

Docenti video:

Fiorenzo Franceschini - Politecnico di Torino (Torino - Italy)

Claudio Zottola - TELESPAZIO - Direttore Dipartimento Qualità

Prof. Fiorenzo Franceschini

Lezione n. 1: Evoluzione nel tempo del concetto della Qualità

L'esplosione di interesse intorno alla Qualità

Note storiche sulla Qualità

Gli elementi della trasformazione della Qualità

Scuole di pensiero

Lezione n. 2: Descrizione preliminare degli strumenti per la Qualità

Scuole di pensiero

Definizione di Qualità

La Qualità da un punto di vista operativo

Lezione n. 3: La Terminologia della Qualità

Definizione di un Sistema Qualità di un'organizzazione

Strumenti del Sistema Qualità

Assicurazione della Qualità

Terminologia della Qualità

I costi della Qualità

Lezione n. 4: I costi della Qualità

I costi della Qualità

Tempi di reazione e visibilità per la Qualità

Certificazione

Lezione n. 5: Strumenti di supporto per la Qualità: parte 1

Qualità nella progettazione: Concurrent Engineering

Concurrent Engineering: organizzazione, tecniche e strumenti

Condizioni di utilizzo della Concurrent Engineering

Concurrent Engineering, tecniche: il Design For Manufacturability

Lezione n. 6: Strumenti di supporto per la Qualità: parte 2

Concurrent Engineering, tecniche: il Design For Manufacturability

Concurrent Engineering: Design For Maintainability

Rapid Prototyping

Analisi e simulazione

QFD: Introduzione

Lezione n. 7: QFD: concetti preliminari

L'importanza della corretta impostazione dei progetti

Cosa sono le QFD

QFD Planning Structure

QFD: Product Planning Matrix

Esempio applicativo

Lezione n. 8: QFD: il metodo e le applicazioni

Esempio applicativo

Altro moduli del QFD: Part Deployment Matrix, Process Planning Matrix e Process Control Matrix

Esempio riassuntivo

QFD: riepilogo

QFD: problemi organizzativi

QFD: problemi metodologici

Conclusioni

Lezione n. 9: La Tecnica FMEA

Che cos'è la FMEA

Modulo per l'elaborazione della FMEA

Definizioni

Esempio

Lezione n. 10: Qualità nei servizi: concetti preliminari

Definizione di Qualità

Definizione di entità

Servizi e prodotti: considerazioni generali

Le caratteristiche dei servizi

Il problema della quantificabilità del servizio

La misura della Qualità

Lezione n. 11: Qualità nei servizi: il modello PZB

La misura della Qualità

Modelli concettuali a confronto

Modello PZB-1

Modello PZB-2

Lezione n. 12: La tolleranza naturale di un processo

La variabilità

Problemi importanti per chi esercita il controllo qualità

Strumenti operativi del SPC

Specifiche nominali e tolleranza di prodotto

Tolleranza naturale di processo

Determinazione della tolleranza naturale: strumenti

Lezione n. 13: La composizione delle tolleranze naturali

Strumenti analitici per la determinazione della tolleranza naturale

Tolleranza dell'unità e dell'insieme

Legge di composizione delle tolleranze

Lezione n. 14: Carte di controllo: concetti preliminari

Legge di composizione delle tolleranze

Legge di composizione delle tolleranze: esempi

Carte di controllo: concetti preliminari

Lezione n. 15: Carte di controllo X - R
Carte di controllo: concetti preliminari
Carte X-R
Carte R: limiti di controllo
Carte X: limiti di controllo

Lezione n. 16: Carte di controllo X - S
Carte X: limiti di controllo
Esempio 1
Carte X-S
Esempio 2
Schema di riepilogo

Lezione n. 17: Carte di controllo per misure singole
Carte di controllo per misure singole: concetti preliminari
Carte di controllo per misure singole: limiti di controllo
Esempio A
Esempio B
Confronto tra caratteristiche di processo e limiti di specifica

Lezione n. 18: Carte di controllo tipo "p"
Carte di controllo per attributi: concetti preliminari
Definizioni
Tipi di carte di controllo per attributi
Carte di tipo "p": percentuale di difettosi
Esempio 1

Lezione n. 19: Carte di controllo tipo "np", "c", "u"
Carte di tipo "np": numero di difettosi
Esempio
Carte di tipo "c": numero di difetti per campione
Esempio A
Carte di tipo "u": numero di difetti per unità
Riepilogo carte "c" e "u"
Esempio 1

Lezione n. 20: Note di riepilogo sulle carte di controllo
Esempio 2
Esempio 3
Riepilogo sugli obiettivi delle carte di controllo
Decisioni sul campionamento
Progetto di una carta di controllo

Lezione n. 21: Indici di capacità di processo
Valutazione dei parametri di capacità di un processo
Caratterizzazione della distribuzione di un parametro
Indici di process capability: Cp (specifiche bilaterali)
Un esempio
Indici di process capability: Cpk (specifiche bilaterali)
Indici di process capability: Cpk (specifiche unilaterali)
Elementi di teoria dell'ispezione e controllo di accettazione

Lezione n. 22: Controllo di accettazione: concetti preliminari
Quando è necessario il controllo di accettazione campionario
Schema funzionale del controllo di accettazione
Controllo per attributi: definizione dei parametri caratteristici
Esempi
Quadro di riferimento per il controllo di accettazione
Posizione del fornitore e del committente
Curva operativa di un piano di campionamento

Lezione n. 23: Controllo di accettazione: piani di campionamento
Rischio del fornitore e del committente
Alcune note sulle curve operative
Pratiche diffuse prima del campionamento statistico
Note sugli andamenti delle curve operative
Progetto e uso dei piani campionari
Progetto ad hoc di un piano di campionamento semplice

Lezione n. 24: Il Sistema Qualità Italia
CEE: schema organizzativo
Sistema Qualità Italia: organizzazione
Schema delle relazioni tra enti
SINCERT
SINAL

Lezione n. 25: Norme ISO 9000: chiavi di lettura
Relazioni tra Enti Europei e Sistema Qualità Italia e prodotti certificati
Sistema Qualità in Italia
Norme per la Qualità
Attori coinvolti nelle norme
Norme ISO 9000
Principali concetti contenuti nelle ISO 9000

Prof. Claudio Zottola

Lezione n. 26: Qualità e cultura d'Impresa. La norma ISO 9001

Lezione n. 27: I requisiti della norma ISO 9001. Parte 1 (cap. 1:5)

Lezione n. 28: I requisiti della norma ISO 9001. Parte 2 (cap. 6:7)

Lezione n. 29: I requisiti della norma ISO 9001. Parte 3 (cap. 7:8)

Lezione n. 30: Customer Satisfaction. Prima parte

Lezione n. 31: Customer Satisfaction. Seconda parte

Lezione n. 32: Il Process Improvement

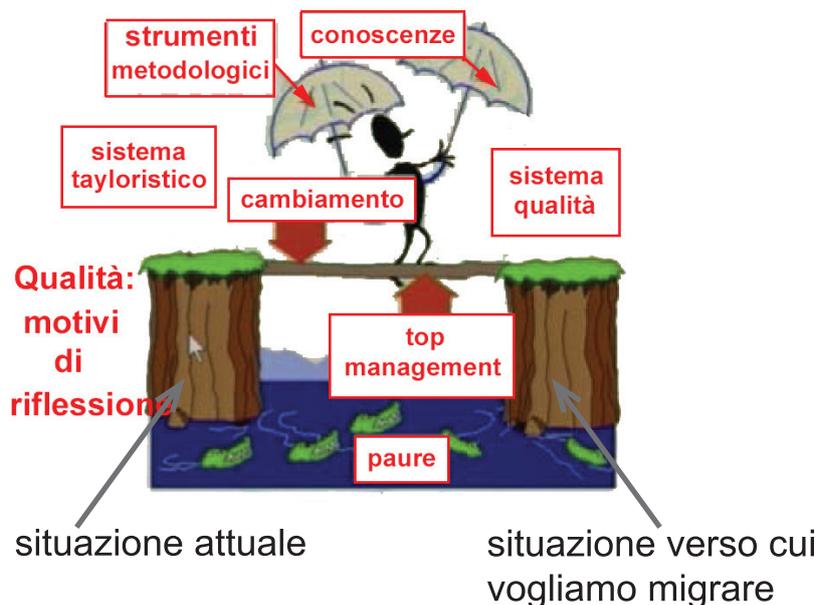
Lezione n. 33: L'evoluzione dei sistemi per la Qualità

Prof. Fiorenzo Franceschini
41'11"

- L'esplosione di interesse intorno alla Qualità
- Note storiche sulla Qualità
- Gli elementi della trasformazione della Qualità
- Scuole di pensiero

L'ESPLOSIONE DI INTERESSE INTORNO ALLA QUALITÀ

- Il successo commerciale giapponese.
- Maggiore attenzione dei consumatori verso prodotti di elevata qualità.
- Certificazione dei prodotti come fattore determinante negli scambi commerciali.
- L'assicurazione della qualità intesa come necessità di dare "evidenza" formale all'adempimento di particolari requisiti.
- Estensione del concetto di qualità a tutto il ciclo di vita del prodotto/servizio.
- Qualità intesa come motore del miglioramento aziendale.



La passerella identifica il cambiamento, ad opera dell'impresa, guidata dal top management. Per fare questo l'impresa si avvale di alcuni paracadute, ovvero strumenti metodologici e conoscenze.

Questo passaggio implica alcune paure, ad esempio quella di non riuscire, di non essere in grado di tenere il passo della concorrenza, eccetera.

Deve essere comunque sottolineato che il passaggio alla qualità è un passaggio complesso.

Evoluzione dell'orizzonte della qualità e relative metodologie - *fonte: G. Mattana*

| | | |
|----------------------------------|------|-----------------------------|
| Sistemi nazionali per la qualità | 1990 | Nazioni |
| Sistemi dinamici della qualità | 1980 | Gestione dell'azienda |
| Assicurazione di qualità | 1970 | Organizzazione dell'azienda |
| Controllo totale della qualità | 1960 | Altre funzioni |
| Affidabilità e manutenibilità | 1950 | Progetto |
| Controllo statistico di qualità | 1940 | Produzione |
| | 1930 | Collaudo finale |
| | 1920 | |

NOTE STORICHE SULLA QUALITÀ

| | |
|-----------|--|
| 1700-1900 | La Qualità è determinata dagli sforzi dei singoli artigiani. |
| 1907-1908 | AT&T introduce il controllo sistematico su prodotti e materiali. |
| 1920 | AT&T Bell Laboratories creano il primo dipartimento per la qualità. |
| 1924 | W.A. Shewhart introduce il concetto di carta di controllo nei Bell Laboratories. |
| 1928 | Sviluppo della metodologia dell'accettazione per campionamento (Dodge-Roming) ai Bell Laboratories |
| 1931 | W.A. Shewart pubblica il libro "Economic Control of Quality of Manufactured Product". |
| 1942-1946 | Intensa attività di formazione delle industrie americane nell'ambito del SPC (Statistical Process Control). |
| 1946 | Nasce America Society for Quality Control (ASQC) |
| 1946-1949 | Deming è invitato a tenere alcuni seminari in Giappone. |
| 1950 | Ishikawa introduce i diagrammi causa-effetto |
| 1950 | Appaiono i primi importanti test sul SQC/SPC (Statistical Quality Control/Statistical Process Control) ad opera di Grant e Duncan. Vengono diffusi i metodi DOE (Design of Experiment) nell'industria USA. |
| 1951 | Feigembaum pubblica il libro "Total Quality Control". |
| 1954 | J. Juran è invitato a tenere delle lezioni sui SQC/SPC in Giappone. |
| 1954 | E.S. Page e altri statistici introducono le carte CUSUM |
| 1957 | E' pubblicato il libro "Quality Control Handbook" da J. Juran e F.M. Gryna. |
| 1959 | Nasce la rivista Technometrics (J.S. Hunter è il founding editor). |
| 1959 | Nascono i programmi aerospaziali. Viene rilevata l'importanza cru- |

ziale dell'affidabilità (Reliability Engineering).

- 1960 Viene introdotto da Ishikawa il concetto di "Circolo della Qualità".
- 1960 Vengono introdotti corsi SPC/SQC a livello accademico.
- 1969 Sono pubblicate "Quality Progress" e Journal of Quality Technology (L.S. Nelson è il founding editor). Cessa le pubblicazioni la rivista "Industrial Quality Control".
- 1970 Nei UK nasce la British Quality Association (la prima in Europa).
- 1980 Viene introdotto il TQM (Total Quality Management). I metodi Taguchi appaiono per la prima volta negli USA.
- 1988 Viene introdotto il Malcolm Baldrige Nation Quality Award dal Congresso degli USA.
- 1989 Appare la rivista "Quality Engineering".
- 1990 Esplode l'interesse per le norme ISO 9000.
- 1997 ASQC diventa ASQ.

**GLI ELEMENTI DELLA
TRASFORMAZIONE DELLA QUALITÀ**
(fonte G. Mattana)

| da |  | a |
|---|---|---|
| aspetto settoriale |  | aspetto generale |
| visione specialistica |  | visione globale |
| sistema chiuso |  | sistema aperto |
| orientamento al passato <i>(controllo di ciò che si è prodotto)</i> |  | orientamento al futuro <i>(qualità nella progettazione)</i> |
| qualità come costo |  | qualità come investimento |
| ottica di produzione |  | ottica di mercato |
| approccio burocratico |  | approccio funzionale |



Evoluzione del contesto nel tempo, della qualità.

La nuova frontiera, nelle aree coinvolte (Area involved), è rappresentata dagli stakeholders, tutti quelli coloro che in qualche modo hanno un interesse per l'azienda, ad esempio gli azionisti, ma anche i dipendenti.

Negli approcci e tecniche, la nuova frontiera si sposta nel Total quality management, con alcuni strumenti.

Nell'asse dei concetti, la nuova frontiera è orientata alla soddisfazione degli stakeholders.

SCUOLE DI PENSIERO

J. JURAN

- Attenzione alle esperienze pratiche.
- Approccio pragmatico e graduale al problema.
- Concetti fondamentali:
 - . Diagnosi dei mali dell'impresa e progetto dei rimedi.
 - . Istituzionalizzazione del miglioramento.
 - . Diffusione dei risultati "monetizzati" (linguaggio del management)
 - . Pianificazione ed analisi della Qualità

A.V. FIGENBAUM

- È il padre del Total Quality Control
- La Qualità è un modo di governare l'impresa.
- L'attenzione riposta al prodotto deve essere riposta verso tutti gli aspetti della vita

□

Prof. Fiorenzo Franceschini
41'05"

- Scuole di pensiero
- Definizione di Qualità
- La Qualità da un punto di vista operativo

SCUOLE DI PENSIERO

P.B. CROSBY

- La Qualità è un investimento (libro: Quality is free) non un costo.
- La Qualità comincia con le persone non con le cose.
- Il cliente è ogni persona che riceve il nostro lavoro (chi è a valle del processo produttivo).

K. ISHIKAWA

- Prima di tutto viene la Qualità, non il profitto.
- La Qualità e il suo controllo deve essere orientata al cliente e non alla produzione (attenzione a ciò che entra sul mercato).
- Parlare con fatti e dati (uso dei metodi statistici).
- Un management che rispetta l'uomo.
- Il concetto di errore come risorsa (lo si raccoglie, lo si analizza, lo si usa per migliorare).
- Confronto continuo con la concorrenza.
- Anticipo dei controlli sempre più a monte.

DEFINIZIONE DI QUALITÀ (ISO 8402 - 1994)

- La vecchia definizione (ISO 8402 - 1986) recitava:

“Qualità è l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un **PRODOTTO** o di un **SERVIZIO**, che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite”.

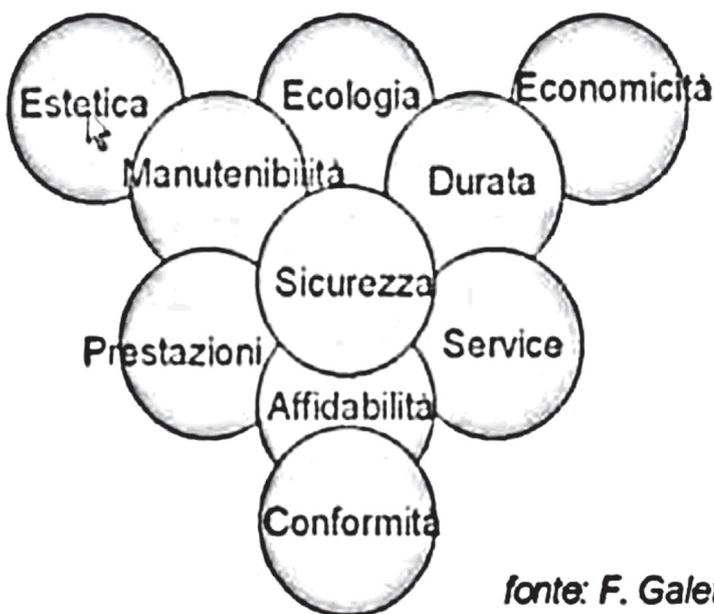
- La nuova definizione (ISO 8402 - 1994) sostituisce alle parole “prodotto o servizio”, la parola “**ENTITÀ**”.

“Entità” possono essere:

- Il risultato di attività o processi:
 - . Prodotti tangibili.
 - . Beni intangibili (servizi).
- Una attività o un processo.
- Una organizzazione.
- Una combinazione delle precedenti.

Quando la qualità era (solo) una caratteristica del prodotto la sua misurazione poteva essere un aspetto dell’applicazione della metrologia; quando la qualità diventa governo dei processi nasce (anche) il problema della qualità del processo di misurazione, cioè dell’applicazione dei metodi della qualità alla metrologia.

QUALI SONO GLI ATTRIBUTI DELLA QUALITÀ DI UN PRODOTTO?



fonte: F. Galetto

LA QUALITÀ DA UN PUNTO DI VISTA OPERATIVO

- Qualità nel progetto.
- Qualità nella produzione (Controllo Qualità)

Quali strumenti di supporto?

STRUMENTI A CAVALLO DELLE DUE ATTIVITÀ

Strumenti per
la qualità nella
progettazione

- ↻ QFD
- ↻ DFX
- ↻ CAX
- ↻ Metodi affidabilistici



Strumenti per
la qualità nella
produzione

- ↻ Metodi di controllo statistico
- ↻ Controllo a tappeto

QFD. Quality Function Deployment

DFx. Design For *something*

CAX. Computer Aided For *smthg*

I METODI DI CONTROLLO STATISTICO

Si individuano tre aree di intervento:

1. Controllo statistico di processo (Statistical Process Control - SPC)
2. Progettazione degli esperimenti (Design of Experiment - DOE)
3. Controllo di accettazione (Acceptance Sampling)

CONTROLLO STATISTICO DI PROCESSO: STRUMENTI

Es.: carte di controllo - consentono un controllo in linea dell'evoluzione del processo di produzione.

PROGETTAZIONE DEGLI ESPERIMENTI: STRUMENTI

Es.: piani fattoriali - consentono una ottimizzazione fuori linea del processo di produzione, soprattutto nelle fasi di preindustrializzazione di un nuovo prodotto/processo.

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE: STRUMENTI

Es.: piani di campionamento semplici - consentono una verifica su base statistica di un lotto di produzione (off-line, fuori linea).

Si configura in:

- controllo di accettazione di ingresso
- controllo di accettazione in uscita
- controllo di accettazione in progress

TIPOLOGIE DI CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

1. Controllo in uscita

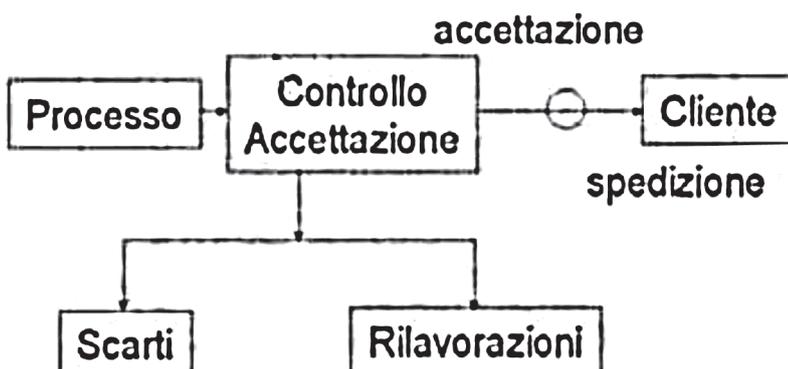


2. Controllo in ingresso (dai subfornitori)

(controllo in progress)

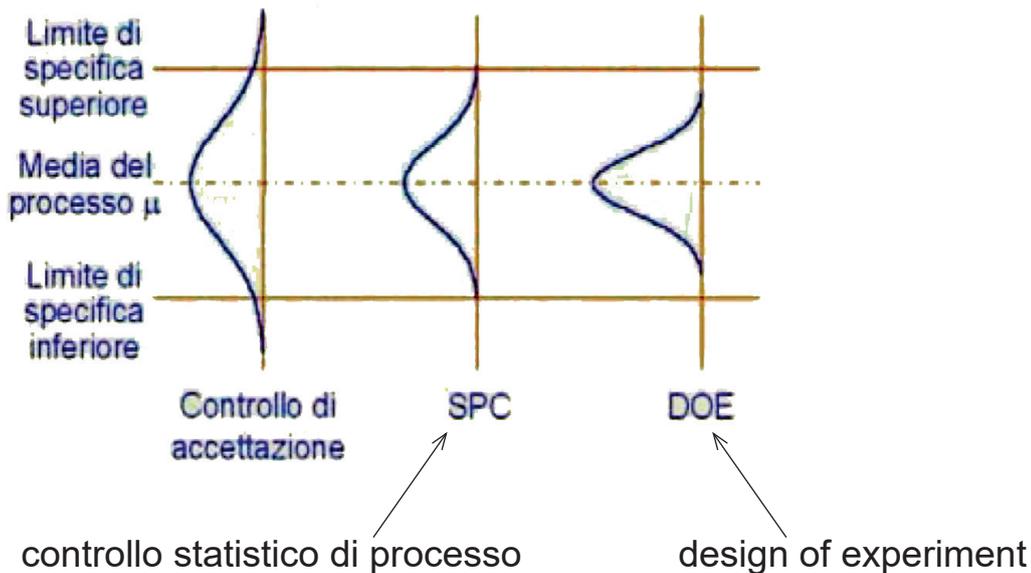


3. Controllo con rilavorazione/scarti





Effetto delle diverse tecniche di Controllo qualità sulla variabilità del prodotto
 [Montgomery, 1996]



L'utilizzo integrato di questo insieme di strumenti consente alle imprese, nel momento tipicamente produttivo, di ridurre sensibilmente la variabilità che è insita nei prodotti.



Prof. Fiorenzo Franceschini
41'52"

- Definizione di un Sistema Qualità di un'organizzazione
- Strumenti del Sistema Qualità
- Assicurazione della Qualità
- Terminologia della Qualità
- I costi della Qualità

DEFINIZIONE DI SISTEMA QUALITÀ DI UN'ORGANIZZAZIONE (ISO 8402)

L'insieme della struttura organizzativa, responsabilità, procedure, attività, risorse che garantisce che i prodotti, i processi o i servizi rispondano ai requisiti di qualità.

LA STRUTTURA DEL SISTEMA QUALITÀ

- sottosistema di governo (comprende le politiche e gli obiettivi; la pianificazione e le risorse; le procedure, il Manuale della Qualità).
- sottosistema di azione (comprende le aree di progetto, l'industrializzazione, i processi produttivi, i collaudi, i rapporti con i fornitori).
- sottosistema di controllo (comprende il sistema informativo sui prodotti, le procedure, l'audit sull'organizzazione, le azioni correttive, ...).
- sottosistema di supporto (comprende l'addestramento, la formazione, gli studi speciali, la prevenzione, i confronti con l'esterno, ...).

SPECIFICITÀ DEL SISTEMA DI QUALITÀ

- il sistema qualità opera sul lungo periodo
- risente fortemente della cultura aziendale
- storicamente è più "debole" di altre funzioni aziendali (chi opera nel settore qualità è come il *cliente che opera all'interno dell'azienda*)
- contiene forti aspetti di conoscenza, di prevenzione e correzione

STRUMENTI PER IL SISTEMA QUALITÀ

- strumenti di pianificazione e controllo periodico (sul lungo/medio/breve periodo); sui prodotti/processi, sull'organizzazione ...

- strumenti di coinvolgimento (su temi interfunzionali, a diversi livelli con varie periodicità)
- strumenti di motivazione
- strumenti per l'integrazione con altri strumenti di gestione dell'azienda (pianificazione, budget, reporting, valutazione delle prestazioni, formazione, addestramento, controllo di gestione, valutazione dei prodotti, della concorrenza e dei fornitori)

ASSICURAZIONE DELLA QUALITÀ (Quality Assurance)

È l'insieme delle azioni, sistematiche e pianificate, necessarie a dare adeguata fiducia che prodotti, processi o servizi soddisferanno i requisiti di Qualità fissati.

Un contratto in Quality Assurance può essere impostato come:

- negoziazione (esigenza di un manuale come prerequisito, aggiunta di ulteriori requisiti e/o una verifica a fronte del manuale)
- abilitazione a produrre (verifica e valutazione qualità del processo produttivo)
- requisiti sul prodotto e certificazione lotti (collaudi e controlli statistici, autorizzazione alla spedizione lotti, verifiche periodiche, esame dati ...)

TERMINOLOGIA

NON CONFORMITÀ Non soddisfacimento di un requisito specificato

Nota: la definizione comprende lo scostamento o l'assenza, rispetto ai requisiti specificati, di una o più caratteristiche relative alla qualità (ivi incluse le caratteristiche di fidatezza) o di elementi del sistema qualità

DIFETTO Non soddisfacimento di un requisito o di una ragionevole aspettativa in relazione ad una utilizzazione prevista, incluso quanto connesso alla sicurezza

GESTIONE PER LA QUALITÀ L'insieme delle attività di gestione aziendale che determinano la politica per la qualità, gli obiettivi e le responsabilità e li traducono in pratica, nell'ambito del sistema qualità, con mezzi quali la pianificazione della qualità, il controllo della qualità, l'assicurazione della qualità e il miglioramento della qualità

POLITICA PER LA QUALITÀ Obiettivi ed indirizzi generali di un'organizzazione relativi alla qualità, espressi in modo formale dall'alta direzione

CONTROLLO DELLA QUALITÀ Le tecniche e le attività a carattere operativo messe in atto per soddisfare i requisiti per la qualità

AUDIT DELLA QUALITÀ Esame sistematico ed indipendente mirato a stabilire se le attività svolte per la qualità ed i risultati ottenuti sono in accordo con quanto stabilito, e se quanto stabilito viene attuato efficacemente e risulta idoneo al conseguimento degli obiettivi. *Audit significa verifica.*

I COSTI DELLA QUALITÀ NELLA PRODUZIONE

Si definiscono costi per la qualità i costi associati all'identificazione, all'eliminazione ed alla riparazione dei prodotti che non incontrano le specifiche.

Ragioni per rendere espliciti i costi della qualità:

aumento dei costi dovuti alla crescita della complessità dei prodotti realizzati.

- maggiore coscienza sui costi del ciclo di vita di un prodotto (inclusi manutenzione, parti di ricambio/scarto, costi dei guasti in campo, immagine, riciclo del prodotto).
- tradurre i costi della qualità nel linguaggio comunemente usato nelle aziende: il denaro. Ovvero monetizzare.

CLASSIFICAZIONE DEI COSTI PER LA QUALITÀ

Si distinguono 4 categorie di costi:

- Costi di Prevenzione
- Costi di Controllo
- Costi per "guasti" interni
- Costi per "guasti" esterni

COSTI DI PREVENZIONE

Sono i costi associati alle attività di progetto e di produzione diretti alla prevenzione delle non conformità (make it right the first time).

- ingegnerizzazione e pianificazione della qualità (piani della Qualità, piani di af-

- fidabilità, sistemi di raccolta dati)
- costi di sperimentazione sulla qualità su nuovi prodotti
 - controllo di processo
 - “burn-in” (operazioni di prevenzione sulle mortalità infantili dei pezzi)
 - formazione degli addetti
 - analisi ed interpretazione dati; redazione di rapporti per il top management

COSTI DI CONTROLLO

Sono i costi associati alle misure, controlli, collaudi, audit, ecc ... per assicurare la conformità agli standard imposti

- controllo di accettazione dei materiali in ingresso ed in uscita
- prove e collaudi lungo il ciclo di fabbricazione
- materiali e servizi consumati durante le prove distruttive
- taratura della strumentazione

COSTI PER “GUASTI” INTERNI

Sono i costi associati ai prodotti che non rientrano nei valori di specifica che sono identificati prima di spedirli al cliente (guasti interni)

- scarti
- rilavorazioni
- verifiche (retest)
- analisi dei guasti
- fermo macchina / fermo linea di produzione
- mancata produzione

COSTI PER “GUASTI” ESTERNI

Sono i costi associati ai prodotti che non rientrano nei valori di specifica che sono identificati dopo la spedizione al cliente (guasti esterni)

- gestione reclami
- gestione e ricezione materiali / prodotti restituiti all'azienda
- gestione prodotti in garanzia
- responsabilità legale del prodotto
- costi indiretti (costi di immagine, costi per mancati acquisti da clienti persi, costi di perdita di mercato, ...)

□

Prof. Fiorenzo Franceschini
41'12"

- I costi della Qualità
- Tempi di reazione e visibilità per la Qualità
- Certificazione

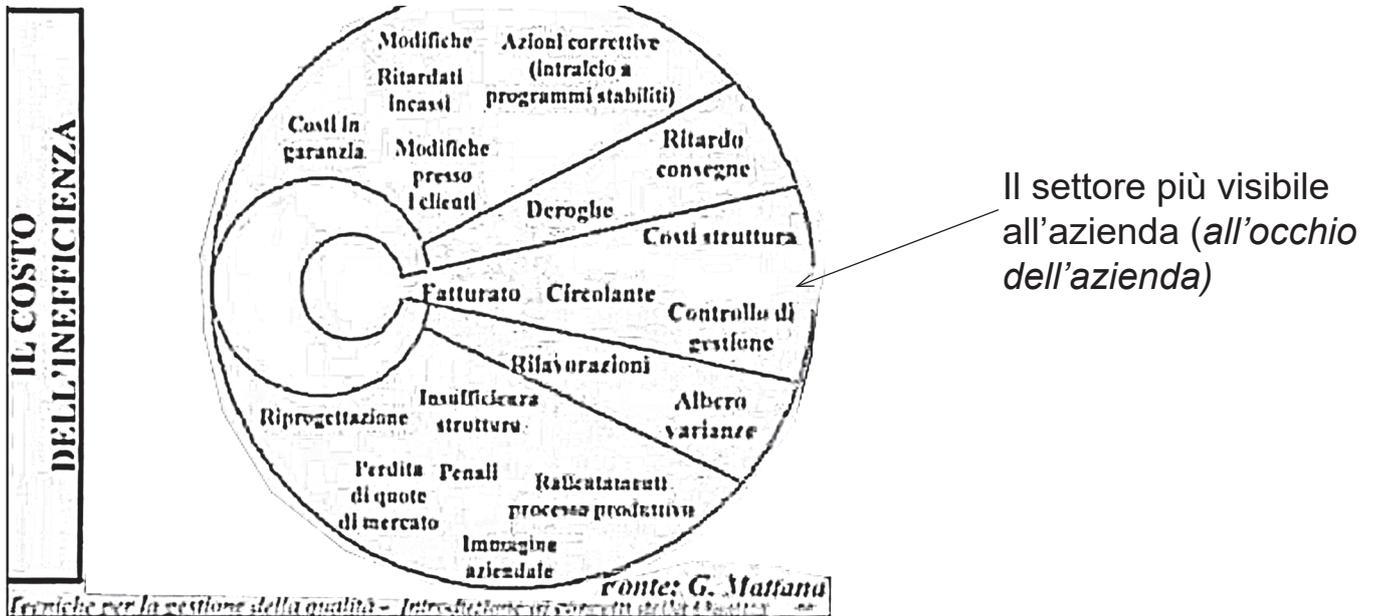
COSTI PER “GUASTI” ESTERNI

Sono i costi associati ai prodotti che non rientrano nei valori di specifica che sono identificati dopo la spedizione al cliente (guasti esterni)

- gestione reclami
- gestione e ricezione materiali / prodotti restituiti all'azienda
- gestione prodotti in garanzia
- responsabilità legale del prodotto (applicabile nel momento in cui il prodotto può arrecare danno all'utente del prodotto)
- costi indiretti (costi di immagine, costi per mancati acquisti da clienti persi, costi di perdita di mercato, ...)

ANCORA SUI COSTI

- La percentuale stimata, mediata su più segmenti merceologici, dei costi della qualità, si aggira intorno al 5% delle vendite (con punte fino al 50%)
- L'analisi dei costi per la qualità ha come obiettivo primario la loro riduzione identificando le “zone” di potenziale miglioramento
- A differenza di molti costi aziendali, valutati mediante ottimi programmi di controllo di gestione, molti costi per la qualità sono di difficile stima (anche perché, in certi casi, sono legati al concetto del rischio)
- I costi per la qualità e la sicurezza (parente stretto della qualità; la sicurezza si muove per mezzo di leggi che devono essere ottemperate e norme obbligatorie. Al contrario della qualità che si basa su norme volontarie: una impresa può decidere o meno di accendere e vivere un sistema qualità al proprio interno) hanno delle ricadute importanti per quella che è definita la responsabilità legale del prodotto



(L'azienda vista come un occhio)

COSTI IN PIENA VISIONE:

Fatturato, Circolante, Costi struttura, Controllo di gestione.

COSTI IN BASSA VISIONE:

Deroghe, Ritardo consegne; Ristrutturazioni, Albero delle variazioni.

COSTI IN BASSISSIMA VISIONE (COSTI NASCOSTI):

Costi in garanzia, Modifiche, Ritardi Incassi, Modifiche presso clienti, Azioni correttive (intralcio a programmi stabiliti); Riprogettazione, Insufficienza della struttura, Perdita di quote di mercato, Penali, Rallentamenti processo produttivo, Immagine aziendale.

TEMPI DI REAZIONE E VISIBILITÀ PER LA QUALITÀ

È importante analizzare come reagisce l'impresa, organizzata attraverso un sistema qualità, ai vari livelli.

CERTIFICAZIONE

Certificazione di Conformità Viene definita come l'azione di attestazione, per mezzo di un certificato di conformità, che un prodotto o un servizio (*una identità*) è conforme a norme particolari o a specifiche tecniche (ISO-IEC 1981)

CERTIFICAZIONE DEI PRODOTTI: LE FASI CERTIFICABILI

Nel ciclo di vita dei prodotti si possono certificare:

- il progetto
- il processo produttivo
- il prodotto
- la vita operativa
- tutte o parti delle precedenti

FORME DI CERTIFICAZIONE

- autocertificazione
- sistema di certificazione da parte di un Ente terzo

CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI PER CERTIFICAZIONE DI UN ENTE TERZO

“Ogni sistema di certificazione deve essere obiettivo, sicuro ed accettabile per tutte le controparti, che si attendono che il sistema dato sia efficace ed imparziale”

CNUCED - GATT

ISO (1980) classifica i principali sistemi di certificazione nel modo che segue:

1. Prova di tipo
2. Prova di tipo seguita da controllo effettuato con prove di verifica su campioni acquistati sul mercato
3. Prova di tipo seguita da controllo effettuato con prove di verifica su campioni presi in fabbrica
4. Prova di tipo seguita da controllo effettuato con prove di verifica su campioni presi sia in fabbrica che sul mercato
5. Prova di tipo, valutazione del controllo di qualità della fabbricazione e sua accettazione, seguiti da un controllo che tiene conto sia della verifica del controllo di qualità effettuato in fabbrica che delle prove su campioni provenienti dalla fabbrica e dal mercato
6. Valutazione del controllo di qualità eseguito in fabbrica e sua sola accettazione
7. Prove su lotti, a campionamento
- 8 Prove al 100%

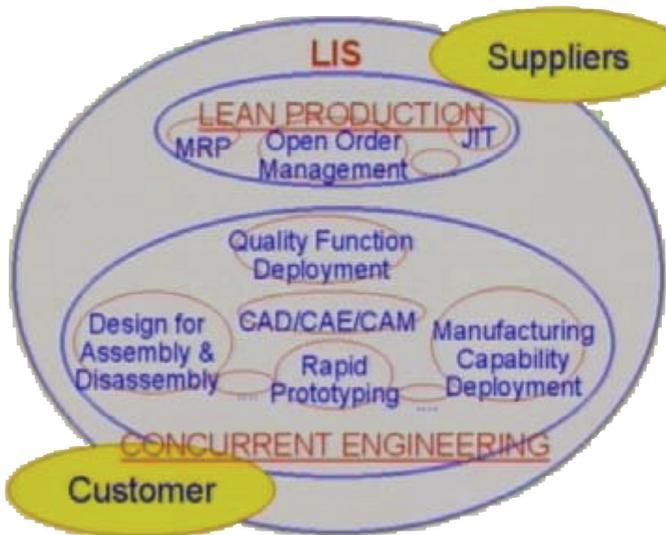
□

Prof. Fiorenzo Franceschini
42'23"

- Qualità nella progettazione: Concurrent Engineering
- Concurrent Engineering: organizzazione, tecniche e strumenti
- Condizioni di utilizzo della Concurrent Engineering
- Concurrent Engineering, tecniche: il Design For Manufacturability

QUALITÀ NELLA PROGETTAZIONE: CONCURRENT ENGINEERING

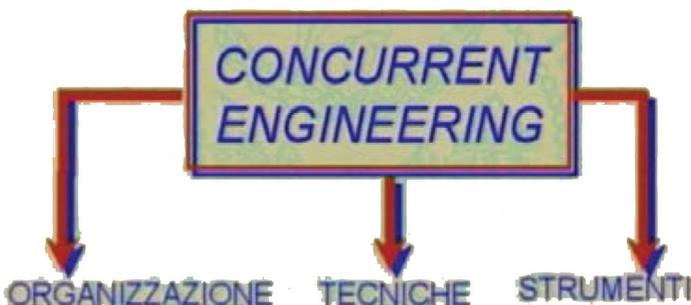
È un nuovo modo di intendere impresa (Lean Integrated System, LIS). L'azienda viene letta non attraverso le funzioni aziendali ma attraverso gli strumenti caratteristici delle singole attività sviluppate all'interno dell'impresa.



Sono evidenti due gruppi, sotto unità: Lean Production e Concurrent Engineering, ognuno con i suoi alcuni strumenti tipici (MRP, Material Equipment Replacement, JIT, Just in Time, Open Order Management).

Lean production sta per produzione snella.

Si noti come l'azienda apra le porte a due nuove entità, suppliers e customers, fornitori e clienti, estendendo, di fatto, il suo raggio di azione.



A lato le aree toccate dalla concurrent engineering. Di seguito una loro spiegazione.

ORGANIZZAZIONE

- Formazione di team interfunzionali di progettazione
- Localizzazione fisica delle funzioni
- Decentralizzazione delle capacità decisionali
- Coinvolgimento dei fornitori

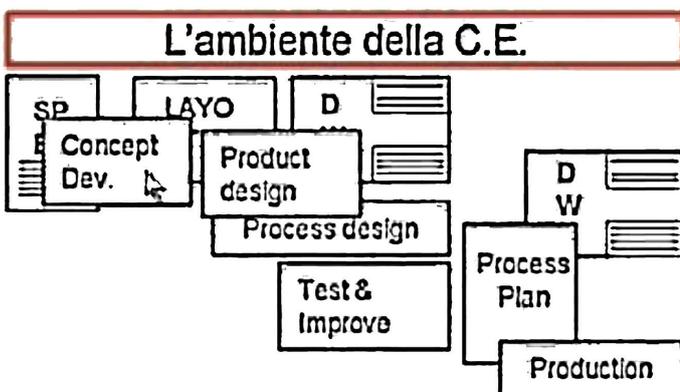
TECNICHE

- Quality Function Deployment (che sarà ampiamente trattato)
- Design for operation
- Design for manufacturing
- Design for assembly
- Design for logistic
- Design for life cycle
- Reliability, di affidabilità
- Maintainability
- Design to cost / life cycle cost
- Design for Quality
- Project Management

STRUMENTI

- CAD
- CAM
- CAE
- CAPP
- Modellazione simultanea
- Modelli di analisi
- Group technology (tesa a ridurre il numero di parti che compongono il prodotto in esame)

L'AMBIENTE DELLA CONCURRENT ENGINEERING



Questo nuovo modo di concepire l'impresa non prevede una sequenzialità procedurale ma, come si nota a fianco, siamo in presenza di attività rese parallele, operazione di non facile realizzabilità.

- Accorciare il ciclo di sviluppo (accorciare il *time to market*)
- Maggiore supportabilità/producibilità del prodotto
- Ridurre i costi

TERMINOLOGIA CORRELATA

- Simultaneous engineering
- Sviluppo integrato di prodotto
- Progettazione integrata prodotto/processo
- Time to market
- Design for manufacturability
- Producibility engineering
- Value engineering / value analysis

CONDIZIONI PER L'UTILIZZO DELLA CONCURRENT ENGINEERING

- Capire il cliente
- Formazione di un gruppo di lavoro
- Integrare il prima possibile il progetto del processo
- Immediato coinvolgimento dei fornitori
- Utilizzo di strumenti di supporto informatici
- Integrazione di strumenti CAD, CAE e CAM
- Simulazione integrata prodotto / processo
- Utilizzo di strumenti della qualità e dell'affidabilità
- Miglioramento continuo del processo di progettazione

Vediamo alcune delle tecniche introdotte dalla Concurrent Engineering

DFM (Design for Manufacturability / *Assembly*) - I PRINCIPI

- Semplificare, ridurre il numero dei componenti
- Standardizzare le parti esistenti
- Progetto per la "semplificazione" del prodotto
- Facilitare il progetto delle interconnessioni con altri componenti
- Ridurre i tempi di sviluppo del manufatto

MINIMIZZAZIONE DELLE PARTI E DEL PROCESSO

Per ogni parte aggiuntiva:

- Aumento delle modifiche e dei difetti nell'assemblaggio
Se la probabilità media di avere un pezzo buono e correttamente assemblato è 0.999 allora l'assemblaggio di 400 parti indipendenti determina una probabilità

di $0.999^{400} = 0.67$ di avere un buon assemblaggio (67%, non è molto positivo)

- Aumento degli sforzi per la fabbricazione e l'assemblaggio
- Aumento dei costi / riduzione dei cambiamenti nel sistema di montaggio

COSTO DI UNA NUOVA PARTE

Non ricorrenti

- Progetto/specifiche
- Analisi & test
- Gestione documenti
- Process planning

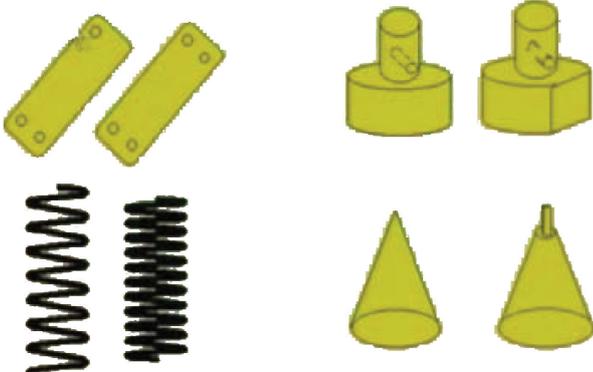
Ricorrenti

- Acquisti materiali
- Gestione materiali e produzione
- Set-up (settaggio dei macchinari)
- Ispezione e test
- Stoccaggio

LINEE GUIDA DEL DFM - Riduzione del numero di parti

- Valutare se:
 - . la parte può essere eliminata
 - . può essere combinata con altre parti
 - . la funzione della parte può essere svolta in un altro modo
- Chiedersi:
 - . la parte interagisce con altre
 - . può essere fatta con un altro materiale
 - . la sua forma è la più opportuna anche per il montaggio

PROGETTO PER L'ORIENTAMENTO E LA MOVIMENTAZIONE DEL PEZZO



Alcuni esempi migliorativi applicando il DFM, Design for Manufacturability.

□

Prof. Fiorenzo Franceschini
41'14"

- Concurrent Engineering, tecniche: il Design For Manufacturability
- Concurrent Engineering: Design For Maintainability
- Rapid Prototyping
- Analisi e simulazione
- QFD: Introduzione

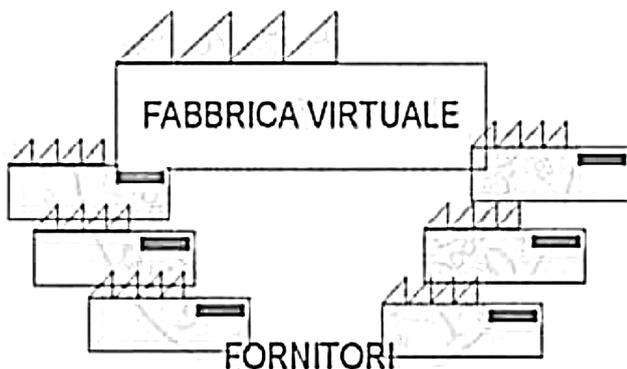
Design For Manufacturability - Misura delle prestazioni

- Conteggio del numero dei pezzi
- Numero dei fornitori
- Costi di produzione
- Tempi di fabbricazione ed assemblaggio
- % di componenti autoinseribili
- Numero di operazioni per la produzione
- Difettosità delle parti
- Capability index, Indice di Capacità di Processo

Lo strumento Design For Manufacturability risulta importante in quanto costituisce un elemento di supporto per il progettista, che ha a disposizione la possibilità di ricordare tutti gli elementi importanti della progettazione.

COINVOLGIMENTO DEI FORNITORI

Una percentuale variabile tra il 40 e l'80% del costo del prodotto è acquistato da fornitori esterni



La Concurrent Engineering porta l'azienda a considerare i Fornitori in un modo diverso.

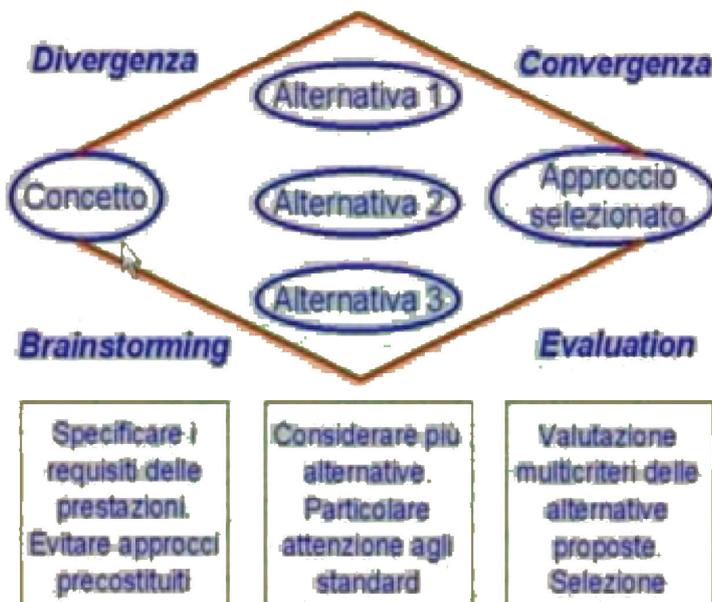
Analizzando quanto incide il costo del prodotto in riferimento ai fornitore esterni è come se l'azienda fosse una fabbrica virtuale, di assemblaggio.

RELAZIONI CON I FORNITORI: prima e dopo

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Selezione dei fornitori sulla base del costo più basso • Massimizzazione dei ritorni a breve termine • Assenza di comunicazione e cooperazione con i fornitori | | <ul style="list-style-type: none"> • Valutazione delle prestazioni globali dei fornitori • Miglioramento delle comunicazioni e delle modalità di supporto • Comakership • Massimizzazione dei ritorni a medio/lungo termine |
|--|--|---|

DESIGN FOR MAINTAINABILITY. Introdotto come strumento post-vendita

- Manutenibilità al più presto - Coinvolgimento del servizio di assistenza cliente
- Considerare i ritorni dal campo
- Definire le strategie e gli obiettivi fin dall'inizio
- Sviluppare e utilizzare procedure per la manutenibilità
- Modelli di manutenibilità e simulazione



A lato il passaggio dalla fase iniziale del progetto (concetto), con una divergenza causata da diverse alternative risolutive, alla fase finale di convergenza.

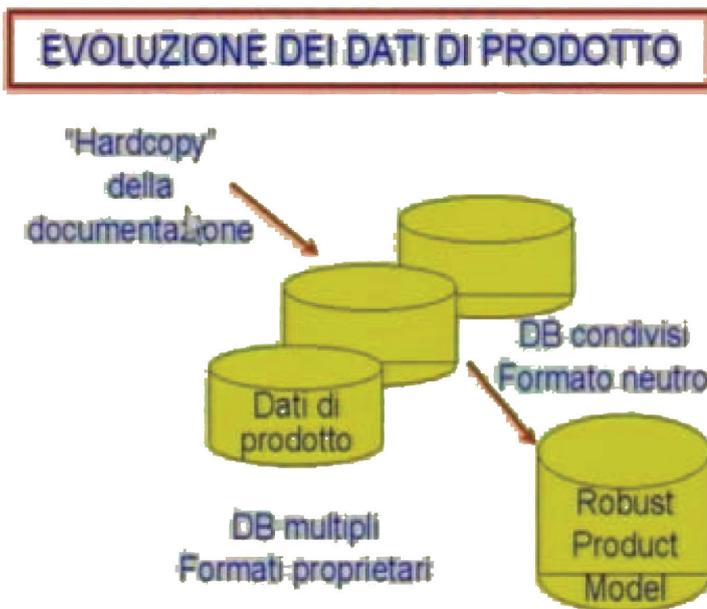
Fanno la comparsa delle tecniche progettuali, come il brainstorming (tecnica che consente di mettere a fattor comune le idee propinate da diverse figure nello staff di progettazione che, insieme, da vita a una

serie di alternative con le quali il progetto e dunque il prodotto può essere realizzato).

C'è poi un secondo momento sviluppato, che è quello che va a prendere in considerazione le singole alternative. Quali sono gli strumenti che permettono di valutare più alternative di progetto? La Concurrent Engineering ne presenta un certo numero.

Per ultimo si presenta il problema della selezione, affrontato tramite opportuni strumenti decisionali, molto validi per i progettisti.

EVOLUZIONE DEI DATI DI PRODOTTO



L'evoluzione dei dati di prodotto ha avuto una notevole evoluzione, in concomitanza con quella dell'informatica.

Siamo passati da una fotocopia pura e semplice dei documenti cartacei ai database di vario genere, proprietari prima, di formato neutro poi.

Con questo tipo di atteggiamento siamo approdati a quello che viene definito il "Robust Project Model".

GESTIONE DEI DATI DI INGEGNERIZZAZIONE

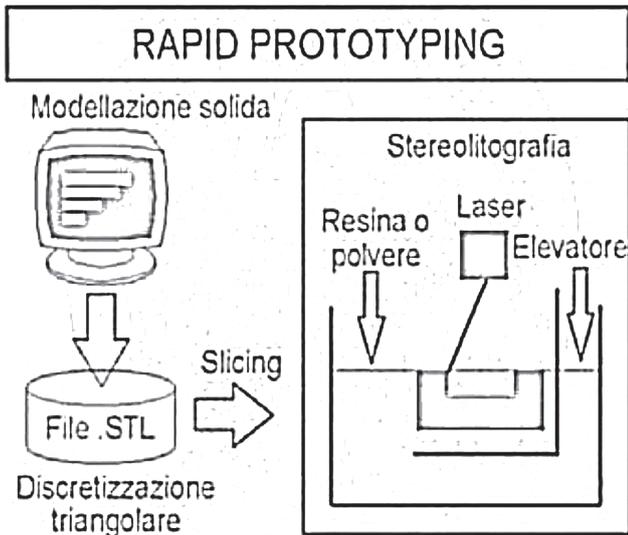
Il prodotto è modellizzato digitalmente in un database, che rappresenta il cuore del progetto.



Intorno al database sono riportati tutti gli elementi importanti che consentono la gestione integrata (grande chiave di svolta del nuovo modo di progettare) che permette l'esistenza di un unico modo di formalizzare l'informazione nell'ambito della progettazione.

Questo è uno dei fatti più importanti che la Concurrent Engineering è stata in grado di stimolare ai fini della realizzazione di prodotti e di progetti complessi.

RAPID PROTOTYPING



È un'altra tecnica che ha permesso un notevole ridimensionamento dei tempi di sviluppo di un prodotto.

A differenza di prima, oggi è facile realizzare dei prototipi in tempi relativamente veloci, con un calcolatore e un programma modellazione solida, 3D.

In tempi recentissimi è stata introdotta la stampa 3D.

ANALISI E SIMULAZIONE - PROGETTO DEL PRODOTTO

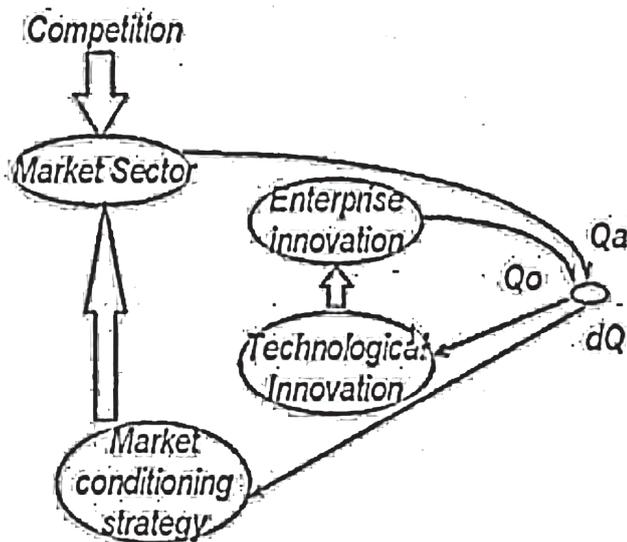
- Analisi FEM (Metodi agli Elementi Finiti)
- Analisi di sollecitazione termica
- Analisi dei circuiti
- Analisi delle interfacce
- Studio della cinematica

ANALISI E SIMULAZIONE - PROGETTO DEL PROCESSO

- Layout delle celle di lavorazione
- Bilanciamento delle linee di produzione (per evitare ad es. colli di bottiglia)
- Simulazione del funzionamento delle celle di lavorazione

QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT - QFD

È uno strumento utilizzato nella fase di concettualizzazione del progetto di un prodotto. Questo strumento ha elementi innovativi; esso ha molto successo nelle imprese di alto profilo.



Nello schema abbiamo, in alto, la concorrenza che interagisce su un mercato che è il punto in cui si incontrano coloro che presentano un certo prodotto. Dal mercato prendono forma quelle che sono le esigenze del cliente ed esse si manifestano in una grandezza espressa come Q_a , la Qualità attesa, rappresentabile come un vettore di prestazioni che caratterizzano la qualità. La Qualità attesa si scontra con quella che è la Qualità offerta, Q_o . Le due grandezze non coincidono, normalmente, e

questa differenza genera un differenziale che va a scatenare due tipi di reazioni. La prima è all'interno dell'impresa: l'impresa osserva un differenziale e stimola una innovazione tecnologica e una innovazione organizzativa. Le innovazioni, di solito, non sono radicali, ma sono incrementali.

L'impresa reagisce in un ulteriore modo attivando un altro canale, detto canale comunicativo persuasivo, in sostanza il canale pubblicitario che, nello schema, è riportato come strategia di condizionamento del mercato. Questo canale è esterno rispetto all'azienda.

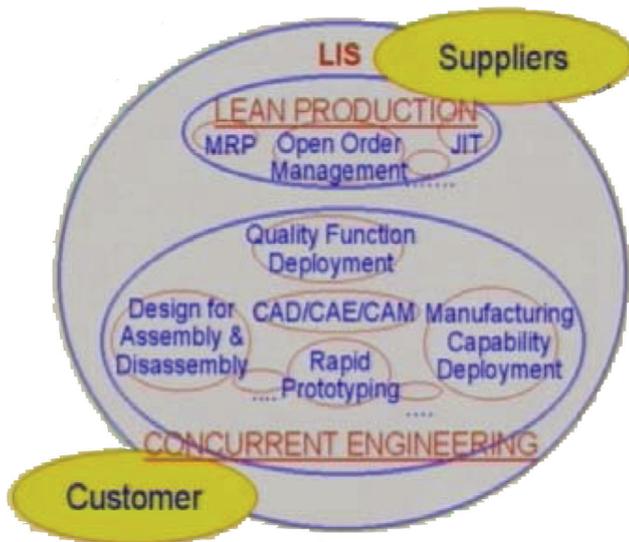
Ci si può porre una domanda relativa a quale sia la leva migliore da applicare, quella della innovazione oppure quella del canale pubblicitario. Questo dipende dal tipo di settore merceologico nel quale si opera, inoltre un atteggiamento intrapreso può non essere univoco nel tempo, per cui si potrebbe rendere necessario spingere prima in una direzione e poi nell'altra, se non su tutte e due contemporaneamente.

Analizzando le attese sul mercato si può dire che esse variano nel tempo, in funzione della sollecitazione sul mercato ad opera della concorrenza.

Questo porta in modo evidente a dimostrare che la Qualità non è una grandezza statica ma è una grandezza dinamica.

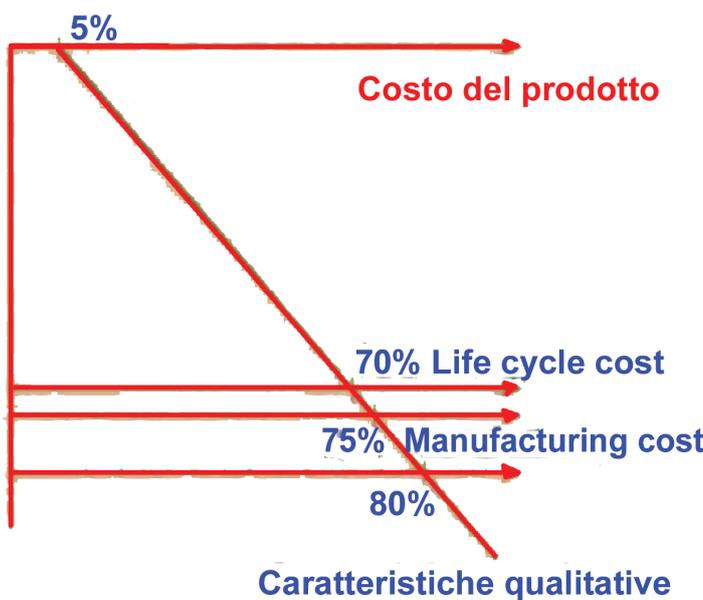
Il mercato cambia le sue attese nel tempo e così facendo nasce un asservimento fra l'offerta dell'azienda e le attese del mercato.

In questa ottica si evidenzia il miglioramento continuo inteso come inseguimento della Qualità attesa nel tempo, che dovrebbe essere l'atteggiamento da intraprendere da parte di una azienda.



A lato lo schema che riguarda i confini e gli strumenti che l'azienda utilizza per confezionare i propri interventi nei confronti del mercato.

Da tale schema si nota come non esistano più i confini che caratterizzano l'azienda in senso geografico. Compaiono nuovi attori, i sub-fornitori (suppliers) e i clienti (customers) che entrano a far parte del sistema progettuale dell'impresa; il QFD è uno strumento in grado di portare sul tavolo della progettazione il cliente e questo è l'elemento più innovativo di tale strumento.



Per approfondire più in dettaglio e per spiegare anche perché stiamo dedicando tutta questa attenzione alla qualità nella progettazione, osserviamo ora che implicazioni ha il costo della progettazione sul costo del prodotto.

Normalmente il costo di progetto per la realizzazione di un prodotto è stimabile indicativamente intorno al 5%. Se il 5% è il costo del progetto, le ripercussioni che il progetto ha sul costo della vita del prodotto è pari al 70%. Questo vuol dire che se

facciamo un cattivo progetto le ripercussioni si riversano sul ciclo di vita per il 70%. È quindi drammatico progettare male un prodotto.

Le ripercussioni del costo di manifattura sono pari al 75%.

Il messaggio importante da cogliere è che il costo del progetto non è elevatissimo rispetto al costo del prodotto, ma le ripercussioni che si hanno per un cattivo progetto sono molto grandi e questo ha comportato una grande attenzione nella qualità della progettazione.

La Qualità non nasce e non si genera controllando con il collaudo un certo prodotto, essa prende forma fin dalle fasi preliminari di vita di un nuovo prodotto, quindi le fasi di progettazione e le fasi di concettualizzazione del

prodotto stesso.

Ecco perché stiamo parlando di Quality Function Deployment, QFD.

ATTIVITÀ DI PROGETTO

Vediamo più da vicino che relazione esiste tra gli strumenti per la qualità e gli strumenti che vengono messe a supporto della qualità.

Analizziamo dunque le cosiddette attività progettuali in uno schema; si nota nella parte sinistra dello schema le attività progettuali e nella parte destra gli strumenti utilizzati per fare un controllo e una gestione della qualità nella progettazione.

Le attività che normalmente caratterizzano un certo progetto sono:

- analisi dei bisogni del mercato e definizione dei requisiti del prodotto
- analisi funzionale (cosa deve fare il prodotto)
- individuazione delle attività progettuali interne ed esterne
- progetto preliminare (di fattibilità)
- scelta della soluzione e ottimizzazione dei parametri di progetto
- analisi di applicabilità
- riesame del progetto
- progettazione di dettaglio
- ingegnerizzazione (passaggio da un prototipo a qualcosa di industrialmente accettabile)
- qualifica di progetto
- gestione modifiche e aggiornamento del progetto

L'azienda vive due momenti contemporanei: uno prettamente tecnologico e uno economico/organizzativo.

Focalizziamo in questo contesto l'attenzione sugli strumenti messi a disposizione per la progettazione e le attività sopra menzionate.

Gli strumenti sono St.M (studi di mercato), FAST (Functional Analysis System Technique), CAx, DFx, RF (Rapid Prototyping), SED (Statistical Experimental Design), DR, FMEA.

Nello schema i punti in neretto rappresentano una relazione forte tra l'attività progettuale e lo strumento relativo a disposizione per innestare le caratteristiche della qualità del prodotto stesso.

Altri strumenti di supporto, ancillari, vengono rappresentati con un quadra-

tino.

È importante mettere insieme in uno schema tabellare le attività di progetto per la qualità degli strumenti utilizzati per portare la qualità nella progettazione perché può essere uno strumento di orientamento per il progettista.

Inoltre lo schema evidenzia attività progettuali che non hanno strumenti di supporto.

Ad esempio per l'individuazione di attività progettuali interne ed esterne non compare nessuno strumento di supporto disponibile, la riga è vuota.

| | SLM | FAST | CAE | DFE | RP | SED | DR | FMEA | F |
|---|-----|------|-----|-----|----|-----|----|------|---|
| • analisi dei bisogni del mercato e definizione dei requisiti del prodotto | ● | | | | | | | | |
| • analisi funzionale (cosa deve fare il prodotto) • individuazione delle attività progettuali interne ed esterne | | ● | | | | | | | |
| • progetto preliminare (di fattibilità) • scelta della soluzione e ottimizzazione dei parametri di progetto | | | ● | □ | □ | | | | |
| • analisi di applicabilità | | | □ | ● | | □ | | □ | |
| • riesame del progetto | | | | | | | ● | □ | |
| • progettazione di dettaglio • ingegnerizzazione (passaggio da un prototipo a qualcosa di industrialmente accettabile) | | | ● | □ | | | | | |
| • qualifica di progetto | | | | ● | □ | □ | | | |
| • gestione modifiche e aggiornamento del progetto | | | | | | | | | |

□

Lezione n. 7

QFD - QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT: CONCETTI PRELIMINARI

Prof. Fiorenzo Franceschini
41'20"

- L'importanza della corretta impostazione dei progetti
- Cosa sono le QFD
- QFD Planning Structure
- QFD: Product Planning Matrix
- Esempio applicativo (*una matita*)

Vi è, al pari della tabella vista nella scorsa lezione, una tabella analoga che, per ogni attività di progetto, propone uno strumento in ambito economico/organizzativo.

In questa tabella, si può notare come il QFD rientri in due attività, una in modo forte (analisi dei bisogni del mercato e definizione dei requisiti del prodotto), una in modo ancillare (analisi funzionale). Analizziamo il primo caso.

