

L u e n n o

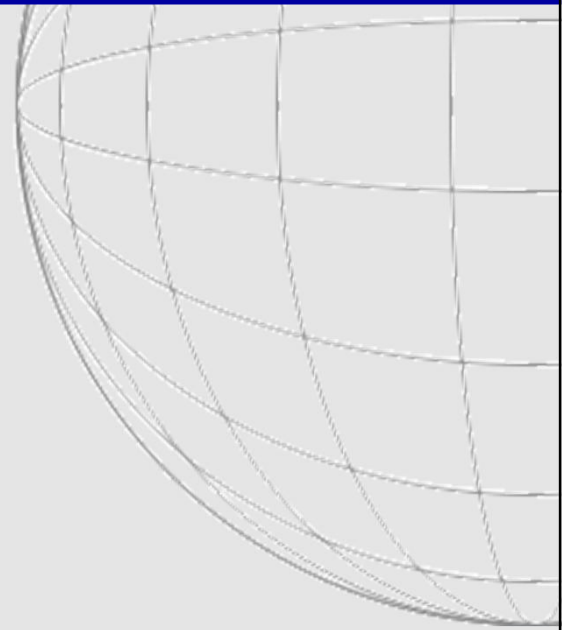
Tilastollinen laadunvalvonta



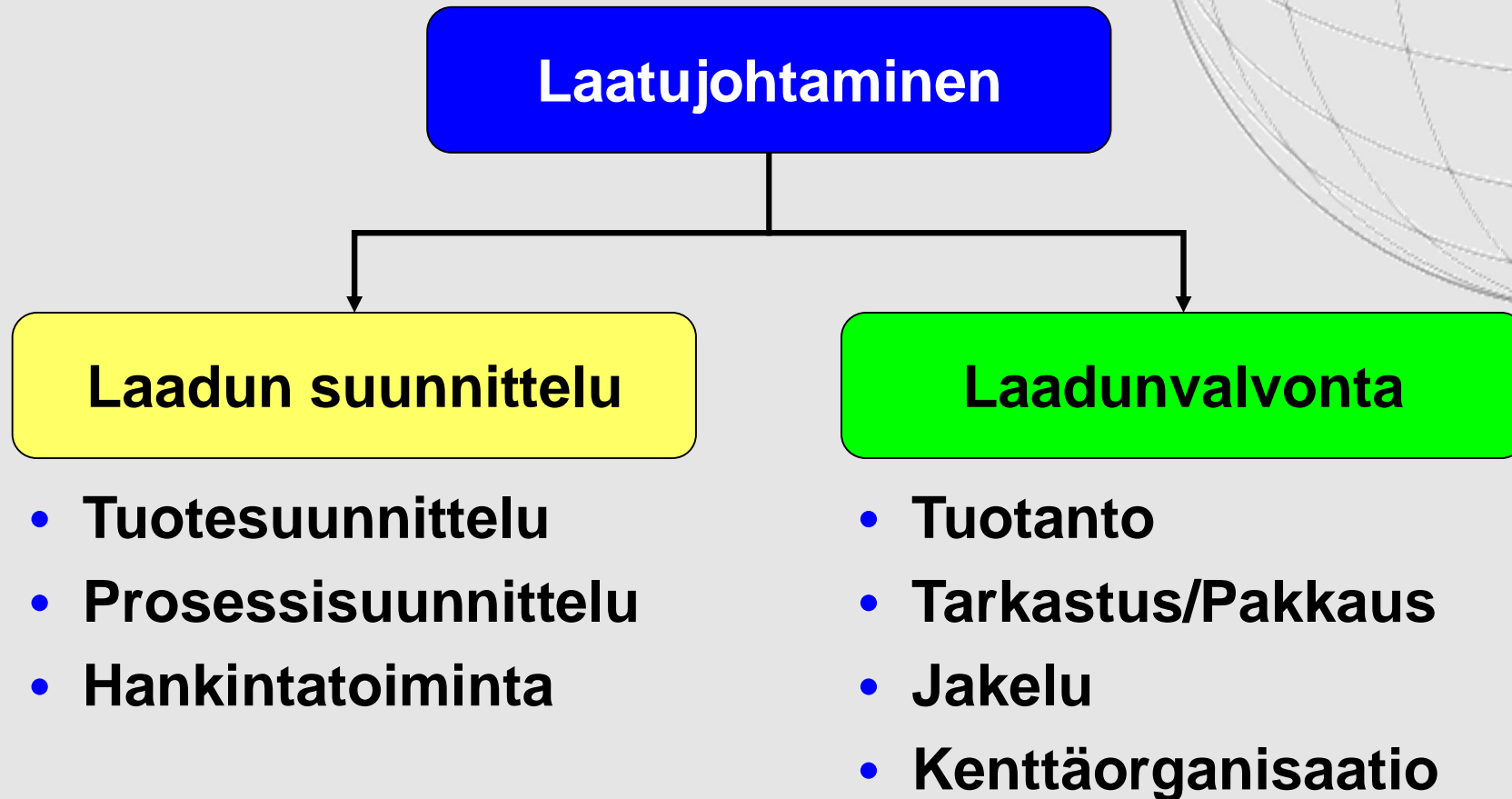
Luennon sisältö

- Laadunvalvonta
- Prosessin kyvykkyys
- Acceptance sampling

Laadunvalvonta



Miten valvonta liittyy laatujohtamiseen?



Neljä multasäkkiä kuudesta oli vajaita è 0, 0, -5, -6, -8, -20

Multasäkki on jokaisen kotipuutarhurin perusostos juuri nyt.

Useimmiten puutarhakaupoista löytyy vain Kekkilää ja Biolania. Etsimällä voi löytää myös Vapon puutarhamultaa, K-kauppojen K-multaa tai Kasper-multaa, joiden kaikkien takana on myös Kekkilä.

Pieniä kilpailijoita on kaksi: loimaalaiset Aurinkomulta ja Euromulta.

Samaa tavaraa erilaisissa pusseissa, niinkö?

Alan valvova viranomaisen Kasvintuotannon tarkastuskeskus KTTK testasi kuluttajasivun pyynnöstä markkinoilta löytyvät kuusi erimerkkistä multaa.

Testisäkit ostettiin sattumanvaraisesti pääkaupunkiseudun kaupoista ja puutarhamyymälöistä.

Testin ensimmäisessä osassa mitattiin, onko säkeissä multaa niin paljon kuin pussin kyljessä luvataan.

Vain kahden valmistajan, Biolanin ja melliläläisen Garden Peattin (jonka Kekkilä osti keväällä) säkeissä oli tavaraa melko tarkkaan luvattu määrä.

Kekkilän säkistä puuttui multaa viisi litraa ja Vapon säkistä kuusi litraa.

Loimaalaisen Viipurin Turve- ja Multatehtaan Euromulta-säkistä puuttui kahdeksan litraa. Huippuna oli Loimaan Turve ja Humus -yhtiön Aurinkomulta-säkki: 80 litran säkissä oli multaa vain 60 litraa.

"Heittoa on minusta hirveän paljon", huokaa mullan valvonnasta vastaava KTTK:n ylitarkastaja **Arja Vuorinen**.

Kekkilän viiden litran vajuuskin on hänen mielestään paljon, vaikka tällainen poikkeama onkin sallittua maa- ja metsätalousministeriön laadunvalvontasäädöksissä.

HS:n tutkituttamista tuotteista vain Loimaan Turve ja Humuksen säkin vajuuma oli sallittua 20:tä prosenttia suurempi.

Tätä ennen KTTK ei ole tutkinut pussien täyttöastetta. Tulos yllätti Vuorisen. "Tietysti vaihtelua voi olla jonkin verran, mutta en olisi uskonut, että pakkaukset ovat näin vajaita, ja että se oli näin yleistä."

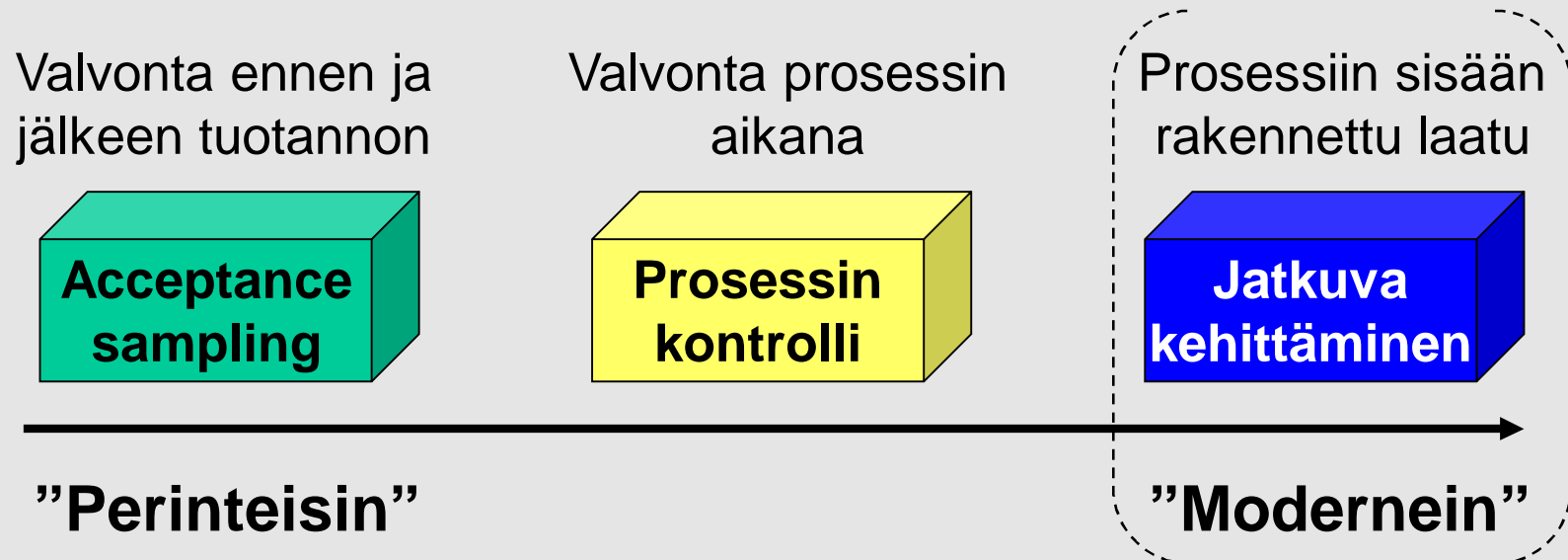
Loimaan Turve ja Humus Oy:n toimitusjohtaja **Kari Laakso** arvelee, että heidän osaltaan vajaan säkin selittää annostelijan virhe, jota ei ole huomattu. Automaattinen annostelija syöttää tietyn levyistä ja paksuista kakkua säkkiin tietyn ajan. Jos kakku ei ole täsmälleen oikean kokoinen, vajuusta voi tulla.

Muita puutarhamullan ominaisuuksia KTTK:ssa on tutkittu pistokokein jo muutaman vuoden ajan. On tutkittu ravinteita ja tehty taimettumiskokeita.

Näissäkään kaikki eivät saaneet puhtaita papereita.

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?



Laadunvalvonnassa monia työkaluja

Tarkastuslistat

Pareto-analyysi

Prosessikaavio

Graafit

Histogrammit

Kontrollikartat

Korrelaatiodiagrammit

Acceptance
sampling

Benchmarkkaus

Syy-seuraus
-diagrammi

Työkalujen yleinen ”käyttöprosessi”



1. Ongelman identifiointi

- asiakasvalitukset, kontrollikartat ym. lähtösykäyksenä

2. Datan 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

Asiakaspalautteiden käsittely vie aikaa...



5 = Erittäin hyvin
2 = Välttävästi

4 = Hyvin
1 = Huonosti

3 = Keskiarvo
0 = Ei mieltä

15. Miten sinua palveltiin lomaa varatessasi?

5	4	3	2	1
5	4	3	2	1

16. Pitivätkö matkan myyjän antamat tiedot paikkansa?

Onnistuiko lomasi?

17. Miten Aurinkomatkasi onnistui kokonaisuudessaan?

5	4	3	2	1
5	4	3	2	1
5	4	3	2	1

18. Pitivätkö esitteen tiedot kohteesta paikkansa?

19. Suosiko sää lomaviettoasi?

Aurinkomatkojen palvelut lomakohteessa

20. Miten vastaanotto lentoasemalla ja kuljetus hotelleihin sujui?

5	4	3	2	1
5	4	3	2	1
5	4	3	2	1
5	4	3	2	1
5	4	3	2	1
5	4	3	2	1
5	4	3	2	1
5	4	3	2	1

21. Saitko loman alussa oppaalta riittävästi tietoa kohteesta?

22. Löysitkö hotellikirjasta tarvitsemasi tiedot?

23. Olivatko oppaat tavoitettavissa tarvittaessa?

24. Miten Aurinkomatkojen oppaat palvelivat sinua?

25. Vastasiko Aurinkomatkojen oma retki- ja ohjelmatarjonta toiveitasi?

26. Mikäli osallistuit retkille, vastasivatko ne odotuksiasi?

27. Miten paluupäivän järjestelyt ja kuljetus lentokentälle sujuivat?

Osallistuiko joku seurueestasi Tenavakerhon toimintaan?

