

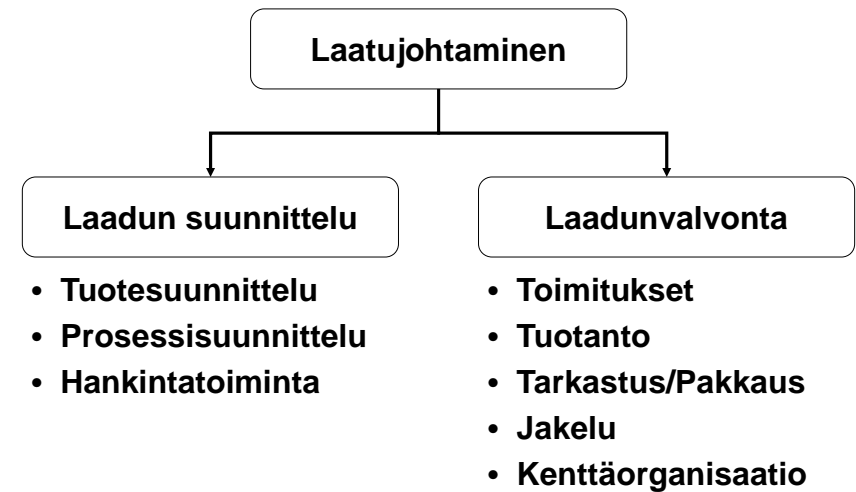
11

Tilastollinen laadunvalvonta

Luennon sisältö

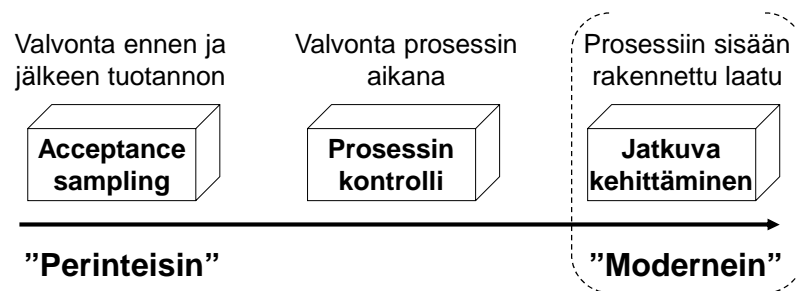
- Laadunvalvonta
- Prosessin kyvykkyys
- Acceptance sampling

Miten valvonta liittyy laatujohtamiseen?



Laadunvalvonta käytännössä välttämätöntä

- **Valvonnan tavoitteena varmistaa, että prosessit toimivat suunnitelmien mukaan**
 - päätettävä millä (kaikilla) tavoilla/menetelmillä valvotaan
 - päätettävä missä (kaikissa) kohdin prosessia valvotaan
 - esim. ennen kallista/peruuttamatonta vaihetta
 - päätettävä kuinka usein valvontaa tehdään



Laadunvalvonnan työkalujen käyttöprosessi

1. Ongelman identifiointi

- asiakasvalitukset, kontrollikartat ym. lähtösykäyksenä

2. Datat kerääminen

- tarkistuslistat, graafit, histogrammit jne. apuvälineinä

3. Tietomassan analysointi ja jaottelu

- pareto-analyysi hyvä lähtökohta

4. Ongelmien syiden selvittäminen

- esim. syy-seuraus analyysi prosessin pohjana

5. Ratkaisun kehittäminen ja toteutus

6. Toiminnan jatkuva valvonta ja kehittäminen

Kannattaako odottaa asiakasvalituksiin asti? - prosessinaikaisella valvonnalla nopeasti ongelmiin kiinni -



"Control process rather than product/service"

Laadunvalvonnan menetelmät

- prosessin kontrollikartat -

statistical
process control
(SPC)

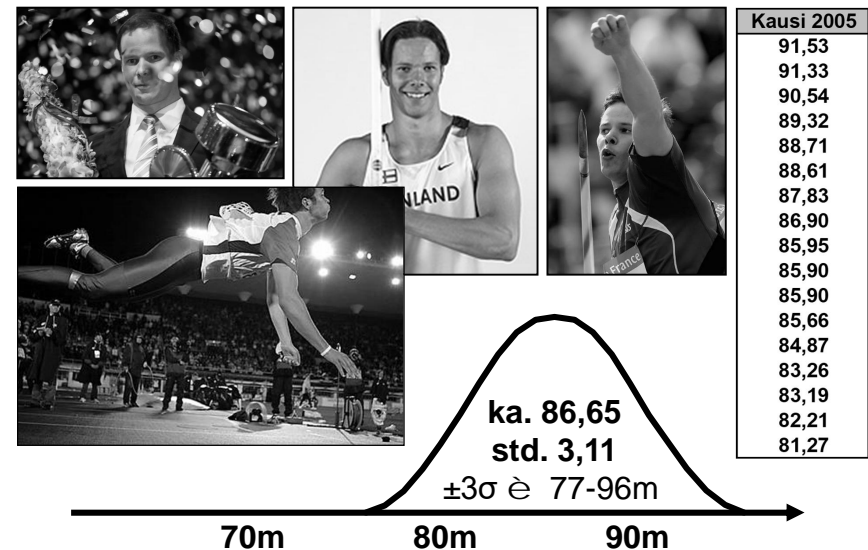
- **Prosessinaikaista laatua valvotaan tilastollisesti prosessista otettujen otosten perusteella**
- **Prosessi on kontrollissa kun siinä on ainoastaan satunnaista vaihtelua (vaihtelua on aina!)**
 - ei-satunnaiselle vaihtelulle löytyy yleensä joku syy mikä tulee eliminoida
 - SPC ei paljasta vaihtelun syytä; se on johdon ja työntekijöiden tehtävä!
- **Satunnainen vaihtelu ilmenee otoksien arvojen osumisena kontrollikarttojen rajojen sisäpuolelle**
 - kontrollirajat asetetaan yleensä ± 3 keskihajonnan päähän keskiarvosta (saadaan johtopäätöksille sopiva luottamustaso)
 - jos arvoja rajojen ulkopuolella, niin prosessi todennäköisesti ei ole kontrollissa
- **Johdon vaikeimpia päätöksiä on päättää tarvitseeko prosessi muutosta vai ei** (sekä ei-satunnainen että satunnainen vaihtelu)
 - satunnaista vaihtelua voidaan vähentää ainoastaan suunnittelemalla prosessi/tuote/palvelu uudelleen

Kontrollissa on siis kyse vaihtelun "laadusta"

	Kontrolli
Keskeinen kysymys	Onko prosessi kontrollissa (eli onko siinä pelkästään satunnaista vaihtelua)?
Analysoitava asia	Ei-satunnaisen vaihtelun (eli ongelmien) olemassaolo
Analyysityökalu	Kontrollikartat
Analyysin kohde	Prosessista otettavat otokset
Analyysin vertailukohta	Prosessi itse