L'IMPORTANZA DELLA CORRETTA IMPOSTAZIONE DEI PROGETTI

- Evitare sperpero di risorse umane e materiali (particolarmente evidenti nelle fasi preliminari di un progetto)
- Il progetto rappresenta un momento di verifica delle strutture e del modo di operare di un'azienda. Quando le strutture rispondono nella maniera corretta allora l'azienda lavora bene dal punto di vista della qualità. Impostare il progetto in modo corretto dà la possibilità di operare questa verifica
- La Qualità di un prodotto / servizio, comunque complesso, è influenzata da tutte le fasi operative dal suo concepimento alla sua realizzazione

La qualità è un qualcosa che prende forma in tutti i momenti che danno vita al progetto e al prodotto stesso. Questo è il punto da cui le QFD traggono origine.

L'IMPOSTAZIONE DEI PROGETTI: IERI

- Libera iniziativa del Project Leader
- Tempi, modi e criteri di sviluppo assolutamente non codificati
- Impostazione del progetto per "analogia" ripercorrendo tappe e modi di intervento secondo itinerari già percorsi

L'IMPOSTAZIONE DEI PROGETTI: OGGI

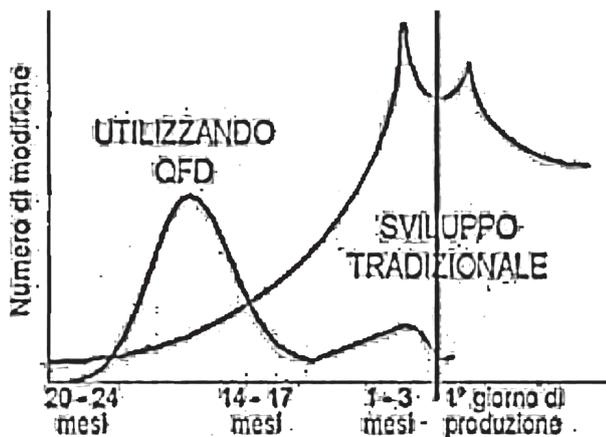
- Impiego degli strumenti messi a disposizione in ambito Qualità (TQM, Total Quality Management)
- Quality Function Deployment

Tempi di sviluppo di nuovi prodotti

| Industria | Prodotto | ieri | Oggi |
|------------------|---------------------|------|------|
| AT&T | Telecom | 2 | 1 |
| AEG | Household equipment | 3 | 1 |
| Apple | PC's | 3.5 | 1 |
| Nokia | Electronic | 3 | 1 |
| Brother | Printers | 4 | 2 |
| Hewlett Packard | Printers | 4.5 | 2 |
| Xerox | Copiers | 5 | 3 |
| Honda | Cars | 5 | 3 |
| Hartmann & Brown | Electronic | 7 | 5 |
| Volvo | Trucks | 7 | 5.5 |

Si assiste ad una evidente contrazione dei tempi di sviluppo di nuovi prodotti.

NUMERO DI MODIFICHE PROGETTUALI NEL TEMPO



Vediamo come si inserisce il QFD in questo, nell'ambito nella progettazione di un autoveicolo.

Si noti come, con l'applicazione del QFD, il numero massimo di modifiche avvenga circa 18 mesi prima il primo giorno di produzione, al contrario nel caso di sviluppo tradizionale, che avviene a ridosso del primo giorno di produzione, ovvero circa un paio di mesi prima.

Nel caso del QFD si nota pure come, dopo il picco di modifiche, esse abbiano una tendenza ad essere in basso numero.

COSA SONO LE QFD?

È uno strumento integrato che consente l'impostazione strutturata di progetti preliminarmente alle attività di progettazione, sviluppo e produzione di nuovi prodotti/servizi.

È uno strumento che va a cogliere le problematiche e gli aspetti importanti del progetto di un nuovo prodotto quando questo sta per essere concepito.

Il QFD può essere utilizzato anche per il "restyling" di nuovi prodotti o processi.

QUALCHE DOMANDA

- Dove è opportuno utilizzare le metodologie QFD?
- Quali sono le alternative all'utilizzo delle QFD?
- Come si misurano i vantaggi derivanti da una loro applicazione?
- In quanto tempo potranno essere visti i ritorni dell'utilizzo di questa metodologia?
- ecc...

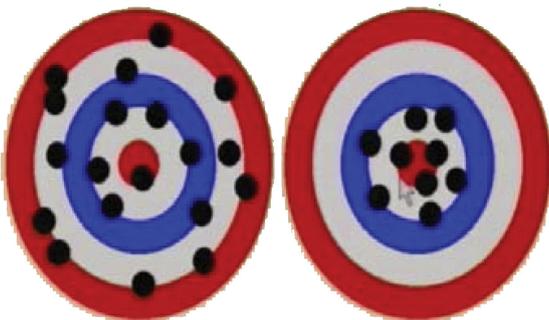
QFD PERCHÉ

- Definire le caratteristiche del prodotto che rispondono alle reali esigenze del cliente (e non a quelle presupposte o preventivate)
- Codificare su "moduli" appositi tutte le informazioni necessarie allo sviluppo di un nuovo prodotto / servizio (strumento sintetico, ma ricco di informazioni!)
- Effettuare un'analisi comparativa con le prestazioni dei prodotti della concorrenza (analisi comparata del "profilo del prodotto"). Ad oggi la progettazione di nuovi prodotti si basa anche su una fugace analisi di quelli della concorrenza.
- Garantire coerenza tra le esigenze manifestate dal cliente e le caratteristiche misurabili del prodotto senza trascurare nessun "punto di vista". Si ricordi che viene messo in piedi un gruppo di progetto.
- Rendere informati tutti i responsabili delle singole fasi del processo circa le relazioni esistenti tra la qualità dell'output di ogni fase e la Qualità del prodotto finale

- Facilitare l'integrazione tra diverse funzioni del prodotto, evidenziandone le interazioni e i condizionamenti
- Minimizzare i tempi di interazione con il cliente, che non gioca più un ruolo passivo, ma diventa il nuovo centro dell'attenzione di chi fa il progetto
- Aumentare la capacità di reazione, in quanto la progettazione, coerente alle esigenze del cliente, avviene in una fase molto preliminare e gli errori di cattiva interpretazione delle priorità e degli obiettivi sono minimizzati
- Autodocumentare le evoluzioni del progetto
- Definire dei documenti unici di riferimento, tanto per il cliente quanto per chi realizza, limitando al minimo le idee e la volontà non codificate e soprattutto non condivise

Fra queste considerazioni quelle preminenti possono essere quelle che riguardano alla possibilità di fare un confronto con la concorrenza ("benchmarking"), inoltre il portare il cliente sul tavolo della progettazione. Tutti gli altri aspetti sono una ricaduta di questi due elementi particolarmente significativi.

REQUISITI DEL PRODOTTO

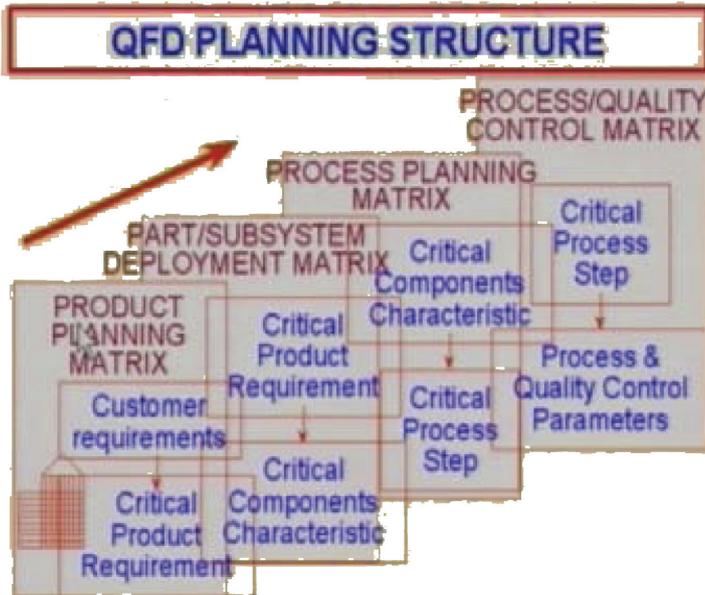


La voce del progettista

La voce del cliente

A lato la visione dei requisiti del prodotto da due punti di vista.

STRUTTURA DI PIANIFICAZIONE DEL QFD



Possiamo pensare il QFD come strutturato in quattro moduli:

- Product Planning Matrix
- Part/Subsystem Deployment Matrix
- Process Planning Matrix
- Process/Quality Control Matrix

Il primo modulo, detto anche casa della qualità (house quality), mette in relazione i requisiti del cliente con i requisiti importanti del prodotto.

Il secondo modulo mette in relazione i requisiti importanti del prodotto con le caratteristiche importanti delle parti.

Il terzo modulo mette in relazione le caratteristiche delle parti con le caratteristiche del processo.

Il quarto modulo mette in relazione le caratteristiche del processo con i requisiti della qualità devono essere verificati sul prodotto stesso.

Da questo si capisce il significato di QFD, Quality Function Deployment, ovvero dispiego delle funzioni della qualità. Quindi si tratta di riportare l'esigenza del prodotto direttamente sulle caratteristiche della qualità coinvolgendo il cliente nelle varie fasi di sviluppo del prodotto. Questo è in sostanza l'aspetto innovativo.



Per portare il cliente sul tavolo della progettazione ci si avvale del circolo al quale sono sottoposte le informazioni nell'azienda.

Il cliente è normalmente contattato in due modi; il cliente è contattato attraverso il canale delle vendite e attraverso le ricerche di mercato.

Queste informazioni vengono studiate, accorpate e trattate e successivamente

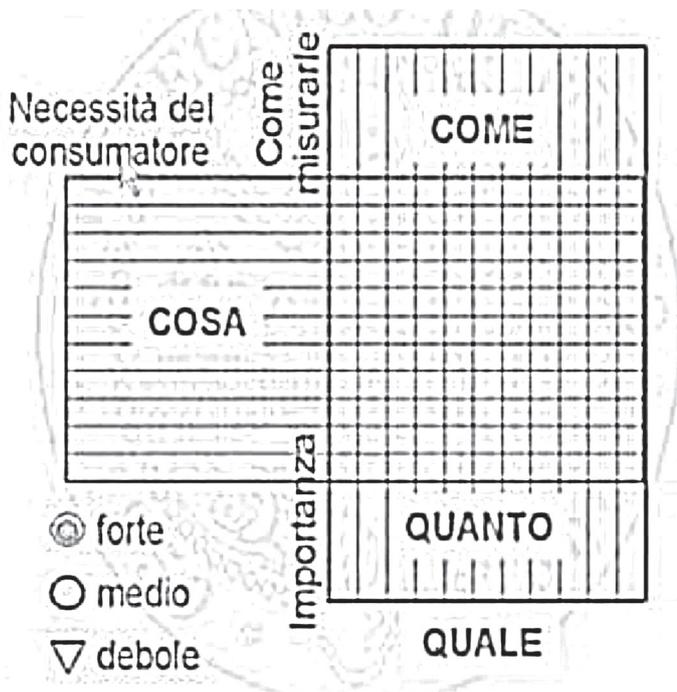
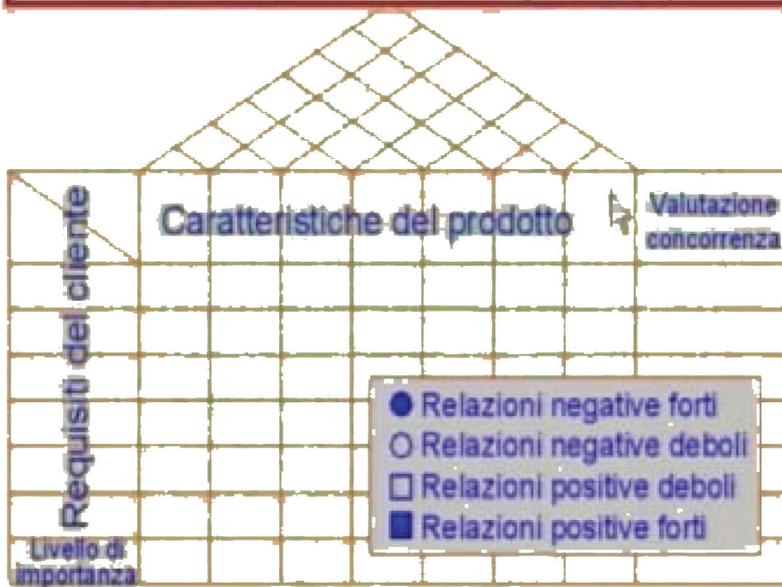
te fornite alla pianificazione del prodotto, al progettista, al tecnico della produzione, all'addetto alla produzione e quindi alla distribuzione, ma il messaggio che torna al cliente non è di solito uguale a quello partente.

Il QFD cerca di portare sul tavolo della progettazione lo spirito dell'utilizzatore del prodotto.

Questo può essere evidenziato in uno schema funzionale di come opera il QFD.



PRODUCT PLANNING MATRIX



ESEMPIO: apparecchio portatile per un comando a distanza di un modellino di aeroplano

Traduzione della VoC in Dati rielaborati

| VoC | Dati rielaborati | Significato e commenti |
|--|---|--|
| "Vorrei più di due pulsanti di manovra" | Facile da manovrare Capace di eseguire manovre complesse | Incrementare il numero di pulsanti di manovra |
| "Vorrei un controllo neutro sul trasmettitore" | Movimento stabile Capace di eseguire manovre complesse | Aggiungere un controllo neutro sul trasmettitore |

Voc = Voice of Customer



Tabella della Qualità Attesa o Albero delle attese

| 1° livello | 2° livello | 3° livello |
|----------------------------|-------------------------|---|
| 100 Facile da impiegare | 110 Facile da tenere | 111 Facile da trasportare |
| | | 112 Facile da tenere perché piccolo |
| | | 113 Facile da tenere perché leggero |
| | | 114 Stabile quando viene tenuto in mano |
| | | 115 Stabile quando viene posato a terra |

1° livello: bisogni strategici

2° livello: bisogni tattici

3° livello: bisogni operativi

| 1° livello | 2° livello | 3° livello |
|----------------------------|--|--|
| 100 Facile da impiegare | 120 Non affatica nell'impiego | 121 Ha un peso adeguato |
| | | 122 Ha una dimensione adeguata |
| | 130 Facile comprendere le modalità di impiego | 131 Facile da capire come usarlo |
| | | 132 Facile eseguire manovre anche per i principianti |
| | 140 Facile da manovrare | 141 Facile da manovrare anche se è piccolo |
| | | 142 Facile leggere l'indicatore |

□

Prof. Fiorenzo Franceschini
42'31"

- Esempio applicativo
- Altri moduli del QFD: Part Deployment Matrix, Process Planning Matrix e Process Control Matrix
- Esempio riassuntivo
- QFD: riepilogo
- QFD: problemi organizzativi
- QFD: problemi metodologici
- Conclusioni

La lezione tratterà l'utilizzo operativo dello strumento QFD, continuando dalla precedente con l'esempio di un apparecchio per controllare un aeroplano telecomandato.

Si possono evidenziare le caratteristiche, i requisiti, le esigenze manifestate dal cliente. Queste, attraverso una trasformazione progressiva, possono essere trasformate prima in bisogni strategici, poi in bisogni tattici e dunque in bisogni operativi.

Estrazione delle EC* dalle richieste del Cliente

| <i>Richieste del cliente (3° livello)</i> | <i>Caratteristiche tecniche</i> |
|--|--|
| 111 Facile da trasportare | peso, dimensioni, forma, portabilità |
| 112 Facile da tenere perché piccolo | dimensioni, forma, portabilità |
| 113 Facile da tenere perché leggero | peso, forma, portabilità |
| 114 Stabile quando viene tenuto in mano | peso, baricentro, angolo di inclinazione |

*caratteristiche tecniche engineering characteristics

Ora vedremo come dalle esigenze del cliente possiamo passare alle caratteristiche tecniche del prodotto (EC), che vanno ad influenzare le esigenze del cliente.

Facendo il tipo di parallelismo come mostrato nella figura a lato, dalle caratteristiche di 3° livello siamo in grado di definire le caratteristiche tecniche che vanno ad influenzare la progettazione del prodotto.

| <i>Richieste del cliente (3° livello)</i> | <i>Caratteristiche tecniche</i> |
|---|--|
| 115 Stabile quando viene posato a terra | peso, baricentro, stabilità |
| 116 Facile eseguire manovre anche per i principianti | posizionamento pulsanti, sensibilità al tocco |
| | |
| 141 Facile da manovrare anche se piccolo | peso, forma, sforzo necessario per spostare la cloche, sensibilità della cloche, forza necessaria a mantenere la leva di comando in posizione, |

Possiamo quindi dare forma ai due elementi importanti della casa della qualità: da una parte le esigenze tecniche e dall'altra le caratteristiche del prodotto; queste due entità dovranno essere messe insieme e questo sarà mostrato in una successiva immagine. In figura a lato si riporta di nuovo il legame esistente tra alcune richieste del cliente e le conseguenti caratteristiche tecniche.

"COME" (= Design "HOWs")

| | Temperatura alla quale viene servita | Quantità di caffeina | Componenti del gusto | Intensità del sapore | Componenti dell'aroma | Intensità dell'aroma | Prezzo di vendita | Volume | Temperatura dopo un certo tempo |
|------------------------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|--------|---------------------------------|
| "COSA" (= Customer "WHATs") | MATRICE DELLE RELAZIONI ("WHATs" vs "HOWs") | | | | | | | | |
| Calda | | | | | | | | | |
| Mantiene svegli | | | | | | | | | |
| Ricca di sapore | | | | | | | | | |
| Di buon aroma | | | | | | | | | |
| Di basso prezzo | | | | | | | | | |
| In quantità adeguata | | | | | | | | | |
| Calda dopo un certo tempo | | | | | | | | | |

Esiste uno stretto legame tra esigenze del cliente e caratteristiche tecniche del prodotto.

La formalizzazione di questa interazione attraverso il QFD è visualizzata nella figura a lato, in cui è riportato l'esempio della progettazione di una tazza di caffè, nel senso della bevanda.

In questa vediamo come sono riportate da una parte le esigenze e dall'altra le caratteristiche tecniche, andando a costruire la matrice delle

relazioni tra queste due entità.

In colonna, "COSA", le esigenze del cliente (Calda, ...) rispetto alla tazza di caffè; in riga, "COME", le caratteristiche tecniche (Temperatura alla quale viene servita).

| <ul style="list-style-type: none"> △ Relazione debole ○ Relazione media ● Relazione forte | Temperatura alla quale viene servita | Quantità di caffeina | Componenti del gusto | Intensità del sapore | Componenti dell'aroma | Intensità dell'aroma | Prezzo di vendita | Volume | Temperatura dopo un certo tempo |
|--|--------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|--------|---------------------------------|
| Calda | ● | | | | | | | | ○ |
| Mantiene svegli | ○ | ○ | | | | | | | |
| Ricca di sapore | △ | △ | ● | ○ | | | | | |
| Di buon aroma | | | | | ● | ○ | | | |
| Di basso prezzo | | | | | | | ● | ○ | |
| In quantità adeguata | | | | | | | ○ | ● | |
| Calda dopo un certo tempo | ○ | | | | | | | | ● |

Con riferimento alla precedente immagine, analizziamo questa immagine a lato, che rappresenta una tabella e che riporta i momenti di interazione tra le due entità, esigenze del cliente e caratteristiche tecniche del prodotto.

La tabella riporta un certo numero di simboli relativi al tipo di relazione tra le due entità.

Questo modo di far interagire le caratteristiche tecniche e le esigenze del cliente permette di orientare il prodotto da un qualcosa che non riguarda più il progettista ma a un qualcosa che riguarda la percezione del cliente verso quel prodotto. È dunque il cliente che indirizza la progettazione, e lo fa sfruttando il contenuto della cosiddetta matrice delle relazioni.

Così come vengono messe in relazione le esigenze del cliente e le caratteristiche del prodotto possono essere messe in relazione le caratteristiche del prodotto e le caratteristiche delle sottoparti. Questa interazione dà origine ad una matrice, la

Di seguito gli schemi relativi alla progettazione di un prodotto banale, una matita, con il QFD.

Il primo elemento sono i bisogni (operativi) del cliente, riportati in 4 punti.

| Legenda | |
|--|---------------------------------|
| Matrice delle Relazioni bisogni-caratteristiche | |
| ⊙ | : correlazione forte = 9 PUNTI |
| ○ | : correlazione media = 3 PUNTI |
| △ | : correlazione debole = 1 PUNTO |
| Verso di preferenza per le caratteristiche | |
| [+] | : MAX |
| [-] | : MIN |
| [BY] | : TARGET |
| D = C / B | F = A · D · E |

| Bisogni del Cliente |
|---------------------|
| 1) FACILE DA TENERE |
| 2) NON SPORCHI |
| 3) PUNTA DUREVOLE |
| 4) NON ROTOLI |

| Matrice delle Relazioni bisogni-caratteristiche relazione forte = 9 PUNTI relazione media = 3 PUNTI relazione debole = 1 PUNTO | A | CARATTERISTICHE DI PRODOTTO | | | | | BENCHMARKING sulla Q. percepita (Soddisfazione del bisogno) |
|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------|---|
| | | 1) Lunghezza della matita [+] | 2) Durata della punta [+] | 3) Generazione di polvere [-] | 4) Esagonalità [+] | 5) Residuo da cancellatura [-] | |
| Verso di preferenza per le caratteristiche [+] MAX [-] MIN [BY] TARGET | IMPORTANZA DEI BISOGNI | | | | | | |
| B | IMPORTANZA RELATIVA | | | | | | |
| F = A · D · E | | | | | | | |
| Bisogni del Cliente | | | | | | | |
| 1) FACILE DA TENERE | 2 | ○ | | | | | 4 |
| 2) NON SPORCHI | 3 | ○ | ○ | ○ | | ○ | 5 |
| 3) PUNTA DUREVOLE | 5 | △ | ○ | ○ | | ○ | 4 |
| 4) NON ROTOLI | 2 | △ | | | ○ | | 3 |
| Totale | 12 | | | | | | 217 |
| PERCENTUALE | 100% | 13 | 24 | 72 | 35 | 72 | 100% |
| | | 6% | 11% | 33% | 17% | 33% | |

Ci sono poi le caratteristiche del prodotto, cioè la lunghezza della matita (1), la durata della punta (2), la generazione di polvere (3), l'esagonalità (3), il residuo da cancellatura (3).

Le caratteristiche del prodotto sono gli elementi progettuali, che vengono messi in relazione con i bisogni del cliente e che vanno a specializzare la cosiddetta matrice delle relazioni. In essa compaiono degli elementi che indicano il livello di importanza con cui i bisogni del cliente interagiscono con le caratteristiche del prodotto.

Nella tabella compare la voce "importanza dei bisogni", ovvero l'importanza delle esigenze, con un punteggio che va da 1 a 5, punteggio espresso dal cliente. Dei punteggi espressi in valore assoluto e viene riportata anche la percentuale alla voce "importanza relativa", fatto 100 la somma dei punteggi complessivi.

La tabella è importante perché dal legame tra le due esigenze possiamo definire quali sono per il cliente le caratteristiche più importanti, tenendo conto del peso della relazione che può essere forte, media oppure debole, formalizzato in un certo numero di punti, come espresso dalla legenda. Nel caso non esista una

relazione il punteggio assegnato è 0.

È anche importante per dare una gerarchia, dal punto di vista del cliente, alle caratteristiche tecniche vedere quante volte viene chiamata in causa una certa caratteristica tecnica e inoltre vedere quanto questa è importante dal punto di vista delle esigenze che ha manifestato il cliente.

Operativamente, facendo il prodotto tra il valore dell'importanza dei bisogni per il punteggio della caratteristica tecnica e sommando per ogni colonna il contributo otterremo un certo valore, che potrà essere trasformato in una percentuale relativa. Ad esempio la lunghezza della matita assume un valore pari a 13, valore

| CARATTERISTICHE PRODOTTO | | | Benchmarking Scala Q. percepita (Soddisfazione dei bisogni) | | | PIANIFICAZIONE DELLA QUALITA' | | | PESO ASSOLUTO DEL BISOGNO | PESO RELATIVO DEL BISOGNO |
|-------------------------------|---------------------|----------------------------|--|---------------|---------------|----------------------------------|------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| 3) Generazione di polvere [-] | 4) Esegnibilità [+] | 5) Residuo di caratura [-] | MODELLO ATTUALE | CONCORRENTE X | CONCORRENTE Y | OGGETTIVI del nuovo modello | RATIO DI MIGLIORAMENTO | PUNTI DI VENDITA | | |
| 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 10 | 2.0 | 11% |
| 0 | 0 | 0 | 5 | 4 | 5 | 5 | 1.00 | 12 | 3.8 | 23% |
| 0 | 0 | 0 | 4 | 5 | 3 | 5 | 1.25 | 15 | 8.4 | 53% |
| 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 4 | 4 | 1.33 | 10 | 2.7 | 15% |
| Totali | | | | | | Totali | | | 17.642 | 100% |

che risulta modificato dal valore di "peso assoluto del bisogno", a causa della cosiddetta operazione di pianificazione della qualità.

Dal valore di "peso assoluto del bisogno" otteniamo il "peso relativo del bisogno", che è una percentuale, ottenendo una specializzazione.

Moltiplicando il "peso relativo del bisogno", espresso dal cliente, per il punteggio associato a ciascun simbolo e sommando per colonna, si ottiene il valore sopra

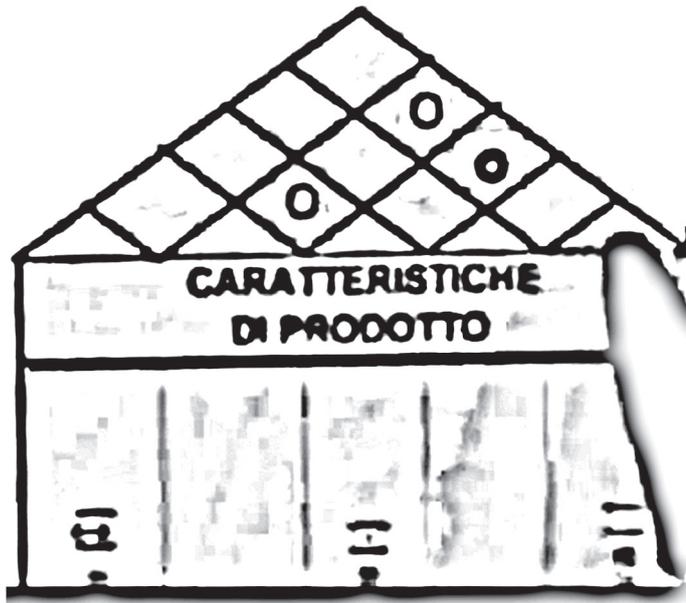
descritto, ad esempio 13 per la lunghezza della matita, 24,72,36 e 72 per gli altri.

| IMPORTANZA DEI BISOGNI | | CARATTERISTICHE DI PRODOTTO | | | | |
|------------------------|------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------|
| IMPORTANZA RELATIVA | | 1) Lunghezza della matita [3] | 2) Durata della punta [+] | 3) Generazione di polvere [-] | 4) Esegnibilità [+] | 5) Residuo di caratura [-] |
| 2 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 65 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 100% | | | | | |
| | | 13 | 24 | 72 | 36 | 72 |
| | | 9% | 17% | 53% | 20% | 53% |
| | | 102.27 | 220.64 | 861.8 | 238.1 | 861.27 |
| | | 5% | 10% | 35% | 13% | 35% |

Questi punteggi possono essere riportati in punteggi percentuali e quindi riusciamo a trovare un valore che qualifica nell'interezza quanto è importante una certa caratteristica tecnica del prodotto vista dal cliente.

Il cosiddetto "peso assoluto della caratteristica" vale 102,27 nel caso della lunghezza della matita.

Poiché i valori sono diversi possiamo affermare che le caratteristiche tecniche non sono uguali dal punto di vista del cliente. Nell'esempio le caratteristiche tecniche più importanti sono la 3 e la 5.



A lato l'immagine del "tetto".

Esistono anche qui delle interazioni tra alcune caratteristiche del prodotto. Una in particolare evidenzia una interazione forte tra due caratteristiche tecniche, la generazione di polvere e il residuo della cancellatura.

Il fatto che esse interagiscano è ovvio, più polvere generiamo e più andiamo a creare del residuo nella cancellatura.

Quindi agendo su una caratteristica progettuale inevitabilmente andiamo

ad interagire anche sull'altra. Il tetto della casa della qualità permette di mettere in evidenza le relazioni tra caratteristiche tecniche.

Analizzando ulteriormente lo schema notiamo la parte B, con il modello attuale, il concorrente X e il concorrente Y.

Viene riportato un punteggio che qualifica dal punto di vista del cliente quanto è importante quella particolare esigenza e come essa è percepita con riferimenti analoghi a prodotti concorrenti.

In questo contesto quello che viene fatto è una analisi della concorrenza, detta anche analisi di benchmarking, una analisi comparata.

The diagram shows a detailed view of the 'House of Quality' table. The table is divided into several sections: 'CARATTERISTICHE DI PRODOTTO' (Product Characteristics), 'Benchmarking sulla Q. percepita (Soddisfazione dei clienti)', and 'PIANIFICAZIONE DELLA QUALITA'' (Quality Planning). The table has columns labeled B, C, D, E, F, and G. The rows are labeled with product characteristics and quality planning metrics. A hand is shown pointing to a cell in the table.

| CARATTERISTICHE DI PRODOTTO | | | | | B | PIANIFICAZIONE DELLA QUALITA' | | | F | G | | |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1) Lunghezza della matita [2] | 2) Durezza della punta [1] | 3) Generazione di polvere [1] | 4) Erasevolezza [1] | 5) Residuo alla cancellatura [1] | Modello Attuale | Concorrente X | Concorrente Y | Obiettivi del nuovo modello | Indice di miglioramento | Punti di vendita | Peso assoluto del bisogno | Peso relativo del bisogno |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 22 | 11 | 5 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 12 | 28 | 14 | 7 |
| 1 | | | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 11 | 11 | 5 |

Sulla base di questa analisi comparata stiamo indirettamente facendo una valutazione della qualità attesa che percepisce il cliente di quel prodotto. La qualità attesa è il modo in cui si manifesta il mercato e dunque il cliente e che noi dobbiamo assecondare per soddisfare i suoi requisiti.

Poi operiamo sull'aspetto della pianificazione della qualità (vd. C, D, E) per cui possiamo ad esempio avere certi obiettivi del nuovo modello, quale è il rapporto di miglioramento a cui puntiamo, quali sono i punti di forza che vogliamo associare nella vendita di questo prodotto e così via, fino ad definire quello che è il peso complessivo che viene attribuito a quella quantità (vd. F), "peso assoluto del bisogno".

La cosa importante è che osserviamo nella parte destra della tabella innanzitutto un'analisi della concorrenza e poi possiamo sviluppare una pianificazione della qualità.

| PUNTI PUNTO | per le | D. E | 10 | PUNTI | | | | |
|----------------|--------|------|----|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| | | | | 1) Lunghezza della matita [°] | 2) Durezza della punta [°] | 3) Generazione di polvere [°] | 4) Esagonalità [°] | 5) Residuo da cancellatura [°] |
| 2 | 17% | | | 0 | | | 0 | |
| 1 | 25% | | | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 3 | 43% | | | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| 2 | 17% | | | | | | 0 | |
| Totale | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Modello | 1) Lunghezza della matita [°] | 2) Durezza della punta [°] | 3) Generazione di polvere [°] | 4) Esagonalità [°] | 5) Residuo da cancellatura [°] |
|---------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Modello X | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Modello Y | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Modello Nuovo | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Sotto la tabella lo strumento ci riserva altre informazioni.

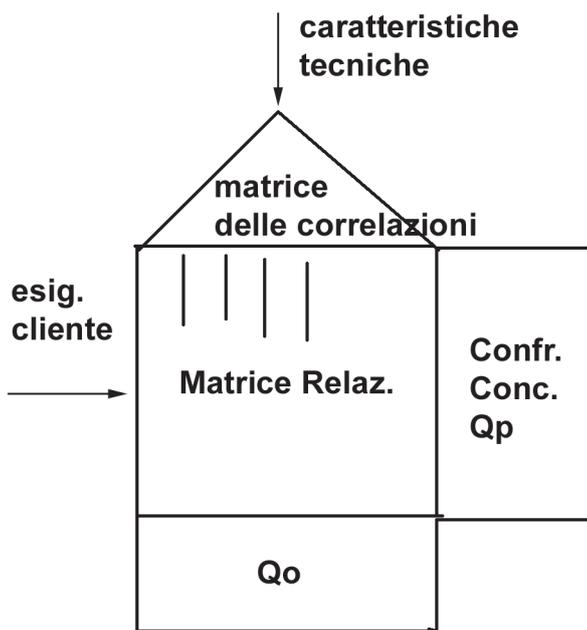
Facciamo un confronto con le caratteristiche tecniche che garantisce il nuovo modello con riferimento alle caratteristiche tecniche: la lunghezza della matita, il numero di pagine che possiamo scrivere, la quantità di grafite consumata, un valore percentuale relativo alla esagonalità, un valore relativo al residuo da cancellatura.

Queste informazioni sono messe in relazione sulle righe che riguardano il modello attuale in esame, una matita del concorrente X e una matita del concorrente Y, il nuovo modello.

Anche questa è un'analisi comparata, ma non più con riferimento alle percezioni e quindi a quello che attende al nostro cliente, bensì ci siamo occupati dell'aspetto tecnico. In questo caso abbiamo messo in evidenza la qualità offerta, che non è più un concetto generico ma è un qualcosa che viene specializzato definendo i target setting che vengono attribuiti alle caratteristiche tecniche di progettazione del prodotto.

Dai dati ricavabili da quest'ultima informazione sarebbe nostra intenzione ricavare quali sono quelli che vorremmo per il nostro prodotto affinché esso diventi più

appetibile di quello della concorrenza.



In sostanza il QFD, Quality Function Deployment, è uno strumento che consente, attraverso una operazione definita su una mappa, da una parte le caratteristiche tecniche e dall'altra le esigenze del cliente. L'incrocio fra questi due momenti viene definito dalla cosiddetta matrice delle relazioni. Sulla parte destra viene operato un confronto con la concorrenza e viene in tal modo definita la qualità percepita dal cliente. Nella parte bassa della tabella viene riportato un confronto analogo ma con riferimento alla qualità offerta.

Quindi sulla destra operiamo un benchmarking relativo a quello che i concorrenti percepiscono, nella parte bassa facciamo un benchmarking con riferimento alle qualità tecniche del prodotto.

La parte alta della casa è definita la cosiddetta matrice delle correlazioni, ovvero quelle che sono le interazioni che esistano fra le varie caratteristiche tecniche del prodotto.

La parte alta della casa è definita la cosiddetta matrice delle correlazioni, ovvero quelle che sono le interazioni che esistano fra le varie caratteristiche tecniche del prodotto.



Si noti come si riportano le caratteristiche tecniche, con riferimento ad una direzione di preferenza delle caratteristiche tecniche stesse.

Possiamo dunque avere delle caratteristiche tecniche in cui è definito il senso di crescita, per cui ci fa piacere che una caratteristica tecnica vada

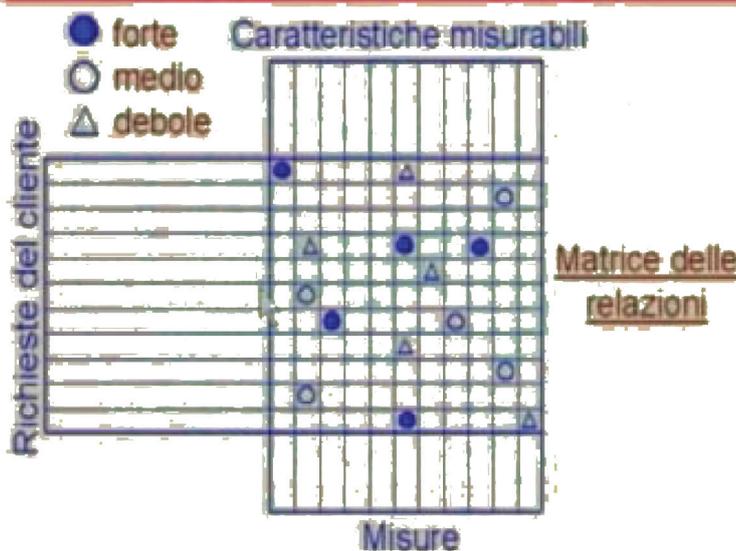
definito il senso di crescita, per cui ci fa piacere che una caratteristica tecnica vada

in una certa direzione ([+]: MAX), ad esempio per la durata della punta, oppure che vada in un'altra direzione ([-]: MIN), ad esempio la generazione della polvere, oppure definiamo per essa un valore di target ([BY]: TARGET), ad esempio nel caso della lunghezza della matita.

Con riferimento ai bisogni del cliente, si osserva che viene usato un linguaggio tipico dell'utente. Infatti abbiamo:

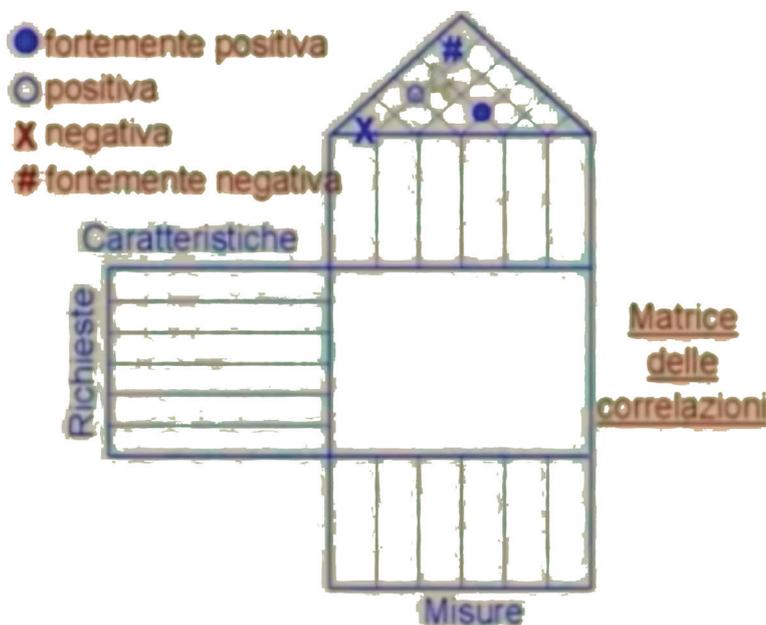
1. Facile da tenere
2. Non sporchi
3. Punta durevole
4. Non rotoli

QFD - RIEPILOGO

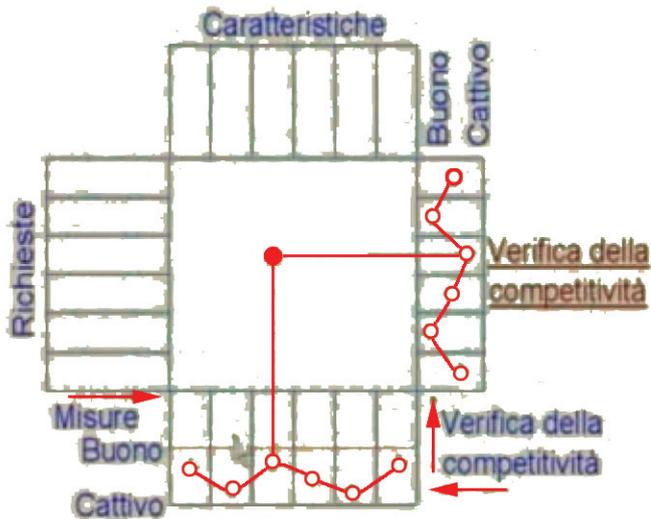


Di seguito, un riepilogo sullo strumento QFD.

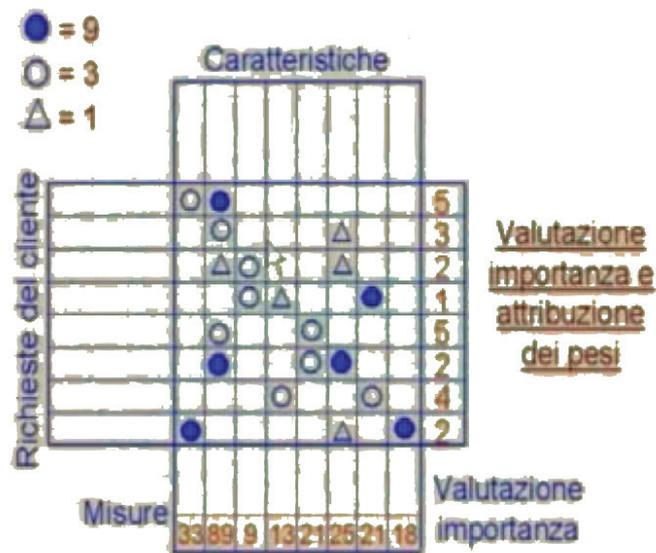
Come prima cosa occorre definire le richieste del cliente, le esigenze del cliente. Poi occorre definire le caratteristiche misurabili, ovvero le caratteristiche tecniche. Queste due entità le facciamo interagire, definendo per esse un certo tipo di relazione, che può essere di tipo forte, medio o debole. Con questo definiamo la cosiddetta matrice delle relazioni.



Successivamente andiamo a riempire la cosiddetta matrice delle correlazioni, che avvengono tra caratteristiche tecniche. Queste possono essere fortemente positive (all'aumentare dell'una aumenta anche l'altra), positive, negative oppure fortemente negative.



Poi andiamo a fare una verifica della competitività, con riferimento alla qualità percepita e dunque qualità attesa nella parte destra. Nella parte in basso facciamo una verifica della competitività dal punto di vista dell'aspetto tecnico, qualità e offerta.



Poi, come riportato a lato, una volta riportati i simboli, codifichiamo i simboli con dei punteggi. Moltiplicando il punteggio con l'importanza otteniamo un certo tipo di risultati che rappresenta la valutazione dell'importanza. Questo comporta una gerarchia delle caratteristiche tecniche che deve essere mantenuta sotto controllo. In questo modo quello che era l'esigenza del cliente va a definire un ordine di importanza delle caratteristiche tecniche da considerare nel momento in cui si sviluppa il progetto.

PROBLEMI ORGANIZZATIVI

Possono essere generati dal QFD, e sono:

- Timori di invasioni di campo, da parte delle varie funzioni
- Timori di allungare i tempi di sviluppo

PROBLEMI VERSO IL CLIENTE

- Chi è il cliente
- Quali sono le sue vere esigenze
- Chi deve ascoltare il cliente (il marketing, le vendite, o chi altro?)

PROBLEMI METODOLOGICI

- Rischio di perdersi nei dettagli non conformi al livello operativo di intervento
- Rischio di innamorarsi della tecnica
- Rischio di realizzare mappe troppo estese, quindi poco dominabili
- Rischio di confondere le esigenze / bisogni con le caratteristiche del prodotto / servizio.
- Rischio di raccogliere dati non corretti

CONCLUSIONI

Le QFD si inseriscono a pieno merito negli strumenti TQM (Total Quality Management) insieme a:

- Process analysis
- Tecniche di programmazione reticolare (PERT, CPM, ...)
- Tecniche di statistica avanzata (DOE, ...)
- Tecniche di affidabilità (FTA, FMEA, ...)
- Tecniche di variety reduction
- Design for manufacturing / Design for assembly
- Tecniche di design review / Process review
- Problem solving / Problem finding
- ...

□

Prof. Fiorenzo Franceschini
41'48"

- Che cos'è la FMEA
- Modulo per l'elaborazione della FMEA
- Definizioni
- Esempio

FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)

- È una tecnica che prende origine dall'ambito dell'affidabilità.
- Tecnica che consente di effettuare uno studio preventivo sulle funzionalità di un prodotto/servizio ai fini della sicurezza e dell'affidabilità
- Nasce intorno agli anni '50 per i sistemi di controllo di volo, nel momento in cui si capisce la dinamicità della qualità ovvero una qualità non statica, ma dinamica, in quanto mantenuta nel tempo
- E' condotta da un gruppo interdisciplinare che definisce con un opportuno simbolismo le "aree" che presentano le cause di guasto o rottura più critiche su cui intervenire con azioni di miglioramento
- Ne esistono più tipi, saranno trattati FMEA di progetto e FMEA di processo

MODULO PER L'ELABORAZIONE DI FMEA

Informazioni generali
 Responsabilità dello studio:
 Oggetto dello studio:
 Funzione principale dell'oggetto sotto studio

| N° | Effetto del modo di guasto | Causa del modo di guasto | Misure di controllo | RIPR | Azioni proposte | Di Su |
|----|----------------------------|--------------------------|---------------------|------|-----------------|-------|
| | | | | | | |

Nel MODULO per l'ELABORAZIONE di FMEA abbiamo:

- Informazioni generali
- Responsabilità dello studio, cioè lo studio che si sta attuando
- Oggetto dello studio, cioè la tipologia di prodotto o di sottoparte che si sta analizzando
- Funzione principale dell'oggetto sotto studio

Abbiamo inoltre una sorta di tabella con un certo numero di colonne, sulle quali appaiono delle informazioni di servizio e altre informazioni di maggior importanza.

Nell'esempio abbiamo un numero d'ordine nella prima colonna, poi un modo di guasto che vedremo di cosa si tratta, l'effetto del modo di guasto ovvero l'effetto che deriva dal guasto del prodotto o della sottoparte, la colonna G indica l'indice

di gravità del guasto che si è venuto a creare, la causa del modo di guasto e, associata ad essa, la probabilità P di accadimento di tale causa, le misure di controllo, cioè quanto viene fatto per evitare il verificarsi del guasto potenziale, indice R di riveribilità, indice IPR di integrazione tra quelli precedenti, definito come indice di priorità al rischio, le azioni proposte, e come ultime colonne quelle relative a che deve portare a termine e risolvere i problemi segnalati.

DEFINIZIONI: MODO DI GUASTO

Modalità secondo cui il componente in esame può perdere la capacità di assolvere il proprio compito. Di seguito alcuni esempi di modo di guasto.

| MODI DI GUASTO PER COMPONENTI | | |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Componenti meccanici | Componenti elettrici | Sistemi |
| deformazione plastica | circuito aperto | bloccaggio |
| rottura istantanea | corto circuito | riduzione efficienza |
| rottura per fatica | bruciatura | perdita di sostanze/dati |
| corrosione | riscaldamento | squilibratura |
| graffiatura | spegnimento | perdita energia |
| foratura | scarica | giochi |
| usura | falsi contatti | infiltrazioni |
| bruciatura | creazione d'archi | vibrazioni |
| fusione | fusione | tumoresità |
| grippaggio | decadimento progressivo | predita taratura |

EFFETTI DEL MODO DI GUASTO

Rappresenta che cosa accade se si verifica il modo di guasto XYZ.

Esplicitazione delle conseguenze successive al modo di guasto XYZ.

- Esempi:
 - . Mancata accensione, per effetto di un modo di guasto
 - . Mancato funzionamento
 - . Prestazioni insufficienti
 - . Emissione di sostanze tossiche o inquinanti

INDICE DI GRAVITÀ: G

È un valore espresso su una scala qualitativa, generalmente compreso tra 1 e 10, che esprime il grado di danneggiamento a cui è soggetto il prodotto per un

dato modo di guasto.

L'indice G ci dice quanto è grave l'effetto del modo di guasto.

| Punteggio di gravità del modo di guasto | |
|--|---------|
| Tipo di reazione del cliente (o utente) | G |
| Non rileva nessun disagio perché l'effetto non provoca variazioni di prestazione | 1 |
| Può non rilevare un decadimento delle prestazioni | 2, 3 |
| Rileva un evidente decadimento delle prestazioni | 4, 5, 6 |
| Insoddisfazione per la perdita del servizio o funzione principale | 7, 8 |
| Perdita della funzione principale con rischio per il cliente | 9 |
| Subisce un danno (a cose o persone) | 10 |

CAUSE DEL MODO DI GUASTO

Esplicitazione delle cause che determinano un particolare modo di guasto. In sostanza "si è verificato un problema, perché si è verificato".

| ESEMPI DI CAUSE PER MODI DI GUASTO | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Materiale errato | Specifiche errate |
| Logica errata di funzionamento | Intervento esterno |
| Densità lubrificante inadeguata | Grippaggio |
| Falsi contatti | Difetti di processo |
| Scambio termico non corretto | Eccentricità |
| Tolleranza errata | Caratteristiche inadeguate |
| Montaggio inadeguato | Utensile errato |

INDICE DI PROBABILITÀ

Individua la “probabilità” di accadimento di un determinato modo di guasto. La probabilità, in quanto non sempre esattamente definibile e quantificabile, è data in maniera qualitativa. In caso contrario il suo valore sarà quantitativo e pertanto il termine probabilità sarà considerato in senso stretto.

È un valore espresso su una scala qualitativa, compreso tra 1 e 10.

| Punteggio per la probabilità della causa | |
|--|---------|
| Probabilità della causa | P |
| Si ritiene improbabile che quella causa si verifichi | 1 |
| Le probabilità che quella causa si verifichi sono dell'ordine dell' $1/10.000$ | 2, 3 |
| Le probabilità che quella causa si verifichi sono dell'ordine dell' $1/1.000$ | 4, 5, 6 |
| Le probabilità che quella causa si verifichi sono dell'ordine dell' $1/100$ | 7, 8 |
| È abbastanza probabile | 9, 10 |

MISURE DI CONTROLLO PREVISTE

Azioni che vengono predisposte per correggere eventuali malfunzionamenti del prodotto o del processo.

- Esempi:
 - . Controllo visivo ogni XY minuti
 - . Verifica resistenza meccanica
 - . Controllo ogni cambio utensile
 - . Impianto di una carta di controllo (trattato nel controllo statistico di processo)

INDICE DI RILEVABILITÀ DEL GUASTO

Individua la capacità di non far arrivare all'utente prodotti con caratteristiche difettose, è un valore espresso su una scala qualitativa, compreso generalmente tra 1 e 10.

| Punteggio per la probabilità della causa | |
|--|---------|
| Rilevabilità del guasto | R |
| Si ritiene molto probabile che il guasto sia rilevato (evidente) | 1 |
| La probabilità che il guasto sia rilevato è moderata | 2,3,4,5 |
| La probabilità che il guasto sia rilevato è piccola (serve un controllo) | 6, 7, 8 |
| La probabilità che il guasto sia rilevato è molto piccola | 9 |
| È improbabile rilevare il guasto (guasto nascosto o incontrollabile) | 10 |

Questa, R = 10, è la situazione da evitare in assoluto.

INDICE DI PRIORITÀ DI RISCHIO

$$IPR = G \cdot P \cdot R$$

È un indice che varia tra 1 e 1000, nasce dall'aggregazione dei vari indici.

L'indice IPR (detto anche RPN - Risk Priority Number) definisce la priorità dei modi di guasto (ordinamento delle criticità dei modi di guasto).

Obiettivo della FMEA è quello di ridurre l'indice IPR di tutti i possibili modi di guasto. Quello che si vuole ottenere è $IPR = 1$,

NELLA PRATICA FMEA

La classificazione dei modi di guasto è importante, l'indice IPR viene accoppiato all'indice G per stabilire le priorità d'intervento del gruppo di progetto.

ESEMPIO DI UTILIZZO DEGLI INDICI

| VALORI DI INTERVENTO | |
|----------------------|---------|
| Gravità del guasto | IPR > # |
| 9, 10 | 40 |
| 7, 8 | 100 |
| 4, 5, 6 | 120 |
| 1, 2, 3 | 150 |

Gli indici IPR e G sono utilizzati per indirizzare gli interventi sul progetto.

Un esempio su una situazione generica.

Abbiamo la cosiddetta tabella dei valori di intervento.

L'IPR è definito da una certa soglia.

NOTE

- L'indice IPR nasce come prodotto di informazioni espresse su tre scale qualitative
- Quali sono le controindicazioni di questo modo di sintesi dei dati?

Di seguito un esempio sui modi di guasto di un motore di un ventilatore.

Un Esempio di FMEA

| N° parte | Funzione assoluta | Modo di guasto | Effetto del modo di guasto | G |
|----------|--|--|--|---|
| Motore | Fornisce la potenza meccanica al ventilatore | Fusione delle bronzine o guasto delle spazzole | Perdita della capacità di raffreddamento | 5 |

Nella prima colonna è riportato il numero di parte dell'oggetto che stiamo considerando, dunque il motore. Nella seconda colonna è riportata la funzione assoluta. Nella terza colonna è riportato un modo di guasto. Nella quarta colonna è riportato l'effetto del modo di guasto. Nella quinta ed ultima colonna è riportato l'indice di gravità G, al quale il gruppo di lavoro ha attribuito un valore, in una scala qualitativa, pari a 5, ricavato da una trattazione effettuata dal gruppo stesso.

| Causa del modo di guasto | P | Metodo di controllo | R | IPR | Azioni proposte |
|---|---|---|---|-----|-----------------|
| Suriscaldamento Mancanza di aria di circolazione | 2 | Ornizi di sfato nel contenitore di raffreddamento Alette di raffreddamento Test di durata Sistemi di ricircolo forzato | 5 | 50 | |

A lato sono evidenziate le cause del modo di guasto, con l'assegnazione dell'indice di probabilità di questo tipo di accadimento, pari a 2. Nella terza colonna è riportato un metodo di controllo per evitare questo modo di guasto. Viene a questo punto assegnato l'indice di rivelabilità, pari a 5. Con questa assegnazione siamo in grado di calcolare l'indice di priorità a rischio, indice IPR, pari al prodotto fra G, P e R, che risulta essere pari a 50.

| N° parte | Funzione assoluta | Modo di guasto | Effetto del modo di guasto | G |
|----------|--|----------------------------|--|---|
| Motore | Fornisce la potenza meccanica al ventilatore | Disassamento albero motore | Perdita della capacità di raffreddamento | 2 |

Proseguendo ancora, notiamo che lo stesso oggetto può produrre più di un modo di guasto, e che equivale a dire che uno stesso oggetto può guastarsi in modi differenti.

Quindi la prima colonna rimane identica a quella precedente, trattandosi del motore; non cambia

neanche la colonna riguardante la funzione assoluta, mentre cambiano le successive, in particolare il modo di guasto e l'effetto del modo di guasto. L'indice di gravità G viene assegnato dal gruppo di lavoro secondo una certa trattazione, di valore pari a 2.

| Causa del modo di guasto | P | Metodo di controllo | R | IPR | Azioni proposte |
|---|---|---|---|-----|-----------------|
| <p>Contatto Ventilatore - sistema di protezione. Fusione del motore. usura sui cuscinetti (disassamento)</p> | 7 | <p>Progetto per un assemblaggio più semplice.</p> <p>Posizionamento accurato del contenitore di protezione del motore</p> | 3 | 42 | |

A questo punto va fatta l'analisi della causa che ha determinato quel modo di guasto.

La probabilità di accadimento è piuttosto elevata, con un valore pari a 7.

I due modi di guasto analizzati hanno un indice di priorità al rischio differente.

Il primo è però una situazione più delicata rispetto al secondo.

Quindi il gruppo di lavoro decide di specializzare l'intervento su un modo di guasto più pericoloso e più delicato e da questo prende corpo l'ultima colonna, relativa alle azioni proposte.

□

Prof. Fiorenzo Franceschini
40'50"

- Definizione di Qualità
- Definizione di entità
- Servizi e prodotti: considerazioni generali
- Le caratteristiche dei servizi
- Il problema della quantificabilità del servizio
- La misura della Qualità

La qualità nei servizi è un tema che è stato affrontato di recente, intorno agli anni '85.

DEFINIZIONE DI QUALITÀ (ISO 9000-1994)

L'insieme delle proprietà e delle caratteristiche di una entità che conferiscono ad essa la capacità di soddisfare esigenze espresse e implicite.

DEFINIZIONE DI ENTITÀ

Il risultato di attività o processi (prodotti tangibili o intangibili - servizi), una attività o un processo (es. la fornitura di un servizio, l'esecuzione di un processo), un'organizzazione o una combinazione delle precedenti.

[ISO 8402, 1994]

Già dalla definizione di qualità, data dalla ISO 8402, traspare in maniera chiara che il servizio non è un qualcosa che può essere trattato a margine, ma gioca un ruolo di primissimo piano.

SERVIZI E PRODOTTI: CONSIDERAZIONI GENERALI

- Anche se la necessità di definire e "misurare" la qualità è nata nell'ambiente manifatturiero, oggi si va diffondendo in tutti i contesti (servizi compresi).
- Non vengono realizzati prodotti senza servizi, mentre avviene normalmente il viceversa.
- Quando il consumatore acquista un oggetto, si serve di vari elementi tangibili per giudicarne la qualità: stile, forma, colore, idoneità all'uso, ecc. Nei servizi tali elementi sono più scarsi (si limitano infatti alle attrezzature fisiche di chi fornisce il servizio, ai suoi impianti e al suo personale).
- In assenza di elementi tangibili sui quali basarsi per valutare la qualità, il consu-

matore inevitabilmente ricorre ad altri elementi. Alcuni autori sostengono che il prezzo diventa l'indicatore base di riferimento [McConell, 1968; Olander, 1970; Zethami, 1981].

L'INCOGNITA DEL SERVIZIO

- L'intangibilità è la causa per cui una azienda trova difficoltà a capire come i consumatori percepiscono i servizi e la loro qualità.

Quindi il fatto che il servizio non si veda determina delle difficoltà per l'azienda che non riesce a capire come servizi che essa offre vengono recepiti dai clienti.

“Quando il prestatore di servizi capisce come i consumatori valutano il servizio, allora si potrà indicare come influenzare questa valutazione opportunamente” [Gronroos, 1982]

Il non saper misurare la valutazione di un servizio da parte di un cliente significa non saperla influenzare.

LE CARATTERISTICHE PECULIARI DEI SERVIZI

1. L'intangibilità del servizio (spesso il servizio è una realtà immateriale, si pensi ad esempio ad una agenzia di viaggi, una prestazione, qualcosa che avviene e non lascia traccia)
2. Standardizzazione limitata (difficoltà nella standardizzazione di atteggiamenti e modalità di erogazione). Questo perché il servizio è fornito da persone e persone diverse si comportano in maniera diversa, il modo di porsi è differente da persona a persona e questo rende difficile la standardizzazione. Inoltre, per particolari servizi, mancano i punti di riferimento. Il servizio è dunque, sotto queste ipotesi, diverso dal prodotto.
3. Contestualità (o inseparabilità) (il servizio si produce e si eroga nello stesso luogo; il servizio non si immagazzina; l'utente partecipa all'erogazione del servizio)
4. Eterogeneità (il servizio dipende da chi lo eroga)
5. Affidabilità delle risorse umane (l'affidabilità del servizio si regge in prevalenza sulle persone che hanno diretto contatto con l'utente)

IL PROBLEMA DELLA “QUANTIFICABILITÀ” DI UN SERVIZIO

- Stabilire le “dimensioni” che influenzano l’erogazione del servizio; quindi quali sono le caratteristiche che determinano l’attenzione da parte del cliente nei confronti del servizio.
- Stabilire quali sono gli elementi misurabili in forma oggettiva e/o soggettiva;
- Introdurre dei “sistemi di misura” delle grandezze e variabili in gioco;
- Costruire un modello che consenta di interpretare il legame tra le variabili e il meccanismo di erogazione;
- definire delle procedure per monitorare con continuità l’erogazione del servizio; gran parte degli strumenti a disposizione riescono a fotografare una istantanea del servizio, ma non riescono nella continuità
- definire degli standard di riferimento; questo è un punto molto delicato perché non abbiamo degli elementi di riferimento su cui far leva, su cui ragionare per confronto.

In sostanza gli elementi che ci dovrebbero permettere la quantificabilità del servizio sono diversi e i problemi si muovono su diversi fronti.



L’immagine a lato fa vedere il tipo di implicazione che ci sono state nell’evoluzione del concetto di qualità. Un tempo la qualità era la conformità all’uso, la conformità alle specifiche. Questo voleva dire andare a verificare che l’oggetto era conforme alle specifiche del progettista. Con l’evoluzione della definizione nel tempo il concetto di qualità si è esteso ed è comparsa la necessità di soddisfare le esigenze espresse e/o implicite.

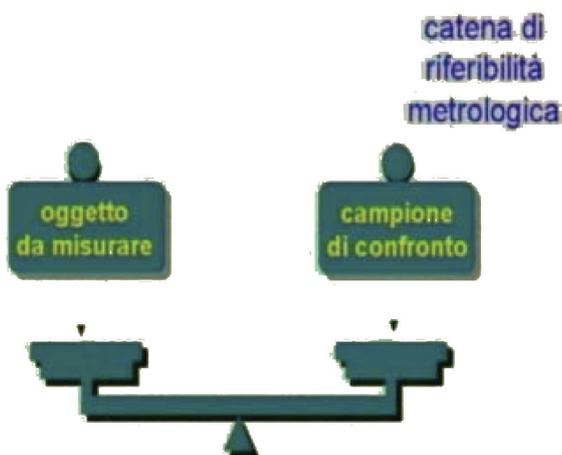
Con questo allargamento di definizione è intervenuto anche il concetto delle misure “soggettive” su utenti/clienti.

Quindi l’estensione della definizione ha portato alla necessità di introdurre nuovi strumenti di misura. Questa è una sfida aperta per tutti coloro che si occupano della qualità.

Ci sono delle ragioni che determinano la difficoltà della misura della qualità del servizio. Una è l’intangibilità del servizio, ma ce ne sono anche altre, che sono comuni ai prodotti.

PERCHÈ È COMPLICATO EFFETTUARE UNA MISURA DELLA QUALITÀ DI UN SERVIZIO

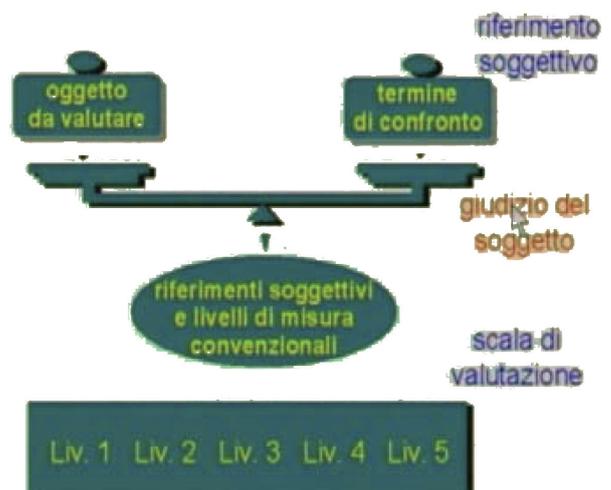
- Perché la Qualità è una grandezza multidimensionale; la multidimensionalità è data dalle caratteristiche in esame di un prodotto o di un servizio
- Perché le dimensioni che intervengono nella definizione della Qualità non sono tutte ugualmente importanti per gli utenti; ci possono essere utenti più sensibili all'estetica, altri a fattori ecologici, o di sicurezza, ecc. Essi non sono della stessa importanza, per cui si rende necessario discriminare tra le varie caratteristiche;
- Perché le misure che si possono effettuare risentono in maniera pesante del fattore umano; il fattore umano nel servizio gioca un ruolo importante, minore di quello nel prodotto;
- Perché sono diversi i "sistemi di riferimento" di ogni soggetto; si cerca di capire se si può arrivare ad una omogeneizzazione al fine di avere valutazioni tra loro confrontabili;
- Perché è difficile concepire strumenti poco intrusivi per il "misurando"; il misurando, in questo caso è il servizio e gli strumenti citati sono di norma dei questionari



Misurazione convenzionale di un prodotto, viene effettuata per confronto con un campione, ad esempio una massa oppure una lunghezza oppure un tempo.

Misurazione di un servizio, la procedura può essere a quella analoga a quella di un prodotto.

In questo caso cambiano gli elementi del confronto: abbiamo un oggetto da valutare e un termine di confronto al posto di un oggetto da misurare e un campione di



confronto. Lo strumento di misura è il giudizio del soggetto. Il riferimento non è più una catena di riferibilità metrologica che ci ricollega al sistema di riferimento nazionale, ma abbiamo a che fare con un riferimento soggettivo, che è quindi variabile da soggetto a soggetto.

La valutazione che viene fatta dal soggetto è normalmente espressa in scale, che non sono continue come avviene per le grandezze fisiche.

Tali scale sono a valori discreti, cosiddetta a punti. Nell'esempio in figura sono evidenziati cinque livelli di una scala. Queste scale sono ordinate in modo da avere livelli crescenti rapportabili alla valutazione soggettiva.

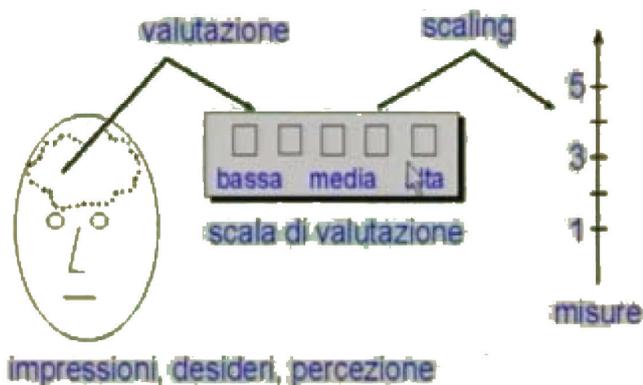


Fig.2: percorso e trasformazioni delle informazioni date dai clienti.

