

# Prosessin stabiilisuus (vakaus) ja prosessin kyvykkyys

## Mittaaminen



Mika Mujunen

Lean Six Sigma Green Belt

# Prosessi

- Prosessi = Tietyssä järjestyksessä suoritettavien toimenpiteiden sarja
- Jokainen toimenpide vaatii yleensä jonkin tyyppisen resurssin
  - Työvoimaa, koneen...
- Liiketoiminta koostuu yleensä
  - Ydinprosesseista, jotka tuottavat arvoa asiakkaille
  - Tuki- ja hallintaprosesseista (henkilöstöhallinta, viestintä, markkinointi...)

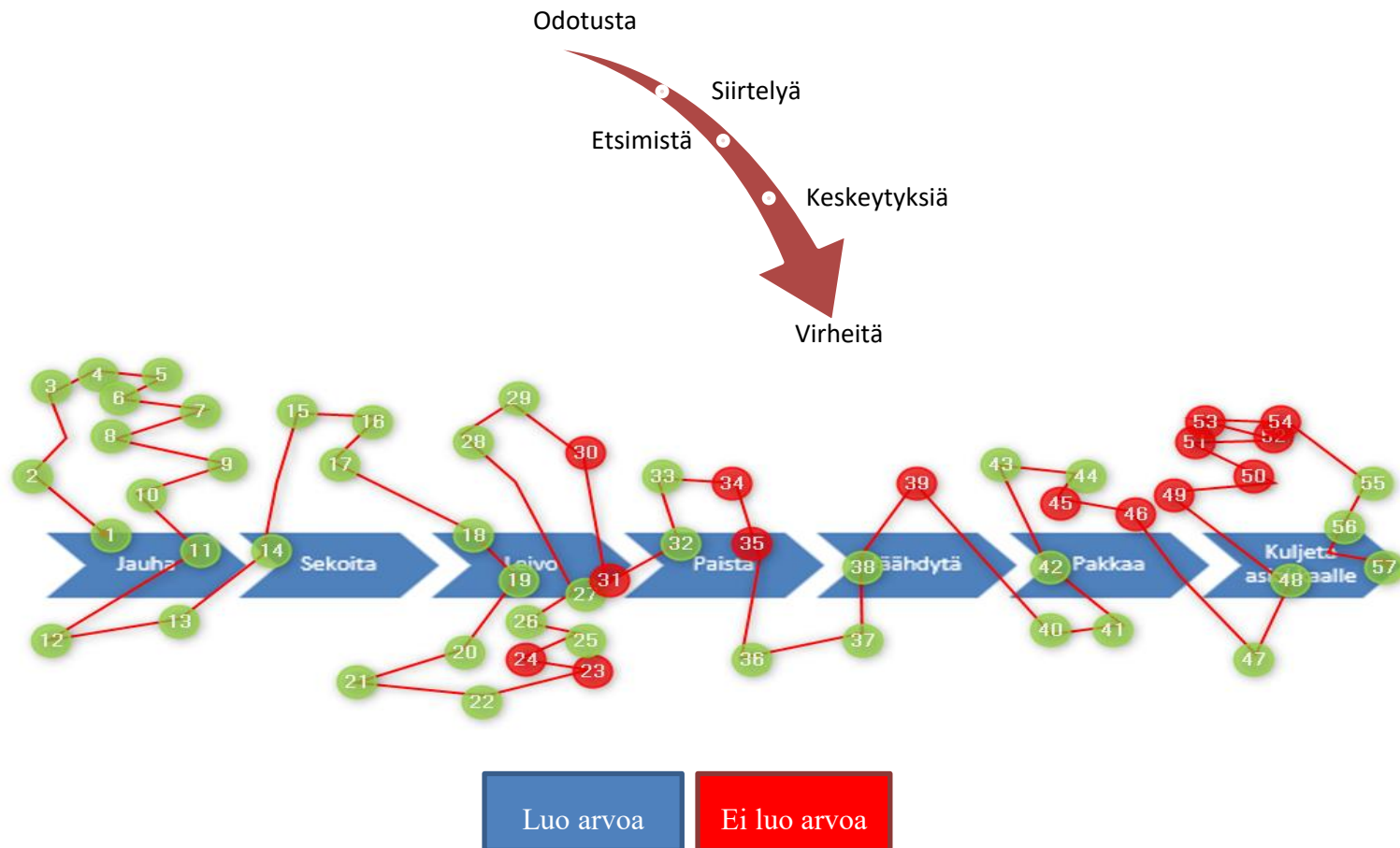
# Prosessi virtaa (keskeytyksettä asiakkaan etu ajaen)



Luo arvoa



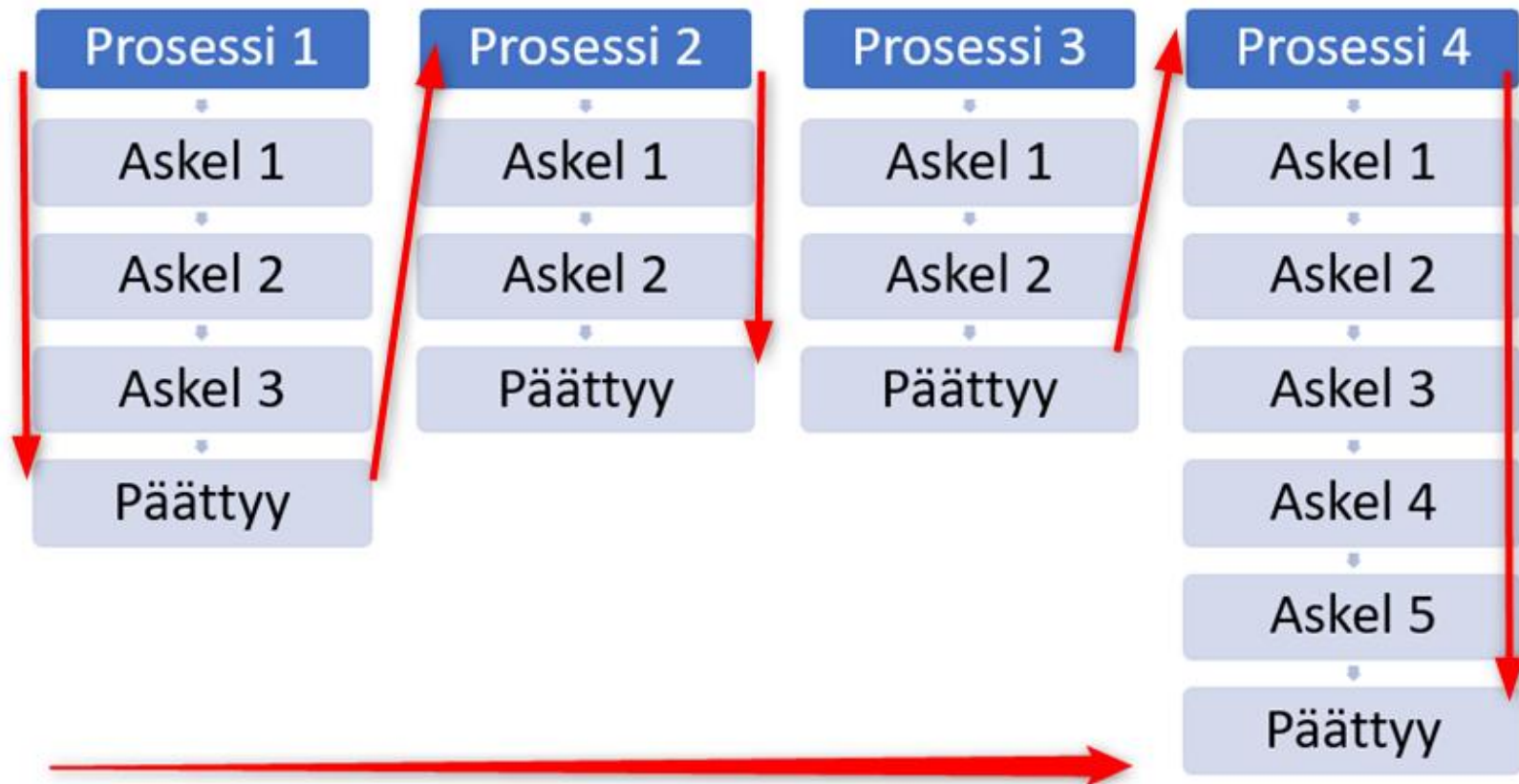
# Todellisuudessa PROSESSISSA on:



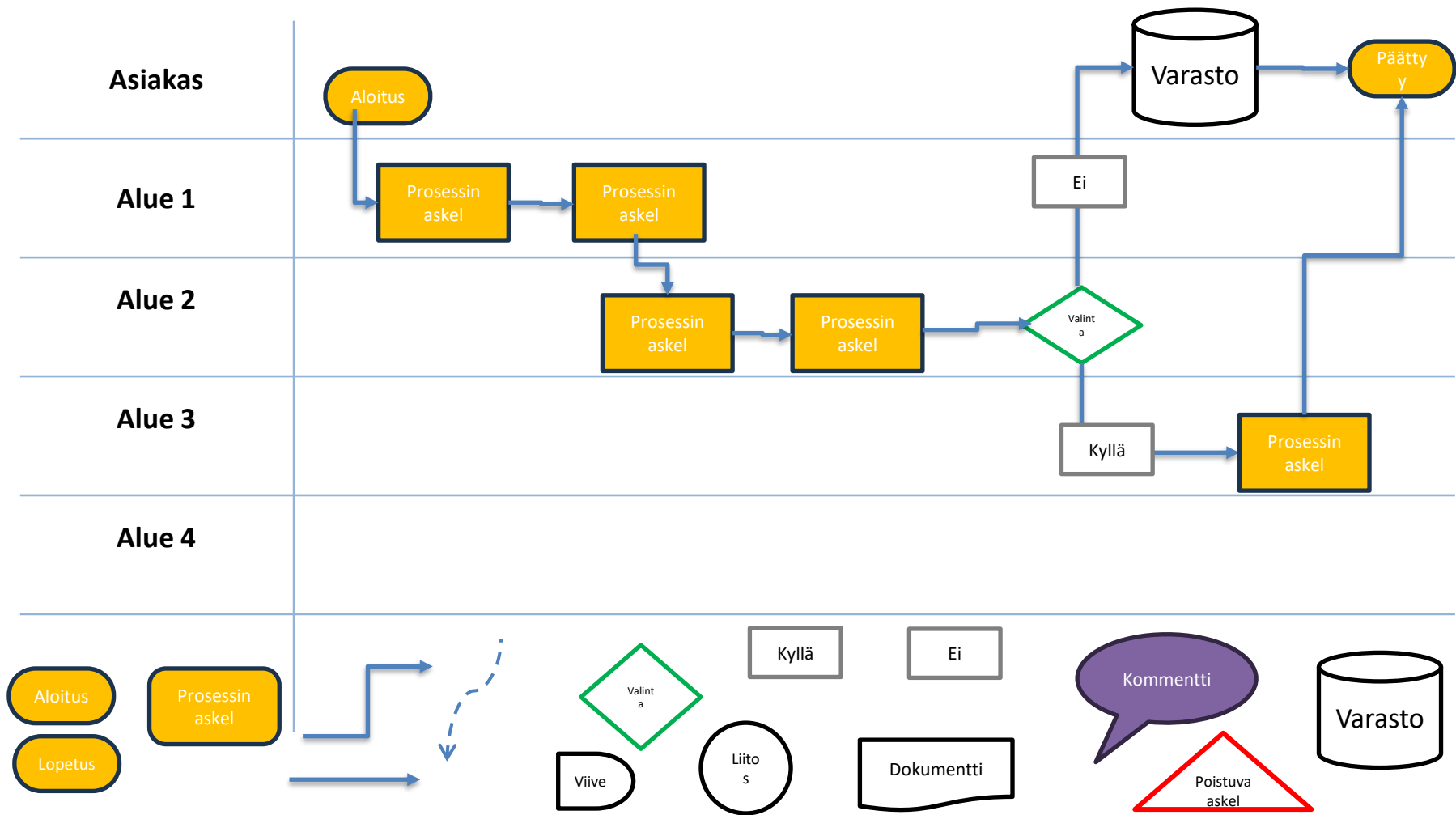
# Prosessi voi yksinkertainen



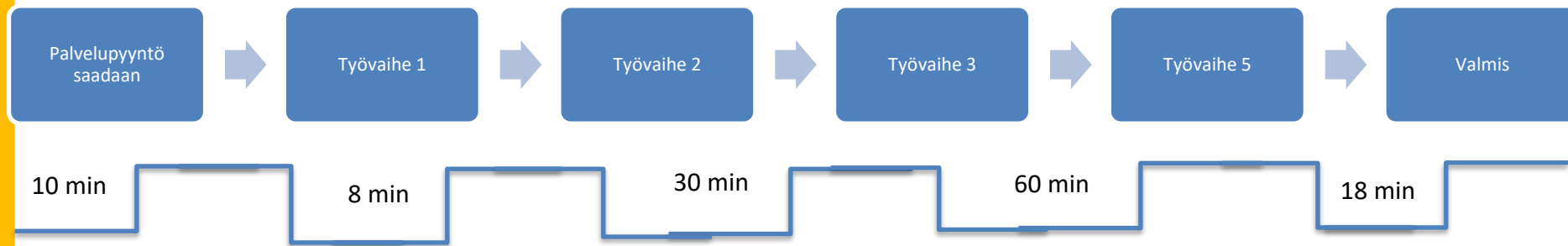
## Tai prosessi voi olla monivaiheinen kokonaisuus



## Prosessia voi tarkastella vaihe vaiheelta



# Prosessisi peruseriaate (ylätaso)



Prosessiaikaa yleensä mitataan ja prosessia kehitetään

Mikä on läpimenoaika? Läpimenoaika kuvaa tarvittavaa aikaa tilauksen vastaanottamisesta tuotteen/palvelun toimittamiseen asiakkaalle.

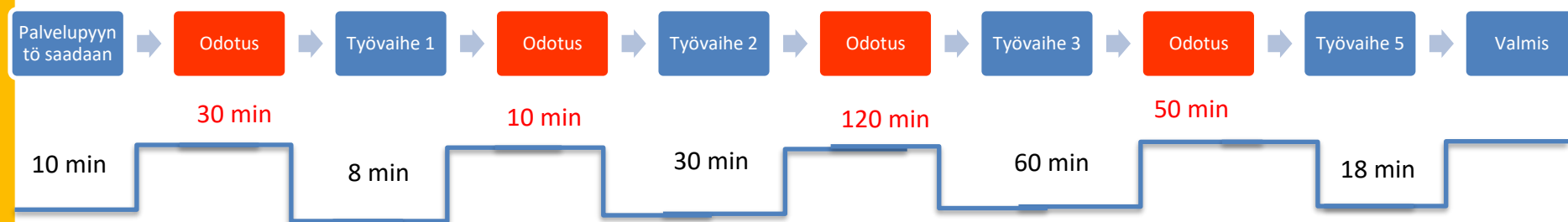
Läpimenoaika  $10+8+30+60+18 = ?$

Prosessointiaika = 126 min

Vaihtelun merkitys? Onko prosessissa hukkaa?

# Prosessisi perusperiaate laajasti

## Miksi asiakkaasi odottaa?



**Arvovirtakartta** kertoo arvon muodostumisen:

Läpimenoaika  $10+30+8+10+30+120+60+50+18 = 336 \text{ min} \rightarrow 5 \text{ h } 36 \text{ min}$

Prosessointiaika = 126 min

Arvoa tuova aika / kokonaisaika =  $126 / 336 \times 100 = 37,5 \%$

**Onko prosessissasi odotusta ja hukkaa? POISTA HUKKAA!**

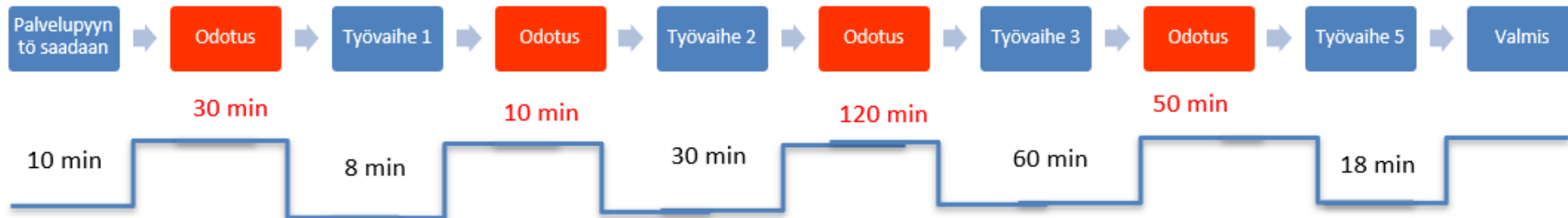
**Poista turhaa odotusta, ja saat kehitettyä työtäsi paremmaksi ja helpommaksi.**

**Kaikki hyötyvät!**

Luo arvoa

Ei luo arvoa

# Prosessin mittarit



|                                                                                                                                                                                                                                                         |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Prosessin kokonaisaika eli Läpimenoaika (Lead time LT): Laske kaikki yhteen                                                                                                                                                                             | min/h/d |
| Prosessointiaika (Process time PT). Prosessin askeleet yhteen (Askeleet ilman odotusta eli vihreät, joissa syntyy arvoa tai ei synny arvoa)                                                                                                             | min/h/d |
| Arvoa tuottava työ yhteensä (Vihreä yhteensä). Laske vain ne yhteen, <u>joista syntyy arvoa</u> .                                                                                                                                                       | min/h/d |
| Virtaustehokkuus % ja/tai Toiminnan aste (Activity ratio=AR) =<br>Arvoa tuottava työ yhteensä : Kokonaisaika x 100                                                                                                                                      | %       |
| Resurssitehokkuus=Aika, jolloin resurssi on käytössä : Kokonaisaika x 100                                                                                                                                                                               | %       |
| Laatumittari (% C&A=Percent complete and accurate)<br>Selite: Kertoo virhekyynnän osuuden eli "sähläyksen". Kuinka suuri osuus prosessin tuotoksesta menee kerralla maaliin? Laske "sähläyskerrat" kpl prosessista ja kpl/prosessin askelluvulla x 100. | %       |

# Ongelmat piiloutuvat prosessissa...

- Ongelma on yleensä aina jossakin ”piilossa”
- Miten etsiä ongelmia? Miten havaita kitkaa?
  - Asiakaspalaute
  - Laatuongelma
  - Ajankäyttöongelma
  - Työn mielekkyysoongelma
  - Työt kaatuvat päälle
  - Joku havaitsee yleensä olemassa olevan ”kitkan” esim. vertailemalla tuottoja, kustannuksia, työpanosta yms.
  - ?
- Työ koostuu yleensä aina prosesseista
  - Isoista ja pienistä prosesseista
- Ongelman etsintä kannattaa aloittaa prosessin avaamisella.

# Voimme tehdä parannusta prosesseihin, tehostaa ja parantaa tyytyväisyyttä ja tulosta



## Nykyinen tilanne

- Miksi ollaan tyytymättömiä?
- Millä mitataan?
- Miten mitataan?
- Onko korjaus/muutos pakollinen?



## Parantavat ja korjaavat toimenpiteet

- Löydetyn hukan vähentäminen/ poistaminen
- Työjärjestyksen muuttaminen
- Uusi tapa toimia
- Joku muu

## Tavoite VISIO (tavoite voi olla pieni tai iso)

- Tavoite on tärkeä, se on päämäärä
- Iso tai pieni
- Tavoitteena esim.
  - Laatu paranee
  - Asiakastyytyväisyys paranee
  - Työntekijöiden tyytyväisyys paranee
  - Talous paranee
  - Joku muu...

# Voimme tehdä parannusta prosesseihin, tehostaa ja parantaa tulosta

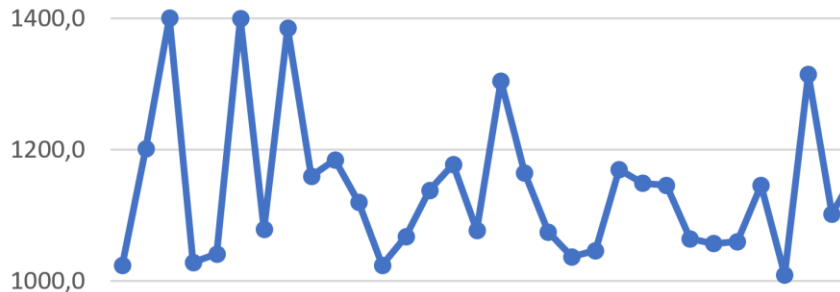
Mutta ennen parannusta on tiedettävä, mitä pitää parantaa.