28. Tarjosiko Tenavakerho seurueesi lapsille mieluisaa lomaohjelmaa?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Hotellisi tai huoneistosi

29. Miten hotellin henkilökunta palveli sinua?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

30. Miten siivouksesta ja siisteydestä huolehdittiin?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

31. Mikäli matkan hintaan kuului ateriointi, maistuiko ruoka?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

32. Vastasiko esitteen hotellikuvaus todellisuutta?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

33. Sijaitsiko hotelli mielestäsi "oikealla" paikalla?

5	4	3	2	1
---	---	---	---	---

Miten mielestäsi ympäristöstä oli huolehdittu lomakohteessa?

34. Yleinen ympäristön tila

35. Rannat ja uimavesi

Kannattaako odottaa asiakasvalitukseen 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”

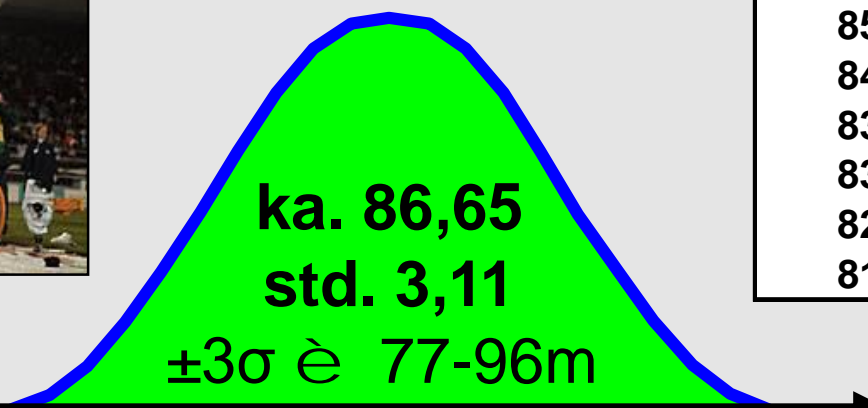


	Kontrolli
Keskeinen kysymys	Onko prosessi kontrollissa (eli onko siinä pelkästään satunnaista vaihtelua)?
Analysoitava asia	Ei-satunnaisen vaihtelun (eli ongelmien) olemassaolo
Analyysityökalu	Kontrollikartat
Analyysin kohde	Prosessista otettavat otokset
Analyysin vertailukohta	Prosessi itse

Kontrollikarttojen ajatus yksinkertainen - vaihtelusta osa satunnaista ja osa ei-satunnaista -



Kausi 2005
91,53
91,33
90,54
89,32
88,71
88,61
87,83
86,90
85,95
85,90
85,90
85,66
84,87
83,26
83,19
82,21
81,27



Kontrollikarttojen ajatus yksinkertainen - vaihtelusta osa satunnaista ja osa ei-satunnaista -

Ruotsin hiihtotähti Charlotte Kalla romahti Rukalla – syy selvisi lääkärintutkimuksissa

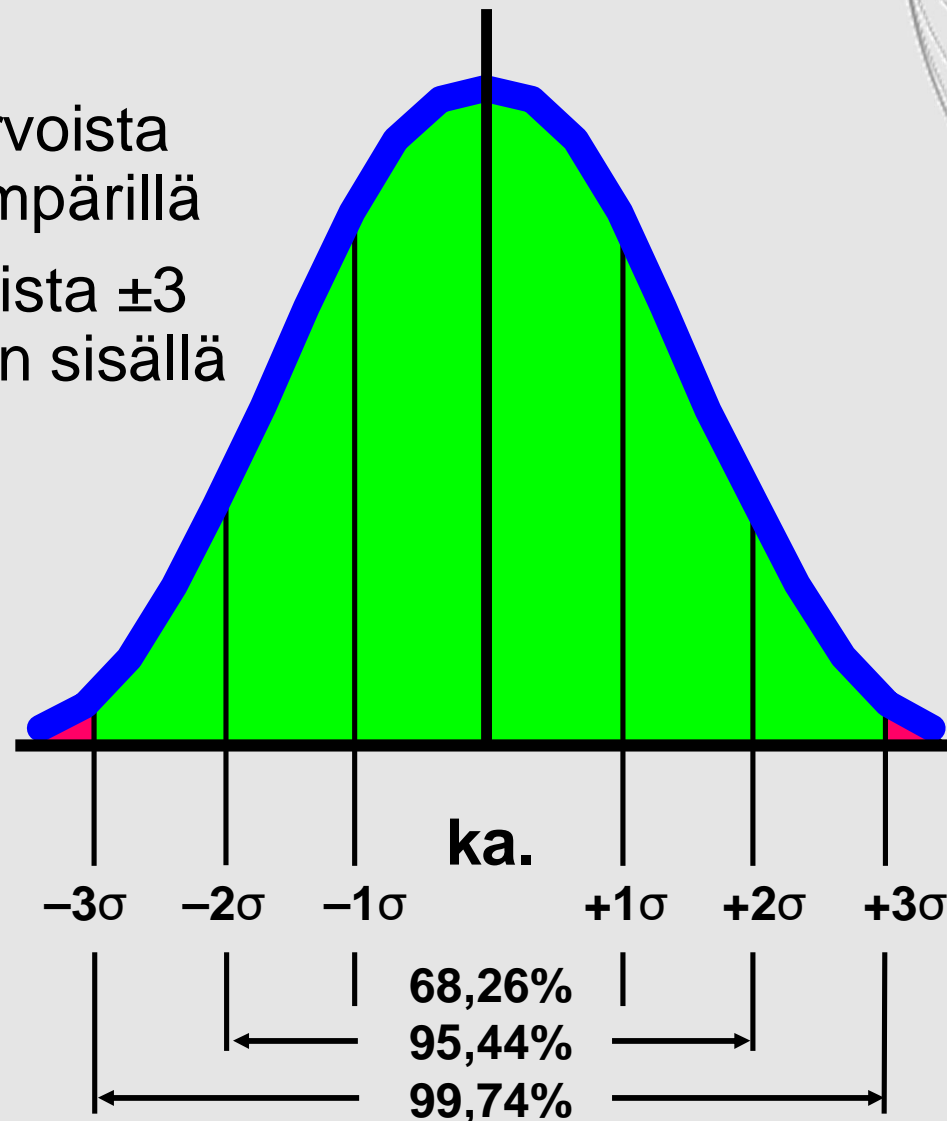


Charlotte Kalla valitteli Rukan maailmancupin jälkeen, ettei tuntenut kropassaan olevan energiaa.

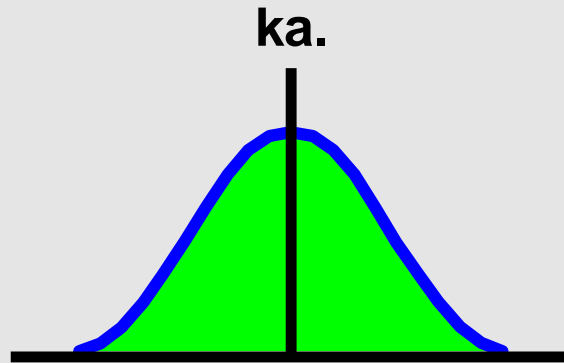
sija 75 ↔ sydämen eteisvärinä

Normaalijakauma laadunvalvonnan pohjana

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

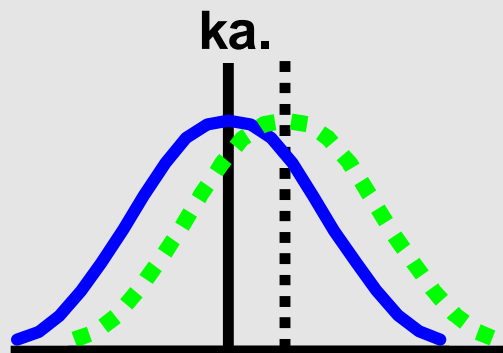


Satunnainen ja ei-satunnainen vaihtelu

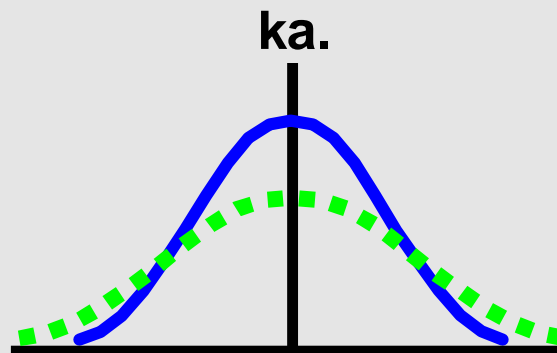


$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

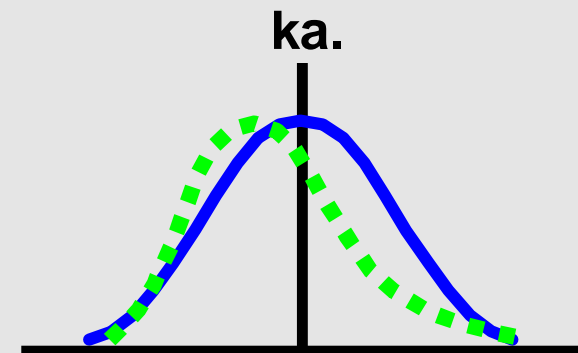
Kaikissa prosesseissa on tietty määrä satunnaista vaihtelua