Nella figura a lato l'iter per la generazione delle misure a partire da una scala di valutazione.

In una scala soggettiva non è facilmente rappresentabile, ad esempio, il concetto di distanza, in quanto il processo di passaggio dalla valutazione alla misura introduce un qualcosa di esterno rispetto al soggetto.

In altri termini nel passaggio alla numerizzazione, scaling, introduciamo più informazione di quanta ce n'era nel soggetto che ha fornito la valutazione. Aggiungiamo quindi delle proprietà che non erano presenti quando la valutazione è stata eseguita

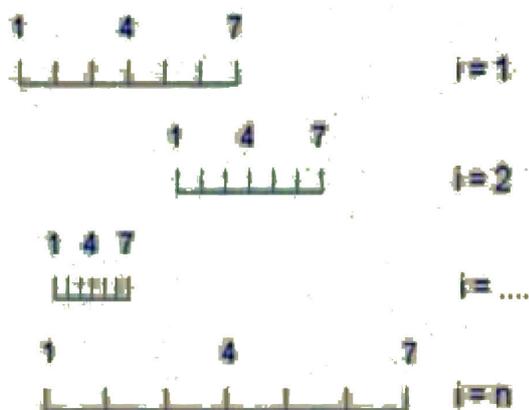
Nella figura a lato una serie di scale relative a soggetti diversi, dal soggetto 1 al soggetto n.

Quello che ci chiediamo se l'origine di queste scale è unico per tutti i soggetti. Inoltre il fattore di scala tra i vari soggetti non è lo stesso per le varie scale.

Questo rende molto peculiare la qualità del servizio per cui lo strumento necessario alla sua misurazione deve essere tale da evitare che quanto misurato sia diverso da quello percepito dal cliente.

Vedremo come si possono affrontare questi problemi analizzando un paio di stru-

Le scale di valutazione convenzionali



menti che sono stati concepiti per risolvere questo tipo di problema.

□

Prof. Fiorenzo Franceschini
42'56''

- La misura della Qualità
- Modelli concettuali a confronto
- Modello PZB-1
- Modello PZB-2

Nella scorsa lezione abbiamo visto le analogie e le differenze tra la qualità nei prodotti e la qualità nei servizi. Tali differenze hanno un impatto molto forte per quanto riguarda le problematiche di misura. Abbiamo visto due tipologie di misure, quella convenzionale di tipo fisico e quella soggettiva relativa alla qualità. Inoltre è stato introdotto il problema che riguarda l'uso spesso non propriamente corretto che si fa delle informazioni raccolte sulle scale di valutazione di soggetti con riferimento a alcuni attributi della qualità. Tipicamente, per la misura della qualità del servizio, si usano scale a punti, normalmente in numero dispari per poter permettere al valutatore di appoggiarsi all'elemento neutro. Il numero di punti non deve essere troppo esteso perché la capacità dei soggetti di attribuire una informazione su una scala a punti non è estremamente estesa.

| | | |
|------------------------------|----------------------------------|---|
| | misurazione oggettiva | valutazione soggettiva |
| mezzi di misura | strumento di misura | giudizio |
| sistemi di misura | campione di confronto | riferimenti ed aspettative personali |

**Schema di confronto tra misurazione
oggettiva e valutazione soggettiva**

Vediamo a lato una tabella che mette a confronto i mezzi di misura e i sistemi di misura sia con le grandezze oggettive che con le valutazioni soggettive.

Il problema della misura della qualità del servizio è abbastanza recente ed è ad opera di tre studiosi nel 1985, che hanno messo a fattore comune un modello concettuale per andare a capire il meccanismo con cui viene erogato un servizio.

Analizzeremo due modelli concettuali, il modello PZB-1 e il modello PZB-2.

MODELLI CONCETTUALI A CONFRONTO

Con l'obiettivo di osservare e indagare in maniera puntuale il "processo di erogazione del servizio" sono stati messi a punto una serie di **modelli concettuali** di riferimento, dagli studiosi americani Parasuraman, Zeithaml e Berry, in due versioni:

- Modello PZB-1;
- Modello PZB-2;

IL MODELLO CONCETTUALE DI QUALITÀ DEI SERVIZI PZB-1

Il primo modello dal punto di vista concettuale definisce un certo numero di Qualità.

Qualità attesa (Qa) (cosa si aspetta il cliente da quel determinato servizio)

Qualità ipotizzata (Qar) (cosa l'azienda intuisce della Qualità attesa; l'azienda effettua delle indagini, di mercato o di altro genere, al fine di capire se quello che eroga corrisponde alle attese del cliente; di norma quello che viene intuito dall'azienda non è quello che si attende il mercato)

Qualità di progettazione (Qd) ("progetto" della Qualità del servizio; il che vuol dire pensare un qualcosa che soddisfi il cliente e che abbia insite le caratteristiche della qualità. La qualità è dunque un qualcosa che si progetta per il servizio)

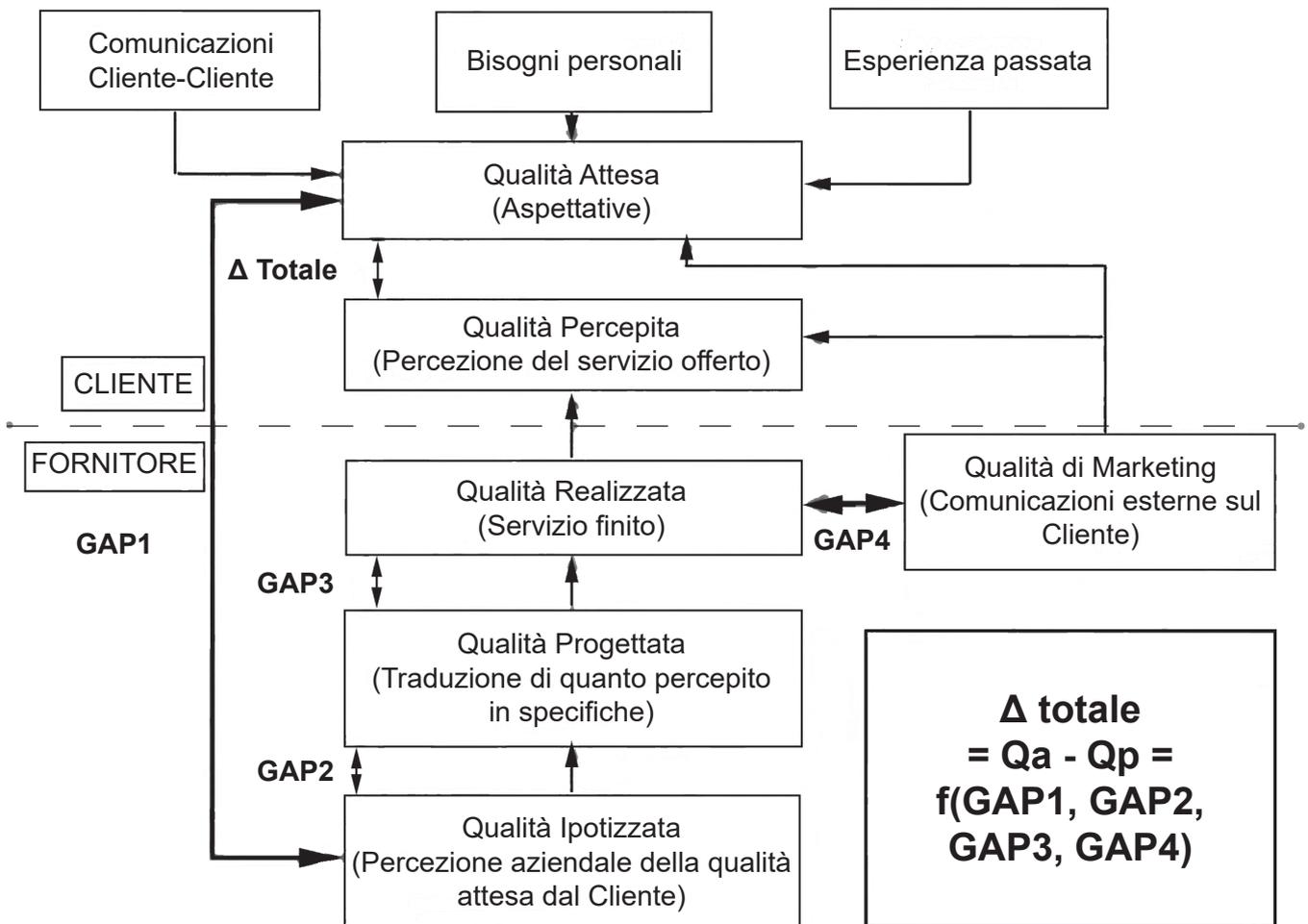
Qualità realizzata (Qr) ("realizzazione" della Qualità progettata; è la messa in pratica di quanto progettato per la Qualità nel servizio)

Qualità di marketing (Qm) (Qualità trasmessa sul canale comunicativo/persuasivo; è quello che l'immagine che l'azienda erogatrice del servizio trasmette ai propri clienti di quello che è il servizio che vuole offrire)

Qualità percepita (Qp) (Qualità percepita dall'utente; è la risultante di tutti gli sforzi compiuti dall'azienda sia da un punto di vista tecnico, di progettazione, sia da un punto di vista di immagine e quindi qualità del marketing)

IL MODELLO CONCETTUALE DI QUALITÀ DEI SERVIZI

[PARASURAMAN ZETHAML & BERRY, 1985]



Si noti la linea di separazione tra due mondi, quello del cliente e quello del fornitore, ovvero l'erogatore del servizio.

Per quanto riguarda i problemi relativi al mondo del fornitore possiamo osservare che il fornitore, da quella che è la qualità attesa dal cliente trae delle informazioni attraverso le quali comincia ad ipotizzare qualcosa che in qualche modo dovrebbe rappresentare quello che si attende il cliente.

Fa una analisi e determina la cosiddetta qualità ipotizzata, cioè la percezione che ha l'azienda della qualità attesa dal cliente. Però fra la qualità attesa e la qualità ipotizzata c'è evidentemente un certo differenziale, identificato come GAP 1.

Tra quello che l'azienda propone attraverso la qualità ipotizzata e quello che progetta attraverso la qualità progettata si genera nuovamente un GAP, identificato come GAP 2. Questo perché, per quanto bene le informazioni della qualità ipotizzata vengano messe in pratica, normalmente, quando si va ad effettuare il progetto di un nuovo servizio, esiste un certo differenziale.

Dalla qualità progettata si passa alla qualità realizzata che è quella effettivamente

messa in pratica nell'erogazione del servizio. La differenza fra qualità realizzate e qualità progettata determina un ulteriore differenziale identificato come GAP 3. Esso tiene conto degli scostamenti tra quanto si progetta e quanto si fa.

A fianco di questi tre elementi ne esiste un altro che è la qualità di marketing, che rappresenta come le informazioni sulla qualità vengono trasferite all'esterno del fornitore e quindi come il marketing sia l'immagine che l'azienda vuole si trasmetta all'esterno del servizio erogato. Anche in questo caso, normalmente, tra qualità realizzata e qualità di marketing esiste un differenziale identificato come GAP 4. Questo differenziale è di solito, purtroppo, sbilanciato nella direzione del marketing. Viene cioè detto più di quanto si possa effettivamente dare.

I quattro differenziali osservati intervengono, in qualche modo, sul salto che si registra tra la qualità attesa e la qualità percepita.

Passando quindi al mondo del cliente, possiamo osservare che tra la qualità attesa e la qualità percepita esiste un certo differenziale, detto Δ totale.

La qualità attesa è influenzata da più canali, uno di essi può essere dato dalle comunicazioni fra cliente e cliente, ovvero il meccanismo del passa parola, poi può essere dato dai bisogni personali e, infine, dell'esperienza passata.

Questi tre elementi, comunicazioni fra clienti, bisogni personali, esperienza passata, influiscono la qualità attesa, che si va a confrontare con la qualità percepita.

Il Δ totale è una funzione dei quattro GAP, frutto di ogni passaggio tra quello che l'azienda ipotizza alla realizzazione.

Il grosso vantaggio di questo strumento è quello di aver messo a fattor comune tutti gli elementi che sono importanti e che vengono sviluppati nell'erogazione di un servizio.

Il modello in esame è un modello concettuale che ha una notevole valenza sperimentale in quanto nasce dall'analisi della evidenza empirica dagli studi condotti dai tre studiosi citati su un certo numero di soggetti differenti.

I servizi, in realtà, non fanno ognuno una storia a parte, ma è stato possibile estrapolare elementi tali da ricavarne un modello, dall'analisi dei risultati ottenuti.

IL MODELLO PZB-1

Il modello nasce da una ricerca empirica ricavando i dati da gruppi di clienti (focus group) e mediante interviste a dirigenti di aziende e servizi:

- Servizi bancari per il pubblico;
- Carte di credito;
- Mediazioni valori mobiliari;
- Riparazione e manutenzione apparecchi elettrodomestici;

Si noti come tali servizi siano molto differenti tra di loro.

Dal risultato delle analisi dei dati è stato possibile mettere in evidenza due cose importanti.

Come prima cosa il modello concettuale appena visto che fa capire il meccanismo in dettaglio che avviene nel processo di erogazione del servizio e la sua progettazione e le manifestazioni che le varie anime dell'azienda mettono in evidenza con riferimento al cliente.

Come seconda cosa questo modello ha messo in evidenza quali sono le determinanti che dobbiamo considerare nel fare una valutazione del servizio.

| Dimensioni di SERVQUAL | | | | | |
|---|--------------------|--------------|----------------------|--------------------------|---------|
| Dieci dimensioni originali della valutazione della qualità del servizio | Attività tangibili | Affidabilità | Capacità di risposta | Assicuraz. della qualità | Empatia |
| Attività tangibili | | | | | |
| Affidabilità | | | | | |
| Capacità di risposta | | | | | |
| Competenza | | | | | |
| Cortesìa | | | | | |
| Credibilità | | | | | |
| Sicurezza | | | | | |
| Facilità di accesso | | | | | |
| Comunicazione | | | | | |
| Capire il cliente | | | | | |

Le determinanti su cui viene data una valutazione sono le Attività tangibili, ecc.

Le attività tangibili sono quelle che sono evidenti nel servizio, come ad esempio i terminali ad uno sportello bancario.

L'affidabilità del servizio, inteso come puntualità di quanto concordato.

La capacità di risposta ad eventuali domande effettuate da parte del cliente.

La competenza, ovvero la possibilità di dominare tutte le possibili situazioni da parte di chi eroga un servizio.

La cortesia, che è un altro aspetto ritenuto rilevante, e che consiste nell'erogazione del servizio effettuato con "buoni modi".

La credibilità, che consiste nell'immagine che abbiamo di chi ci eroga il servizio.

La sicurezza, applicabile ad esempio nei servizi erogati dagli istituti bancari.

La facilità di accesso, altro elemento importante, applicabile ad esempio ad una biblioteca.

La comunicazione, intesa nel fatto che ci possa essere la possibilità di dialogo con il fornitore del servizio, ad esempio poter esplicitare dei dubbi.

Capire il cliente, che consiste nel fatto di mettersi nei panni di chi si ha di fronte, in qualità di fornitore di un servizio.

Sulle colonne abbiamo altri elementi, anche essi determinanti, le attività tangibili,

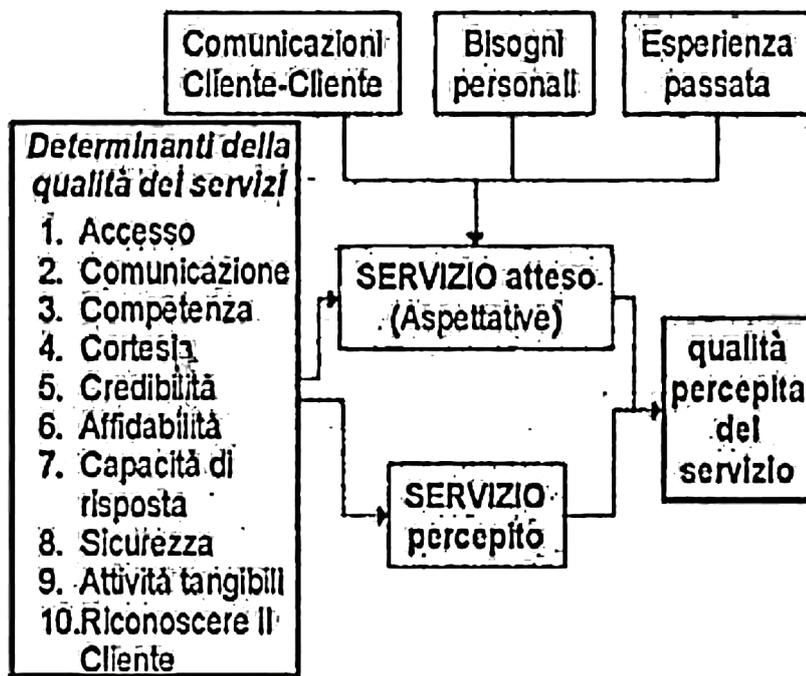
l'affidabilità, la capacità di risposta, l'assicurazione della qualità, l'empatia.

Questi determinanti rappresentano un ridotto numero di determinanti che riescono a raggruppare un certo numero di determinanti, come dimostrato nell'immagine.

Questo modello si collega con i fattori determinanti nella qualità del servizio, come riportato nella figura successiva.

INTEGRAZIONE TRA MODELLO PZB E FATTORI DETERMINANTI NELLA PERCEZIONE DELLA QUALITÀ DEI SERVIZI

[PARASURAMAN ZETHAML & BERRY, 1985]



Nella figura a lato viene evidenziato come i determinanti della qualità dei servizi si relazionano con altri fattori esterni, il che determina le aspettative del cliente.

Dal differenziale tra il servizio stesso e il servizio percepito si ottiene la qualità percepita del servizio.

Così facendo ci siamo di collegati al modello concettuale che abbiamo appena descritto.

VALIDITÀ DEL MODELLO PZB-1

- Fornisce una buona chiave di lettura del processo di erogazione di un servizio;
- Identifica le dimensioni determinanti nella percezione della Qualità di un servizio.

LIMITI DEL MODELLO PZB-1

- Non è un modello operativo, possiamo solo vedere quello che accade;
- Non fornisce indicazioni su come poter effettuare "misure" sulle variabili del modello.

Questi limiti hanno posto le basi per generare una versione successiva, con metodologie che superassero i limiti della versione precedente.

IL MODELLO PZB-2

Il modello concettuale PZB-1 diventa “operativo” con l’introduzione di SERVQUAL, uno strumento (questionario di 22+22 domande) che tenta di valutare da un punto di vista quantitativo la Qualità attesa e la qualità percepita, poi di fare una analisi comparata e studiare gli effetti che si determinano sul differenziale della Qualità stessa.

22 domande sono indirizzate alla misura delle aspettative che si hanno in riferimento ad un certo servizio.

22 domande sono rivolte alla misura delle percezioni, una volta che il servizio è stato erogato.

Con ventidue domande si vanno a valutare le cinque determinanti collassate della qualità del servizio. Per ognuna di esse vengono fatte più domande in modo tale da vedere se chi risponde al questionario è in qualche modo affidabile. Dunque il numero di domande è determinato dal verificare l’affidabilità di chi risponde al questionario.

LIMITI DEL MODELLO PZB-2

- complessità di SERVQUAL (strumento molto intrusivo);
- Qualità attesa e Qualità percepita sono “misurate” in contemporanea, una volta che il servizio è stato ricevuto. Ma questo può determinare qualche problema derivato da un eventuale inquinamento reciproco tra Qualità attesa e Qualità percepita;
- interpretazione “numerica” delle informazioni raccolte nei questionari, le scale viste in precedenza.

Sezione delle ASPETTATIVE [A1-A22]

| | NON E' AFFATTO ESSENZIALE | E' ASSOLUTAMENTE ESSENZIALE |
|---|------------------------------|--------------------------------|
| A1 | | |
| Le aziende eccellenti devono avere attrezzature dall'aspetto moderno | 1 2 3 4 5 6 7 | |
| A8 | | |
| Le aziende eccellenti devono fornire i servizi nel momento in cui promettono di farlo | 1 2 3 4 5 6 7 | |
| A18 | | |
| Le aziende eccellenti devonbo prestare attenzione ai clienti individualmente | 1 2 3 4 5 6 7 | |

Il questionario è preceduto da un help esplicativo.

La scala usata è su sette punti. Essa è del tipo cosiddetto semantico-differenziale perché dà al valutatore la possibilità di esprimersi all'interno di questo ambiente a sette punti.

Vediamo come vengono valutate le cinque caratteristiche del servizio.

| Importanza delle CARATTERISTICHE | | Punteggio |
|---|--|-----------|
| ① L'aspetto delle strutture fisiche, delle attrezzature, del personale e degli strumenti di comunicazione | | |
| ② La capacità dell'azienda di fornire il servizio promesso in maniera affidabile e precisa | | |
| ③ La disponibilità dell'azienda di aiutare i clienti ed a fornire prontamente il servizio | | |
| ④ La preparazione e la cortesia dei dipendenti dell'azienda e la loro capacità di infondere fiducia e sicurezza | | |
| ⑤ L'assistenza, premurosa e personalizzata, che l'azienda offre ai propri clienti | | |
| SOMMA = 100 | | |

Le determinanti del servizio non sono tutte della stessa importanza.

Quindi nella "importanza delle caratteristiche" vengono riportate cinque affermazioni, ciascuna delle quali fa riferimento a una delle determinanti collassate viste nel modello. Viene riportato un punteggio da assegnare in modo tale che la somma faccia cento.

La seconda parte del questionario è relativo alle percezioni, e presenta delle domande analoghe a quelle delle aspettative, non facendo riferimento alle "aziende eccellenti", ma facendo riferimento ad un particolare azienda, quella dalla quale stiamo ricevendo il servizio.

| Sezione delle PERCEZIONI [P1-P22] | | |
|--|------------------------------|----------------------------------|
| | SONO PERFETTAMENTE D'ACCORDO | NON SONO ASSOLUTAMENTE D'ACCORDO |
| P1 La -- ha attrezzature dall'aspetto moderno | 1 2 3 4 5 6 7 | |
| P8 La -- fornisce i servizi nel momento in cui promette di farlo | 1 2 3 4 5 6 7 | |
| P18 La -- Vi presta attenzione individualmente | 1 2 3 4 5 6 7 | |

Dall'analisi comparata di questi risultati si ha la possibilità di tracciare e di evidenziare il profilo della qualità da una parte atteso e dall'altra percepito.

Questo tipo di strumento per fare questi tipi di analisi non è l'unico sul mercato ma è stato il primo.

Oggi vengono messi a punto altri strumenti, ad esempio, SERVPERF, il

qualitometro, che hanno la finalità di superare alcune perplessità che si trovano nello strumento progenitore SERVQUAL. Sono stati eliminati alcuni punti deboli, ad esempio il fatto di misurare in momenti separati la qualità attesa da quella percepita. Sono inoltre strumenti meno pesanti dal punto di vista dell'utente e che fanno tesoro degli aspetti importanti dei primi modelli di tale tipo di strumento, PZB-1 e PZB-2.

□

Prof. Fiorenzo Franceschini
40'22"

- La variabilità
- Problemi importanti per chi esercita il controllo qualità
- Strumenti operativi del SPC
- Specifiche nominali e tolleranza di prodotto
- Tolleranza naturale di processo
- Determinazione della tolleranza naturale: strumenti

Introduzione

La tolleranza naturale di un processo è una nuova tematica, importante, che è indirizzata verso la scoperta degli strumenti più importanti per quanto riguarda il controllo statistico di processo. Si tratta di analizzare i concetti e gli strumenti più importanti utilizzati per verificare la qualità dei prodotti durante le fasi della loro produzione.

Vedremo oggetti di cui abbiamo parlato nelle prime lezioni, le carte di controllo, i piani di campionamento e vedremo come si applicano utilizzando degli esempi.

VARIABILITÀ

Le motivazioni che hanno spinto gli studiosi a mettere a punto degli strumenti per il controllo della qualità nasce dal fatto che qualunque realizzazione di prodotto, o di servizio, o di quant'altro, è soggetto per tutta una serie di ragioni, determina una variabilità. La variabilità è la ragione che ha portato alla nascita degli strumenti di controllo statistico di progetto.

La variabilità è l'attitudine ad assumere aspetti e forme diverse, il che è una realtà comune a tutti i fatti della natura e ai prodotti del lavoro umano, per mezzo di utilizzo di apparati.

La variabilità, dal punto di vista ingegneristico, comporta che la definizione di uno "standard" per un prodotto venga data in termini di:

- Specifica nominale, il valore o la quantità di una certa grandezza
- Limiti inferiore e/o superiore (tolleranza)

affinché un prodotto risulti accettabile in relazione agli obiettivi di forma o prestazione che gli si propongono.

In pratica si tratta di definire un valore relativo ad una certa grandezza e la sua tolleranza, in pratica quanto può variare per essere accettabile.

Vediamo due problemi importanti per chi affronta il controllo Qualità.

DUE PROBLEMI IMPORTANTI PER CHI ESERCITA IL CONTROLLO QUALITÀ

- Come vengono definite le specifiche di un prodotto e le sue tolleranze?
- Come viene stabilita la variabilità naturale di un processo?

Definizione di **VARIABILITÀ NATURALE**

E' la tendenza del processo a realizzare, sotto condizioni operative normali, prodotti differenti rispetto agli obiettivi produttivi.

Si pone un terzo problema conseguente alla comprensione del processo produttivo. Si tratta di riuscire a capire quali tipi di strumento devo utilizzare per mantenere il controllo del processo nel tempo.

IL TERZO PROBLEMA DEL CONTROLLO QUALITÀ

- Come è possibile mantenere e verificare che un processo è sotto controllo?

OBIETTIVO DEL SPC/SQC

(STATISTICAL PROCESS CONTROL / STATISTICAL QUALITY CONTROL)

Predisporre una serie di procedure e di strumenti che permettano di identificare QUANDO, e SE, siano intervenute modificazioni della variabilità naturale del processo.

Nel controllo della qualità dei processi abbiamo in sostanza due momenti. Il primo è quello in cui viene stabilita la variabilità naturale del processo, secondo la definizione appena fornita. Il secondo consiste nel mettere in piedi un qualcosa che permetta di monitorare e quindi di osservare nel tempo l'evoluzioni del processo.

STRUMENTI OPERATIVI SPC

- Sottoporre la produzione ad un controllo completo (100%) - *Soluzione onerosa*
- Sottoporre la produzione ad un controllo parziale (*da capire quale parte ed ogni quanto tempo*)
 - . carte di controllo
 - . piani di campionamento (che danno il via alla cosiddetta attività di controllo accettazione)
- Soluzioni miste

SPECIFICHE NOMINALI E TOLLERANZE DI PRODOTTO

Specifica nominale è uno standard definito dal progetto allo scopo di identificare il requisito richiesto teoricamente al prodotto. Ad esempio lo spessore di un oggetto pari a 0,500 cm.

Tolleranza del prodotto è una espressione della possibile variazione del prodotto rispetto alla specifica nominale, perché questo sia ritenuto conforme. Ad esempio la tolleranza di 0,004 cm. di uno spessore.

Si arriva, dati gli esempi citati alla specifica completa dello spessore, $(0,500 \pm 0,002)$ cm., per cui lo spessore deve essere contenuto tra 0,498 cm. e 0.502 cm.

NOTA. La decisione dell'ampiezza della tolleranza nasce sia da considerazioni tecnico/ingegneristiche sia economiche.

Con riferimento a quanto già espresso in relazione alla variabilità naturale possiamo dare una definizione di tolleranza naturale del processo. Questo perché, parlando di specifiche abbiamo parlato di tolleranza di specifica, è ora possibile parlare di tolleranza naturale, che è il modo naturale di manifestarsi di un certo processo indipendentemente dalla specifica che gli è stata attribuita.

Quindi da una parte abbiamo la tolleranza di specifica del prodotto e dall'altra abbiamo la tolleranza naturale del processo, di cui segue una definizione.

TOLLERANZA NATURALE DEL PROCESSO (PROCESS CAPABILITY)

È l'espressione della variabilità del processo che rappresenta l'effetto dei migliori sforzi per eliminare o massimizzare le cause di variazione non desiderata.

La tolleranza naturale è la miglior forma di un processo, ottenuta quando il processo non riceve condizionamenti, ovvero non riceve interazioni dall'esterno.

Il punto focale dell'incontro tra esigenze progettuali ed esigenze produttive si traduce nel confronto tra:

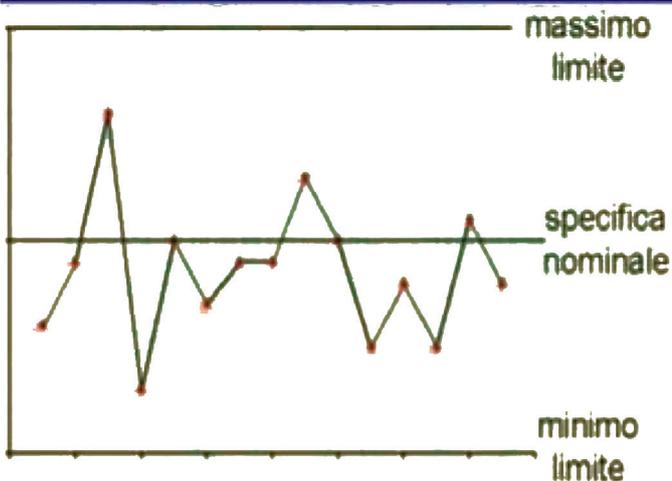
- Tolleranza del prodotto (*quello che desidera il progettista*)
- Tolleranza naturale del processo (*modo naturale di manifestazione del processo*)

Un mezzo per operare il confronto tra i due parametri è rappresentato da grafici del tipo che seguono, che sono

situazioni che possono accadere operativamente nella pratica e che sono manifestazioni tipiche nei processi realizzative di certi oggetti.

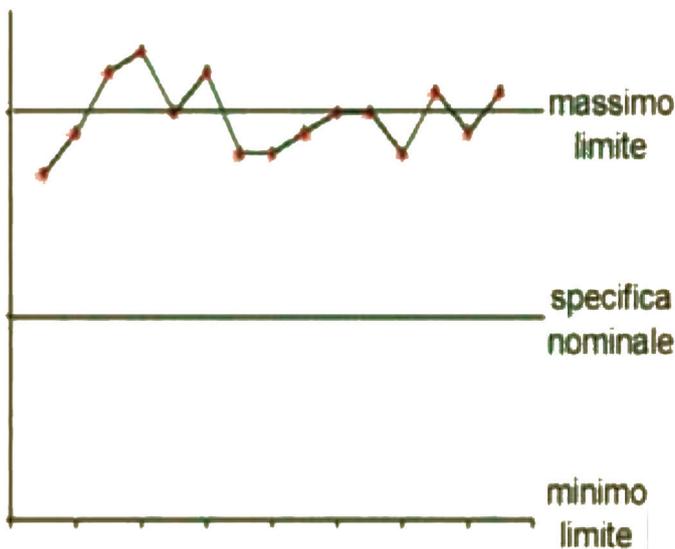
La casistica va a fotografare quattro o cinque possibili situazioni ed è ovviamente non esaustiva, ma da una idea di quello che accade. È importante notare che da anche una idea di quella che è la cosiddetta firma del processo.

Esempi di analisi della capacità qualitativa di un processo

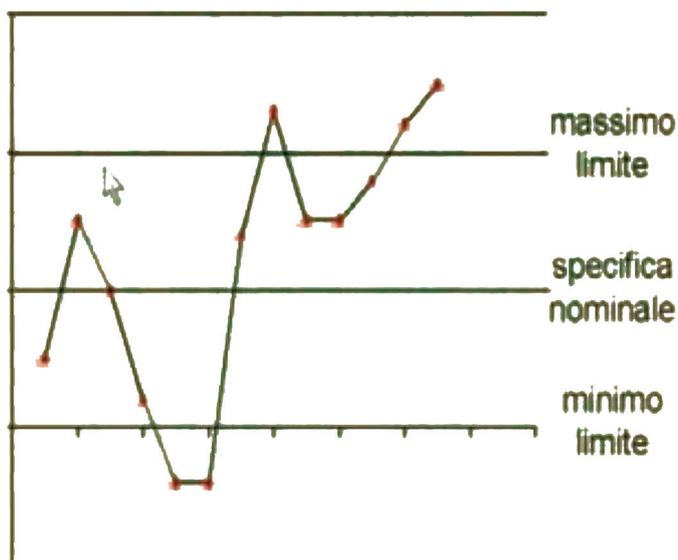


Nel grafico è riportato il massimo ed il minimo limite del processo e la specifica nominale.

Il processo è misurato secondo una grandezza ritenuta significativa ed esso si manifesta con delle strane oscillazioni, che, in prima battuta sembrano essere casuali, ma che risultano confinate entro i valori di limite massimo e minimo, cioè quello superiore e quello inferiore.

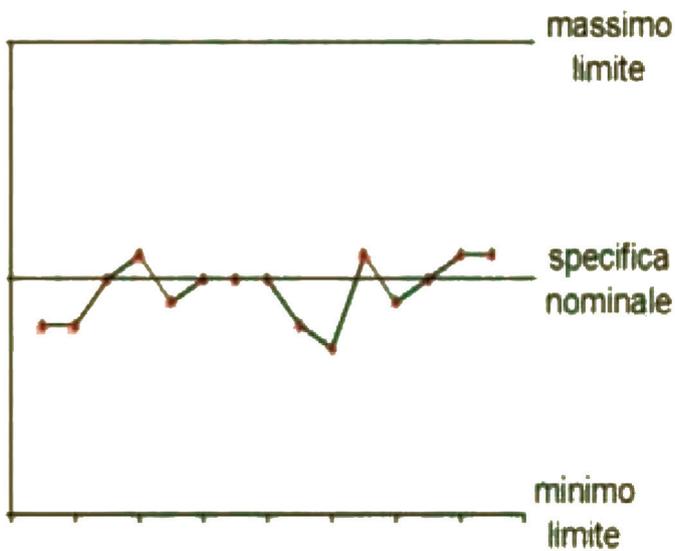


In questa seconda situazione la firma del processo è assolutamente spostata verso l'alto, ed esistono addirittura dei punti che si trovano al di sopra dei limiti consentiti di specifica. Quindi il processo in esame è sbilanciato verso il valore alto della specifica. La situazione non è positiva, in quanto i prodotti risulteranno non conformi e quindi stiamo introducendo male.



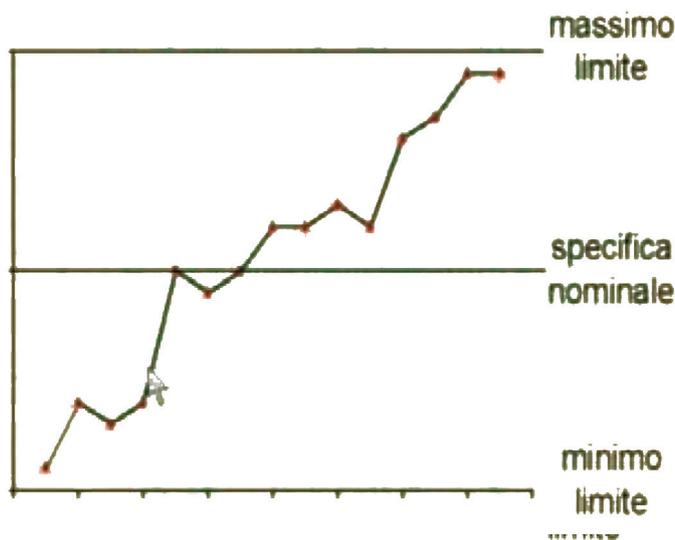
In questa terza situazione si evidenzia un processo che potremmo definire "ballerino". Ci sono alcuni punti centrati entro i limiti di specifica, altri che escono dal limite inferiore creando delle non conformità e altri ancora che si portano oltre confine massimo. Il processo in esame risulta essere instabile, presenta delle anomalie, e questo comporta una situazione non favorevole, in quanto una certa parte della produzione è al di fuori dei limiti

di specifica e quindi i prodotti saranno dichiarati non conformi. Quindi essi potranno costituire o degli scarti della produzione oppure delle potenziali rilavorazioni.



Nella quarta situazione il processo si muove con piccole oscillazioni intorno alla specifica nominale. Ci si potrebbe chiedere se sono state adottate, da parte del progettista, delle specifiche troppo lasche, oppure il processo è troppo buono rispetto alle specifiche previste.

Questo può far pensare che le tecnologie adottate, di alto profilo e quindi costose, siano sovradimensionate. Il progettista deve dunque rendere noto questa situazione in modo tale che all'acquisizione di nuove tecnologie esse siano esattamente nulla di più o uno di meno di quello che serve, visto che il tutto in più implica dei costi aggiuntivi.



Nella quinta e ultima situazione il processo subisce una lenta ma inesorabile ascesa dal basso verso l'alto. Questo vuol dire che nel processo stanno avvenendo delle situazioni che lo portano lentamente alla deriva. Quindi il progettista, o l'addetto alla qualità, non aspettano che il processo vada completamente alla deriva avendo sotto mano una analisi che evidenzia come il processo stia mutando lentamente, nel tempo, le proprie caratteristiche. Questa è una

ulteriore situazione non gradita a chi opera nel controllo qualità. Occorrerà quindi adottare soluzioni per riportare il processo nelle cosiddette condizioni di "normalità", ovvero assenza di cause di perturbazioni che possono verificarsi dall'esterno.

Il fenomeno di deriva appena analizzato è abbastanza tipico nei processi in cui

avviene una usura come, ad esempio, la produzione di pezzi meccanici attraverso macchine utensili, che appunto hanno la tendenza ad usurarsi.

Dai grafici osservati possiamo trarre alcune conclusioni.

Le manifestazioni dei processi sono diverse nel tempo, la variabilità esiste e va controllata, gestita. La variabilità ci porta una serie di messaggi, che devono essere capiti ed interpretati dagli addetti ai lavori nel controllo qualità al fine di trarne le dovute indicazioni per migliorare il modo di produrre.

Da una visione intuitiva dobbiamo passare ad una visione analitica che quantifichi la variabilità.

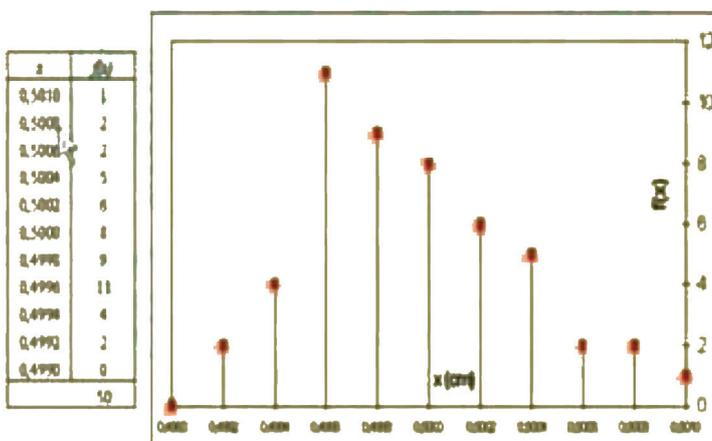
DETERMINAZIONE DELLA TOLLERANZA NATURALE

Sono a disposizione diversi strumenti:

- Strumenti grafici di rappresentazione
- Diagrammi delle frequenze
- Strumenti analitici (calcolo di S, deviazione standard)
- Carte di controllo

Al fine di analizzare gli strumenti a disposizione, ci avvaliamo di un esempio.

ESEMPIO Distribuzione delle misure di uno spessore



Si hanno una certa misura di spessori (riportata in ascissa) e, per ognuna di esse, si riporta una certa frequenza di accadimento (riportata in ordinata).

Ci poniamo l'obiettivo di trarre informazioni sulla tolleranza naturale del processo dal grafico della distribuzione dei cinquanta rilievi effettuati.

Faremo riferimento a degli indicatori di dispersione del processo.

STRUMENTI ANALITICI PER LA DETERMINAZIONE DELLA TOLLERANZA NATURALE DEL PROCESSO

Dal punto di vista grafico possiamo capire qual è l'intervallo entro il quale si posizionano i valori, in questo caso ne facciamo una stima attraverso la dispersione della variabilità, in particolare della varianza del processo.

STIMA di σ

- La variabilità di un fenomeno può essere misurata attraverso una misura di dispersione. Strumenti adatti a questo proposito sono, ad esempio, la deviazione standard **S** o il range **R**. La deviazione standard è indicata con la lettera dell'alfabeto latino S in quanto è stimata con pochi dati sperimentali. Saranno usate lettere greche per le informazioni che caratterizzano la popolazione delle misure che stiamo analizzando.
- Se si decide di utilizzare σ , come indicatore della variabilità (e quindi della dispersione) della distribuzione di una produzione, allora la tolleranza naturale viene definita come: **T.N = 6 σ**

A questo punto si pongono delle domande, ad esempio come viene determinata σ , che è una caratteristica della popolazione e quindi dovrebbe essere determinata facendo una analisi sistematica di tutto quello che è la produzione. Dobbiamo dunque ricorrere ad una stima di σ .

Inoltre ci chiediamo il perché la tolleranza naturale sia stata definita come 6 volte σ .



Prof. Fiorenzo Franceschini
40'29"

- Strumenti analitici per la determinazione della tolleranza naturale
- Tolleranza dell'unità e dell'insieme
- Legge di composizione delle tolleranze

STRUMENTI ANALITICI PER LA DETERMINAZIONE DELLA TOLLERANZA NATURALE DEL PROCESSO

Dal punto di vista grafico possiamo capire quale è l'intervallo entro il quale si posizionano i valori, in questo caso ne facciamo una stima attraverso la dispersione della variabilità, in particolare della varianza del processo.

STIMA di σ

- La variabilità di un fenomeno può essere misurata attraverso una misura di dispersione. Strumenti adatti a questo proposito sono, ad esempio, la deviazione standard **S** o il range **R**. La deviazione standard è indicata con la lettera dell'alfabeto latino S in quanto è stimata con pochi dati sperimentali. Saranno usate lettere greche per le informazioni che caratterizzano la popolazione delle misure che stiamo analizzando.
- Se si decide di utilizzare σ , come indicatore della variabilità (e quindi della dispersione) della distribuzione di una produzione, allora la tolleranza naturale viene definita come: **T.N. = 6 σ** (σ è la deviazione standard della popolazione).

A questo punto si pongono delle domande, ad esempio come viene determinata σ , che è una caratteristica della popolazione e quindi dovrebbe essere determinata facendo una analisi sistematica di tutto quello che è la produzione. Dobbiamo dunque ricorrere ad una stima di σ .

Inoltre ci chiediamo il perché la tolleranza naturale sia stata definita come 6 volte σ .

NOTA. **T.N. = 6 σ** ha una giustificazione teorica nell'assunzione che il processo distribuisca le misure dei prodotti secondo una distribuzione normale. Se detta ipotesi è vera allora il **99,73%** dei valori della caratteristica quali-

tativa che si sta considerando sono contenuti all'interno di una Tolleranza Naturale dove è noto il valore di σ ; σ non è noto, normalmente esso viene stimato a partire da un numero limitato di osservazioni.

Una **stima corretta di σ^2** è data da

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Lo stimatore s^2 esprime la varianza di un campione a partire da un certo numero limitato di dati, n .

Gli x_i sono i valori del campione i -esimo, \bar{x} è la media dei campioni.

Lo stimatore ci dà una stima corretta del valore di σ^2 .

Questo valore sarà utilizzato per calcolare in maniera specifica il valore di σ e con questo diamo una valutazione analitica della tolleranza naturale del processo.

ESEMPIO

Misura di spessore

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \Rightarrow s = 0.00042 \text{ cm.}$$

da cui la Tolleranza Naturale

$$\text{T.N.} = 6s = 6 \cdot 0.00042 = 0.0025 \text{ cm.}$$

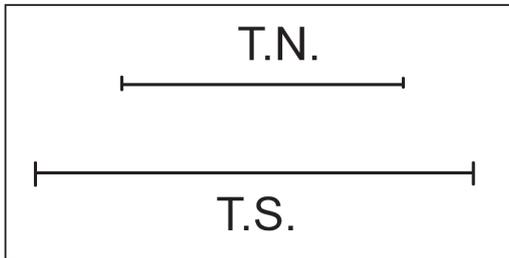
Dall'esempio visto precedentemente, possiamo ricavare una stima della Tolleranza Naturale, dal calcolo della varianza s^2 e da questa lo scarto quadratico medio s , che è pari a 0.00042 cm.

Il calcolo della Tolleranza Naturale quantifica la dispersione del processo. Il valore di tolleranza

naturale rappresenta la firma della dispersione del processo. Questo valore dovrà essere confrontato con le indicazioni fornite dal progettista attraverso la specifica di tolleranza che è stata richiesta al processo. Le situazioni che si possono verificare sono diverse: ci può essere concordanza tra i due valori e quindi essi sono ragionevolmente identici, ci può essere discordanza per cui la specifica di processo assume dei valori più grandi della specifica di prodotto o viceversa.

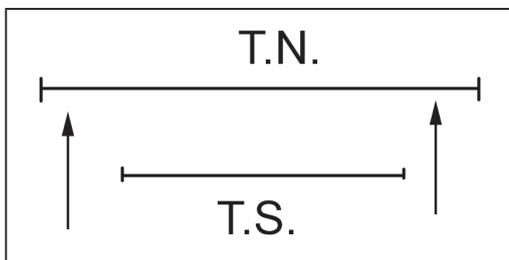
Questo può essere evidenziato in una schema formalizzando in modo descrittivo quello che si può verificare nella pratica.

La tolleranza naturale è la manifestazione del processo, rappresentabile con un certo intervallo.



La tolleranza di specifica è rappresentabile anch'essa con un certo intervallo. Se la tolleranza naturale è contenuta nella tolleranza di specifica il processo si comporta bene. In altre parole gran parte dei dati raccolti cade entro la tolleranza di

Il processo si comporta bene specifica.



In questo caso una quantità rilevante dei pezzi cadono al di fuori della tolleranza di specifica, come indicato dalle frecce. Questo rappresenta la situazione in cui abbiamo dei pezzi non conformi.

Si possono verificare anche situazioni in cui le due tolleranze non sono centrate, e questo sarà argomento quando parleremo di capacità del processo e vedremo come il rapporto tra la tolleranza naturale e la tolleranza di specifica possono essere analizzate attraverso lo studio di alcuni indici che sono proprio gli indici di capacità del processo.

NOTA 1. E' opportuno osservare che la relazione $T.N. = 6 \sigma$ non è un dogma, non è un numero magico, ma è una convenzione derivante dalle proprietà della distribuzione normale.

NOTA 2. Anche se si è in presenza di una distribuzione normale, i limiti della T.N. intesi come

$\bar{x} \pm 3s$, con \bar{x} il valor medio dei campioni, s lo scarto quadratico medio, mancano di cogliere l'aspetto che sia la media che s rappresentano una stima dei valori rispettivi della popolazione e come tali risultano affetti da errore (l'affermazione che il 99,73% dei valori cade all'interno dei limiti di tolleranza naturale va dunque corretta in ragione dei parametri stimati).

STIMA DELLA TOLLERANZA NATURALE ATTRAVERSO R (informazioni raccolte nella fase di messa a punto di un progetto)

R è il range, un intervallo tra un valore minimo e un valore massimo dei dati raccolti. È una indicazione della dispersione del processo.

Fra l'utilizzo dello scarto quadratico medio e il range si riscontra una maggior validità nel primo, solo per il fatto che esso tiene conto di tutte le informazioni raccolte mentre l'altro tiene conto solamente di due informazioni ovvero un valore massimo e un valore minimo.

Il range in sostanza sacrifica delle informazioni, abbassandone l'efficienza. Se il campione è molto grande il range normalmente dà delle stime della dispersione che non sono troppo buone, viceversa, per valori di campioni abbastanza piccoli, la stima della variabilità attraverso lo scarto quadratico medio e il range sono ragionevolmente confrontabili.

Eliminate le cause di variabilità "non fisiologiche" di un processo, si può determinare la Tolleranza Naturale a partire dai valori del range tratti da campioni riscontrati di controllo.

Detto $R_i = (X_{\max} - X_{\min})_i$

Ipotizzando per X una distribuzione normale, allora il rapporto R/σ ha una distribuzione tale che

$$\bar{R} = \frac{\sum_i^k R_i}{k}$$

k, n. di campioni rilevati si calcola quindi il valore medio del range

Si può dimostrare

$$E\left(\frac{R}{\sigma}\right) = d_2$$

Per utilizzare il range medio occorre conoscere quella che è la distribuzione del rapporto tra il range R e la deviazione standard σ . E è il valore atteso.

d_2 è un valore numerico funzione della numerosità del campione (viene letto su apposite tavole). Abbiamo:

$$E\left(\frac{R}{\sigma}\right) = d_2 \quad \rightarrow \quad \frac{E(R)}{d_2} = \sigma \quad \text{ed infine} \quad \frac{\bar{R}}{d_2} = \hat{\sigma}$$

Noti \bar{R} e d_2 (legato alle dimensioni del campione) si trova una stima di σ .

Esempio, con una serie di informazioni che permettono il calcolo del valore del range medio.

Sono state raccolte 5 informazioni sperimentali (spessori), da X_1 a X_5 , in 20 campionature. I valori presentano una variabilità fisiologica che rappresenta la firma del processo in esame. Tutto questo servirà per fare un calcolo della variabilità naturale del sistema.

Per ognuna di queste situazioni è stato calcolato: la somma delle X_i , il valor medio, l' X_i max, l' X_i min, il range R, dato dalla differenza tra il max e il min.

Calcolando il valore del range medio saremo in grado di calcolare una stima della tolleranza naturale.

| Misure | 1 | 2 |
|---------|--------|--------|
| X_1 | 0,505 | 0,513 |
| X_2 | 0,508 | 0,507 |
| X_3 | 0,507 | 0,506 |
| X_4 | 0,511 | 0,510 |
| X_5 | 0,511 | 0,510 |
| Somma X | 2,542 | 2,546 |
| Media X | 0,5084 | 0,5092 |
| X max | 0,511 | 0,513 |
| X min | 0,505 | 0,506 |
| Range R | 0,006 | 0,007 |

Il valore del range medio risulta:

$$\bar{R} = \frac{\sum_i^k R_i}{k} = \frac{0.106}{20} = 0.0053 \text{ cm.}$$

Per $n = 5$, $d_2 = 2.326$

il coeff. d_2 è ricavato da apposite tavole

numerosità del campione

Si può stimare σ come

$$\hat{\sigma} = \frac{0.0053}{2.326} = 0.00228 \text{ cm.}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

dunque la T.N. vale:

$$\text{T.N.} = 6s = 6 \cdot (0.00228) = 0.0137 \text{ cm.}$$

s è il valore di σ stimato

Abbiamo dunque visto come possiamo fare una stima della tolleranza naturale del processo seguendo la via analitica in più strade. Una che passa attraverso il calcolo dello scarto quadratico medio, s. La seconda passa per il calcolo del range medio.

Le due strade possono portare a valori leggermente differenti in quanto il range e lo scarto quadratico medio sono due stime differenti della variabilità del processo, ma per campioni abbastanza piccoli come numerosità queste due stime sono ragionevolmente le stesse.

Visto come possiamo calcolare la tolleranza naturale analizziamo come ci si comporta quando ci troviamo nelle condizioni di dover considerare la tolleranza naturale che nasce quando accoppiamo più oggetti tra loro differenti. In altre parole ci chiediamo come si propaga la tolleranza naturale di

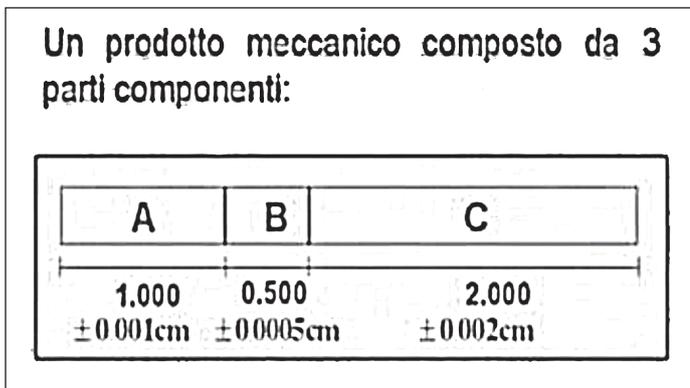
un processo, quale è la legge di propagazione delle tolleranze naturali del processo.

Questo è il problema che si affronta per affrontare, ad esempio, il problema dei pezzi di ricambio.

TOLLERANZA DELL'UNITÀ E DELL'INSIEME

Come varia la Tolleranza Naturale di un oggetto che risulta dalla composizione di più oggetti elementari ciascuno caratterizzato da una propria Tolleranza Naturale?

Prendiamo ad esempio un prodotto meccanico composto da 3 parti, prodotte indipendentemente.



Il valore $\pm x$ rappresenta la tolleranza di progetto.

Quello che voglio stabilire è la Tolleranza Naturale del prodotto meccanico.

La dimensione nominale del prodotto vale 3.500 cm.

Ragionando con logica additiva la specifica dell'insieme dovrebbe essere:

$$\begin{array}{c} 3.500 \pm 0.0035 \\ \swarrow \quad \searrow \\ 3.4965 \text{ cm.} \quad 3.5035 \text{ cm.} \end{array}$$

Detta logica, in molti casi, è "troppo rigorosa", perché nella sua corretta volontà di esprimere la Tolleranza Naturale dell'insieme come comprendente ogni possibile combinazione, manca di cogliere l'aspetto probabilistico del problema.

Se gli oggetti che andiamo ad assemblare provengono da popolazioni differenti allora assemblando pezzi la cui tolleranza naturale non è allineata tra di loro, un pezzo può essere centrato, un altro può essere spostato verso l'alto o verso il basso, allora ragionando con logica additiva, la somma produce una specie di bilanciamento. Questa sorta di bilanciamento deve essere

tenuta in considerazione in qualche modo nella espressione della composizione delle tolleranze.

Tale bilanciamento viene considerato attraverso la cosiddetta legge di composizione delle tolleranze, come di seguito riportato.

LEGGE DI COMPOSIZIONE DELLE TOLLERANZE

Se si ricorda la relazione che lega la varianza di una variabile aleatoria somma di variabili indipendenti alla varianza dei singoli addendi:

LEGGE DI COMPOSIZIONE
DELLE TOLLERANZE

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2}$$

σ_T è lo scarto quadratico medio dell'insieme aggregato di tre oggetti;
 σ_A^2 è la varianza di A

Avremo una relazione analoga per la Tolleranza Naturale:

$$T.N._{tot} = \sqrt{TN_A^2 + TN_B^2 + TN_C^2}$$

Essendo, come noto, $T.N. = 6\sigma$.

Nel nostro esempio $T.N._{tot} = \pm 0.00229$ cm., che è un valore più contenuto del valore trovato di ± 0.0035 cm., sommando in maniera netta e quindi con logica additiva le singole tolleranze.

Quindi utilizzando la legge di composizione delle tolleranze otteniamo valori più piccolo rispetto al valore ottenuto utilizzando la logica additiva di somma dei singoli contributi. La ragione è legata ad un effetto di compensazione per cui, mediamente, accade che la composizione delle varie parti si compensi a vicenda. Il risultato è che la tolleranza naturale del processo è più contenuta di quella prevista dal ragionamento con logica additiva.

Questa contrazione della tolleranza naturale, in alcuni particolarissimi casi, comporta la possibilità di avere pezzi non conformi alla tolleranza richiesta. È interessante analizzare la probabilità di costruire pezzi che cadono fuori della zona di tolleranza, rapportato al totale della produzione e vedere se tale probabilità è trascurabile oppure no.



Prof. Fiorenzo Franceschini
41'19"

- Legge di composizione delle tolleranze
- Legge di composizione delle tolleranze: esempi
- Carte di controllo: concetti preliminari

NOTA

Possono essere assegnate tolleranze più strette a processi che riusciamo a dominare bene e possono essere assegnate tolleranze più larghe a processi che dominiamo meno bene in modo tale che la tolleranza naturale del processo nel suo insieme risulti confinata entro i limiti che riteniamo progettualmente interessanti.

La relazione che lega le tolleranze naturali nell'esempio trattato, può essere letta anche in un'altra chiave (chiave progettuale).

A parità di tolleranza naturale del sistema nel suo complesso, possono essere richieste delle Tolleranze Naturali ridotte per singoli componenti.

In altre parole l'assegnazione delle Tolleranze Naturali dal punto di vista processistico può essere fatta sulla base della tipologia di singolo componente, sulla base della tecnologia che viene utilizzata per realizzare il componente.

Vediamo operativamente questo concetto considerando una variante dell'esempio ultimo trattato. Quello che vogliamo ottenere è una certa Tolleranza Naturale totale.

Per ottenere una T.N. tot. = ± 0.0035 cm., le Tolleranze Naturali dei singoli componenti sarebbero potute essere di:

A ± 0.002 cm. contro ± 0.001 cm.

B ± 0.002 cm. contro ± 0.0005 cm.

C ± 0.002 cm. \rightarrow ± 0.02 cm.

Le Tolleranze Naturali sono state ripartite, ma il totale è il "budget" 0.0035 cm., dato dalla radice quadrata della somma dei tre quadrati di 0.002 .

Si fa questo (concetto di rilassamento) per poter utilizzare una tecnologia meno costosa nella produzione di un pezzo, a fronte di una minor precisione che, progettualmente, vogliamo rientri in certi valori.

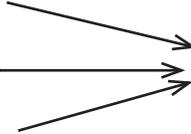
Naturalmente vi è un rischio connesso alla concezione probabilistica delle

Tolleranze Naturali. Il dato importante è quale è la probabilità di progettare pezzi assemblati non conformi.

Si possono verificare delle situazioni piuttosto rare, in cui tutti i componenti si trovano ad assumere valori coincidenti con gli estremi ammessi. Queste sono situazioni in cui non vale più la logica compensativa. In altre parole, sfortunatamente, assembliamo tutti oggetti che sono “a fondo corsa” delle tolleranze ammissibili per ciascuno. In queste particolari e poco probabili situazioni il budget di tolleranza naturale previsto viene sfiorato.

Ad esempio

se $A = 1.000 - 0.002 \text{ cm.}$
 $B = 0.500 - 0.002 \text{ cm.}$
 $C = 2.000 - 0.002 \text{ cm.}$



valori estremi

$I = 3.500 - 0.006 = 3.494 \text{ cm.} < 3.4965 \text{ cm.}$ che è il limite previsto.

In questo caso I è inferiore al limite previsto della variabilità naturale del processo, pari a 3.4965!!! Il budget è dunque sfiorato.

Quale è la probabilità che si verifichi l'evento descritto?

Se $T_i = 3.5035 - 3.4965 = 0.0070 \text{ cm}$

$\sigma_i = T_i/6 = 0.00116$, scarto quadratico medio dell'assemblato

Ricorrendo all'ipotesi di normalità della distribuzione, calcolando la probabilità di accadimento dell'evento P , situazione del limite inferiore, abbiamo:

$$P\left(z \leq \frac{3.4965 - 5.500}{0.00116}\right) \approx P(z \leq -3) \approx 0.0015 \approx 0.15\%$$

In cui z è la funzione normale standardizzata che definisce la probabilità di accadimento dell'evento. In sostanza z è il valor medio rapportato alla deviazione standard della distribuzione; z ha media nulla e scarto quadratico medio pari a 1. Il valore di $P(z \leq -3)$ è ricavato da tavole.

$P = 0.15\%$ è la probabilità di avere valori al di sotto del limite inferiore di tolleranza.

Sommando la probabilità per i due estremi: $P \pm 0.3\%$ che è un valore molto piccolo, 3 pezzi non conformi su 1000 assemblati; i 3 pezzi eccedono (sopra o sotto) il budget di tolleranza previsto.

Questi ragionamenti sono molto importantanti, nel contesto che segue.

NOTA. Il problema della tolleranza naturale di più elementi che vengono “accoppiati” per costituire un insieme più grande è di rilevanza assoluta quando si analizza l’aspetto della intercambiabilità delle parti nei momenti del montaggio o della sostituzione delle parti nell’insieme più complesso.

Questa nota mette in evidenza il fatto che quando si ha a che fare con oggetti assemblati oppure con parti intercambiabili necessariamente ci scontriamo con il problema della variabilità dei processi.

PROGETTAZIONE TOLLERANZE NATURALI

Affrontiamo quella che è la progettazione delle tolleranze naturali e quindi l’assegnazione di una tecnologia piuttosto di un’altra in alcune situazioni particolari.

Sulle tolleranze i problemi fondamentali sono due:

- fissata la Tolleranza Naturale dell’insieme di determinare quella delle singole parti. Si tratta di una ripartizione sugli oggetti componenti il tutto.
- fissata la Tolleranza Naturale delle parti determinare quella dell’insieme

Avendo visto il secondo problema, vediamo il primo, con un esempio.

Esempio A.

Sia fissata una certa quota $Y = 2.510$ cm., con una tolleranza $T_Y = \pm 0.008$ cm., che rappresenta un valore di quota, la tolleranza dell’insieme.

Si desidera che il rischio di insieme difettosi (pezzi assemblati) sia pari allo 0.3%, questo è l’obiettivo progettuale, cioè 3 pezzi difettosi ogni 1000 prodotti.

Sia $Y = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 2.510$, dove

$X_1 = 0.370$ cm.

$X_2 = 0.625$ cm.

$X_3 = 0.750$ cm.

$X_4 = 0.765$ cm.

Ci chiediamo ragionevolmente quale sia la quota parte assegnabile di tolleranza a ciascuna delle quattro parti.

Usando il metodo delle tolleranze additive, per ciascuna parte si può assumere una tolleranza naturale pari a

$$\pm 0.008/4 \text{ cm.} = \pm 0.002 \text{ cm.}$$

Oppure si può ripartire la tolleranza in modo che la somma complessiva valga complessivamente 0.008 cm.

Si sceglie il primo caso.

Scegliendo di operare con il metodo delle tolleranze probabilistiche, avendo stabilito un rischio dello 0.3%, deve valere la relazione (ripartendo le tolleranze in maniera equa tra le parti):

$\pm 0.008 \text{ cm.} = \pm 3 \sigma_y$ ed essendo, per la legge di composizione delle tolleranze:

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2 + \sigma_{x3}^2 + \sigma_{x4}^2}$$

assumendo $\sigma_{x1} = \sigma_{x2} = \sigma_{x3} = \sigma_{x4}$, cioè lo scarto quadratico medio delle parti è ripartito in modo uniforme; questo per verificare la differenza tra la logica additiva e la logica compensativa;

σ_y è lo scarto quadratico medio della quota y.

$$\sigma_y = \sqrt{4\sigma_x^2}$$

4 volte in quanto abbiamo 4 parti uguali

ma $\sigma_y = \frac{TN_y}{6} = \frac{0.016}{6} \rightarrow \sigma_x = \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{4}} = \sqrt{\left(\frac{0.016}{6}\right)^2 \cdot \frac{1}{4}}$

0.008 - (-0.008)

$\sigma_x = 0.00133$

che è lo scarto quadratico medio da associare a ciascuna parte

da cui la semitolleranza naturale di ciascuna parte

$$\pm 3 \sigma_x = \pm 0,004 \text{ cm.}$$

che è la quantità di tolleranza da associare a ciascuna parte

Il valore è esattamente il doppio di quello ottenuto utilizzando la logica additiva.

Questo è un fatto rilevante. Il significato è che possiamo costruire un certo oggetto rilassando parecchio le modalità tecnologiche di realizzazione dell'oggetto.

In altre parole, a patto di perdere 3 pezzi su 1000, possiamo realizzare

ciascuna parte dei componenti dell'assemblato con una tolleranza doppia di quella prescritta in logica additiva; possiamo dunque produrre dei pezzi "stressando" meno la tecnologia che usiamo per realizzare i pezzi stessi e questo ci dà dei notevoli vantaggi a patto di pagare lo scotto di perdere mediamente 3 pezzi su 1000 tra quelli prodotti.