Siksi pitää selvittää ensin:

1. Onko prosessi toimiva eli vakaa (stabiili)?
2. Onko prosessi kyvykäs, eli onko se kunnossa?
  - Pystyykö prosessi vastaamaan asiakkaan tarpeeseen?
3. On selvitettävä nykytila eli mitattava
  - Valitaan prosessi tai prosessin kohde
  - Mitataan esim. aikaa tai kappaleita tai esim. virheiden määrää prosessissa
    - Tehdään mittaus
    - Mittaustulokset esitetään aikajärjestyksessä
    - Saadaan käsitys laadun tasosta
    - Olisi hyvä olla vähintään 20 mittausta, että tulos on tilastollisesti luotettava
  - Tärkeää ymmärtää mitä mittaustulosten kuvaajan esittämä vaihtelu kertoo...

# STABIILISUUS & KYVYKKYYS

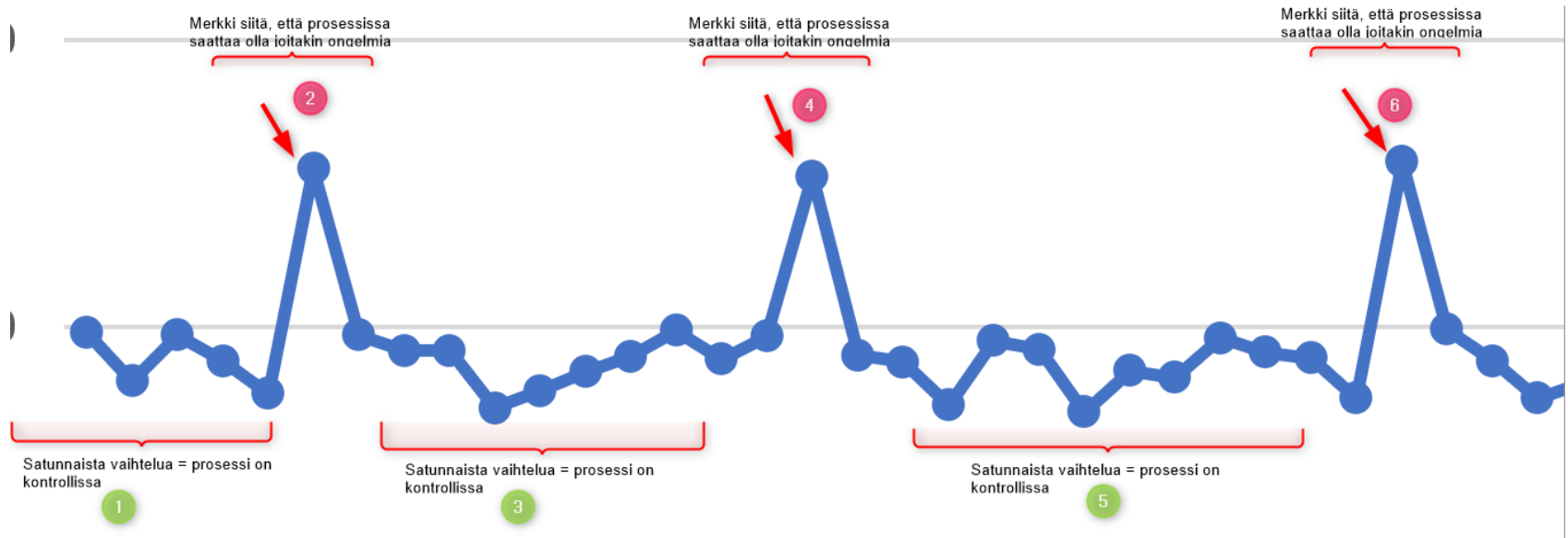
**Epästabiilissa (stabiili=vakaa) prosessissa vaihtelu on isoa**



**Epästabiili prosessi – Ei kyvykäs prosessi**

- Epästabiilissa prosessi ei ole kontrollissa
- Stabiilius tarkoittaa, että prosessin vaihtelu on "ennustettavissa" ja hyväksyttävissä rajoissa (ns. 3 sigman sisällä)
- Yleensä saadaan merkittävää parannusta jo sillä, että saadaan prosessi stabiiliksi eli vaihtelua pienemmäksi
- Satunnaisilla suurilla poikkeamilla ei välttämättä suurta merkitystä, mutta ne on syytä aina tutkia.

# Prosessi



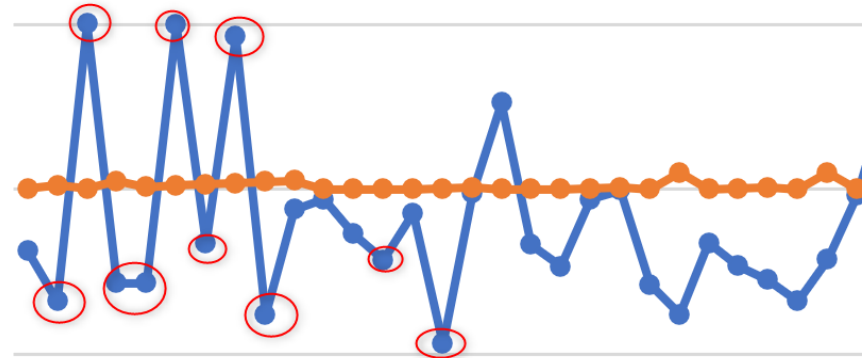
Yleensä saadaan merkittävää parannusta jo sillä, että saadaan prosessi stabiiliksi eli vaihtelua pienemmäksi. Poistamalla 2,4,6 piikit prosessin tila vakautuu ja miettimällä, mikä aiheuttaa poikkeamia. P

# STABIILISUUS & KYVYKKYYS

## Stabiilissa prosessissa vaihtelu on pientä

- Stabiili prosessi on kontrollissa
- Stabiiliudessa vaihtelu on "ennustettavissa" ja hyväksyttävissä rajoissa (ns. 3 sigman sisällä) eli vaihtelu on pientä
- Kyvykkyys tarkoittaa, pystyykö prosessi vastaamaan asiakkaan tarpeeseen
  - Eli "toimiva" tai "kyvykäs" prosessi tarkoittaa, että prosessi pystyy tuottamaan tuloksia, jotka täyttävät vaaditut laatuvaatimukset ja asiakastarpeet
  - Asiakkaan tarve määrittää tämän.

## Stabiili prosessi - Kyvykäs prosessi



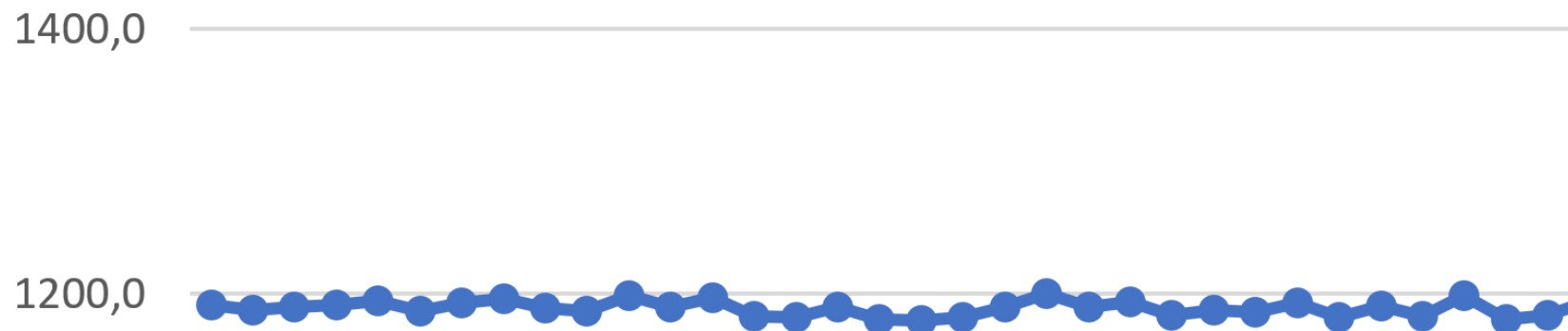
Sininen prosessin lähtötilanne.

Epävakaa prosessi.

Oranssi prosessin korjauksen jälkeen.

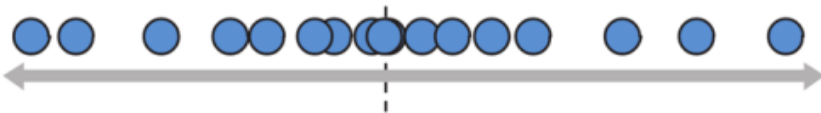
Prosessi on vakaa ja kyvykäs.

# Stabili processi



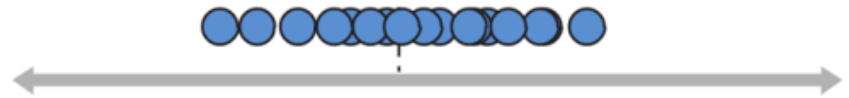
# Stabiilissa prosessissa keskihajonta on yleensä pieni

Suuri hajonta  
(katkoviiva keskiarvo)



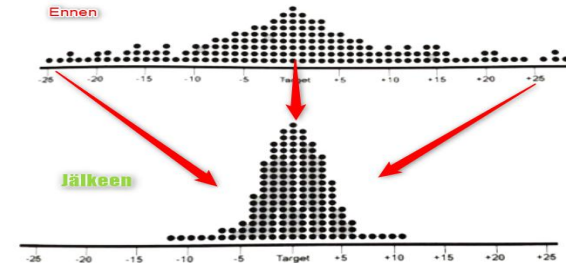
"Yllätyksiä täynnä.  
Jännittävää"

Pieni hajonta  
(katkoviiva keskiarvo)



"Ennustettavampi. Luotettava"

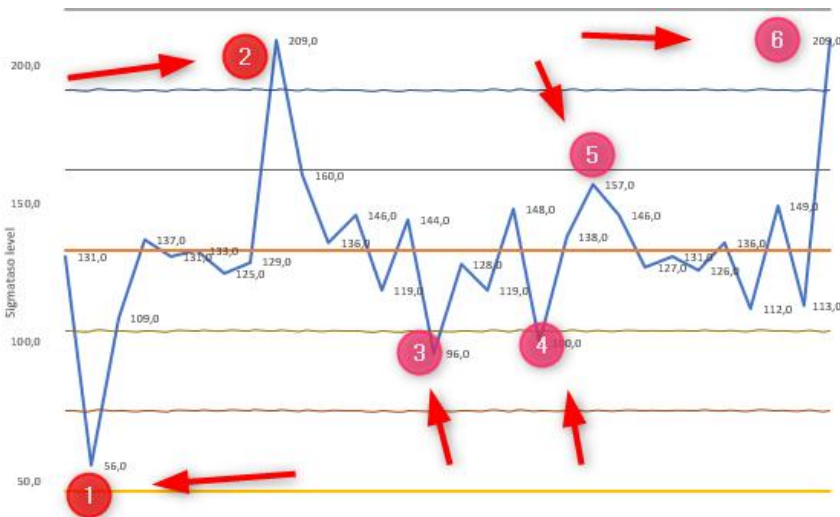
Pienessä hajonnassa havainnot keskittyvät keskiarvon ympärille, kun taas suuressa hajonnassa havainnot levittyvät kauemmas keskiarvosta.