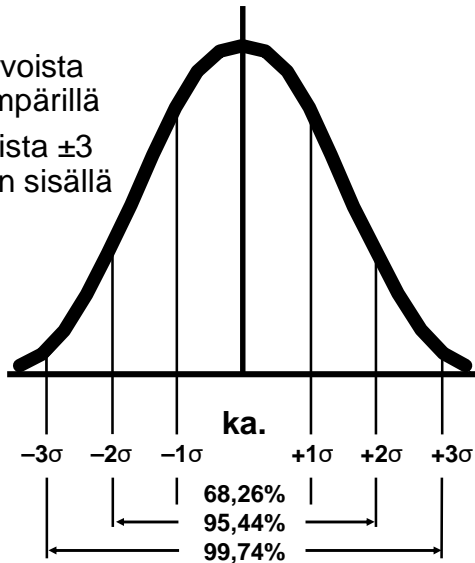
Kontrollikarttojen ajatus yksinkertainen

- vaihtelusta osa satunnaista ja osa ei-satunnaista -

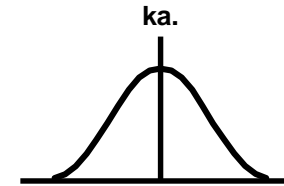


Normaalijakauma laadunvalvonnan pohjana

- Suurin osa arvoista keskiarvon ympärillä
- 99,74 % arvoista ± 3 keskihajonnan sisällä

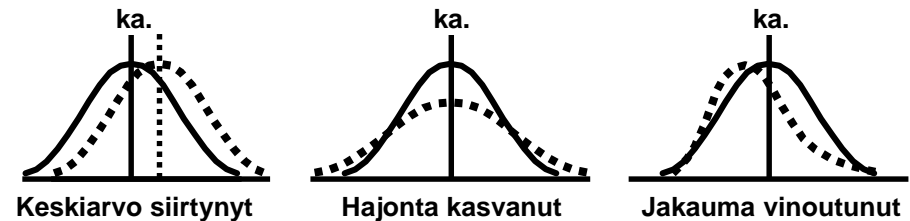


Satunnainen ja ei-satunnainen vaihtelu



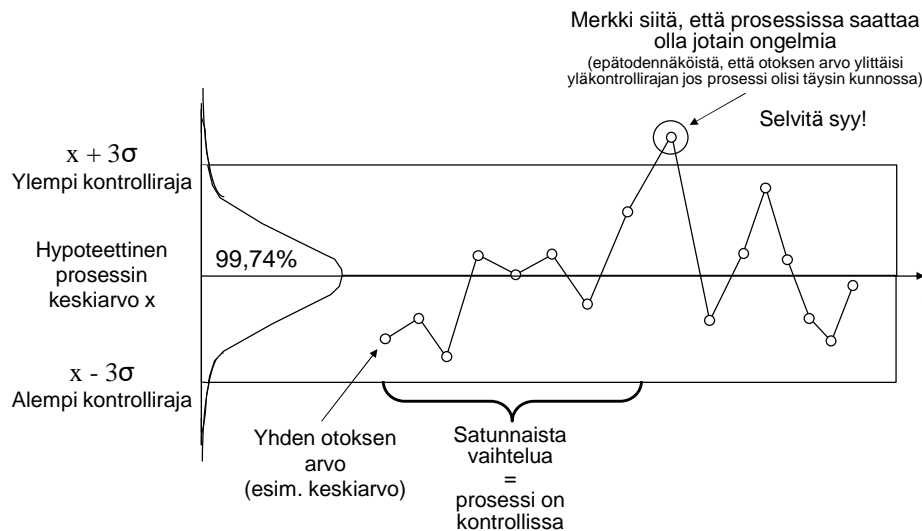
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Kaikissa prosesseissa on tietty määrä satunnaista vaihtelua

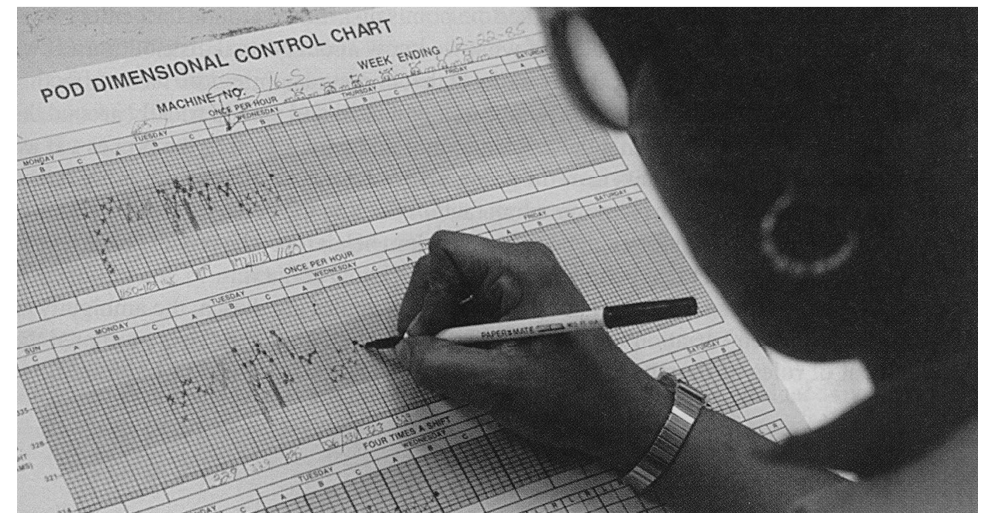


Ei-satunnaisen vaihtelun kolme perustyyppiä

Prosessin kontrollikarttojen käyttö



Prosessin kontrollikarttojen käyttö



Prosessin kontrollikarttojen käyttö

- **Prosessia pidetään ei-kontrollisissa olevaksi kun...**
 - yksi piste menee kontrollirajojen ulkopuolelle
 - kaksi peräkkäistä pistettä on lähellä samaa kontrollirajaa
 - 5 peräkkäistä pistettä on keskiarvon samalla puolella
 - 5 peräkkäistä pistettä muodostaa trendin ylös- tai alaspäin
 - raju muutos pisteiden tasossa
 - muu ei-satunnainen käyttäytyminen (esim. sykli)
- **Kolmen standardipoikkeaman käyttö on suositeltavaa mutta harkintaa voi käyttää**
 - jos kontrollirajat asetetaan liian tiukalle (esim. $ka \pm 2\sigma$), normaali vaihtelu tulkitaan liian usein ei-kontrollisiksi tilanteeksi (virhetyyppi I)
 - jos kontrollirajat asetetaan liian löysiksi (esim. $ka \pm 4\sigma$), ei-kontrollisissa tilanteet tulkitaan liian usein normaaliksi vaihteluksi (virhetyyppi II)
 - kolmen standardipoikkeaman kontrollirajojen käyttö tasapainottaa virhetyypit I ja II