Keskiarvo siirtynyt



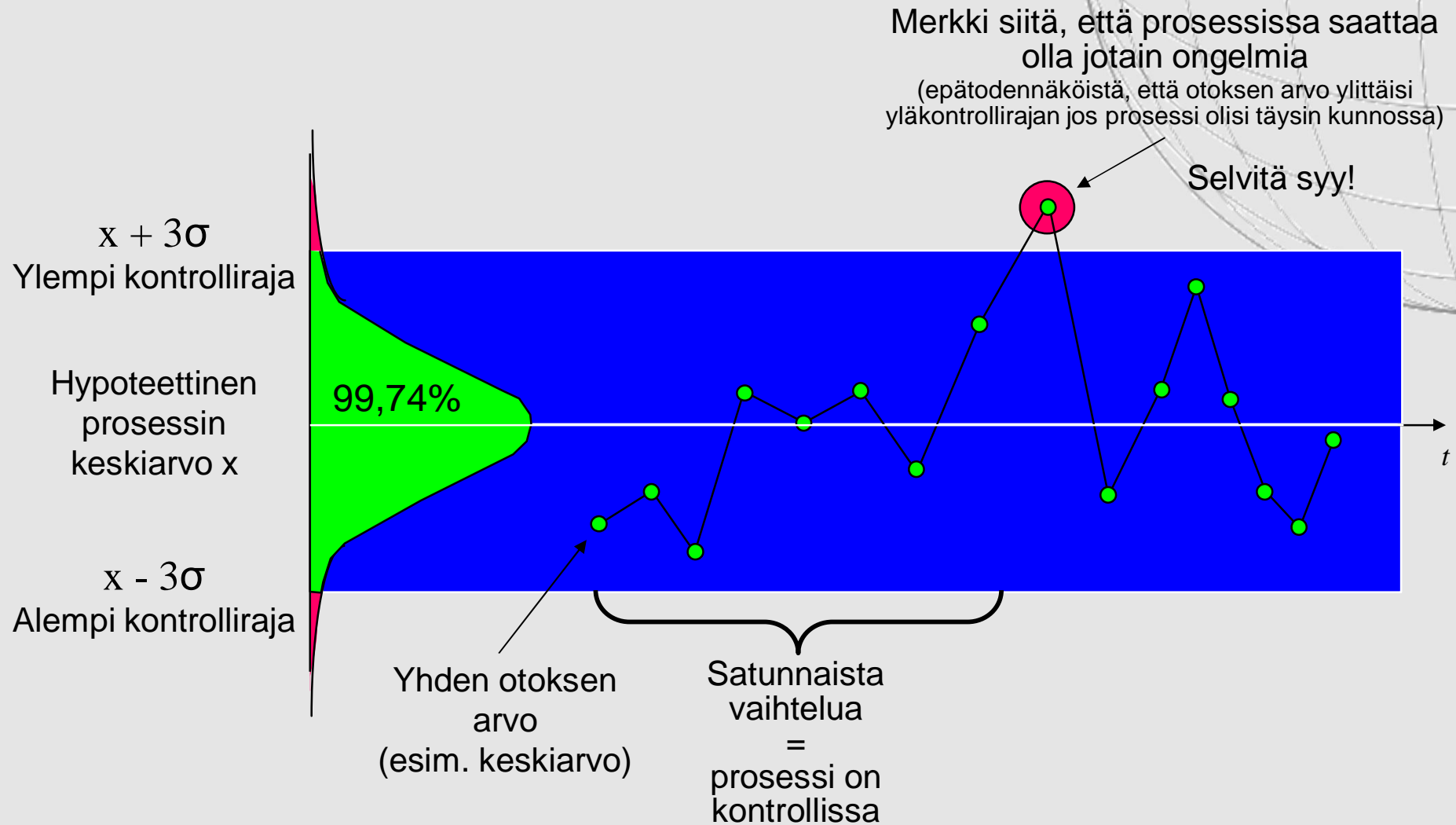
Hajonta kasvanut



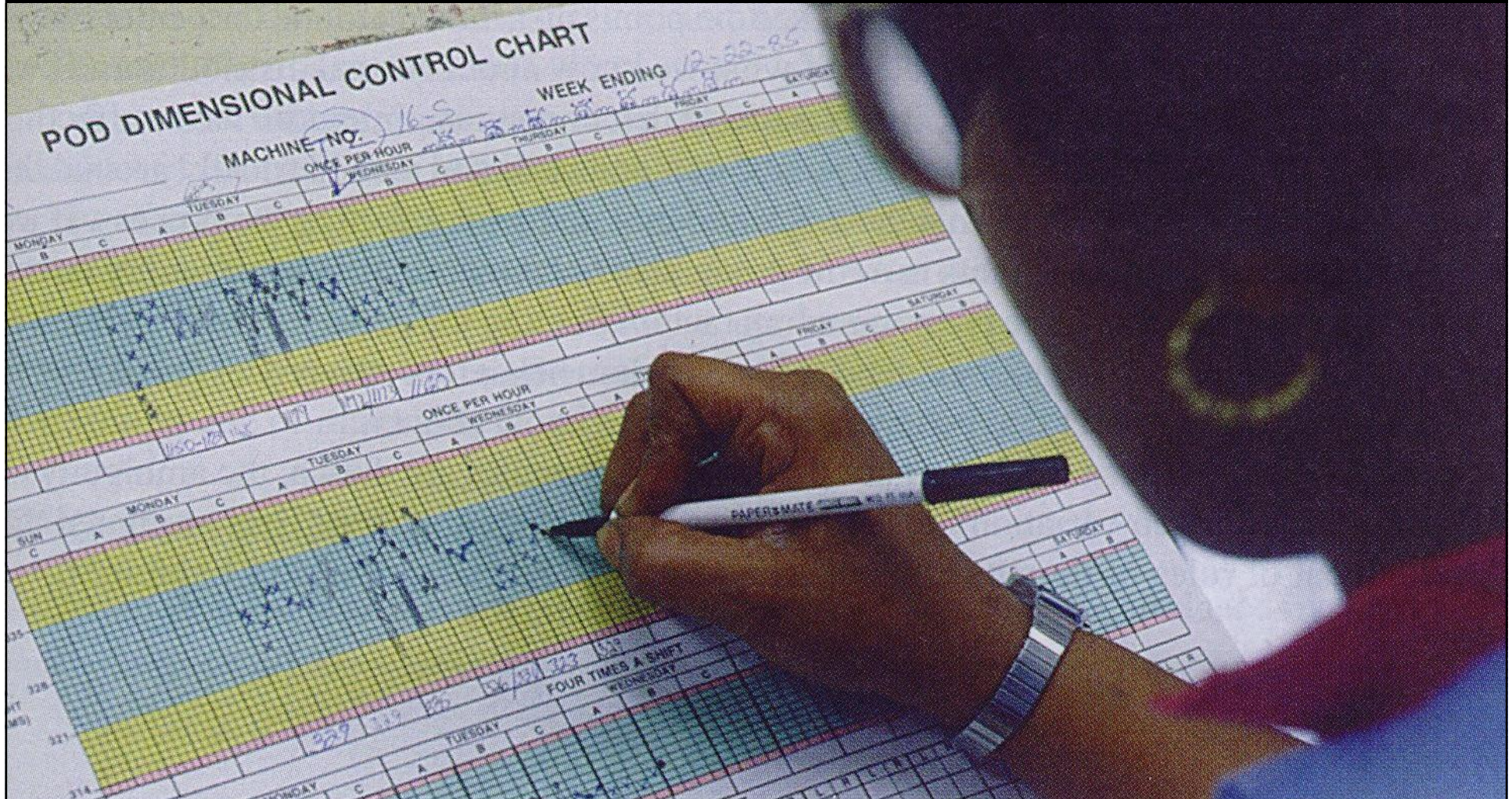
Jakauma vinoutunut

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-kontrollisissa tilanteeksi (virhetyyppi I)
 - jos kontrollirajat asetetaan liian löysiksi (esim. $ka. \pm 4\sigma$), ei-kontrollisissa tilanne tulkitaan liian usein normaaliksi vaihteluksi (virhetyyppi II)
 - kolmen standardipoikkeaman kontrollirajojen käyttö tasapainottaa virhetyypit I ja II

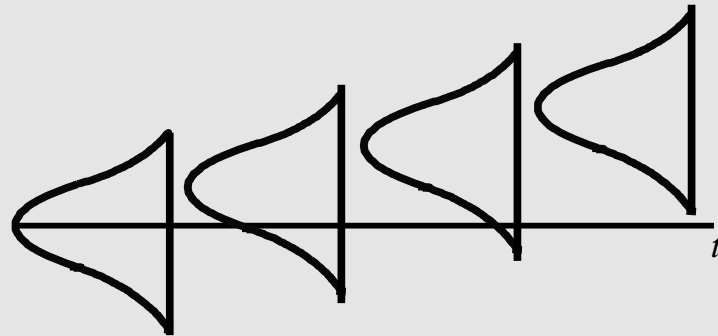


*Erilaisia muuttujia
mitataan erilaisilla kartoilla*

Jatkuvien muuttujien mittaaminen

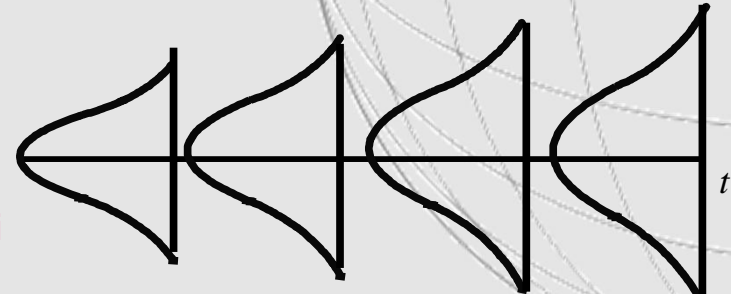
- **X-kartta (otosten keskiarvon kehitys)**
 - käytetään analysoimaan jatkuvien muuttujien (= mitta-asteikollinen) otosten keskiarvon kehitystä
 - koska harvoin tiedetään prosessin todellista keskiarvoa, X-kartan keskiarvo lasketaan otoksien keskiarvoista
 - koska harvoin tiedetään prosessin todellista 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?

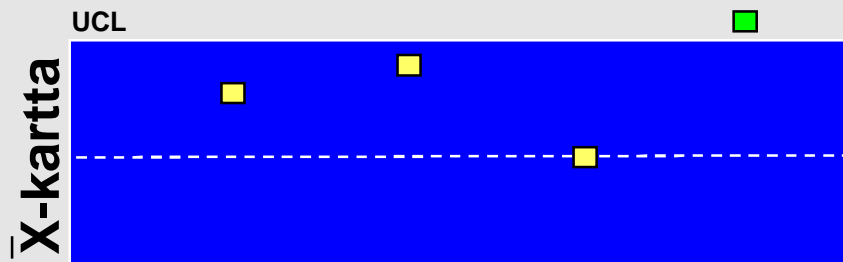


Prosessin keskiarvo siirtyy...

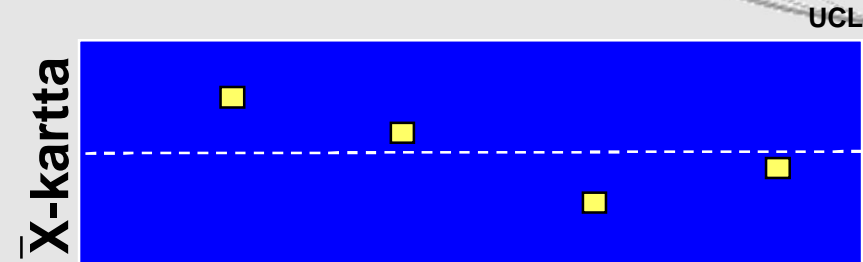
Prosessin jakaumat
HUOM!
Otoksen "arvo", ei luonnollisesti tule aina jakauman keskeltä!



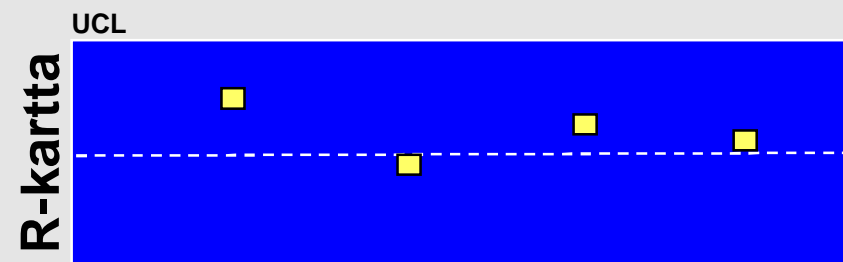
Prosessin hajonta kasvaa...



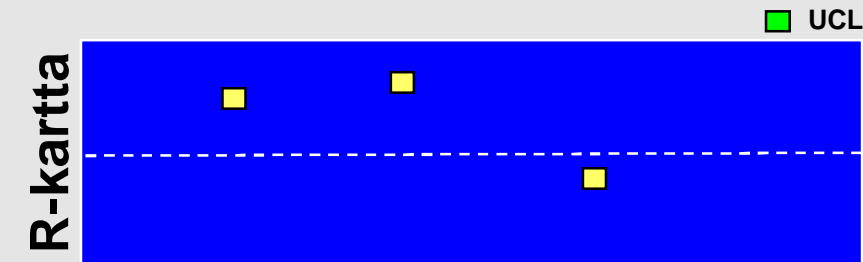
Siirtyminen paljastuu



Hajonnan muutos ei paljastuu



Siirtyminen ei paljastuu



Hajonnan muutos paljastuu

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 ”kontrollissa” 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

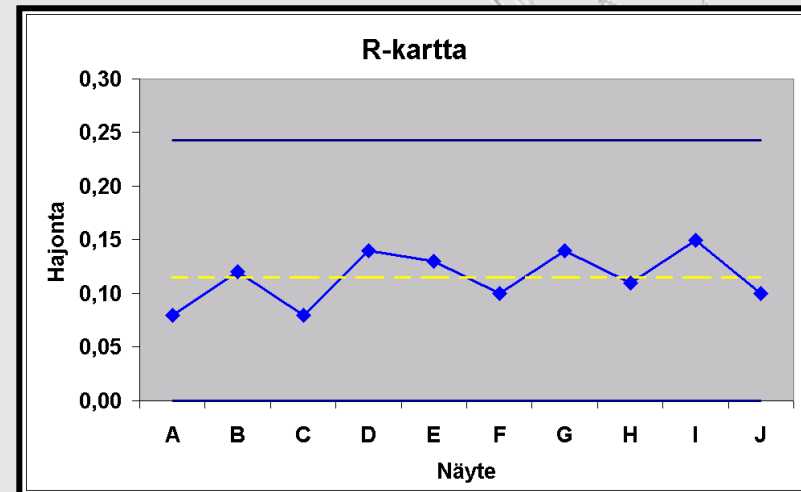
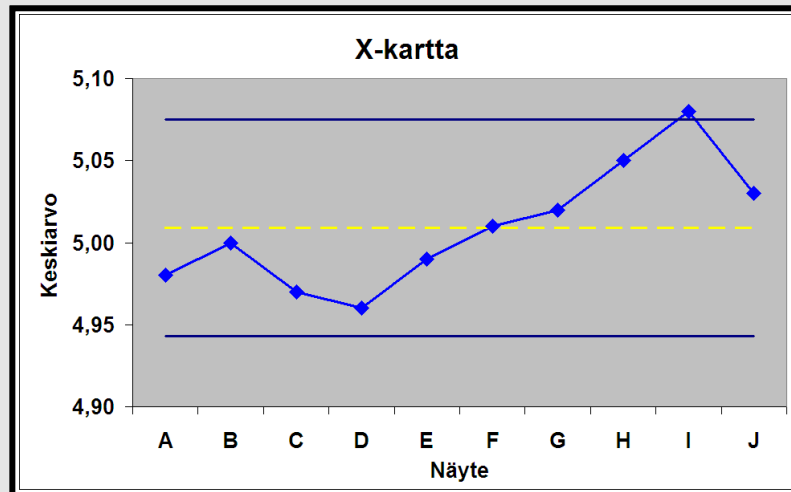
n	A2	D3	D4
2	1,880	0	3,268
3	1,023	0	2,574
4	0,729	0	2,282
5	0,577	0	2,114
6	0,483	0	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777

