

INDUSTRIENS UTREDNINGSSINSTITUT

**STATISTISK  
KVALITETSKONTROLL**

**KORTFATTAD INTRODUKTION  
OCH BIBLIOGRAFI**

---

**STOCKHOLM**

**1947**

I N D U S T R I E N S   U T R E D N I N G S I N S T I T U T

STATISTISK  
KVALITETSKONTROLL

KORTFATTAD INTRODUKTION  
OCH BIBLIOGRAFI

---

Stockholm 1947

Tillämpningen av statistisk kvalitetskontroll inom industrien har i synnerhet under det senaste kriget vunnit allt större utbredning framför allt i USA och England, där dessa kontrollmetoder anses ha väsentligt underlättat krigsansträngningen. I vårt land har statistisk kvalitetskontroll hittills endast praktiserats i mera begränsad omfattning. Institutet har därför ansett det angeläget att söka göra denna form av produktionskontroll mera uppmärksammas inom industrikretsar. Föreliggande introduktion avser att lämna en översikt av de metoder som utvecklats i USA och England samt att i anslutning därtill ge ett urval av den litteratur som synes lämplig för vidare studier på detta område. Däremot har avsikten icke varit att söka åstadkomma någon fullständig systematisk behandling av hithörande problem under olika industriella förutsättningar. För den vidare behandlingen av de med statistisk kvalitetskontroll sammanhängande problemen har inom Sveriges Me-kanförbund tillsatts en kommitté, med vilken institutet stått i kontakt vid utarbetandet av föreliggande arbete.

Översikten har redigerats och bibliografien sammanställts av sekreteraren vid institutet, Herman Holm. Introduktionen har i huvudsak utarbetats av förste byråingenjören Gösta Gladh och vad gäller vissa matematisk-statistiska frågor av aktuarien vid institutet, Erik Ruist.

Stockholm i oktober 1947.

INDUSTRIENS UTREDDNING SINSTITUT

Kvalitetskontroll är inte någon nyhet för svensk industri. Det goda namn svenska industriprodukter åtnjuta ute på världsmarknaden har i stor utsträckning skapats genom den höga kvaliteten på de levererade produkterna. Inom svensk industri insåg man tidigt, att om man önskade upprätthålla en hög och jämn kvalitet på produktionen, räckte det inte att enbart lita till ingenjörernas och yrkesarbetarnas skicklighet, utan att en kontroll av varorna, innan de levererades, även var erforderlig.

För konsumentens del är det givetvis tillräckligt med en noggrann avsyning av den färdiga produkten. För producentens del däremot kan en kontroll först på detta stadium ställa sig oekonomisk, därigenom att flera kanske dyrbara arbetsmoment kunna ha utförts på redan kassationsfärdiga produkter. Genom att på lämpligt ställe kontrollera produkten under tillverkningens gång och vid behov utsortera densamma eller ännu bättre genom att tillgripa en kontroll av själva produktionsprocessen, kan producenten emellertid i stor utsträckning undvika att så blir fallet. Hur omfattande kontrollen bör göras, är i sista hand en kostnadsfråga, varvid kontrollkostnaderna få ställas mot den besparing som en viss kontrollmetod kan ge till resultat.

#### Olika slag av kvalitetskontroll.

Kvalitetskontrollen kan tjäna två olika syften. Man har med kvalitetskontroll hittills alltid avsett en kontroll i efterhand av en produkt i färdigt skick eller efter ett visst arbetsmoment. Syftet med denna kontroll har varit att göra det möjligt att bedöma, hur man skulle förfara med en viss produkt, om man kunde godkänna densamma utan eller först efter viss ändring eller om den måste underkännas och kasseras. I regel har man utfört en total kontroll, d. v. s. man har kontrollerat varje produkt. Vissa undantag härifrån ha av naturliga skäl måst göras, t. ex. där produkten på grund av kontrollåtgärden efteråt måst kasseras, såsom vid hållfasthetsprov. I sådana fall har man oftast gjort ett urval utan att först medelst statistiska medel ha gjort klart för sig storleksordningen av felriskerna. Här liksom även i många andra fall kan emellertid parti-

ell kontroll byggd på sannolikhetskalkylens grundvalar med framgång användas. Kontrollkostnaderna bli härvid givetvis lägre än vid total eller osystematiskt genomförd kontroll och vidare är det ofta möjligt att göra arbetet mera omväxlande för kontrollanterna. Nackdelen är för konsumentens vidkommande, att en och annan icke fullgod produkt kan passera. Att märka är härvid, att inte heller en total kontroll utförd av mänsklig arbetskraft lämnar en 100-procentig säkerhet för konsumenten och vidare att det för producenten ur ren kostnadssynpunkt ofta torde ställa sig fördelaktigast att riskera ett mindre antal reklamationer än att söka uppnå 100-procentig säkerhet vid kontrollen. Förutsättningen för användning av partiell kontroll är givetvis, att man genom statistiska beräkningar kan bedöma hur stor andel felaktiga enheter det finns i den produkt man släpper ut i marknaden.

Det andra och nya syftet med kvalitetskontroll är att genom statistisk kontroll av själva produktionsprocessen (jfr sid.10) söka förebygga uppkomsten av defekta produkter. Genom en dylik kontroll kan man nämligen få en "anvisning" om när ett rättande ingrepp i produktionsprocessen behöver företagas, man kan, med andra ord, i god tid upptäcka fel "som hålla på att ske". Man ser t.ex. att måtten på en automatsvarvad detalj för varje stickprov alltmer närmar sig en viss toleransgräns. Innan gränsen nås, stoppas maskinen och en rättelse vidtages, innan några produktionsförluster uppstått.