# STABIILISUUS & KYVYKKYYS

Epästabiili prosessi sisältää paljon vaihtelua

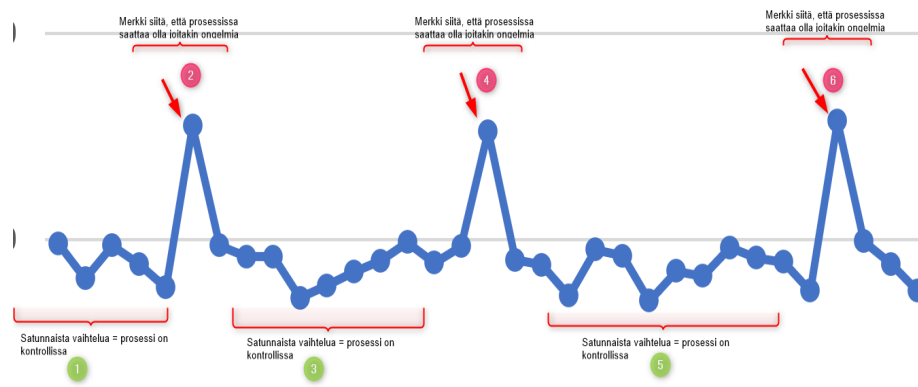
Epästabiili prosessi



- Sisältää erityissyyvaihtelua
  - Näille löytyy yleensä selitys
  - 1,2 ja 6 ”piikit” erityissyytä, jotka kannattaa selvittää. Oliko jotain erityistä, joka teki kyseisien piikin...
- Ei voi olla ”kyvykäs”

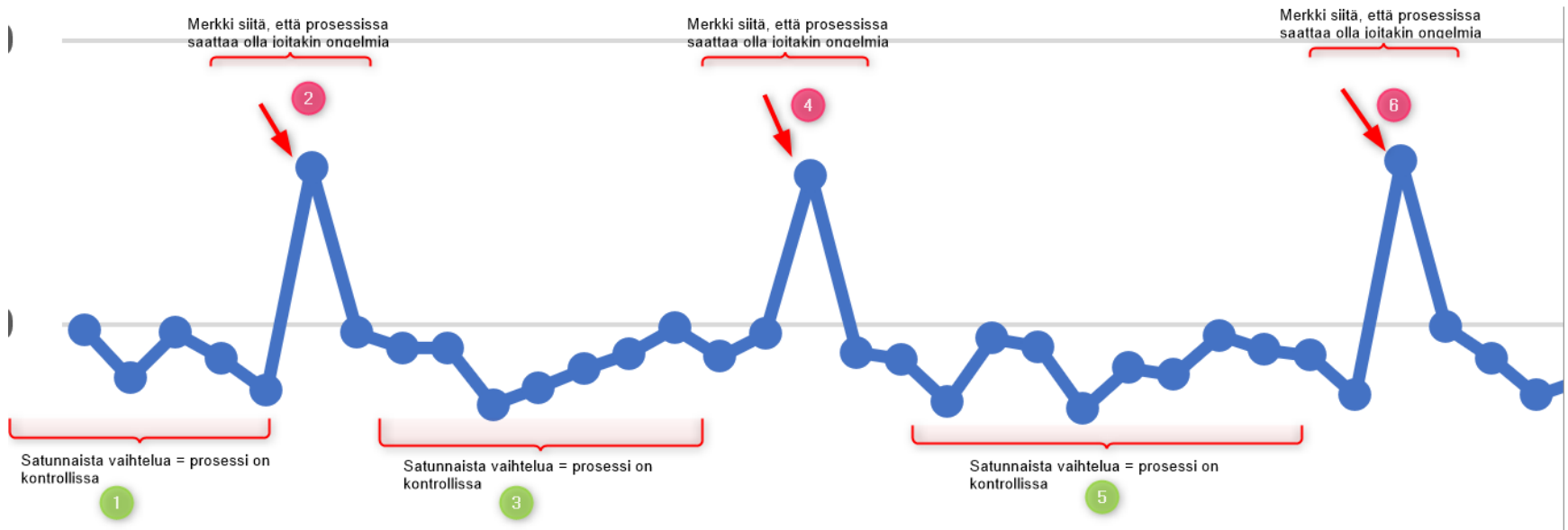
# Vaihtelua aiheuttavat satunnaissyyt / erityissyyt

- Satunnaissyyt = yleinen syy
- Satunnaissyyt on ennustettava
- Vaihtelusta 94 – 98 % on syntynyt sykleistä, joille ei ole olemassa erityistä syytä (on kohinaa, satunnainen, systeemi itse luo sen)
- On hyväksyttävää
- Eikä välttämättä tarvitse juuri muuttaa!
- Toisaalta, jos kyseessä on järjestelmällinen virhe tai toistuva satunnaisuus, joka vaikuttaa negatiivisesti johonkin prosessiin tai tulokseen, saattaa olla hyvä idea tutkia syitä ja yrittää vähentää tai poistaa sitä
- Yleisesti ottaen satunnaisuus on osa elämää ja monia luonnonilmiöitä, ja sen hyväksyminen voi olla viisasta. On tärkeää tunnistaa, milloin puuttuminen on tarpeen ja milloin satunnaisuus on vain osa normaalia vaihtelua.



# Vaihtelua aiheuttavat satunnaissyyt / erityissyyt

- Satunnaissyyt = yleinen syy
- Satunnaissyyt on ennustettava
- Vaihtelusta 94 – 98 % on syntynyt sykleistä, joille ei ole olemassa erityistä syytä (on kohinaa, satunnainen, systeemi itse luo sen)
- On hyväksyttävää



# Vaihtelua aiheuttavat satunnaissyyt / erityissyyt

- Erityissyy ei ole ennustettava
- Vaihtelusta 2-6 % on syntynyt systeemin ulkopuolisen aiheuttamana
- Virhe, joka johtuu materiaalista, poikkeavasta lämpötilasta jne.
- Nämä ovat poikkeavia tapahtumia, jotka aiheuttavat epänormaalia vaihtelua. Niiden tunnistaminen ja poistaminen on kriittistä, jotta prosessi voidaan palauttaa normaaliin ja stabiiliin tilaan.

# Vaihtelua aiheuttavat satunnaissyyt / erityissyyt

- Erityissyyt viittaavat tilanteisiin, joissa vaihtelu johtuu selkeästä syy-seuraus-suhteesta, kuten jostain systeemin ulkopuolisesta tekijästä tai virheestä
- Näitä syy-seuraus-suhteita voi olla mahdollista tunnistaa ja korjata. Esimerkiksi, jos tietty materiaali aiheuttaa toistuvaa virhettä tuotantoprosessissa, voit yrittää korvata sen toisella materiaalilla tai säätää prosessia
- Erityissyyt voivat olla paikannettavissa ja korjattavissa, kun taas satunnaisuus on enemmän luonteeltaan sattumanvaraista eikä siihen välttämättä voi suoraan puuttua. Joten erityissyyt kannattaa tutkia ja ratkaista, kun niitä havaitaan, jotta voidaan parantaa prosesseja ja tuloksia
- Lean Six Sigma -menetelmän tavoitteena on hallita ja vähentää molempia vaihtelutyppejä parantaakseen tehokkuutta ja laatua. Satunnaisia syitä pyritään vähentämään pitkän aikavälin parannustoimien kautta, kun taas erityisiä syitä pyritään tunnistamaan ja eliminoida nopeasti.

# Mittaaminen





# Mittaaminen



- Lean Six Sigma -menetelmissä mittaaminen on tärkeä osa prosessien ja tuotteiden kehittämistä ja parantamista
- Mittausten avulla voidaan tunnistaa työprosessien ja tuotteiden ongelmat ja kehittää toimenpiteitä niiden korjaamiseksi.
- Mieti, mitä mittaat ja onko mittaaminen mahdollista tai järkevää
- Useimpia asioita voi mitata, mutta ei kaikkea
- Mittaaminen on prosessin, tuotteen tai palvelun ominaisuuksien tai suorituskyvyn arviointia
- Mittaamisen avulla voidaan saada tietoa, kuinka hyvin prosessi, tuote tai palvelu toimii ja miten sitä voidaan parantaa





# Mittaaminen

- Mitä voi ja mitä ei voi mitata, riippuu prosessin tai tuotteen tai palvelun ominaisuuksista ja tavoitteista
- Jos tavoitteena on esimerkiksi parantaa prosessin tuottavuutta, voidaan mitata prosessin kestoa ja virheiden määrää
- Jos tavoitteena on taas parantaa asiakastyytyväisyyttä, voidaan mitata asiakastyytyväisyyskyselyjen tuloksia
- Mittaamisen on oltava tarkoituksenmukaista prosessin tai tuotteen tavoitteiden kannalta
- Mittausten avulla ei voida mitata kaikkea, mutta oikein valittujen mittausten avulla voidaan saada arvokasta tietoa prosessien ja tuotteiden parantamiseksi.

# Hyviä mittareita?

- **Keskiarvo**
- Keskiarvo on yksinkertaisin tilastollinen luku. Se on aineiston keskimääräinen arvo. Keskiarvo voidaan laskea laskemalla kaikkien aineiston arvojen summa ja jakamalla se aineiston arvojen määrällä.

Esimerkki:

- Oletetaan, että meillä on seuraavat arvot: 1, 3, 6, 9, 10, 9, 9, 10, 3, 10.
- Keskiarvo on  $= (1 + 3 + 6 + 9 + 10 + 9 + 9 + 10 + 3 + 10) / 10 = 7$
- Excelissä kaavalla: =Keskiarvo()
- Onko keskiarvo huono vai hyvä mittari. Miksi?
  - Esimerkiksi jos 1. jos toinen jalka on jäisessä vedessä ja toinen kuumassa, on keskiarvo normaali.

# Hyviä mittareita

## Mediaani

Aineisto suuruusjärjestykseen. Mediaani on aineiston keskimäinen arvo. Jos aineistossa on parillinen määrä arvoja, mediaani on kahden keskimäisen arvon keskiarvo.