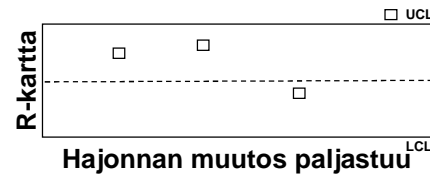
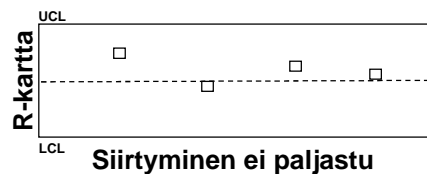
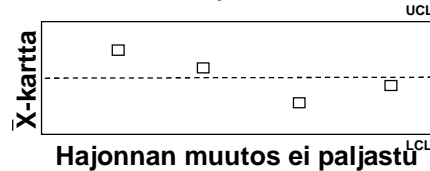
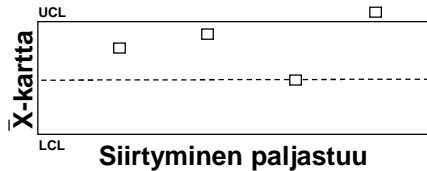
Jatkuvien muuttujien mittaaminen

- **X-kartta (otosten keskiarvon kehitys)**
 - käytetään analysoimaan jatkuvien muuttujien (= mitta-asteikollinen) otosten keskiarvon kehitystä
 - koska harvoin tiedetään prosessin todellista keskiarvoa, X-kartan keskiarvo lasketaan otoksien keskiarvoista
 - koska harvoin tiedetään prosessin todellista hajontaa, X-kartan kontrollirajat lasketaan otoksien vaihteluvälien (otoksen suurimman ja pienimmän arvon erotus) keskiarvon (eli \bar{R}) avulla
 - otoskoko huomioidaan rajojen laskemiseen tarvittavan A_2 -vakion valinnassa
 - pienet otoskoot suositeltuja aikaviivevaikutuksen minimoimiseksi
- **R-kartta (otosten vaihteluvälin kehitys)**
 - käytetään analysoimaan jatkuvien muuttujien (=mitta-asteikollinen) otosten "sisäisen hajonnan" kehitystä
 - koska harvoin tiedetään prosessin todellista hajontaa, R-kartan kontrollirajat lasketaan otoksien vaihteluvälien keskiarvon avulla
 - antaa melko yhtäläiset tulokset "todelliseen" hajontaan verrattaessa

Miksi tarvitaan sekä X- että R-kartta?



HUOM!
Otoksen "arvo", ei luonnollisesti tule aina jakauman keskeltä!



X- ja R-kartta esimerkki

Finnish Washer Oy valmistaa sarjatuotantona aluslevyjä, joita käytetään erilaisien koneiden komponentteina. Tuotannossa olevan aluslevyn reikä on kriittinen mitta, jotta se sopisi aiottuun tarkoitukseen. Laadunvalvonta on ottanut kymmenen päivän kuluessa kymmenen otosta, joissa kussakin on viisi aluslevyä (alla mittaustulokset). Tutki tilastollisen laadunvalvonnan menetelmin onko prosessi "kontrollisissa" eli toimiiko laite kunnolla. Piirrä kontrollikartat koneen toiminnasta. Perustele vastauksesi lyhyesti.

Otos	1	2	3	4	5
A	5,02	5,01	4,94	4,99	4,96
B	5,01	5,03	5,07	4,95	4,96
C	4,99	5,00	4,93	4,92	4,99
D	5,03	4,91	5,01	4,98	4,89
E	4,95	4,92	5,03	5,05	5,01
F	4,97	5,06	5,06	4,96	5,03
G	5,05	5,06	5,10	4,96	4,99
H	5,09	5,01	5,00	4,99	5,08
I	5,14	5,10	4,99	5,08	5,09
J	5,01	4,98	5,08	5,07	4,99

X- ja R-kartta esimerkki

1. Laske otoskeskiarvo, -vaihteluväli, keskiarvojen keskiarvo ja vaihteluvälien keskiarvo

Otos	1	2	3	4	5	X	R
A	5,02	5,01	4,94	4,99	4,96	4,98	0,08
B	5,01	5,03	5,07	4,95	4,96	5,00	0,12
C	4,99	5,00	4,93	4,92	4,99	4,97	0,08
D	5,03	4,91	5,01	4,98	4,89	4,96	0,14
E	4,95	4,92	5,03	5,05	5,01	4,99	0,13
F	4,97	5,06	5,06	4,96	5,03	5,01	0,10
G	5,05	5,06	5,10	4,96	4,99	5,02	0,14
H	5,09	5,01	5,00	4,99	5,08	5,05	0,11
I	5,14	5,10	4,99	5,08	5,09	5,08	0,15
J	5,01	4,98	5,08	5,07	4,99	5,03	0,10
ka.						5,009	0,115

X- ja R-kartta esimerkki

2. Laske kontrollirajat X- ja R-kartoille

\bar{X} - kartan kontrollirajat

$$UCL = \bar{x} + A_2\bar{R} = 5,009 + 0,577 * 0,115 = 5,075$$

$$LCL = \bar{x} - A_2\bar{R} = 5,009 - 0,577 * 0,115 = 4,943$$

R - kartan kontrollirajat

$$UCL = D_4\bar{R} = 2,114 * 0,115 = 0,243$$

$$LCL = D_3\bar{R} = 0 * 0,115 = 0$$

Kun joudutaan käyttämään hajonnan sijaan otoksien vaihteluvälien keskiarvoa \bar{R} , on kummallekin kontrollirajalla oma kaavansa (jotka vain pitää osata)

Arvoja X- ja R-karttoihin

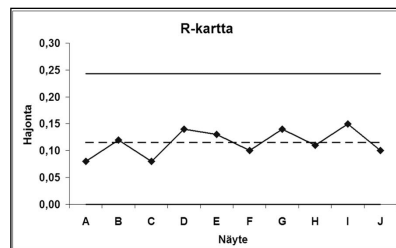
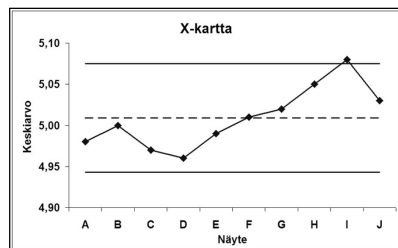
n	A2	D3	D4
2	1,880	0	3,268
3	1,023	0	2,574
4	0,729	0	2,282
5	0,577	0	2,114
6	0,483	0	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777

HUOM!
n = otoskoko

Kun joudutaan käyttämään hajonnan sijaan otoksien vaihteluvälien keskiarvoa \bar{R} , käytetään kontrollirajojen laskemisessa apuna "esilaskettuja" vakioita

X- ja R-kartta esimerkki

3. Taulukoi yksittäiset otosarvot, kaikkien otosten keskiarvot ja kontrollirajat



4. Tulkitse tulokset ja tee johtopäätökset/suosituksset

- Keskiarvo ei ole kontrollissa; yksi rajan ylitys, nouseva trendi jne.
- "Hajonta" hyvin kontrollissa

Kontrollikarttojen (mutu) analysointia

Kuvio	Kuvaus	Mahdolliset syyt
	Normaali	Satunnaista vaihtelua
	Epätasaisuus	Kohdennettavat syyt (esim. työkalut, materiaalit, ihmiset, yli reagointi, kahvitaumat)
	Trendi	Esim. koneen kuluminen, työntekijän väsyminen, paremmat työmenetelmät
	Sykli	Eri työvuorot, sähkön vaihtelu, kausivaihtelu jne.

