsee siis 20 %:n bonuksen urakatyöstä. On syytä huomata, että normiaika sisältää vaiheajan lisäksi valmisteluajan, päivävakion, henkilökohtaisen apuajan ja muun elpymisajan. (Katso tarkemmin Ahokas et al. 2011.)

#### Vinkkejä työajan tutkimiseen

- Huomioi työntekijät ja ole kohtelias.
- Kerää todellista työhön kuluva aikaa.
- Mittaa työaikaa vain työntekijöiltä, jotka ovat harjaantuneita työvaiheen tekemiseen.
- Mene tarpeeksi lähelle, jotta näet käsien liikkeitä.
- Kellota työvaiheet erikseen ja useaan kertaan.
- Erotta työntekijän työhön kuluva aika koneajasta.
- Valitse nopein, toistuva aika kullekin työvaiheelle.

#### Tuotantojärjestelmän kokonaistehokkuus

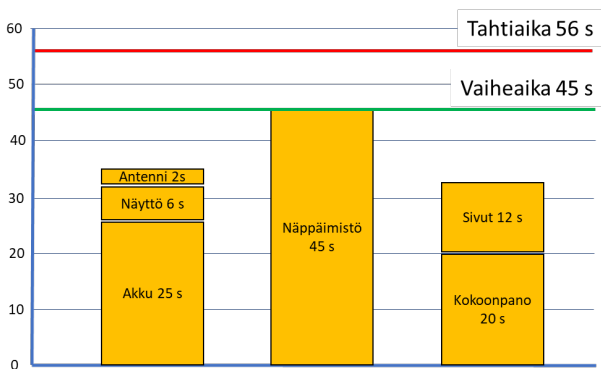
On syytä huomata, ettei työnmittauksen tuloksena saatava normiaika sisällä tuotannon häiriötilanteita, työn keskeytyksiä eikä elpymisajan ylittäviä ylimääräisiä taukoajoja. Tästä syystä tahtiajan saavuttamiseksi vaiheajoja suunniteltaessa on huomioitava myös tuotantojärjestelmän kokonaistehokkuus (OEE, Overall Equipment Effectiveness).

OEE kertoo, kuinka suuri osa työajasta menetetään tuotantojärjestelmän häiriöiden, keskeytysten ja laatuvirheiden seurauksena (lue lisää PSK 7501, 2010). Yrityskohtaisesti kokonaistehokkuus saattaa vaihdella huomattavasti. Karkeasti voidaan sanoa, että 80 %:n kokonaistehokkuus on

hyvä taso eikä alle 50 %:n kokonaistehokkuus ole erityisen harvinaista.

### Yamazuma-kaavio

Prosessivaiheiden kuvaamisen ja työajan mittamisen tuloksena työhön kuuluvat vaiheet on pilkottu pieniin osiin eli elementteihin. Työvaiheet voidaan kuvata Yamazuma-kaaviossa pilareina, joissa kunkin elementin korkeus kertoo sen, kuinka kauan työvaihe kestää. Kokoamalla elementit päällekkäin nähdään visuaalisesti työvaiheiden vaiheajat. Se työvaihe, jonka vaiheaika on suurin, muodostaa tuotantolinjan pullonkaulan rajoittaen kokonaiskapasiteettia.



### Yamazuma-kaavio

Kuvan esimerkissä on eräässä Lean harjoituksessa käytettävän Lego-kännykän kokoamisen vaiheajoja kuvaava Yamazumi-kaavio. Kuvasta nähdään, että näppäimistön kokoaminen muodostaa tuotantolinjan pullonkaulan ja kahdessa muussa työpisteessä on kohtuuttomasti odotusaikaa. Yamazuma-kaaviosta käy myös ilmi tahtiaika ja vaiheaika. Esimerkissä kokonaistehokkuudeksi on arvioitu 80 %.

### Tasapainon optimoiminen

Lego-kännykkäesimerkissä tulee hyvin esiin tuotannon tasapainottamisen ongelma. Legokännykän kokonaistyöaika on 110 s. Kolmelle

työpisteelle tasaisesti jaettuna kunkin työpisteen vaiheaika olisi 37 s, eli tuotannon epätasapaino aiheuttaa lähes 20 %:n menetyksen kokonaistuotannossa.

Ensimmäinen parannuskeino saattaisi olla näppäimistön kokoamistyön huolellinen analysointi. Voisiko työmenetelmää, työkaluja tai apuvälineitä kehittää siten, että näppäimistön kokoamisaika saataisiin pudotettua 33 sekuntiin? Tätä voitaisiin selvittää esimerkiksi videoimalla työtä ja jakamalla työn elementit vihreisiin, keltaisiin ja punaisiin elementteihin sen mukaan, kuinka hyvin ne tuottavat arvoa, ja eliminoimalla vähiten arvoa tuottavat elementit.

Toinen tapa tasapainottaa työtä voisi olla työn jakaminen neljään työpisteeseen, joissa kahdessa valmistettaisiin näppäimistöjä. Tällöin tavoitevaiheajaksi tulisi 28 sekuntia, mikä olisi mahdollista saavuttaa siirtämällä helposti siirrettäviä työelementtejä toisiin työvaiheisiin.

Kolmas tasapainottamisen tapa voisi olla solutuotannon joustavuuden hyödyntäminen, eli rohkaista solun työntekijöitä kehittämään dynaamista työvaiheiden jakoa siten, että tuotanto saadaan hyvään tasapainoon.

### Tasapainotuksen hyötyjä

Tuotannon tasapainotuksella saavutetaan monia hyötyjä, kuten

- Hukan vähentäminen prosessissa (odottaminen, ylimääräiset varastot) (Muda)
- Vaihtelun pienentäminen (Mura)
- Työkuorman tasainen jakaantuminen ja epätasaisuuden vähentäminen (Muri)
- Työntekijöiden ja laitteiden aiempaa tehokkaampi työajan käyttö
- Keskenäisten tuotteiden määrän väheneminen prosessissa.

## Lähteet

Rother M & Harris R (2001). *Creating Continuous Flow : An Action Guide for Managers, Engineers & Production Associates*. Lean Enterprise Institute, Inc. Boston

Ahokas P, Tiihonen J, Neuvonen J & Mirjami Suikki M (2011) Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. *Teknologiaeteollisuus*. Saatavilla: [https://teknologiaeteollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/tyomarkkinat\\_kannustava\\_palkkaus\\_palkkaustapoja\\_tyontutkimuksen\\_menettelytavat.pdf](https://teknologiaeteollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf). Hattu 28.110.2020

PSK 7501 (2010) *Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut*. 2. painos. 32 s. PSK Standardisointi, Helsinki.