↑
HUOM!
n = otoskoko

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

X- ja R-kartta esimerkki

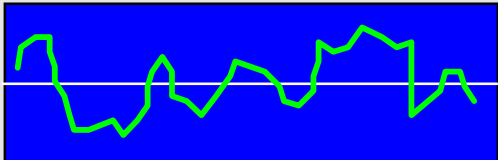
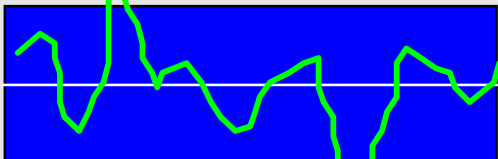
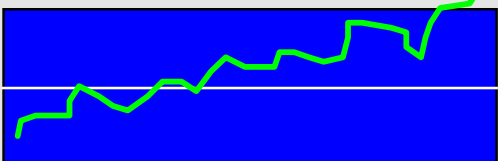
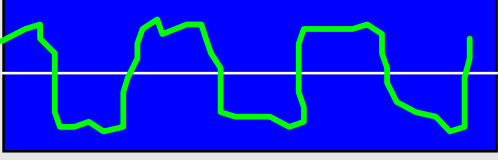
3. Taulukoi yksittäiset otosarvot, kaikkien otosten keskiarvot ja kontrollirajat



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, ylireagointi, kahvitauot)
	Trendi	Esim. koneen kuluminen, työntekijän väsyminen, paremmat työmetodit
	Sykli	Eri työvuorot, sähkön vaihtelu, kausivaihtelu jne.



*Erilaisia muuttujia
mitataan erilaisilla kartoilla*

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

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

HUOM! n = otoskoko

4. Laske kontrollirajat

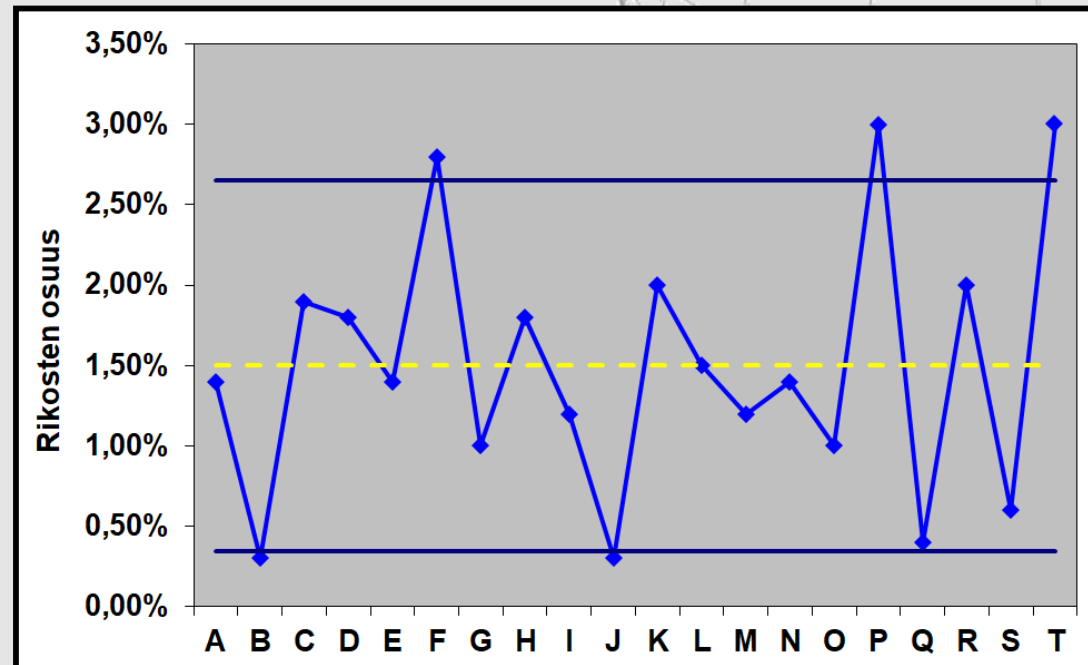
$$UCL = \bar{p} + z\sigma_p = 0,015 + 3 * 0,0038438 = 0,026531 \text{ eli noin } 2,65\%$$

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

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

p-kartta esimerkki

5. Taulukoi otososuudet, kaikkien otosten keskiarvo ja kontrollirajat



6. Tulkitse tulokset ja tee johtopäätökset/suosituksset

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

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

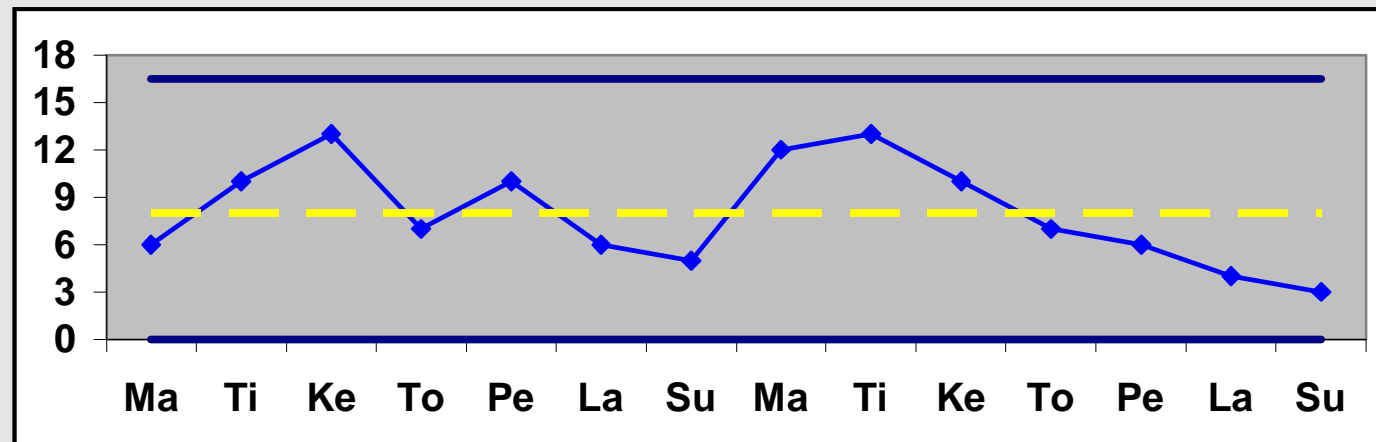
c-kartta esimerkki

Kauppiaas 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

Työkalujen yleinen ”käyttöprosessi”



1. Ongelman identifiointi

- asiakasvalitukset, kontrollikartat ym. lähtösykäyksenä

2. Datan kerääminen

- tarkistuslistat, graafit, histogrammit jne. apuvälineinä

3. Tietomassan analysointi ja jaottelu

- pareto-analyysi hyvä lähtökohta

4. Ongelmien syiden selvittäminen

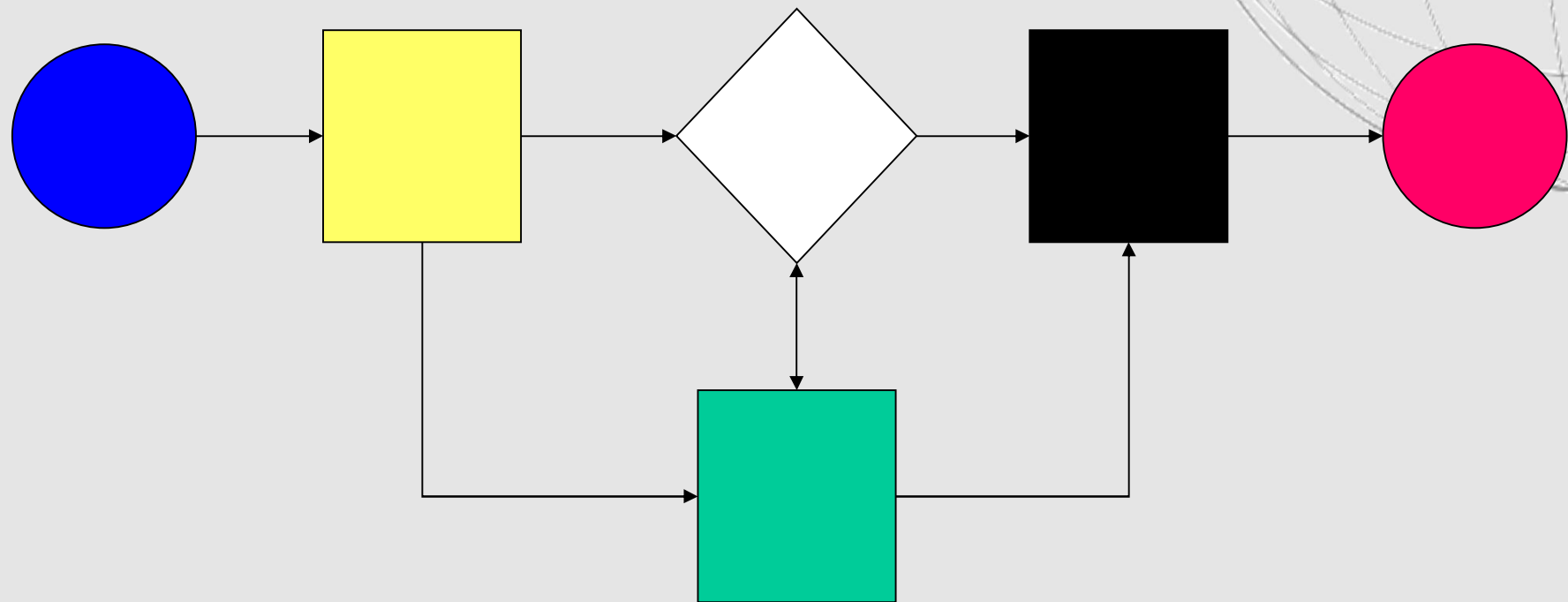
- esim. syy-seuraus analyysi prosessin pohjana

5. Ratkaisun kehittäminen ja toteutus

6. Toiminnan jatkuva valvonta ja kehittäminen

Laadunvalvonnan menetelmät





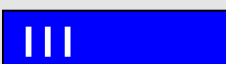


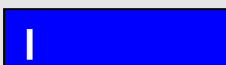
- prosessikaavio -



Laadunvalvonnan menetelmät

- tarkastuslistat -

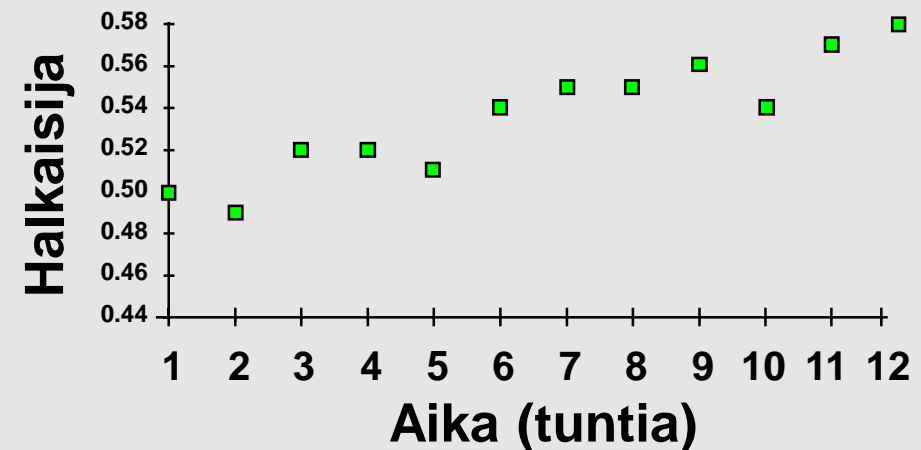
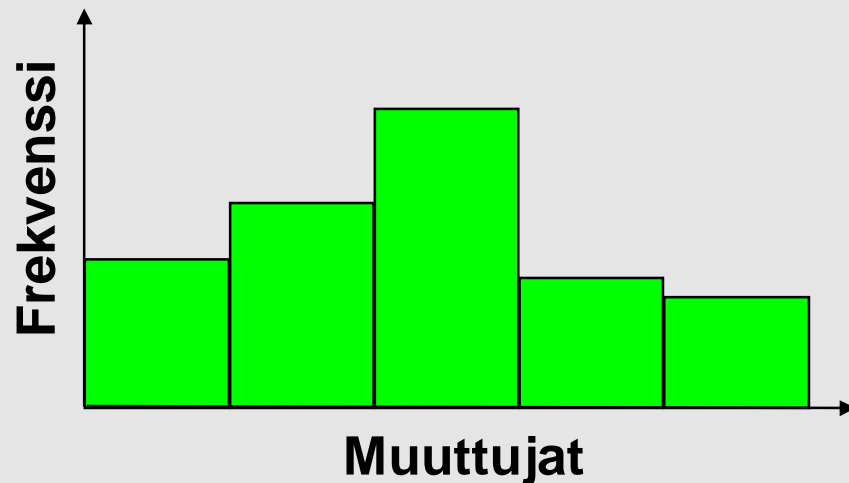
- **Tukkimiehen kirjanpidolla seurataan eri virhekohtien ja -lajien tapahtumatiheyttä**
 - huonon laadun syiden selvittämisen lähtökohta
 - tiedon keruulla oltava joku syy, muuten turhaa
 - käytetään myös varmistamaan, että ihmiset keräävät tietoa oikein