Ominaisuuksien mittaaminen

p-kartta (virheellisten osuus per otos)

- aina kaikkia muuttujia ei voida/haluta mitata tasaisesti. P-karttaa käytetään kun havainnot voidaan jakaa kahteen kategoriaan
 - toimii vs. ei toimi, hyvä vs. huono, läpi vs. ei läpi jne.

- ilmoitetaan usein prosenteissa

$$UCL_p \text{ ja } LCL_p = \bar{p} \pm Z\sigma_p \quad \sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (\text{taustalla binomijakauma})$$

c-kartta (virheiden määrä per yksikkö)

- käytetään kun ainoastaan havainnot per mitattava yksikkö voidaan laskea (eli kun "ei-havainnot" ei pystytä laskemaan)
 - puhelinsoittoja, valituksia, hajoamisia per aikayksikkö
 - naarmuja, lommoja, virheitä per kappale

- ei voida ilmoittaa prosenteissa

$$UCL_c \text{ ja } LCL_c = \bar{c} \pm Z\sigma_c \quad \sigma_c = \sqrt{\bar{c}} \quad (\text{taustalla Poisson-jakauma})$$

p-kartta esimerkki

Jotkut aktivistit olivat valittaneet kaupunginvaltuustolle, että kaupungin asukkailla tulisi olla samanveroinen oikeus turvallisuuteen. Heidän mielestään poliisivoimia ja rikoksia ehkäiseviä investointeja (esim. valaistus, korjaukset) tulisi tehdä suhteellisin perustein eli ns. ongelma-alueiden tulisi saada enemmän huomiota kuin turvallisten asuinalueiden. Valituksia tutkiakseen kaupunginviranomaiset keräsivät tiedot asukkaiden kokemista rikoksista viimeisen 30 päivän aikana (alueet lännestä itään). Jokaisella alueella otoskoko oli 1000 henkilöä. Mitä ohjeita antaisit kerätyn tiedon pohjalta resurssien allokoinnista? Perusta analyysisi laadunvalvontaoppeihin.

Alue	Rikokset	Alue	Rikokset
A	14	K	20
B	3	L	15
C	19	M	12
D	18	N	14
E	14	O	10
F	28	P	30
G	10	Q	4
H	18	R	20
I	12	S	6
J	3	T	30

p-kartta esimerkki

Alue	Rikokset	Otoskoko	Osuus p
A	14	1000	1,40 %
B	3	1000	0,30 %
C	19	1000	1,90 %
D	18	1000	1,80 %
E	14	1000	1,40 %
F	28	1000	2,80 %
G	10	1000	1,00 %
H	18	1000	1,80 %
I	12	1000	1,20 %
J	3	1000	0,30 %
K	20	1000	2,00 %
L	15	1000	1,50 %
M	12	1000	1,20 %
N	14	1000	1,40 %
O	10	1000	1,00 %
P	30	1000	3,00 %
Q	4	1000	0,40 %
R	20	1000	2,00 %
S	6	1000	0,60 %
T	30	1000	3,00 %
	300	20000	1,50 %

1. Laske otoskohtainen todennäköisyys p

2. Laske kaikkien otosten virheellisten keskiarvo \bar{p}

$$\bar{p} = \frac{\text{Virheellisten määrä}}{\text{Havaintojen määrä}} = \frac{300}{20 \cdot 1000} = 0,015 \text{ eli } (1,5\%)$$

3. Laske otosten keskihajonta

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = \sqrt{\frac{0,015 \cdot (1 - 0,015)}{1000}} = 0,0038438$$

HUOM! n = otoskoko

4. Laske kontrollirajat

$$UCL = \bar{p} + z\sigma_p = 0,015 + 3 \cdot 0,0038438 = 0,026531 \text{ eli noin } 2,65\%$$

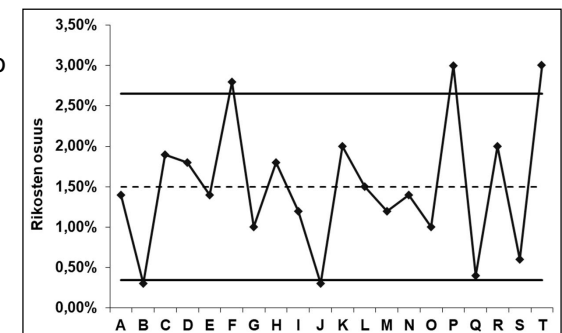
$$LCL = \bar{p} - z\sigma_p = 0,015 - 3 \cdot 0,0038438 = 0,003468 \text{ eli noin } 0,35\%$$

(luonnollisesti rajat ei voi olla alle 0% tai yli 100%)

HUOM! z:n arvo riippuu halutusta "luottamustasosta", perusoletus z=3 (99,74%)

p-kartta esimerkki

5. Taulukoi otososuudet, kaikkien otosten keskiarvo ja kontrollirajat



6. Tulkitse tulokset ja tee johtopäätökset/suositukset

- Investointeja tulisi lisätä alueille F, P ja T
- Investointeja tulisi vähentää alueilta B ja J
- jne.

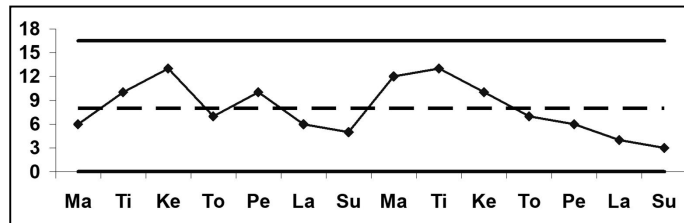
c-kartta esimerkki

Kauppias on saanut valituksia kassahenkilökunnan tylystä käyttäytymisestä.
Mitä johtopäätöksiä tekisit kerätyn datan perusteella?