Il fatto di ripartire la tolleranza naturale può avere un effetto considerevole nel progetto di un nuovo prodotto o di una parte soprattutto se questa è di natura assemblata.

~~~~~

## CARTE DI CONTROLLO - Concetti preliminari

- Rappresentano uno strumento offerto dalla metodologia statistica per l'analisi e il controllo di processi produttivi che presentano carattere di ripetitività
- Consentono di identificare il valore di centratura del processo e la Tolleranza Naturale di un processo (fase di impianto del controllo)
- Consentono di valutare lo stato di in/fuori controllo di un processo nel tempo (fase di controllo vero e proprio); è importante controllare la qualità e diventa a maggior ragione importante anche controllare come questa evolve nel tempo

## IL PUNTO DI VISTA STATISTICO

Da un punto di vista statistico le carte di controllo rappresentano un vero e proprio controllo di ipotesi nel tempo. Quindi specializziamo il controllo, ma invece di farlo una volta ogni tanto (one shot), lo facciamo continuamente nel tempo, durante tutto il periodo di realizzazione dei prodotti.

Siano  $x$  la variabile,  $\theta$  il parametro e  $t$  il tempo, inizialmente 0. Nota la variabile casuale e la distribuzione di probabilità  $f(x, \theta, 0)$ , si procede a controllare nei tempi successivi ( $t = 1, 2, \dots, k$ ), se è valida l'ipotesi di uguaglianza seguente, da punto di vista statistico

$$f(x, \theta, 0) = f(x, \theta, t)$$

Si controlla se la distribuzione della caratteristica in oggetto si mantenga costante nel tempo e assicurarsi la costanza del valore del parametro che la identifica, che ne identifica le caratteristiche.

## TIPI DI CARTE DI CONTROLLO

Le carte per variabili:

- Caratteristiche esprimibili come variabili (misure)
  - carta della media, controlla la tendenza centrale di un processo
  - carta dei "range", si occupa della dispersione del processo
  - carta della varianza
  - carta della deviazione standard
  - carta dei valori singoli

Le carte per attributi:

- Caratteristiche esprimibili come attributi (difettoso - non difettoso)
  - carta della % di elementi difettosi, carta "p"
  - carta del numero di elementi difettosi, carta "np"
  - carta del numero di difetti per elemento, carta "u"
  - carta del numero di difetti per campione, carta "c"

NOTA. La semplicità all'utilizzo delle carte di controllo ha indirizzato la letteratura americana a basare l'impostazione delle carte di controllo sull'ipotesi, solitamente confermata dalla realtà, della normalità della distribuzione della caratteristica controllata.

Questa condizione di base, oltre alla scelta di opportuni parametri di dispersione ha consigliato la ricerca dei limiti di controllo espressi come multipli del valore della dispersione del parametro campionario utilizzato.

□

Prof. Fiorenzo Franceschini  
42'15''

- Carte di controllo: concetti preliminari
- Carte X-R
- Carte R: limiti di controllo
- Carte X: limiti di controllo

## CONCETTI PRELIMINARI

Le carte di controllo sono uno strumento che permettono di osservare e quindi di monitorare nel tempo un processo.

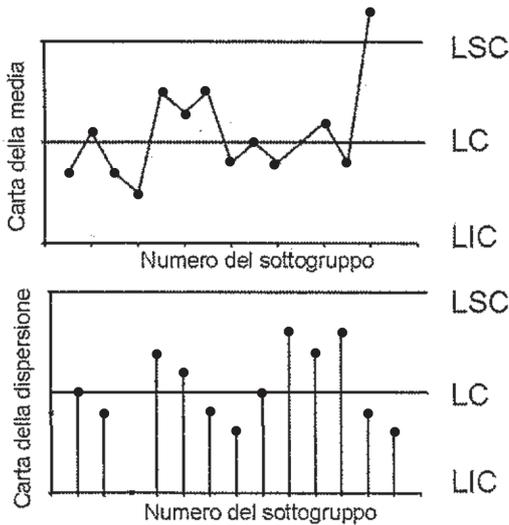
Vedremo alcuni esempi e i messaggi che le carte di controllo forniscono.

Quelle più utilizzate sono le carte di controllo X-R, X-S, in cui X è il valor medio, le carte per valori singoli, fino a passare a quelle che abbiamo definito carte per attributi.

Le carte di controllo sono strumenti di ipotesi nel tempo, che hanno a che fare con due possibilità di ipotesi a confronto. Una è la cosiddetta ipotesi nulla e l'altra è la cosiddetta ipotesi alternativa. Questi due ipotesi a confronto definiscono due tipologie di regioni, la regione detta di accettazione e la regione detta di rifiuto. I limiti delle regioni, quindi le linee di demarcazione tra le due regioni, sono quelli che in termini operativi vengono detti i limiti di controllo.

In altre parole, partendo da un numero ridotto di dati, riusciamo a costruire i limiti entro i quali il processo ragionevolmente dovrebbe muoversi. Naturalmente questo presuppone che nel processo non siano presenti delle situazioni che vadano ad alterarne il suo modo "normale" di funzionare.

Vedremo che ruolo giocano questi limiti di controllo, che rappresentano le linee di demarcazione fra la regione di accettazione e la regione di rifiuto. Vedremo possibili cause e conseguenze che stanno accadendo nel processo in esame.



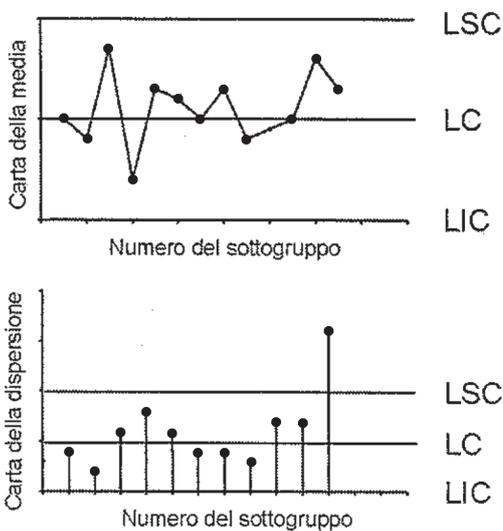
Situazione fuori controllo nella carta della media

Le due carte rappresentano una la media e l'altra la dispersione.

Nel processo è successo un qualcosa che ha portato un punto fuori della regione di accettazione.

È opportuno specificare che in questi grafici non è riportato il limite di specifica mai riportato il limite di controllo. Il limite di specifica la cosa e definisce la tolleranza entro la quale si deve muovere un certo processo dal punto di vista progettuale. Il limite di controllo segnala quello che è il limite entro il quale possiamo ritenere che il comportamento del processo è "normale", ovvero senza cause che ne vanno ad alterare il funzionamento.

C'è una vistosa differenza fra i limiti di specifica e quelli che qui vengono chiamati LSC e LIC, limite superiore di controllo e limite inferiore di controllo, LC, linea centrale.



Situazione fuori controllo nella carta della dispersione

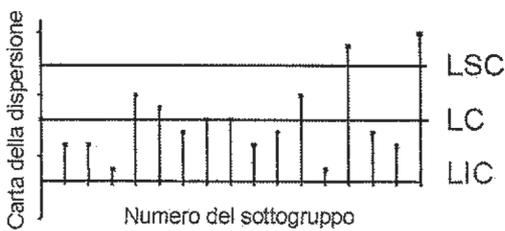
La situazione rappresentata a lato è in qualche modo complementare alla precedente. Abbiamo in osservazione due grafici, il primo è relativo alla media del processo, che sembra comportarsi abbastanza bene, con valori abbastanza casuali sufficientemente lontani dai limiti superiore e inferiore di controllo e che non denotano andamenti particolare. Nel secondo abbiamo

la misura della dispersione e nell'ultimo rilievo osservato è evidente un fuori controllo. Esso è un punto che segnala che sta avvenendo una mutazione per quanto riguarda le dispersioni. L'allargamento della distribuzione è determinato da cause dipendenti dal processo in considerazione.

Questi due primi esempi ci fanno osservare che non è detto che se un processo si trova fuori controllo per quanto riguarda la media necessariamente si trovi fuori controllo anche per quanto riguarda la sua dispersione, e viceversa.

Quindi, per tener conto di questi parametri importanti, che definiscono il processo, abbiamo la necessità di osservare entrambe le informazioni.

Vediamo altre possibili situazioni che possono accadere nelle applicazioni pratiche.



Situazione fuori controllo nelle carte della media e della dispersione

Nell'immagine a fianco abbiamo un processo che inizialmente si pone abbastanza vicino alla linea centrale, la linea di controllo. Via via però subisce una sorta di allargamento fino ad uscire dalla regione di accettazione, al di sopra della linea superiore di controllo.

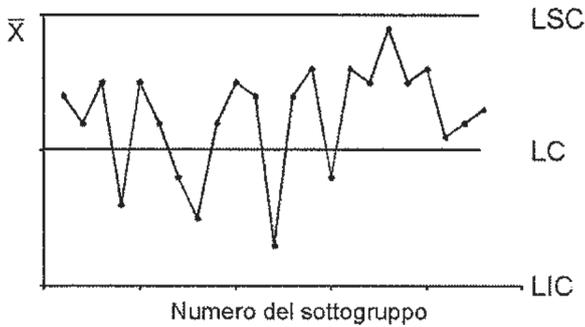
Nella carta della dispersione si nota come in maniera non sincronizzata con quello che accade nella

carta della media si verificano due fuori controllo.

Questa situazione è una riprova come il comportamento della media è assolutamente svincolato e il processo si manifesta con questi due atteggiamenti che vanno osservati e che determinano la visione complessiva che un responsabile del controllo della qualità di un'impresa dovrebbe saper cogliere quindi saper individuare per rimuovere le cause di eventuali anomalie nel frattempo intervenute.

Nei casi d'esempio visti finora i punti sono clamorosamente uscite fuori dai limiti di controllo, dalle linee di demarcazione dalla regione di accettazione a quella di rifiuto, per la quale segnaliamo delle anomalie.

Nella realtà le situazioni di fuori controllo non vengono determinate solamente dalla fuoriuscita dai limiti di controllo. Ci sono particolari situazioni, di cui osserveremo qualcuna, in cui si osserva un fuori controllo anche se il processo non ha ancora fatto rilevare le fuoriuscite rispetto ai confini tracciati.



Situazione fuori controllo: i punti al disopra della linea centrale sono più numerosi di quelli al di sotto (tendenza all'innalzamento medio)

La situazione mostrata a lato è di fuori controllo in quanto i punti al di sopra della linea centrale sono più numerosi di quelli al di sotto (tendenza all'innalzamento medio).

Nel processo c'è qualche anomalia, la casualità dei punti intorno al valore centrale è venuta meno. Le cause che determinano questo tipo di spostamento possono essere nella maggior parte dei casi assimilabili ad una specie di deriva

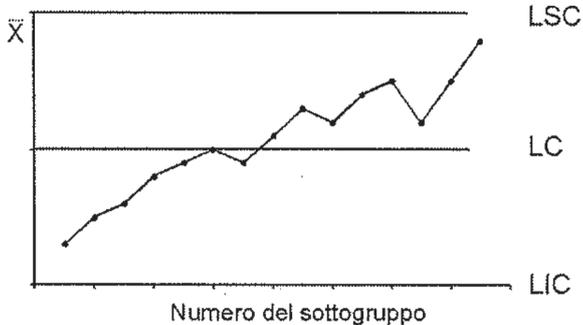
del valore centrale del processo. Questo può capitare ad esempio per un qualche aggiustamento di una macchina operatrice. Lo spostamento della media del processo è legato di norma a degli aggiustamenti che vengono condotti dagli operatori sulle macchine o sui processi che si stanno controllando.



Situazione fuori controllo: i punti si susseguono in successioni che tendono a rimanere al disopra o al disotto della linea centrale (indicazione di più livelli)

A lato una ulteriore situazione che si presenta nei casi pratici. La carta è generica, può essere riferita sia al valor medio che alla dispersione. È anch'essa una situazione fuori controllo in quanto i punti si susseguono in successioni che tendono a rimanere al di sopra o al di sotto della linea centrale (indicazione di più livelli). L'andamento è di tipo "periodico". Questo fatto denota che il processo è affetto da qualche causa che può determinare tale periodicità. Una causa

frequente di questo tipo di situazioni può essere da fattori dipendenti dalla temperatura. Certi processi possono risentire degli andamenti periodici della temperatura. L'addetto alla qualità ha il compito di trovare i rimedi al fine di confinare gli interventi di questo fattore esterno.



Situazione fuori controllo: i punti si susseguono in successioni crescenti (tendenza all'aumento progressivo)

A lato una ulteriore situazione fuori controllo in cui i punti si susseguono in successioni crescenti (tendenza all'aumento progressivo). È duale la situazione in cui i punti si susseguono in successioni decrescenti. Il processo è affetto da una deriva che lentamente lo porterebbe fuori dai confini. Questa deriva è normalmente causata da fenomeni di usura, di utensili, di macchinari, di componenti o parti del processo.

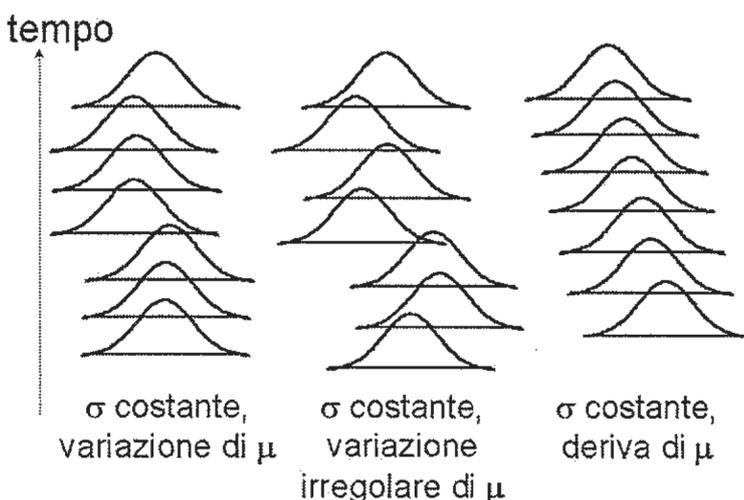


Situazione fuori controllo: i punti si susseguono in successioni alternativamente crescenti e decrescenti (tendenza a variazioni cicliche)

In quest'ultimo caso un'ulteriore "pendolazione" del processo, in qualche modo assimilabile a uno di quelli visti in precedenza. Questo caso fa vedere dove l'effetto periodico gioca un ruolo rilevante. È anche questa una situazione fuori controllo in cui i punti si susseguono in successioni alternativamente crescenti e decrescenti (tendenza a variazioni cicliche). La "pendolazione" ci permette di osservare che ci stiamo

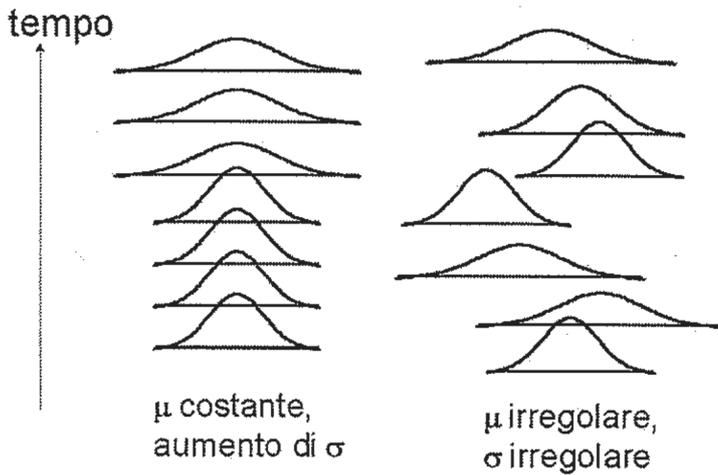
allontanando dalle condizione di assenza di cause esterne e quindi da condizioni che abbiamo definito di "normalità", nel senso che non intervengono cause esterne ad alterare il funzionamento del processo.

Invece di fare riferimento ai grafici come le carte di controllo si può dare una visione geometrica delle variazioni nel tempo dei parametri importanti della popolazione.



La figura a lato riporta l'asse del tempo e una serie di strani comportamenti in funzione della media  $\mu$  e dello scarto tipo  $\sigma$ , misura della dispersione, in una distribuzione di tipo Gaussiana, come normalmente accade.

Questo è un modo differente di leggere le carte di controllo, an-



dando ad osservare come si muove nel tempo la distribuzione.

A lato una figura analoga alla precedente, ma con comportamenti di modifiche sia della media che della dispersione del processo.

Entrambe le figure rappresentano processi non regolari, non "normali".

Nel caso a lato, a sinistra, l'anomalia è riscontrabile nella carta della dispersione.

Questi esempi ci fanno vedere come si può manifestare un certo processo dal punto di vista dei parametri caratteristici, quindi la tendenza centrale e la dispersione del processo.

A questo punto ci sono tutti i presupposti per analizzare la serie più utilizzata di carte di controllo nelle applicazioni pratiche, in parte per ragioni storiche e in parte perché si presta bene in tale senso soprattutto quando la numerosità dei campioni vengono rilevati dalla produzione non assumono dei valori particolarmente elevati. Questa carta di controllo è detta  $\bar{X} - R$ , "X medio R".

Si tratta della fase di impianto del controllo, carte per variabili.

## FASE DI IMPIANTO DEL CONTROLLO. CARTE PER VARIABILI.

### CARTE DI CONTROLLO $\bar{X} - R$

Carte che consentono il controllo contemporaneo della media e della dispersione di una variabile.

La carta R si indirizza al controllo della variazione entro i campioni, in pratica la misura della dispersione del processo.

La carta  $\bar{X}$  si rivolge al controllo dell'esistenza di slittamenti nella media del processo, mettendo in luce le variazioni tra campioni, in altre parole si osserva se la tendenza centrale subisce delle modifiche o meno nel tempo.

Usiamo un esempio, al fine di determinare la carta di controllo.

Supponiamo, osservando un generico processo, di aver potuto raccogliere un certo quantitativo di informazioni in relazione a k campioni, ad esempio il rilievo del peso di sacchi di farina, per i quali è prevista una certa uniformità. Le alternative di controllo sono due: controllare tutti sacchi o controllarne un campione, cioè un certo numero di sacchi dei quali andremo a verificarne il

valore medio dei campioni e la dispersione che si osserva all'interno di essi. Quello che deve essere stabilito è con quale frequenza prendere i campioni e quale deve essere la numerosità. Da tutto questo verrà realizzata la carta di controllo.

Assegnati  $k$  campioni, per ognuno dei quali si sia calcolato il valor medio ( $\bar{X}_i$ ) e il range ( $R$ )

$$\forall i = 1, 2, \dots, k \quad \text{si calcoli} \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

$\bar{R}$  è una stima del corrispondente valore dell'universo e definisce la linea centrale della carta.

I limiti di controllo della carta  $R$  vengono identificati dalla relazione

$$\bar{R} \pm 3\sigma_R$$

(Si suppone che le grandezze seguano una distribuzione normale)

Come fare per stimare  $\sigma_R$ ?

Dalla statistica sono note le caratteristiche della distribuzione del range relativo:

$$W = \frac{R}{\sigma} \quad \text{nel caso di universo normale.}$$

Da tavole opportune è possibile dedurre, in funzione della numerosità del campione  $n$ , sia il **valore medio**:  $d_2$  che la **deviazione standard**:  $d_3$  del rapporto  $W$ .

stima di  $\sigma$

$$\boxed{d_2 = E(W) = \frac{\bar{R}}{\sigma}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}} \quad \text{[A]}$$

Per ciò che riguarda la deviazione standard di  $W$  vale la relazione:

stima di  $\sigma_R$

$$\boxed{d_3 = \sigma(W) = \frac{\sigma_R}{\sigma}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\hat{\sigma}_R = d_3 \sigma} \quad \text{[B]}$$

Dalla relazione [A] e [B] si trova infine:

$$\boxed{\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}}$$

Siamo dunque riusciti a dare una stima della deviazione standard del range ed è stata collegata al valor medio del range che è stato rilevato attraverso i campioni che sono stati considerati nell'analisi.

Questo ci permette di esplicitare il valore della deviazione standard che era uno degli elementi che ci mancavano per stabilire i limiti di controllo della carta.

Vediamo come risultano i limiti di controllo per la carta dei range.

I limiti di controllo risultano allora:

è un valore costante, una volta determinata la numerosità del campione

$$LSC_R = \bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{R} \left( 1 + \frac{3d_3}{d_2} \right) = D_4 \bar{R}$$

e

$$LIC_R = \bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - \frac{3d_3}{d_2} \bar{R} = \bar{R} \left( 1 - \frac{3d_3}{d_2} \right) = D_3 \bar{R}$$

$D_3$  e  $D_4$  sono valori tabulati allo stesso modo di  $d_2$  e  $d_3$ , su opportune tavole. Esse sono in funzione di  $n$ , la numerosità del campione.

$LSC_R$ ,  $LIC_R$  sono i limiti di controllo inferiore e superiore per la carta dei range, e sono calcolabili dal momento che abbiamo conoscenza di  $\bar{R}$ , che definisce il limite centrale.

A questo punto abbiamo caratterizzato completamente la carta  $\bar{R}$ . Con le informazioni sulla carta  $\bar{R}$ , siamo in grado di definire le caratteristiche della carta  $\bar{X}$ .

CARTA  $\bar{X}$

"x medio medio", la media di tutti i valor medi.  $\rightarrow \bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i}{k}$

$\bar{\bar{x}}$  Media di tutti i dati campionari dei primi  $k$  campioni

$\bar{\bar{x}}$  viene adottato come valore centrale della carta, in quanto stima del vero valor medio dell'universo della caratteristica in esame.

$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$$

Per i limiti di  $\bar{X}$ :

$$LIC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$$

$\frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$   $\rightarrow$  deviazione standard del valor medio

Nel caso di questa carta i limiti hanno simmetria, mentre non la hanno nel caso della carta  $\bar{R}$ .

□

Prof. Fiorenzo Franceschini  
42'13"

- Carte X: limiti di controllo
- Esempio 1
- Carte X-S
- Esempio 2
- Schema di riepilogo

### Carte X: Limiti di Controllo

Ricordando che  $\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$  è la stima di s, per sostituzione, otteniamo:

$$\begin{aligned} \text{LSC}_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} + \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \\ \text{LIC}_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} - \frac{3\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \end{aligned}$$

x "medio medio" →

$A_2$  è tabulato per diversi valori di n.

Si noti come due limiti di controllo sono simmetrici rispetto al valore centrale della carta di controllo. Siamo quindi riusciti ad esprimere i valori dei limiti di controllo della carta  $\bar{X}$  e della carta R avvalendoci dei valori dei campioni utilizzati per mettere in piedi la carta stessa.

Abbiamo visto come si calcola X "medio medio", come si calcola analogamente R medio.

I vari coefficienti che intervengono sono fissati una volta che è fissata la numerosità dei campioni.

Con tutte queste informazioni siamo in grado di realizzare una carta di controllo.

### NOTA

Quando si desidera calcolare la Tolleranza Naturale, che è un indice della variabilità del processo quando non sono presenti azioni distorcenti esterne ed anomale, e il valore centrale di un processo, è sufficiente trarre, da un conveniente numero di campioni, il valor medio sia della media che dei range riscontrati in ogni singolo campione, per costruire i limiti di controllo e

i valori centrali delle carte.

È opportuno fissare la differenza fra il concetto di limite di controllo e la tolleranza naturale del processo. Le due quantità sono legate ma occorre fare attenzione nel loro uso e nella loro quantificazione.

Noti i valori dei limiti di controllo va osservato che:

$$T.N. = 6\sigma \quad (\text{con } \sigma \text{ la deviazione standard della popolazione})$$

$$LCS - LCI = 6\sigma_x \quad (\text{con } \sigma_x \text{ la deviazione standard del valor medio})$$

$$T.N. \neq LCS - LCI$$

essendo, la stima,  $T.N. = 6 \bar{R} / d_2$ , in cui  $d_2$  viene letto da una carta, avendo definito la numerosità del campione.

Il metodo della carta di controllo per il calcolo della Tolleranza Naturale si aggiunge agli altri già illustrati.

ESEMPIO 1. L'esempio è relativo alla misura di alcuni spessori realizzati in una produzione di lamierini di trasformatori. Per questa produzione si è deciso di accendere una carta di controllo per monitorarne l'andamento nel tempo.

| Campioni     | Valori misurati |        |        |        |        |        | Media X | Deviazione standard $\sigma$ | Range R |
|--------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|------------------------------|---------|
|              | $X_1$           | $X_2$  | $X_3$  | $X_4$  | $X_5$  | $X_6$  |         |                              |         |
| n.           | GRUPPO 1        |        |        |        |        |        |         |                              |         |
| 1            | 0,5005          | 0,5000 | 0,5008 | 0,5000 | 0,5005 | 0,5000 | 0,50030 | 0,00033                      | 0,0008  |
| 2            | 0,4998          | 0,4997 | 0,4998 | 0,4994 | 0,4999 | 0,4998 | 0,49973 | 0,00017                      | 0,0005  |
| 3            | 0,4995          | 0,4995 | 0,4995 | 0,4995 | 0,4995 | 0,4996 | 0,49952 | 0,00004                      | 0,0001  |
| 4            | 0,4998          | 0,5005 | 0,5005 | 0,5002 | 0,5003 | 0,5004 | 0,50028 | 0,00025                      | 0,0007  |
| 5            | 0,5000          | 0,5005 | 0,5008 | 0,5007 | 0,5008 | 0,5010 | 0,50063 | 0,00034                      | 0,0010  |
| n.           | GRUPPO 2        |        |        |        |        |        |         |                              |         |
| 6            | 0,5008          | 0,5009 | 0,5010 | 0,5005 | 0,5006 | 0,5009 | 0,50078 | 0,00019                      | 0,0005  |
| 7            | 0,5000          | 0,5001 | 0,5002 | 0,4995 | 0,4996 | 0,4997 | 0,49985 | 0,00028                      | 0,0007  |
| 8            | 0,4993          | 0,4994 | 0,4999 | 0,4996 | 0,4996 | 0,4997 | 0,49958 | 0,00021                      | 0,0006  |
| 9            | 0,4995          | 0,4995 | 0,4997 | 0,4992 | 0,4995 | 0,4992 | 0,49943 | 0,00019                      | 0,0005  |
| 10           | 0,4994          | 0,4998 | 0,5000 | 0,4990 | 0,5000 | 0,5000 | 0,49970 | 0,00040                      | 0,0010  |
| <b>MEDIA</b> |                 |        |        |        |        |        | 0,49998 | 0,00023                      | 0,00064 |

Abbiamo 10 campioni. Nel campione vengono considerati gli elementi  $X_i$ , per i che va da 1 a 6. Di ogni campione viene calcolata la media, la deviazione standard e il range R.

## CARTA PER IL RANGE

$$\text{linea centrale } \bar{R} = 0.0064/10 = 0.00064$$

$$\text{LSC} = D_4 \bar{R} = 2.004 (0.00064) = 0.00128$$

$$\text{LIC} = D_3 \bar{R} = 0 (0.00064) = 0$$

## CARTA PER LA MEDIA

$$\text{linea centrale } \bar{X} = 0.49998$$

$$\text{LSC} = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 0.49998 + (0.483)(0.00064) = 0.50029$$

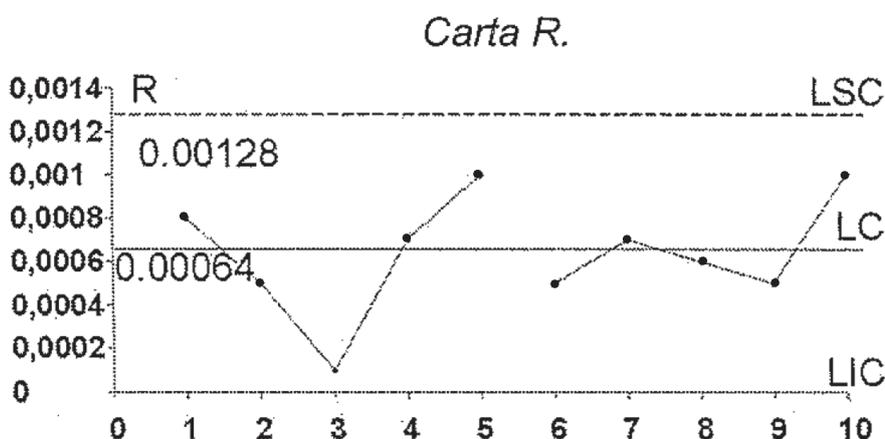
$$\text{LIC} = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 0.49998 - (0.483)(0.00064) = 0.49967$$

Quindi quello che si è fatto andare sulla linea di produzione e prendere alcuni campioni ad intervalli regolari di tempo. La numerosità dei campioni è pari a 5. Siamo arrivati a definire una carta di controllo per il range e una carta di controllo per la media.

A questo punto siamo in grado di riportare i dati su un grafico, con il tracciamento dei limiti di controllo, sui quali riportiamo dei punti.

Su esso andremo a riportare dei punti indicativi dell'andamento della media e della dispersione.

Questi punti stanno a significare il comportamento sia della media che della dispersione, con riferimento al range, del campione. Se questi punti si dimostrano ragionevolmente contenuti all'interno dei limiti di controllo e non presentano degli andamenti particolari allora diremo che il sistema è in controllo e quindi siamo soddisfatti per il modo con il quale stiamo producendo. Viceversa bisognerà procedere con delle attività che siano in grado di ripristinare le condizioni di controllo richieste dal processo.



A lato l'andamento del Range in funzione della numerosità dei campioni, pari a 10.

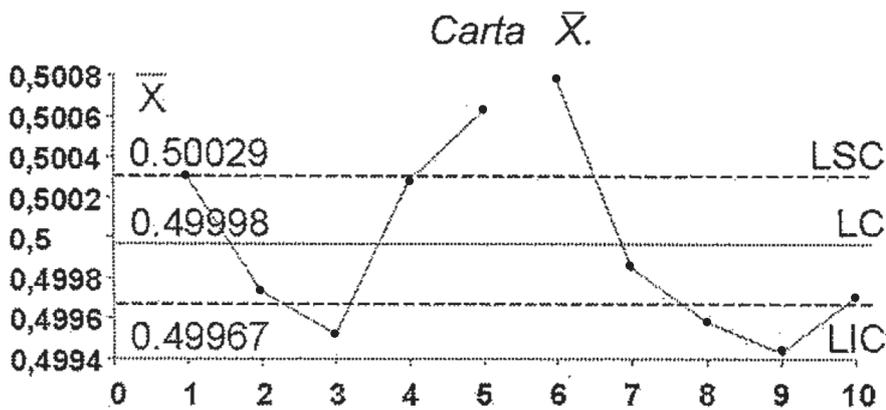
In ascissa abbiamo la numerosità dei campioni e in ordinata i valori del Range.

È evidenziato il limite inferiore, che coincide con lo 0; è evidenziato il limite superiore, che vale 0.00128; il limite centrale pari a 0.00064. I punti rappresentano i valori della dispersione. La linea che li collega rappresenta i primi 5 campioni conside-

rati e i secondi 5 campioni.

I punti rilevati non presentano particolari andamenti che possano destare un qualche tipo di preoccupazione. Essi sono contenuti entro i limiti di controllo e quindi, dal punto di vista della dispersione, possiamo ritenere che il processo sia in condizione di controllo.

Osserviamo ora la carta dei valori medi.



I valori riportati nella carta sono gli analoghi valori della precedente. In ascissa sono riportati il numero di campioni considerati, da 0 a 10. In ordinata vengono riportati i valori medi che viene ad assumere la produzione di lamierini

per trasformatori. Vengono riportati i limiti di controllo e la linea centrale.

Si presenta una situazione di un processo non in controllo, in quanto ci sono dei punti esterni ai limiti di controllo, i punti 3, 5, 6, 8 e 9, fuori della regione di accettazione. A questo punto il responsabile della produzione deve verificare il processo produttivo ed eliminare le situazioni che determinano questa alterazione dei valori centrali del processo. Dall'analisi delle carte si può ricavare la nota seguente.

NOTA. Si osserva un andamento stabile della carta del range, mentre si rilevano alcuni punti fuori controllo nella carta della media.

Si possono individuare due momenti di utilizzo delle carte di controllo. Il primo momento è quello di impianto della carta di controllo, in altre parole abbiamo un processo da governare, lo osserviamo e accendiamo una carta di controllo; una volta tracciati i limiti di controllo serviranno per monitorare nel tempo l'evoluzione del processo. I limiti di controllo non saranno ricalcolati ad ogni campionatura, sarebbe un lavoro troppo da certosino. La ritaratura dei limiti di controllo è una operazione che si fa una volta ogni tanto e solo quando si presentano particolare situazione di cambiamento all'interno del processo, oppure si fa per un aggiustamento periodico. Non si fa in modo sistematico. Una volta tracciati i limiti di controllo si verifica se il processo li mantiene nel tempo.

Vediamo ora un'altra carta di controllo per variabili molto interessante, la carta  $\bar{X} - S$ .

## CARTA DI CONTROLLO $\bar{X} - s$

È meno famosa della carta precedente per ragioni prevalentemente storiche nel senso che fare un calcolo di uno scarto quadratico medio è più difficile del calcolo del range. Comunque, il contenuto informativo delle due carte di controllo è sostanzialmente lo stesso.

Le carte di controllo  $\bar{X} - s$  possono essere utilizzate in alternativa alle carte  $\bar{X} - R$ .

Uno stimatore corretto di  $\sigma$  a partire da  $\bar{S}$  è il seguente:  $\hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{C_4}$

essendo:  $\bar{S} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_k}{k}$  in cui  $k$  è il numero di campioni,

$C_4$  è dedotto dalle tavole (dipende dalla numerosità  $n$ ).

Per ogni campione viene determinato lo scarto quadratico medio relativo,  $S_i$ .

$\bar{S}$  è la variabile determinante per calcolare i limiti della carta di controllo.

$$\begin{aligned} LSC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} \\ LIC_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s} \end{aligned}$$

Questi sono i limiti della carta  $\bar{X}$ .

Per quanto riguarda la carta  $\bar{s}$ , il valore centrale è  $\bar{S}$ , mentre

$$\begin{aligned} LSC_s &= B_4 \bar{s} \\ LIC_s &= B_3 \bar{s} \end{aligned}$$

$B_4$  e  $B_3$  sono valori tabulati in funzione di  $n$ , ricavabili da tavole, così come lo è  $A_3$ , nel calcolo dei limiti della carta  $\bar{X}$ .

NOTA. Si dimostra che  $\sigma_s = \sqrt{1 - C_4} \sigma$  per una distribuzione normale.

Esso rappresenta il legame fra la dispersione della popolazione ( $\sigma$ ) e l'indicatore dello scarto quadratico medio ( $\sigma_s$ ), in una distribuzione di tipo normale.

$$LSC_s = \bar{s} + 3\sigma_s = \bar{s} + 3\sqrt{1 - C_4^2}\sigma =$$

$$= \bar{s} + 3\sqrt{1 - C_4^2} \frac{\bar{s}}{C_4} = \left(1 + \frac{3}{C_4}\sqrt{1 - C_4^2}\right)\bar{s}$$

si pone  $\left(1 + \frac{3}{C_4}\sqrt{1 - C_4^2}\right) = B_4$

In modo analogo si procede per  $LCL_s$ .

Si noti come la situazione è del tutto analoga rispetto alle carte  $\bar{X} - R$ .

ESEMPIO 2. Calcolo di carta  $\bar{X} - s$ .

Si considerino gli stessi dati dell'esempio 1 rilevati in due gruppi di campioni, dello spessore in cm di 6 elementi da sottoporre ad una prova di corrosione.

| Campioni     | Valori misurati |                |                |                |                |                | Media X | Deviazione standard s | Range R |
|--------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----------------------|---------|
|              | X <sub>1</sub>  | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | X <sub>5</sub> | X <sub>6</sub> |         |                       |         |
| <b>n.</b>    | <b>GRUPPO 1</b> |                |                |                |                |                |         |                       |         |
| 1            | 0,5005          | 0,5000         | 0,5008         | 0,5000         | 0,5005         | 0,5000         | 0,50030 | 0,00033               | 0,0008  |
| 2            | 0,4998          | 0,4997         | 0,4998         | 0,4994         | 0,4999         | 0,4998         | 0,49973 | 0,00017               | 0,0005  |
| 3            | 0,4995          | 0,4995         | 0,4995         | 0,4995         | 0,4995         | 0,4996         | 0,49952 | 0,00004               | 0,0001  |
| 4            | 0,4998          | 0,5005         | 0,5005         | 0,5002         | 0,5003         | 0,5004         | 0,50028 | 0,00025               | 0,0007  |
| 5            | 0,5000          | 0,5005         | 0,5008         | 0,5007         | 0,5008         | 0,5010         | 0,50063 | 0,00034               | 0,0010  |
| <b>n.</b>    | <b>GRUPPO 2</b> |                |                |                |                |                |         |                       |         |
| 6            | 0,5008          | 0,5009         | 0,5010         | 0,5005         | 0,5006         | 0,5009         | 0,50078 | 0,00019               | 0,0005  |
| 7            | 0,5000          | 0,5001         | 0,5002         | 0,4995         | 0,4996         | 0,4997         | 0,49985 | 0,00028               | 0,0007  |
| 8            | 0,4993          | 0,4994         | 0,4999         | 0,4996         | 0,4996         | 0,4997         | 0,49958 | 0,00021               | 0,0006  |
| 9            | 0,4995          | 0,4995         | 0,4997         | 0,4992         | 0,4995         | 0,4992         | 0,49943 | 0,00019               | 0,0005  |
| 10           | 0,4994          | 0,4998         | 0,5000         | 0,4990         | 0,5000         | 0,5000         | 0,49970 | 0,00040               | 0,0010  |
| <b>MEDIA</b> |                 |                |                |                |                |                | 0,49998 | 0,00023               | 0,00064 |

Anche in questo caso lo scopo della carta di controllo è quello di identificare quali campioni sono da considerare sostanzialmente diversi dagli altri per ricercare, se esistono, motivi di non uniformità nella lavorazione.

$$\text{linea centrale } \bar{s} = 0.00023$$

$$LSC_s = B_4 \bar{s} = 1.970 (0.00023) = 0.00049$$

$$LIC_s = B_3 \bar{s} = 0.030 (0.00023) = 0.00001$$

Mettendo insieme il tutto e riportando i dati sui relativi grafici, abbiamo quanto segue:

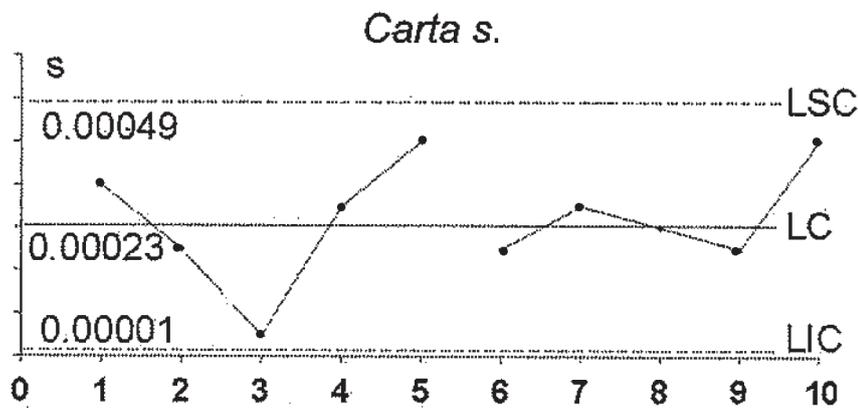
Per la carta della media:

linea centrale  $\bar{\bar{X}} = 0.49998$

$LSC = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} = 0.49998 + (1.287)(0.00023) = 0.50030$

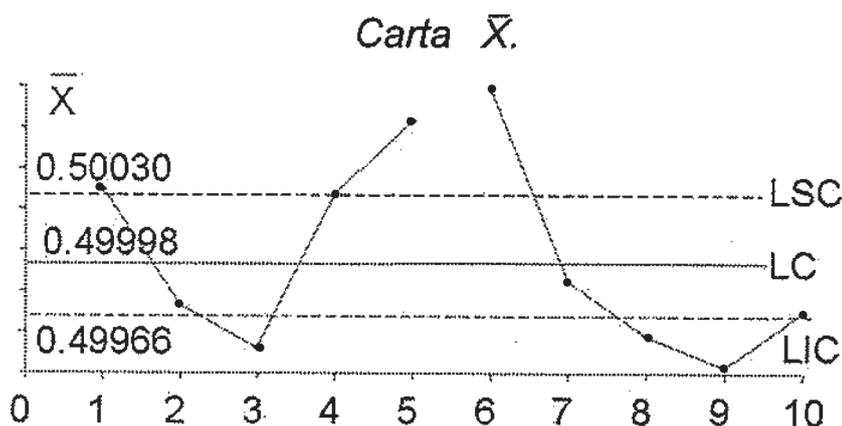
$LIC = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s} = 0.49998 - (1.287)(0.00023) = 0.49966$

I valori dei limiti di controllo di questa carta sono abbastanza vicini a quelli della carta  $\bar{X} - R$ .



L'andamento è simile rispetto a quello ottenuto con la carta  $\bar{X} - R$ , nell'esempio 1. Cambiano leggermente i valori limiti di controllo superiore ed inferiore, in quanto in questo caso si tiene conto di tutti i valori, mentre nel caso del range R si tiene conto di due soli valori, quello massimo e quello minimo..

L'andamento dei punti riportati è inalterato, come ci si poteva aspettare.



Anche per questa carta l'andamento è del tutto analogo a quanto trovato nell'esempio 1.

| Metodo                                                    | Carta $\bar{X}$                                                                                                      | Carta R                                                              | Carta s                                                              |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| $\mu$ e $\sigma$ noti o<br>assunti<br>( $X_0, \sigma_0$ ) | $LC = \bar{X}_0 = \mu$<br>$LSC_{\bar{X}} = \mu + A\sigma$<br>$LIC_{\bar{X}} = \mu - A\sigma$                         | $LC = R_0 = d_2\sigma$<br>$LSC_R = D_2\sigma$<br>$LIC_R = D_1\sigma$ | $LC = s_0 = c_4\sigma$<br>$LSC_s = B_6\sigma$<br>$LIC_s = B_5\sigma$ |
| $\mu$ e $\sigma$ stimati<br>da $\bar{X}$ e R              | $LC = \bar{\bar{X}}$<br>$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$<br>$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$ | $LC = \bar{R}$<br>$LSC_R = D_4\bar{R}$<br>$LIC_R = D_3\bar{R}$       |                                                                      |
| $\mu$ e $\sigma$ stimati<br>da $\bar{X}$ e s              | $LC = \bar{\bar{X}}$<br>$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s}$<br>$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s}$ |                                                                      | $LC = \bar{s}$<br>$LSC_s = B_4\bar{s}$<br>$LIC_s = B_3\bar{s}$       |

Tabella riassuntiva delle formule per il calcolo dei limiti delle carte di controllo. I coefficienti  $A, A_2, A_3, d_2, D_1, D_2, D_3, D_4, c_4, B_3, B_4, B_5$  e  $B_6$  si deducono da apposite tavole.

□

Prof. Fiorenzo Franceschini  
44'53"

- Carte di controllo per misure singole: concetti preliminari
- Carte di controllo per misure singole: limiti di controllo
- Esempio A
- Esempio B
- Confronto tra caratteristiche di processo e limiti di specifica

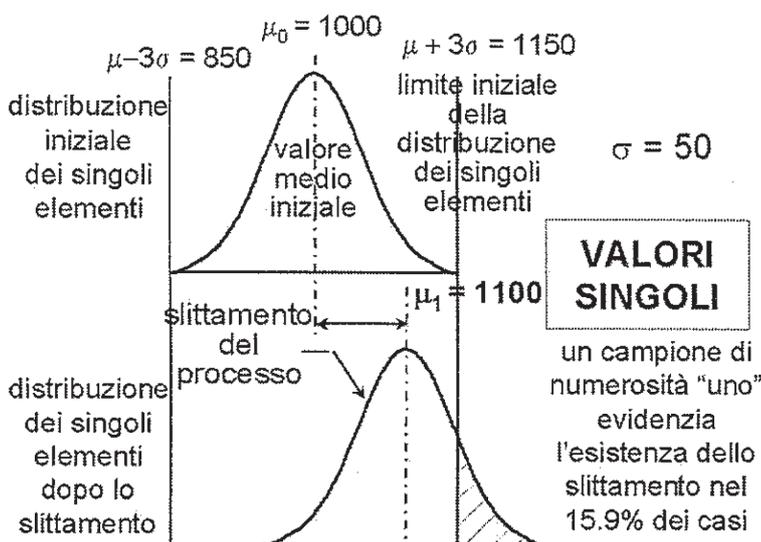
## CARTE DI CONTROLLO PER MISURE SINGOLE

Sono carte di controllo molto particolari. La domanda che sta dietro questo argomento è sul chiedersi come mai tutti i ragionamenti fatti sono riferiti, per quanto riguarda la tendenza centrale, ai valori della media e non invece al valore singolo di ogni elemento del campione. In altre parole si potrebbe pensare di costruire delle carte che si rivolgono al controllo dei singoli elementi piuttosto che ad un campione, e quindi ad un valor medio assunto rispetto ai singoli elementi nel campione. Le carte relative ai valori medi sono molto più interessanti delle carte per valori singoli, sempre che esse siano applicabili.

Può accadere di essere impossibilitati a raggruppare per unità, perché, ad esempio:

- tempi di produzione lunghi, quindi ci vuole molto tempo per acquisire un campione
- prove di tipo distruttivo, eccetera

Quali sono le motivazioni che spingono ad usare la carta di controllo sul valor medio piuttosto che sul valore singolo? La risposta nell'esempio che segue, che riguarda due situazioni.



Inizialmente abbiamo un processo, per ipotesi viene supposto di tipo normale, che ha un valore medio iniziale pari a 1000. Se il valore centrale, la media, è 1000, il limite di controllo superiore è pari alla media più  $3\sigma$ , con  $\sigma$  assunto pari a 50. Il controllo inferiore è pari alla media meno  $3\sigma$ .

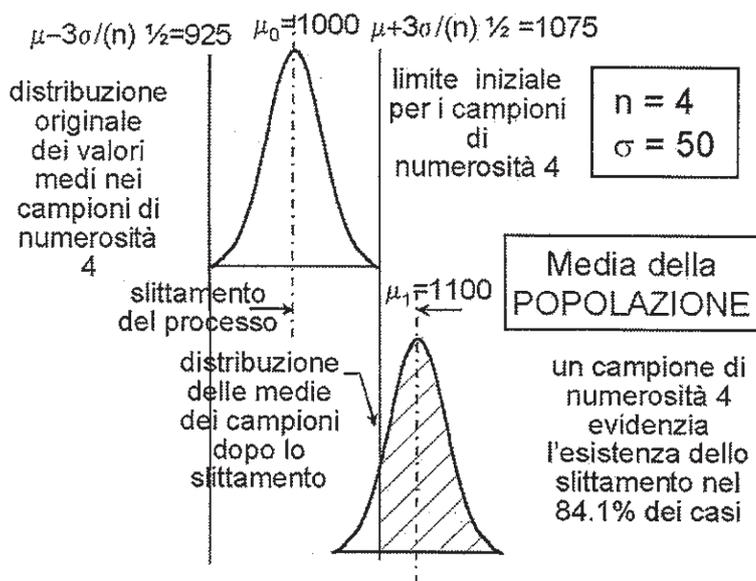
Supponiamo che per qualche ragione intervenuta nel pro-

cesso, il processo sposta il valore di tendenza centrale al valore 1100. Questo comporta che una quota parte degli elementi prodotti dal processo vada a finire fuori dai limiti che erano stati previsti e che contenevano gran parte della produzione. In pratica una quota parte della produzione non è più conforme ai limiti previsti per un processo centrato e quindi essa dovrà essere scartata.

In particolare, con riferimento alla carta a valori singoli, si osserva che, fatta 100 l'area sottesa alla distribuzione, una quota parte pari al 15.9% cade al di fuori del limite tracciato.

Questo è quanto accade per un valore singolo.

Ragionando in termini di media, vediamo il confronto tra le situazioni governabili da una carta per valori singoli e quelle governabili dalla carta per valori medi.



Nella figura a lato abbiamo la situazione iniziale posizionata al valore 1000, che è il valore della media. Il valore della media ha una dispersione che è pari alla dispersione del valore singolo rapportata alla radice di  $n$ , che è la numerosità del campione pari a 4. Rispetto alla carta precedente i valori medi sono confinati entro dei limiti che sono più stretti, come calcolato in figura e in dettaglio

LCI = 925, LCS = 1075. Questa è, in sostanza, la situazione quando il processo ha una media pari a 1000.

Se ipotizziamo uno slittamento del processo con il valore medio che si porta al valore di 1100, si osserva che la quota parte di elementi che escono fuori dal limite consentito è un numero assai rilevante in termini percentuali rispetto al caso precedente del valore singolo. In particolare, effettuando i calcoli, si ottiene che per un campione di numerosità 4, l'84.1% dei casi cade fuori dei limiti di controllo previsti.

Si osserva dunque che, a parità di condizioni di lavoro del processo, si osserva una notevole sensibilità da parte della carta dei valori medi piuttosto che della carta dei valori singoli. Questa sensibilità è la ragione sostanziale

per cui si pensa principalmente alle carte di valori medi.

La carta ha valor medio, pur conservando lo stesso valor medio della popolazione da cui prende origine, si trova a giocare su dei limiti assai più ristretti e questo fa sì che, per effetto di eventuali variazioni all'interno del processo, abbiamo una sensibilità, ovvero un riconoscimento di questo avvenuto degrado del valore centrale, e quindi dello spostamento del processo, molto più sensibile.

Questa è la ragione principale per cui ci si rivolge essenzialmente alle carte a valori medi.

Per quanto riguarda le carte a valore singolo, la prima cosa da fare è quella di calcolare gli estremi, il limite di controllo inferiore e superiore e il valore centrale.

Se la carta per misure singole è utilizzata insieme alla carta della media e del range, i limiti (superiore e inferiore) si possono calcolare come segue:

$$LSC_x = \bar{\bar{x}} + \frac{3\bar{R}}{d_2} = \bar{\bar{x}} + E_2\bar{R}$$

$$LIC_x = \bar{\bar{x}} - \frac{3\bar{R}}{d_2} = \bar{\bar{x}} - E_2\bar{R}$$

$E_2$  è un valore tabulato (variabile con la numerosità del campione  $n$ ).

Se la carta di controllo per misure singole non è affiancata ad una carta della media e ad una misura della variabilità, allora è necessario aggiungere una seconda carta in grado di misurare la variabilità del processo.

Si può controllare la variabilità considerando l'insieme dei dati raccolti come suddivisi in tanti "campioni mobili".

Stabilita la numerosità  $n$  del campione, facendo "slittare" la composizione del campione, può essere calcolata una misura del range cosiddetto "mobile".

Se le situazioni non sono omogenee tra il prelievo di un elemento ed il successivo, ad esempio se la frequenza di campionamento è bassa, questo modo di operare può presentare qualche problema.

Vediamo come si può fare il calcolo e utilizzare questo concetto del range mobile. Da un punto di vista sostanziale non esistono differenze di nessun tipo e quindi si tratta di riprendere idee già viste con l'accortezza di sapere che in realtà gli elementi sono singoli e si fa riferimento ai valori assunti dagli elementi ma relativi a campioni ad esso precedente.

Se  $k$  sono i campioni mobili (che devono essere ragionevolmente omogenei) nei quali è stato suddiviso l'insieme dei dati disponibili, si può calcolare:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k}$$

La carta per misure singole avrà:

- Limite centrale  $\bar{X}$
- Limite di controllo  $\bar{X} \pm E_2 \bar{R}$

La carta per il controllo di range mobile:

- Limite centrale  $\bar{R}$
- Limite di controllo superiore ed inferiore, rispettivamente,  $D_4 \bar{R}$ ,  $D_3 \bar{R}$

$E_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  dipendono dalla numerosità del campione  $n$  e sono dunque rilevabili su opportune tavole

ESEMPIO A.

CARTA DI CONTROLLO PER MISURE SINGOLE BASATA SU  $X$  E  $R$

Contenuto di silicio in colate di acciaio che non deve eccedere l'1%. Nella tabella sono riportati i dati relativi ai contenuti rilevati per 5 giorni e 3 turni giornalieri.

I dati sono utilizzati per stabilire gli standard della produzione e dunque la Tolleranza Naturale e la centratura del processo.

Si calcolino anche i valori per una carta a misure singole.

| Giorno        | Turno     | Colata |      |      |      |      | Ampiezza    |               |               |
|---------------|-----------|--------|------|------|------|------|-------------|---------------|---------------|
|               |           | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | campionaris | Media X       | Range R       |
|               |           |        |      |      |      |      | n           |               |               |
| Lunedì        | 1         | 0,70   | 0,72 | 0,61 | 0,75 | 0,73 | 5           | 0,702         | 0,14          |
|               | 2         | 0,83   | 0,68 | 0,83 | 0,71 | 0,73 | 5           | 0,756         | 0,15          |
|               | 3         | 0,86   | 0,78 | 0,71 | 0,70 | 0,90 | 5           | 0,790         | 0,20          |
| Martedì       | 1         | 0,80   | 0,78 | 0,68 | 0,70 | 0,74 | 5           | 0,740         | 0,12          |
|               | 2         | 0,64   | 0,66 | 0,79 | 0,81 | 0,68 | 5           | 0,716         | 0,17          |
|               | 3         | 0,68   | 0,64 | 0,71 | 0,69 | 0,81 | 5           | 0,706         | 0,17          |
| Mercoledì     | 1         | 0,80   | 0,63 | 0,69 | 0,62 | 0,75 | 5           | 0,698         | 0,18          |
|               | 2         | 0,65   | 0,81 | 0,68 | 0,84 | 0,66 | 5           | 0,728         | 0,19          |
|               | 3         | 0,64   | 0,70 | 0,66 | 0,65 | 0,93 | 5           | 0,716         | 0,29          |
| Giovedì       | 1         | 0,77   | 0,83 | 0,88 | 0,70 | 0,64 | 5           | 0,764         | 0,24          |
|               | 2         | 0,72   | 0,67 | 0,77 | 0,74 | 0,72 | 5           | 0,724         | 0,10          |
|               | 3         | 0,73   | 0,66 | 0,72 | 0,73 | 0,71 | 5           | 0,710         | 0,07          |
| Venerdì       | 1         | 0,79   | 0,70 | 0,63 | 0,70 | 0,88 | 5           | 0,746         | 0,25          |
|               | 2         | 0,85   | 0,80 | 0,78 | 0,83 | 0,62 | 5           | 0,780         | 0,23          |
|               | 3         | 0,67   | 0,78 | 0,81 | 0,84 | 0,96 | 5           | 0,812         | 0,29          |
| <b>Totale</b> | <b>15</b> |        |      |      |      |      |             | <b>11,082</b> | <b>2,790</b>  |
| <b>Media</b>  |           |        |      |      |      |      |             | <b>0,7388</b> | <b>0,1860</b> |

A lato i dati sperimentali raccolti, in una tabella.

La "colata" rappresenta, nel turno e nel giorno, la % di silicio rilevata.

A margine dei campioni raccolti abbiamo l'ampiezza, la media ed il range.

A fronte di tali dati, vediamo come impiantare la carta di controllo.

Carta per il Range:

linea centrale

$$\bar{R} = 0.186$$

limiti di controllo

$$D_4 \bar{R} = 2.115(0.186) = 0.393$$

$$D_3 \bar{R} = 0(0.186) = 0$$

Carta per la Media:

linea centrale

$$\bar{X} = 0.7388$$

limiti di controllo

$$\bar{X} + A_2 \bar{R} = 0.7388 + 0.577(0.186) = 0.846$$

$$\bar{X} - A_2 \bar{R} = 0.631$$

Carta per misure singole:            linea centrale

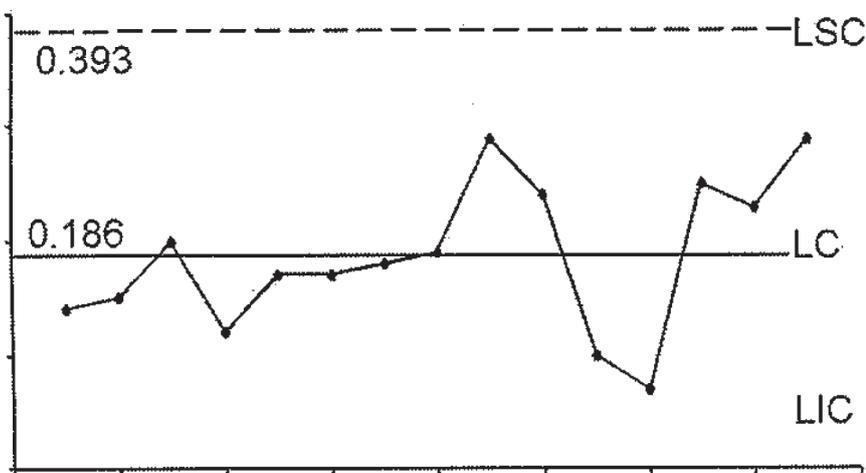
$$\bar{\bar{X}} = 0.7388$$

limiti di controllo

$$\bar{\bar{X}} + E_2 \bar{R} = 0.7388 + 1.290(0.186) = 0.979$$

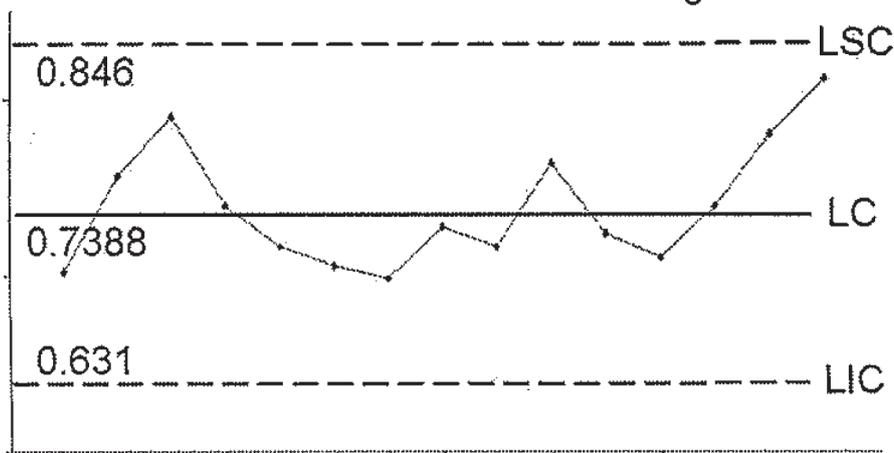
$$\bar{\bar{X}} - E_2 \bar{R} = 0.499$$

*Carta di controllo della media.*



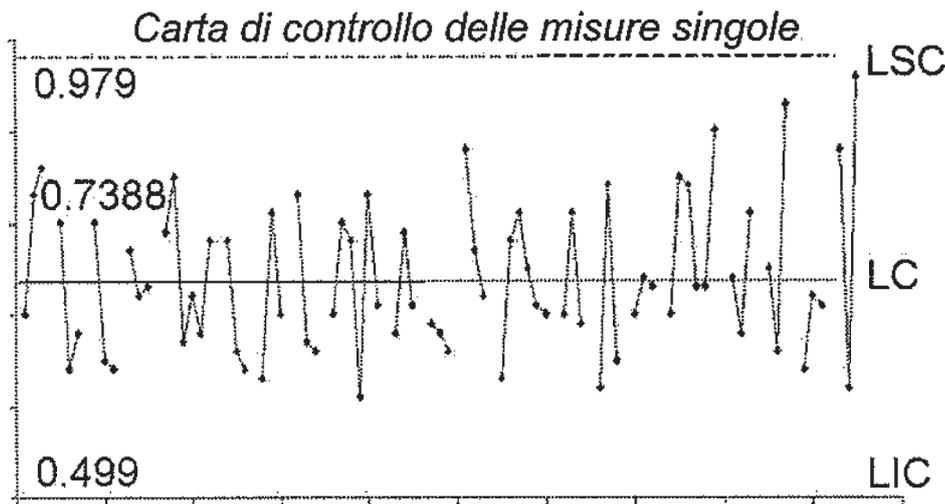
Il processo si presenta in controllo e non presenta particolari comportamenti o andamenti tali da farci supporre che qualche azione di disturbo stia avvenendo sul processo.

*Carta di controllo del range.*



Per quanto riguarda la carta di controllo del range abbiamo un andamento assolutamente ben contenuto all'interno dei confini. Non si osservano andamenti particolari. In essa sono riportati i vari valori dei limiti ottenuti nei

calcoli precedenti.



Nella carta di controllo delle misure singole compaiono i valori delle triplette relativi a ciascun elemento che compare nella carta per valori singoli. Sono riportati i valori del limite di controllo superiore

e inferiore e il limite centrale. I valori non presentano un andamento particolare quindi possiamo tenerci soddisfatti del processo. Possiamo osservare che i limiti di controllo per questo tipo di carta sono più ampi di quelli ottenuti in maniera analoga per i valori centrali. Questo è intuibile perché la dispersione associata al valore medio è più confinata.

#### Commenti ai risultati dell'Esempio A

Dalle carte tracciate si rileva che:

- il processo è perfettamente in controllo rispetto alla variabilità (carta R)
- il processo è ben centrato (carta  $\bar{X}$  e  $\bar{X}$ )

Le misure singole sono tutte contenute entro i limiti previsti.

#### ESEMPIO B.

CARTE DI CONTROLLO PER MISURE INDIVIDUALI, RANGE MOBILE (SU 2 OSSERVAZIONI) BASATE SU  $\bar{X}$ , R

E' dato un impianto di distillazione. si desidera controllare la % di metanolo nel processo.

Essendo trascurabile la variabilità entro un singolo lotto, si stabilisce di considerare un'osservazione per singolo lotto e di stabilire i limiti di controllo sulla base del range mobile dei lotti successivi (*quindi la numerosità del campione è 2*). La tabella che segue riporta i dati raccolti. Si traccino le carte di controllo per valori singoli e range mobile.

..... eccetera

| Lotto | % metanolo<br>X | Range<br>mobile R | Lotto         | % metanolo<br>X | Range<br>mobile R |
|-------|-----------------|-------------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 1     | 4,6             | —                 | 14            | 5,5             | 0,1               |