	<i>Maanantai- aamu</i>	<i>Maanantai- ilta</i>	
Nostovirheet			
Väärä tili			13
Väärä summa			7
Talletusvirheet			
Väärä tili			6
Väärä summa			8
	23	11	

Laadunvalvonnan menetelmät

- histogrammit ja graafit -

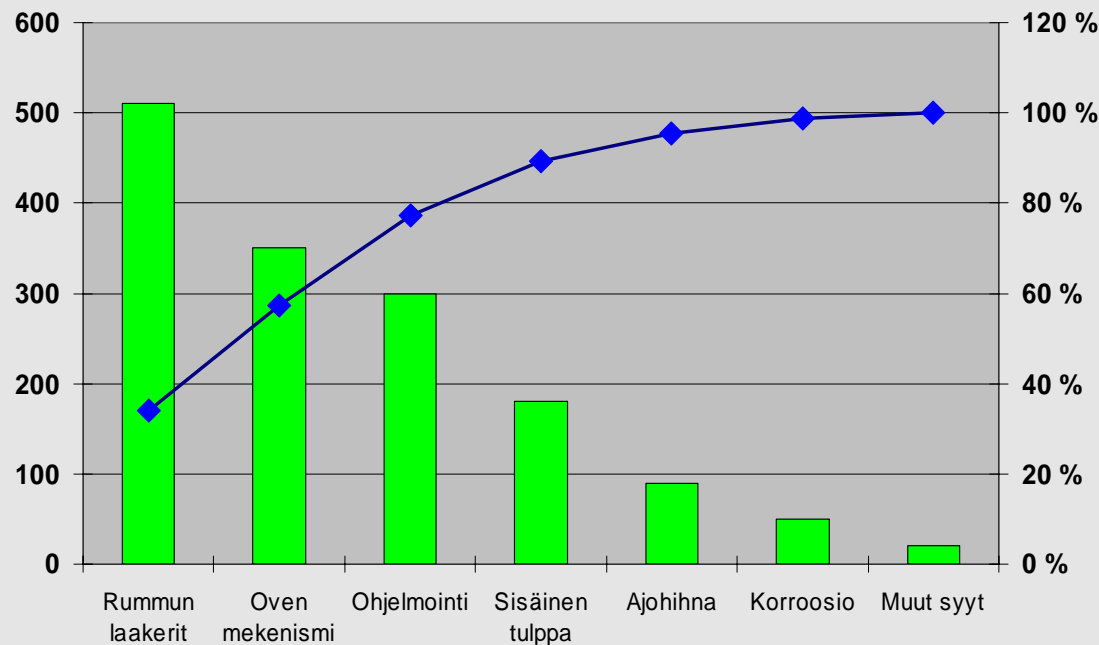
- **Tiedon visualisoinnilla suora vaikutus tiedon hallitsemiseen ja ymmärtämiseen**
 - histogrammit auttavat laatuongelmien laajuuden ja tyypin selvittämisessä
 - graafeilla pystytään seuraamaan mm. prosessin laatumuuttujien kehittymistä



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

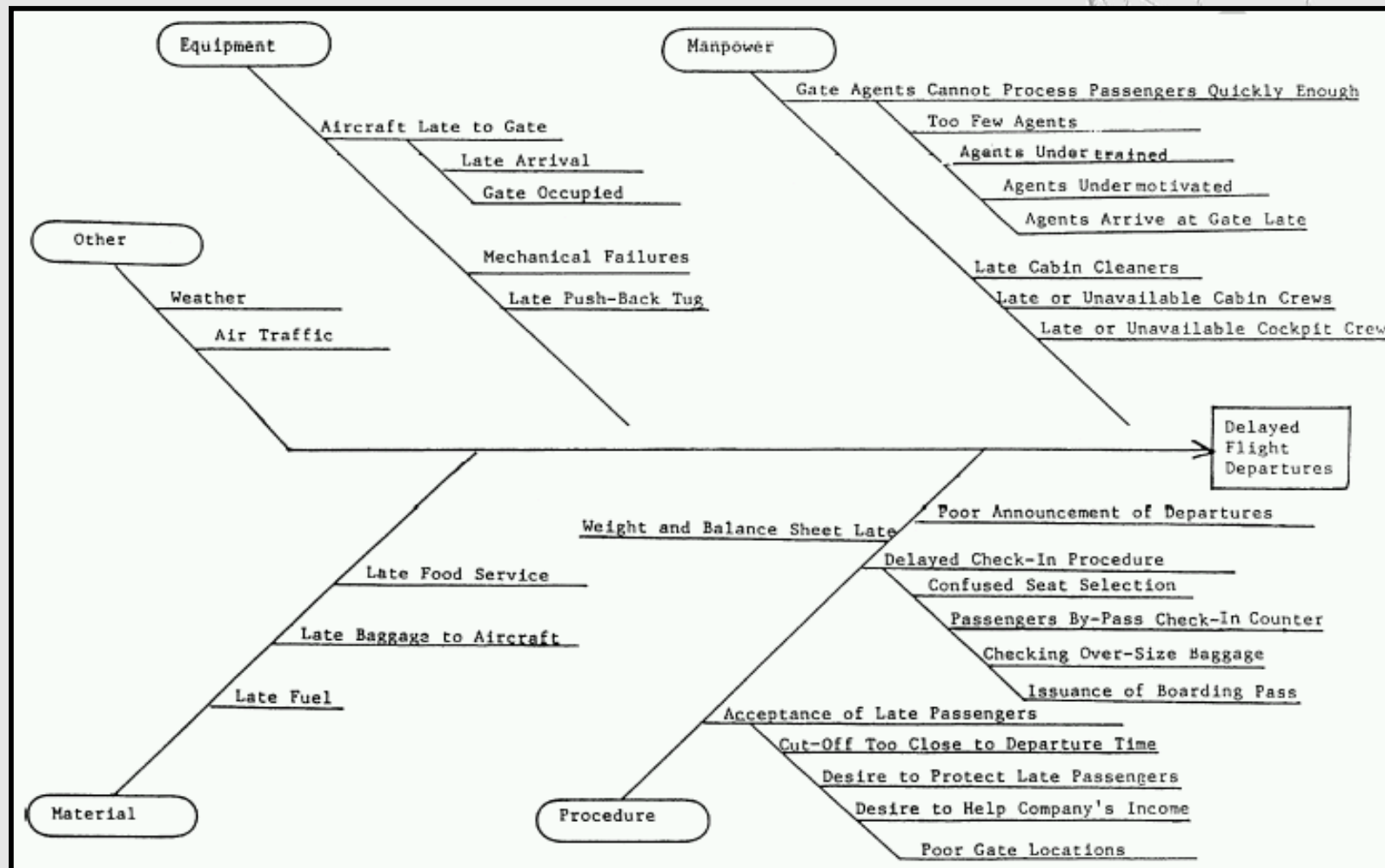


- Muuta laakerien materiaalia ja voiteluöljyä
- Suunnittele uudelleen oven sulkemismekanismi
- jne.

Laadunvalvonnan menetelmät

- syy-seuraus -diagrammi -

(Ishikawa/Fishbone/kalanruotodiagrammi)

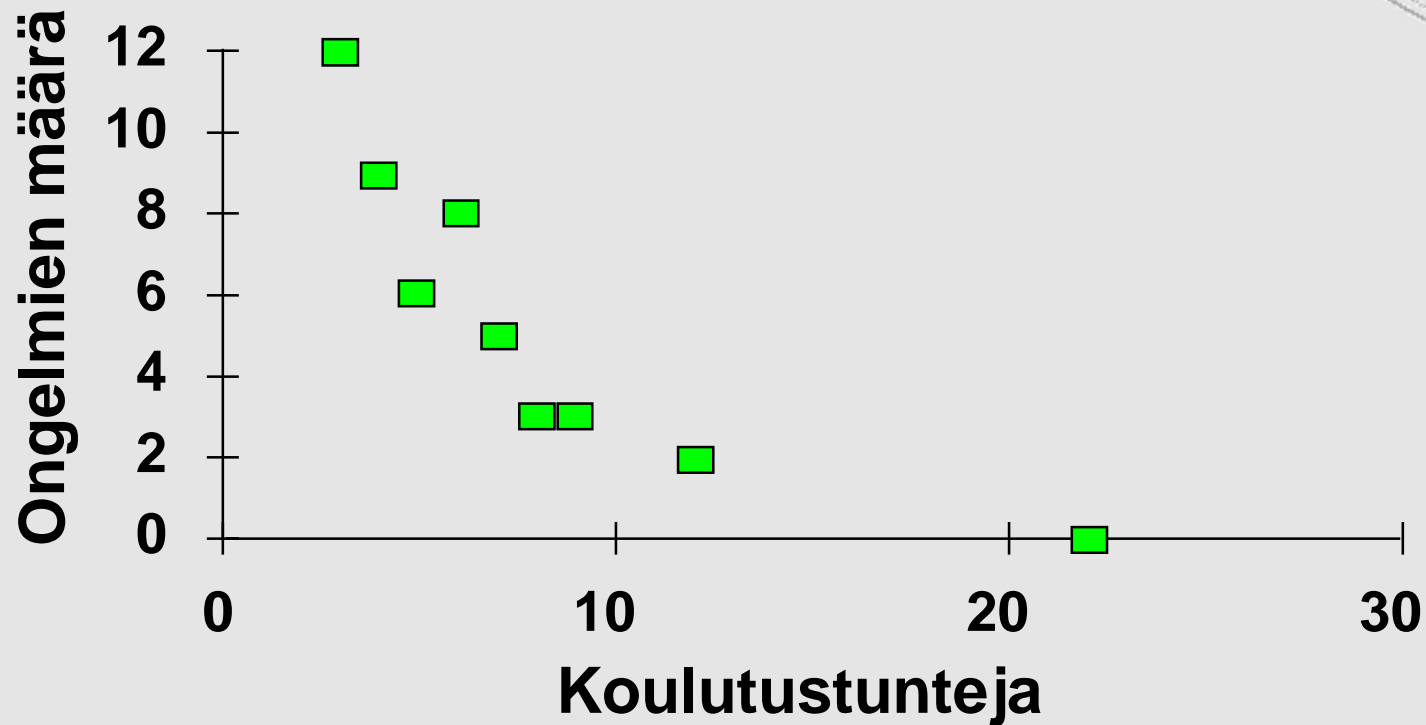


Huom! Ei ratkaisuja, vaan mahdollisia syitä, syiden syitä jne.