Avsikten med föreliggande skrift är att söka bidraga till ökad kännedom om de möjligheter som den teoretiska statistiken med sannolikhetskalkylen erbjuder i fråga om kvalitetskontroll. Glädjande nog har man på några håll redan insett de betydande fördelar som ett riktigt användande av statistiska kontrollmetoder medför. Sveriges Mekanförbund har sålunda tillsatt en kommitté som har till uppgift att söka åstadkomma en praktisk handledning i tillämpningen av statistiska kontrollmetoder.

#### Möjligheter till sänkning av driftskostnaderna.

Om storleken av de vinster ett företag kan göra genom att tillämpa statistisk kvalitetskontroll kan man få en föreställning av följande exempel, som belyser användningen av den nya metoden med kontroll av produktionsprocessen. Exemplet har hämtats ur en artikel av Rissik kallad "Quality Control in Production Engineering" publicerad i "Aircraft Engineering" Febr. 1943, sid. 55 och följande och avser en eng-

elsk fabrik för tillverkning av elektrisk materiel.

	Produktion i medeltal per vecka		Därav				
	antal	procent	godkända enheter	antal	procent	kasserade enheter	antal
Före den statistiska kontrollens införande (omf. en tid av 22 veckor)	13053	100	11143	85.4		1910	14.6
Efter d:o (omf. en tid av 11 veckor)	14381	100	13545	94.2		836	5.8
Skillnad	+ 1328		+ 2402			- 1074	
Procentuell förändring	+ 10.2		+ 21.6			- 56.3	

Enligt uppgift skulle enbart den förändringen ha vidtagits i tillverkningen, att de nya kontrollmetoderna införts. Ökningen i utbytet skulle alltså bero på att dessa nya metoder införts. Man förklarar vidare, att man i detta fall kunnat spara 30 % av kontrollarbetet av de färdiga produkterna.

#### De statistiska kontrollmetodernas uppkomst.

De statistiska metoderna för kvalitetskontroll härstamma ursprungligen från den amerikanska telefonindustrien. Under år 1923 började man nämligen inom Western Electric Company att för den slutliga kontrollen av telefonmaterial konstruera metoder på grundval av sannolikhetskalkyl. Efterhand utvecklades dessa ytterligare av Western Electric och Bell Telephone Laboratories i samarbete. Under senare hälften av 1920-talet behandlade föregångsmannen på området W.A. Shewhart de nya metoderna i ett flertal tidskriftsuppsatser. I sin bok "Economic Control of Quality of Manufactured Product", som utkom 1931, ger Shewhart en grundläggande framställning av metoderna och de förutsättningar på vilka de vilja. En för den praktiska tillämpningen betydelsefull uppsats, Dodge-Romig "A Method of Sampling Inspection", publicerades år 1929 (Bell System Technical Journal, vol. VIII sid. 613-631. Oktober 1929). De framsteg som man senare gjort inom Bell-koncernen redovisas i en år 1941 publicerad artikel Dodge-Romig "Single Sampling and Double Sampling Inspection Tables" (Bell System Technical Journal, vol. XX sid. 1-61. Januari 1941.). Meto-

dem och tillämpningen av dem ha för övrigt beskrivits och diskuterats i ett mycket stort antal böcker och tidskriftsuppsatser. I Amerika har War Production Board arbetat för införandet av de nya kontrollmetoderna inom industrien, i första hand därigenom att man tagit initiativ till och organiserat en omfattande utbildningsverksamhet.

I England blev frågan om statistisk kontroll aktuell efter ett besök där av Shewhart år 1932. Den brittiska standardiseringsorganisationen utgav 1935 en standard (nr B.S. 600-1935) som behandlade vissa kontrollmetoder. Till att börja med tillämpades dessa nya metoder endast inom ett ringa antal industriföretag, men under kriget kommo de att praktiseras mera allmänt, i första hand tack vare det arbete för deras spridning, som nedlades av Ministry of Supply. Det är ingen överdrift att påstå, att de statistiska kontrollmetoderna väsentligt underlättade krigsansträngningen. Man kunde med deras hjälp inte endast minska antalet arbetare sysselsatta med kontrollarbete utan även, såsom ovanstående exempel visar, väsentligen minska kassationerna och ibland också öka bruttoproduktionen.

#### Diskussion av de olika metoderna.

Tillverkarens kontroll av sin egen produkt kan såsom ovan nämnts ha två olika syften,

A. Den kan tjäna som grund för åtgärder med avseende på en redan tillverkad produkt. Det kan gälla avgöranden huruvida produkten skall godkännas genast eller efter en reparation, eller om den måste underkännas,

B. Den kan tjäna till ledning, när det gäller att avgöra, om man skall ingripa rättande i tillverkningen eller om denna förlöper på ett sådant sätt att produkterna bli fullt godtagbara. Kontrollen blir ett hjälpmedel för tillverkningsövervakningen med avseende på kvaliteten.

#### Partiell kontroll av färdigprodukterna.

Om man i fall A använder statistisk kontroll, vill man härmed åstadkomma en begränsning av kontrollens omfattning, så att man endast behöver kontrollera en mindre del av de tillverkade föremålen. Principen för en sådan delkontroll kan åskådliggöras med ett exempel. Antag, att slutprodukten levereras i förpackningar om 1.000 st. Av någon anledning finnas i varje sådan förpackning precis 20 felaktiga enheter. Om man nu

har ett stort antal förpackningar och ur var och en på en slump utväljer 100 enheter, är det klart att i medeltal ungefär 2 av dessa äro felaktiga. Men det kan inträffa, att man ur en förpackning drar 0 felaktiga enheter, ur en annan 1 o.s.v. Med hjälp av sannolikhetskalkylen kan man räkna ut i ungefär hur många fall man får 0, 1, 2, 3, 4, o.s.v. felaktiga enheter. Det visar sig, att man oftast får 2, ganska ofta 1 eller 3, men mycket sällan mer än 5 felaktiga enheter.