Päivä	Valitukset
Ma	6
Ti	10
Ke	13
To	7
Pe	10
La	6
Su	5
Ma	12
Ti	13
Ke	10
To	7
Pe	6
La	4
Su	3
Keskiarvo	8,00

$$UCL = \bar{c} + z\sigma_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 8 + 3\sqrt{8} = 16,49$$

$$LCL = \bar{c} - z\sigma_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 8 - 3\sqrt{8} = -0,49 \Rightarrow 0$$



- Valitusten määrä ei näytä selittyvän pelkästään satunnaisuudella (prosessi ei siis ole kontrollissa): kuuden päivän laskeva trendi lopussa, tiettyä syklisyyttä viikon sisällä

Laadunvalvonnan menetelmät

- tarkastuslistat -

• Tukkimiehen kirjanpidolla seurataan eri virhekohtien ja -lajien tapahtumatiheyttä

- huonon laadun syiden selvittämisen lähtökohta
 - tiedon keruulla oltava joku syy, muuten turhaa
- käytetään myös varmistamaan, että ihmiset keräävät tietoa oikein

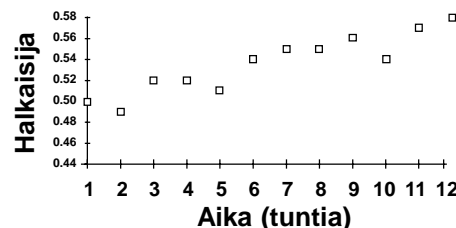
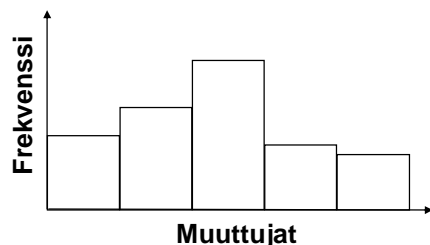
Nostovirheet	Maanantai-aamu	Maanantai-ilta	
Väärä tili	<input type="checkbox"/> IIII	<input type="checkbox"/> III	13
Väärä summa	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> II	7
Talletusvirheet			
Väärä tili	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> III	6
Väärä summa	<input type="checkbox"/> III II	<input type="checkbox"/> I	8
	23	11	

Laadunvalvonnan menetelmät

- histogrammit ja graafit -

• Tiedon visualisoinnilla suora vaikutus tiedon hallitsemiseen ja ymmärtämiseen

- histogrammit auttavat laatuongelmien laajuuden ja tyyppien selvittämisessä
- graafeilla pystytään seuraamaan mm. prosessin laatuominaisuuksien kehittymistä

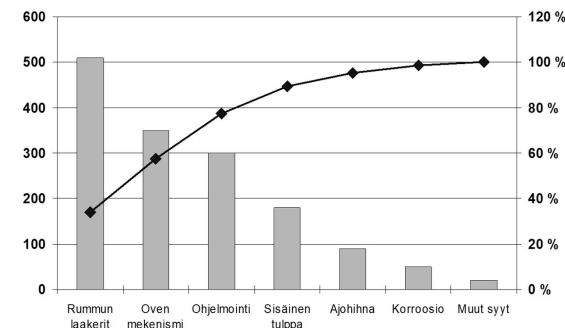


Laadunvalvonnan menetelmät

- pareto-analyysi -

• Käytetään identifioimaan tavallisimmat ongelmien syyt

- pieni määrä syitä aiheuttaa yleensä suurimman osan ongelmista
 - Juran: "vital few and trivial many", 80/20 -sääntö
 - voidaan tehdä myös painottaen

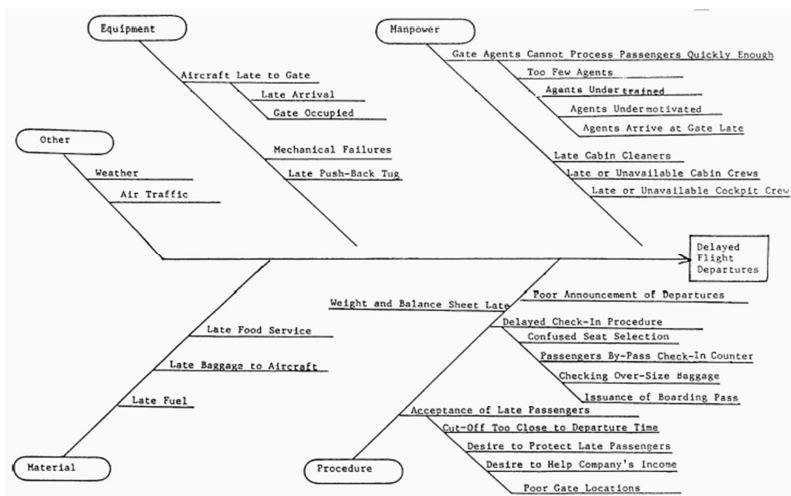


- Muuta laakerien materiaalia ja voiteluöljyä
- Suunnittele uudelleen oven sulkemismekanismi
- jne.

Laadunvalvonnan menetelmät

- syy-seuraus -diagrammi -

(Ishikawa/Fishbone/kalanruotodiagrammi)

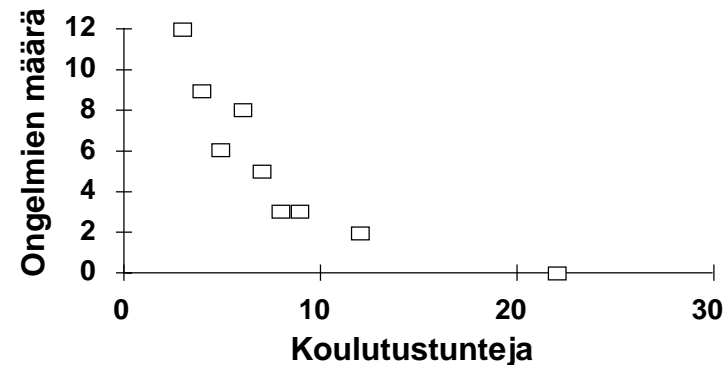


Huom! Ei ratkaisuja, vaan mahdollisia syitä, syiden syitä jne.

Laadunvalvonnan menetelmät

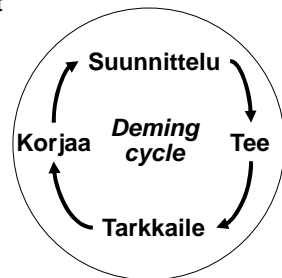
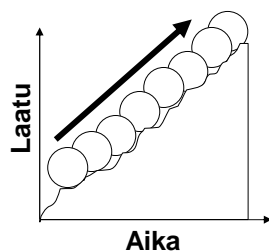
- korrelaatiodiagrammit -