Laadunvalvonnan menetelmät

- korrelaatiodiagrammit -

- Toimiva graafinen esitystapa kun selvä syy-seuraus yhteys



Työkalujen yleinen ”käyttöprosessi”



1. Ongelman identifiointi

- asiakasvalitukset, kontrollikartat ym. lähtösykäksi

2. Datan kerääminen

- tarkistuslistat, graafit, histogrammit jne. apuvälineinä

3. Tietomassan analysointi ja jaottelu

- pareto-analyysi hyvä lähtökohta

4. Ongelmien syiden selvittäminen

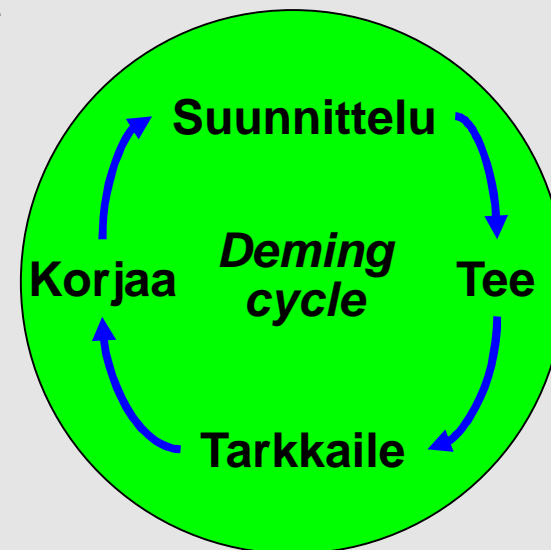
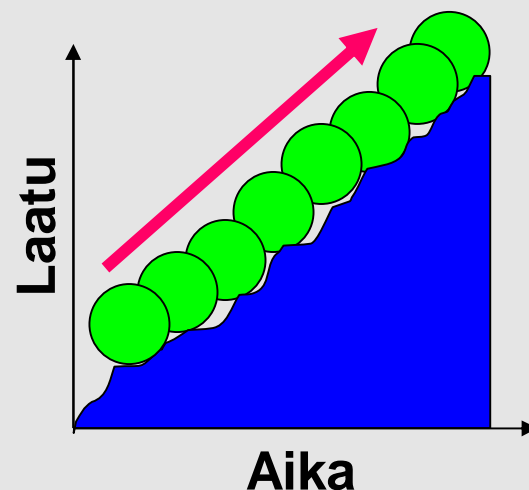
- esim. syy-seuraus analyysi prosessin pohjana

5. Ratkaisun kehittäminen ja toteutus

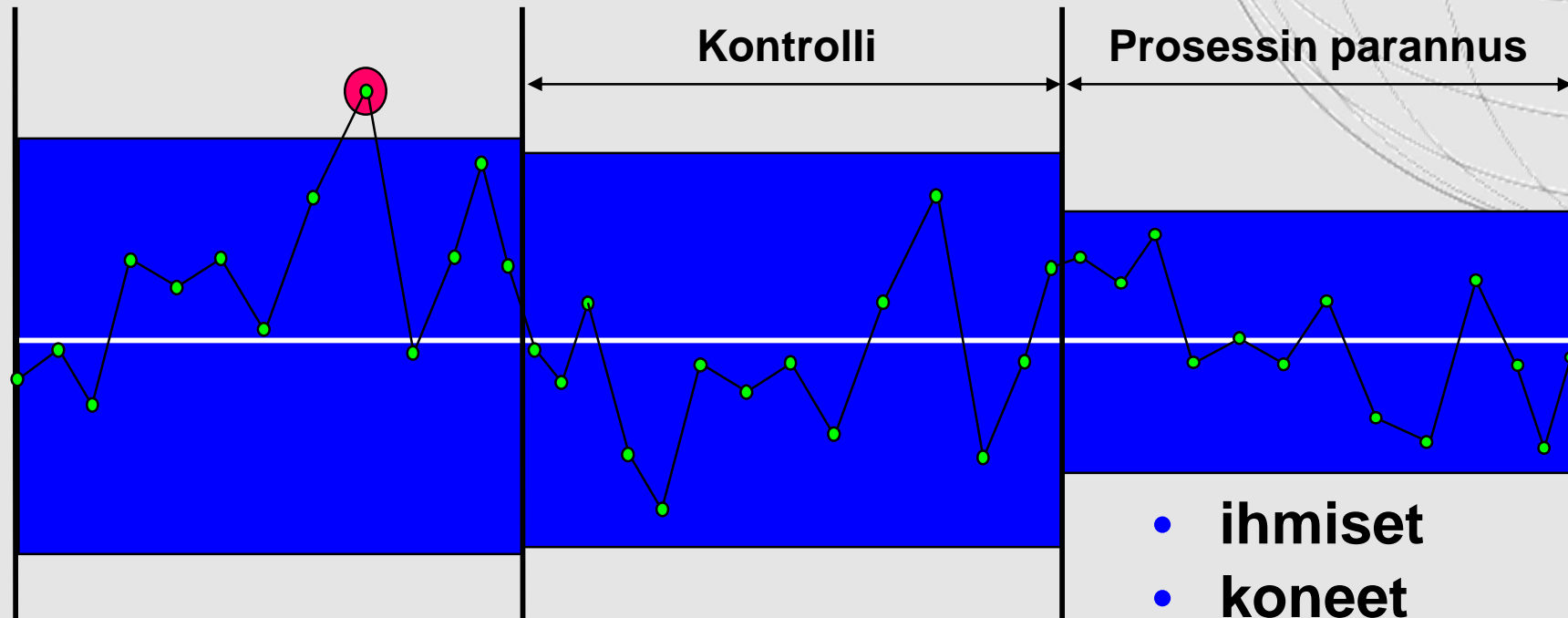
6. Toiminnan jatkuva valvonta ja kehittäminen

Jatkuva kehittäminen menestyksen avaimena

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

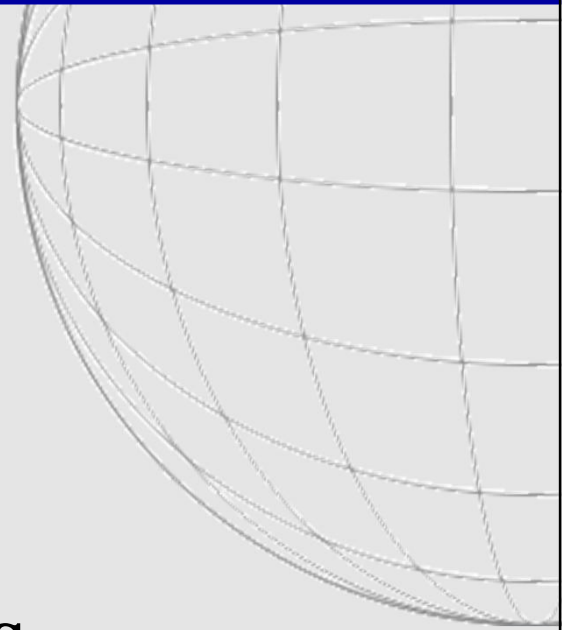


Prosessin kehittäminen näkyy myös kartoissa



- ihmiset
- koneet
- materiaali
- prosessi

Prosessin kyvykkyys



Prosessin kyvykkyys

- process capability -

- **Kyvykkyydellä tarkoitetaan prosessin kykyä vastata haluttuihin tuote-/prosessi-spesifikaatioihin**
 - tyylin ”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 ± 12 g/kpl (eli 88-112g)”
 - asiakkaiden välillä eroja, jollekin toiselle voi ”riittää” 100 ± 20 g/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, sigmoista, ylä-/alarajoista ym. kyse eri asioista

PPM = Parts per million

December 2003 PPM/DPMO Defect Levels



**”Toimittajiemme tulee saavuttaa
6 sigman taso tai laskutamme
heiltä aiheutuvat kustannukset!”**
(eli alle 3,4 huonoa per miljoona)

”Toleranssirajojen ulkopuolella”

Kyvykkyyden mittaaminen ja ilmaiseminen

- **Kyvykkyyttä mitataan kyvykkyyksindekseillä**

- C_{pk} kertoo prosessin tämän hetkisen kyvykkyyden
- C_p kertoo kyvykkyyden 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**

minimi-
tavoite →

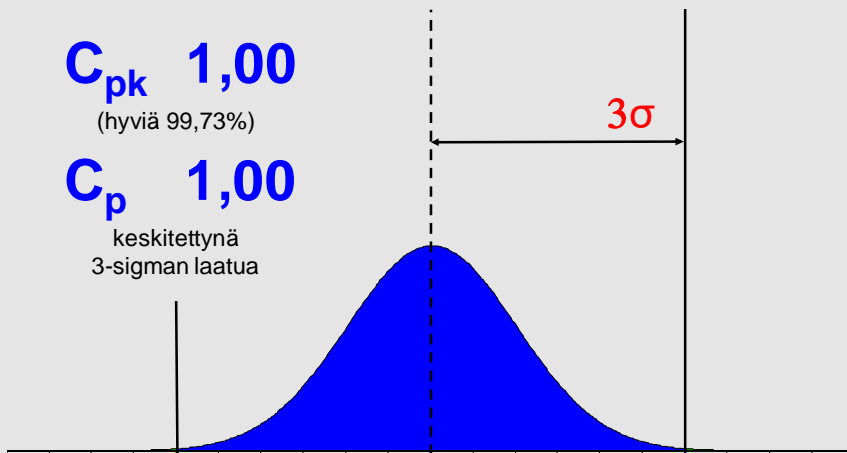
- kyvykkyyksindeksi 0,67 è kahden sigman laatua (väh. 95,45 hyviä)
- kyvykkyyksindeksi 1,00 è kolmen sigman laatua (väh. 99,73 hyviä)
- kyvykkyyksindeksi 1,33 è neljän sigman laatua (väh. 99,99 hyviä)
- kyvykkyyksindeksi 1,67 è viiden sigman laatua (väh. 99,9999 hyviä)
- kyvykkyyksindeksi 2,00 è kuuden sigman laatua (väh. 99,999999 hyviä)

Sigma-taso on käytännössä ”etäisyys” lähimpään toleranssirajaan

Kolmen sigman laatua

C_{pk} 1,00
(hyviä 99,73%)

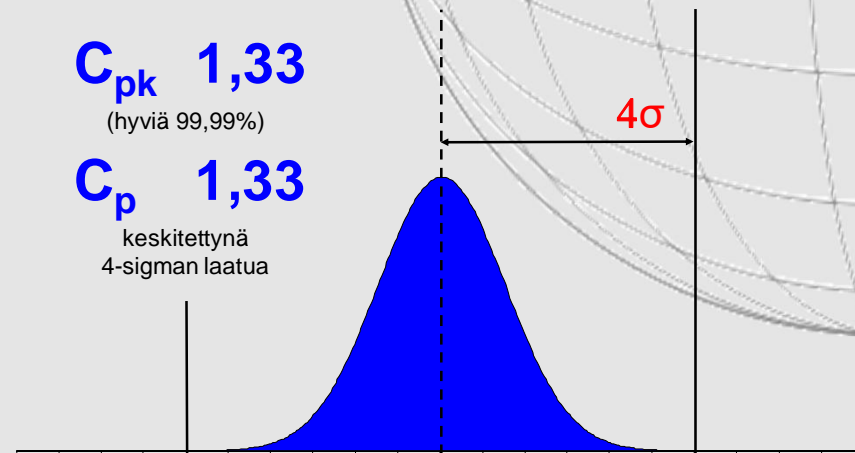
C_p 1,00
keskitettynä
3-sigman laatua



Neljän sigman laatua

C_{pk} 1,33
(hyviä 99,99%)

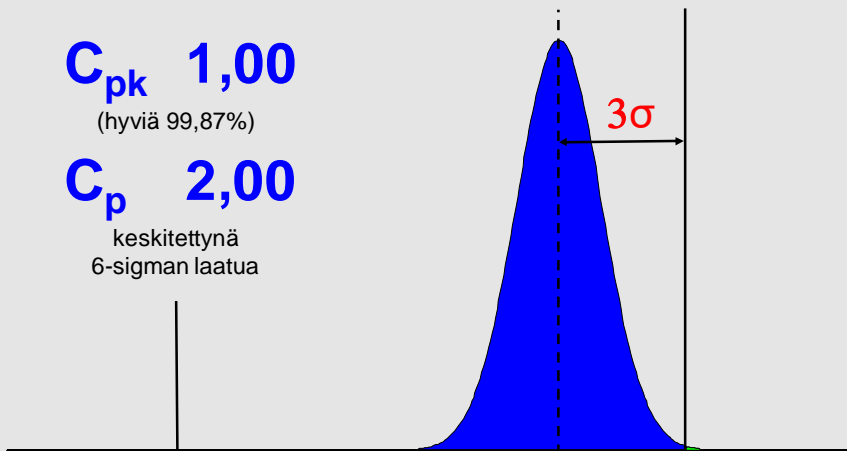
C_p 1,33
keskitettynä
4-sigman laatua



Kolmen sigman laatua

C_{pk} 1,00
(hyviä 99,87%)