Man kan vända på problemet och antaga, att man inte i förväg vet, hur många felaktiga enheter hela förpackningen innehåller. Man drar ur den 100 enheter, varav 2 visa sig vara felaktiga, och ställer sig t.ex. följande fråga: Hur sannolikt är det, att hela förpackningen innehåller mer än 25 felaktiga enheter? Frågan kan givetvis inte besvaras med absolut säkerhet, men genom att efter vissa regler öka antalet uttagna enheter kan säkerheten ökas till vilken önskad nivå som helst.<sup>1)</sup>

En partiell kontroll är därför strängt taget inte tillämpbar annat än i de fall, där man kan tillåta, att produkten inte helt fyller de specificerade fordringarna, eller - med andra ord - där man kan tillåta en viss proportion felaktiga föremål. Nu visar emellertid erfarenheten, att vad man brukar kalla en 100-procentig kontroll ofta, för att inte säga vanligen, inte ger till resultat en 100-procentigt riktig produkt. Detta beror i första hand på att det enformiga kontrollarbetet verkar tröttande och att uppmärksamheten hos den, som utför arbetet, därför så småningom avtar. Vid kontroll av endast en mindre del av de tillverkade föremålen blir arbetet mindre monotont. Det finns därför anledning räkna med att den partiella kontrollen blir förhållandevis mera noggrann än en fullständig kontroll. Man kan därför i många fall, där man hittills ansett sig böra hålla på kravet på en fullständig kontroll, numera ersätta denna med en partiell kontroll.

Bland de statistiska metoderna för partiell produktkontroll kunna nämnas Dodge-Romigs metoder. Metoder av detta slag äro tillämpbara när kontrollresultatet kan uttryckas genom angivande av det antal föremål, som inte uppfyller de stipulerade fordringarna - antalet felaktiga föremål. Sedermera har man ytterligare utvecklat dessa metoder och kommit till de mera avancerade metoderna "double sampling" och "sequential analysis", vilka bygger på en efter vissa regler upprepad provtagning.

---

1) Se exempelvis nr 1-3 i litteraturförteckningen.



Enkel sampling.

Följande exempel avser att visa, hur en av Dodge-Romigs metoder fungerar.<sup>1)</sup> Det schema, efter vilket man i detta fall arbetar, ser ut på följande sätt:

1. Fastställ den proportion felaktiga enheter, som det i medeltal kan anses vara ekonomiskt lämpligt att leverera eller som utan allvarliga konsekvenser kan tolereras i den produkt, som går vidare till nästa steg i tillverkningen. Denna andel uttryckt i procent benämnes  $p_u$ .

2. Bestäm med ledning av tidigare erfarenheter eller med hjälp av försök den genomsnittliga felprocenten i produktionen. Denna benämnes  $p_i$ .

3. Slå i en tabell upp hur stor provgruppen behöver vara ( $n$  st.) och hur många felaktiga enheter som kan tolereras i denna provgrupp ( $c$  st.). Exempel på en sådan tabell finnes på sid. 7.

4. Tag ut ett antal provföremål - en provgrupp - om  $n$  enheter.

5. Bestäm antalet felaktiga enheter i provgruppen.

6. Godkänn totalgruppen<sup>2)</sup> - den samling provföremål från vilken provgruppen härstammar - om antalet felaktiga enheter inte överstiger  $c$ .

7. Kontrollera hela totalgruppen om antalet felaktiga delar överstiger  $c$ . Avlägsna de felaktiga enheter, som upptäckas.<sup>3)</sup>

Den tabell, som valts som exempel (se sid. 7) gäller för  $p_u = 1,0$ , för  $p_i$  från 0 till 1 samt för ett antal delar i totalgruppen ( $N$ ) från 1 till 100.000. I detta fall har man sålunda av ekonomiska skäl ansett, att den levererade produkten kan få innehålla 1 % felaktiga enheter. Om  $p_i$  bestämts till 0,5 % och totalgruppens storlek är 1.500 skulle enligt denna tabell för kontroll tagas ut en provgrupp om  $n = 130$ . Om det funna feltalet vore 2 eller mindre, skulle totalgruppen godkännas. Vore feltalet större än 2, skulle totalgruppen underkastas en fullständig kon-

1) För närmare beskrivning av denna och liknande metoder, se framför allt nr 20, 7-10 och 17 i litteraturförteckningen.

2) Den engelska termen är "lot", vilket stundom försvenskas till "lott"

3) Observera, att på grund av punkt 7 kan metoden ej användas utan en viss modifikation, om produkten förstörs i kontrollen.

Kontrolltabell enligt Dodge-Romig

för bestämning av värdena på n och c då  $p_u = 1\%$

$p_i$  = iakttagen felprocent i hela partiet (totalgruppen) före kontrollen

N = totala antalet enheter i partiet (totalgruppen)

n = nödvändig storlek av provgruppen

c = tillåtet antal felaktiga enheter i provgruppen

$P_i$	0,0 - 0,02		0,03 - 0,20		0,21 - 0,40		0,41 - 0,60		0,61 - 0,80		0,81 - 1,00		
	(N)	n	c	n	c	n	c	n	c	n	c	n	c
1-25	Alla	0	0	Alla	0	Alla	0	Alla	0	Alla	0	Alla	0
26-50	22	0	0	22	0	22	0	22	0	22	0	22	0
51-100	27	0	0	27	0	27	0	27	0	27	0	27	0
101-200	32	0	0	32	0	32	0	32	0	32	0	32	0
201-300	33	0	0	33	0	33	0	33	0	33	0	65	1
301-400	34	0	0	34	0	34	0	70	1	70	1	70	1
401-500	35	0	0	35	0	35	0	70	1	70	1	70	1
501-600	35	0	0	35	0	75	1	75	1	75	1	75	1
601-800	35	0	0	35	0	75	1	75	1	75	1	120	2
801-1000	35	0	0	35	0	80	1	80	1	120	2	120	2
1001-2000	36	0	1	80	1	80	1	130	2	130	2	180	3
2001-3000	36	0	1	80	1	80	1	130	2	185	3	235	4
3001-4000	36	0	1	80	1	135	2	135	2	185	3	295	5
4001-5000	36	0	1	85	1	135	2	190	3	245	4	300	5
5001-7000	37	0	1	85	1	135	2	190	3	305	5	420	7
7001-10.000	37	0	1	85	1	135	2	245	4	310	5	430	7
10.001-20.000	85	1	2	135	2	195	3	250	4	435	7	635	10
20.001-50.000	85	1	2	135	2	255	4	380	6	575	9	990	15
50.001-100.000	85	1	2	135	2	255	4	445	7	790	12	1520	22

troll, och de felaktiga delarna avlägsnas.