| 2     | 4,7             | 0,1               | 15            | 5,2             | 0,3               |
| 3     | 4,3             | 0,4               | 16            | 4,6             | 0,6               |
| 4     | 4,7             | 0,4               | 17            | 5,5             | 0,9               |
| 5     | 4,7             | 0                 | 18            | 5,6             | 0,1               |
| 6     | 4,6             | 0,1               | 19            | 5,2             | 0,4               |
| 7     | 4,8             | 0,2               | 20            | 4,9             | 0,3               |
| 8     | 4,8             | 0                 | 21            | 4,9             | 0                 |
| 9     | 5,2             | 0,4               | 22            | 5,3             | 0,4               |
| 10    | 5,0             | 0,2               | 23            | 5,0             | 0,3               |
| 11    | 5,2             | 0,2               | 24            | 4,3             | 0,7               |
| 12    | 5,0             | 0,2               | 25            | 4,5             | 0,2               |
| 13    | 5,6             | 0,6               | 26            | 4,4             | 0,1               |
|       |                 |                   | <b>Totale</b> | <b>128,1</b>    | <b>7,2</b>        |
|       |                 |                   | <b>Media</b>  | <b>4,967</b>    | <b>0,288</b>      |

La tabella riporta il numero di lotto, la % di metanolo di ogni singolo lotto e il range mobile R di ogni singolo lotto.

Il range mobile R è calcolato facendo riferimento ad una unica grandezza: per il primo valore non abbiamo valori precedenti per cui non possiamo stimare il range; per il secondo valore il range è dato dalla differenza tra la percentuale di metanolo del lotto 2 con la percentuale di metanolo del lotto 1, e così via per i successivi. Si prende il valore assoluto, in quanto denota un intervallo.

Quindi, per il calcolo del valor medio di R si utilizzano 25 valori.

Con questi dati e siamo in grado di poter calcolare i valori degli estremi della carta di controllo e dunque i rispettivi valori centrali.

Carta per il Range mobile:      **linea centrale**

Range medio  $\bar{R}$

$$\bar{R} = 7.2 / 25 = 0.288$$

← pari al numero lotti - 1, ovvero alla numerosità dei Range mobili

**limiti di controllo**

$$D_4 \bar{R} = 3.267(0.288) = 0.94$$

$$D_3 \bar{R} = 0(0.288) = 0$$

I valori di D4 e D3 (per il limite superiore ed inferiore) sono ricavati da tabelle, per una numerosità pari a 2

Carta per misure singole:      **linea centrale**

$$\bar{X} = 128.1 / 26 = 4.967$$

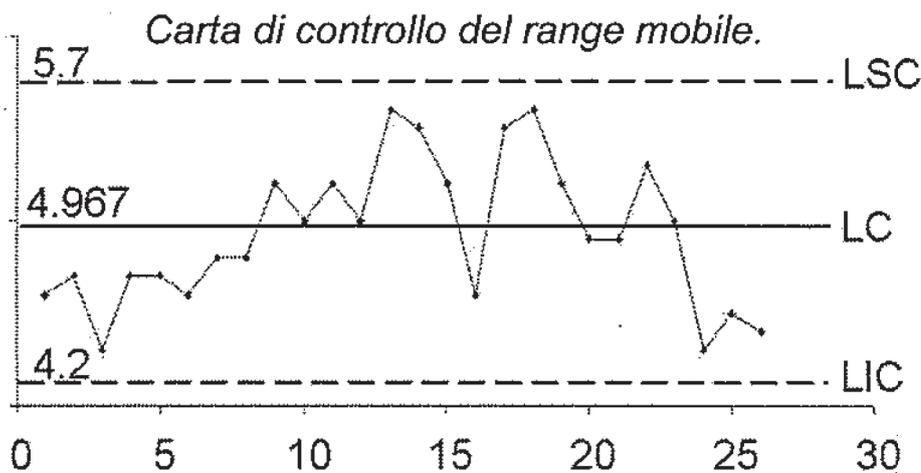
**limiti di controllo**

$$\bar{X} + E_2 \bar{R} = 4.967 + 2.66(0.288) = 5.7$$

$$\bar{X} - E_2 \bar{R} = 4.2$$

Limite superiore ed inferiore

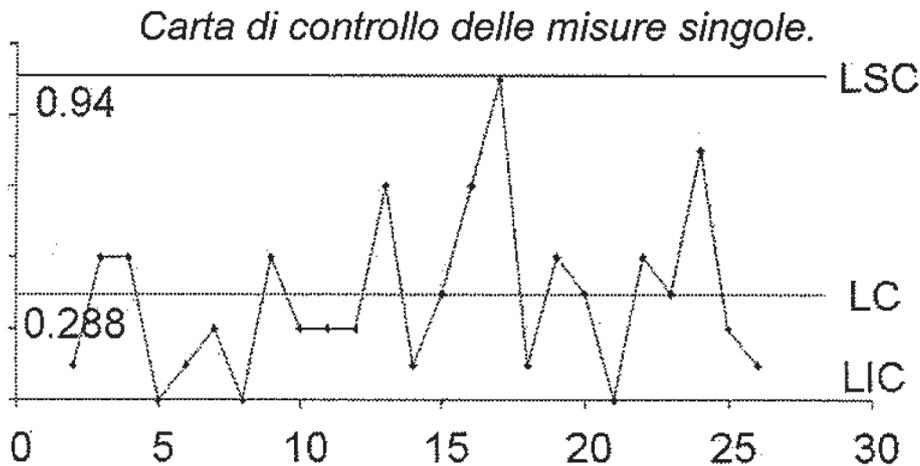
La carta di controllo del range mobile



Possiamo osservare che l'andamento è tranquillo anche se sembra esserci una parte destra un accenno di periodicità, ma gli elementi che stiamo considerando non sono sufficienti per dare una indicazione in questo senso. Possiamo dunque affermare che dal punto di vista

del range il comportamento del processo è un comportamento accettabile.

## Carta di controllo per misure singole



In questo caso possiamo osservare la presenza di un punto che si trova alla frontiera del limite superiore della carta. Possiamo dunque affermare che, comunque, il processo si comporta in maniera

del tutto accettabile, ma, questo accenno ad avvicinarsi al limite di confine potrebbe indicarci che è insorta una qualche causa che ha comportato una anomalia nel processo.

### ALCUNE OSSERVAZIONI IMPORTANTI

- È bene ribadire che il limite di controllo sulle carte  $\bar{X} - R$  non sono il limite di tolleranza delle specifiche ingegneristiche, questo perché tutte le considerazioni sono state fatte riguardo ai limiti di controllo e non i limiti di specifica. Questo aspetto sarà trattato parlando degli indici di Capacità di Processo. In altre parole un processo può essere “fuori controllo” pur non essendo stata prodotta alcuna parte difettosa.
- È ovvio tuttavia che le due quantità citate sono tra loro in qualche modo collegato. Cioè i limiti di controllo devono essere il più possibile allineati ai limiti di specifica.

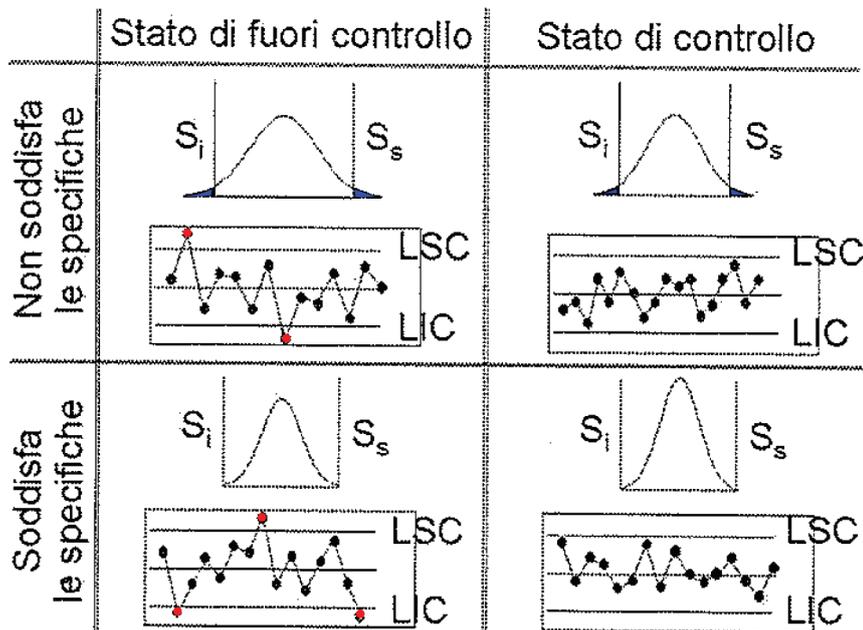
L'abilità di chi gestisce processo è quella di fare in modo che le due grandezze siano tra loro “allineate”

### CONFRONTO TRA CARATTERISTICHE DEL PROCESSO E VALORI DI SPECIFICA

1. Le parti che si stanno producendo eccedono i limiti superiori e/o inferiore di specifica? La domanda se la deve porre il progettista e l'addetto alla Qualità.
2. Quale è il comportamento della media del campione con riferimento al valor medio di specifica?
3. Quale è l'andamento della tolleranza naturale del processo riferita alla tolleranza di specifica?

Di seguito una tabella che fotografa quattro situazioni.

*Confronto tra caratteristiche del processo e valori di specifica*



Nella tabella riportiamo per righe le situazioni che si possono verificare nelle applicazioni con riferimento alle specifiche, per colonne riportiamo le due situazioni che si possono verificare per lo stato del controllo del processo.

Analizzando il primo quadrante si notano le specifiche evidenziate da due linee. Il processo non soddisfa le specifiche in quanto una quota parte della produzione esce fuori dai limiti di specifica, ma non solo, in quanto abbiamo anche dei fuori controllo, in rosso.

Nel secondo quadrante abbiamo una situazione in cui non soddisfa siamo le specifiche ma siamo in condizione di controllo come visualizza la carta.

Nel terzo quadrante le specifiche vengono soddisfatte, ma si verificano dei fuori controllo.

Nel quarto quadrante abbiamo la situazione che preferiamo, il processo è in specifica ed è anche in controllo.

□

Prof. Fiorenzo Franceschini  
34'54"

- Carte di controllo per attributi: concetti preliminari
- Definizioni
- Tipi di carte di controllo per attributi
- Carte di tipo "p": percentuale di difettosi
- Esempio 1

## CARTE DI CONTROLLO PER ATTRIBUTI

Vengono applicate nei casi dove non "è possibile" esplicitare la rispondenza di una caratteristica a determinati requisiti mediante una misura. Sono più povere di contenuto informativo rispetto alla carte per variabili viste nelle lezioni precedenti.

Le carte di controllo per attributi sono spesso utilizzate per prime quando ci si avvicina per la prima volta alla gestione della Qualità.

Esempi:

- calibro passa - non passa
- presenza / assenza di una priorità
- conformità / non conformità ad una specifica di progetto

Sono situazioni in cui vediamo una alternanza di due possibili situazioni per il sistema che stiamo controllando.

## NOTE GENERALI

- Il costo di acquisizione delle informazioni per un controllo per attributi è, normalmente, più basso di un controllo per variabili.
- Il minor costo delle carte di controllo per attributi è, solitamente, bilanciato da un numero maggiore di rilevazioni.
- Le carte di controllo per attributi sono di facile lettura e di facile comprensione anche per i non addetti ai lavori.
- Le carte di controllo per attributi precedono, da un punto di vista temporale, l'utilizzo delle carte di controllo per variabili per la loro semplicità.
- Le carte di controllo per attributi sono "singole" e non accoppiate come quelle per valori.

## DEFINIZIONI

**DIFETTO.** Una qualsiasi manifestazione del prodotto del non raggiungimento di una specifica imposta ad una sua caratteristica. Un'unità di prodotto può avere contemporaneamente più difetti in relazione alla non conformità di più caratteristiche (norma ISO 8492).

**DIFETTOSO.** È un termine utilizzato per definire l'intera unità di prodotto non corrispondente alle specifiche relative a una o più caratteristiche qualitative.

## TIPI DI CARTE DI CONTROLLO PER ATTRIBUTI

- Carte di tipo "p" per percentuali di difettosi
- Carte di tipo "np" per numero di elementi difettosi
- Carte di tipo "c" per un numero di difetti per campione
- Carte "u" per numero di difetti per unità

## CARTE TIPO "p" (% DI DIFETTOSI)

Se in una produzione di oggetti è presente una percentuale  $\pi$  di difettosità (o di elementi difettosi), prendendo un campione di  $n$  elementi può risultare nel campione una percentuale di:

$$\frac{0}{n}, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, \frac{n}{n}$$

La probabilità di avere  $x$  elementi difettosi e quindi la percentuale  $x/n$  segue una distribuzione binomiale ( $n$  è la numerosità,  $\pi$  è la % elementi difettosi):

$$P(X = x | n, \pi) = \binom{n}{x} \pi^x (1 - \pi)^{(n-x)}$$

Il cui valor medio è  $E\left(\frac{X}{n}\right) = \frac{1}{n} E(X) = \frac{1}{n} n\pi = \pi$   $\pi$  è la probabilità di successo, che rappresenta la probabilità di avere un elemento difettoso

e la cui deviazione standard è  $\sigma\left(\frac{X}{n}\right) = \frac{1}{n} \sigma(X) = \frac{1}{n} \sqrt{n\pi(1-\pi)} = \sqrt{\frac{\pi(1-\pi)}{n}}$

Quindi, per le carte, occorre ricordarsi il valor medio e la deviazione standard.

Se fosse nota la percentuale  $\pi$  teorica di elementi difettosi, i limiti della carta della percentuale di difettosi verrebbero stabiliti nel modo che segue (per un intervallo  $\pm 3\sigma$ ):

$$LSC_p = \pi + 3\sigma = \pi + 3\sqrt{\frac{\pi(1-\pi)}{n}}$$

$$LIC_p = \pi - 3\sigma = \pi - 3\sqrt{\frac{\pi(1-\pi)}{n}}$$

Per rendere operativi questi limiti è necessario avere una stima di  $\pi$ .

D'altra parte (**Teorema del Limite Centrale**) sappiamo che la percentuale campionaria tende ad eguagliare la percentuale  $\pi$  della popolazione di provenienza.

Presi  $k$  campioni, una stima di  $\pi$  è la seguente:  $\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^k p_i}{k}$

e se i campioni sono di ampiezza differente:  $\hat{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + \dots + n_k p_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$   
(è una sorta di media ponderata)

Sostituendo questa stima nei valori limiti (teorici) tracciati, si ottiene:

$$LSC_p = \hat{p} + 3\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

$$LIC_p = \hat{p} - 3\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

e la linea centrale della carta viene fatta coincidere con  $\hat{p}$ .

NOTA 1. I limiti  $\pm 3s_p$  vengono stabiliti ricordando che la percentuale campionaria tende a distribuirsi secondo una normale (Teorema del Limite Centrale).

Si ricorda che la % dei punti che cadono entro  $\pm 3s_p$  non è del 99.73% ( $s_p$  è una stima)!!!

Questo perché  $s_p$ , lo scarto quadratico medio che ricaviamo dall'analisi spe-

rimentale è una stima e non è il valore che possiamo determinare per via teorica conoscendo il valore di  $\pi$  e quindi conoscendo il valore teorico. Questa cosa, ribadita per le carte di controllo per variabili, vale anche in questo caso.

NOTA 2. Se la numerosità  $n$  dei  $k$  campioni varia, i limiti di controllo sono diversi per ogni campione ( $n$  è presente nella espressione dei limiti).

Andiamo a considerare un valore di  $\hat{p}$  ponderato sulle varie numerosità dei campioni considerati, oppure dobbiamo andare a tracciare i valori diversi dei limiti di controllo a seguito del diverso valore assunto dalla numerosità  $n$ . Questo perché la numerosità  $n$  compare in maniera esplicita nel secondo termine del limite superiore di controllo e del limite inferiore di controllo. Quindi se varia la numerosità di questi, dovremo tracciare delle carte con limiti variabili al variare della numerosità del campione. Ma se non abbiamo vistose differenze fra le numerosità dei campioni possiamo considerare una numerosità media ed una percentuale di difettosi mediata, cioè ponderata sui vari campioni considerati, come già detto prima.

NOTA 3. Nella carta “p” la rappresentazione delle  $k$  percentuali di difettosità permette di evidenziare nel tempo lo stato di controllo del processo. In altre parole tutto quello che abbiamo detto per le carte di controllo per variabili si ribalta automaticamente anche per le carte di controllo per attributi, in particolare per la carta che stiamo analizzando, la carta “p”.

Se qualche punto cade fuori dai limiti è necessario rimuovere le condizioni anomale del processo per riportarlo nelle condizioni di controllo, cercando di capire le cause delle condizioni anomale. Le considerazioni fatte su cause di perturbazioni del processo valgono ancora per le carte di controllo per attributi.

ESEMPIO 1. Pezzi difettosi determinati nel controllare 15 campioni in sequenza nel controllo visivo di manufatti in plastica. Dimensione dei campioni  $n = 400$ . **La numerosità, in questo caso è costante, ed è molto più grande rispetto al caso delle carte di controllo per variabili.**

I campioni sono prelevati di tanto in tanto,  $n = 400$  è la numerosità. Si determina, tramite controllo visivo, quali sono non conformi.

*Esempio di calcolo di carta "p". Dati sperimentali.*

---

**ESEMPIO 1**  
 Pezzi difettosi determinati nel controllare 15  
 campioni in sequenza.  
 (Controllo visivo di manufatti in plastica)  
 Dimensione dei campioni:  $n = 400$

| Lotto | Ampiezza campione | Numero elementi difettosi pn | Frazione elementi difettosi p | Lotto         | Ampiezza campione | Numero elementi difettosi pn | Frazione elementi difettosi p |
|-------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1     | 400               | 1                            | 0,0025                        | 9             | 400               | 8                            | 0.02                          |
| 2     | 400               | 3                            | 0,0075                        | 10            | 400               | 5                            | 0.0125                        |
| 3     | 400               | 0                            | 0                             | 11            | 400               | 2                            | 0,005                         |
| 4     | 400               | 7                            | 0,0175                        | 12            | 400               | 0                            | 0                             |
| 5     | 400               | 2                            | 0,005                         | 13            | 400               | 1                            | 0,0025                        |
| 6     | 400               | 0                            | 0                             | 14            | 400               | 0                            | 0                             |
| 7     | 400               | 1                            | 0,0025                        | 15            | 400               | 3                            | 0,0075                        |
| 8     | 400               | 0                            | 0                             |               |                   |                              |                               |
|       |                   |                              |                               | <b>TOTALE</b> | <b>6000</b>       | <b>33</b>                    | <b>0,0825</b>                 |
|       |                   |                              |                               | <b>MEDIA</b>  |                   | <b>2,2</b>                   | <b>0,0055</b>                 |

Il numero di elementi difettosi è quanti elementi difettosi sono stati trovati nel lotto, quindi nel lotto 1, su 400 campioni ne è stato trovata 1 difettosa. La frazione di elementi difettosi è calcolata, in questo caso, come  $1/400$ .

Dai dati di tabella si trova:

linea centrale

$$\hat{p} = \frac{33}{6000} = 0.0055 = \frac{0.0825}{15}$$

limiti di controllo

$$LCS = \hat{p} + 3 \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} = 0.0055 + 3 \sqrt{\frac{0.0055(1-0.0055)}{400}} = 0.0166$$

$$LCI = \hat{p} - 3 \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} = 0.0055 - 3 \sqrt{\frac{0.0055(1-0.0055)}{400}} = 0$$

0 perché il valore algebrico è negativo

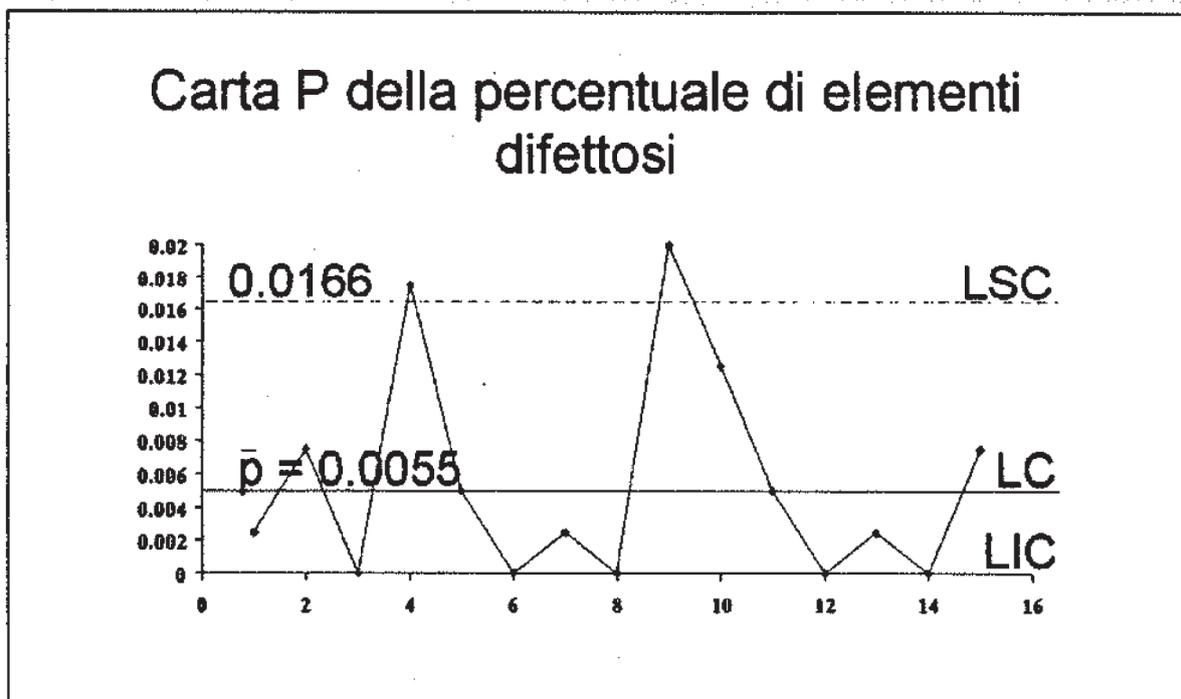
Osservando la figura della carta "p" si rilevano alcuni campioni fuori dai limiti di controllo. I campioni fuori controllo sono 2.

Ad opera dell'addetto alla qualità, eliminando i motivi di "fuori limite" determinati dai campioni 4 e 9 è "presumibile" stabilire che la percentuale di difettosi si collochi sotto il valore  $\hat{p} = 0.0055$  risultato della prima analisi.

Questo in quanto vengono ricalcolati, eliminando i due fuori controllo ed assumendone di nuovi.

Si noti l'asimmetria fra i limiti di controllo, dovuta al fatto che non ha senso definire dei valori di percentuale di difettosità negativi.

Carta P della percentuale di elementi difettosi



□

Prof. Fiorenzo Franceschini  
42'27”

- Carte di tipo “np”: numero di difettosi
- Esempio
- Carte di tipo “c”: numero di difetti per campione
- Esempio A
- Carte di tipo “u”: numero di difetti per unità
- Riepilogo carte “c” e “u”
- Esempio 1

## CARTA DI CONTROLLO “np”

La carta di controllo del numero di elementi difettosi è del tutto equivalente alla carta di controllo “p”.

Si consiglia l'adozione della carta del numero di elementi difettosi “np” al posto della carta “p”, quando la numerosità del campione è costante.

Considerando la distribuzione binomiale, detta  $\pi$  la percentuale di difettosità del processo, la probabilità di avere  $x$  elementi difettosi vale:

$$P(X = x | n, \pi) = \binom{n}{x} \pi^x (1 - \pi)^{(n-x)}$$

Il valore medio della distribuzione vale  $E(X) = n\pi$

mentre la varianza:  $V(X) = n\pi(1 - \pi)$

Una stima  $\hat{p}$  ottenibile dai  $k$  campioni vale:

nel caso di numerosità costante: 
$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^k p_i}{k}$$

o, se la numerosità è variabile: 
$$\hat{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + \dots + n_k p_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

I limiti di controllo, superiore e inferiore, valgono:

$$LSC_{np} = n\hat{p} + 3\sqrt{n\hat{p}(1-\hat{p})}$$

$$LIC_{np} = n\hat{p} - 3\sqrt{n\hat{p}(1-\hat{p})}$$

La linea centrale  
viene tracciata  
in corrispondenza di  $n\hat{p}$

La linea centrale viene tracciata in corrispondenza di  $n\hat{p}$ .

La percentuale di difettosità stimata è  $\hat{p}$ .

Il contenuto informativo di questa carta riflette quello della carta per percentuale di difettosi, la carta "p". La variante consiste nel fatto che invece di avere una percentuale in questo caso abbiamo un numero di difettosi.

NOTA 1. La carta "np", nel caso di n costante, ha il pregio di mettere a controllo direttamente il numero di elementi difettosi.

Se n è variabile, poiché diventano variabili sia la linea centrale che i limiti di controllo, diventa difficile una lettura comparativa dei valori dei diversi campioni.

Si consiglia di non usare questa carta quando la numerosità del campione non è costante.

ESEMPIO. Sulla base dei dati visti nell'esempio precedente.

### *Esempio di costruzione di carta "np"*

#### **ESEMPIO**

Per l'esempio di 15 campioni consecutivi (n=400) di manufatti in plastica si ottiene:

- limiti di controllo

$$LSC = n\hat{p} + 3\sqrt{n\hat{p}(1-\hat{p})} = 6.6$$

$$LIC = n\hat{p} - 3\sqrt{n\hat{p}(1-\hat{p})} = 0$$

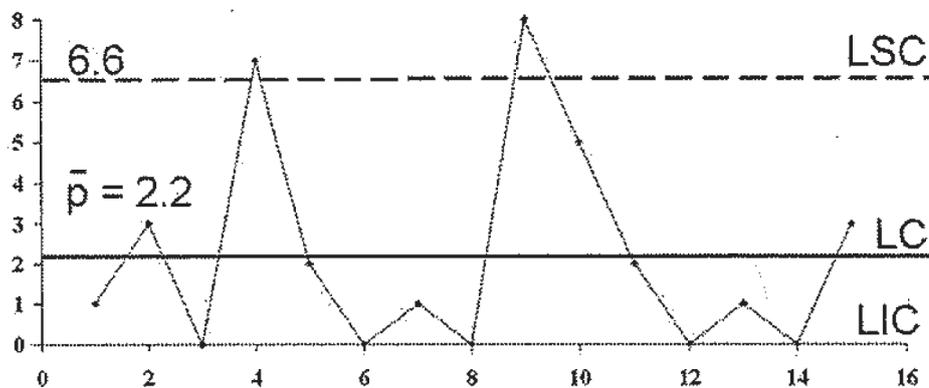
- linea centrale

$$n\hat{p} = \frac{33}{15} = 2.2$$

| Lotto         | Ampiezza campioni n | Numero elementi difettosi pn | Frazione elementi difettosi p |
|---------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1             | 400                 | 1                            | 0,0025                        |
| 2             | 400                 | 3                            | 0,0075                        |
| 3             | 400                 | 0                            | 0                             |
| 4             | 400                 | 7                            | 0,0175                        |
| 5             | 400                 | 2                            | 0,005                         |
| 6             | 400                 | 0                            | 0                             |
| 7             | 400                 | 1                            | 0,0025                        |
| 8             | 400                 | 0                            | 0                             |
| 9             | 400                 | 8                            | 0,02                          |
| 10            | 400                 | 5                            | 0,0125                        |
| 11            | 400                 | 2                            | 0,005                         |
| 12            | 400                 | 0                            | 0                             |
| 13            | 400                 | 1                            | 0,0025                        |
| 14            | 400                 | 0                            | 0                             |
| 15            | 400                 | 3                            | 0,0075                        |
| <b>Totale</b> | <b>6000</b>         | <b>33</b>                    | <b>0,0825</b>                 |
| <b>Media</b>  |                     | <b>2,2</b>                   | <b>0,0055</b>                 |

con  $\hat{p} = 0,0055$ ; LIC è 0 in quanto il calcolo produce un numero negativo, assumiamo un valore 0.

## Carta "np" per numero di elementi difettosi



*Carta "np". Confrontando questa carta con quella "p" (che analizza lo stesso campione), si nota che hanno andamento analogo. Ciò è dovuto al fatto che la carta "p" riporta gli stessi valori della carta "np" rinormalizzati all'ampiezza totale del campione.*

Dato che questa carta è analoga alla carta "p", le considerazioni su di essa sono le stesse già viste.

## CARTA DI CONTROLLO “c” PER NUMERO DI DIFETTI PER CAMPIONE

Vengono utilizzate quando è da verificare il numero di difetti riscontrati in ciascun elemento prodotto, e non soltanto se l'unità è difettosa o no, ma quanti difetti complessivamente presenta il campione di elementi.

La carta di controllo “c” trae i fondamenti teorici dalla distribuzione di POISSON:

$$p(x) = \frac{c^x e^{-c}}{x!}$$

normalmente trattandosi di un numero di difetti per unità o campione, la probabilità di difetto è piccola.

$P(x)$  esprime la probabilità di avere  $x$  difetti, essendo  $c$  il numero medio di difetti che si riscontra nel campione.

È noto altresì che:

$$E(X) = c \quad \text{valore atteso}$$

$$V(X) = c \quad \text{varianza}$$

Per una distribuzione di POISSON (ipotizzando un andamento simmetrico) i limiti sono dunque:

$$LSC = c + 3\sqrt{c}$$

$$LIC = c - 3\sqrt{c}$$

valori teorici

$c$  non è normalmente noto, la sua stima può essere ottenuta da:

$$\hat{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k}$$

Si può allora impostare una carta che ha:

$$\begin{array}{l} \text{linea centrale: } \hat{c} \\ \text{limiti: } \pm 3\sqrt{\hat{c}} \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} \hat{c} \pm 3\sqrt{\hat{c}} \\ \text{limiti} \end{array}$$

Noto il numero medio di difetti  $\hat{c}$ , con  $\hat{c} = \frac{\text{n.ro difetti in tutti i campioni}}{\text{n.ro campioni}}$

si può definire completamente la carta "c"

NOTA. L'uso della carta "c" è indicato quando non vi è una naturale unità di misura del prodotto, una unità di misura non riconoscibile (esempio: numero di difetti in una superficie o in una lunghezza, ...).

ESEMPIO A. Sono noti i risultati di una campagna di sperimentazione in una fabbrica di circuiti stampati.

26 campioni di 100 circuiti stampati sono stati prelevati dalla linea di produzione.

Dalla Tabella dei risultati risulta:

**ESEMPIO A**

Sono noti i risultati di una campagna di sperimentazione in una fabbrica di circuiti stampati.

26 campioni di 100 circuiti stampati sono prelevati dalla linea di produzione.

Dalla Tabella dei risultati risulta:

$$\bar{c} = \frac{516}{26} = 19.85$$

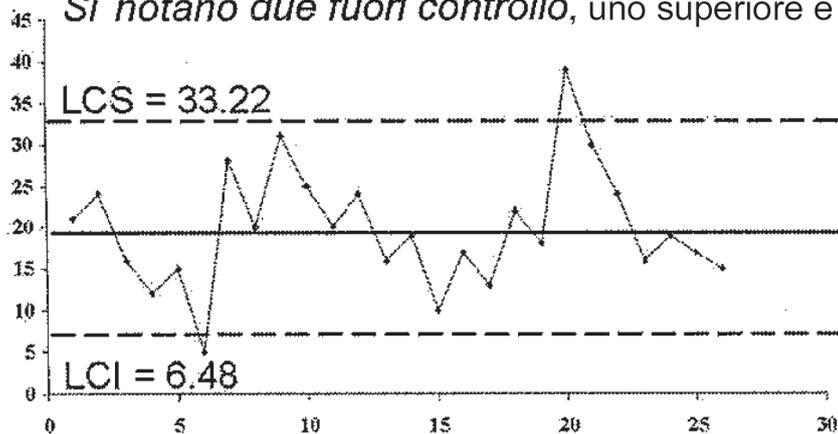
$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 19.85 + 3\sqrt{19.85} = 33.22$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 19.85 - 3\sqrt{19.85} = 6.48$$

| Campione | Non conformità | Campione | Non conformità |
|----------|----------------|----------|----------------|
| 1        | 21             | 14       | 19             |
| 2        | 24             | 15       | 10             |
| 3        | 16             | 16       | 17             |
| 4        | 12             | 17       | 13             |
| 5        | 15             | 18       | 22             |
| 6        | 5              | 19       | 18             |
| 7        | 28             | 20       | 39             |
| 8        | 20             | 21       | 30             |
| 9        | 31             | 22       | 24             |
| 10       | 25             | 23       | 16             |
| 11       | 20             | 24       | 19             |
| 12       | 24             | 25       | 17             |
| 13       | 16             | 26       | 15             |

### Carta del numero di difetti per campione.

Si notano due fuori controllo, uno superiore e uno inferiore



Non siamo soddisfatti del processo per cui dobbiamo operare una rimozione delle cause che hanno provocato i due fuori controllo e, una volta fatta questa rimozione, dobbiamo calcolare di nuovo i limiti di controllo che costituiranno la base per il monitoraggio con continuità del processo che stiamo analizzando.

#### Calcolo dei nuovi limiti

I punti 6 e 20 risultano fuori controllo. Le cause di fuori controllo sono individuate e rimosse. I nuovi limiti diventano:

$$\bar{c} = 19.67$$

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 19.67 + 3\sqrt{19.67} = 32.97$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 19.67 - 3\sqrt{19.67} = 6.37$$

## CARTA DI CONTROLLO "u": NUMERO DI DIFETTI PER UNITÀ

Sono utilizzate quando il campione è suddivisibile in unità di prodotto.

Detto "u" il numero di difetti per unità

$$\hat{u} = \frac{\text{n.ro difetti in tutti i campioni}}{\text{n.ro unità in tutti i campioni}}$$

Se n è il numero di unità del campione, il legame tra  $\hat{u}$  e  $\hat{c}$  è:  $\hat{u} = \frac{\hat{c}}{n}$

Con questa notazione la carta "c" si può esprimere come:  $\hat{u}n \pm 3\sqrt{\hat{u}n}$

Se andiamo a considerare come linea centrale il valore  $\hat{u}$ , allora il numero di difetti per unità diventa:

$$\hat{u} \pm 3\sqrt{\frac{\hat{u}}{n}}$$

avendo diviso per n entrambi i membri della relazione precedente.

In questa carta la linea centrale non risente della presenza della numerosità del campione, n.

Viceversa il termine che va a specializzare i due limiti di controllo contiene il termine legato alla numerosità.

| RIEPILOGO sulle carte "c" e "u" |                                  |                |                                         |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------------------|
|                                 | Variabile controllata            | linea centrale | limiti di controllo                     |
| (1)                             | n.ro di difetti "c" per campione | $\hat{c}$      | $\hat{c} \pm 3\sqrt{\hat{c}}$           |
| (2)                             | n.ro di difetti "c" per campione | $n\hat{u}$     | $\hat{u}n \pm 3\sqrt{\hat{u}n}$         |
| (3)                             | n.ro di difetti "u" per unità    | $\hat{u}$      | $\hat{u} \pm 3\sqrt{\frac{\hat{u}}{n}}$ |

## OSSERVAZIONI

- Le carte (1) e (2) sono identiche quando  $m$  è costante
- La carta (1) è l'unica adottabile quando il campione utilizzato non è suddivisibile in unità di prodotto.
- Quando  $n$  non è costante si deve utilizzare la (2) con il problema di avere una linea centrale, e quindi i limiti diversi per numerosità diverse, in altre parole i limiti diversi per numerosità del campione che sono differenti. Pertanto, quando  $n$  è variabile è preferibile utilizzare la (3) che ha la linea centrale costante.

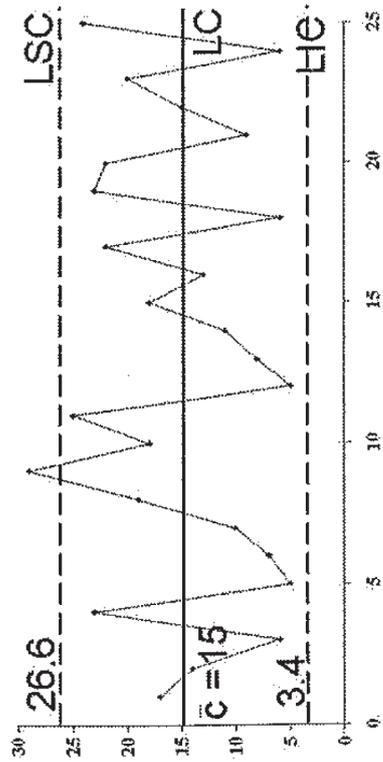
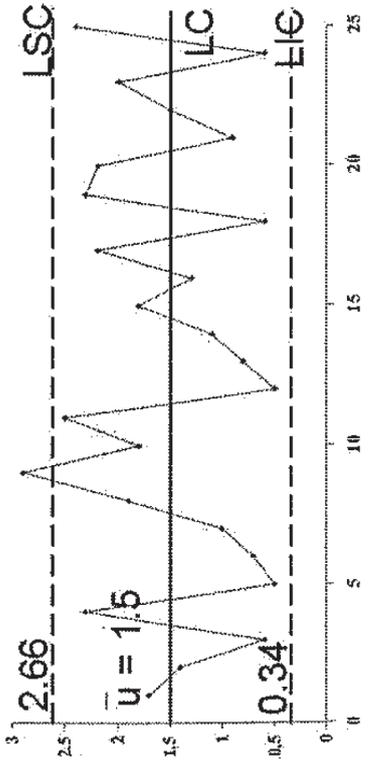
ESEMPIO 1. Esempio di applicazione contemporanea della carta "c" e "u" con riferimento a risultati analoghi, in modo da poter apprezzare eventuali differenze.

Esempio di costruzione di carte "u" e "c".

### ESEMPIO 1 Carta di controllo "u" e "c" per campioni con n costante

Difetti riscontrati nel  
controllare 25 lotti  
consecutivi di piatti.  
Ogni lotto è costituito  
da  $n = 10$  piatti.  
I difetti sono rilevati  
anche se sono presenti  
nella stessa unità

| Campione      | Totale difetti<br>nel campione c | Difetti<br>per unità |
|---------------|----------------------------------|----------------------|
| 1             | 17                               | 1,7                  |
| 2             | 14                               | 1,4                  |
| 3             | 6                                | 0,6                  |
| 4             | 23                               | 2,3                  |
| 5             | 5                                | 0,5                  |
| 6             | 7                                | 0,7                  |
| 7             | 10                               | 1                    |
| 8             | 19                               | 1,9                  |
| 9             | 29                               | 2,9                  |
| 10            | 18                               | 1,8                  |
| 11            | 25                               | 2,5                  |
| 12            | 5                                | 0,5                  |
| 13            | 8                                | 0,8                  |
| 14            | 11                               | 1,1                  |
| 15            | 18                               | 1,8                  |
| 16            | 13                               | 1,3                  |
| 17            | 22                               | 2,2                  |
| 18            | 6                                | 0,6                  |
| 19            | 23                               | 2,3                  |
| 20            | 22                               | 2,2                  |
| 21            | 9                                | 0,9                  |
| 22            | 15                               | 1,5                  |
| 23            | 20                               | 2                    |
| 24            | 6                                | 0,6                  |
| 25            | 24                               | 2,4                  |
| <b>TOTALE</b> | <b>375</b>                       | <b>37,5</b>          |
| <b>MEDIA</b>  | <b>15</b>                        | <b>1,5</b>           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;">Carta "c"</div> <p style="text-align: center;">linea centrale <math>LC_c = \frac{375}{25} = 15</math></p> <p style="text-align: center;">limiti di controllo</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <math>LSC_c = \hat{c} + 3\sqrt{\hat{c}} = 15 + 3\sqrt{15} = 26.6</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <math>LIC_c = \hat{c} - 3\sqrt{\hat{c}} = 15 - 3\sqrt{15} = 3.4</math> </div> | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;">Carta "u"</div> <p style="text-align: center;">linea centrale <math>LC_u = \frac{37.5}{25} = 1.5 = \frac{\hat{c}}{n}</math></p> <p style="text-align: center;">limiti di controllo</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <math>LSC_u = \hat{u} + 3\sqrt{\frac{\hat{u}}{n}} = 1.5 + 3\sqrt{\frac{1.5}{10}} = 2.66</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <math>LIC_u = \hat{u} - 3\sqrt{\frac{\hat{u}}{n}} = 1.5 - 3\sqrt{\frac{1.5}{10}} = 0.34</math> </div> <p>Si osserva che un punto è fuori dai limiti di controllo.<br/>Le due carte presentano lo stesso contenuto informativo.</p> |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;">Carta "c" del numero di difetti per campione</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 10px;">Carta "u" del numero di difetti per unità</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

*Risoluzione dell'esempio 1. Come evidenziato dalle due carte, si nota un fuori controllo nel nono lotto. Inoltre le due carte presentano lo stesso andamento perché la carta "u" si ottiene sostanzialmente dividendo per la numerosità di ogni campione i valori della carta "c".*

Nella prossima lezione vedremo come debba utilizzare una carta o l'altra.



Prof. Fiorenzo Franceschini  
42'52"

- Esempio 2
- Esempio 3
- Riepilogo sugli obiettivi delle carte di controllo
- Decisioni sul campionamento
- Progetto di una carta di controllo

## ESEMPIO 2.

Carta di controllo "u" per campioni di ampiezza diseguale.

Controllo di elettrodomestici.

Ispezione eseguita su 20 lotti, prelevando campioni di numerosità diversa con valori pari a 20, 25 e 40 unità.

I difetti rilevati coprono tutte le specifiche di un elettrodomestico (requisiti di dimensione, funzionalità, estetica, ...)

Si chiede di individuare la carta più idonea a rappresentare i dati rilevati dal processo.

| Lotto | Ampiezza campione | Totale difetti nel campione c | Difetti per unità u | Lotto  | Ampiezza campione | Totale difetti nel campione c | Difetti per unità u |
|-------|-------------------|-------------------------------|---------------------|--------|-------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1     | 20                | 72                            | 3,6                 | 11     | 25                | 47                            | 1,88                |
| 2     | 20                | 38                            | 1,90                | 12     | 25                | 55                            | 2,20                |
| 3     | 40                | 76                            | 1,90                | 13     | 25                | 49                            | 1,96                |
| 4     | 25                | 35                            | 1,40                | 14     | 25                | 62                            | 2,48                |
| 5     | 25                | 62                            | 2,48                | 15     | 25                | 71                            | 2,84                |
| 6     | 25                | 81                            | 3,24                | 16     | 20                | 47                            | 2,35                |
| 7     | 40                | 97                            | 2,43                | 17     | 20                | 41                            | 2,05                |
| 8     | 40                | 78                            | 1,95                | 18     | 20                | 52                            | 2,60                |
| 9     | 40                | 103                           | 2,58                | 19     | 40                | 128                           | 3,20                |
| 10    | 40                | 56                            | 1,40                | 20     | 40                | 84                            | 2,10                |
|       |                   |                               |                     | TOTALE | 580               | 1334                          |                     |

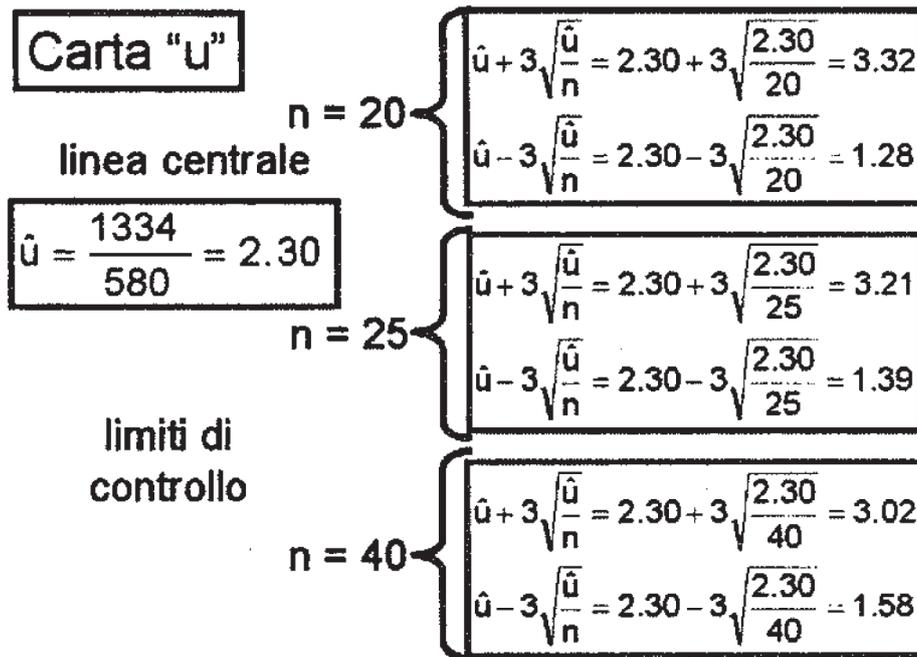
Vediamo come si può costruire una carta di controllo a fronte dei dati raccolti.

La carta di controllo che si presta di più in questa situazione è una carta di tipo "u" perché la numerosità del campione è variabile, 20, 25, 40.

Vedremo poi anche l'utilizzo della carta di tipo "c", che va a valutare complessivamente il numero di difetti e quindi, all'aumentare del numero di unità di un campione il numero di difetti di aumenta per cui, in questo caso specifico, questa carta risulta essere poco rappresentativa di tale fenomenologia applicativa.

Vediamo ora come si comporta e come deve essere effettuato il calcolo dei limiti di controllo per la carta "u".

### Costruzione dei limiti della carta



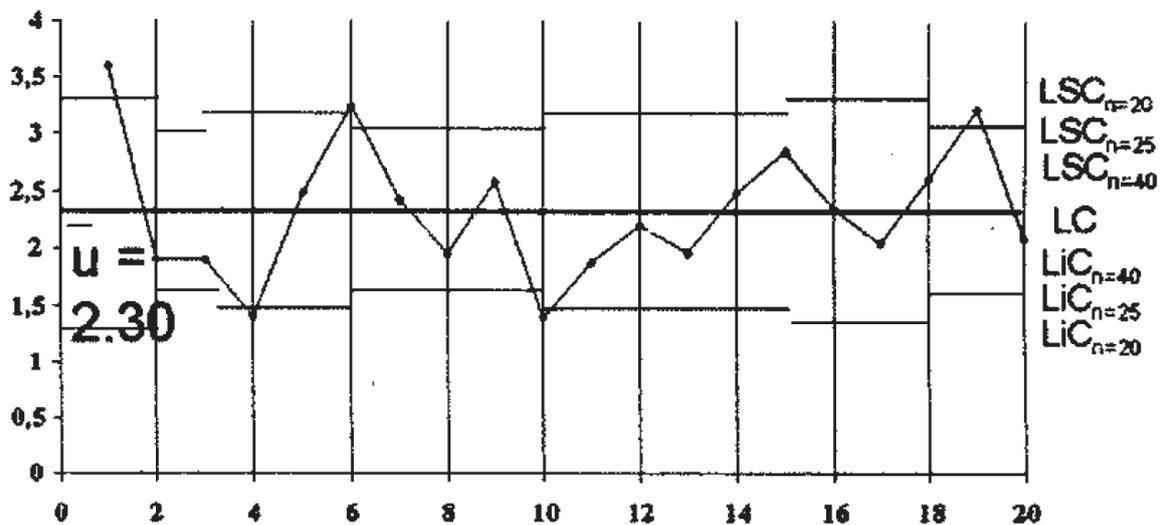
Devono essere distinte tre diverse situazioni, ognuna che fa riferimento ad una diversa numerosità dei campioni, quella caratterizzata da 20 campioni, 25 e 40.

Abbiamo dunque tre tipologie di numerosità di campioni e quindi siamo obbligati a ricorrere a utilizzare tre diversi tipi di carta di controllo perché i limiti superiore ed inferiore cambiano, facendo essi riferimento alla numerosità del campione. Quando la numerosità è differente i limiti della carta sono differenti.

Si noti, invece, che la linea centrale, data dal rapporto tra il numero di difetti e le unità controllate, non dipende dalla numerosità del campione per cui le carte avranno tutte la stessa linea centrale pari a 2.30.

Dall'osservazione dei limiti si nota subito che all'aumentare della numerosità del campione i limiti superiore ed inferiore di controllo risultano ravvicinati alla linea centrale tanto più quanto più è grande il valore della numerosità del campione. Si può dunque affermare che all'aumentare della numerosità del campione i limiti di controllo diventano più stretti.

## Carta per il numero dei difetti per unità con numerosità n del campione variabile



Si noti che nella carta i limiti non sono fissi, mentre lo è la linea centrale.

Ci sono dei fuori controllo: nei campioni 1, 10, 19.

Non dobbiamo soltanto verificare i fuori controllo, ma anche gli andamenti, per i quali sembra che il processo si comporti in maniera adeguata.

La novità in questa carta è rappresentata dai limiti di controllo variabili che, nella realtà dei fatti, vengono evitati a favore dei limiti di controllo di tipo fisso.

### NOTA

- La figura della carta mette in evidenza come i limiti della carta di controllo siano variabili con la dimensione del campione (se n è più grande allora i limiti sono più stretti)
- Nella figura si evidenziano alcuni fuori controllo
- Se fosse stata utilizzata la carta "c" avremmo avuto sia la linea centrale che i limiti di controllo variabili con la dimensione del campione in quanto essi dipendono entrambi da n, complicando ulteriormente l'interpretazione dei dati e rendendo la scelta della carta "c" non la migliore. Nella carta "c" avremmo, infatti, avuto:

linea centrale  $\Rightarrow \hat{n}\bar{u}$

limiti di controllo  $\Rightarrow \hat{n}\bar{u} \pm 3\sqrt{\hat{n}\bar{u}}$

Vediamo ora un terzo esempio che fa vedere come in certi casi non sia opportuno utilizzare la carta di tipo “u”.

In particolare essa non è utilizzabile quando all’interno del campione non riusciamo a definire con facilità il numero di unità.

L’esempio proposto mostra come non sia possibile individuare in maniera univoca il numero di unità all’interno del campione.

### ESEMPIO 3. Carta di controllo “c” con campioni di uguale ampiezza.

Campione non costituito da unità.

La Tabella riporta i risultati delle prove di isolamento condotte su un cavo ricoperto di gomma.

Le prove mirano ad individuare il numero di punti critici sul cavo che determinano particolari cadute di tensione.

Il numero di cadute di tensione è riportato per unità di lunghezza (5000 e 10000 m) del cavo (anche se non è presente una unità di prodotto “caratteristica”).

Si richiede di costruire la carta di controllo più idonea per verificare il controllo del processo.

### DATI RILEVATI (lunghezza cavo = 5.000 m)

| Lunghezze successive  | N. cadute | Lunghezze successive | N. cadute | Lunghezze successive | N. cadute | Lunghezze successive | N. cadute |
|-----------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|
| (L) Lunghezza 5000 m. |           |                      |           |                      |           |                      |           |
| 1                     | 0         | 16                   | 4         | 31                   | 6         | 46                   | 3         |
| 2                     | 1         | 17                   | 0         | 32                   | 14        | 47                   | 4         |
| 3                     | 1         | 18                   | 1         | 33                   | 0         | 48                   | 3         |
| 4                     | 0         | 19                   | 1         | 34                   | 1         | 49                   | 5         |
| 5                     | 2         | 20                   | 0         | 35                   | 2         | 50                   | 4         |
| 6                     | 1         | 21                   | 6         | 36                   | 4         | 51                   | 2         |
| 7                     | 3         | 22                   | 4         | 37                   | 5         | 52                   | 0         |
| 8                     | 4         | 23                   | 3         | 38                   | 7         | 53                   | 1         |
| 9                     | 5         | 24                   | 2         | 39                   | 1         | 54                   | 2         |
| 10                    | 3         | 25                   | 0         | 40                   | 3         | 55                   | 5         |
| 11                    | 0         | 26                   | 0         | 41                   | 3         | 56                   | 5         |
| 12                    | 1         | 27                   | 9         | 42                   | 2         | 57                   | 4         |
| 13                    | 1         | 28                   | 10        | 43                   | 0         | 58                   | 2         |
| 14                    | 1         | 29                   | 8         | 44                   | 1         | 59                   | 5         |
| 15                    | 2         | 30                   | 8         | 45                   | 5         | 60                   | 3         |
| <b>TOTALE</b>         |           |                      |           |                      |           | <b>60</b>            | <b>18</b> |

Il numero di cadute di tensione rappresenta il numero di punti che presentano un cattivo isolamento del cavo.

## DATI RILEVATI (lunghezza cavo = 10.000 m)

| Lunghezza<br>successive | N.<br>cadute | Lunghezza<br>successive | N.<br>cadute | Lunghezza<br>successive | N.<br>cadute | Lunghezza<br>successive | N.<br>cadute |
|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| (L) Lunghezza 10000 m.  |              |                         |              |                         |              |                         |              |
| 1                       | 1            | 9                       | 1            | 17                      | 1            | 25                      | 9            |
| 2                       | 1            | 10                      | 1            | 18                      | 6            | 26                      | 2            |
| 3                       | 3            | 11                      | 10           | 19                      | 12           | 27                      | 3            |
| 4                       | 7            | 12                      | 5            | 20                      | 4            | 28                      | 14           |
| 5                       | 8            | 13                      | 0            | 21                      | 5            | 29                      | 6            |
| 6                       | 1            | 14                      | 19           | 22                      | 1            | 30                      | 8            |
| 7                       | 2            | 15                      | 16           | 23                      | 8            |                         |              |
| 8                       | 6            | 16                      | 20           | 24                      | 7            |                         |              |
| TOTALE                  |              |                         |              |                         |              | 30                      | 187          |

Si hanno dunque dei dati integrati su unità di spezzoni di lunghezza diversa, 0 5000 m. oppure più lunghi, 10000 m. (il doppio, quindi per 10000 m. si hanno la metà delle rilevazioni).

Non siamo in grado di riconoscere sulle singole lunghezze una definizione di unità, non è il metro; parlare di numero di difetti per metro sarebbe improprio e non corretto. Il campione vive nella sua interezza. Un campione è costituito da una unità di lunghezza di 5000 o 10.000 m., a seconda dei casi.

Nell'analizzare la prima situazione, che ha unità da 5000 m., abbiamo quanto segue.

### CARTA "c"

↳ lunghezza 5.000 m

linea centrale

$$\hat{c} = \frac{187}{60} = 3.12$$

limiti di controllo

$$\begin{aligned} \hat{c} + 3\sqrt{\hat{c}} &= 3.12 + 3\sqrt{3.12} = 8.42 \\ \hat{c} - 3\sqrt{\hat{c}} &= 3.12 - 3\sqrt{3.12} = 0 \end{aligned}$$

La linea centrale è data dal rapporto fra il numero di difetti riscontrati e il numero di ispezioni considerati.

Calcolata la linea centrale possiamo determinare i limiti di controllo.

Il limite inferiore è 0 in quanto il calcolo algebrico è negativo.

↳ lunghezza 10.000 m

linea centrale

$$\hat{c} = \frac{187}{30} = 6.23$$

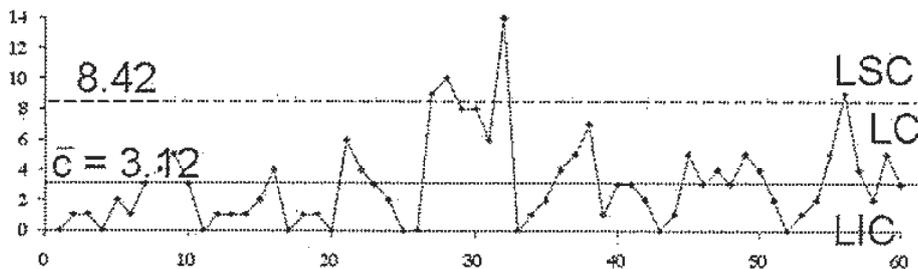
Linea centrale e limiti di controllo per spezzoni da 10000 m.

limiti di controllo

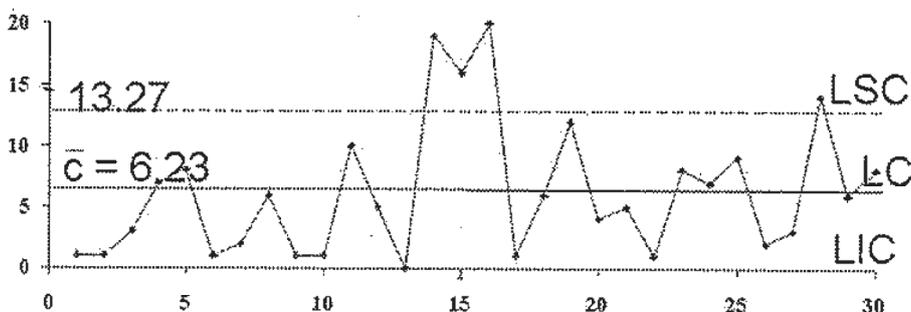
$$\begin{aligned}\hat{c} + 3\sqrt{\hat{c}} &= 6.23 + 3\sqrt{6.23} = 13.72 \\ \hat{c} - 3\sqrt{\hat{c}} &= 6.23 - 3\sqrt{6.23} = 0\end{aligned}$$

I valori sono esattamente il doppio del caso precedente, come è logico che sia.

### Carta per numero di difetti per campione (n=1·5.000 m)



### Carta per numero di difetti per campione (n=1·10.000 m)



Si osservano dalle carte alcuni punti fuori controllo, quindi il Processo non è in controllo.

Il processo presenta dunque qualche anomalia che fa sì che la produzione non sia da considerare “normale”.

Le due carte danno informazioni in qualche modo identiche, ma osservando con attenzione, i singoli andamenti presentano delle differenze.

Nella prima carta per numero di difetti per campione, con spezzoni da 5000 m, abbiamo centralmente tre punti fuori controllo, così come nell'altra, disposti in maniera leggermente diversa.

Questo dimostra che il modo di aggregare i dati sperimentali e dunque riportarli su una carta di controllo non è irrilevante ai fini delle informazioni contenute nei dati sperimentali.

Il processo si porta fuori dalle condizioni accettabili per quanto riguarda la produzione ed è compito dell'addetto alla qualità determinarne le cause.

## **RIEPILOGO SUGLI OBIETTIVI DELLE CARTE DI CONTROLLO**

Le carte di controllo vengono adottate per le seguenti finalità:

- raccogliere informazioni da usarsi per stabilire o modificare le specifiche o per determinare se un dato processo può realizzare le specifiche
- raccogliere informazioni per modificare in linea il processo di produzione
- raccogliere informazioni da usarsi per stabilire o modificare le procedure di ispezione o di accettazione, ad esempio in caso di certificazione. Le carte di controllo danno una formale indicazione della qualità del processo.