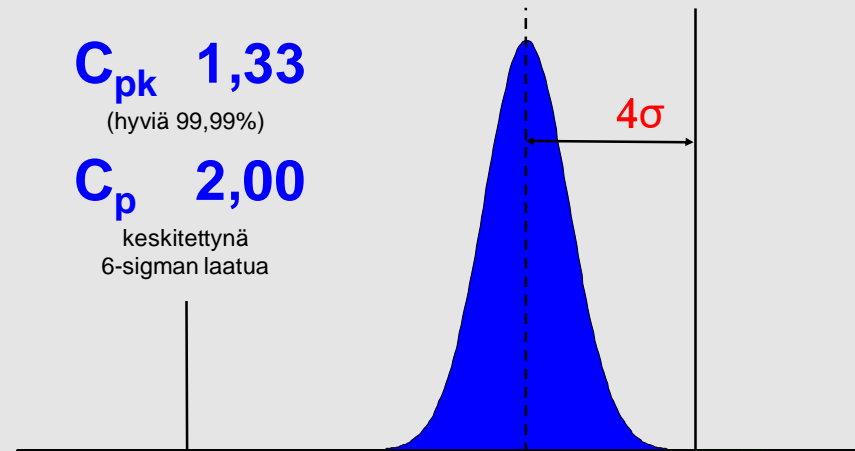
C_p 2,00
keskitettynä
6-sigman laatua



Neljän sigman laatua

C_{pk} 1,33
(hyviä 99,99%)

C_p 2,00
keskitettynä
6-sigman laatua



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 tehtaalla munkkilinjasto tuottaa tällä hetkellä keskimäärin 104g painoisia munkkeja ja painojen keskihajonta on 4g, niin miten kommentoisit tehtaalla kykyä vastata ostajan 5-sigman laatuvaatitukseen (eli C_{pk} vähintään 1,67 ja vähintään 99,9999% hyviä)? Miten tilanne muuttuisi, jos keskihajonta onnistuttaisiin pudottamaan 2 grammaan?

case $\sigma = 4$

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

$$y) C_p = \frac{UTL - LTL}{6\sigma} = \frac{112 - 88}{6 \cdot 4} = 1,00 \quad (3\text{-sigman laatua})$$

Prosessi ei ole kyvykäs (C_{pk}), eikä olisi sitä edes keskitettynä (C_p)!

case $\sigma = 2$

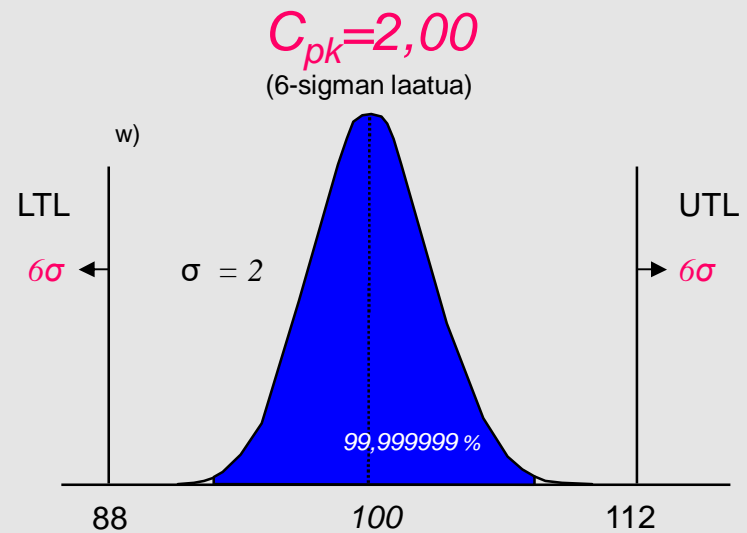
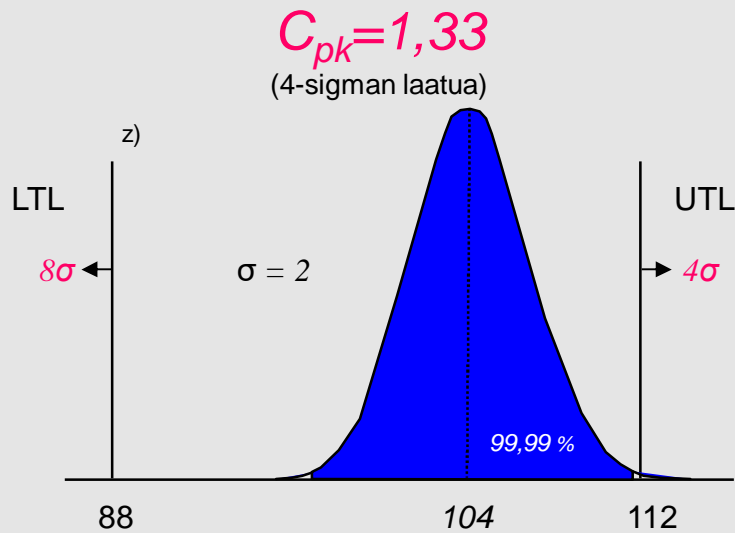
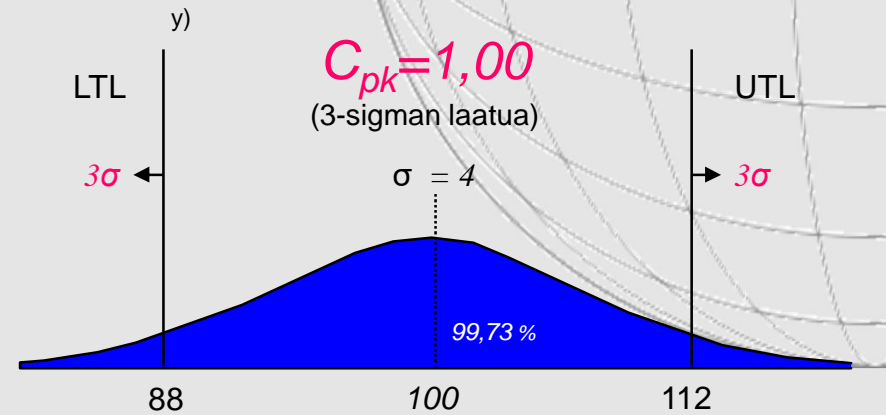
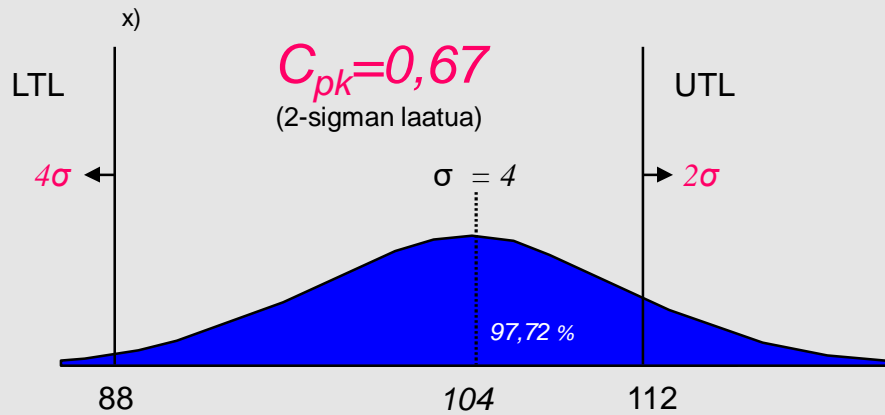
$$z) C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{X} - LTL}{3\sigma}, \frac{UTL - \bar{X}}{3\sigma}\right) = \min\left(\frac{104 - 88}{3 \cdot 2}, \frac{112 - 104}{3 \cdot 2}\right) = 1,33 \quad (4\text{-sigman laatua})$$

$$w) C_p = \frac{UTL - LTL}{6\sigma} = \frac{112 - 88}{6 \cdot 2} = 2,00 \quad (6\text{-sigman laatua})$$

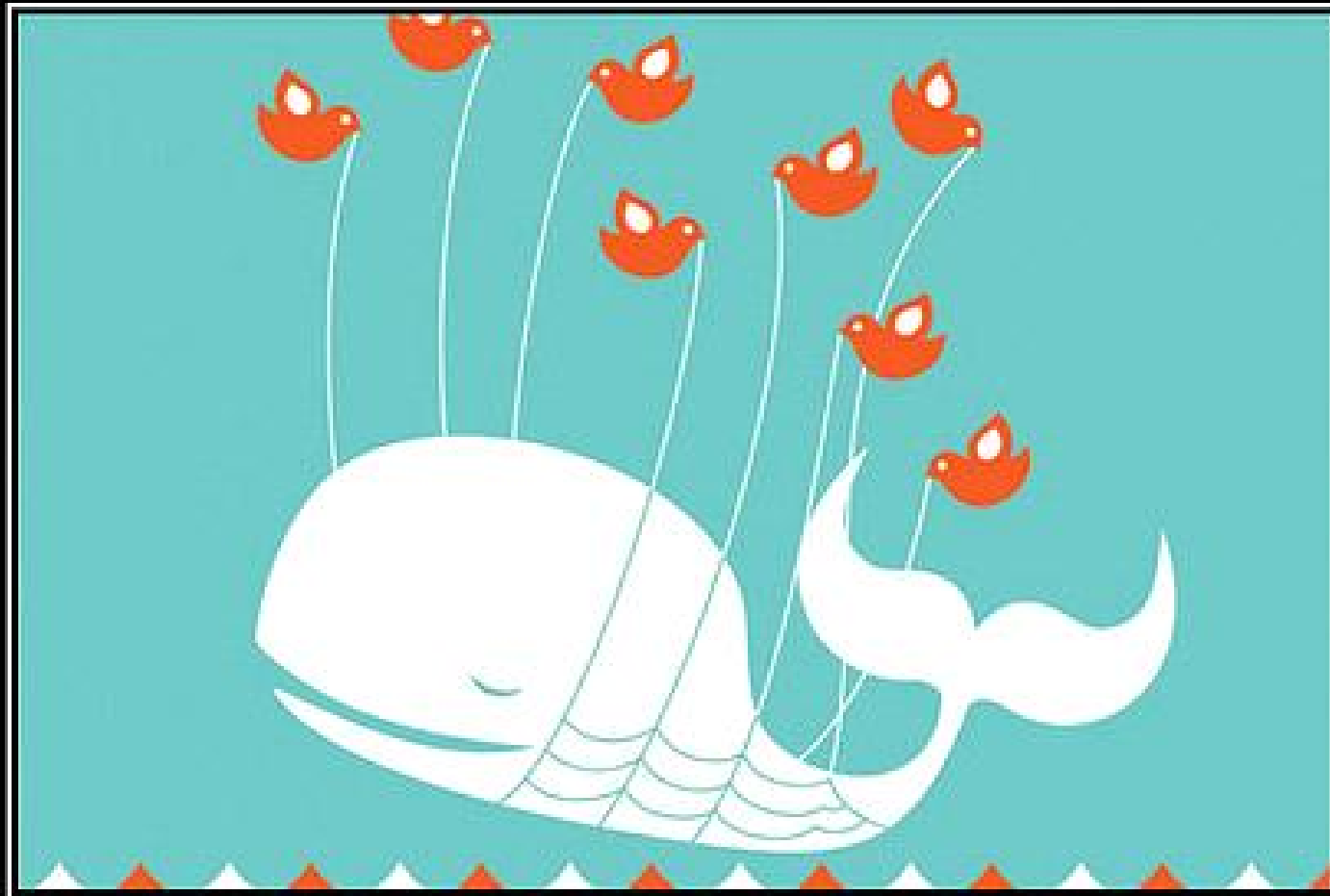
Prosessi ei ole kyvykäs (C_{pk}), mutta keskitettynä (C_p) olisi (eli pystyisi vastaamaan ostajan vaatimukseen!).

Kyvykkyys nousee prosessia parantamalla

- case keskitetään ja pienennetään hajontaa -



Kuinka hyvä prosessin oikein tulisi olla?



FAIL WHALE

Twitter: Failure is an option. At least once a day, or whenever you need it.