Man bör lägga märke till att kontrollmetodiken inte går ut på ett bestämmande av kvaliteten hos totalgruppen i fråga. Den ger i stället regler för ett rutinmässigt bedömande av vilken åtgärd, som skall vidtagas med ledning av kontrollresultatet, i detta fall om totalgruppen skall godkännas utan vidare eller om den skall kontrolleras fullständigt.

Av tabellen kan man utläsa, att provningskvoten, d.v.s. förhållandet  $\frac{n}{N}$ , minskar i den mån marginalen mellan  $p_i$  och  $p_u$  växer. Detta kan också uttryckas så att kontrollen blir mindre omfattande, när medelfelprocenten före kontrollen,  $p_i$ , är låg än när den är högre, eller ju bättre produkt desto mindre kontroll, detta givetvis under förutsättning att garantikravet är detsamma.

Ur tabellen kan man vidare utläsa, att provningskvoten blir allt mindre och mindre allt efter som  $N$  växer. Sambandet mellan totalgruppens storlek och provgruppens är alltså inte linjärt. Av detta kan man dra slutsatsen, att det traditionella sättet att taga ut en provgrupp, vars storlek utgör en bestämd procentuell del av totalgruppen, är felaktigt, såvida man förutsätter, att garantien alltid skall vara densamma.

Dodge-Romigs kontrollmetoder basera sig på två grundförutsättningar.

1. Konsumenten eller mottagaren av de kontrollerade föremålen skall i någon form garanteras, att produktens kvalitet fyller de av honom stipulerade fordringarna.

Detta garantikrav har i den metod som här exemplifierats fått sitt uttryck i medelfelprocenten efter kontrollen,  $p_u$ .

2. Antalet föremål, som - genomsnittligt räknat - kontrolleras, skall vara så litet som möjligt för den garanti som stipulerats, förutsatt att medelfelprocenten vid tillverkningen förblir det värde på  $p_i$ , som man lagt till grund för valet av  $n$  och  $c$ . (Här må anmärkas, att detta endast gäller vid den beskrivna metoden, då ett i förväg bestämt antal föremål uttagas till provning. Vid s.k. sequential analysis erhålles avsevärt mindre provningsarbete).

Det är emellertid att observera, att det endast är provningsarbetets omfattning, som förändras, om  $p_i$  är felaktigt uppskattat, medan den utgående produktens kvalitet  $p_u$  ändå förblir den stipulerade. Skulle felprocenten före kontrollen bli större än den man räknat med, kommer automatiskt ett större antal föremål att kontrolleras, i det att ett större antal totalgrupper än normalt faller igenom vid den partiella kontrollen, så

att de måste underkastas en fullständig kontroll. Tillverkaren får härigenom en påtaglig och tydlig varning. Hans kostnader för kontrollarbetet komma att stiga. I Dodge-Romigs kontrollmetoder har man sålunda kopplat ihop kontrollens omfattning med kvaliteten hos den produkt som lägges fram för kontroll på ett sådant sätt att tillverkaren får en signal, som varnar för kvalitetsförsämringen, under det att konsumentens garanti förblir oförändrad. Metoden är samtidigt enkel och kan därför rekommenderas som en första etapp i införandet av statistiska kontrollmetoder.

#### Sequential analysis.

Under kriget har i U.S.A. utarbetats en ny metod för partiell kontroll, sequential analysis.<sup>1)</sup> Den ansågs så värdefull för krigsindustrin, att den hemligstämplades och har därför först efter kriget i sin helhet kommit till allmän kännedom.

Principerna för metoden äro ungefär desamma som för ovanstående med det undantaget, att provgruppens storlek inte fastställs i förväg. I stället undersöker man, varje gång en enhet kontrollerats, hur antalet felaktiga enheter ligger i förhållande till två för varje storlek på provgruppen angivna gränser. Om det upptäckta antalet felaktiga enheter når den undre gränsen, godkännes totalgruppen, om det uppnår den övre gränsen, förkastas totalgruppen eller underkastas den en fullständig kontroll. Ligger antalet däremot mellan gränserna fortsättes kontrollen. Förfarandet framgår tydligare av nedanstående exempel.

Tabell uträknad på grundval av överväganden om  $p_{\text{max}}$ .

Provgruppens storlek	Utfallet av kontrollen:		
	Undre gräns	Övre gräns	Antal felaktiga enheter
5	0	2	1
6	0	3	1
7	0	3	1
8	0	3	2
9	0	3	2
10	1	3	2
11	1	4	3
12	1	4	3
13	1	4	3
14	1	4	3
15	2	4	3
16	2	5	3
17	2	5	3
18	2	5	3
19	2	5	3
20	3	5	3

1) En detaljerad och lättfattlig beskrivning av denna metods användning återfinnes i nr 30 i litteraturförteckningen.

Kontrollen gav i tur och ordning följande resultat, där g betyder godkänd enhet och u underkänd: gggug ggugg ugggg ggggg. Ända till och med den nittonde kontrollerade enheten låg antalet felaktiga enheter mellan de i tabellen angivna gränserna och kontrollen fortsatte därför. I och med att den tjugonde enheten godkändes, föll emellertid antalet felaktiga enheter på den undre gränsen och totalgruppen kunde godkännas.