- Toimiva graafinen esitystapa kun selvä syy-seuraus yhteys

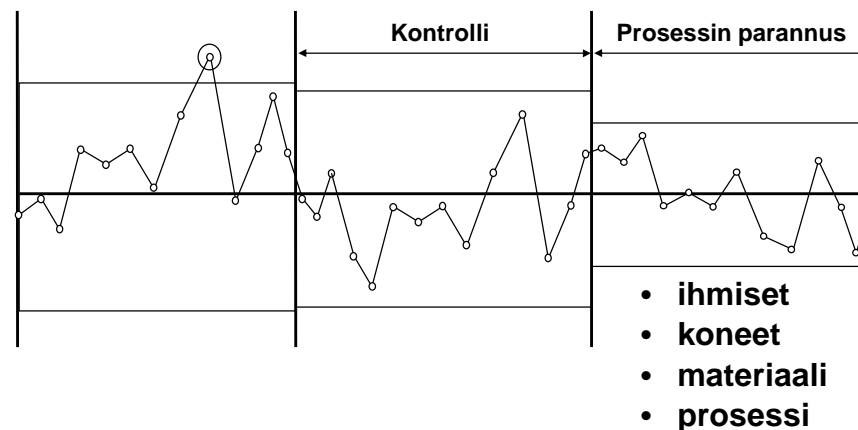


Jatkuva kehittäminen menestyksen avaimena

- Toimintaa pitää kehittää katkeamattomasti
 - suorituskyvyn seuraaminen ja kyseenalaistaminen keskeistä
- Laadukysymyksissä työntekijöillä keskeinen rooli toiminnan kehittämisessä
 - johdolla monia keinoja sitouttaa työntekijät (ei silti helppoa)
 - kulttuurimuutos, asiakaskeskeisyys, ryhmätyö, valtaistaminen, koulutus, palkinnot, kannusteet



Prosessin kehittäminen näkyy myös kartoissa



Prosessin kyvykkyys - process capability -

- **Kyvykkyydellä tarkoitetaan prosessin kykyä vastata haluttuihin tuote-/prosessi-spesifikaatioihin**
 - tyyliin ”vastaako 99% munkeistanne meidän vaatimuksia”
 - analyysin kohteena jok’ikinen valmistettu nimike!
- **Huomio siis satunnaisen vaihtelun määrässä**
 - ei-satunnainen vaihtelu oletetaan eliminoiduiksi
- **Asiakas useimmiten määrittelee halutut toleranssi-/spesifikaatorajat**
 - esim. ”haluamme, että munkit painavat 100±12g/kpl (eli 88-112g)”
 - asiakkaiden välillä eroja, jollekin toiselle voi ”riittää” 100±20g/kpl
 - UTL = upper tolerance limit / USL = upper specification limit
 - LTL = lower tolerance limit / LSL = lower specification limit

Kontrolli ja kyvykkyys ovat siis eri asioita!

	Kontrolli	Kyvykkyys
Keskeinen kysymys	Onko prosessi kontrollissa (eli onko siinä pelkästään satunnaista vaihtelua)?	Pystyykö prosessi vastaamaan asiakkaan toiveisiin (eli onko riittävän moni hyviä)?
Analysoitava asia	Ei-satunnaisen vaihtelun (eli ongelmien) olemassaolo	Satunnaisen vaihtelun määrä
Analyysityökalu	Kontrollikartat	Kyvykkyysindeksit
Analyysin kohde	Prosessista otettavat otokset	Kaikki, yksittäiset, nimikkeet
Analyysin vertailukohta	Prosessi itse	Asiakkaan määrittämät rajat

...eli vaikka kummassakin puhutaan keskiarvoista, keskihajonnoista, sigmaista, ylä-/alarajoista ym. kyse eri asioista

Kyvykkyuden mittaaminen ja ilmaiseminen

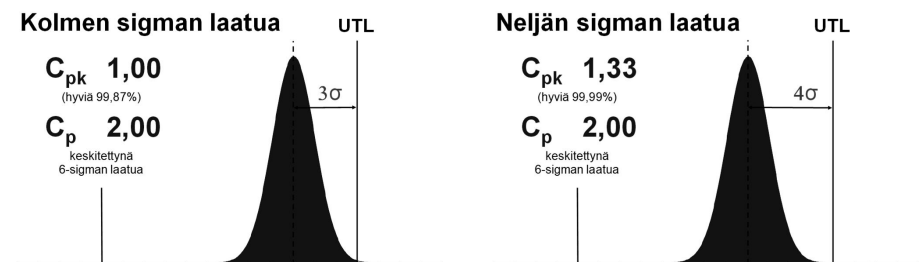
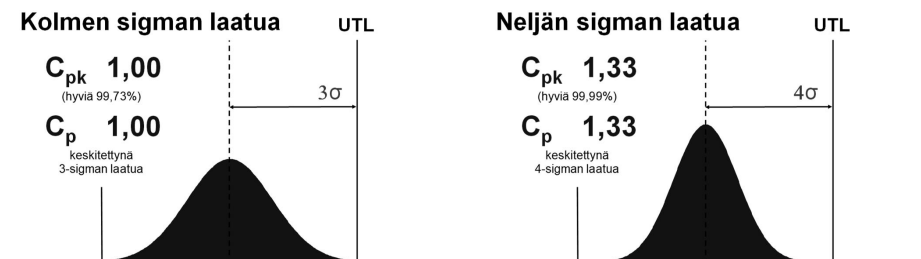
- **Kyvykkyyttä mitataan kyvykkyysindekseillä**
 - C_{pk} kertoo prosessin tämän hetkisen kyvykkyuden
 - C_p kertoo kyvykkyuden jos prosessi olisi täysin keskitetty

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{X} - LTL}{3\sigma}, \frac{UTL - \bar{X}}{3\sigma}\right) \quad C_p = \frac{UTL - LTL}{6\sigma}$$

- **Kyvykkyyttä ilmaistaan hyvien osuuden prosenttimäärän sijaan ns. sigma-tasoilla**
 - kyvykkyysindeksi 0,67 $\hat{=}$ kahden sigman laatua (väh. 95,45 hyviä)
 - kyvykkyysindeksi 1,00 $\hat{=}$ kolmen sigman laatua (väh. 99,73 hyviä)
 - kyvykkyysindeksi 1,33 $\hat{=}$ neljän sigman laatua (väh. 99,99 hyviä)
 - kyvykkyysindeksi 1,67 $\hat{=}$ viiden sigman laatua (väh. 99,9999 hyviä)
 - kyvykkyysindeksi 2,00 $\hat{=}$ kuuden sigman laatua (väh. 99,999999 hyviä)

minimi-tavoite →

Sigma-taso on käytännössä ”etäisyys” lähimpään toleranssirajaan



Kyvykkyys esimerkki

Huom!
Kaavoissa olevat
3 ja 6 ovat vakioita J

Tiukan ostajan maineessa oleva tukkukaupan leivosvastaava on määrittänyt yksittäin myytävien hillomunkkien toleranssi-/spesifikaatorajoiksi 88g ja 112g. Kun tehtaan munkkilinjasto tuottaa tällä hetkellä keskimäärin 104g painoisia munkkeja ja painojen keskihajonta on 4g, niin miten kommentoisit tehtaan kykyä vastata ostajan 5-sigman laatutavoitteeseen (eli C_{pk} vähintään 1,67 ja vähintään 99,9999% hyviä)? Miten tilanne muuttuisi, jos keskihajonta onnistuttaisiin pudottamaan 2 grammaan?