## **DECISIONI SUL CAMPIONAMENTO**

Il successo di una carta di controllo dipende da come vengono selezionati i campioni. I campioni devono essere rappresentativi della produzione.

Il criterio da seguire è quello della omogeneità in modo da evidenziare le differenze tra un campione e il successivo.

La dimensione dei campioni  $n$  è scelta in modo da essere più o meno sensibili alle variazioni della media (tanto più è alto  $n$ , tanto più ristretti sono i limiti di controllo).

La frequenza di campionamento viene stabilita sulla base del costo di rilevamento e dei benefici che scaturiscono dall'uso di una carta di controllo.

Il problema pratico che si pone, a parità di oggetti controllati, è quello di

prendere campioni grandi a intervalli meno frequenti o campioni più piccoli a intervalli più frequenti.

Il numero di campioni necessari al calcolo dei limiti di controllo (nella fase di impostazione della carta) non è un numero “fisso”, ma il suo valore viene stabilito in base al tipo di processo.

25 campioni possono essere un numero ragionevole.

## PROGETTO DI UNA CARTA DI CONTROLLO

- Definizione della:
  - . dimensione del campione, numerosità
  - . limiti di controllo
  - . frequenza di campionamento
- Criteri di progetto:
  - . criteri di tipo statistico
  - . criteri di tipo “economico”

□

Prof. Fiorenzo Franceschini  
42'24"

- Valutazione dei parametri di capacità di un processo
- Caratterizzazione della distribuzione di un parametro
- Indici di process capability: Cp (specifiche bilaterali)
- Un esempio
- Indici di process capability: Cpk (specifiche bilaterali)
- Indici di process capability: Cpk (specifiche unilaterali)
- Elementi di teoria dell'ispezione e controllo di accettazione

## VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI "CAPACITÀ" DI UN PROCESSO (*Parameter Capability Assessment*) PCA

L'obiettivo della valutazione dei parametri di processo è quello di provvedere a una stima quantitativa delle "potenzialità" di un processo:

- determinare se il processo è "capace" di soddisfare i limiti di specifica, i limiti operativi o i valori di target che sono previsti in sede di progettazione
- costituire una "base di dati" per verificare nel tempo l'evoluzione dei parametri. Poiché i processi mutano le loro caratteristiche nel tempo, analizzare gli indicatori permette di capire che tipo di evoluzione subisce il processo nel tempo
- consentire un'analisi comparata con i parametri di altri processi, per determinare condizioni di lavoro

La valutazione dei parametri di un processo richiede:

- la caratterizzazione della distribuzione del parametro
- l'identificazione, per ciascun parametro, di:
  - . limiti di specifica
  - . limiti operativi
  - . valori obiettivo di progetto (target values)
- l'analisi dei parametri di "capability"

## CARATTERIZZAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE DI UN PARAMETRO

L'obiettivo della caratterizzazione di un parametro è quello di assicurare l'uso degli strumenti statistici adeguati.

Nella caratterizzazione di un parametro possono nascondersi alcune insidie:

- esistenza di cause di variazione che mascherano la vera distribuzione dei parametri. Tali cause possono essere anomale
- raccolta di dati insufficiente
- procedure di campionamento non adeguate

## INDICI DI "PROCESS CAPABILITY"

### INDICE $C_p$

Per distribuzioni Normali l'indice  $C_p$  indica la massima potenzialità di un processo:

$$C_p = \frac{\text{Limiti di specifica (o lim. operativi)}}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{LSS - LSI}{6\sigma}$$

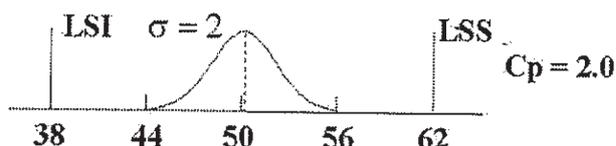
LSS, LSI sono i Limiti di specifica superiore e inferiore.

$6\sigma$  è la Tolleranza Naturale del processo (essa può essere approssimata da  $6s$  attraverso lo scarto quadratico medio),  $\sigma$  è la deviazione standard.

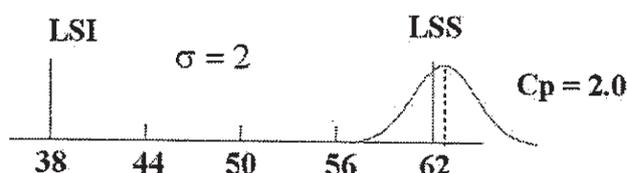
L'indice  $C_p$ , come si può notare dall'esempio che segue, non dà nessuna indicazione sulla centratura del processo.

*Esempio di calcolo del  $C_p$ .*

### UN ESEMPIO



$$C_p = \frac{62 - 38}{12}$$



Un processo è migliore tanto quanto più è alto il valore di  $C_p$ .

Nella pratica industriale si ritiene soddisfacente un processo quando l'indice  $C_p$  assume un valore 1.3 o maggiore.

Nella seconda situazione dell'esempio, abbiamo uno stesso valore di  $C_p$  del caso precedente, ma in un processo

diverso, spostato a destra verso il limite superiore di specifica e non è centrato rispetto al valore centrale di circa 50 come il caso precedente.

Questo dimostra come l'indicatore ma anche di fornire informazioni sulla centratura del processo. Quindi l'indice Cp da solo non è in grado di esprimere in maniera compiuta il rapporto che esiste tra l'intervallo di specifica e dunque la Tolleranza Naturale del processo. Per risolvere questo problema è stato quello di introdurre un ulteriore indice, l'indice Cpk.

## INDICE Cpk

L'indice Cpk mostra le effettive caratteristiche del processo, per quanto riguarda il posizionamento del processo rispetto ai limiti di specifica. In altre parole è in grado di affrontare il problema della centratura del processo.

Cpk e viene utilizzato insieme all'indice Cp.

Cpk è un indice di centratura del processo.

Esso viene definito attraverso una preliminare definizione di due quantità, Cpu, in cui u sta per "upper", e Cpl, in cui l sta per "lower". Dunque queste due quantità sono definite come Cp superiore e Cp inferiore.

Quindi, esse sono definite come segue:

$$C_{pu} = \frac{LSS - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSI}{3\sigma}$$

Dalla definizione di Cpu e Cpl si definisce Cpk, considerando il minimo dei due indici Cpu e Cpl.

- LSS è il limite di specifica superiore
- LSI è il limite di specifica inferiore
- $\mu$  è la media del parametro (può essere adeguatamente approssimata dalla media dei campioni)
- $\sigma$  è la deviazione standard del processo (può essere stimata da s)

Per specifiche di tipo bilaterale

$$C_{pk} = C_p(1-k) = \text{Min}(C_{pu}, C_{pl})$$

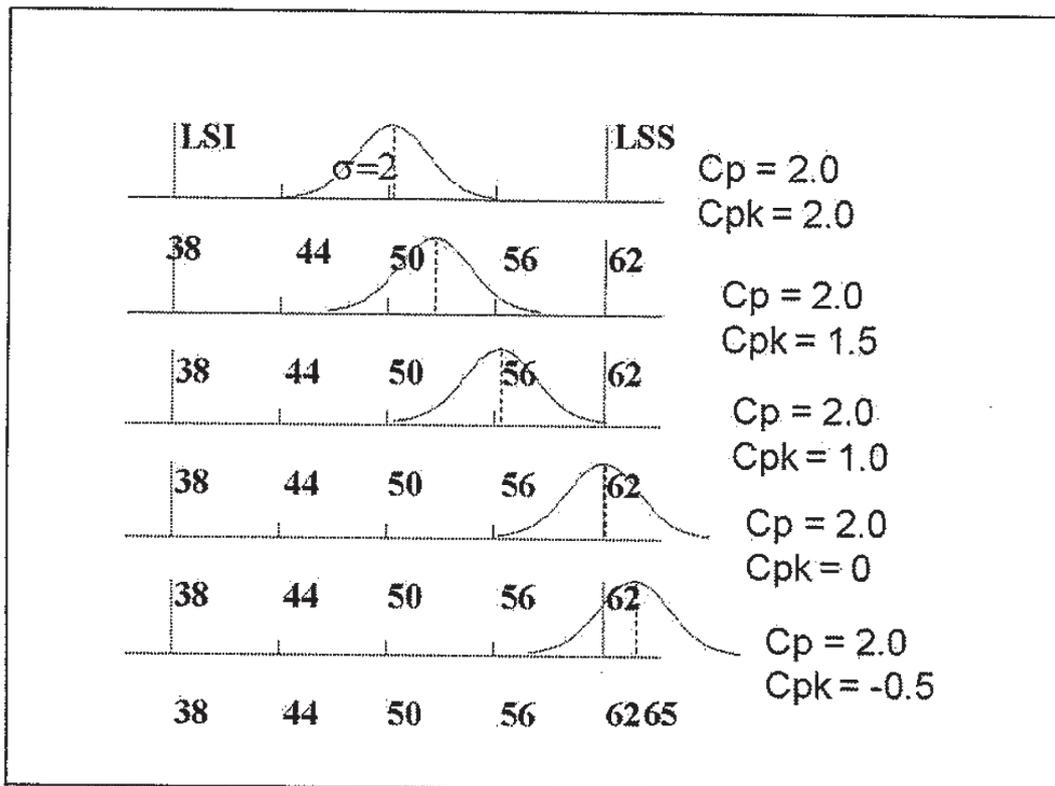
(1-k) è il parametro che quantifica l'entità del fuori centro dell'indice Cpk. Esso, cioè 1 - k, vale 1 nel migliore dei casi; altrimenti un valore inferiore a 1;  $0 \leq k \leq 1$ .

$$k = \frac{|\text{Valore Nominale} - \mu|}{\left(\frac{\text{LSS} - \text{LSI}}{2}\right)}$$

$\mu$  media del parametro  
(viene stimata da  $\bar{x}$ )

NOTA.  $k \geq 0$ ; valore ideale di k è  $k = 0$ .

Di seguito un grafico che illustra l'importanza dell'introduzione dell'indice Cpk.



*Esempio di calcolo di  $C_p$  e  $C_{pk}$  nel caso di specifiche bilaterali. È evidente il diverso comportamento dei due indici: l'indice  $C_p$  rimane costante perché la dispersione della distribuzione rimane costante, viceversa l'indice  $C_{pk}$  (che è un indice di centratura) varia a mano a mano che il centro della distribuzione si sposta rispetto al centro dell'intervallo di tolleranza.*

Cpk serve a tener conto della centratura del processo. Quando  $C_p = C_{pk}$  il processo è centrato tra il limite superiore ed inferiore di specifica.

Per specifiche di tipo unilaterale

Limite inferiore 
$$C_{pk} = \frac{(T - LSI)}{3\sigma} \left( 1 - \frac{|T - \mu|}{T - LSI} \right) = \frac{|CSL - \mu|}{3\sigma}$$

Limite superiore 
$$C_{pk} = \frac{(LSS - T)}{3\sigma} \left( 1 - \frac{|T - \mu|}{LSS - T} \right) = \frac{|CSL - \mu|}{3\sigma}$$

- T è il valore nominale o target (deve essere calcolato con il processo in controllo)
- CSL è il limite di specifica più vicina
- $\mu$  è la media del parametro
- $3\sigma$  (stimata da  $3s$ )

## ELEMENTI DI TEORIA DELL'ISPEZIONE E DEL CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Dal punto di vista del controllo di Qualità si distinguono due momenti operativi diversi:

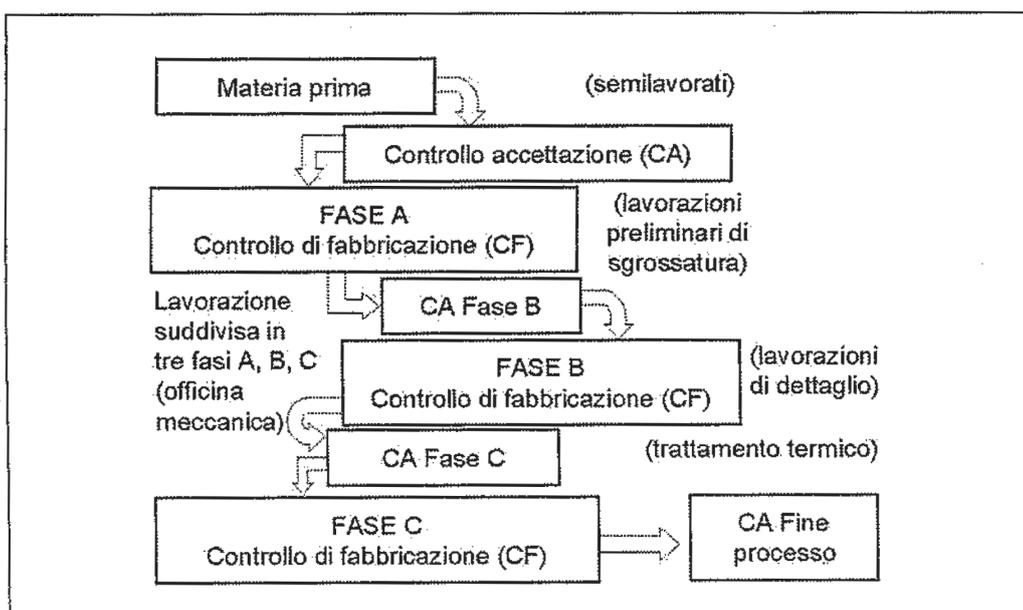
- controllo di fabbricazione (ovvero il controllo di qualità nel corso della fabbricazione o del processo di produzione)
- controllo di accettazione è un elemento che consente un filtro rispetto a situazioni di non conformità di alcuni prodotti che stanno per entrare nel nuovo ciclo di lavorazione

### ALCUNE DEFINIZIONI

**CONTROLLO DI ACCETTAZIONE.** Si definisce controllo di accettazione il controllo all'entrata e all'uscita di una linea di fabbricazione. Si tratta di un controllo che va a sezionare in due le attività produttive in due momenti che sono i momenti di ingresso nella linea di fabbricazione e i momenti di uscita che normalmente precede un'altra attività, un'altra fase nell'ambito della fabbricazione stessa.

**CONTROLLO.** È l'insieme di elementi che servono a valutare e a misurare alcune caratteristiche di un prodotto.

**ACCETTAZIONE.** È l'azione conseguente all'attività di controllo. Dualmente si ha un rigetto.



A lato un esempio, di un'officina meccanica.

*Schema delle fasi di controllo di accettazione per un'officina meccanica.*

## NASCITA DEL CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

La nascita del controllo di accettazione è motivata dalla necessità di verificare:

- aderenza alle specifiche (dimensionali o funzionali)
- percentuale massima e/o media di elementi difettosi (non dotati di caratteristiche conformi alle specifiche)

Il controllo di accettazione si distingue anche in base a chi è l'autore del controllo:

- fornitore
- committente

## CONTROLLO DI ACCETTAZIONE CAMPIONARIO

Il controllo di accettazione campionario può essere distinto in:

- controllo "a tappeto" o al 100% (quando non è ammessa la consegna di elementi difettosi)
- controllo campionario (si accetta una certa percentuale di difettosità nelle forniture, ad esempio perché il controllo al 100% è troppo costoso)

Il controllo campionario è a sua volta distinto in:

- . controllo "percentuale"
- . controllo "statistico"

□

Prof. Fiorenzo Franceschini  
40'45''

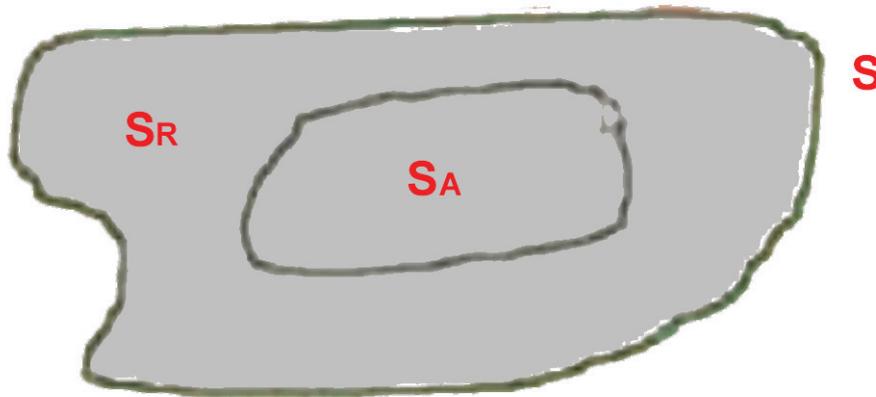
- Quando è necessario il controllo di accettazione campionario
- Schema funzionale del controllo di accettazione
- Controllo per attributi: definizione dei parametri caratteristici
- Esempi
- Quadro di riferimento per il controllo di accettazione
- Posizione del fornitore e del committente
- Curva operativa di un piano di campionamento

Nella scorsa lezione è stato affrontato il controllo di accettazione. In questa lezione analizzeremo le caratteristiche di questa tipologia di controllo, quali sono le alternative possibili e quali sono gli strumenti utilizzabili nell'ambito delle applicazioni operative, ovvero nell'ambito dei processi

## QUANDO È NECESSARIO IL CONTROLLO DI ACCETTAZIONE CAMPIONARIO?

- quando il controllo di tipo distruttivo. Per assurdo, se abbiamo una produzione ed il controllo è di tipo distruttivo, il controllo del 100% della produzione non è possibile, ma il controllo deve essere applicato a pochi esemplari della produzione
- quando i costi del controllo sono proibitivi
- quando si desidera motivare gli addetti nella logica “del miglioramento continuo” del modo di produrre. Per motivare gli addetti alla produzione, sottoporre il sistema a delle verifiche può essere di stimolo alla produzione stessa, in quanto questo diventa una sorta di sfida agli addetti ai lavori, che si sforzeranno, nella logica di miglioramento continuo, ad apportare le migliori energie
- quando il rifiuto di interi lotti di produzione è una “molla” che spinge i fornitori a produrre sempre meglio (il rifiuto di lotti è psicologicamente assai più efficace del rifiuto del singolo prodotto). Tipicamente il controllo di accettazione è fatto quando operiamo nell'ambito dell'attività produttiva e abbiamo a che fare con l'analisi di interi lotti. Essi non vengono analizzati al 100%, ma ne analizziamo una sola parte e, in base al risultato di questa analisi, accettiamo o rifiutiamo tutto il lotto.

## SCHEMA FUNZIONALE DEL PROCESSO SVILUPPATO NEL CONTROLLO DI ACCETTAZIONE



$S$  spazio dei risultati del campionamento

$S_A$  zona di accettazione del campione

$S_R$  zona di rifiuto del campione

Operare un controllo di accettazione significa quindi andare a scegliere, sulla base dei risultati di una analisi fatta sulla produzione limitata ad un numero ridotto di elementi, se accettare o rifiutare la produzione.

Fare un controllo di accettazione è fare un controllo di ipotesi statistiche, come viene attuato nelle analisi statistiche.

Ci troviamo di fronte a due possibilità, se il controllo di accettazione riguarda i prodotti sulla base dei loro attributi o sulla base di caratteristiche misurabili e quindi per variabili.

L'intervento sarà specializzato per gran parte nella direzione del controllo per attributi, di seguito descritto.

### CONTROLLO PER ATTRIBUTI:

#### DEFINIZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI

scopo del controllo di accettazione è la selezione di

- lotti
- consegne
- insiemi di elementi
- ...

## DEFINIZIONI

- DIFETTOSO (elemento): l'intera unità di prodotto non conforme alle sue specifiche
- DIFETTO: una qualsiasi manifestazione del prodotto nel non raggiungimento di una specifica
- $N$  è l'insieme degli elementi in un lotto
- $m < N$  è l'insieme degli elementi difettosi
- $p = m / N$  ( $0 \leq p \leq 1$ ) è la percentuale di elementi difettosi, ottimale  $p = 0$
- $c$  è il numero di accettazione (massimo numero di difettosi ammessi in  $n$ ), in cui  $n$  è la numerosità del campione

ESEMPIO A. Parametro qualitativo, rispetto ad un calibro di controllo.

Controllo effettuato su un sistema di produzione di tubi, nel quale interessa verificare la forma cilindrica il diametro all'estremità. Si definisce dunque:

- difettoso è l'elemento dove non può essere introdotto il calibro di controllo
- non difettoso è l'elemento dove può essere inserito il calibro di controllo

Dell'intera produzione di tubi ne andiamo a selezionare una quota parte e di questa ne andiamo a fare una verifica di corrispondenza con il calibro di controllo. A seconda dell'esito del controllo, sotto l'ipotesi vista, accettiamo o meno la produzione e quindi la partita di tubi che vengono consegnati.

## ESEMPIO B. Parametro quantitativo.

Controllo di tubi che non devono avere diametro  $\leq 1.51$  cm. e superiore a 1.59 cm.

Ogni lotto sono 100 tubi

| Classi in cm | 1 lotto | 2 lotto |
|--------------|---------|---------|
| 1,45 ÷ 1,47  | 2       | 3       |
| 1,48 ÷ 1,50  | 3       | 5       |
| 1,51 ÷ 1,53  | 18      | 16      |
| 1,54 ÷ 1,56  | 54      | 48      |
| 1,57 ÷ 1,59  | 20      | 23      |
| 1,60 ÷ 1,62  | 3       | 5       |
|              | 100%    | 100%    |

Limiti di specifica  
non rispettati

Dati rilevati

Dai dati rilevati, possiamo calcolare:

$$1^0 \text{ lotto} \quad p = \frac{2+3+3}{100} = 0.08$$

percentuale  
elementi difettosi

$$2^0 \text{ lotto} \quad p = \frac{3+5+5}{100} = 0.13$$

percentuale  
elementi difettosi

Gli elementi difettosi costituiscono nel primo lotto l'8% dei casi, nel secondo il 13%.

ESEMPIO C. Difettosità individuata sia da un parametro qualitativo (rugosità superficie), sia da un parametro quantitativo (peso)

Pezzo che viene giudicato non difettoso si presenta

- superficie non rugosa
- massa non superiore a 52.70 g.

Se in un lotto di N=100 elementi si ottiene la seguente distribuzione di frequenza

| Superficie | Massa [g] |       |       |       |       |       |
|------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 51,00     | 51,50 | 52,00 | 52,50 | 53,00 | 53,50 |
| Non rugosa | 30        | 39    | 15    | 8     | 1     | -     |
| Rugosa     | 2         | 2     | 1     | -     | 1     | 1     |

la frazione di difettosità vale:

$$p = \frac{2+2+1+1+1+1}{100} = 8\%$$

Limiti di specifica non rispettati uno o entrambi

NOTA. La difettosità nell'esempio C è individuata da un parametro qualitativo (rugosità superficie) e uno quantitativo (peso).

### ESEMPIO D

Pezzo che per essere giudicato non difettoso deve presentare in superficie

- al massimo due difetti del tipo  $\otimes$
- al massimo un difetto del tipo  $\oplus$

| Difetti $\oplus$ | Difetti $\otimes$ |    |   |   |
|------------------|-------------------|----|---|---|
|                  | 0                 | 1  | 2 | 3 |
| 0                | 10                | 30 | 6 | 1 |
| 1                | 22                | 22 | 3 | 1 |
| 2                | 3                 | 2  | - | - |

Limiti di specifica non rispettati

la frazione di difettosi è:  $p = \frac{3+2+1+1}{100} = 7\%$

## QUADRO DI RIFERIMENTO PER IL CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Per evidenziare i parametri di qualità nel controllo campionario di eccitazione occorre definire:

- il tipo e le regole di decisione. Quali regole e come devono essere attuate affinché si possa effettuare l'accettazione o meno di un certo lotto
- la posizione del fornitore, che tipo di rischi si assume il fornitore
- la posizione del committente, che tipo di rischi si assume il committente

Il procedimento che conduce alla decisione è l'estrazione da un lotto di  $N$  elementi di un campione  $n < N$  elementi.

Dall'esame di questi si decide se accettare o meno il lotto proposto (piano singolo di campionamento). Questo tipo di piano di campionamento è uno tra i tanti: semplice, doppio, multiplo, sequenziale. Queste tipologie di campionamento rendono la possibilità a chi effettua il campionamento di operare differenti strategie, in cui ciascuna ha dei vantaggi, e degli svantaggi, che devono essere analizzati di volta in volta e che possono consentire la scelta di una strada piuttosto che di un'altra tra quelle possibili.

La regola da seguire stabilita è quindi quella di prendere dal lotto  $n$  elementi, che costituiscono il campione. Se questi elementi non presentano una difettosità di un certo valore accettiamo il campione, nel caso di campionamento singolo, altrimenti lo rifiutiamo.

### NOTE

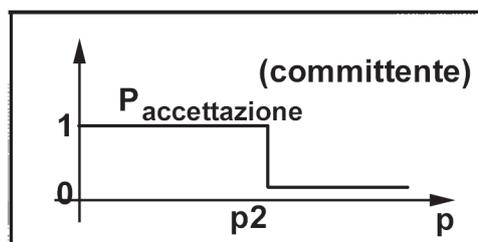
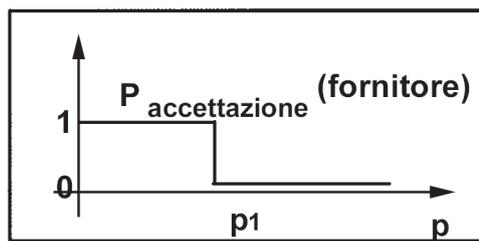
- $c$  (numero di accettazione) è il numero di elementi difettosi in  $n$  che porta ad un rifiuto del lotto. Quando operiamo una attività di rifiuto diciamo, in sostanza che, se il numero di elementi non è superiore a  $c$ , allora accettiamo il lotto. Quindi  $c$  è il numero di elementi difettosi che riteniamo possono esserci nel campione che stiamo considerando. Nei piani di campionamento sviluppati senza il supporto statistico,  $c$  è spesso posto a zero, coltivando la "pia illusione" che se un campione ha zero difettosi anche il lotto ha zero difettosi!!! Quindi, chi pensa che se nel campione prelevato non esistono elementi difettosi allora nel lotto non esistono elementi difettosi, sbaglia. Il fatto che non siano presenti elementi difettosi nel campione non implica zero difetti anche nel lotto.
- In tutti i ragionamenti che verranno affrontati si suppone che il numero di elementi difettosi sia equamente ripartito nel lotto. Supponiamo cioè che esista una distribuzione casuale di elementi difettosi e che questi non sia-

no tutti localizzati in una particolare posizione perché altrimenti il cambiamento di tipo statistico rischierebbe di non essere efficace.

Nel processo di accettazione di un lotto gli attori principali sono due, il fornitore e il committente. Vediamo quali aspettative ha ciascuno di essi con riferimento al lotto che è in corso di accettazione.

## POSIZIONE TEORICA DEL FORNITORE E DEL COMMITTENTE

- il fornitore (con esperienza accumulata nella produzione) vorrebbe che tutti lotti individuati da una frazione  $p \leq p_1$  fossero sempre accettati, e accetterebbe che tutti lotti individuati da  $p > p_1$  fossero rifiutati
- Il committente (per convenienza economica nell'acquisto nel successivo utilizzo) vorrebbe che tutti lotti con  $p \geq p_2$  fossero sempre rifiutati, e accetterebbe che tutti lotti individuati da una frazione  $p < p_2$  fossero accettati



$P_a = 1$ : accettazione del lotto  
 $P_a = 0$ : rifiuto del lotto

**NOTA**  
 È evidente che deve essere escluso il caso in cui  $p_1 > p_2$  (la difettosità prevista dal fornitore supera quella prevista e tollerata dal committente). Dal punto di vista teorico si ammette che la qualità offribile dal fornitore superi sempre quella tollerata dal committente!!

## NOTA

È evidente che deve essere escluso il caso in cui  $p_1 > p_2$  (la difettosità prevista dal fornitore supera quella prevista e tollerata dal committente).

Dal punto di vista teorico si ammette che la qualità offribile dal fornitore superi sempre quella tollerata dal committente!!!

## POSIZIONE PRATICA

- il fornitore accetterà di vedersi rifiutata solo una piccola frazione di lotti di qualità  $p$  prossima valore  $p_1$
- il committente accetterà di dover accettare solo una piccola frazione di lotti di qualità  $p$  prossima valore  $p_2$
- l'accordo tra fornitore e committente deve essere tale che la percentuale di difettosità ammessa da entrambi soddisfi sia l'uno (contro il rischio di un totale rifiuto delle unità fabbricate) sia l'altro (contro il rischio di approvvigionare unità non utilizzabili)

Quindi tutte e due i soggetti rischiano qualcosa.

## CURVA OPERATIVA DI UN PIANO DI CAMPIONAMENTO

Il problema dell'accettazione campionaria rientra nello schema dei test statistici delle ipotesi.

Esempio

sia  $N=10$   $n=3$   $c=2$

$c=2$  è il numero di accettazione, su 3 campioni di un lotto di numerosità 10.

Cioè accetto se ci sono meno di 2 e rifiuto se ci sono 2 o più di difettosi.

### Regola di accettazione

Se nelle 3 unità selezionate si trova al massimo una unità difettosa il lotto viene accettato; se nelle tre unità scelte troviamo al massimo due unità difettose il lotto ha rifiutato.

Per ogni frazione  $p$  di difettosità sono sempre determinate le quantità:

(a) probabilità di accettare il lotto

(b) probabilità di rifiutare il lotto

Questa probabilità di accettare il lotto in funzione della difettosità del lotto è esattamente una curva operativa caratteristica

# COSTRUZIONE DI UNA CURVA OPERATIVA

Facciamo assumere, a titolo d'esempio, i valori 0 0.1 0.2 ... 0.9 1 al parametro p.

Il numero di elementi difettosi è Np.

Detto c (acceptance number) il numero massimo di elementi difettosi, la probabilità di ottenere un numero di difettosi al massimo pari a c = 1 vale:

$$P_{10,3,1}(p) = \frac{\binom{Np}{0} \binom{N-Np}{3}}{\binom{N}{3}} + \frac{\binom{Np}{1} \binom{N-Np}{2}}{\binom{N}{3}}$$

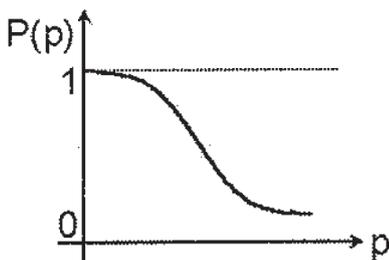
Il primo termine esprime la probabilità di avere 0 difettosi nel campionamento. Il secondo termine è la probabilità di avere un difettoso nel campionamento. La somma è al massimo 1.

Distribuzione ipergeometrica con N = 10 n = 3 c = 1

*Esempio di costruzione di una Curva Caratteristica Operativa di un piano di campionamento.*

$P_{10,3,1}$  è una funzione di p

| P   | Np | N - Np | $P_{10,3,1}(p)$ |
|-----|----|--------|-----------------|
| 0   | 0  | 10     | 1               |
| 0,1 | 1  | 9      | 1               |
| 0,2 | 2  | 8      | 0,933           |
| 0,3 | 3  | 7      | 0,816           |
| 0,4 | 4  | 6      | 0,666           |
| 0,5 | 5  | 5      | 0,5             |
| 0,6 | 6  | 4      | 0,333           |
| 0,7 | 7  | 3      | 0,183           |
| 0,8 | 8  | 2      | 0,066           |
| 0,9 | 9  | 1      | 0               |
| 1   | 10 | 0      | 0               |



curva operativa del piano di campionamento

Curva con valore max per una difettosità pari a 0.

## NOTA 1

Ad ogni piano è associata una curva operativa caratteristica e viceversa.

## NOTA 2

Al crescere di p, l'ordinata è la probabilità di accettazione; il complemento a 1 di tale probabilità è la probabilità di rifiutare il lotto con difettosità p.

□

Prof. Fiorenzo Franceschini  
41'37"

- Rischio del fornitore e del committente
- Alcune note sulle curve operative
- Pratiche diffuse prima del campionamento statistico
- Note sugli andamenti delle curve operative
- Progetto e uso dei piani campionari
- Progetto ad hoc di un piano di campionamento semplice

## INTRODUZIONE

Abbiamo visto i principali attori a riguardo dei processi di controllo accettazione, abbiamo parlato del ruolo del fornitore e del committente. Abbiamo visto che, dovendo operare un controllo campionario, sicuramente i due attori sono in qualche modo soggetti a dei rischi. Avevamo dato un'immagine, prima di una posizione teorica del fornitore, quella del committente, successivamente abbiamo visto quale fosse la posizione pratica di ciascuno dei due.

In questa lezione svilupperemo ulteriormente questi ragionamenti e, tramite un esempio, vedremo come tra l'interazione tra le due posizioni possa nascere un piano di campionamento che in qualche modo rappresenta l'accordo delle due posizioni visti dai rispettivi punti di vista.

## RISCHIO DEL FORNITORE E DEL COMMITTENTE

il fornitore vuole che la maggior parte dei lotti di buona qualità vengano accettati.

Il committente vuole che la maggior parte dei lotti di cattiva qualità vengano rifiutati.

Entrambi devono assumersi dei rischi connessi con la pratica del controllo di accettazione campionario:

$\alpha$  rischio del fornitore (di vedere rifiutare un lotto di qualità ritenuta soddisfacente); in statistica  $\alpha$  sarebbe il cosiddetto errore di prima specie

$\beta$  rischio del committente (di dover accettare dei lotti di qualità ritenuta insoddisfacente); in statistica  $\beta$  sarebbe il cosiddetto errore di seconda specie

Vengono definiti:

- LQA (livello di qualità accettabile) o AQL (Acceptance Quality Level) quel livello di qualità del lotto (frazione  $p_1$ ) per il quale il fornitore ammette un rischio di entità  $\alpha$
- LQT (livello di qualità tollerabile) o LTPD (Lot Tolerance Percentage Defectives) quel livello di qualità del lotto (frazione  $p_2$ ) per il quale committente tollera un rischio di entità  $\beta$

In sostanza sono le percentuali di difettosità tollerabili dal fornitore e dal committente.

Con le informazioni sui rischi che possono assumersi il fornitore ed il committente e le percentuali di difettosità accettabili, possiamo pensare di operare un progetto di piano di campionamento.

NOTA. In termini operativi abbiamo che:

- il fornitore sarà costretto a vedersi rifiutare una percentuale pari a  $100\alpha$  se la qualità dei lotti fornite costante e inferiore a  $p_1$
- il committente sarà costretto ad accettare una percentuale pari a  $100\beta$  se la qualità dei lotti forniti è costante e superiore a  $p_2$

Quindi, con  $100\alpha$  e con  $100\beta$  andiamo a specializzare la percentuale relativa ai rischi che i due soggetti intendono assumere nell'ambito della contrattazione.

Finora abbiamo visto solo in maniera marginale il ruolo dei parametri che compaiono nell'ambito della definizione del piano di campionamento. Tali parametri sono sostanzialmente 3, e in dettaglio sono la numerosità del lotto, la numerosità del campione, il numero di accettazione.

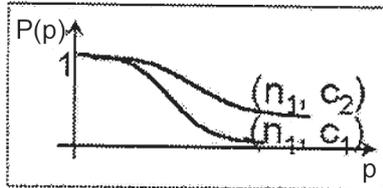
Questi parametri che non pesano tutti allo stesso modo e, per dare un'idea intuitiva del loro peso e il ruolo giocato da ciascuno di questi parametri, si osservino alcune seguenti tipologie di situazioni che si presentano nella pratica.

## ALCUNE NOTE SULLE CURVE OPERATIVE

Fissate due coppie  $(n_1, c_1)$  e  $(n_2, c_2)$ , di cui ogni coppia (numerosità campione, accettazione) descrive una curva operativa caratteristica, con:

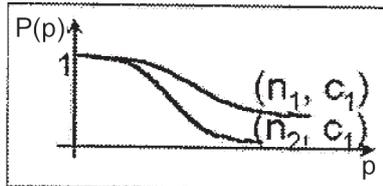
$P(p)$  è la probabilità di accettazione, in funzione della difettosità,  $p$ .

(1)  $n_1 = n_2$   
 $c_1 < c_2$



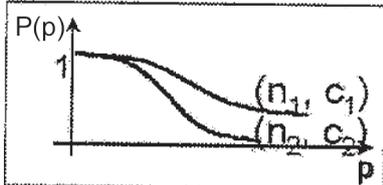
la curva  $(n_1, c_1)$  è più selettiva di  $(n_1, c_2)$

(2)  $n_1 < n_2$   
 $c_1 = c_2$



la curva  $(n_2, c_1)$  è più selettiva di  $(n_1, c_1)$

(3)  $n_1 < n_2$   
 $c_1 < c_2$



la curva  $(n_2, c_2)$  è più selettiva di  $(n_1, c_1)$

Si osserva che la curva che ha numero di accettazione più elevato è meno selettiva della curva che presenta un numero di accettazione più ridotto.

Una curva più o meno selettiva ci dà delle indicazioni con riferimento al comportamento ed alla capacità di filtraggio del piano di campionamento

Si osservi inoltre che, ricordando la curva ideale di un piano di campionamento che prevede il campionamento di tutti gli elementi del lotto è una curva che si presenta a gradino, le curve operative che stiamo analizzando presentano hanno un andamento decrescente. Si dice che una curva è tanto più selettiva quanto più si avvicina alla curva ideale che, ripetiamo, è quella a gradino, con il gradino perpendicolare all'asse delle difettosità, l'asse  $p$ .

Nel secondo caso il campione che ha numerosità maggiore determina una curva di campionamento più selettiva dell'altra.

Nel terzo caso il campione che ha numerosità maggiore determina una selettività maggiore di quanto non riesca a compiere una maggiore accettazione. In sostanza, in questo terzo caso, l'effetto di  $n_2$  è molto superiore a quello di  $n_1$ .

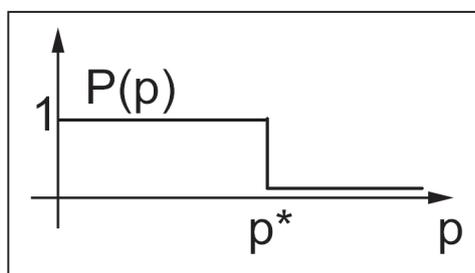
Possiamo dunque osservare che sia  $n$  che  $c$  hanno un effetto sulla forma della curva operativa. Inoltre osserviamo che l'effetto di  $n$  non è pari all'effetto di  $c$ , ma la numerosità  $n$  del campione è quella che determina una maggiore capacità di selezione e quindi una maggiore selettività.

*Notare che non compare la numerosità del lotto, essa infatti gioca un ruolo molto marginale nella forma della curva operativa della caratteristica che stiamo considerando.*

Dai tre esempi mostrati emerge quanto segue:

- per un lotto di numerosità  $N$  si possono costruire più curve operative
- la curva è tanto più selettiva quanto più  $n$  è grande e quanto più  $c$  è piccolo, i parametri dunque giocano un ruolo differente; una curva è tanto più selettiva se a parità di  $c$ , quanto  $n$  è più grande; oppure, a parità di  $n$ , quanto  $c$  è più piccolo; il comportamento di questi due parametri è duale

Se  $n \rightarrow N$  la curva operativa tende a quella ideale (si ricorda  $n$  = numerosità del campione,  $N$  = numerosità del lotto), della forma sotto riportata.



$$p^* = \frac{c}{n} = \frac{c}{N}$$

CURVA OPERATIVA IDEALE

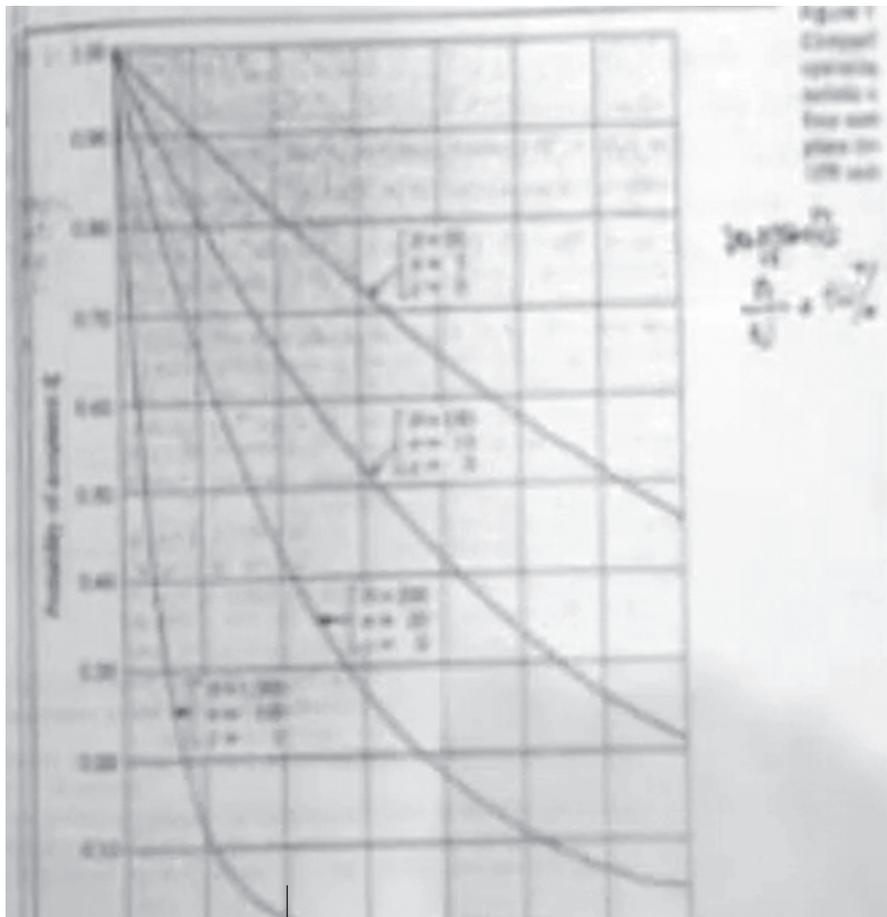
$P(p)$  è la probabilità di accettazione,  
 $p$  è la percentuale di difettosità

## PRATICHE DIFFUSE PRIMA DEL CAMPIONAMENTO STATISTICO

- prima dell'avvento del campionamento statistico era pratica diffusa (talvolta lo è ancora) nell'industria campionare secondo una percentuale fissa del lotto: 5%, 10%, 20%, eccetera. In altre parole, indipendentemente dalla numerosità del lotto, il controllo viene effettuato su una quota parte fissa. La domanda che si pone è se tale quota parte fissa riesce ad dare una capacità di filtraggio, dei pezzi non conformi, costante.

Questo modo di campionare poggia sull'idea non corretta che la protezione fornita da schemi di comportamento è costante se il rapporto  $n/N$  è costante (detta specificazione è "ovviamente" associata alla condizione  $c = 0$ ).

La figura allegata illustra le curve operative per più schemi di campionamento con  $n/N$  costante, per dimostrare che la cosa vista sopra non accade.



4% di difettosità

Il grafico riporta in ordinata la probabilità di accettazione, in ascissa la percentuale di difettosità, le curve operative sono state tracciate in riferimento a quattro possibili situazioni.

La prima situazione, in alto, presenta una numerosità  $N$  del lotto pari a 50 elementi, una numerosità  $n$  del campione pari a cinque elementi, un numero di accettazione  $c$  pari a zero numerico ( $c = 0$  per tutte le altre curve); le successive curve, con i valori riportati.

Quello che accomuna le curve è che il rapporto tra la numerosità del campione e la numerosità della lotto è costante,  $n/N = 1/10$ .

Osservando l'andamento generale delle curve, esse danno origine ad 1° di copertura differente, in funzione della probabilità di accettazione. Infatti, facendo riferimento ad un certo valore di ascissa, ad esempio una difettosità del 4%, osserviamo una copertura e quindi una probabilità di accettazione intorno al 4% per quanto riguarda la curva più in basso, osserviamo per la seconda dal basso una copertura del 45%, quella sopra del 65% e quella più in alto dell'82% circa.

Pensavamo che mantenendo costante il rapporto fra numerosità del campione e numerosità del lotto la copertura fornita dalle curve operative fosse, in qualche modo, identica, in realtà scopriamo che non è affatto vero e che l'incidenza della numerosità del campione, cioè il valore di  $n$ , è tale da generare delle curve molto più selettive. Selettive nel senso che a parità di difettosità, la probabilità di accettazione è molto più bassa. Inoltre al diminuire della numerosità del campione,  $n = 5$  nella prima curva in alto, la probabilità di accettazione è elevata, corrispondente quindi ad una bassa capacità di filtraggio.

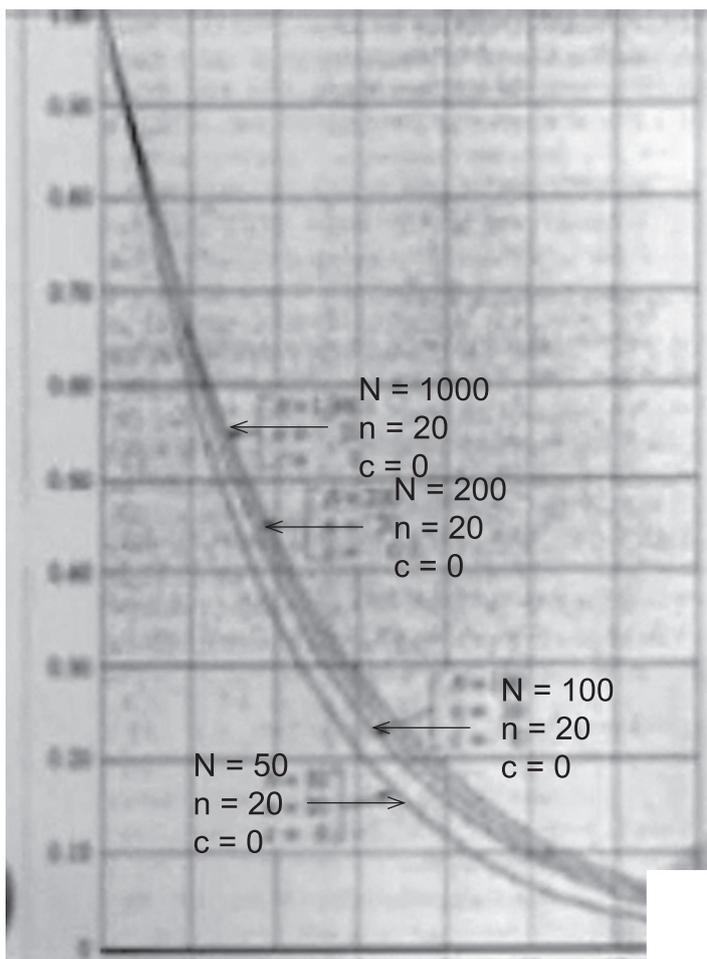
Quindi, ripetiamo, l'idea che, nel mantenere costante il rapporto tra numerosità del campione e numerosità del lotto, si ottiene una capacità di copertura costante dalle non conformità, è non corretta.

Per ovviare a questo errore si ricorre agli strumenti di controllo statistico di processo, i quali forniscono una curva operativa. La curva operativa, tra i vari benefici già illustrati, ne presenta uno molto importante che è quello di fornirci il grado di copertura con riferimento al non acquisire elementi non conformi.

## NOTE SUGLI ANDAMENTI DELLE CURVE OPERATIVE

- Dal punto di vista della “protezione del Controllo Qualità” il valore assoluto della dimensione del campione “n” è assai più importante del dimensione del lotto N
- La curva tracciata con  $\{N = 1000, n = 20, c = 0\}$  non differisce molto da una equivalente curva tracciata con  $N \rightarrow \infty$  (la O.C., la curva operativa, dipende praticamente solo da n, per n grande)

Di seguito un esempio.



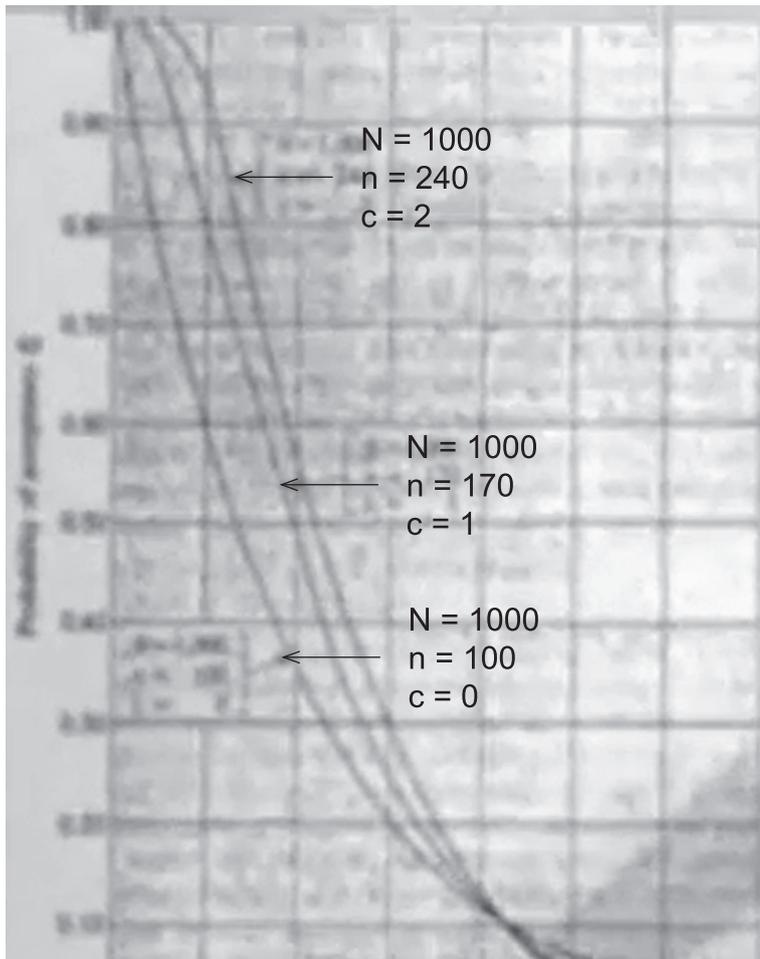
Lo schema riporta al solito in ordinata la probabilità di accettazione e in ascissa la difettosità del sistema.

La dimensione del campione è tenuta costante, pari a 20. Quello che varia è la numerosità N del lotto.

Sostanzialmente, l’effetto di variare N non incide nella capacità di filtraggio delle non conformità da parte dei quattro piani di campionamento a confronto. Quindi a parità di n le curve non sentono nulla al variare di N. Viceversa, fissato N, al variare di n, le curve si dimostrano molto sensibili come visto precedentemente.

## NOTE SULLE CURVE OPERATIVE

- Il numero di accettazione  $c$  non viene di solito posto a zero per i seguenti motivi:
  - . Da un punto di vista psicologico è come dare maggiore sicurezza sia chi fornisce sia a chi usa, *sono più tranquilli*
  - . Fissato il passaggio ad un certo punto della curva operativa, maggiori valori di  $c$  implicano maggiori valori di  $n$ , *anche in questo caso il senso sta nella maggiore serenità tra i due contendenti nella fase di transizione del prodotto dal fornitore al committente*



In questo ulteriore schema abbiamo tre curve a confronto, in cui il numero  $N$  del lotto è costante ed è pari a 1000, varia sia il numero  $n$  del campione sia il numero  $c$  di accettazione.

Quello che si osserva è che nel punto 2.2% di difettosità, per una probabilità di accettazione dello 0.10, tutte le curve soddisfano la richiesta di passaggio per tale punto.

La soddisfano andando ad aumentare sia il numero di accettazione che la numerosità del campione, oppure diminuendo entrambi i termini che definiscono la curva di accettazione.

Quindi l'effetto della numerosità del campione e del numero di accettazione è un effetto in qualche modo contrastante.

Possiamo cambiare la forma della curva è quindi la sua capacità di filtraggio operando sul contributo di questi due parametri che sono fortemente attivi nell'ambito della definizione di un piano di campionamento.

Le alternative che si propongono a chi vuole operare una accettazione di prodotti sono sostanzialmente tre, come di seguito riportate.

## PROGETTO E USO PIANI CAMPIONARI

- (a) Piani costruibili ad hoc
- (b) Piani adottabili secondo le norme UNI, normative nazionali
- (c) Piani adottabili secondo le norme internazionali (ISO, MIL STD - recepite nella normativa italiana sotto il nome UNI 4842 -, ecc.)

I piani di tipo (a) derivano dalla “messa in opera” delle condizioni espresse sui parametri di qualità adottati del Committente e del Fornitore.

Le norme (c), in sostanza, definiscono delle strategie di campionamento più che un piano di campionamento, definiscono quindi qualcosa di molto più articolato di un piano di campionamento. Le strategie di campionamento vanno a toccare in maniera più articolata tutto il processo e le modalità di accettazione non solo del singolo lotto, ma di tutti i lotti prodotti una produzione. Tali normative vanno a toccare una sfera assai più ampia dei singoli piani di campionamento.

Nel caso specifico analizzeremo come si può progettare ad hoc un piano di campionamento.

Prima di questo vediamo quali sono gli elementi tipicamente caratterizzanti per operare una lettura delle norme tra quelle viste precedentemente.

## PARAMETRI RICHIESTI PER L'INDIVIDUAZIONE DEI PIANI DI CONTROLLO PER ATTRIBUTI NELLE NORME

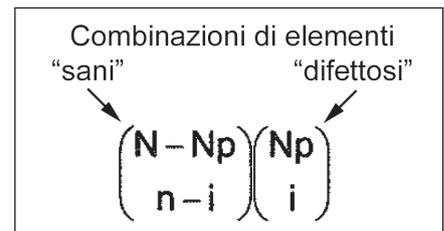
- entità del lotto (N, numerosità del lotto)
- livello di ispezione (percentuale di elementi campionati sull'entità del lotto prefissato)
- grado di severità del piano (minore o maggiore tolleranza nei difetti riscontrati negli elementi del campione)
- informazioni sulla variabilità (dei dati sottoposti a campionamento e forma della distribuzione associata)
- rischi ammessi dal fornitore e dal committente

# PROGETTO AD HOC DI UN PIANO DI CAMPIONAMENTO SEMPLICE

- Siano:
- N** la dimensione de lotto
  - n** la dimensione del campione estratto
  - c** il numero massimo di elementi difettosi tollerati e che possono essere presenti nel campione

Si calcola, nel modo che segue, la probabilità di accettazione di un lotto che ha una difettosità pari a  $p$ .

$$P_{N,n,c,p} = \sum_{i=0}^c \frac{\binom{N-Np}{n-i} \binom{Np}{i}}{\binom{N}{n}}$$



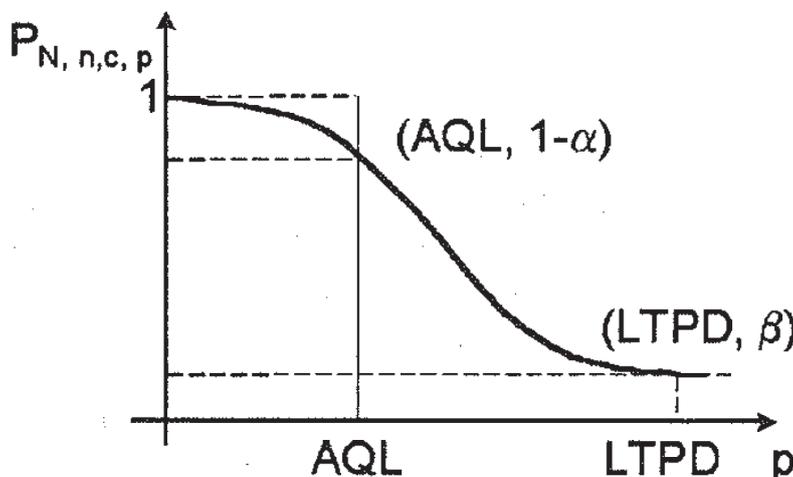
$P_{N,n,c,p}$  è la funzione di probabilità cumulata fino a  $c$  della distribuzione ipergeometrica (probabilità di accettazione).

La distribuzione di probabilità è di tipo ipergeometrico.

N è noto, mentre n, c devono essere determinati sulla base dei livelli di rischio che intendono assumere sia il fornitore che il committente.

n e c sono gli elementi oggetto della progettazione.

Quindi progettare un piano di campionamento vuol dire andare a definire i valori della numerosità del campione e il valore del numero di accettazione, che caratterizzano il particolare accordo tra fornitore e committente.



In figura sono riportati i seguenti punti: AQL, che definisce la percentuale di difettosità per il fornitore;  $1 - \alpha$ , che definisce la probabilità di accettazione del fornitore; LTPD, che definisce la percentuale di difettosità tollerabile dal committente;  $\beta$ , che è il rischio che si sente di correre il committente. Come di consueto, in ordinata la probabilità di accettazione, in ascissa la difettosità.

*Curva operativa. Sono evidenziati i punti che identificano il punto di vista del fornitore (AQL,  $1-\alpha$ ) e del committente (LTPD,  $\beta$ ).*

La coppia di coordinate sintetizza due punti di vista diventano gli elementi per poter operare una progettazione. Si tratta di risolvere un sistema.

Operativamente deve essere risolto il seguente sistema:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 - \alpha = \frac{\sum_{i=0}^c \binom{N - N^* AQL}{n-i} \binom{N^* AQL}{i}}{\binom{N}{n}} \\ \beta = \frac{\sum_{i=0}^c \binom{N - N^* LTPD}{n-i} \binom{N^* LTPD}{i}}{\binom{N}{n}} \end{array} \right.$$

A primo membro la probabilità di accettazione, al secondo la sommatoria vista in precedenza, con AQL al posto di  $Np$  (la difettosità). La sommatoria va da 0 a  $c$ , il numero di accettazione. Questa è la posizione del fornitore. Nella seconda equazione è riportata la posizione del committente.

In funzione delle incognite  $n$  (numerosità del campione) e  $c$  (il numero di accettazione).

Il sistema non è di facilissima risoluzione, ma può essere “rilassato” in alcune situazioni intermedie, che fanno capo alla maggior parte delle applicazioni pratiche con cui possiamo avere a che fare.

Nelle situazioni in cui ( $n < N/10$ ) la distribuzione ipergeometrica può essere “sostituita” dalla distribuzione binomiale:

$$P_{n,c,p} = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i}$$

È come se si ipotizzasse di estrarre il campione da un lotto di dimensione infinita.

$$P_{N,n,c,p} \rightarrow P_{n,c,p} \quad \text{per } N \rightarrow \infty$$

L'ipotesi che si assume è che ogni unità del lotto sottoposte al controllo non influisca sul numero  $Np$  di elementi difettosi esistente nell'otto.

Le incognite da determinare, anche adottando la distribuzione binomiale sono  $n$  e  $c$ , il sistema da risolvere, che segue, è semplificato rispetto al precedente:

$$\begin{cases} 1 - \alpha = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} AQL^i (1 - AQL)^{n-i} \\ \beta = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} LTPD^i (1 - LTPD)^{n-i} \end{cases}$$

La soluzione del sistema consente di determinare le caratteristiche del piano semplice di campionamento desiderato ( $n$ ,  $c$ ).

Ulteriori semplificazioni come di seguito riportate.

Se  $p$  è molto piccolo,  $p > 0.10$  e  $n \ll N$ , e inoltre  $n > 10$  e  $np < 5$

$$P_{n,c,p} \rightarrow P_{np,c} = \sum_{i=0}^c \frac{(np)^i e^{-np}}{i!}$$

$$P_{N,n,c,p} \rightarrow P_{np,c} \quad \text{per} \quad p \rightarrow 0 \quad np \rightarrow \text{costante}$$

$P_{np,c}$  è la distribuzione di Poisson

ESEMPIO 1. Progetto di un piano di campionamento semplice.

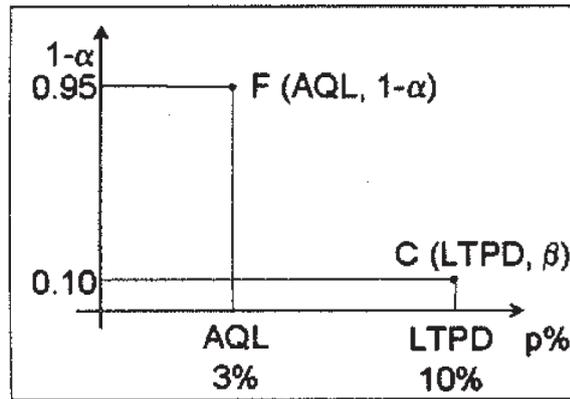
Sia

$$\alpha = 0.05$$

$$\beta = 0.10$$

$$AQL = 0.03$$

$$LTPD = 0.1$$



$\alpha$  è il rischio del fornitore;  
 $\beta$  è il rischio del committente;  
 AQL per la posizione del fornitore;  
 LTPD per la posizione del committente.

Definiti i punti F e C (le posizioni del Committente e del Fornitore) si tratta di trovare i valori  $n, c$  che definiscono una curva operativa che li contenga (almeno approssimativamente)

*Esempio di grafico di partenza per il progetto di un piano di campionamento.*

La domanda che ci poniamo riguarda quali valori deve assumere il piano di campionamento affinché esso passi per i due punti F e C

Dunque costruire un piano di campionamento ad hoc vuol dire definire quel piano di campionamento che passa per i due punti che sono stati tracciati nel grafico appena illustrato.

Risolvere il piano di campionamento vuol dire andare a risolvere il sistema riportato di seguito.

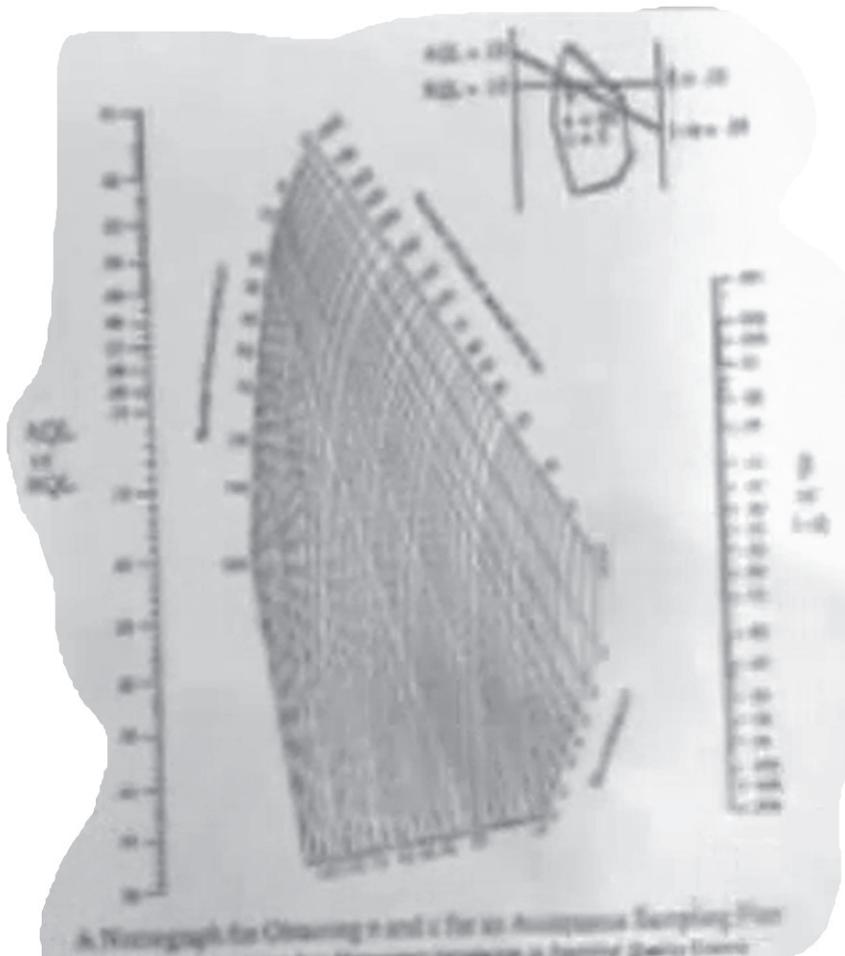
In prima approssimazione ipotizziamo che valga la condizione ( $n/N \leq 0.1$ ) per cui il legame tra la probabilità di accettazione e la % di difettosità sia esprimibile attraverso la distribuzione binomiale.

Si tratta di risolvere il seguente sistema:

$$\begin{cases} 1 - \alpha = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} AQL^i (1 - AQL)^{n-i} \\ \beta = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} LTPD^i (1 - LTPD)^{n-i} \end{cases}$$

nelle incognite  $n, c$ .

La risoluzione del sistema è spesso non agevole, si ricorre pertanto, ad esempio, al nomogramma di MONTGOMERY.



Abbiamo due scale graduate, una a sinistra e una a destra.

La prima riporta i valori di AQL e di LPTD.

La seconda i valori di  $\beta$  e di  $1 - \alpha$ .

Si tratta di riportare nello schema i valori che abbiamo di AQL e LPTD (= RQL nel nomogramma) e di collegarli ai valori di  $\beta$  e  $1 - \alpha$ .

L'intersezione fra le linee tracciate è la soluzione del sistema, per valori di  $n = 90$  e  $c = 5$ .

Questi due valori soddisfano le condizioni del fornitore e del committente.

Riassumendo le operazioni da eseguire per un piano di campionamento sono:

- . Si definisce la posizione del fornitore attraverso due valori, il rischio che è disposto a correre e la percentuale di difettosità che è in grado di tollerare
- . Si definisce la posizione del committente attraverso i due valori come sopra
- . Si ricavano due punti che servono a tracciare una curva che è indipendente dalla dimensione del lotto e si risolve un sistema attraverso cui si trovano i valori progettuali che soddisfano contemporaneamente il punto di vista del fornitore e il punto di vista del committente.



Prof. Fiorenzo Franceschini  
41'42"

- CEE: schema organizzativo
- Sistema Qualità Italia: organizzazione
- Schema delle relazioni tra enti
- SINCERT
- SINAL

## INTRODUZIONE

Parleremo di norme e regole del Sistema Qualità.

Parleremo prima del Sistema Qualità Italia ovvero dell'organizzazione che il nostro paese si è data per poter affrontare i problemi relativi alla qualità di tutte le imprese che in qualche modo costituiscono il tessuto produttivo.

Poi vedremo cosa sono le norme ISO 9000, ambito internazionale.

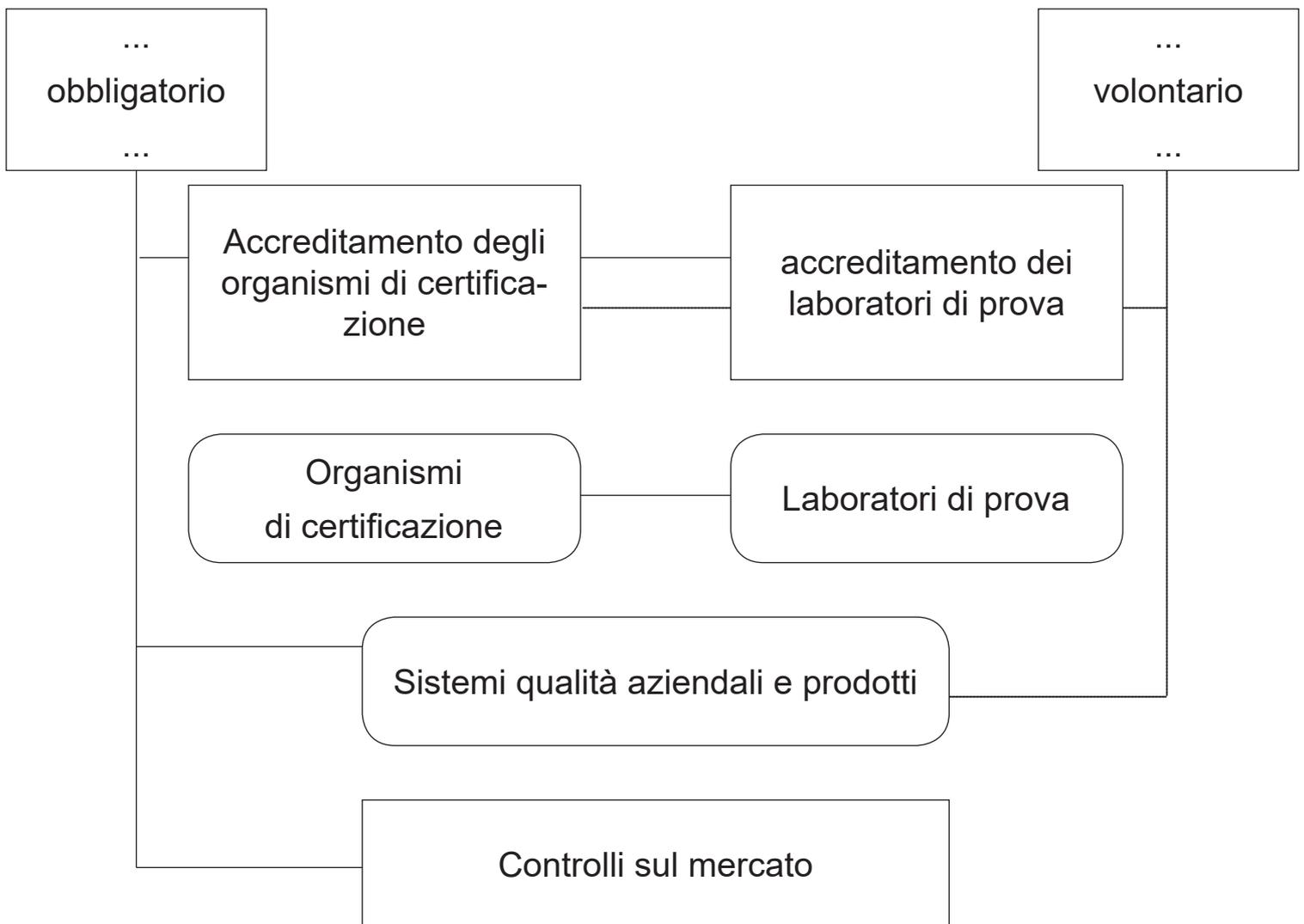
## IL SISTEMA QUALITÀ ITALIA

Esistono alcune risoluzioni della comunità europea, la CEE, che hanno sollecitato tutti gli Stati membri a prendere posizione con riferimento agli aspetti, legislativo da una parte, normativo dall'altra, in modo tale da uniformare l'atteggiamento dei vari paesi nei confronti di queste due tematiche vitali.

|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>CEE - schema organizzativo coerente con la nuova strategia in materia di armonizzazione tecnica e normazione.</b></p> <p><b>Risoluzione 85/C e 136/1</b></p>                     |                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>Armonizzazione legislativa</b></p>                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>Armonizzazione legislativa</b><br/>definizione mediante direttive dei requisiti essenziali ai quali devono soddisfare i prodotti immessi sul mercato</p>                         | <p><b>Armonizzazione normativa</b><br/>procedura di informazione, norme tecniche europee, mutuo riconoscimento delle prove, funzionamento armonizzato degli enti di certificazione</p> |
| <p><b>Compiti degli Stati membri</b><br/>garantire sul territorio la sicurezza, la protezione della salute, dell'ambiente e del consumatore dei dischi considerati dalle direttive</p> | <p><b>Compiti degli Enti normatori</b><br/>elaborare le specifiche tecniche di conformità dei prodotti alle direttive</p>                                                              |