Genom att använda denna metod sparar man en avsevärd del av kontrollarbetet, då provgrupperna bli mindre än enligt Dodge-Romigs metod vid samma noggrannhet i resultatet. Minskningen, som är olika stor under olika förutsättningar men ofta uppgår till 40-50 % eller mer, är naturligtvis särskilt värdefull i sådana fall, då kontrollen förstör produkten. Å andra sidan blir kontrollarbetet besvärligare genom att man efter varje prov måste konsultera en tabell eller ett diagram. I U.S.A. har man för att underlätta kontrollarbetet konstruerat en apparat, där kontrollanten trycker på en knapp för varje godkänd kontrollerad enhet och på en annan för varje felaktig. När tillräckligt antal enheter kontrollerats, d.v.s när en av gränserna uppnåtts, anger apparaten om totalgruppen skall godkännas eller förkastas.

En mellanställning mellan denna metod och den föregående intar "double sampling". Beskrivning av sådana metoder återfinnes i nr 20 i litteraturförteckningen.

#### Kontroll av produktionsprocessen.

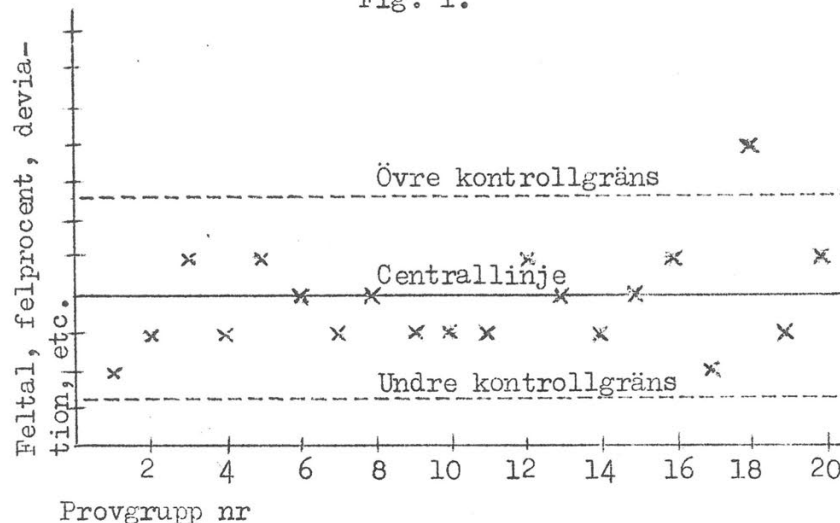
De hittills omnämnda kontrollerna ha avsett att i möjligaste mån förhindra, att andelen felaktiga enheter bland de produkter, som passerat kontrollen, är större än ett visst angivet procenttal. Det är emellertid i allmänhet dyrare att i efterhand sortera ut de felaktiga delarna än att ordna kontrollen i samband med tillverkningen på ett sådant sätt att uppkomsten av felaktiga delar försvåras. I den "Sampling Plan", som tillämpas av U.S. Army Service Forces, föreskrives t.ex. att kontrollen med avseende på s.k. "critical defects" - fel som kunna få så svåra verkningar, att de inte medvetet kunna tillåtas - skall ske i form av en noggrann övervakning av tillverkningen, för att man såvitt möjligt skall förhindra uppkomsten av fel. Man anser nämligen att en kontroll i efterhand inte är tillräckligt effektiv, för att man skall kunna lita på den. Detta gäller både för manuell kontroll och kontroll med hjälp av maskiner.

Det gäller här alltså att på ett enkelt sätt kunna avgöra, om man skall ingripa rättande eller ej i tillverkningen - fall B ovan. I detta

fall har den s.k. kontrolldiagrammetoden visat sig vara ett effektivt hjälpmedel.<sup>1)</sup> Utmärkande för denna metod är det sätt på vilket kontrollresultaten registreras och analyseras.

Kontrolldiagrammetoden har två olika varianter, som i brist på bättre namn preliminärt kunna kallas räkningsmetoden och mättningsmetoden.<sup>2)</sup> Räkningsmetoden användes när kontrollen har formen av en tolkning av arbetsstyckena, d.v.s. när den endast konstaterar om ett arbetsstyckes mått faller inom eller utom de angivna toleransgränserna. Man brukar då vanligen ange resultatet i antal felaktiga föremål inom en provgrupp eller i felprocent. Här väljes det förstnämnda sättet. Efter hand som resultaten erhållas, registreras de på ett för ändamålet särskilt konstruerat diagram - kontrolldiagrammet. Exempel på ett sådant visas i fig. 1.

Fig. 1.



Stommen i diagrammet bildas av centrallinjen och kontrollgränserna. Centrallinjen anger medeltalet felaktiga föremål i en provgrupp enligt tidigare erfarenheter och kontrollgränsernas lägen kunna uträknas med hjälp av en formel. När man arbetar med små stickprov modifieras ofta detta typiska kontrolldiagram så till vida att den undre kontrollgränsen sammansmälter med 0-linjen, och endast den övre kontrollgränsen kvarstår.

Liksom i kontrollen av färdigprodukterna kan man även här analysera hela produktionen eller - vilket är det vanligaste - endast en del av den. I båda fallen delas produkterna upp i provgrupper, och antalet felaktiga en-

- 
- 1) Se framför allt nr 12, 14, 18, 19, 21, 23 och 24 i litteraturförteckningen.
  - 2) Mekanförbundets kommitté för kvalitetskontroll kommer att taga upp nomenklaturfrågan.