Esimerkki:

Aineiston arvot järjestettynä suuruusjärjestykseen ovat:

1, 3, 3, 6, 9, 9, 9, 10, 10, 10

Mediaani on:

$$\text{Mediaani} = (6 + 9) / 2 = 7.5$$

Excelissä laskenta:= Mediaani()

# Hyviä mittareita

## **Maksimi**

on aineiston suurin arvo

Aineiston arvot suuruusjärjestyksessä ovat:

1, 3, 3, 6, 9, 9, 9, 10, 10, 10

Maksimi on: Maksimi on aineiston suurin arvo 10.

Excelissä laskenta: =Maks()

## **Minimi**

on aineiston pienin arvo.

Aineiston pienin arvo on 1.

Excelissä laskenta: Min()

## **Vaihteluväli**

on aineiston suurimman ja pienimmän arvon erotus.

Aineiston vaihteluväli on:

Vaihteluväli =  $10 - 1 = 9$

Excelissä laskenta: =Maks()-Min()

# Hyviä mittareita

## **Moodi**

kuvaa aineiston yleisintä arvoa

Aineiston arvot järjestettynä suuruusjärjestyksessä ovat:

1, 3, 3, 6, 9, 9, 9, 10, 10, 10

Aineiston yleisin arvo on 9.

Excelissä laskenta: `Moodi.yksi()`

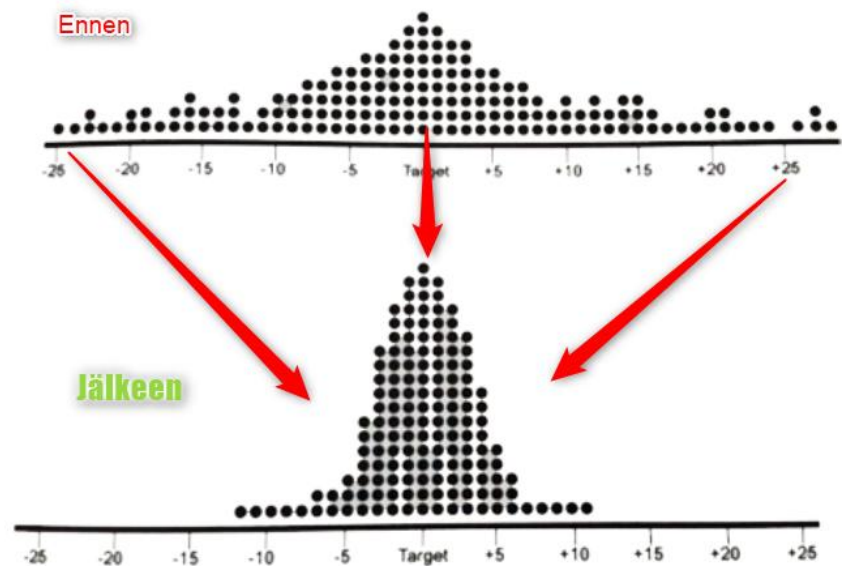
# Hyviä mittareita

## Keskihajonta

kertoo, miten kaukana muuttujan arvot ovat keskiarvosta. Mitä suurempi keskihajonta, sitä enemmän vaihtelua on muuttujan arvoissa.

Keskihajontaa voidaan käyttää esimerkiksi vertaamaan eri muuttujien vaihtelua tai arvioimaan, kuinka paljon muuttujan arvot poikkeavat keskiarvosta.

Excelissä laskenta: Keskihajonta.P()  
(koko aineisto).



# Edellisten (tilastollisten) lukujen perusteella:

- Oletetaan, että meillä on seuraavat arvot: 1, 3, 6, 9, 10, 9, 9, 10, 3, 10.
- Keskiarvo on  $= (1 + 3 + 6 + 9 + 10 + 9 + 9 + 10 + 3 + 10) / 10 = 7$
- Keskihajonta on: 3,3
- Kun keskiarvo on 7 ja keskihajonta on 3,3, jakaantuu aineisto keskimäärin tilastollisesti alueille 3,7 – 10,3 → koska  $7 - 3,3 = 3,7$  ja  $7 + 3,3 = 10,3$
- Aineiston arvot ovat melko tasaisesti jakautuneet keskiarvon (7) ympärille
- Aineistossa on kaksi arvoa, jotka ovat poikkeavia ääripään arvoja. Nämä arvot ovat 1 ja 10.
- Silloin kuinka parantaa keskiarvoa ja pienentää vaihtelua:
  1. Keskiarvoa voidaan parantaa lisäämällä arvoja, jotka ovat keskiarvon lähellä tai sen yläpuolella
  2. Vaihtelua (heiluntaa) voidaan pienentää poistamalla poikkeavia arvoja tuottavat työtavat. Poikkeavat arvot ovat arvoja, jotka ovat kaukana keskiarvosta. Ne voivat johtua virheistä tai satunnaisista tapahtumista.

# Keskihajonnan laskenta

## Keskihajonta laskenta

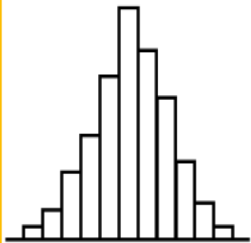
- kertoo, miten kaukana mitatut arvot ovat keskiarvosta. Mitä suurempi keskihajonta, sitä enemmän vaihtelua on muuttujan arvoissa
- 1-3. Jokaisesta luvusta ( $x_i$ ) vähennetään keskiarvo ( $\mu$  myy) ja tästä erotuksesta lasketaan neliö
- 4. Summataan kaikki yhteen (Sigma  $\Sigma$ )
- 5. Jaetaan lukumäärällä
- 6. Otetaan neliöjuuri
- Tämä koko aineistolle.

The diagram illustrates the formula for standard deviation,  $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$ , with green circles and numbers indicating the steps: 1.  $x_i$ , 2.  $\mu$ , 3.  $(x_i - \mu)^2$ , 4.  $\sum$ , 5.  $\frac{1}{N}$ , and 6.  $\sqrt{\quad}$ .

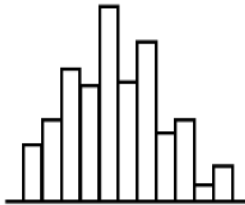
Excelissä laskenta: Keskihajonta.P() =koko aineisto  
Keskihajonta.S() =) näyte.

# Keskihajonnan eli jakauman tyyppejä

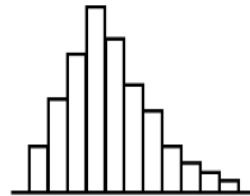
## Histogrammin eli jakauman muotoja



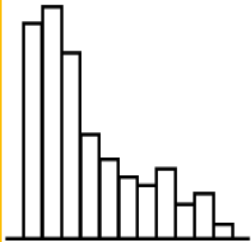
a) Normaalimuoto



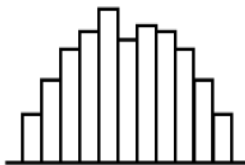
b) Kampamuoto



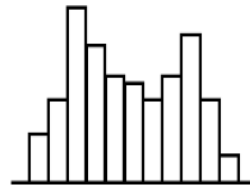
c) Positiivinen vino



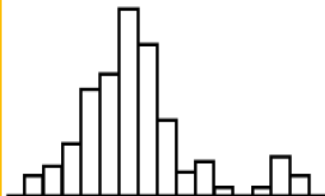
d) Vasemmanpuoleinen jyrkkä



e) Tasahuippu



f) Kaksoishuippu



g) Erillishuiput

- a) Normaalimuoto on yleisin histogrammimuoto. Tässä 95 % mittauksistasi sisältyy saatuihin (2xkeskihajonta) raja-arvoihin, on aineistosi ns. normaalijakautunutta aineistoa tilastollisesti.
- b) Kampamuodossa joka toisen luokan esiintymistiheys on korkeampi. Muoto voi johtua arvojen pyörityksistä.
- c) Vinossa muodossa korkein frekvenssi on histogrammin keskikohdasta hieman oikealla tai vasemmalla puolella. Muoto voi syntyä, kun prosessin joko ylä- tai alarajaa seurataan spesifikaattorajojen avulla.
- d) Jyrkässä muodossa korkein frekvenssi on histogrammin keskikohdasta kaukana oikealla tai vasemmalla. Muoto voi syntyä, kun spesifikaatiohan ylittävät arvot on jätetty pois tai kun matalampaa tai suurempaa arvoa ei voi esiintyä.
- e) Tasahuippuisessa muodossa ei ole havaittavissa selkeää korkeinta frekvenssiä. Muoto voi johtua usean eri keskiarvon omaavan jakauman sekoittumisesta.
- f) Kaksoishuippuisessa muodossa on havaittavissa kaksi erillistä frekvenssihuippua. Muoto voi johtua kahden eri keskiarvon omaavan jakauman sekoittumisesta.
- g) Erillishuippuisessa muodossa on havaittavissa frekvenssihuipun lisäksi toinen paljon pienempi huippu etäällä frekvenssihuipusta. Muoto voi johtua virheestä mittauksessa tai häiriöstä prosessissa.

# Hyviä mittareita?

## NPS

- NPS eli Net Promoter Score on laajalti käytetty työkalu, jota voi hyödyntää yrityksen asiakasuskollisuuden analysointiin
- NPS-luku kertoo asiakkaiden suositteluhalukkuudesta eli siitä, kuinka todennäköisesti he suosittelisivat yritystä, tuotetta tai palvelua ystävilleen tai kollegoilleen
- Huomaa, tämä on hyvä mittari asiakastyytyväisyyteen, mutta ei ole Lean Six Sigma laskentaa. Tästä toki voit tehdä LSS-laskentaa (keskihajonta).

Aineiston arvot ovat: 1- 10

- Suosittelijat ovat niitä, jotka vastaavat NPS-kyselyyn 9 tai 10. He ovat yleisesti ottaen erittäin tyytyväisiä yritykseen ja sen tuotteisiin tai palveluihin
- Passiiviset puolestaan vastaavat NPS-kyselyyn 7 tai 8. He eivät välttämättä laula yrityksen puolesta ylistyslauluja, mutta eivät ole täysin tyytymättömiäkään. Arvostelijat ovat niitä, jotka vastaavat NPS-kyselyyn 0–6. He eivät ole tyytyväisiä yrityksen palveluihin tai tuotteisiin.

Katso Mikan [NPS video](#)

# Control Chart kuvaaja

- Mittaustulokset esitetään aikajärjestyksessä
- Saadaan laskettua ja määritettyä ohjausrajat (Control limits)
  - Huom! Laajemmin tarkasteltuna isommassa mittauksessa
- Olisi hyvä olla vähintään 20 datapistettä (tilastollinen luotettavuus ja uskottavuus paranee)
- Voidaan tehdä sekä jatkuvalle (mittaus) että attribuuttidatalle (virheiden määrä)
- Tärkeää ymmärtää mitä kuvaajan esittämä vaihtelu kertoo.