case $\sigma = 4$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{X} - LTL}{3\sigma}, \frac{UTL - \bar{X}}{3\sigma}\right) = \min\left(\frac{104 - 88}{3 \cdot 4}, \frac{112 - 104}{3 \cdot 4}\right) = 0,67 \quad (2\text{-sigman laatua})$$

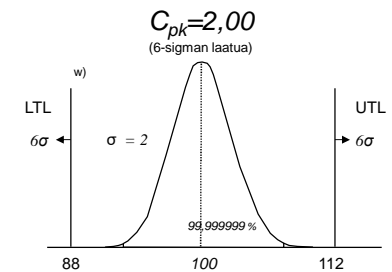
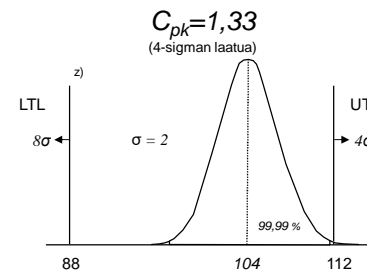
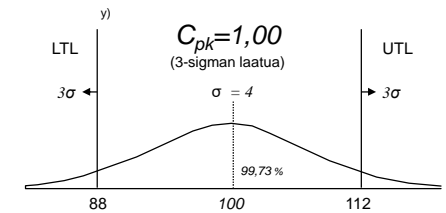
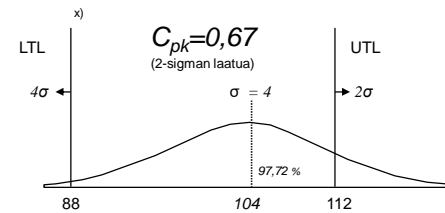
$$C_p = \frac{UTL - LTL}{6\sigma} = \frac{112 - 88}{6 \cdot 4} = 1,00 \quad \text{Prosessi ei ole kyvykäs } (C_{pk}), \text{ eikä olisi sitä edes keskitettynä } (C_p)!$$

case $\sigma = 2$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{X} - LTL}{3\sigma}, \frac{UTL - \bar{X}}{3\sigma}\right) = \min\left(\frac{104 - 88}{3 \cdot 2}, \frac{112 - 104}{3 \cdot 2}\right) = 1,33 \quad (4\text{-sigman laatua})$$

$$C_p = \frac{UTL - LTL}{6\sigma} = \frac{112 - 88}{6 \cdot 2} = 2,00 \quad \text{Prosessi ei ole kyvykäs } (C_{pk}), \text{ mutta keskitettynä } (C_p) \text{ olisi (eli pystyisi vastaamaan ostajan vaatimuksiin!)}$$

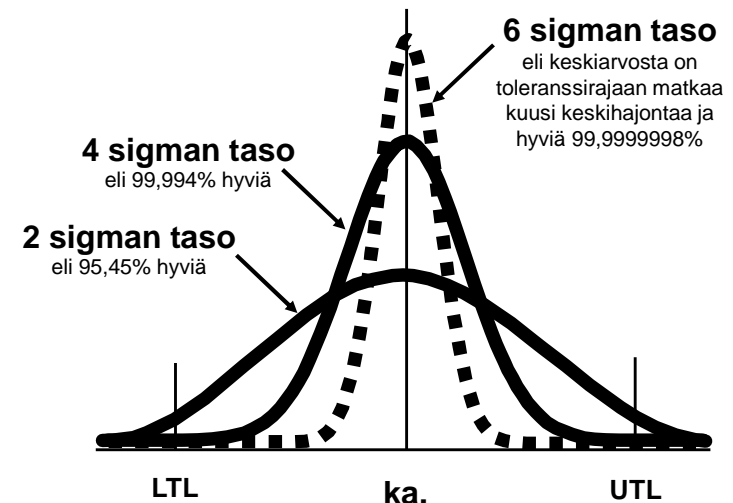
Kyvykkyys nousee prosessia parantamalla - case keskitetään ja pienennetään hajontaa -



Kuinka hyvä prosessin oikein tulisi olla?

- Yleisesti korkealta kuulostava 99% ($2,6\sigma$) toimintataso ei monessa tilanteessa riitä
 - 44.000.000 väärää reseptiä vuodessa (USA)
 - yli 38.000 lääkärien pudottamaa vastasyntyntä vuodessa (USA)
 - 3,5 vuorokautta ilman sähköä vuodessa
 - yrityksen www-sivut alhaalla 7 tuntia joka kuukausi
 - 25.000 väärin tehtyä leikkausta per viikko (USA)
 - 12 epäonnistunutta laskua Heathrowssa joka päivä
 - 15 minuuttia juomakelvotonta vettä joka päivä
 - 15 minuuttia ilman puhelinta ja televisiota joka päivä
 - 160.000 hukattua kirjettä joka tunti (USA)

Prosessin kyvykkyys ja hyvien osuus

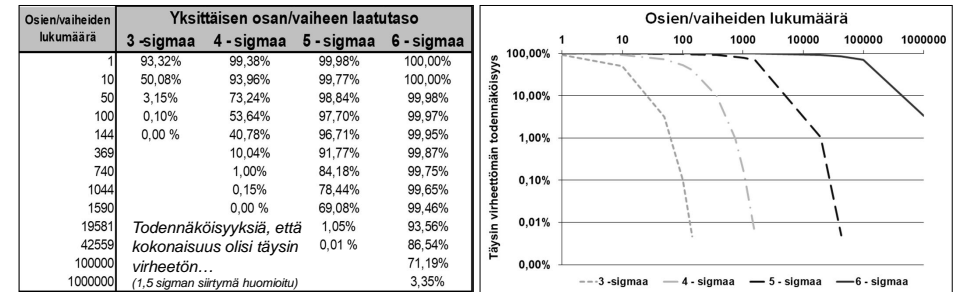


Sigmatasojen suhde ei siis ole lineaarinen!

Sigmataso	"Ysien määrä"	Aika	Etäisyys	Alue	Oikeinkirjoitus
1	0 (68,27%)	31,75 vuotta per vuosisata	Etäisyys kuuuhun	Jalkapallokenttä	170 kirjoitusvirhettä per sivu
2	1 (95,45%)	4,55 vuotta per vuosisata	1,4 kertaa maailman ympäri	Iso ruokakauppa	25 kirjoitusvirhettä per sivu
3	2 (99,73%)	3,3 kuukautta per vuosisata	Helsingistä Lissaboniin	Pieni kaksio	1,5 kirjoitusvirhettä per sivu
4	4 (99,994%)	2,3 päivää per vuosisata	Helsingistä Loviisaan	Vaatehuone	1 kirjoitusvirhe per 30 sivua
5	6 (99,99994%)	30 minuuttia per vuosisata	Rautatieasemalta Senaatintorille	Postikortti	1 kirjoitusvirhe per tietosanakirjasarja
6	8 (99,9999998%)	6 sekuntia per vuosisata	Neljä askelta	Timantti	1 kirjoitusvirhe per 1.000.000 sivua

Miksi 6 sigman laatuolaisuus olisi toivottavaa?