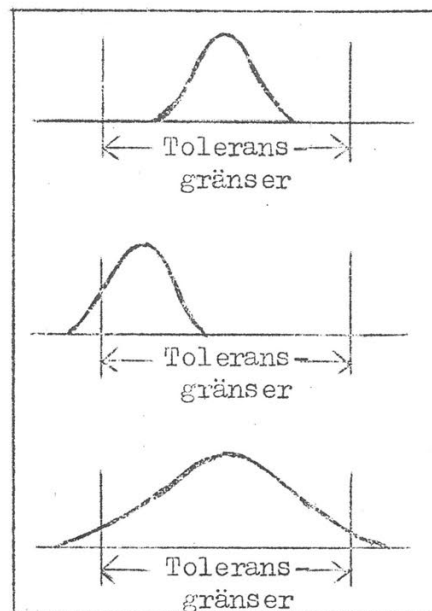
heter i varje grupp registreras med en punkt på kontrolldiagrammet. Man får på så sätt en god bild av produktionsprocessens jämnhet. Kontrollgränserna äro så placerade, att det ytterst sällan faller någon punkt utanför dem, så länge ingen förändring sker i någon del av produktionsprocessen. Om det alltså faller någon punkt utanför kontrollgränserna, kan man utgå från att en förändring skett. Faller den ovanför den övre gränsen och alltså exceptionellt många felaktiga enheter förekomma i en provgrupp, är det anledning att stoppa tillverkningen för att undersöka, vari felet ligger. Faller däremot punkten nedanför den undre kontrollgränsen, har tillverkningen utfallit bättre än man trott. Man bör då överväga, huruvida de utgångsvärden kontrollen arbetar med kunna ändras och kontrollen göras mindre omfattande eller produktens specifikation ändras.

Till skillnad från den här beskrivna räkningsmetoden, som grundar sig på räkning av antalet felaktiga föremål, förutsätter mätningemetoden en uppmätning av varje arbetsstycke. Resultaten registreras på två olika kontrolldiagram, ett för medeltal av mätningarna i varje provgrupp och ett för värdenas spridning inom gruppen. Diagrammen äro likadana som det ovan i fig. 1 visade, endast med den skillnaden, att utefter den lodräta axeln avsättas medelvärde resp. spridningen i stället för antalet felaktiga enheter. Som ett mått på spridningen kan t.ex. ofta användas variationsbredden, d.v.s. skillnaden mellan det största och det minsta värdet inom en provgrupp. Liksom vid räkningsmetoden bestämmer man centrallinjens läge med ledning av tidigare erfarenheter eller enligt ritningens mått, medan kontrollgränserna, som i allmänhet ligga symmetriskt omkring centrallinjen, placeras efter vissa beräkningar. Det är mycket värdefullt om kontrollgränserna därvid visa sig ligga innanför toleransgränserna. Man kan nämligen då upptäcka ett fel i produktionen, innan detta har hunnit förorsaka att direkt felaktiga arbetsstycken tillverkats. Om däremot kontrollgränserna ligga utanför toleransgränserna, är detta en varningssignal som anger att specifikationen inte kan hållas och att antingen den eller tillverkningsprocessen behöver förändras.

Analysen sker här på samma sätt som i räkningsmetoden. Så länge observationerna hålla sig innanför kontrollgränserna, vidtages ingen åtgärd med produktionen. Om däremot på någotdera diagrammet en punkt faller utanför kontrollgränserna, bör produktionen stoppas och orsaken utrönas. Det är dock att observera, att om en punkt faller nedanför undre kontrollgränsen i spridningsdiagrammet, är detta ett tecken på förmånligare produktionsförhållanden än man från början räknat med, varför de värden man utgick från kunna ändras.

Några av mätningens fördelar framför räkningsmetodens framgå av fig. 2, som också visar, varför det är lämpligt att använda både ett medeltals- och ett spridningsdiagram.

Fig. 2.



Figuren visar tre olika exempel på produktionsresultat. Den vågräta skalan anger måttet på arbetsstyckena och den lodräta antalet arbetsstycken. Det översta diagrammet visar idealfallet, då hela produktionen faller mellan toleransgränserna och medeltalet ligger mitt i intervallet. Punkterna i kontrolldiagrammen falla innanför kontrollgränserna, och någon åtgärd behöver inte vidtagas.

I det mellersta diagrammet är spridningen fortfarande av tillåten storlek, och punkterna falla följaktligen mellan kontrollgränserna i spridningsdiagrammet. Däremot har hela bilden förskjutit sig så att måttet på produkterna ligger i närheten av ena toleransgränsen, ibland innanför, ibland utanför. Felet består tydligen i en felaktig inställning av en maskin eller dylikt. Medeltalsdiagrammet reagerar för felet genom att några punkter falla utanför ena kontrollgränsen.

Det nedersta diagrammet slutligen visar ett fall, då t.ex. ett verktyg blivit slitet eller arbetaren är trött. Medeltalet ligger nu åter mitt emellan toleransgränserna, men spridningen har blivit för stor, så att vissa arbetsstycken falla utanför dem. I detta fall är det givetvis spridningsdiagrammet som visar, att en förändring skett i produktionsprocessen, så att man bör stoppa för undersökning.



Av det ovanstående framgår en av mätningens fördelar framför räkningsmetoden, nämligen att den säger mera om arten av det fel som uppstått. Över huvud taget är mätningens metod känsligare än räkningsmetoden. Om man eftersträvar en viss given säkerhet i resultaten, kunna därför vid partiell kontroll provgrupperna göras mindre än vid räkningsmetoden. Det är emellertid inte utan vidare klart att mätningens metod därför alltid skulle ställa sig ekonomiskt gynnsammare. Det är vanligen mera tidsödande att mäta än att räkna. Räkningsmetoden är ju för övrigt den enda metod som kan tillämpas, när det gäller icke mätbara storheter som utseende, finish o.dyl. Där den går att använda har emellertid mätningens metod, som ovan påpekats, den avgjorda fördelen, att man kan följa tendensen i variationerna och därigenom avbryta tillverkningen, innan något felaktigt arbetsstycke hunnit produceras. Härigenom blir kassationen synnerligen minimal.