# Jatkuva data

- Kun mitataan jotain, jota voidaan mitata ”jatkuvasti”
- Meitä kiinnostaa vaihtelu
  - Eräs hukan suurin syy on suuri vaihtelu
- Datasta voidaan laskea keskiarvo
  - Aineiston arvot/lkm
- Tämän jälkeen voidaan laskea keskihajonta
  - Hajontaluvuilla voidaan kuvata, sitä kuinka ”hajallaan” (kaukana keskiarvosta) aineiston arvot keskimäärin ovat
- Mediaani = Keskimäinen luku aineistossa
- Keskiarvon paikka suhteessa vaihteluun
- Keskiarvon parannus auttaa parantamaan kyvykkyyttä
- Tai vaihtelun vähentäminen
- Tai molemmat.

# Control Chartin visuaalisuus rakentuu seuraavasti

- UCL (Upper Control Limit) eli suomeksi YOR (Ylä Ohjaus Raja) ja LCL (Lower Control Limit) eli (Ala Ohjaus Raja) määrittellään prosessista kerätystä tiedosta.
  - Nämä kertovat prosessin kyvystä suoriutua nykyisestä tehtävästään
- USL (Upper Specification Limit) ja LSL (Lower Specification Limit) määräävät prosessin "kyvykkyyttä"
  - Tämä on asiakkaan vaatimus
- Kokemusperäisesti sopiviksi rajoiksi on määritelty niin sanotut kolmen sigman rajat eli mittausaineiston keskiarvo + (3 x keskihajonta)
- Valvontarajat lasketaan prosessin keskiarvosta. Ylempi valvontaraja on keskiarvo plus kolme kertaa keskihajonta.
- Alempi valvontaraja on keskiarvo miinus kolme kertaa keskihajonta. Nämä rajat ovat valvontakorteissa yleisimmin käytetyt rajat.
- Normaalisti jakautunut satunnaismuuttuja osuu rajojen sisään 99,73 %:n todennäköisyydellä.

# Control Chartin visuaalisuus rakentuu seuraavasti

- UCL (Upper Control Limit) eli suomeksi YOR (Ylä Ohjaus Raja) ja LCL (Lower Control Limit) eli (Ala Ohjaus Raja) määritellään prosessista kerätystä tiedosta.
  - Nämä kertovat prosessin kyvystä suoriutua nykyisestä tehtävästään.
- USL (Upper Specification Limit) ja LSL (Lower Specification Limit) määräävät prosessin "kyvykkyyttä". Tämä on asiakkaan vaatimus.

| Nimeä prosessi xx                                         |                                 |             |                  |          |                     |           |                               |                                |                                                      |                       |                                   |  |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|------------------|----------|---------------------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--|
| Prosessin nimi                                            |                                 |             |                  |          |                     |           |                               |                                |                                                      |                       |                                   |  |
| Prosessin stabiilius                                      |                                 |             |                  |          |                     |           |                               |                                |                                                      |                       |                                   |  |
| Keskiarvo (mean)                                          |                                 |             |                  |          |                     |           | 8,94                          | Määritetään halutut raja-arvot |                                                      |                       |                                   |  |
| Keskihajonta                                              |                                 |             |                  |          |                     |           | 0,526                         | 5,9%                           | "prosessin tavoitteille" -> Kyvykkyyden parantamista |                       |                                   |  |
| Ohjausarajan ylä- (UCL)- ja alaraja (LCL) Sigmaa $\sigma$ |                                 |             |                  |          |                     |           | 3                             | $\sigma$                       | Yläraja (USL) ja Alaraja (LSL)                       |                       |                                   |  |
| Nimeä mittausnimi:                                        |                                 |             | Valitse yksikkö: |          |                     |           |                               | 70 %                           |                                                      | 7,36                  | 5,15                              |  |
| Mittaustunnus                                             | Mittausarvo (syötä omat arvosi) | Mittausluku | pistettä         | Sijoitus | Normaalijakaumassa? | Keskiarvo | UCL= Yläohjausraja 3 $\sigma$ | LCL= Alaohjausraja 3 $\sigma$  | USL= Yläraja suositus                                | LSL= Alaraja suositus | Voit muokata tavoitearvoa riville |  |
| 1                                                         | 8,0                             | 8,0         | pistettä         | 94       | on                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                           | 7,36                                                 | 5,15                  |                                   |  |
| 2                                                         | 9,0                             | 9,0         | pistettä         | 6        | on                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                           | 7,36                                                 | 5,15                  |                                   |  |
| 3                                                         | 9,0                             | 9,0         | pistettä         | 6        | on                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                           | 7,36                                                 | 5,15                  |                                   |  |
| 4                                                         | 9,0                             | 9,0         | pistettä         | 6        | on                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                           | 7,36                                                 | 5,15                  |                                   |  |
| 5                                                         | 10,0                            | 10,0        | pistettä         | 1        | ei                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                           | 7,36                                                 | 5,15                  |                                   |  |

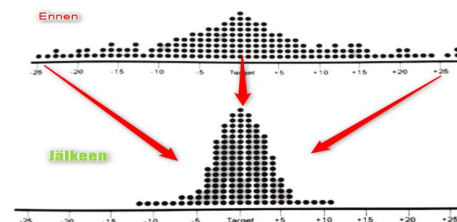
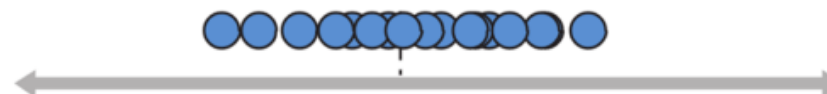
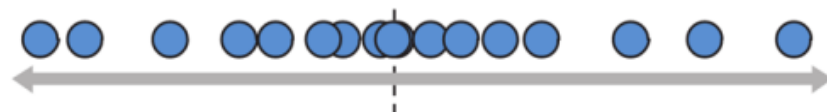
# Kyvykkyys

- Stabiilius + kyvykkyys = Hyvä prosessi
- Mikä on vaihtelun suuruus on suhteessa toleransseihin eli vaihteluväleihin
- Keskiarvon paikka suhteessa toleransseihin
  - Eli kuinka lähellä mittausten keskiarvo on sallittua aluetta. Mitä lähempänä keskiarvo on sallittua aluetta, sitä parempi prosessin kyky on.
- Keskiarvon parannus auttaa parantamaan kyvykkyyttä
- Tai vaihtelun vähentäminen
- Tai molemmat.

# Lean Six Sigma 3-6 sigmat

- 3 sigmaa käytetään siksi, että se on "lähtökohta" rajojen laskemiseen.
  - Kun vaihdat sigmaluvun kolmosen (3) tilalle kutosen (6), niin taulukko käyttäytyy siten, että se laajentaa eli leventää UCL ja LCL - alueita vastaamaan antamaasi sigma-alueita
- Six Sigmassa käytetään standardipoikkeamaa mittaamaan, kuinka paljon prosessin tulokset vaihtelevat keskiarvosta
  - Pieni standardipoikkeama eli keskihajonta osoittaa, että prosessi on stabiili ja tuottaa ennustettavia tuloksia.
  - Jos keskihajonta on iso, kasvavat UVL- ja LCL-luvut "hallitsemattomiksi" alueiksi, koska prosessi ei ole kunnossa.
- Asiaa voisi tarkastella toisin päin siten, että sopivatko kaikki arvot tietyn sigma-arvon sisälle
- Prosessin pitää olla stabiili ja silloin arvot ovat lähellä keskiarvoa
- Laita kaikki mitta-arvot lähelle tavoitearvoa ja katso sitten sitä 3- 6 sigman sisälle sopimiseen.

|  |  |       |          |
|--|--|-------|----------|
|  |  |       |          |
|  |  | 2,00  |          |
|  |  | 0,258 |          |
|  |  | 3     | $\sigma$ |