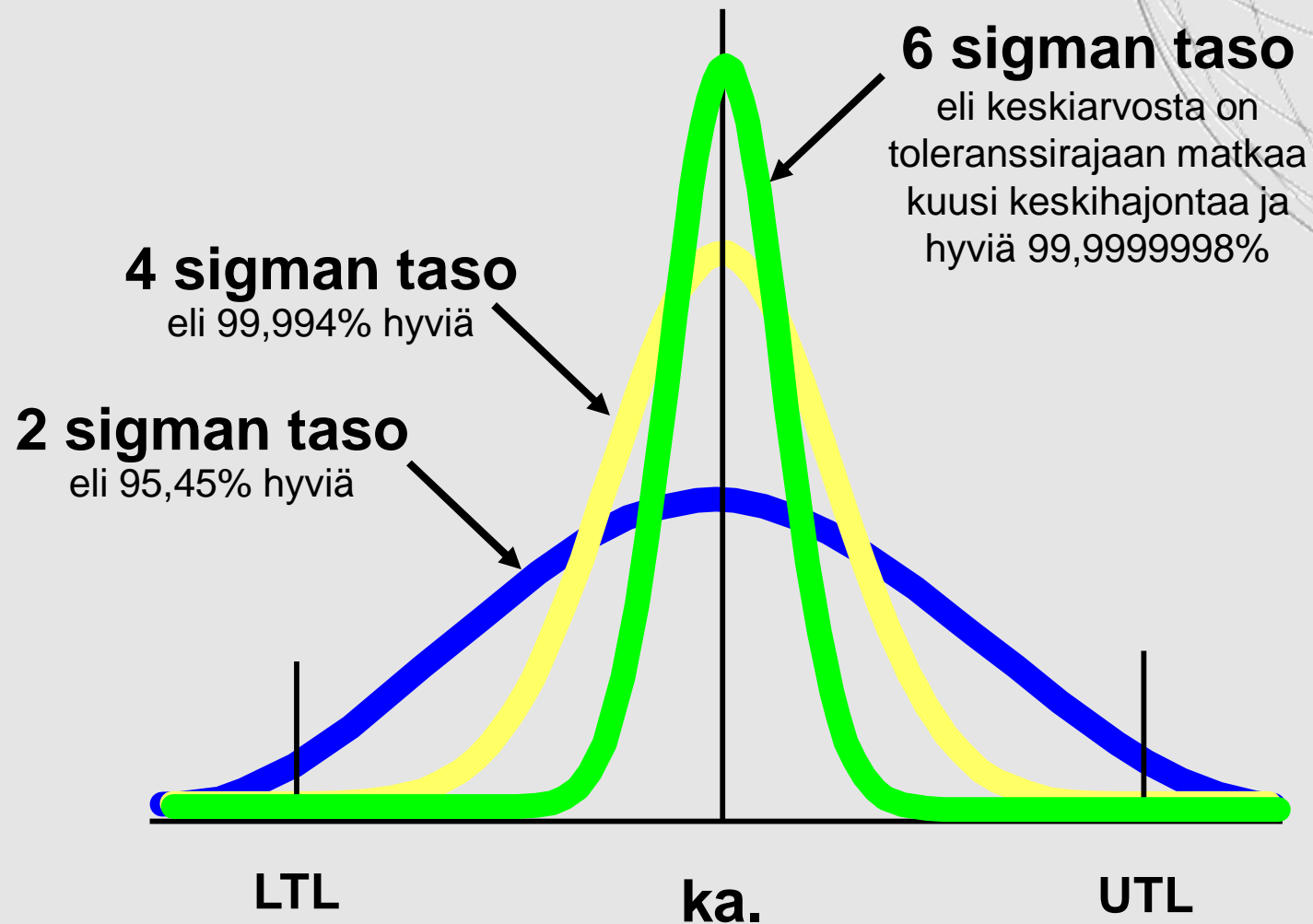
Kuinka hyvä prosessin oikein tulisi olla?

- **Yleisesti korkealta kuulostava 99% ($2,6\sigma$) toimintataso ei monessa tilanteessa riitä**
 - 44.000.000 väärää reseptiä vuodessa (USA)
 - yli 38.000 lääkärin pudottamaa vastasyntynyttä 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)



Ihmisen perusprosessit ovat tutkimusten mukaan noin 99,86% tasolla

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 kuuhun	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

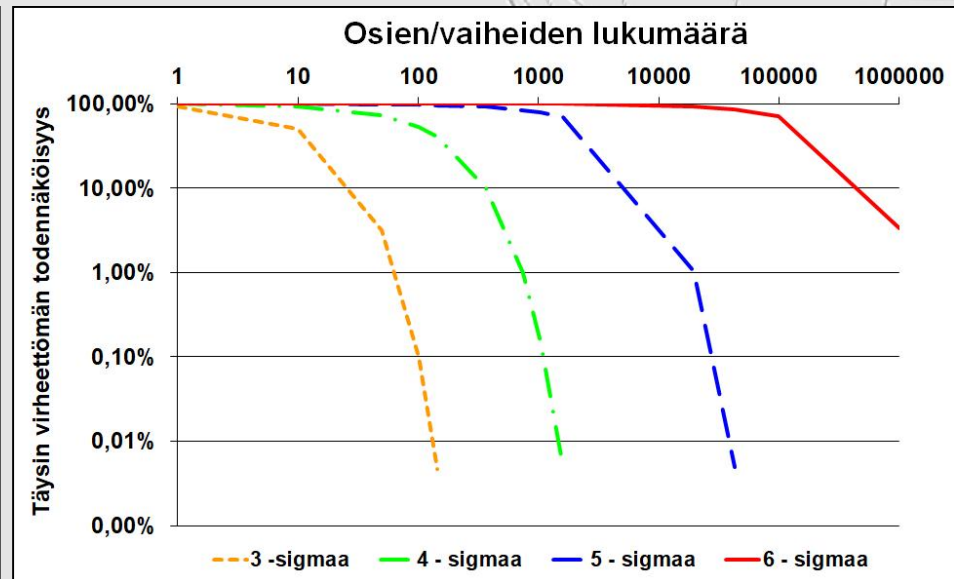


Miksi 6 sigman laatutaso olisi toivottavaa?

Miksi 6 sigman laatuolasto olisi toivottavaa?

Todennäköisyys, että tuote/prosessi olisi täysin virheetön:

Osien/vaiheiden lukumäärä	Yksittäisen osan/vaiheen laatuolasto			
	3-sigma	4-sigma	5-sigma	6-sigma
1	93,32%	99,38%	99,98%	100,00%
10	50,08%	93,96%	99,77%	100,00%
50	3,15%	73,24%	98,84%	99,98%
100	0,10%	53,64%	97,70%	99,97%
144	0,00 %	40,78%	96,71%	99,95%
369		10,04%	91,77%	99,87%
740		1,00%	84,18%	99,75%
1044		0,15%	78,44%	99,65%
1590		0,00 %	69,08%	99,46%
19581	<i>Todennäköisyyksiä, että</i>		1,05%	93,56%
42559	<i>kokonaisuus olisi täysin</i>		0,01 %	86,54%
100000	<i>virheetön...</i>			71,19%
1000000	<i>(1,5 sigman siirtymä huomioitu)</i>			3,35%

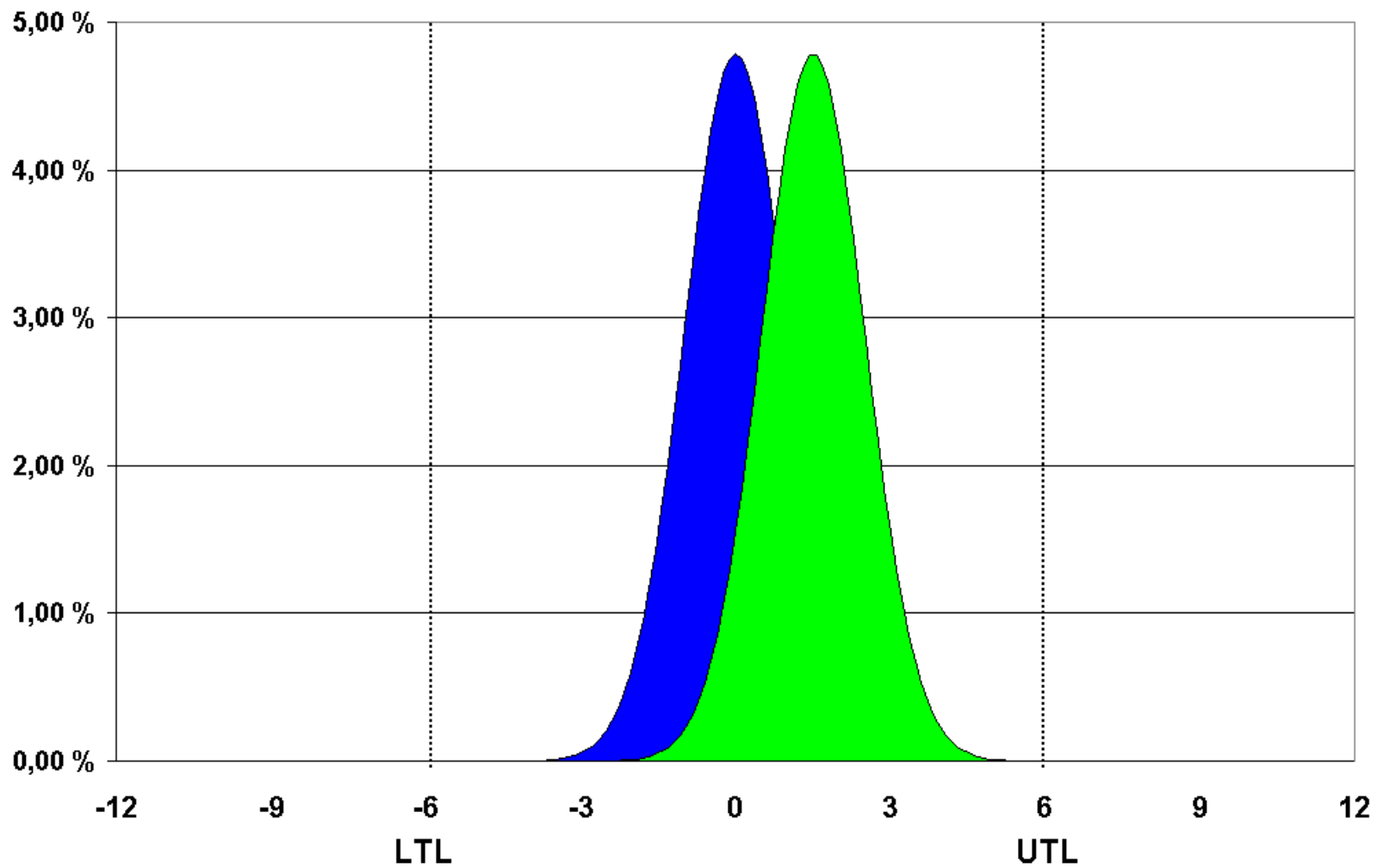


Eli kun osien/vaiheiden lukumäärä tuotteessa/prosessissa kasvaa, olisi erittäin toivottavaa, että jokainen yksittäinen osa/vaihe olisi tosi suurella todennäköisyydellä ”hyvä”, jotta tuote/prosessi olisi täysin virheetön/ongelmaton/toimisi/täyttäisi spesifikaatiot... J

Kuusi sigmaa johtamisfilosofiana

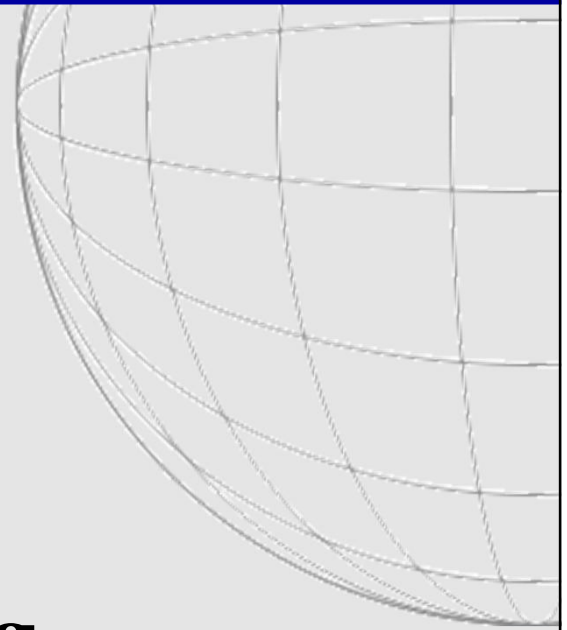
- **TQM:n tapaiseksi paisunut tilastollis-orientoitunut toiminnan kehittämiskonsepti**
 - keskitytään suunnittelussa asiakkaaseen, työntekijät pyrkivät kehittämään prosesseja, päätökset tehdään faktatiedon pohjalta, laatua valvotaan tilastollisin menetelmin jne.
- **Painopiste oli alun perin enemmän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

Six-sigma Quality ja 1,5std. siirtyminen



3,4 per miljoona huonoja

Acceptance sampling



Laadunvalvonnan menetelmät

- acceptance sampling -

- **”Perinteinen laadunvarmistamismenetelmä”**
 - koko tuote-erän laatutaso 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 haittapuoli**
 - lähtökohtana oletus, että tietty määrä viallisia on hyväksyttävää
 - otosmenetelmä saattaa johtaa virhepäätöksiin (tieto rajoittunutta)
 - kokonaiskustannuksiltaan (elinkaari) kallis menetelmä

Acceptance samplingin päätösmuuttujat

- **Hyväksyttävä laatutaso (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 hylkäystodennäköisyys
 - 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^*AQL arvo ja jaa se AQL:llä**
 - eli $1,970/0,02=98,5$ eli otoskoko 99

Taulukko
 $\alpha = 0,05$ ja $B = 0,10$

c	LTPD/AQL	n^*AQL
0	44,89	0,052
1	10,946	0,355
2	6,509	0,818
3	4,890	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 -