För att kontrollen skall bli så effektiv som möjligt, bör den förläggas i direkt anslutning till tillverkningen. Kontrollen skall sålunda ske vid maskinen, så att de åtgärder den kan komma att utlösa kunna vidtagas så snart som möjligt. Det kan däremot diskuteras, om den personal, som utför detta slag av kontroll, skall vara underställd arbetsbefälet på tillverkningsavdelningen eller om den skall tillhöra en särskild kontrollavdelning med från tillverkningsavdelningen fristående befäl.

Av rent psykologiska skäl böra diagrammen placeras på den maskin till vilken de höra. Det har visat sig vara ett utomordentligt gott medel, när det gäller att göra personalen mera "quality-minded".

Vilka fördelar kan man då vinna, om man för att styra tillverkningens resultat med avseende på kvaliteten tillämpar kontrollmetoden? På detta kan man sammanfattningsvis svara följande:

1. Man kan genom att eliminera störningarna i produktionsprocessen minska variationerna i mått mellan de enskilda arbetsstyckena.
2. Man kan i vissa fall helt avstå från att kontrollera den färdiga produkten och i andra fall ersätta den vanliga 100-procentiga kontrollen med en partiell kontroll.

Att helt avstå från kontrollen av den färdiga produkten är möjligt i de fall, då man lyckats nedbringa variationerna i mått från arbetsstycke till arbetsstycke så mycket att alla arbetsstycken falla inom toleransgränserna med en betryggande säkerhetsmarginal.

3. Kassationerna kunna reduceras i väsentlig grad dels som en följd av att kontrollen decentraliserats, så att ingripandet i produktionen kan

ske mera direkt, dels därigenom, att man i förväg varnas för tendenser till fel. Man sparar härigenom både material och arbetstid. Som en "biprodukt" härav följer bl.a. att leveranstiderna lättare kunna hållas.

4. Man får ett bättre underlag för att bedöma noggrannheten hos en viss tillverkningsprocess, en viss maskin eller en viss arbetare. Detta är värdefullt, när man skall välja tillverkningsmetod, när man diskuterar, om de i ett visst fall givna toleranserna äro rimliga eller inte ur tillverkningspunkt, eller när man vill göra jämförelser i fråga om noggrannheten olika arbetare emellan.

#### De nya metoderna användbara även i mindre företag.

När är det tekniskt och ekonomiskt motiverat att använda sig av de statistiska kontrollmetoderna? Kunna de tillämpas på annat än utpräglad massfabrikation? Detta är frågor som man ställs inför, när man diskuterar användbarheten av de nya metoderna. Till att börja med kan det konstateras, att det inte kan ges ett svar på dessa frågor genom angivande av en minimikvantitet tillverkad produkt över vilken metoderna äro tillämpbara. Svaret blir bl.a. beroende på valet av kontrollmetod - om man för kontroll enligt fall B väljer mätningmetoden eller räkningsmetoden - och på storleken av de besparingar, som man kan göra. Är det fråga om relativt dyrbara föremål och om kassationerna äro stora, kan det vara berättigat att lägga ned förhållandevis mycket arbete på att kontrollera tillverkningen. Man måste med andra ord väga kontrollarbetet och därmed sammanhängande kostnader - både engångskostnader och kostnader, som uppstå vid den dagliga tillämpningen - mot de fördelar, som man kan uppnå.

I sin bok "Statistical Quality Control" ger Grant<sup>1)</sup> några sifferuppgifter, som kunna vara av intresse i detta sammanhang. Författaren anser, att kontrolldiagram enligt mätningmetoden kunna under vissa gynnsamma betingelser användas för att sänka kostnaderna eller förbättra kvaliteten, där den sammanlagda tillverkningen inte ens uppgår till mera än 50 föremål. Han säger i samband härmed, att det snarare är den totala produktionens storlek och inte storleken av varje enskilt tillverkningsparti, som är avgörande för lönsamheten. Författaren säger vidare, att man som regel torde få förutsätta, att antalet tillverkade föremål måste räknas i tusental.

---

1) Nr 23 i bibliografien.

Kontroll enligt räkningsmetoden kan knappast tillämpas med mindre än att tillverkningen omfattar minst 1.000 föremål, och i regel lönar den sig inte, förrän antalet tillverkade föremål kunna räknas i tiotusental. Kontroll efter Dodge-Romig skulle enligt samme författare inte lämpligen kunna praktiseras, när det gäller att tillverka mindre antal än 5.000.

Det bör i detta sammanhang kanske framhållas, att utvecklingen går mot förenklade metoder, som äro lättare att tillämpa och som ge åsyftat resultat med en mindre omfattande kontroll. Så har man exempelvis börjat att tillämpa en variant av mätningemetoden, där man för bestämmande av kontrollgränsernas lägen utgår från de stipulerade toleransgränserna. Metoderna för sequential analysis utgöra ett annat exempel på utvecklingen i samma riktning.

#### Andra användningsområden för statistisk kvalitetskontroll.

Den föregående beskrivningen har helt sysselsatt sig med tillämpningen av statistiska kvalitetskontrollmetoder för rent industriell tillverkning. Givetvis inskränker sig inte användningen av dessa statistiska principer till produktionsarbete enbart utan kan i lämplig anpassning begagnas för snart sagt varje form av mänsklig verksamhet, om den endast tillåter objektiv och kvantitativ mätning. När det gäller annat än ren tillverkning brukar man som dylikt mått kunna ta antalet begångna fel antingen per tidsenhet eller i en viss arbetsmängd, antalet prestationsenheter utförda under en viss tidsenhet, o.s.v. Vid kontorsarbete och liknande typer av indirekt produktivt arbete tjänar denna kontrollmetod förutom såsom en kontroll på arbetets kvalitet även såsom en sporre till noggrannhet och flit. Det intressanta härvidlag är sålunda, att tillämpningen av statistiska kvalitetskontrollmetoder ger gott resultat framför allt genom den psykologiska inverkan de ha. Denna sammanhänger med samtidigheten mellan kontrollen och det utförda arbetet och beror också i hög grad på det åskådliga framställningssätt, som kontrolldiagrammet utgör. På det sättet blir den statistiska kvalitetskontrollen ett medel för varje individ att ständigt jämföra resultaten av sitt löpande arbete med vad han vet, att han kan och bör prestera. Det är säkert inte fel att påstå, att genom denna anspelning på tävlingsinstinkten resultatet blir bättre och arbetet samtidigt betydligt intressantare.