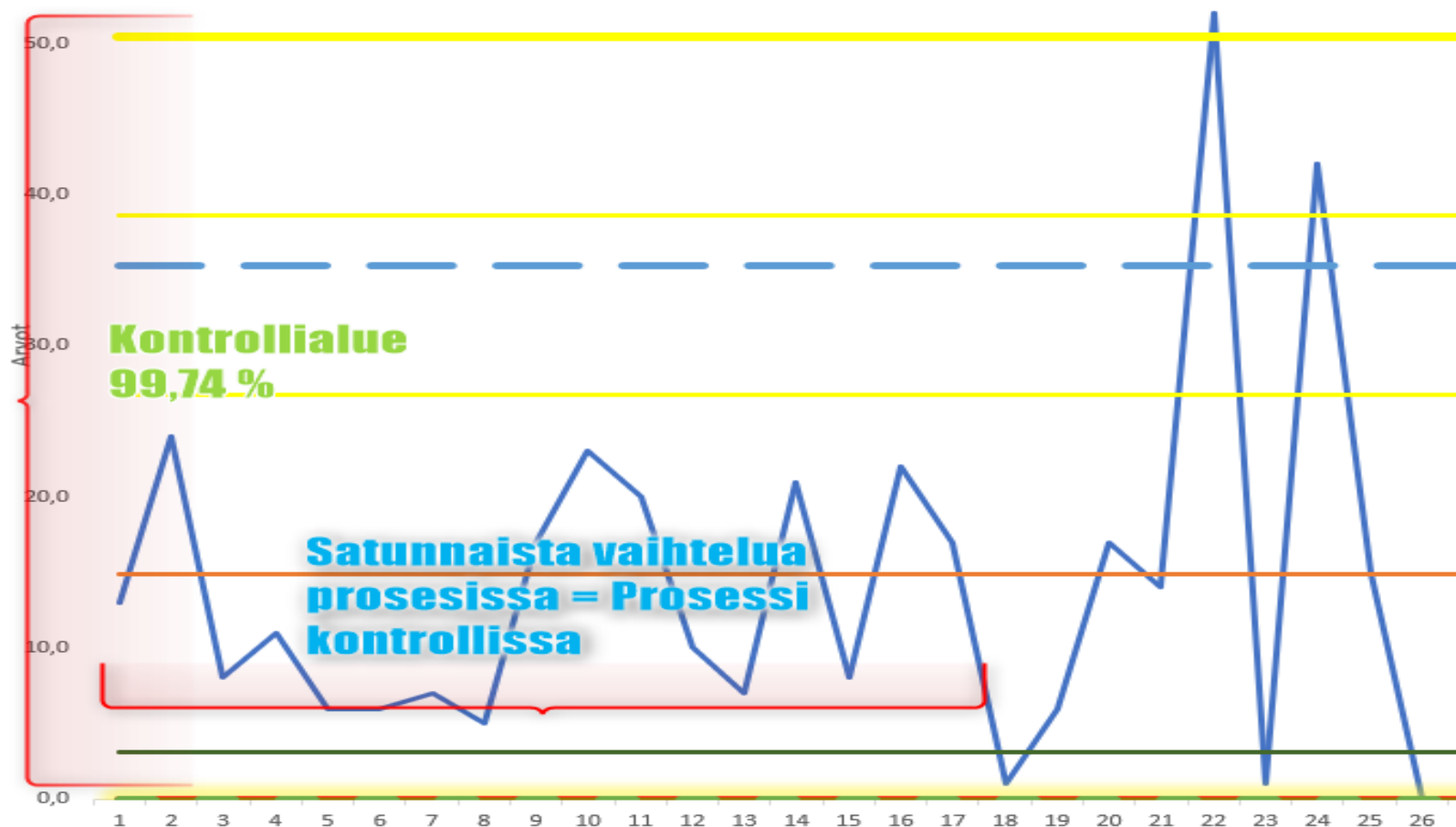


# Lean Six Sigma 3-6 sigmat

- **3 Sigmassa:**
  - Onnistumisprosentti: Noin 93,32%
  - Virhemäärä: Korkeintaan 66 807 virhettä miljoonaa mahdollista tilaisuutta kohden.
  - 3 sigmassa Ylä- ja alapuolella keskiarvon: noin 99,73% aineistosta sisältyy laskentaan normaalijakaumassa.
- **4 Sigmassa:**
  - Onnistumisprosentti: Noin 99,38%
  - Virhemäärä: Korkeintaan 6 210 virhettä miljoonaa mahdollista tilaisuutta kohden.
  - 4 sigmassa Ylä- ja alapuolella keskiarvon: noin 99,9937% aineistosta sisältyy tähän laskentaan normaalijakaumassa.
- **5 Sigmassa:**
  - Onnistumisprosentti: Noin 99,977%
  - Virhemäärä: Korkeintaan 233 virhettä miljoonaa mahdollista tilaisuutta kohden.
  - 5 sigmassa Ylä- ja alapuolella keskiarvon: noin 99,99994% aineistosta sisältyy tähän laskentaan normaalijakaumassa.
- **6 Sigmassa: (Avaruusraketti) - Hyvin vaikea saavuttaa! Ja tarvitseeko?**
  - Onnistumisprosentti: Noin 99,9997%
  - Virhemäärä: Korkeintaan 3,4 virhettä miljoonaa mahdollista tilaisuutta kohden.
  - 6 sigmassa Ylä- ja alapuolella keskiarvon: noin 99,999997% aineistosta sisältyy tähän laskentaan normaalijakaumassa.

# Lean Six Sigman 3 sigman alue

Kokemusperäisesti sopiviksi rajoiksi prosessiin on määritelty ns. kolmen sigman rajat

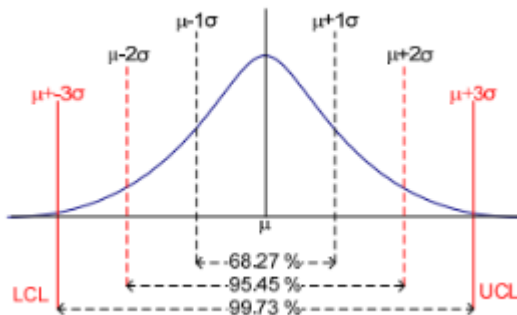


# Lean Six Sigman 3 sigman alue

Kokemusperäisesti sopiviksi rajoiksi prosessiin on määritelty ns. kolmen sigman rajat

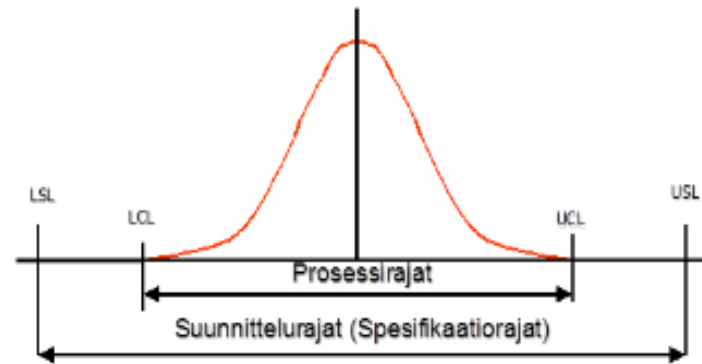


# Lean Six Sigma



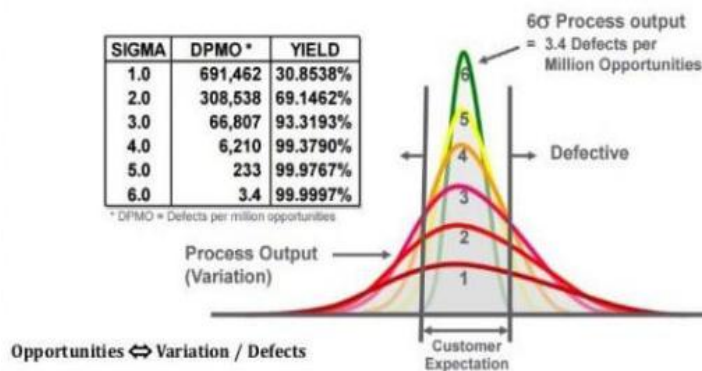
## 1-3 sigman tasot:

3 sigmaa kattaa 99,73 % eli lähes koko tietomäärän normaalissa aineistossa tilastollisesti. Nostaminen 6 sigmaan kattaisi 99,99997 %.



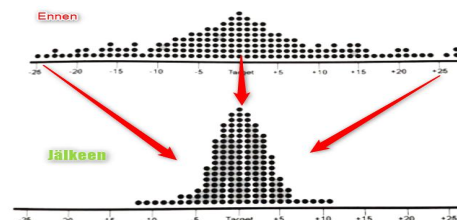
Prosessin ohjausrajat määräytyvät, kun prosessi on saatu stabiiliksi eli vakaaksi. UCL (Upper Control Limit) eli suomeksi YOR (YläOhjausRaja) ja LCL (Lower Control Limit) eli AOR (AlaOhjausRaja) määritellään prosessista kerätystä tiedosta. Nämä kertovat prosessin kyvystä suoriutua nykyisestä tehtävästään.

USL (Upper Specification Limit) ja LSL (Lower Specification Limit) määräävät prosessin "kyvykkyyttä". Tämä on asiakkaan vaatimus. Useimmiten voi olla tiukempi kuin mitä alussa itse pystymme tuottamaan esim. 70 % meidän nykytasosta.

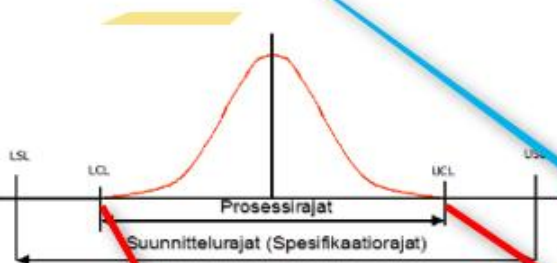
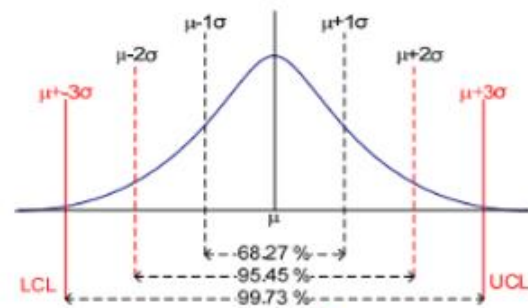


Kun keskihajonta saadaan mahd. pieneksi, voidaan kokeilla sigman nostoa 3->6 sigmaan. Tämä tarkoittaa, että toistamalla prossissa asia 1 000 000 krt, tuottaisi se enintään 3,4 virhettä.

**Todennäköisesti mahdoton saavuttaa ilman suuria satsauksia, siksi tason nosto esim. 3 sigmasta 4 tai max 5 sigmaan lienee mahdollinen.**

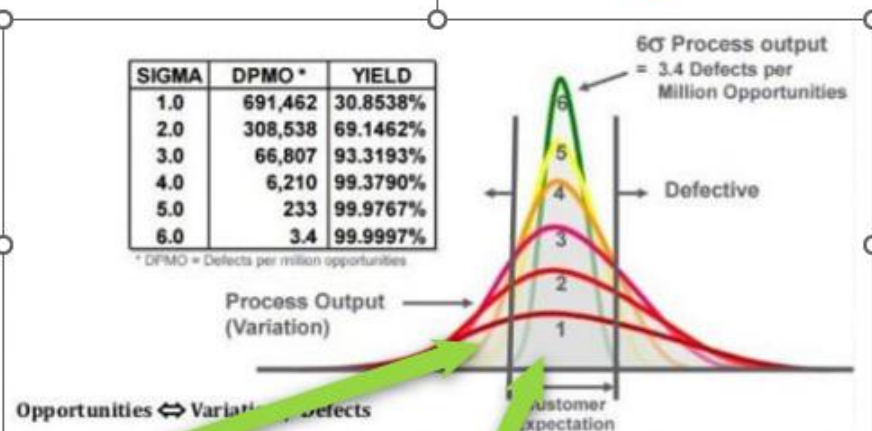


# Lean Six Sigma



| SIGMA | DPMO *  | YIELD    |
|-------|---------|----------|
| 1.0   | 691,462 | 30.8538% |
| 2.0   | 308,538 | 69.1462% |
| 3.0   | 66,807  | 93.3193% |
| 4.0   | 6,210   | 99.3790% |
| 5.0   | 233     | 99.9767% |
| 6.0   | 3.4     | 99.9997% |