Nello schema organizzativo coerente con la nuova strategia in materia di armonizzazione legislativa e normazione, l'armonizzazione legislativa genera le regole tecniche e quindi le leggi obbligatorie alle quali devono sottostare tutti coloro che operano in un certo paese dal punto di vista della produzione, ovvero della realizzazione di prodotti o servizi. L'armonizzazione normativa genera le norme tecniche volontarie, quelle che alcune entità, imprese, soggetti, eccetera, decidono di rispettare per conto proprio in quanto queste norme garantiscono il prodotto e i soggetti distinguendoli da coloro che non si dotano di un Sistema Qualità.

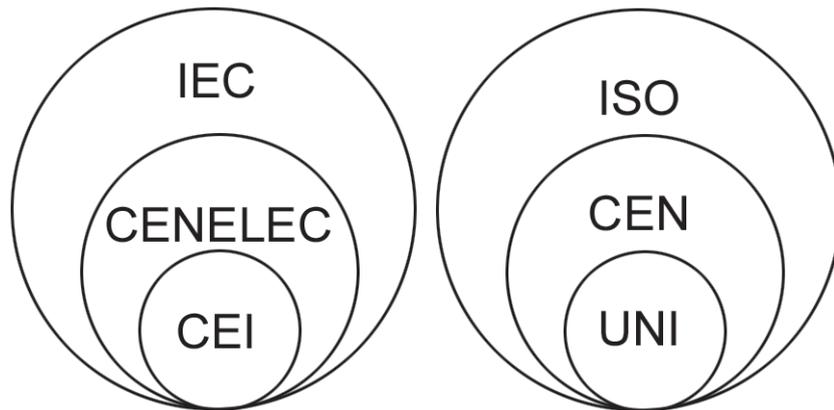
Nella parte bassa dello schema abbiamo una serie di entità di cui parleremo in maniera diffusa, si tratta degli enti che si occupano dell'accREDITAMENTO degli organismi di certificazione, degli enti che si occupano dell'accREDITAMENTO dei laboratori di prova, degli organi di certificazione, i laboratori di prova, i sistemi di qualità aziendale prodotti e il sistema di controllo sul mercato.



| <b>Sistema Qualità Italia - ORGANIZZAZIONE</b>                                                                    |                                                                                                        |                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Denominazione</b>                                                                                              | <b>Tipo di Istituzione</b>                                                                             | <b>Competenze</b>                                                                                                         |
| Coordinamento promozione delle azioni necessarie per assicurare la qualità della produzione industriale nazionale | Organo della pubblica amministrazione, presieduto dal Ministero dell'Industria                         | Comitato Nazionale Normazione e Certificazione di Qualità                                                                 |
| Ministeri e Organi Tecnici dello Stato                                                                            | Pubblica Amministrazione                                                                               | Emanazione di regole tecniche obbligatorie                                                                                |
| UNI<br>Ente Nazionale Italiano di Certificazione                                                                  | Associazione tra soggetti privati pubblica amministrazione dotate di riconoscimento giuridico          | Emanazione norme tecniche volontarie in tutti i settori (esclusi elettrico ed elettronico), membro italiano di ISO* e CEN |
| CEI<br>Comitato Elettrotecnico Italiano                                                                           | Associazione tra soggetti privati e pubbliche amministrazioni dotata di riconoscimento giuridico       | Emanazione norme tecniche volontarie (settore elettrico ed elettronico), membro italiano di IEC e CENELEC                 |
| SINCERT<br>Sistema Nazionale di Accreditamento Organismi di Certificazione                                        | Associazione costituita da UNI e CEI con soggetti privati e pubbliche amministrazioni                  | Accreditamento di organismi di certificazione, gestione del mutuo riconoscimento con analoghe istituzioni estere          |
| SINAL<br>Sistema Nazionale di Accreditamento laboratori                                                           | Associazione costituita da UNI e CEI con soggetti privati e pubbliche amministrazioni                  | Accreditamento di laboratori di prova, gestione del mutuo riconoscimento con analoghe istituzioni estere                  |
| SNT<br>Sistema Nazionale di Taratura                                                                              | Istituti mitologici primari, centri di taratura (già predisposto ddl costitutivo, oggi opera come SIT) | Conservazione e disseminazione campioni nazionali taratura degli strumenti di misura                                      |
| CNMR<br>Centro Nazionale Materiale di Riferimento                                                                 | Istituto fondato dal Centro Sviluppo Materiali SpA e da ILVA SpA                                       | Preparazione e disseminazione di campioni di materiali riferimento                                                        |
| Organismi di Certificazione                                                                                       | SpA, Srl, associazione, ecc.                                                                           | Certificazione sistemi qualità e prodotti in base alle norme vigenti                                                      |
| Laboratori di prova, accreditati dal SINAL                                                                        | Università, CNR, ENEA, SpA, Srl, ecc.                                                                  | Certificazioni prodotti in base alle norme vigenti                                                                        |
| Organismi di controllo                                                                                            | Organi tecnici dello Stato                                                                             | Controlli a valle sul mercato                                                                                             |

\*ISO, International Standardization Organization

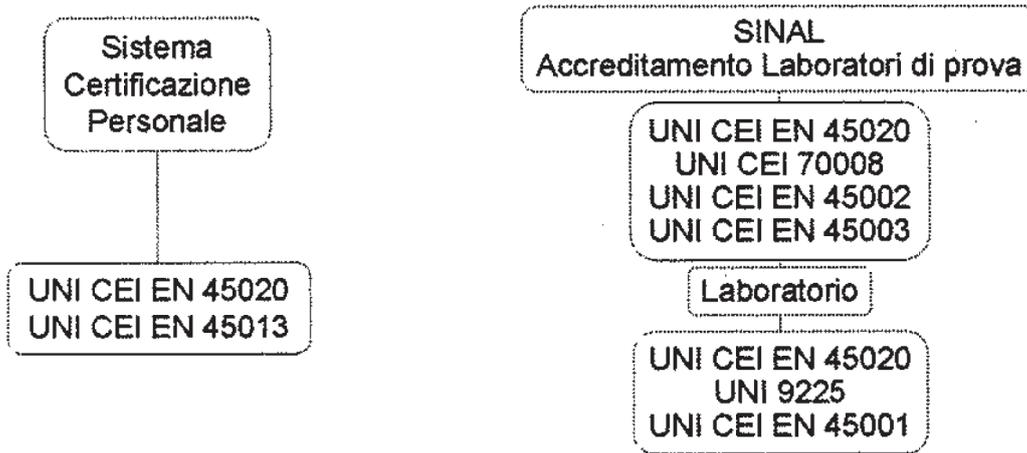
Schematizzazione relazioni tra Enti normatori:



### SCHEMA DELLE RELAZIONI TRA GLI ENTI E DEFINIZIONE DEI LORO COMPITI

Nella prima figura è riportato lo schema generale, nelle seguenti sono sviluppati in maniera dettagliata i rami relativi al SINCERT ed al SINAL.

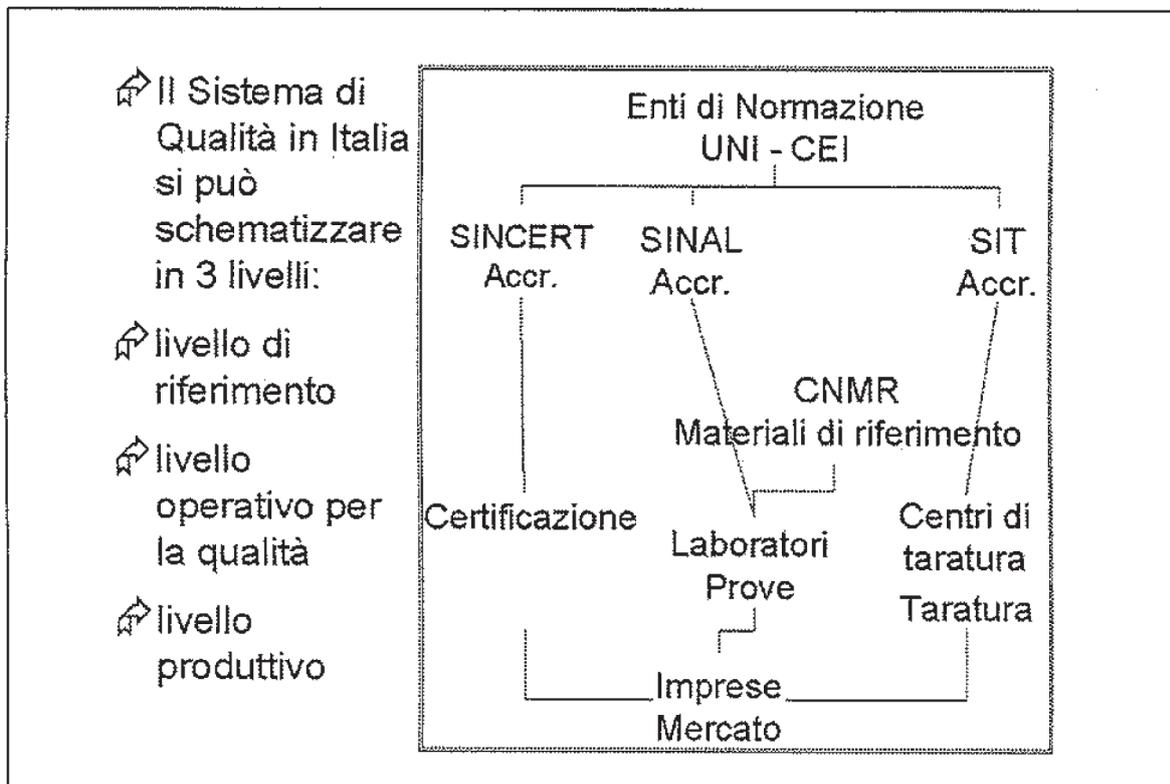




L'accreditamento e la certificazione devono essere rinnovati periodicamente. L'ente preposto è SINCERT.

SINAL opera un accreditamento di laboratori di prova che, a sua volta, diventa abilitato a certificare delle prove che possono essere di diverso tipo, ad esempio conformità.

### SCHEMA Sistema Qualità Italia



*Schematizzazione del Sistema Qualità Italia.*

□

Prof. Fiorenzo Franceschini  
41'49"

- Relazioni tra Enti Europei e Sistema Qualità Italia e prodotti certificati
- Sistema Qualità in Italia
- Norme per la Qualità
- Attori coinvolti nelle norme
- Norme ISO 9000
- Principali concetti contenuti nelle ISO 9000

## INTRODUZIONE

Nella scorsa lezione abbiamo visto il Sistema Qualità Italia, con i principali attori. Abbiamo visto quali sono gli enti che entrano a far parte del sistema, quali sono le norme che regolano i rapporti tra i singoli elementi del sistema e abbiamo introdotto brevemente un elenco di norme che definiscono le modalità e l'interazione tra gli enti che accreditano, quelli che certificano e l'entità, le imprese che vengono giustificati da questi.

I due principali attori del Sistema Qualità Italia sono il SINCERT e il SINAL, rappresentati in un grafico in cui, nella parte inferiore, è riportata la dicitura "Enti europei e nazionali di normazione".

## SISTEMI QUALITÀ E PRODOTTI CERTIFICATI



Il SINCERT a sinistra e il SINAL a destra costituiscono il trait d'union tra il mondo dei Sistemi qualità e prodotti certificati e il mondo degli Enti europei e nazionali di normazione.

Da una parte vedono gli enti europei e quindi stringono rapporti con altri paesi europei per quanto riguarda le attività di mutuo riconoscimento e dall'altra permettono la certificazione dei sistemi qualità e dei prodotti e/o del personale.

Il SINCERT, per mezzo di norme tecniche armonizzate o nazionali, provvede all'accREDITamento di organismi di certificazione, quindi esso, sulla base delle normative, provvede ad accREDITare degli enti che si chiamano appunto Organismi di certificazione e che sviluppano come attività la certificazione dei sistemi qualità, dei prodotti e/o del personale.

SINAL ha una attività analoga, sulla base delle norme tecniche armonizzate o nazionali, esso provvede all'accREDITamento dei laboratori che sono in grado di sviluppare delle prove di conformità o di tipo per enti terzi.

Il ruolo sviluppato dai due organismi è in questo modo sintetizzato.

Questi due enti stabiliscono e vivono i rapporti di mutuo riconoscimento con il resto dei paesi europei attraverso degli enti che sono ad essi similari ma situati in altri paesi europei.

Vediamo le direttive su cui poggia il Sistema Qualità Italia.

## SISTEMA QUALITÀ IN ITALIA

- Risoluzione del 7 maggio 1985 - “Nuovo Approccio”
- “Approccio globale alla Certificazione ed alle Prove”, Dicembre 1989
- Obiettivi:
  - . Creare un grande mercato comune di 350 milioni di persone in cui sia garantita la libera circolazione dei prodotti, prodotti che devono essere conformi alle direttive europee e per conseguenza sicuri
  - . Aumentare il livello qualitativo delle imprese europee, che si scontrano a livello qualità con quelle americane o giapponesi, divulgando la cultura della qualità mediante l'applicazione delle norme UNI EN ISO 9000 per rendere le imprese europee competitive con i grandi mercati internazionali; UNI EN ISO è un ordine che parla in modo gerarchico, da ISO (International Standard Organization), al recepimento da parte di EN (European Norm), a quello ad opera di UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione)

## IMPRESE CERTIFICATE IN EUROPA (Dicembre 1994)

Gran Bretagna 33000 (numero molto alto dovuto a molte imprese pubbliche)

Germania 3500

Francia 2850

Olanda 2600

Italia 2139

Irlanda 1100

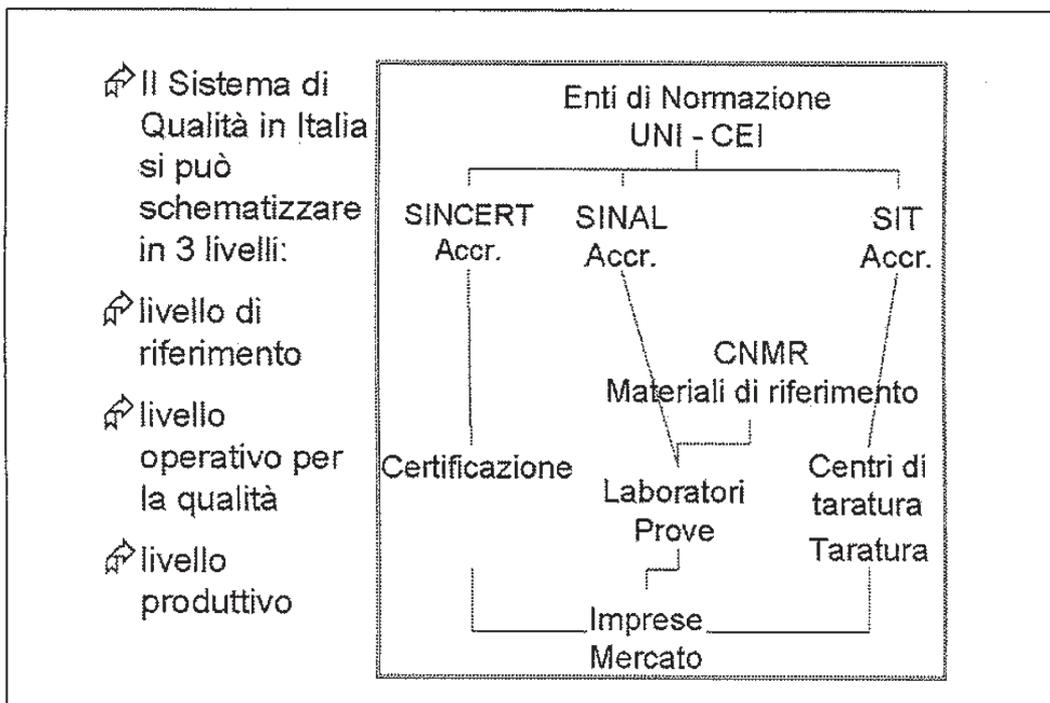
Svizzera 1300

Belgio 1006

...

Grecia 80

- Sistema di qualità in Italia si può schematizzare in 3 livelli:
  - . Livello di riferimento
  - . Livello operativo per la qualità
  - . Livello produttivo



*Schematizzazione del Sistema Qualità Italia.*

Le famiglie di normative ISO 9000 e EN 45000 costituiscono i pilastri sui

quali poggia il nostro sistema qualità nazionale.

## NORME PER LA QUALITÀ

- le norme per la qualità si possono classificare in quattro categorie principali:
  - . Controllo statistico della qualità
  - . Assicurazione della qualità e affidabilità
  - . Certificazione
  - . Norme specifiche di settore

Controllo statistico della qualità riguarda le carte di controllo, lo sviluppo e l'attuazione dei piani di campionamento. Tipicamente riguarda tutti quegli strumenti di supporto utilizzati nell'ambito della produzione per realizzare il controllo statistico di processo.

La tipologia di norme che riguarda l'assicurazione della qualità e l'affidabilità ha a che fare con i modelli di riferimento, parte di questi sono contenuti nella famiglia chiamata ISO 9000.

Certificazione riguarda la regolamentazione tra gli enti certificatori e gli enti che vogliono certificarsi.

Norme specifiche di settore, che entrano nei dettagli dei singoli settori merceologici.

Esempi:

- UNI 2408: prodotti chimici ausiliari per industria tessile e conciare. Solfooleati. Rispetto agli elementi citati, si mettono in evidenza Qualità e caratteristiche.
- UNI 3713: leghe di zinco in pani da fonderia. Qualità, prescrizioni, prove.
- UNI 6436: carta e cartone. Campionamento per determinare la qualità media.
- CEI 66-2-CT 66: apparecchiature elettroniche di misura. Criteri per esprimere valutare la qualità del funzionamento.
- CEI 103-1/9 - CT 103: impianti telefonici. Parte 9: qualità e trasmissione.

## Attori coinvolti nelle norme

|                                    |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Azienda in corso di certificazione | Prima Parte                     |
| Cliente/Utente                     | Seconda Parte                   |
| Ente di certificazione             | Terza Parte (anche super parte) |
| Società di consulenza              | Quarta Parte                    |

## Come mai tante norme per la Qualità?

- Tanti settori merceologici.
- Sono toccati tutti gli aspetti importanti della vita di un'azienda.
- sono stati gli "attori" chiamati in causa.

# LE NORME ISO 9000 - CHIAVI DI LETTURA

## CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

- sono le norme più diffuse nel mondo per ciò che riguarda gli aspetti della qualità;
- sono adottate da oltre 84 paesi nel mondo, in continuo crescendo;
- sono già oltre 100000 le aziende certificate a fronte delle ISO 9000, ed il tasso di crescita è altissimo.

## TERMINI E DEFINIZIONI RICORRENTI (normativa 8402)

- **CONTRATTO.** Requisiti concordati tra fornitore e cliente e comunicati mediante un mezzo qualsiasi.
- **OFFERTA.** Risposta di un fornitore alla domanda di soddisfare i requisiti di un possibile contratto per la fornitura di un prodotto.

## LA NUOVA ISO 8402 - 1994

Norma che riguarda il glossario, definisce le parole chiave della Qualità.

- È stata profondamente modificata rispetto alla penultima edizione - 1988;
- Contiene 67 termini contro i precedenti 22;
- È articolata in 4 sezioni:
  - . Termini generali
  - . Termini relativi alla Qualità
  - . Termini relativi al sistema Qualità
  - . Termini per gli strumenti e le tecniche su cui il Sistema Qualità si appoggia

## PRINCIPALI CONCETTI CONTENUTI NELLE ISO 9000

- L'obiettivo fondamentale per la qualità non è più la conformità, ma a questa si aggiunge il concetto di miglioramento continuo.
- Il riferimento primario è la soddisfazione del cliente: a questa si aggiunge quella dei dipendenti, degli azionisti, dei fornitori, della collettività.
- Il servizio è una componente essenziale della soddisfazione del cliente.
- I processi sono il modo attraverso il quale un'organizzazione soddisfa i suoi clienti; tutto il lavoro è realizzato tramite processo; la qualità dei pro-

cessi diventa componente essenziale. La valutazione dei sistemi qualità non si limita a chiedere se i processi sono definiti e documentati ed attuati in conformità a quanto descritto, ma chiede se “i processi sono efficaci nel fornire i risultati attesi?”.

- Gli obiettivi indicati nella Politica per la qualità (ISO 9001) devono essere attinenti ai traguardi essenziali dell'azienda (e non più solo coerenti con essi !!).
- Dalla preminenza del concetto di “Assurance” (con i connessi aspetti di sorveglianza e centralismo), alla preminenza del Sistema Qualità (sistema e responsabilità decentrate ma coordinate).

## IDEE PRELIMINARI

- I requisiti del cliente sono spesso definiti in termini di “specifiche”. Tuttavia le specifiche non possono da sole garantire che i requisiti siano soddisfatti in modo continuativo se si verificano carenze del sistema organizzativo che fornisce e supporta il prodotto.

Le ISO 9000 sono un insieme di norme che completano i requisiti del prodotto riportate nelle specifiche tecniche (ISO 9000-1).

□

Prof. Claudio Zottola  
39'22"

- Principi sulla gestione della qualità
- Il sistema di gestione per la qualità
- I requisiti del sistema di gestione per la qualità

## INTRODUZIONE

Tratteremo qualità e cultura d'impresa, focalizzando l'attenzione sugli aspetti della norma ISO 9001, della Customer Satisfaction e su aspetti di base in riferimento alla maturità dei processi e sull'integrazione dei sistemi di gestione

## PRINCIPI SULLA GESTIONE DELLA QUALITÀ

In particolare

- ISO 9000
- Qualità e processi

### ISO 9000

- Organizzazione basata su leadership e orientata al cliente
- Approccio per processi e sul miglioramento continuo
- Gestione delle decisioni
- Gestione dei fornitori (*il fornitore gestito come parte dell'azienda stessa*)
- Definire le politiche per la qualità
- Derivare da esse i processi più appropriati
- Controllare la qualità
- Misurare la qualità
- Rivedere la qualità
- Il vertice è il driver per la qualità aziendale

L'azienda lavora per qualità solo se il vertice ne è convinto. Questo significa che il vertice si fa promotore affinché i propri indirizzi vengano controllati, misurati, rivisti. Il concetto di revisione implica il concetto di riesame, che viene fatto nell'ambito della direzione per rivedere gli obiettivi e vedere se

l'azienda è orientata o meno a seguire i dettami legati alla vision del vertice aziendale.

## QUALITÀ E PROCESSI

I processi sono una parte integrante dell'attività.

**Processo:** Insieme di attività interagenti e correlate tra di loro che trasformano elementi di input in elementi di output e che aggiunge **valore**.

Il concetto di processo è molto ampio, sostanzialmente indica una attività controllata, di interazione tra un'organizzazione e soprattutto tra individui per il quale si giunge ad una conclusione in cui viene generato un output.

Fare un processo significa portarsi dietro una ragione che implica una valorizzazione delle attività aziendali e delle risorse che vengono coinvolte nell'ambito del processo stesso.

In questo contesto il processo è inteso come processo industriale, processo produttivo, si tratta di processi che generano un valore per l'azienda legati sostanzialmente al modello di business.

- I processi derivano esclusivamente dagli obiettivi di qualità, ma integrano più sistemi di gestione; l'attività del processo, ovvero il modo in cui l'azienda si presenta di fronte al mercato rispetto al cliente, deriva dagli obiettivi della qualità e non dall'organizzazione. L'organizzazione è un tramite attraverso il quale i processi vengono impiegati; un'azienda certificata, o che almeno ha adottato la normativa ISO 9001, ha sposato l'intenzione di organizzarsi per processi piuttosto che per l'organizzazione;
- Migliorare i processi migliora la competitività;

L'azienda normalmente misura le prestazioni dal punto di vista del processo e opera una attività di miglioramento continuo dei processi stessi. Queste tecniche iterative di miglioramento conducono l'azienda a migliorarsi e ad aumentare il proprio vantaggio competitivo in conseguenza della possibilità dell'aumento della qualità dei prodotti, ma anche della possibilità di diminuire i costi interni, di riuscire ad avere processi produttivi più efficace ed efficiente. Questo è possibile solo se l'azienda lavora secondo criteri di qualità. Qualsiasi azienda può lavorare più o meno bene ma se non lavora in contesti integrati non riesce mai ad avere informazioni oggettive che permettono di avere un miglioramento continuo.

# IL SISTEMA DI GESTIONE PER LA QUALITÀ

Concetto importante e propedeutico alla comprensione della ISO 9001.

- Elementi di base
- Qualità e organizzazione
- Integrazione tra sistemi di gestione

## Elementi di base

- La politica per la Qualità (Policy)
- Sistema dei processi (Operazioni legate al Modello di Business)
- Riferimento per l'applicazione dei modelli di "maturità"
- Definizione del SGQ attraverso il **Manuale Qualità**

La politica per la qualità rappresenta una serie di comandi, statement, che il vertice aziendale si auto definisce per creare valore e per essere coerenti ai propri obiettivi di business. Anche il sistema di processi è inerente al modello di business e non è relativo all'organizzazione aziendale e questo significa che il vertice aziendale deve instaurare una propria missione di qualità che gli permetta di essere competitivi e quindi di essere in grado di soddisfare i requisiti di business che la proprietà dell'azienda fornisce e assegna al vertice aziendale.

La ISO 9001 è una norma che riguarda tutto il contesto aziendale, riguarda l'organizzazione aziendale nel suo insieme e non è una norma specialistica che riguarda, ad esempio, lo sviluppo del software o la parte di produzione o il test di controllo di qualità delle parti dei componenti. Piuttosto esso riguarda il modo con cui l'azienda lavora, tale norma è il riferimento su cui poggiare ulteriori sistemi di gestione e anche di miglioramento continuo e di innalzamento del livello di maturità dei processi ovvero del livello di integrazione, sul quale si poggia tutto il concetto del miglioramento continuo.



Il sistema di gestione per la qualità si poggia su un documento definito Manuale della Qualità, che l'azienda prepara.

Il manuale della qualità recepisce gli articoli della norma uno per uno e traduce il modo in cui l'azienda li implementa a seguito delle direttive della direzione (CEO è l'Amministratore Delegato), raccogliendo anche

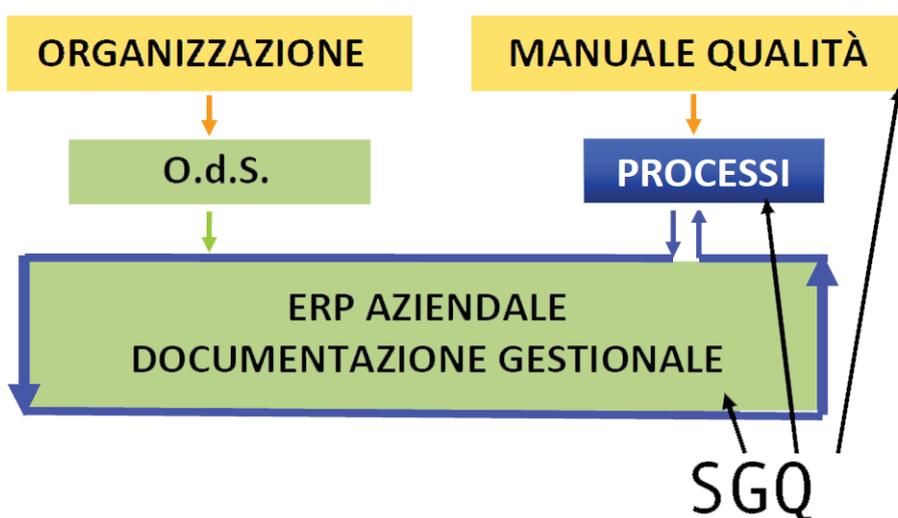
ulteriori esigenze legate al modo di funzionare dell'azienda, come ad esempio le leggi e le norme ambientali, applicazioni militari, eccetera.

Dalla descrizione dei requisiti, dalle norme, dalle direttive, deriva un documento dal quale deriva tutta una serie di documentazione di processi che l'azienda decide di implementare per garantire il successo dell'azienda stessa.

## Qualità e Organizzazione

- L'operatività aziendale ha entrambi gli input
- Convergono nei sistemi ERP e nella documentazione gestionale
- Le risorse sono i driver per il miglioramento

Gli aspetti di funzionamento aziendale hanno due aspetti fondamentali, uno è il modo con cui l'azienda lavora, legato ai processi; l'altro riguarda l'aspetto di chi fa queste cose ed è quindi l'aspetto legato all'organigramma e quindi all'organizzazione. L'aspetto produttivo di business e l'aspetto organizzativo e gerarchico convergono necessariamente in un contesto procedurale gestito da una documentazione gestionale ma anche nei sistemi CT aziendali che hanno la capacità di automatizzare questo tipo di procedure garantendo l'applicazione delle prescrizioni aziendali in maniera automatica. Tutto questo ha un senso se le risorse, sia umane che di tipo infrastrutturale, sono continuamente migliorate. L'azione di miglioramento e di verifica viene individuato dagli attori principali che possono porre l'attenzione del vertice aziendale, il quale può promuovere le azioni migliorative, a seguito di analisi.



Il manuale della qualità determina i processi aziendali che si applicano.

L'organizzazione riguarda l'aspetto organizzativo che viene formalizzato at-

traverso i cosiddetti ordini di servizio o attraverso strumenti analoghi.

I processi e l'organizzazione ovviamente non possono essere discordanti, anzi, i due input vengono tradotti in strumenti operativi gestionali che sono sia le procedure che gli ERP (Enterprise Resource Planning), sistemi di gestione informatica.

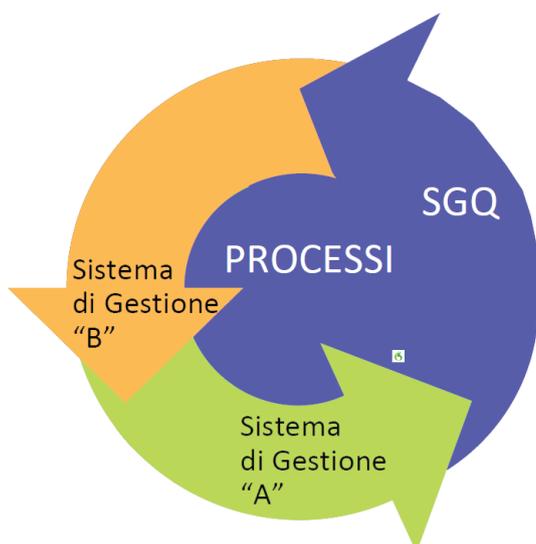
I processi delimitano l'ambito del "che cosa" l'azienda deve fare per garantire il successo sul mercato; l'organizzazione determina il "chi"; il "come" nasce dall'integrazione di essi.

Il sistema di gestione della qualità (SGQ) è in sostanza l'insieme del manuale, l'insieme dei processi e l'insieme di tutto ciò che garantisce l'operatività aziendale.

Quindi il sistema documentale, sistemi informatici, tutto ciò che descrive come l'azienda lavora in tutti i suoi ambiti organizzativi e gestionali costituisce il sistema di gestione della qualità.

### Integrazione tra sistemi di gestione

- Il sistema di gestione della qualità genera l'elemento di armonizzazione e di integrazione (cioè i processi). **Concetto fondamentale:** la competitività industriale porta ciascuna azienda ad organizzarsi secondo sistemi di gestione differenziati, che sono dedicati ad aspetti specifici, ad esempio quello della sicurezza sul lavoro (safety), che recepisce non tanto le normative quanto le leggi. Altri aspetti possono essere quelli della logistica. Questi aspetti necessitano di una attenzione particolare per cui l'azienda si organizza secondo un set documentale di tool informatici a supporto che descrivono le interazioni a livello di processo tra le varie funzioni aziendali. L'insieme dei processi è lo strumento di armonizzazione fra tutti questi sistemi.



Nella figura sono tracciati due sistemi di gestione, A e B, che sono diversi tra di loro. L'unico modo per farli lavorare insieme e quindi per fare in modo che ognuno di essi apporti il valore necessario a tutta l'attività aziendale è quella di integrarli in un contesto di processi unico.

Uno dei sistemi di gestione è proprio il sistema di gestione della qualità che è quello che genera l'insieme dei processi. Quindi il sistema di gestione della qualità è un sistema di

gestione unico all'interno, è uno dei tanti ma ha il "privilegio" di generare l'insieme di processi che rappresentano l'unico elemento di aggregazione e che permette poi di andare ad effettuare le attività di miglioramento continuo per tutta l'azienda e quindi per tutti i sistemi di gestione che sono stati adottati per l'azienda stessa.

- Ciascun sistema viene valorizzato attraverso i processi. Questo perché una volta che vengono misurati, riesaminati, rivisti dal management i processi aziendali, questi rappresentano il sistema di aggregazione che permette il miglioramento continuo di tutta l'azienda e di tutti i sistemi di gestione ad essa correlati

## I REQUISITI DEL SISTEMA DI GESTIONE PER LA QUALITÀ

- ISO 9001
- Conformità e certificazione

### ISO 9001

- La versione attuale è identificata come 9001:2008. Contiene una modifica sulla gestione dei fornitori, i quali vengono visti all'interno del sistema azienda come una parte dell'azienda stessa. Sostanzialmente è come se al fornitore fosse data una delega operativa, ma anche di business, del processo aziendale che porta all'erogazione dei beni e dei servizi
- Specifica i requisiti per il Sistema Gestione Qualità di una organizzazione, cioè come deve essere fatto un Sistema Gestione Qualità. Ciascuna azienda deve porsi nella maniera migliore possibile di fronte al mercato, la norma fornisce un percorso virtuoso attraverso il quale ciascuna azienda si auto organizza. Il risultato dell'auto organizzazione viene verificato da un ente esterno
- Fornisce la struttura di riferimento per il recepimento di più normative e leggi
- Permette di dimostrare la propria qualità in conformità ai requisiti, alle norme ed alle leggi applicabili. La norma ISO 9001 permette di dimostrare che un'azienda lavora secondo una certa qualità. Attraverso il manuale della qualità, la norma permette di fornire visibilità e trasparenza nel modo in cui un'azienda lavora e produce i beni e i servizi. Un'azienda certificata dimostra di aver recepito la normativa, di applicarla e quindi di porsi sul mercato in un certo modo. La certificazione è fornita da un ente indipendente, a fronte del cosiddetto audit all'interno dell'azienda

## ISO 9001: documentazione

- Il “manuale qualità” è il documento che descrive l’organizzazione e la struttura del Sistema Gestione Qualità e le politiche per la qualità. L’aspetto procedurale è demandato a una ulteriore documentazione. Il manuale qualità è obbligatorio e prescritto dalla norma, esso rappresenta il biglietto da visita con cui porsi al meglio sul mercato di fronte a potenziali clienti
- È un documento pubblico, pubblicabile anche sul proprio sito web

Altri documenti obbligatori previsti dalla norma sono:

- La mappa dei processi. È la descrizione dei processi aziendali, la descrizione del “cosa” l’azienda deve fare per garantire i propri asset.
- La gestione dei documenti e dei dati. La gestione documentale è indice di qualità per una azienda. Le regole di classificazione, di registrazione, di approvazione di ciascun documento, sia esso gestionale, sia esso quello di prodotti, sia esso quello di progetto, sono elemento essenziale in quanto determinano la possibilità di tracciare sostanzialmente un percorso, cioè è l’indice per cui l’azienda lavora secondo un sistema controllato di processi
- La gestione dei controlli (audit). Esistono, a tal fine, degli strumenti che permettono di gestire al meglio eventuali discordanze dagli obiettivi aziendali. Vengono dunque fatti dei controlli periodici secondo un piano deciso dall’azienda da parte di alcune figure di riferimento che sono gli ispettori della qualità. Essi effettuano degli audit interni al fine di verificare che sia stato implementato quanto richiesto dal vertice aziendale

## Conformità del Sistema Gestione Qualità

- La certificazione del SGQ accresce la confidenza dei clienti. Un’azienda che è passata attraverso un percorso di certificazione da parte di un ente esterno fornisce a potenziali clienti un buon livello di certezza rispetto all’adeguatezza del prodotto che viene fornito
- Rappresenta un momento di confronto e di crescita dell’intera organizzazione
- Certificazione non è sinonimo di qualità

□

Prof. Claudio Zottola  
41'01''

- Requisiti Chiave
- Requisiti Generali
- Gestione della Documentazione
- Responsabilità della Direzione

## REQUISITI CHIAVE

- Il Sistema di Gestione della Qualità descrive come lavora l'Azienda
- Gli Obiettivi di Qualità interessano quindi tutte le risorse aziendali, sia umane che asset
- Definire e Pianificare gli Obiettivi
- Organizzare
- Riesaminare
- Controllare e Misurare
- Migliorare con continuità

## REQUISITI GENERALI

- Si deve definire e gestire un SGQ conforme ai requisiti della norma
- Si devono definire ed applicare Processi appropriati agli obiettivi di business dell'azienda, misurabili e migliorabili
- Devono essere disponibili risorse appropriate, dati ed informazioni complete
- Deve essere definito ed applicato un sistema di controllo e di miglioramento, anche di ciò che è realizzato all'esterno

## GESTIONE DELLA DOCUMENTAZIONE

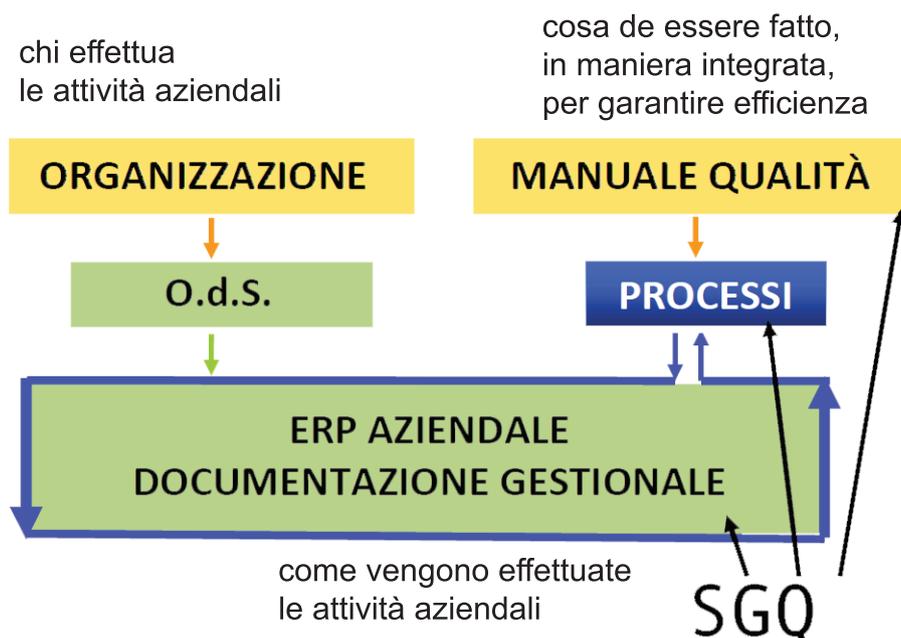
- Devono essere documentate le Policies (obiettivi) per la Qualità
- Deve essere emesso il Manuale della Qualità



Devono essere definite ed emesse le prescrizioni minime richieste dalla ISO 9001:

- Le interazioni tra i processi, mappa dei processi
- Gestione documentazione e relativa registrazione
- Gestione Non Conformità, quindi rimozione delle cause che hanno generato il discostamento dalla specifica
- Gestione audit, attività di controllo

Devono essere definiti ed emessi tutti i documenti (ed i tool) che prescrivano come l'Organizzazione esegue i processi, assicurandone pianificazione, funzionamento, controllo e miglioramento.



Per la documentazione, devono essere definiti:

- Format e codifica
- Modi di approvazione
- Modi di registrazione
- Modi di archiviazione

Garantire standardizzazione e condivisione.

## RESPONSABILITÀ DELLA DIREZIONE

- Definisce, pianifica e comunica gli obiettivi della Qualità
- Indirizza l'orientamento al Cliente
- Assicura la disponibilità delle risorse necessarie, sia umane, sia infrastrutturali
- Assegna Responsabilità ed autorità
- Riesamina ed aggiorna gli obiettivi di Qualità, in base a mutazioni di mercato o in base agli obiettivi che l'azienda si dà

## Obiettivi della Qualità

- Declamano un impegno comune di efficacia ed efficienza
- Devono essere appropriati al business aziendale
- Devono essere comunicati a tutta l'organizzazione
- Devono essere verificati e aggiornati

## Pianificazione della Qualità

- Periodicamente il management si pone degli obiettivi che vengono comunicati e misurati
- Gli obiettivi pianificati devono garantire coerenza con i processi e il SGQ nel suo complesso

## Orientamento al Cliente

- Il SGQ ed i Processi "traducono" l'intendimento del management ad orientare l'Azienda al Cliente ed al mercato
- Devono essere predisposte le modalità di misurazione della soddisfazione del Cliente

## Le Risorse

- Per la ISO 9001 “risorse” sono indistintamente umane, tecniche ed economiche
- Il management assegna risorse appropriate per garantire il raggiungimento degli obiettivi per la Qualità

## Responsabilità e Autorità

La Direzione designa un membro del management per:

- Controllare l’attuazione delle policy della qualità
- Riferire sulle prestazioni del SGQ
- Assicurare la conoscenza del SGQ
- Da ciò derivano le assegnazioni di responsabilità organizzative e le Deleghe Operative al Rappresentante della Direzione per la Qualità in base al contesto aziendale e di Business
- Indipendenza gerarchica implicita

Esempi di deleghe:

- Ispezionare prodotti, impianti, produzione
- Verificare attuazione processi
- Conseguire le certificazioni di seconda parte
- Emettere certificati di conformità
- . . .

## Riesame della Direzione

- Periodicamente la Direzione e il Rappresentante per la Qualità si riuniscono per:
- Analizzare le informazioni relative alle prestazioni di Qualità
- Fornire prescrizioni relative ad obiettivi e correzioni per la Qualità
- Decidere gli obiettivi di miglioramento
- I contenuti del Riesame hanno valore esecutivo ed il Rappresentante della Direzione ne garantisce il soddisfacimento secondo la pianificazione richiesta

□

Prof. Claudio Zottola  
41'07"

- Gestione delle Risorse
- Realizzazione del Prodotto (Sez.1)

## GESTIONE DELLE RISORSE

Si intendono come RISORSE:

- Quelle umane ed intellettuali
- Quelle tecniche ed economiche
- Asset ed investimenti
- Tutto ciò che è assimilabile a “patrimonio” e “valore” aziendale

Le Risorse sono funzionali

- Al mantenimento ed al miglioramento del SGQ (Sistema Gestione Qualità)
- Alla soddisfazione del Cliente ed ai suoi requisiti (l'obiettivo principale da cui deriva dalla norma ISO 9001 è quello di rendere sempre soddisfatti i clienti in funzione di quello che richiedono all'azienda)
- Al rispetto delle norme e delle leggi Gestione delle Risorse
- Le Risorse sono sia interne che esterne
- Quelle interne riguardano tipicamente la componente “produttiva” dell'azienda, inclusi gli stakeholders decisionali
- Le risorse esterne seguono le stesse prescrizioni di quelle interne

Le risorse dell'azienda sono sia interne che esterne, umane e non. Le risorse esterne devono soggiacere alle stesse caratteristiche di quelle interne, quindi il controllo qualità, ovvero certificazione di qualità; inoltre si tratta di considerare quella parte di processo come input e output come una parte del processo interno soprattutto in ambito produttivo.

La parte decisionale dell'azienda fa parte delle risorse, spesso l'azienda si misura nel modo e nell'efficienza con cui riesce a prendere le proprie decisioni in maniera veloce ed efficace.

Quello che effettivamente richiede la norma non ha valenza burocratica, ma è esattamente il contrario.

## REALIZZAZIONE DEL PRODOTTO

### Definizione di Prodotto

- Una soluzione tecnologica  
oppure
- Insieme di contenuti, informazioni  
oppure
- Un servizio  
oppure
- Un set documentale  
oppure
- Una qualsiasi combinazione di essi

### Definizione di Cliente

- Colui (interno o esterno all'azienda) che impegna l'Organizzazione per la realizzazione di una Capability

### Capability vs Prodotto

Ciò che l'Azienda (e per questo corso) è un Prodotto, per il Cliente è un Valore, rappresentato non solo dalle caratteristiche tecniche ed economiche, ma da ciò che per lui è funzionale ai propri bisogni e per i quali l'Azienda è chiamata a dimostrare le proprie capacità a soddisfare.

**Questo è un concetto chiave che orienta l'azienda al prodotto e di conseguenza al cliente.**

Una Capability è una capacità di dimostrare di essere all'altezza. Il prodotto deve riflettere le aspettative del cliente, la capacità dell'azienda di soddisfare i bisogni è un valore essenziale per fidelizzare il cliente, ma anche per instaurare una relazione a lungo termine che è l'essenza di base di un business.

### Realizzazione del Prodotto

- Tramite componenti prodotti internamente
- Tramite componenti interni ed esterni integrati
- Tramite la creazione di asset tecnici e commerciali
- Tramite servizi, piattaforme, componenti intangibili
- Tramite valore aggiunto, percepibile distintamente dal Cliente
- . . .

Una azienda product oriented significa che pone i propri Prodotti al centro del modello di business e dei processi.

Il tipo e la Qualità del Prodotto determina l'immagine, il posizionamento, gli obiettivi, i processi e l'organizzazione.

## Esempi

Product oriented:

- Industria automobili
- Telefonia

Non product oriented:

- Industria navi
- Installazione impianti

L'adeguatezza dei processi al Prodotto è un asset essenziale per una azienda.

Da qui deriva l'importanza della Qualità per la realizzazione del Prodotto.

La domanda di mercato odierna richiede l'applicazione di standard qualitativi analoghi tra Prodotti e Servizi.

## Elementi chiave nella realizzazione del prodotto

1. Pianificazione
2. Identificazione dei Requisiti *trattati nella lezione*
3. Riesame dei Requisiti *trattati nella lezione*
4. Progettazione e Sviluppo
5. Riesame della P&S
6. Acquisto componenti *trattati nella lezione*
7. Produzione *trattati nella lezione*
8. Fornitura del Servizio
9. Controllo apparecchiature
10. Verifica strumenti di misura
11. Riesame prestazioni del Prodotto
12. Progettazione e realizzazione dei miglioramenti

## Identificazione dei Requisiti

I requisiti sono sia espliciti (contratto) che impliciti (leggi, aspettative, contesto). Vanno quasi sempre derivati, ovvero riferiti al contesto reale di utilizzo e di evoluzione. Nei requisiti vanno considerati anche quelli di carattere economico (price to cost).

Il Prodotto deve essere testabile ed accettabile dal Cliente secondo evidenze oggettive.

È molto importante l'analisi dei requisiti che rappresentano l'elemento da cui deriva tutta la catena produttiva.

## Riesame dei requisiti

Il riesame deve essere un momento di confronto tra tutti gli stakeholders di processo. I requisiti devono essere approvati dal Cliente o, in assenza, da chi lo rappresenta.

## Problemi tipici nella Gestione dei Requisiti

Spesso è il Cliente stesso a non avere ancora chiari i requisiti di Prodotto. Per i servizi, l'intangibilità obbliga a definire uno SLA (Service Level Agreement), un livello di servizio, spesso insufficiente a soddisfare il Cliente.

## Acquisti

- Gli acquisti esterni sono equiparati alle componenti interne, ma il processo viene delegato al fornitore, di beni, ma anche di servizi
- Definizione delle specifiche, ovvero quello che ci si aspetta dal fornitore
- Controllo in ingresso, sia dei servizi che delle componenti del prodotto
- Gestione dei dati e delle informazioni

## Problemi tipici negli Acquisti

- Certificazione del fornitore
- Gestione Logistica, tracciamento tra ciclo passivo e attivo
- Specifiche e conformità
- Gestione e Controllo del fornitore

## Produzione

La produzione è HW, SW e di assemblaggio, per quanto riguarda beni tangibili.

I processi e le strutture produttive devono garantire la massima efficienza ai fini della competitività industriale, questo comporta investimenti.

I processi produttivi richiedono una costante misurazione e analisi.  
Il miglioramento di essi, di norma, richiede investimenti, meno per la produzione di servizi.

### Problemi tipici nella Produzione

- Integrazione tra le strutture ICT a supporto
- Identificazione degli standard produttivi
- Identificazione e tracciamento (Gestione della Configurazione)
- Analisi competitiva (vs Clienti e competitor)

Un elemento che caratterizza l'inefficienza è data dal fatto che le strutture ICT non sono a supporto del processo ma sono a supporto dell'organizzazione per cui l'integrazione fra le informazioni insite in ogni sistema risulta essere complessa.

Quindi la disponibilità e la prontezza di una informazione aggregata che aiuta a gestire il processo in tutte le fasi fino alla erogazione del prodotto o del servizio è rallentata da una forma "burocratica".



Prof. Claudio Zottola  
41'59"

- I Requisiti della norma ISO 9001 Parte 3: Realizzazione del Prodotto (Sez.2)
- Misurazione, analisi e miglioramento

... REALIZZAZIONE DEL PRODOTTO

### Fornitura del Servizio

- progettato e prodotto secondo processi controllati, come fosse un prodotto
- soggetto a pianificazione, controllo, e misura della qualità del servizio
- cura della proprietà del Cliente
- cura di ciò "oggetto" del servizio e degli strumenti di misurazione delle sue prestazioni
- mantenimento conformità dei requisiti; requisiti espliciti ed impliciti, i primi, ad esempio, derivanti da un contratto, i secondi, ad esempio, dalle leggi vigenti

### Problemi tipici della Fornitura del servizio

- processi afferenti alla Logistica
- misurazione della conformità del Prodotto/Servizio

L'intangibilità della prestazione richiede specifiche misurazioni (Customer Survey, sondaggi).

### Riesame delle Prestazioni

- periodicamente i KPI (Key Performance Indicator) misurati nel ciclo di vita del Prodotto vengono analizzati ed elaborati
- tale verifica va sempre rapportata all'impiego effettivo di risorse
- i riesami rappresentano sempre momenti di crescita collettiva, anche se apparentemente sembrano inutili. Comunque sia, li prevede la norma.
- i riesami rappresentano il driver principale per minimizzare i costi di Non Qualità, che sono costi aggiuntivi non previsti che derivano dal fatto di non aver lavorato secondo la direttiva aziendale per rispettare requisiti di Qualità, ovvero non aver lavorato secondo il Sistema di Gestione della Qualità

## Problemi tipici del Riesame delle Prestazioni

- disponibilità degli stakeholders
- qualità degli indicatori misurati fino a quel momento
- capacità di gestione e flessibilità delle decisioni

## Miglioramenti (capitolo 8 della norma)

- qualsiasi organizzazione deve continuamente cercare di migliorarsi
- i key driver sono il monitoraggio e la misura dei processi e delle prestazioni dei Prodotti; il miglioramento non solo è richiesto ma deve essere portato avanti secondo un processo strutturato
- individuazione degli obiettivi
- individuazione dei KPI
- correlazione tra i KPI
- modellizzazione e sintesi



## MISURAZIONE ANALISI E MIGLIORAMENTO

### Un confronto continuo

Ciascuna Azienda è chiamata ad un confronto continuo con il mercato e la sua evoluzione. Una azienda per crescere deve confrontarsi con il mondo esterno per capire dove si trova e dove vuole andare. Per fare questo è necessario fare un'analisi e una ricerca delle opportune decisioni in maniera continuativa.

Lo scenario competitivo muta con rapidità, in linea con la globalizzazione dei mercati.

Il “market mix” definito da Clienti, tecnologia, geografia e servizi assegna percentuali variabili a seconda del contesto reale di applicazione.

L'abbattimento dei costi richiede una sempre maggiore standardizzazione.

In tale contesto anche la Qualità si adegua, fornendo gli opportuni strumenti necessari a facilitare la decisione.

L'orientamento al Cliente ed al Prodotto sono driver imprescindibili per mantenere una adeguata competitività.

## Sistema di Governo

Esso si avvale sempre di un sistema di misurazione, analisi e miglioramento basato su:

- Gli obiettivi dichiarati
- I risultati effettivi
- La “realtà” dei Clienti
- Le prestazioni dei processi

Nel sistema di governo, che è una forma di leadership, la qualità è un punto imprescindibile in quanto l'azienda ha, con un Servizio Gestione Qualità, deciso di dotarsi di un sistema di processi.

Aver aderito a questo tipo di impostazione impone all'azienda di misurarsi, effettuare delle analisi, creare un sistema che recepisca alcune necessità, con aspetti legati al mondo della qualità e alla soddisfazione del cliente, e con aspetti legati ad altri concetti, come ad esempio quello della sicurezza industriale. Tutto questo compone un sistema unico che è integrato nei processi.

Gli obiettivi dichiarati dal Sistema di Governo:

- Piani Industriali
- Piani Commerciali
- Piani Strategici
- Piani Operativi
- Piani di Qualità
- . . .

I risultati effettivi conseguiti dall'Azienda a partire dal Sistema di Governo

- Contabilità Industriale
- Rendicontazione ordini, ricavi e margini
- Utili, dividendi
- Qualità dei Prodotti
- Mantenimento costi, per garantire competitività e margini di guadagno
- . . .

## La “Realtà” dei Clienti

- survey di rilevazione qualità percepita
- reclami
- indice di fidelizzazione
- misura dell’Immagine Aziendale

## Le prestazioni dei Processi

- costi di Non Qualità
- scostamenti dalle pianificazioni
- livello di Standardizzazione
- KPI di sintesi delle prestazioni

## Il compito della Qualità

- individuare con il management gli obiettivi
- semplificare l’analisi attraverso la creazione di opportuni modelli
- Creare “automatismi” di correlazione tra dati e processi

□

Prof. Claudio Zottola  
41'00''

- La misurazione della Qualità: KPI, Key Performance Indicator
- Modellizzazione della misura, nell'ambito della qualità

### Orientamento al Cliente

- È conseguenza dell'orientamento al Prodotto di una Azienda
- Rappresenta valore e cultura aziendali
- È un asset per acquisire vantaggio competitivo

Orientamento al cliente deriva dal modo con cui l'azienda lavora, rientra nel patrimonio culturale aziendale quindi è un qualcosa che l'azienda deve imporre dal vertice e deve propagarsi a tutti i livelli dell'azienda.

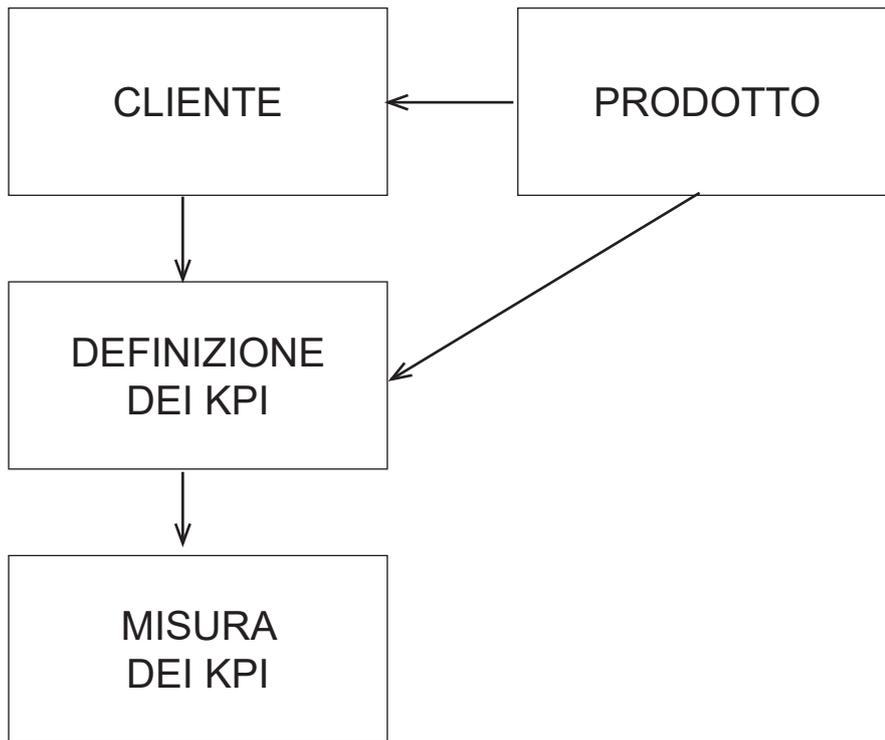
Questo è uno dei concetti chiave della qualità, derivanti anche da applicazione della norma ISO 9001, ma più in generale riguarda gli obiettivi aziendali rivolti all'accrescimento e alla competitività.

### LA MISURAZIONE DELLA QUALITÀ: KPI KEY PERFORMANCE INDICATOR

Di seguito alcuni concetti sulla misura della Qualità:

- La misura della Qualità richiede una continua verifica se ciò che si sta facendo è in linea con le aspettative esterne; l'esterno rappresenta il mercato, i clienti, i competitor, tutto ciò che è mondo esterno, la comunicazione, il mondo dei media.
- La misura della Qualità evita l'implosione aziendale; uno dei difetti maggiori di una azienda, quasi naturale, è quello di guardarsi più all'interno che guardare all'esterno, ovvero fare in modo che ciò che è tradizione aziendale, il modo di lavorare, prevalga sulle reali necessità e sulle aspettative del mercato.
- È un asset per acquisire vantaggio competitivo. La misura del livello di qualità che in qualche modo viene erogato dall'azienda stessa rappresenta uno dei cardini per acquisire vantaggio rispetto alla competitività.

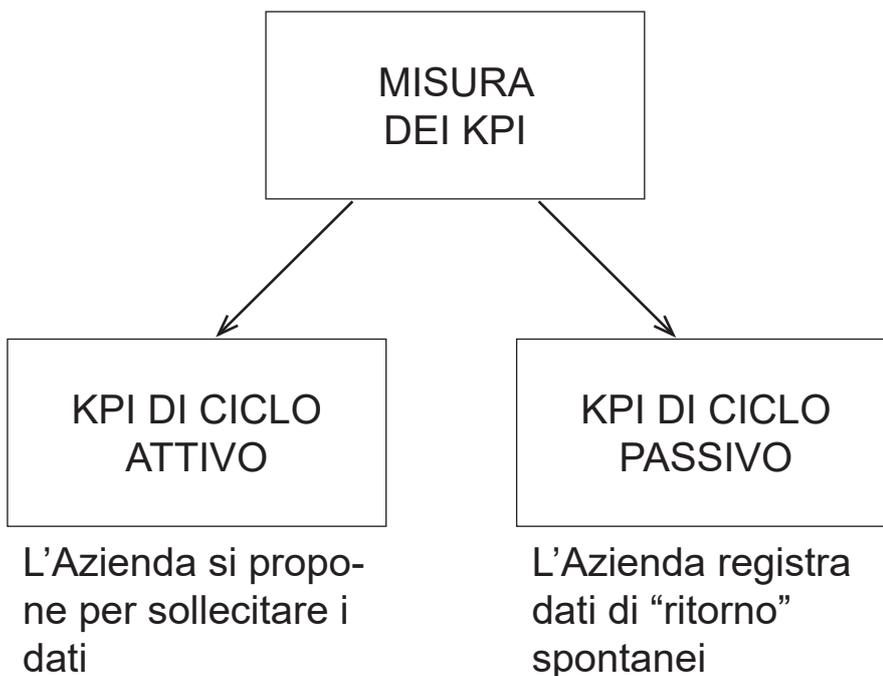
## Il Processo di riferimento



L'orientamento al prodotto genera l'orientamento al cliente. Mettendo il cliente al centro del processo di misurazione del livello della qualità, in qualche modo si avvia una analisi e una definizione degli indicatori necessari alla misura della qualità stessa.

Una volta definiti gli indicatori essi devono essere misurati, questa rappresenta una parte chiave del contesto. È ovvio che la definizione e la misura sono strettamente correlati.

## Definizione e misura KPI



Lo schema identifica una classificazione importante.

Nell'ambito della misura degli indicatori possiamo individuare due cicli di misura, indicatori di ciclo attivo e indicatori di ciclo passivo.

I primi riguardano delle indicazioni che l'azienda deve sollecitare verso l'esterno. I secondi riguardano dati che l'azienda si ritrova in maniera quasi spontanea dal mondo esterno, sia dai clienti,

sia dai competitor, sia dai media, dai mezzi di comunicazione.

### Esempi di strumenti

#### KPI DI CICLO ATTIVO

- Customer Survey
- Project Survey
- Product Survey

#### KPI DI CICLO PASSIVO

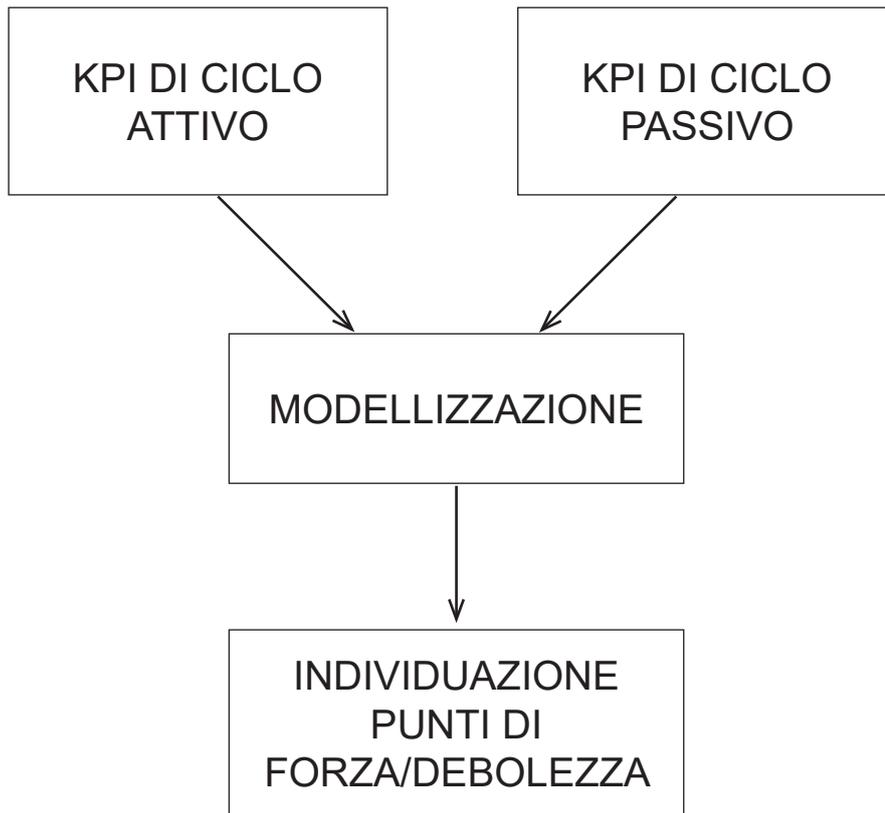
- Reclami
- Non Conformità
- Misure KPI interni

KPI di ciclo attivo: Il Customer Survey riguarda il sollecitare una risposta pilotata al cliente riguardo a ciò che viene regolato; Project Survey riguarda l'attività di verifica sull'attività di progetto; Product Survey riguarda la verifica se il prodotto finito soddisfa i requisiti iniziali.