Förteckning över litteratur rörande statistisk kvalitetskontroll.

A. Teoretiska grunder.

a. Svensk.

1. Cramér, H., Sannolikhetskalkylen och några av dess användningar. Stockholm 1927. (Utgången ur bokhandeln.)
2. Quensel, C.E., Lärobok i den teoretiska statistikens grunder. Lund 1944.
3. Waldelius, E., Sannolikhetslära för ingenjörer. Stockholm 1946.

b. Utländsk.

4. Freeman, H.A., Industrial Statistics. Statistical Technique Applied to Problems in Industrial Research and Quality Control. New York 1942.
5. Fry, T.C., Probability and its Engineering Uses. New York 1928.
6. Simon, L.E., Engineers' Manual of Statistical Methods. New York 1944.

B. Tillämpning.

a. Svensk.

7. Backlund, E.A., Provtagning vid tillverknings- och leveranskontroll. Teknisk tidskrift nr 19, 1943.
8. Backlund, E.A., Kvalitetskontroll vid tillverkning och anskaffning av materiel. Teknisk tidskrift nr 22, 1944.
9. Backlund, E.A., Fortlöpande kvalitetskontroll av bearbetade detaljer. Teknisk tidskrift nr 18, 1945.
10. Dreyfus, L., Kvalitetsbedömning av stora partier. Teknisk tidskrift nr 19, 1943.
11. Gladh, G., Tillverkningskontroll vid massfabrikation. Verkstäderna 41, 1945.
12. Gladh, G., Nyare metoder för kvalitetsövervakning och kvalitetskontroll. Stockholm 1947.
13. Gyllenram, K., Partiell provtagning vid Svenska Aeroplan AB. Teknisk tidskrift nr 23, 1943.
14. Linderoth, H., Statistisk kvalitetskontroll - produktionsledningens nya verktyg. Affärsekonomi nr 19, 1946.
15. Törnebohm, H., Några praktiska synpunkter på passningsproblem. Sjöfaren nr 9, 1938. Kullagertidningen nr 3, 1939.

16. Zetterlund, S., Praktiska och teoretiska synpunkter på toleransproblem. Gränsfall. S. 213-229 i Toleranser och passningar, Sveriges Mekaniska Verkstaders Förbund. Stockholm 1945.
17. Weibull, I., Partiell kontroll av stora tillverkningspartier, Teknisk tidskrift nr 22, 1944.

b. Utländsk.

18. American War Standards, Guide for Quality Control and Control Chart Method of Analysing Data. Z1.1-1941, Z1.2-1941. 1941.<sup>1)</sup>
19. American War Standards, Control Chart Method of Controlling Quality During Production. Z1.3-1942. 1942.
20. Dodge, H.F., Romig, H.G., Sampling Inspection Tables. New York 1945.<sup>1)</sup>
21. Dudding, B.P., Jennett, W.J., Quality Control Charts, British Standard 600 R. London 1942.<sup>1)</sup>
22. Dutton, H.P., Quality Control. Factory Management and Maintenance, Vol. 93, 1935, s. S93-S108, Nr. 9.<sup>1)</sup>
23. Grant, E.L., Statistical Quality Control. New York 1946.
24. Ministry of Supply, A First Guide on Quality Control for Engineers. London 1943.<sup>1)</sup>
25. Rissik, H., Statistical Methods in Engineering Practice. The Engineer (British), Vol. 170, Nov. 29, '40, pp. 341-342, Dec. 6, '40, pp. 357-359, Dec. 13, '40, pp. 372-373, Dec. 20, '40, pp. 389-390, Dec. 27, '40, pp. 404-406.
26. Rissik, H., Quality Control in Production Engineering. Aircraft Engineering (British), Vol. 15, Feb. '43, pp. 55-58, Mar. '43, pp. 85-90, Apr. '43, pp. 115-119.
27. Shewhart, W.A., Quality Control. Bell System Technical Journal, Vol. 6, Oct. 27, s. 722-735.
28. Shewhart, W.A., Economic Control of Quality of Manufactured Product. New York 1931.<sup>1)</sup>
29. Shewhart, W.A., Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control. Washington 1939.<sup>1)</sup>
30. Statistical Research Group, Columbia University, Sequential Analysis of Statistical Data: Applications. Columbia University Press 1945.<sup>1)</sup>

---

1) Fimmes på IUI.

C. Bibliografi.

31. Asea, Ludvika, Några litteraturanvisningar rörande statistiska metoder i tekniken, bl.a. för kvalitetskontroll vid provtagning. 28 maj 1946.
32. Husqvarna Vapenfabriks AB, Litteraturförteckning över kvalitetskontrolllitteratur.
33. Quality Control Reports. Bibliography on Statistical Quality Control, Nr 11, Sept. 1945, Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh, Pennsylvania.
34. Butterbaugh, Grant I., A Bibliography of Statistical Quality Control.<sup>1)</sup>

D. Tidningar och tidskrifter som ofta innehålla quality control-artiklar.

- Aircraft Engineering (Eng.)
- Aircraft Production (Eng.)
- The Engineer (Am.)
- Engineering Inspection (Eng.)
- Industrial Quality Control (Am.)<sup>1)</sup>
- Industrial Standardization (Am.)
- Journal of the American Statistical Association (innehåller även bibliografi)<sup>1)</sup>
- Mechanical Engineering (Am.)
- Metal Progress (Am.)
- Product Engineering (Am.)

---

1) Finnes på IUI.

Uppsala 1947. Almqvist & Wiksells Boktryckeri AB 479283