Todennäköisyys, että tuote/prosessi olisi täysin virheetön:

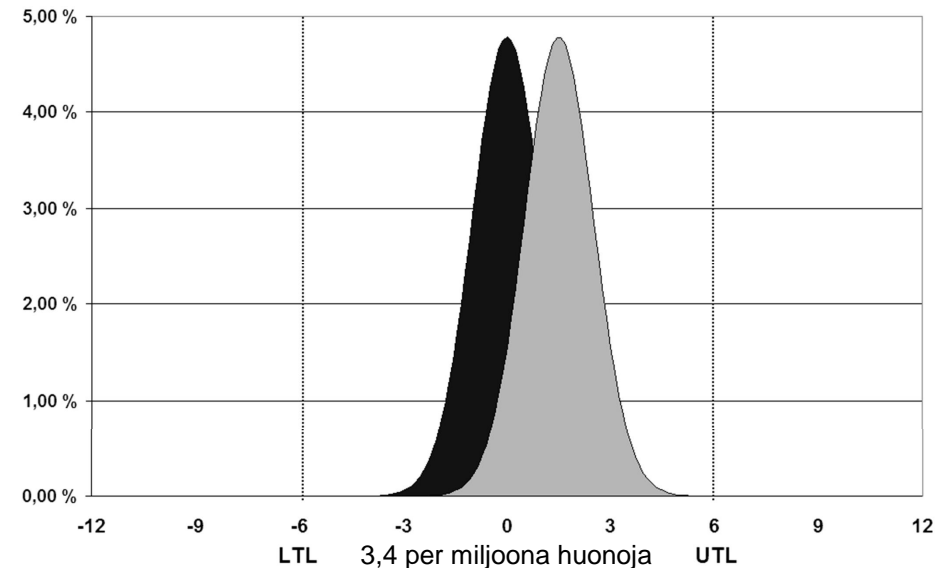


Eli kun osien/vaiheiden lukumäärä tuotteessa/prosessissa kasvaa, olisi erittäin toivottavaa, että jokainen yksittäinen osa/vaihe olisi tosi suurella todennäköisyydellä "hyvä", jotta tuote/prosessi olisi täysin virheetön/ongelmaton/toimisi/täyttäisi spesifikaatiot... J

Kuusi sigmaa johtamisfilosofiana

- TQM:n tapaiseksi paisunut tilastollis-orientoitunut toiminnan kehittämiskonsepti
 - keskitytään suunnittelussa asiakkaaseen, työntekijät pyrkivät kehittämään prosesseja, päätökset tehdään faktatiedon pohjalta, laatua valvotaan tilastollisin menetelmin jne.
- Painopiste oli alun perin enemmän virheiden eliminoinnissa
 - "zero defects", "kerralla kuntoon", kustannukset alas, saanto ylös...
- Prosesseilta vaadittava kyvykkyyksiindeksi 1,50
 - ei ole 2,00 koska prosessien keskiarvon "tyypillistä" siirtymistä vaikea todeta otosten perusteella ennen kuin "merkittävä"
 - perustuu laskennallisesti keskitetyn 6-sigman prosessin 1,5σ siirtymiseen eli toiseen laitaan 7,5σ ja toiseen 4,5σ jolloin indeksistä tulee $4,5\sigma / 3\sigma = 1,50$ ja huonoja kappalemääräisesti 3,4 per miljoona

Six-sigma Quality ja 1,5 std. siirtyminen



Laadunvalvonnan menetelmät

- acceptance sampling -

- ”Perinteinen laadunvarmistamismenetelmä”
 - koko tuote-erän laadun taso analysoidaan tutkimalla erästä otos
 - määritettävä ”oikea” otoskoko ja maksimaalinen viallisten lukumäärä
- Kyseinen tuote-erä hyväksytään, jos otoksessa on tarpeeksi vähän viallisia
 - hylätyt erät takaisin toimittajalle, korjattaviksi tai tuhottaviksi
- Käytössä monissa paikoissa
 - prosessina helppo ja suorat kustannukset alhaiset (halvempi kuin tutkia kaikki), ainoa tapa myös tutkia ”rikkoutuvia” tuotteita
 - motivoi tuottajaa tekemään hyvää laatua (ettei erä tulisi takaisin)
- Menetelmässä kuitenkin monia haittapuolia
 - lähtökohtana oletus, että tietty määrä viallisia on hyväksyttävää
 - otosmenetelmä saattaa johtaa virhepäätöksiin (tieto rajoittunutta)
 - kokonaiskustannuksiltaan (elinkaari) kallis menetelmä

Acceptance samplingin päätösmuuttujat

- Hyväksyttävä laadun taso (AQL)
 - asiakkaan määrittelemä hyväksyttävä viallisten osuus
 - esim. 2% tuote-erästä
- Maksimaalinen virheellisten määrä (LTPD)
 - asiakkaan määrittelemä maksimaalinen viallisten osuus huonoimmassa tapauksessa (=hylkäämispiste)
 - esim. asiakkaalle jolla AQL on 2% niin LTPD voi olla 8%
- Tuottajan riski (α)
 - hyväksyttävän tuote-erän hylkäämistodennäköisyys
 - esim. jos $\alpha=0,05$ niin tarkastajalla on 5% todennäköisyys hylätä 10.000 kpl tuote-erä jossa on viallisia vähemmän kuin 2%
- Asiakkaan riski (B)
 - huonon tuote-erän hyväksymistodennäköisyys
 - esim. jos $B=0,10$ niin tarkastajalla on 10% todennäköisyys hyväksyä 10.000 kpl tuote-erä jossa on viallisia enemmän kuin 8%

Acceptance sampling käytännössä

- otoskoko ja maksimaalinen viallisten lukumäärä -

- Laske ensin LTPD/AQL
 - eli esim. $0,08/0,02=4$
- Etsi taulukosta maksimaalinen viallisten lukumäärä c joka on ”ylöspäin pyöristäen” lähimpänä LTPD/AQL tulosta
 - eli $c=4$ (4,057)
- Selvitä otoskoko etsimällä taulukosta kyseisen rivin $n \cdot AQL$ arvo ja jaa se AQL:llä
 - eli $1,970/0,02=98,5$ eli otoskoko 99

c	LTPD/AQL	$n \cdot AQL$
0	44,89	0,052
1	10,946	0,355
2	6,509	0,818
3	4,880	1,366
4	4,057	1,970
5	3,549	2,613
6	3,206	3,286
7	2,957	3,981
8	2,768	4,695
9	2,618	5,426

...eli ”jos 99 kappaleen otoksessa on maksimissaan 4 kpl viallisia hyväksy koko toimitus”

Otoksiin perustuva päätös sisältää riskiä

- operating characteristic curve -