\* DPMO = Defects per million opportunities

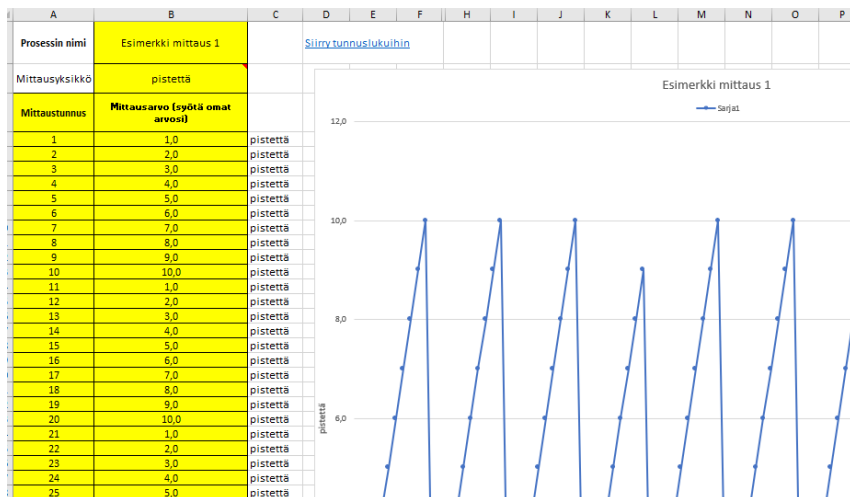


|                                                           |                                 |             |          |                  |                     |           |                               |                               |                       |                                |                                   |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|----------|------------------|---------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Nimeä prosessi xx                                         |                                 |             |          |                  |                     |           |                               |                               |                       |                                |                                   |
| Prosessin nimi                                            |                                 |             |          |                  |                     |           |                               |                               |                       |                                |                                   |
| Prosessin stabiilius                                      |                                 |             |          |                  |                     |           |                               |                               |                       |                                |                                   |
| Keskiarvo (mean)                                          |                                 |             |          |                  |                     | 8,94      |                               | Prosessin kyvykkyys           |                       |                                |                                   |
| Keskihajonta                                              |                                 |             |          |                  |                     | 0,526     |                               | 5,9 %                         |                       | Määritetään halutut raja-arvot |                                   |
| Ohjausarajan ylä- (UCL)- ja alaraja (UCL) Sigmaa $\sigma$ |                                 |             |          |                  |                     | 3         |                               | $\sigma$                      |                       | Yläraja (USL) ja Alaraja (LSL) |                                   |
| Nimeä mittausnimi:                                        |                                 |             |          | Valitse yksikkö: |                     |           |                               | 70 %                          |                       | 7,36 5,15                      |                                   |
| Mittaustunnus                                             | Mittausarvo (syötä omat arvosi) | Mittausluku | pistettä | Sijoitus         | Normaalijakaumassa? | Keskiarvo | UCL= Yläohjausraja 3 $\sigma$ | LCL= Alaohjausraja 3 $\sigma$ | USL= Yläraja suositus | LSL= Alaraja suositus          | Voit muokata tavoitearvoa riville |
| 1                                                         | 8,0                             | 8,0         | pistettä | 94               | on                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                          | 7,36                  | 5,15                           |                                   |
| 2                                                         | 9,0                             | 9,0         | pistettä | 6                | on                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                          | 7,36                  | 5,15                           |                                   |
| 3                                                         | 9,0                             | 9,0         | pistettä | 6                | on                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                          | 7,36                  | 5,15                           |                                   |
| 4                                                         | 9,0                             | 9,0         | pistettä | 6                | on                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                          | 7,36                  | 5,15                           |                                   |
| 5                                                         | 10,0                            | 10,0        | pistettä | 1                | ei                  | 8,94      | 10,52                         | 7,36                          | 7,36                  | 5,15                           |                                   |

# Hyödynnä valmista Mikan tekemää Excel pohjaa

Syötä mittaustulokset

Saat tunnuslukuja



| Yhteenvetotuloksia |       |
|--------------------|-------|
| Keskiarvo          | 5,47  |
| Mediaani           | 5,50  |
| Maksimi            | 10,00 |
| Minimi             | 1,00  |
| Vaihteluväli       | 9,00  |
| Keskihajonta       | 2,85  |
| Moodi              | 7,00  |

Lisää tieto omaan projektiisi



# Oman projektisi mittaukset

- Mittaa kehittämisen kohteena olevasta asiasta sellaista, joka on konkreettinen. Mikä on mittaustulos nyt?
- Mittaat, koska et voi muuten parantaa. Parannus edellyttää nykytilanteen tietämystä.
- Esim. aikaa, kpl, pituutta, mielipidettä → Mitä mieltä joku on jostakin asiasta: esim. 1(huono-10(hyvä))
- Kerää tietoa mittaamalla, kysymällä
- Eli mittaus vähintään 2 x
  - Ensin ennen parannusta selville nykytila: mittaa 1. kerran nykytilanne
  - Ja toisen kerran DMAIC parannusprojektin lopussa; tällöin selviää, onnistuiko parannus.

# Tee prosessiin parannus

## 1. Projektin muuttujien ideointi ja löytäminen

- Ishikawa kalanruoto ongelman ratkaisu, Pareto, XY-matriisi, FMEA

## 2. DATAN eli tiedon keräys

- Edustaako tieto populaatiota?
- Onko riittävä näytemäärä? Eli tarpeeksi edustava näyte vähentää virhettä

## 3. MSA eli Mittaussysteemin analyysi (Measurement system analysis, MSA)

- Onko selkeä prosessi?
- Noudattaako kaikki prosessia?
- Näytteenotossa ”ei sooloilla” eli mittaus on tehtävä aina samalla tavalla

## 4. STABIILISUUS

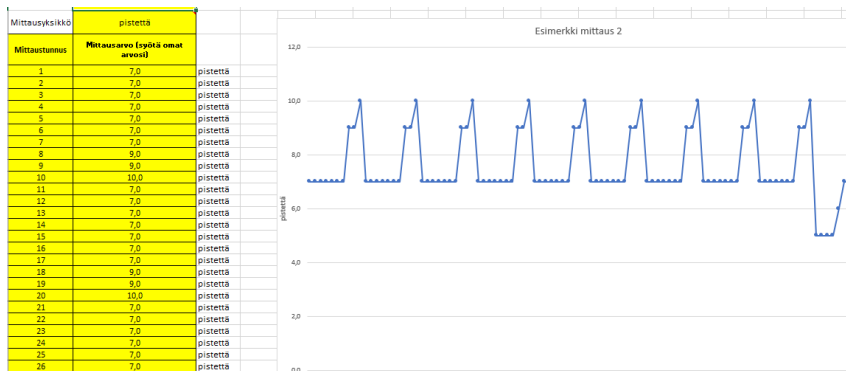
- Onko erityisyyttä?

## 5. Onko ongelmana vaihtelu vai keskiarvo?

# Hyödynnä valmista Excel pohjaa

Korjauksen jälkeen uusi mittaus

Saat uudet tunnusluvut



## Yhteenvetotuloksia

|              |       |
|--------------|-------|
| Keskiarvo    | 7,61  |
| Mediaani     | 7,00  |
| Maksimi      | 10,00 |
| Minimi       | 5,00  |
| Vaihteluväli | 5,00  |
| Keskihajonta | 1,23  |
| Moodi        | 7,00  |

Lisää tietoa omaan projektiisi



# **Esimerkki mittausten hyödyntäminen palveluiden laadun parantamisessa**

- Määritä prosessi, jonka laadun haluat parantaa: Valitse yksi prosessi, joka on tärkeä palvelun laadulle ja jota haluat parantaa. Esimerkiksi, jos olet ravintolayrittäjä, voit valita tilauksien käsittelyprosessin
- Määritä tärkeimmät mittarit: Valitse tärkeimmät mittarit, joiden avulla voit seurata palvelun laatua kyseisessä prosessissa. Esimerkiksi, jos olet valinnut tilausten käsittelyprosessin, tärkeitä mittareita voivat olla tilausten käsittelynopeus, virheiden määrä ja asiakkaiden tyytyväisyys
- Kerää tietoja: Kerää tietoja valitsemistasi mittareista, joita voit käyttää mittausten luomiseen. Voit kerätä tietoja esimerkiksi asiakaspalautteesta, henkilökunnan havainnoista, suorituskykymittareista tai muista lähteistä, jotka ovat relevantteja kyseiselle prosessille
- Valitse oikea mittari: Tämä voi olla esimerkiksi asiakkaiden odotusaika, asiakkaiden tyytyväisyys, henkilökunnan virheiden määrä tai muita mittareita, jotka ovat merkityksellisiä palvelun parantamiseksi
- Luo Excelissä mittaustaulukko ja saat tarvittavaa tilastollista tietoa parannuksen tekemiseen
- Tämä auttaa sinua visualisoimaan datan ja havaitsemaan muutokset suorituskyvyssä.

# Mika open oma esimerkki DMAIC-parannusprojektista

- Määritä prosessi, jonka laadun haluat parantaa: Valitse yksi prosessi, joka on tärkeä palvelun laadulle ja jota haluat parantaa.
  - Tekemäni kehittämisprojekti oli opiskelijan kokemuksen parantaminen tutoroinnista. **Tutoropettajan ohjaustapaamisen helpottaminen ja ajanvarauksen parantaminen ja yksinkertaistaminen**
  - Tavoitteena on keventää tutoropettajan kuormitusta vähentämällä aloitusvaiheen monimutkaisuutta hukkaa poistamalla, jolloin tutoropettajan työn virtaus paranee. Asiakkaan eli opiskelijan näkökulmasta virtaus paranee, koska hänen käsityksensä opintojen sisällöistä ja niiden kulusta selkiytyvät heti. Asiakkaan kokema odotushukka vähenee.
- Määritä tärkeimmät mittarit: Valitse tärkeimmät mittarit, joiden avulla voit seurata palvelun laatua kyseisessä prosessissa.
  - 1. Opiskelijalla tarve tavata tutoropettaja jollakin tavalla. Aika siitä, kun tarve muodostunut ja opiskelija tapaa tutorinsa livenä joko etänä tai paikan päällä.
- Valitse oikea mittari: Tämä voi olla esimerkiksi asiakkaiden odotusaika, asiakkaiden tyytyväisyys, henkilökunnan virheiden määrä tai muita mittareita, jotka ovat merkityksellisiä palvelun parantamiseksi.
  - Odotusaika
  - Voit tarkastella Mikan tekemää projektiaineistoa omalla kurssilla ja katsoa siitä mallia.

# Lähteet ja vaikutteet

1. Soveltaen Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Sari Torkkola 2015 Alma Talent
2. Karjalainen Eero, Lean Six sigma 2.0.
3. Mikan Yellow Belt opinnot Jari Uimonen Karelia AMK
4. Mikan Green Belt opinnot Jukka Saikkosen johdolla
5. Vaikutteet Green Belt Lean opinnot ja luennot Jukka Saikkonen
6. LEAN Six Sigma työn ohjaus Kari Kolehmainen kanssa. Lean Black Belt valmentaja HJP Oy
7. Kaukonen Tuomo, Tilastollisen prosessinohjauksen ja menetelmien kehittäminen koneistuksessa Gradu 2022. Vaasan yliopisto.  
<https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022051836812>
8. [https://opetus.wiki/doku.php/matematiikka:tilastolliset\\_tunnusluvut](https://opetus.wiki/doku.php/matematiikka:tilastolliset_tunnusluvut)