KPI di ciclo passivo: I reclami sono elementi trasmessi dal cliente, essi richiedono analisi e verifica interna; la non conformità implica la mancanza del rispetto di un requisito; misure KPI interni sono relativi ai processi, sono una serie di attività che vengono misurate con riferimento ai processi che sono più attinenti alla soddisfazione del cliente.

In riferimento ai KPI di ciclo attivo e passivo, bisogna raggiungere una modellizzazione, come di seguito evidenziato.

## Il Processo di riferimento



In questa fase entra in gioco l'ingegneria gestionale, l'analisi e la stesura di un modello matematico che permette in maniera quasi automatizzata di ricavare elementi che permettono reazione di miglioramento a partire da una serie di informazioni sia di tipo attivo che di tipo passivo.

Tale modellizzazione ci permette di individuare alcuni punti di forza e di debolezza. I punti di forza sono elementi di riferimento sui quali l'azienda punta per impor-

si maggiormente sul mercato.

Quando vengono determinati punti di debolezza occorre intervenire, o a livello di processo, oppure, come spesso accade, a livello di organizzazione.



Una volta determinati i punti di forza e di debolezza si possono selezionare le aree di intervento, poi progettare i miglioramenti ed eseguirli.

Questa è una attività non banale in quanto interviene su come lavora l'Azienda.

L'intervento della qualità è essenziale in quanto aggiunge asettività di giudizio nell'ambito dell'organizzazione.

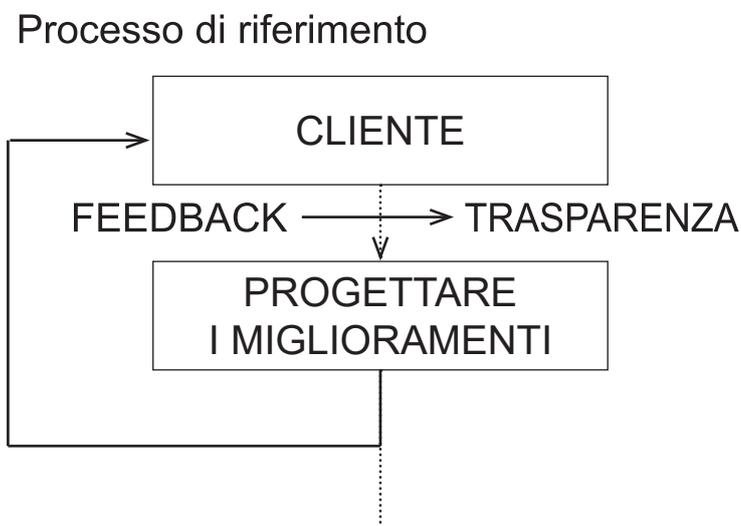
Ci sono alcuni elementi chiavi per far risultare efficiente questo tipo di processo.

## Elementi chiave

- Scegliere cases significativi per generalizzare gli interventi; non si possono fare analisi su tutte le attività aziendali, a meno che essa non sia mono prodotto o mono cliente
- Ciò che per l'Azienda è un Prodotto, per il Cliente è un asset, cioè è un qualcosa di più rispetto al prodotto che esce dalla produzione, perché è in grado di soddisfare una quantità di bisogni maggiore
- Immedesimarsi continuamente nelle esigenze del Cliente, che richiede uno sforzo da parte del management aziendale, che dovrebbe acquisire una relazione empatica con il cliente
- Prevenire tutto ciò che influenza la Qualità Percepita
- Eliminare tutto ciò che non è Percepito come valore
- Confrontare con ciò che l'Azienda ritiene il Cliente Percepisca

Questi ultimi tre punti riguardano la percezione del cliente come vista dall'Azienda.

Il processo di riferimento è dunque schematizzabile come segue.



Compare un elemento fondamentale da dare ai clienti, il cosiddetto feedback.

Dare feedback è l'elemento essenziale per dare visibilità al cliente che l'azienda si sta comportando nel migliore dei modi per andare incontro alle esigenze del cliente.

Il concetto di trasparenza è un elemento chiave per assicurare una relazione duratura nel tempo che permette una fidelizzazione del cliente.

## Differenze di rilevazione

- Rilevazione Qualità Percepita → KPI di Ciclo Attivo
- Rilevazione Soddisfazione del Cliente → Ciclo Attivo + Ciclo Passivo

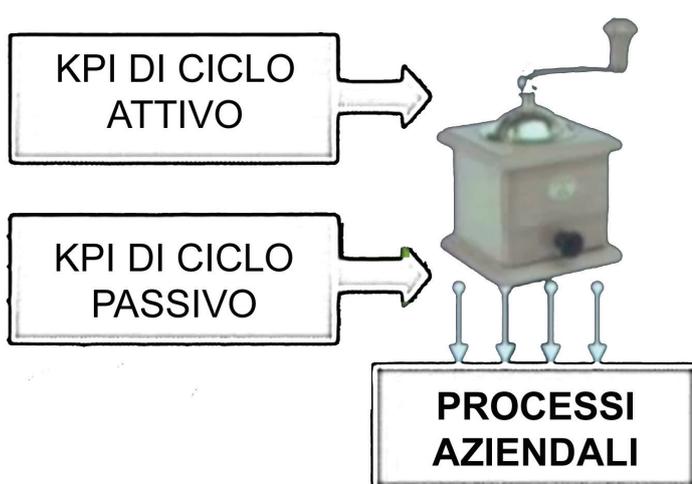
Questo significa che un'azienda può andare ad ascoltare un cliente pilotando una survey di ciclo attivo per andare a verificare il livello di qualità percepita, ma questo non è sufficiente per individuare il livello di soddisfazione del cliente perché per fare questo occorre creare un modello che correli indicatori di ciclo attivo con quelli di ciclo passivo in maniera efficace ed efficiente. Lo scopo è quello di individuare non tanti ma alcuni indicatori chiave che permettano di monitorare con continuità e con efficienza la soddisfazione del cliente e quindi di avviare al meglio le attività di miglioramento. Si tratta dunque di adottare il modello migliore possibile.

## Il Modello migliore

La correlazione tra KPI attivi e passivi viene fatta attraverso un modello analitico, essenza dell'Ingegneria Gestionale. Il risultato è rappresentato attraverso KPI che collegano i risultati ai processi interni.

Il modello che viene creato dal punto di vista analitico deve individuare in maniera univoca i processi che necessitano di un miglioramento e devono essere individuati anche le modalità con cui i processi devono essere modificati o migliorati.

## Obiettivo del Modello



A fronte di una moltitudine di dati, escono degli indicatori puntuali, che permettono la modifica dei processi che hanno bisogno di miglioramento.

Vediamo più in dettaglio la modellizzazione della misura.

## MODELLIZZAZIONE DELLA MISURA

### Obiettivo

Individuare e calcolare un set significativo di KPI che evidenzino i miglioramenti di processo e di Prodotto da realizzare per accrescere la Customer Satisfaction ed il vantaggio competitivo.

Il modello serve a prendere una serie di dati che vengono dal ciclo produttivo, dal circo commerciale, dai processi, eccetera, ed estrarne alcuni indicatori di sintesi che necessitano di analisi e ci permettono di puntare ad azioni di miglioramento mirate.

### Correlazioni tra KPI

#### KPI ATTIVI

- Immagine
- Comunicazione
- Prodotto
- Puntualità
- Innovazione

#### KPI PASSIVI

- Costi interni
- Rapporto
- Processi
- Fornitori
- Competenze

I modelli sono sempre specifici.

In sostanza il modello di cui deve dotarsi di un'azienda non può essere derivato da altre aziende, perché ogni azienda ha una sua specificità, sulle regole, i suoi processi, un suo obiettivo, ha un certo tipo di prodotto, un suo orientamento del cliente.

Il calcolo di ciascun KPI viene effettuato attraverso un sub-modello.

Il processo di correlazione inizia dall'individuazione dei processi che determinano la soddisfazione del Cliente.

Per ciascuno di tali processi si individuano i relativi Indicatori.

Per ciascuno di tali Indicatori si individua il modello analitico e i dati ad essi necessari per il calcolo.

## Esempio di modello

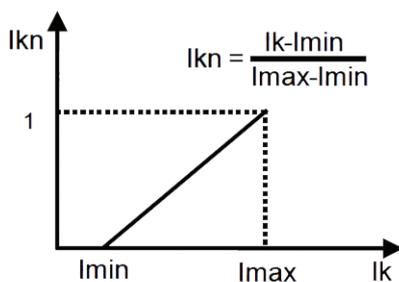
Indicatore  $I_{tot} = f(I_1, \dots, I_k, \dots, I_n)$  (funzione generale)  
 $I_i = KPI_i$

Introduzione pesi  $P_1, P_2, \dots, P_n$ : (introduzione di "importanza")

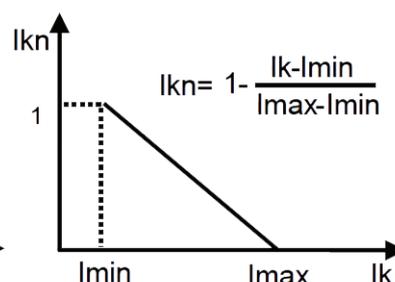
$$I_{tot} = \frac{I_1 * P_1 + I_2 * P_2 + \dots + I_n * P_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n}$$

(l'indicatore finale può essere una media pesata, il peso è determinato dall'azienda sulla base dell'importanza assegnata ad un indicatore)

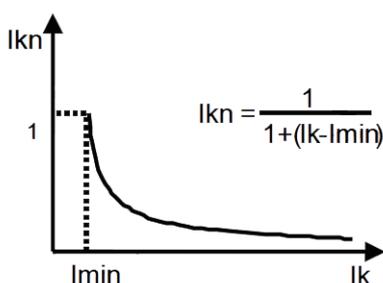
## Normalizzazione dei KPI



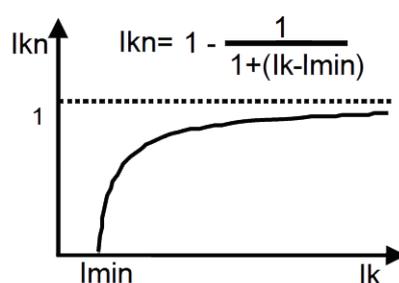
**KPI ottimale**  
= 1



**KPI ottimale**  
= 0



**KPI ottimale**  
= 1



**KPI ottimale**  
= 0

La normalizzazione è un concetto chiave. A lato degli esempi.

Per ogni indicatore occorre determinare il suo valore relativo rispetto al processo generale.

Occorre rapportare un indicatore agli obiettivi aziendali.

Sono raffigurati esempi, in campo finito prima ed in campo non finito poi, in cui i valori ottimali degli indicatori sono in un caso 1 e nell'altro 0. Nel modello è necessario individuare anche questo tipo di normalizzazione in modo da avere delle misure oggettive all'obiettivo e non

rispetta valori assoluti che sono sempre riferiti a scale in qualche modo non misurabili oppure non confrontabili tra di loro.

È necessario identificare i parametri che determinano gli andamenti delle funzioni precedenti.

È necessario quindi rapportare il valore di  $I_i$ , ovvero ciascun indicatore, al

processo di riferimento ed agli altri processi, secondo ulteriori pesature.

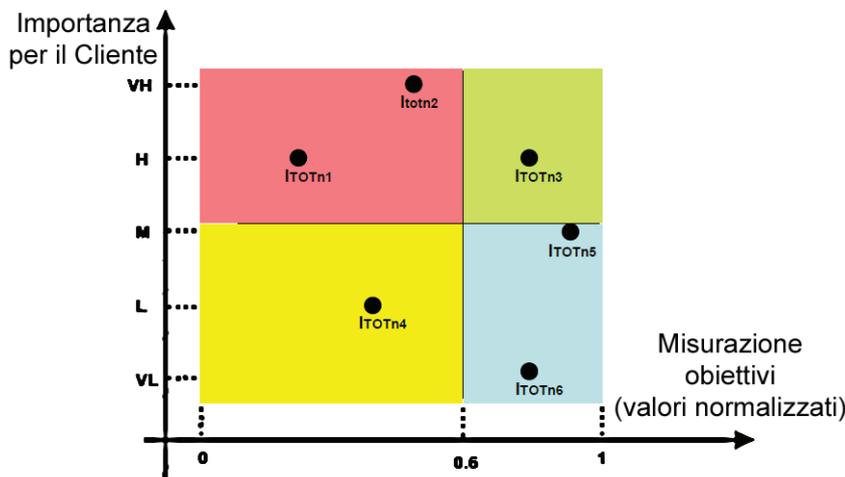
Abbiamo visto prima che un indicatore di sintesi è legato ad un aspetto di funzioni rispetto ad una serie di indicatori, ciascun indicatore potrebbe essere addirittura funzione di ulteriori modelli.

Ad esempio, se un processo produttivo viene misurato rispetto ai tempi di consegna ai clienti, in realtà questo processo deriva da ulteriori processi, ad esempio il processo di acquisto delle componenti. Quindi, nel momento in cui si va a misurare l'efficienza e l'efficacia del processo di consegna dei beni, non si può non tener conto dell'influenza che forniscono anche ulteriori processi che non sono di diretto impatto verso il processo finale, ma influenzano il risultato finale.

Il processo produttivo è quindi conseguenza di ulteriori processi ai quali dobbiamo dare opportuna importanza nella forma di un peso.

Di seguito un modo per indicare questo tipo di indicatori, in particolare una rappresentazione SWOT.

### Esempio di modello Rappresentazione SWOT



I pallini sono gli indicatori di sintesi globali e sono fonte di ulteriori indicatori.

Tali pallini sono posti secondo un piano per cui in ascissa c'è una misurazione degli obiettivi che va da 0 a 1, normalizzati nel modo visto, e in ordinata l'importanza per il cliente che deriva dalla misura dei valori degli indicatori di sintesi globali.



Per intervenire a livello del cliente occorre intervenire a livello di Customer Survey, quindi andare dal cliente e farsi dire quello che il cliente ritiene più importante dal punto di vista dell'analisi e della percezione della qualità.

Ci sono indicatori affini al ciclo passivo, ad esempio quelli che riguardano i reclami.

La lettura di tale rappresentazione consiste nell'avere punti che possono essere di valore

più un meno alto in funzione della misurazione obiettivi (in ascissa) e punti che possono essere di valore più o meno alto in funzione dell'importanza per il cliente: l'aggregazione di questi concetti comporta quattro zone del piano. Le zone colorate di giallo rappresentano una fase critica di misura, ma per il cliente hanno meno importanza. Gli indicatori nello spazio celeste ci permettono di capire che facciamo attività molto bene ma il cliente non ha particolare interesse su tali attività e questo potrebbe essere oggetto di un efficientamento interno. Questo perché potrebbe venir fuori che tale attività non è un driver di mercato. La parte verde è quella che dà meno problemi perché è quella che misuriamo ad un buon livello e per il cliente ha un valore di livello driver per quanto riguarda l'importanza e la qualità percepita.

La sintesi emessa da una funzione che riguarda la qualità in azienda dà notoriamente una mano significativa all'evoluzione del business e al mantenimento delle quote di mercato.

Prof. Claudio Zottola  
41'28"

- L'importanza competitiva del Servizio
- Esempio di modello di misurazione della Qualità del Servizio (Parte 1)

## L'IMPORTANZA COMPETITIVA DEL SERVIZIO

### Riepilogo concetti

- L'orientamento al Prodotto/Servizio genera l'orientamento al Mercato
- L'orientamento al Mercato genera l'orientamento al Cliente
- L'orientamento al Cliente genera vantaggio competitivo

I concetti esposti rappresentano una filiera di riferimento per quanto riguarda le aziende che vogliono competere in modo corretto secondo processi efficienti ed efficaci.

### Il Servizio

- Richiede una continua relazione con il Cliente
- È "intangibile", per cui requisiti, obiettivi e risultati sono difficili da quantificare
- Generalmente, richiede investimenti "a monte", ovvero occorre una organizzazione a livello di risorse e di infrastrutture

### Servizio o "al servizio"?

- La relazione con il Cliente genera fidelizzazione e fiducia reciproca
- Il servizio permette di servire il Cliente, creando una relazione continuativa

### Dove è il Valore competitivo del Prodotto?



Un'azienda che vende prodotti fornisce anche un servizio relativo a tali prodotti. È impensabile un prodotto senza un servizio se non in casi molto rari.

L'immagine a lato rappresenta due prodotti simili con servizi diversi.

## Oggetto di confronto e di Valore Aggiunto



Aumentano il Valore percepito e la soddisfazione del Cliente

L'oggetto di confronto e di valore aggiunto non è legato all'aspetto tecnologico ma è legato ai servizi. Quindi i servizi aumentano il valore percepito e la soddisfazione del cliente.

Oggi come oggi il servizio minimo richiesto è quello della garanzia.

Il modo con cui servizi vengono erogati determina un innalzamento o meno della qualità percepita del prodotto stesso.

Si può anche affermare che il prodotto è il servizio stesso.

Tutto quello che accresce il valore del prodotto o che accresce la qualità percepita del prodotto è discriminante di competitività industriale.

Per fare ciò cosa serve?

- Una azienda che abbia obiettivi comuni, che lavori in maniera integrata con efficacia ed efficienza; si parla in sostanza di aziende orientate al cliente e al mercato, con una implementazione univoca, al proprio interno, delle direttive del management; che, lavorando in modo integrato, non abbia inefficienze di processo; che elimini tutto ciò che non è fonte di valore aggiunto verso il cliente ovvero che non introduca burocrazia nei processi interni
- Che guardi fuori e non dentro; guardare ciò che serve l'azienda e non avere una visione personalistica del management
- Che ammetta di doversi sempre confrontare e migliorare

Il miglioramento

Il miglioramento serve sempre.

- Se si hanno Prodotti/Servizi esclusivi serve per aumentare la profittabilità
- Se si è leader di mercato bisogna prevenire "attacchi" dei competitor che puntualmente avverranno
- Se si deve "rincorrere" serve per raggiungere adeguati livelli di competitività

In ogni caso, per migliorarsi occorre, prima, misurare, analizzare, capire ed agire.

Questo è il programma tipico di una attività di analisi e di misura che permette di posizionarsi sul mercato a livelli richiesti.

## ESEMPIO DI MODELLO DI MISURAZIONE DELLA QUALITÀ DEL SERVIZIO (Parte 1)

Perché è difficile misurare il Servizio?

- Il Servizio si produce mentre ne si fruisce
- La valutazione del Cliente si basa anche su aspetti non direttamente riconducibili al Servizio stesso; il Cliente si aspetta sempre una certa qualità nel servizio, la qualità attesa e questa è una variabile soggettiva introdotta dal fruitore del servizio;
- Si deve confrontare la “visione” del Cliente rispetto a ciò che è contrattualizzato; il Service Level Agreement è il contratto del servizio con il cliente e serve per misurare le prestazioni fornite dal servizio, ma, in realtà, l’attesa del cliente sulla prestazione esula, ovvero può contenere qualcosa in più, rispetto a quello che asetticamente è inserito in un agreement di tipo servizio
- La misura della qualità è riconducibile alla valutazione soggettiva del Cliente

Obiettivo della misura del servizio

- Andare incontro alle esigenze del Cliente perché:
  - Ha sempre le proprie ragioni, ha delle aspettative
  - Va mantenuto il rapporto di fiducia nel tempo

## Il Modello SERVQUAL

RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO: “Servire Qualità” di Zeithaml Valarie A., Parasuraman A., Berry Leonard L.- McGraw-Hill - ISBN: 8838608717

- È uno dei più diffusi ed è chiamato anche “modello dei 5 gap”
- Consente di confrontare le percezioni interne all’organizzazione con le aspettative del cliente

Il modello prevede e permette di andare a sondare in una maniera “pilotata” come il cliente abbia percepito il servizio erogato. Questo permette anche di fare un confronto interno. L’aspetto predominante in questo contesto è come l’azienda si pone rispetto alle aspettative di mercato quindi tutto ciò che è legato ad un miglioramento deve partire dall’azienda, non deve partire da fuori; quello che parte da fuori è un elemento importante ma è quello che poi dovrebbe guidare il processo di miglioramento interno che deve essere anche oggetto di feedback, ovvero oggetto di ritorno verso il cliente per dimostrarli che l’azienda si sta ponendo degli obiettivi di miglioramento sensibile a fronte delle necessità poste dal cliente stesso.

Il modello SERVQUAL individua alcune dimensioni della qualità del servizio.

### DIMENSIONI DELLA QUALITÀ DEL SERVIZIO

1. TANGIBILITÀ, aspetti legati a ciò che si tocca
2. AFFIDABILITÀ, senso di sicurezza fornito
3. CAPACITÀ/REATTIVITÀ, per ovviare a problematiche
4. COMPETENZA, di ogni tipo, tecniche, economiche, commerciali, ecc.
5. CORTESIA, il modo in cui ci si relaziona con il cliente
6. CREDIBILITÀ, non promettere nulla che non possa essere soddisfatto
7. SICUREZZA, salvezza del rapporto, affinché sia continuativo
8. ACCESSO, il modo con cui si comunica
9. COMUNICAZIONE, la qualità delle comunicazioni
10. COMPrensione DEI BISOGNI, l’azienda capisce le ragioni del cliente

## I GAP

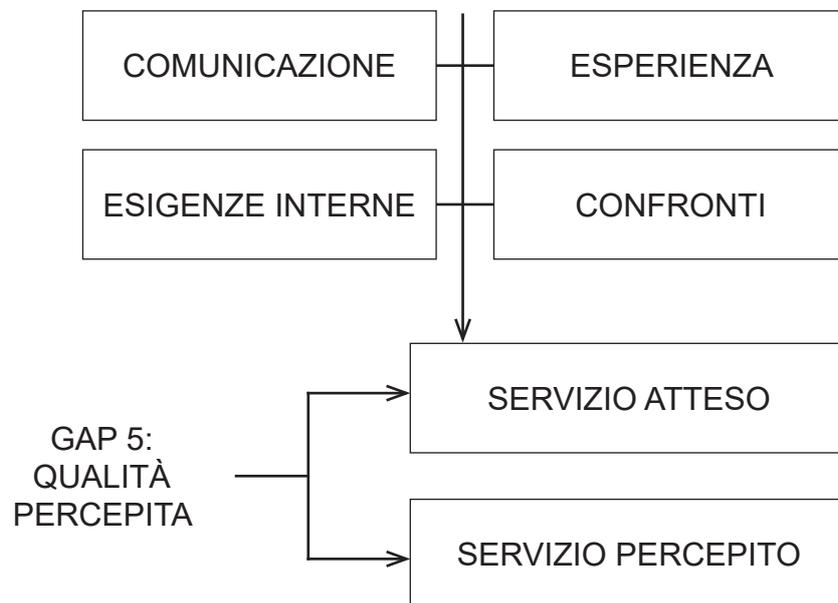
I GAP sono 5 e di vario tipo.

Lo schema generale è complesso ed è stato suddiviso in pezzi per ragioni di chiarezza.

### GAP 5: QUALITÀ PERCEPITA

Il servizio atteso è un concetto molto importante e riguarda la qualità del servizio che il cliente si aspetta. Contrapposto al servizio atteso c'è il servizio percepito, che è la percezione risultante al cliente del servizio offerto. Il servizio atteso deriva da una serie di input che il cliente riceve, ad esempio dalla comunicazione, dalla propria esperienza, dalle esigenze interne ovvero a cosa è finalizzato il servizio, dai confronti che vanno dal collega al manager piuttosto che al mercato e ad aziende simili.

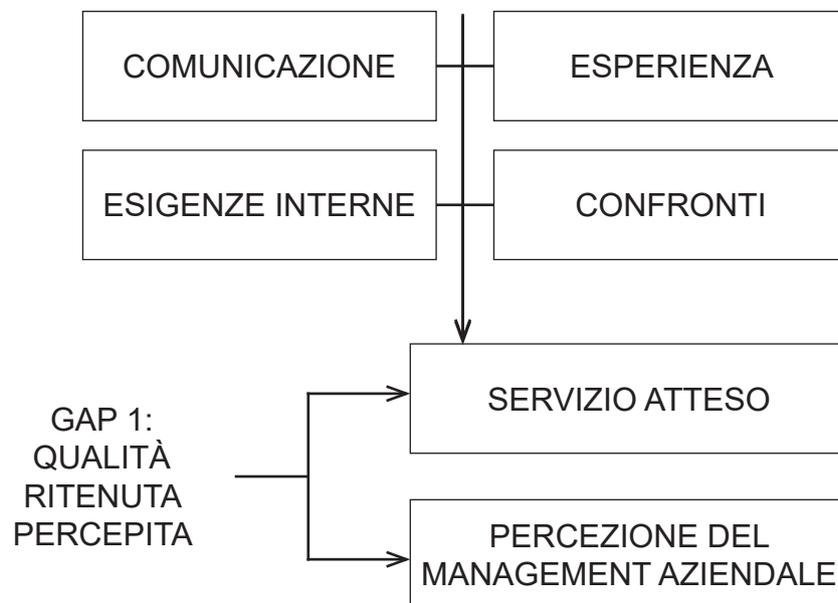
Viene quindi individuata una per il cliente che viene confrontata con quanto è percepito. La risultante è il cosiddetto GAP 5 che è relativo alla qualità percepita, ovvero la differenza tra il servizio percepito e quello atteso. Il nome verrà spiegato più avanti.



## GAP 1: QUALITÀ RITENUTA PERCEPITA

Il GAP 1 è la qualità ritenuta percepita dal management dell'azienda.

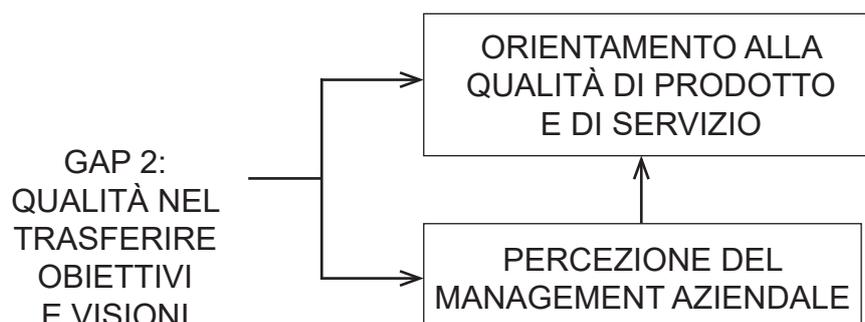
In qualche modo l'azienda si pone nel ruolo del cliente aspettandosi, sulla base di quello che l'azienda stessa sta erogando, un certo tipo di qualità percepita. Il GAP esiste tra ciò che nella realtà si attende il cliente e quello che l'azienda percepisce immedesimandosi nel cliente.



## GAP 2: QUALITÀ NEL TRASFERIRE OBIETTIVI E VISIONI

Il GAP 2 deriva dalla differenza che esiste tra la percezione del management aziendale della qualità percepita (io azienda dico che quel cliente percepisce quel tipo di qualità) e l'orientamento alla qualità del prodotto e di servizio come credo sia percepito dal cliente.

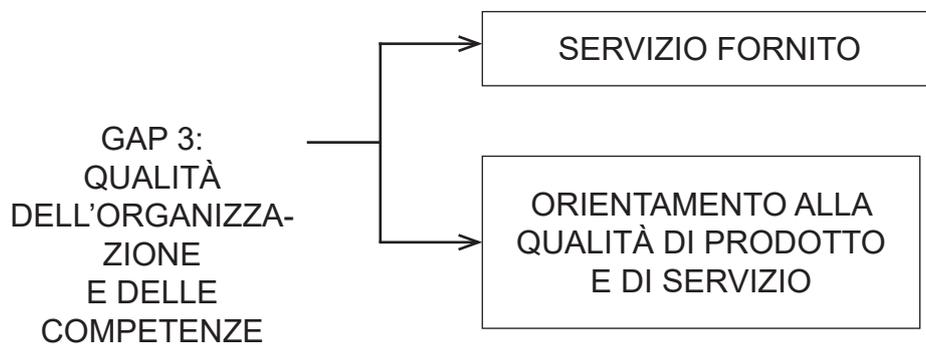
Questo GAP misura quanto è l'obiettivo aziendale nel trasferire e nell'impostare l'azienda un certo modo rispetto a quello che è poi nella realtà il percepito dall'azienda stessa in riferimento all'orientamento del cliente.



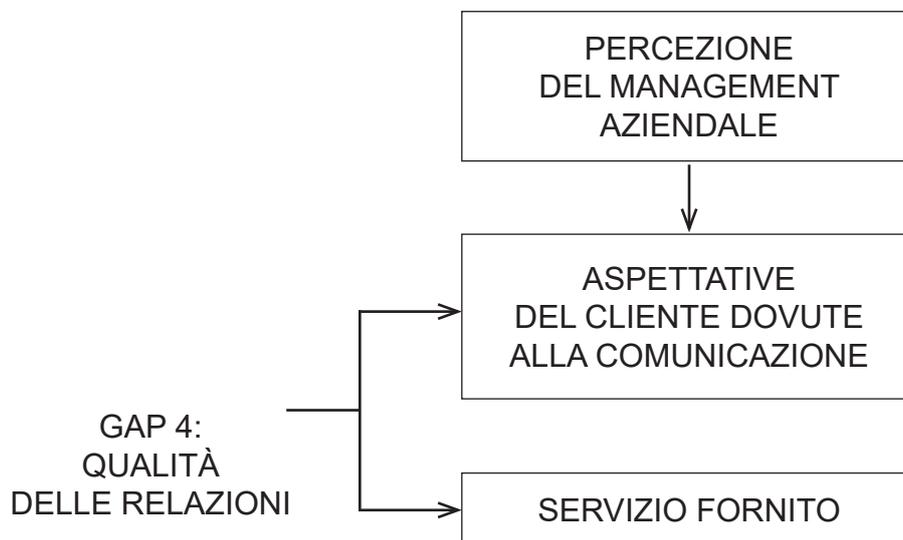
### GAP 3: QUALITÀ DELL'ORGANIZZAZIONE E DELLE COMPETENZE

È un GAP prettamente tecnico. Nel momento in cui l'azienda, a partire dal management, si è orientata alla qualità del prodotto di servizio, comincia ad erogare il servizio stesso. Il servizio viene erogato ad un livello di qualità che sicuramente, rispetto a quello che è il proprio orientamento, potrebbe avere delle differenze e quindi un GAP, ovvero in qualche modo una lacuna.

Questo GAP, in SERVQUAL, misura la qualità dell'organizzazione e delle competenze ovvero come l'azienda si sia organizzata, non dal punto di vista dei processi ma dal punto di vista organizzativo, e se abbia le opportune competenze. Il GAP 3 misura il modo in cui l'azienda lavora rispetto a ciò che dovrebbe fare in base alla vision del management.



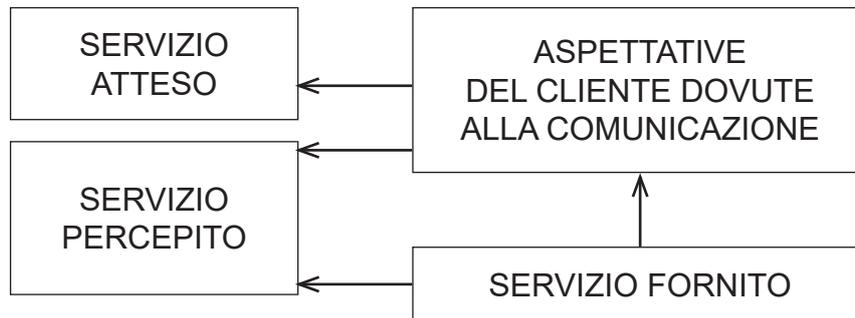
### GAP 4: QUALITÀ DELLE RELAZIONI



Il GAP 4 misura la differenza tra il servizio fornito e le aspettative del cliente dovute alla comunicazione, cioè alla serie di imposte pervenuti dal mondo della comunicazione, nella sua accezione più ampia possibile, diretta oppure indiretta (giornali, manifestazioni, eventi, il sentire in giro). Il management aziendale orienta in qualche modo le aspettative del cliente. Il problema nasce dal momento in cui le aspettative sono disattese.

## I GAP: CHIUSURA DEL LOOP

Esiste dunque un GAP tra il servizio atteso, che ha ulteriori input, e il servizio percepito.



## IN SINTESI

GAP 5 = GAP 1 - GAP 2 - GAP 3 - GAP 4

OVVERO

LA QUALITÀ ATTESA PUÒ COINCIDERE CON QUELLA PERCEPITA SOLO SE, IN SINTESI:

- Il management è empatico, riesce a soddisfare i bisogni del cliente
- L'azienda è customer oriented, a tutti i livelli dell'azienda stessa, piuttosto che essere product oriented
- L'organizzazione e le competenze sono adeguate, altrimenti c'è una lacuna, subito percepita dal cliente; le competenze non devono essere millantate; la competenza e l'organizzazione sono fattori chiave, da associare all'aspetto della comunicazione
- La comunicazione e le relazioni sono basate sulla fiducia reciproca

Creare aspettative che non vengono confermate dalla qualità del prodotto del servizio sono assolutamente controproducenti. In un mercato globalizzato e competitivo come quello di oggi veramente questo è l'aspetto chiave da evitare, a tutti i livelli, a partire dall'amministratore delegato, sia internamente che esternamente, sia dagli spot pubblicitari agli eventi collettivi ai quali viene comunque associata una comunicazione.

Tutto deve essere orientato a garantire un rapporto di fiducia reciproca, mai contraddire ciò che è stato promesso in maniera evidente. Se ciò è necessario occorre dimostrare al cliente che il cambio di alcuni processi è stato fatto per far fronte ad una esigenza specifica. In questo caso la reazione e la trasparenza dell'azienda stessa potranno fare in modo di recuperare.

Il modo poco trasparente di operare, creare aspettative verso niente è un

fattore critico che determina quasi automaticamente un insuccesso da parte dell'azienda.

□

Prof. Claudio Zottola  
41'18"

- Esempio di modello di misurazione della Qualità del Servizio (Parte 2)
- La maturità dei Processi

## ESEMPIO DI MODELLO DI MISURAZIONE DELLA QUALITÀ DEL SERVIZIO (Parte 2)

### RIEPILOGO SERVQUAL

$$\text{GAP 5} = \text{GAP1} - \text{GAP2} - \text{GAP3} - \text{GAP4}$$

I GAP sottintendono i seguenti concetti chiave, i casi per cui la qualità attesa dal cliente è pari a quella percepita:

- Il management è empatico
- L'azienda è customer oriented
- L'organizzazione e le competenze sono adeguate
- La comunicazione e le relazioni sono basate sulla fiducia reciproca

Lo strumento per rilevare i GAP

È un questionario.

- La compilazione di uno specifico questionario da parte del cliente permette di effettuare l'analisi SERVQUAL
- È necessario riprendere le dimensioni del servizio e semplificarle

Il modello SERVQUAL affida la modellizzazione e la capacità di analisi a una serie di dimensioni che sintetizzano gli elementi chiave per i quali il cliente percepisce un certo livello di qualità del servizio.

Tali dimensioni sono 10. Affinché esse possono essere gestite in maniera più semplificata da parte dell'analista esse vengono razionalizzate, vediamo come.

## Dimensioni della qualità del servizio

1. Tangibilità
2. Affidabilità
3. Capacità/reattività

- |                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"><li>4. Competenza</li><li>5. Cortesia</li><li>6. Credibilità</li><li>7. Sicurezza</li></ol> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

4. Assurance

- |                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"><li>8. Accesso</li><li>9. Comunicazione</li><li>10. Comprensione dei bisogni</li></ol> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

5. Empatia

Le dimensioni dalla 4 alla 7 vengono sintetizzate in una unica dimensione detta Assurance, che sottintende una assicurazione, anche nell'accezione di rassicurazione, del cliente. Tutte le risorse dell'azienda, a partire dal management fino a qualsiasi altro dipendente dell'azienda, hanno il compito di assicurare e di rassicurare continuamente il cliente attraverso una serie di attività, anche non strettamente legate al progetto stesso ma legate alle competenze di relazione, di comunicazione.

Le dimensioni dalla 8 alla 10 vengono sintetizzate nella "Empatia". Empatia significa la capacità di entrare in continua sintonia con il cliente, non soltanto per risolvere problemi. L'empatia è anche la capacità da parte del fornitore di capire e soddisfare i bisogni del cliente.

## Il Questionario (servqual)

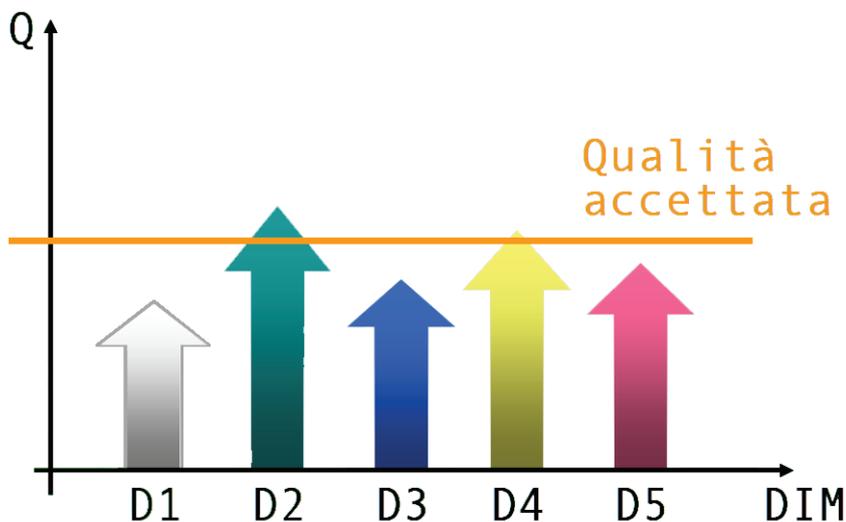
- È composto da 22 domande
- Le domande sono raggruppate per "dimensione"; 5 sezioni, che non hanno un carattere specificatamente applicato al prodotto / servizio, ma hanno una valenza più di carattere generale; questo perché l'obiettivo del servqual non è tanto misurare il contesto specifico ma andare a rilevare informazioni necessarie al miglioramento aziendale e da questo si ricavano due benefici: primo quello sul prodotto/servizio specifico, secondo quello del miglioramento di tutta l'azienda
- Deve "pilotare" un confronto da parte del cliente tra qualità attesa e percepita, nei modi più appropriati al modello analitico

## Il Questionario

- è tipico di ciascuna azienda poichè deve facilitare l'individuazione dei processi da correggere
- Deve consentire la correlazione con i KPI di ciclo passivo
- Deve indirizzare i miglioramenti necessari

Nei KPI di ciclo attivo l'azienda sollecita una risposta da parte dei clienti. Quelli di ciclo passivo sono misurati per mezzo di misuratori di processo interni, oppure reclami, oppure non conformità.

## Sintesi dei risultati



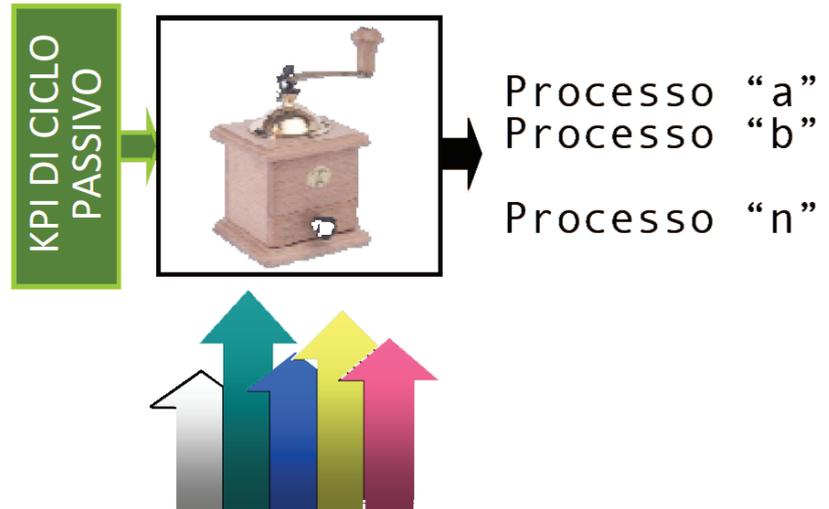
Nel grafico è riportato il livello di Qualità (Q), percepita dal cliente, per ogni domanda del questionario, D1 fa riferimento, ad esempio, alla tangibilità, D2 all'affidabilità, ecc.

L'asticella è la qualità accettata dal cliente. Sotto di essa il cliente si ritiene non soddisfatto di quanto l'azienda gli ha erogato fino a

quel momento.

Una volta stabilita la qualità accettata dal cliente, la compilazione delle domande da parte del cliente permette all'analista di ricavare un valore che può essere sopra o sotto il valore della qualità accettata dal cliente, che non è a conoscenza del modello ma è a conoscenza soltanto delle domande alle quali fornisce delle risposte, peraltro in maniera molto asettica, secondo una scala che è di norma a cinque oppure a sette livelli, in cui il livello massimo può rappresentare, ad esempio, la massima soddisfazione.

Il raggruppamento dei dati messi in una relazione di KPI di tipo passivo vengono inseriti all'interno di un modello (il macinino), che ha dei dati in input, li mescola e genera un altro punto relativo all'obiettivo.



L'obiettivo è quello di avere dei valori analitici che ci permettono di correlare i risultati ai processi aziendali. Si tratta di una cosa importante e anche molto complessa da realizzare perché comporta una conoscenza di tutte le interazioni tra le componenti aziendali e questo comporta di andare a definire degli indicatori di sintesi, ad esempio Processo "a". Ci si riferisce ad essi nel momento in cui c'è l'output del modello che deriva dalle attività di process improvement (questionario) e di rilevazione della customer satisfaction (KPI di tipo passivo).

Nel momento in cui si pianifica un tipo di attività del genere la fase partente è quella della definizione degli indicatori di sintesi, Processo "a", "b", ecc., ovvero dal modello dei processi, andando ad individuare le aree in cui l'azienda risulta più sensibile alle attività di miglioramento. Una volta definiti questi dobbiamo andare a ritroso per fare in modo che a tali indicatori si possa arrivare attraverso un modello alimentato da opportuni dati.

Questo rende l'idea della serie di attività interne che devono essere portati avanti per ottenere l'obiettivo desiderato.

Il miglioramento dei processi comporta quindi una analisi di customer satisfaction.

- Il servqual fornisce una valutazione soggettiva, per cui è necessario campionare opportunamente i clienti; è il cliente stesso che si autodefinisce un livello di qualità percepita
- Il servqual permette di effettuare una survey, ma non è sufficiente per misurare la customer satisfaction, Infatti la customer satisfaction si riferisce a KPI di tipo passivo e a KPI di tipo attivo
- Il modello deve essere in grado di "puntare" ai processi da migliorare
- È un elemento chiave di process improvement e, in certi casi, anche dell'organizzazione qualora il processo ne benefici (es. apertura succursali)

# LA MATURITÀ DEI PROCESSI

## Maturità di un Processo

- Identifica il livello di Governabilità di un Processo (o di un insieme di essi) da parte dell'Organizzazione
- L'Azienda "virtuosa" tende ad innalzare tale livello con continuità

Il governo rappresenta l'azienda e soprattutto quanto il management è in grado di controllare e gestire i processi interni. Questo è importante perché più è alto il livello di governabilità e. È possibile innalzarne l'efficienza e l'efficacia.

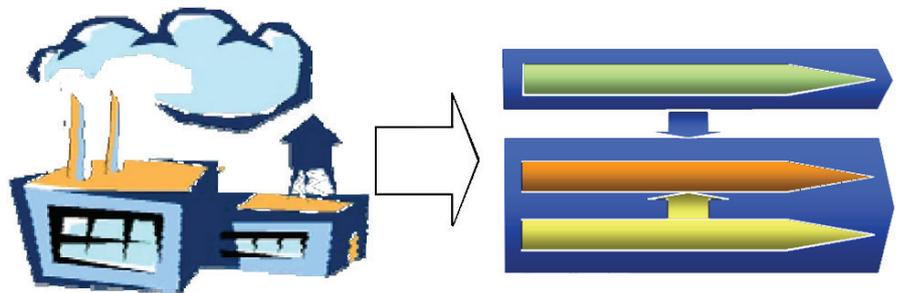
## Un Sistema complesso

- L'Azienda è un sistema molto complesso chiamato continuamente a generare valore; l'organizzazione è composta da soggetti, con i suoi pregi e difetti
- Il governo di tale sistema è possibile solo se opportunamente modellato, per andare incontro ai tre fattori fondamentali del sistema: il mercato, l'organizzazione, i prodotti

## Un Sistema complesso



Quindi l'azienda è un sistema complesso e per rappresentarlo in maniera appropriata ci rifacciamo al modello dei processi, di cui viene rappresentata una visione tipica, a lato.



I processi principali sono quelli orientati al business aziendale, che afferiscono alla progettazione e all'erogazione del servizio, piuttosto che la qualità, piuttosto che gli acquisti, piuttosto che la commercializzazione.

## Vista per Processi

Poi ci sono una serie di processi che normalmente sono di supporto alle precedenti e che sono i processi legati alle risorse umane, alla comunicazione, ai servizi di post vendita, all'ufficio legale, alla finanza, all'amministrazione, eccetera, oppure, se entriamo in un contesto di sistema integrato sono processi legati alla parte ambientale, alla sicurezza, alla sicurezza industriale.

Entrambe le classi di processi sono diretti dai processi strategici e organizzativi che forniscono, appunto, delle direttive di processo.

In questo contesto non stiamo parlando di organizzazione ma di processi, quindi di interazione di attività specificata attraverso un sistema di processi, per cui ci riferiamo ad una vista per processi. Le viste possono essere più di una.

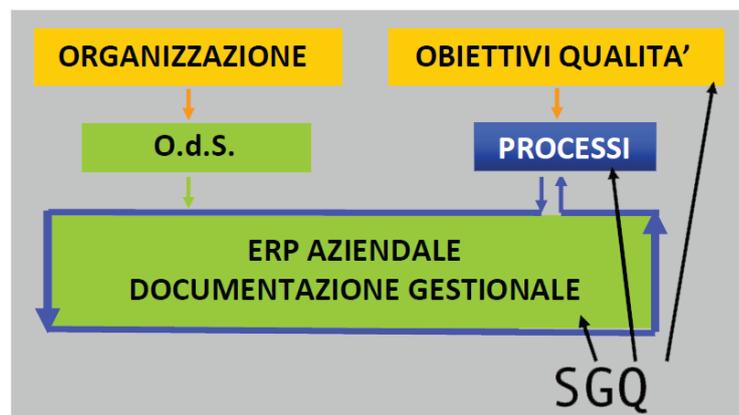
Si ricorda, a tale fine, la relazione tra qualità, processi e organizzazione.

## Qualità, Processi e Organizzazione

Una volta definito il modello di business, ovvero gli obiettivi di business, vengono definiti gli obiettivi di qualità (sintetizzati nel manuale di qualità) e da essi vengono definiti processi, che rappresenta la struttura portante del sistema di qualità aziendale. L'organizzazione, del resto, decidere il modo in cui implementare questi processi, fornendo normalmente una formalizzazione delle responsabilità attribuite alle persone attraverso gli ordini di servizi (O.d.S). Il tutto confluisce nella parte di gestione informatica e nella documentazione gestionale, ovvero nelle procedure, nelle risorse operative, ovvero nel modo in cui l'azienda operativamente si pone rispetto ai fattori elencati precedentemente.

È evidenziato quale sia l'insieme che va a formare il Sistema di Gestione della Qualità.

## Qualità, Processi e Organizzazione



## IN SINTESI

- I Processi rendono evidenti le “operazioni” con le quali l’organizzazione crea valore, l’organizzazione crea valore attraverso i processi
- L’Organizzazione detiene l’ownership transitoria dei Processi e decide come migliorarli, e se migliorarli; un’azienda virtuosa ha un management che tiene in particolare considerazione il discorso del miglioramento continuo

### Governo dei Processi

Se andiamo a vedere come l’azienda virtuosa in qualche modo gestisce in maniera transitoria e temporanea il sistema dei processi, essa va ad effettuare quello che possiamo definire governo dei processi, definirli e descriverli e renderli accessibili affinché vengano eseguiti correttamente. Quindi

- I Processi vanno definiti, descritti e resi accessibili affinché vengano eseguiti correttamente
- Per essere governato un Processo deve essere:
  - . Pianificato
  - . Eseguito
  - . Controllato
  - . Misurato
  - . Migliorato

Un’azienda governa i processi a seconda della qualità con cui esegue le cinque attività sopra elencate. La pianificazione dei processi è ovvia, come lo è l’esecuzione e il controllo. La misura e il miglioramento sono più complessi perché misurare un processo è complesso in quanto stiamo parlando di misure indirette; si va a misurare elementi sul punto di vista della tangibilità, del prodotto o della survey fatta ai clienti. Il miglioramento si riferisce ad un modello di misura e di analisi che ci permettono di andare ad individuare le azioni di miglioramento necessarie

- La capacità e l’”attenzione” (capability) con cui governare i Processi determina il grado di maturità degli stessi; maturi significa avere una serie di leve gestionali che mi permettono di innalzare continuamente l’efficacia e l’efficienza nei processi; questo è in parallelo ad un concetto di qualità chiave quale è quello delle risorse, perché non c’è dubbio che le competenze delle persone che lavorano all’interno dell’azienda rappresentano comunque un driver di vantaggio competitivo; i processi possono essere perfetti, avere dei costi minimi per fare tutte le attività, ma se le risorse non sono in grado, dal punto di vista della progettazione, della realizzazione, dell’analisi, dei test, eccetera, allora il rischio è quello di creare un’impalcatura di attività che non sempre riflettono il modo giusto con cui l’azienda

si pone sul mercato; il primo requisito è avere le competenze giuste, poi fare prodotti di qualità, e poi effettuare analisi di miglioramento. Viceversa si rischia di girare intorno ad un problema e fare cose che non funzionano o per le quali il cliente non percepisce i requisiti attesi

- L'Organizzazione decide quale livello di maturità devono avere i Processi in accordo al valore atteso da essi; il livello di maturità deriva dagli obiettivi di business che l'azienda si pone
- Per essere certi della maturità raggiunta dai processi bisogna affidarsi a programmi strutturati di process improvement, in grado di ricavare le evidenze che certifichino il livello di capability raggiunto; questo rispetto a standard di riferimento, conosciuti da aziende specializzate o da personale interno, referenti della Qualità aziendale, opportunamente formati
- Tale certificazione porta in generale benefici interni (efficientamenti) ed esterni (vantaggio competitivo)
- L'analisi di intervento assume comunque un ruolo cruciale per la buona riuscita del programma

Per avviare un programma di process improvement e raggiungere un certo livello di maturità è indispensabile avviare un'analisi iniziale che deve dimostrare il livello in cui ci troviamo e dal quale partire per avviare tutte le attività necessarie per il raggiungimento del livello di maturità richiesto.

Prof. Claudio Zottola  
43'14"

- Sistemi Integrati di Gestione per la Qualità
- La maturità dei Sistemi di Gestione
- Esempio di modello di maturità: CMMI

## SISTEMI INTEGRATI DI GESTIONE PER LA QUALITÀ

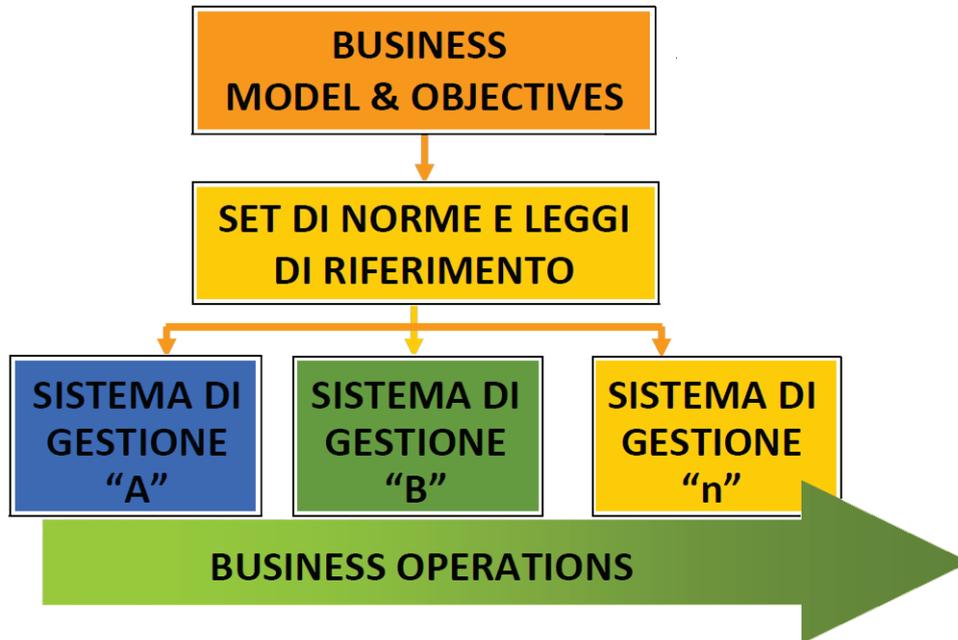
L'approccio "classico"



- Si definisce il Modello e gli obiettivi di Business
- Si definiscono gli obiettivi per la Qualità
- Si definiscono i Processi, intesi come Modello di Business di riferimento
- Si "opera" secondo esso
- I Processi devono essere adeguati agli obiettivi per la Qualità, in accordo al Modello di Business
- Il Sistema Gestione della Qualità è descritto attraverso il Manuale Qualità, definendone struttura ed organizzazione

## L'approccio "evoluto"

Tipico delle grosse aziende. In questo caso gli obiettivi di business non generano più soltanto il sistema di gestione della qualità, ma in qualche modo indirizzano l'individuazione delle norme delle leggi di riferimento.



- La complessità delle variabili "esterne" complica la modalità di modellizzazione
- Il Sistema di Gestione diviene un Sistema di Governo, che integra più Sistemi di Gestione specialistici
- Ciascun Sistema di Gestione presenta strutture, organizzazioni e responsabilità (anche) diverse all'interno dell'Organizzazione

## Il ruolo della Qualità

- Tutti i Sistemi di Gestione operano per garantire il raggiungimento di obiettivi condivisi aventi vision e management comuni
- È indispensabile un "filo comune" che detti regole ed obiettivi univoci, esso è il ruolo della Qualità

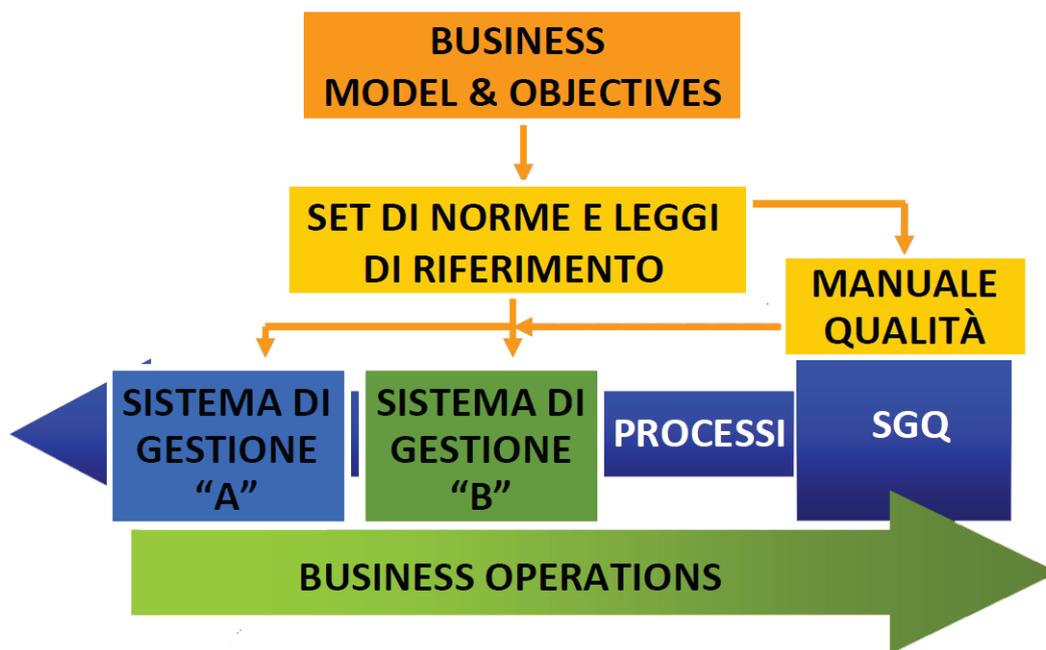
## Esempi di Sistemi di Gestione

- Sistema di sviluppo e tutela ambientale (ISO 14001)
- Sistemi di tutela dei lavoratori (Dlgs. 81, OHSAS 18001)
- Sistema per la tutela della sicurezza dei dati (ISO 27001)
- Sistema di Gestione della Configurazione (ISO 10007 et al.)

- . Integra e controlla i processi della Supply Chain
- . Standardizza i processi produttivi e di servizio
- ...

## Il ruolo della Qualità

- Uno dei Sistemi di Gestione è sicuramente il SGQ
- Esso, a partire dalla norma ISO 9001, è il punto di partenza dal quale costruire il Sistema di Governo integrato nei processi



## Benefici

- Lo schema rappresenta un Sistema di Governo integrato nei Processi
- Il Sistema di Gestione Qualità mette a disposizione di tutti i SG le proprie prerogative di QUALITÀ, ovvero orientamento al business, orientamento al cliente, orientamento al prodotto, orientamento al mercato, competitività, efficienza ed efficacia
- Il Sistema di Governo è quindi automaticamente orientato al Business
- Ciascun Sistema di Gestione non risulta isolato dagli altri. In caso contrario, le attività dell'Azienda sarebbero descritte secondo "viste" diverse
- I Processi sono l'elemento di valorizzazione di ciascun Sistema di Gestione

Un Sistema di Gestione, purché indipendente, da solo non vive di nessun valore, non fornisce un valore ma soddisfa solamente i propri requisiti. Per

portare valore, ovvero per portare quegli elementi che necessita l'azienda per portare avanti i propri obiettivi di business, il Sistema di Gestione ha bisogno di essere integrato con tutti gli altri e questo viene fatto attraverso il sistema dei processi.

## LA MATURITÀ DEI SISTEMI DI GESTIONE

### Maturità di un Processo

- Identifica il livello di Governabilità di un Processo (o di un insieme di essi) da parte dell'Organizzazione

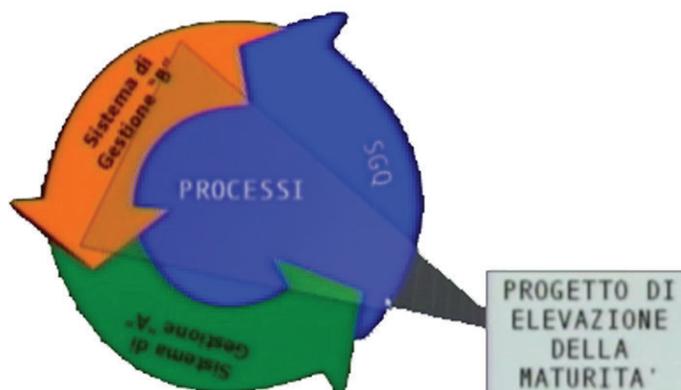
### Governabilità dell'Azienda

- La governabilità di un'Azienda da parte dell'Organizzazione è possibile solo se essa è opportunamente modellata attraverso un appropriato Sistema di Governo; il modello dell'azienda è univoco, il livello di governabilità è possibile solo se il sistema di processi è appropriato rispetto agli obiettivi di maturità ai quali l'azienda decide che i processi debbano rispondere
- La capability con cui governare i Processi determina il grado di maturità dei relativi Sistemi di Gestione

### Il ruolo "chiave"

Il ruolo chiave è esattamente quello dei processi.

Ai processi si applicano dei progetti di elevazione della maturità.



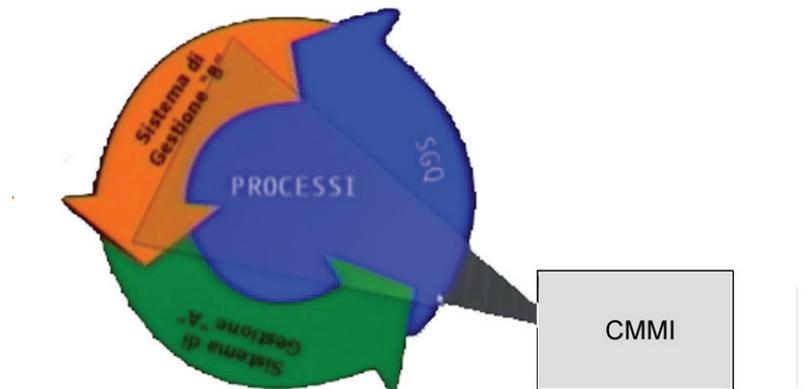
Quindi il ruolo chiave è:

- L'insieme dei processi deve consentire sia di mantenere e sviluppare gli obiettivi di Qualità, sia di integrare Sistemi di Gestione Standard differenti
- Il progetto di Process Improvement deve tener conto dei requisiti di tutti i Sistemi di Gestione, contemporaneamente essi riceveranno i benefici di competenza
- La progettazione dell'insieme dei Processi assume un ruolo chiave per impostare e predisporre correttamente le attività aziendali ad un miglioramento continuo, anche basato su modello di maturità

## ESEMPIO DI MODELLO DI MATURITÀ: CMMI

Il CMMI è una metodologia strutturata che permette di elevare il livello di maturità dei processi.

Il contesto



Da dove viene?

- Il Software Engineering Institute (SEI, [www.sei.cmu.edu](http://www.sei.cmu.edu)) è l'arterfice, insieme al DoD USA e ad altre aziende leader, della definizione e del consolidamento del modello
- Seppure concepito nell'ambito dello sviluppo SW, di tipo molto specialistico, è riconosciuto applicabile anche a tutti i contesti di prodotto/servizio

## Cosa significa?

- Capability
- Maturity
- Model (for)
- Integration (elemento chiave, l'integrazione dei processi)

ovvero, definisce quanto l'insieme dei Processi ...

- ... Sia adeguato agli obiettivi
- ... Sia governabile
- ... Sia modellizzato per consentire l'innalzamento della capability
- ... Sia elemento di integrazione tra attività e scopi diversi

## Certificazione

- Il CMMI consente ad un'azienda di "certificarsi" ad uno specifico livello di capability
- Gli Enti di "certificazione" (*appraisal*, che consiste in audit, valutazione e supporto al miglioramento da parte degli ispettori stessi) riconosciuti sono specifici e devono essere accreditati dal SEI
- La "certificazione" CMMI normalmente richiede investimenti significativi, di solito recuperati nel medio termine, grazie agli efficientamenti

## I livelli di Capability

- Il CMMI prevede 5 livelli certificabili:
  - . Liv. 1: Performed
  - . Liv. 2: Managed
  - . Liv. 3: Defined (livello chiave per salto di qualità dell'azienda)
  - . Liv. 4: Quantitatively Managed
  - . Liv. 5: Optimizing

## Le Process Area

Il CMMI prevede di raggruppare i processi in Process Area afferenti a 4 diverse categorie:

- Process management
- Project Management
- Product/Service engineering, establishment and delivery
- Support

## Il processo di “certificazione”

- Gli Enti di appraisal preposti effettuano una Gap Analysis
- Comunicano ciò che necessita intervento
- Richiedono le evidenze necessarie
- L'Organizzazione si impone un cambiamento interno
- Solitamente questo è un processo critico che può durare anche anni
- Quando l'Azienda si ritiene pronta, richiama l'Ente per sostenere l'audit di appraisal (chiamato SCAMPI) (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement)
- A certificazione acquisita, l'Azienda viene inserita in una lista di “meritevoli” sul sito web del SEI con il relativo livello di capability raggiunto

□

## ANALISI E STRUMENTI DI CAPABILITY

Si tratta degli strumenti qualitativi necessari per valutare determinati processi. Per gli strumenti quantitativi, le carte di controllo, sarà dedicata una opportuna una virtuale.

L'analisi e gli strumenti di capability determinano due indici, definiti con indici di capability, che sono l'indice Cp e l'indice Cpk.

Vedremo come utilizzare tali strumenti per riuscire ad identificare due cose fondamentali di un processo, cioè le cosiddette cause speciali e le cause comuni.

È necessario fare considerazioni di questo tipo perché nell'ambito di un processo fisico, di un processo produttivo, abbiamo in sostanza la necessità di capire se il processo stesso è in controllo, nel senso di controllo statistico, per cui saranno utilizzate le carte di controllo, ma abbiamo anche la necessità di capire se questo processo, che eventualmente è stato trovato in controllo, è in pratica capace. Cioè in pratica se le risposte di questo processo sono in qualche modo riconducibili a condizioni di cause speciali oppure a condizioni di cause comuni.

Una prima definizione piuttosto qualitativa per distinguere le cause speciali dalle cause comuni sarà dire che le cause speciali sono quelle legate a condizioni piuttosto particolari che possono affliggere un risultato di un processo produttivo, mentre le cause comuni sono quelle che interessano il processo produttivo nella sua interezza, la cui rimozione necessita una riprogettazione dell'intero processo produttivo.

Quindi le cause speciali sono riconducibili ad una maggiore semplicità operativa, mentre invece le cause comuni sono quelle più preoccupanti proprio perché interessano la revisione dell'intero processo produttivo.

L'analisi di capability utilizza quindi alcuni concetti fondamentali, il primo tra i quali è il concetto di tolleranza, cioè il concetto secondo il quale colui che ci ha commissionato un determinato prodotto ritiene che il prodotto debba rientrare in un intervallo; in altre parole, alcuni parametri di performance che caratterizzano il prodotto devono rientrare in un certo intervallo prestabilito e questo è definito tolleranza.

La tolleranza è dunque un dato di progetto. Tuttavia il prodotto viene realizzato attraverso un processo produttivo che può essere caratterizzato da criticità. Tali criticità possono determinare la mancata determinazione dei parametri di performance, che diventano variabili stocastiche. In pratica i parametri di performance del processo produttivo possono essere caratterizzati da una certa variabilità. Una variabilità secondo la quale i parametri di un prodotto sono non deterministici costituisce la cosiddetta variabilità naturale.

Un primo concetto fondamentale sta nel fatto che bisogna confrontare la variabilità naturale del processo con la tolleranza del prodotto. Dobbiamo quindi essere in grado di fare in modo che il prodotto altri parametri di performance che siano, anche se variabili, all'interno dell'intervallo di tolleranza. In questo modo diremo che il processo e quindi prodotto che ne consegue possono essere considerati accettabili e quindi non essere considerati, dualmente, scarti. Nel caso in cui non si verificasse questa condizione di appartenenza della variabilità naturale alla tolleranza avremo degli scarti.

Per fare questo ci avvaliamo di alcuni parametri, il primo dei quali è il parametro Cp, il parametro di Capability.

## **Il parametro Cp**

In prima approssimazione tale parametro è definito come il rapporto tra la tolleranza e la variabilità naturale.

$$Cp = \frac{\text{Tolleranza}}{\text{Var. Naturale}}$$

La tolleranza è l'intervallo di variabilità entro il quale le variabili di performance del prodotto si collocano. È l'intervallo nel quale posso accettare le

variabilità naturali delle performance del prodotto.

La tolleranza è definibile come la differenza degli estremi di intervallo di variabilità, in sostanza l'ampiezza dell'intervallo.

Ad esempio, se una piastra può avere uno spessore di 21 mm.  $\pm$  1 mm, allora la tolleranza è 2 mm.

Gli estremi dell'intervallo sono definiti USL (Upper Specification Limit) e LSL (Lower Specification Limit). Quindi, la tolleranza T è definita come

$$T = USL - LSL$$

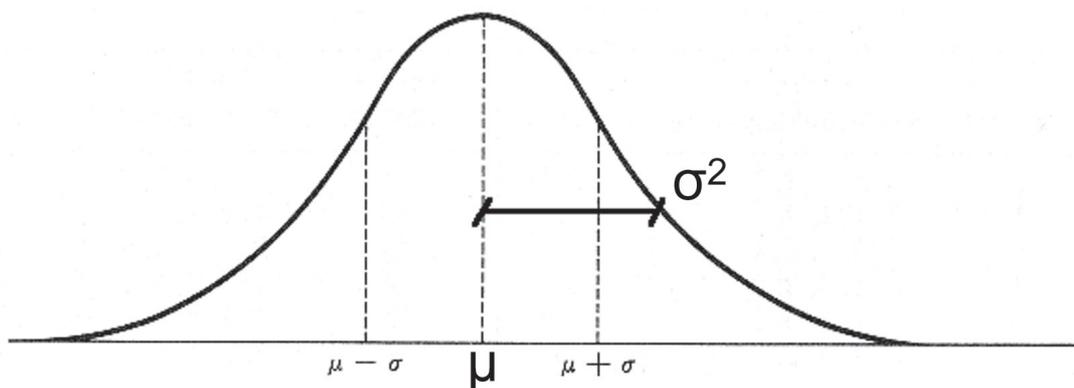
Si dice che il processo è in specifica se è all'interno dell'intervallo di tolleranza T.

Per ipotesi si suppone che la variabilità naturale sia definita attraverso una distribuzione di probabilità di tipo normale, con media  $\mu$  e varianza pari a  $\sigma^2$ , in pratica

$$\text{IPOTESI: VARIABILITÀ NATURALE} \sim N(\mu, \sigma^2)$$

La variazione dello spessore della piastra di esempio non è deterministica ma lo spessore varia in maniera stocastica seguendo una distribuzione di tipo normale di media  $\mu$  e di varianza  $\sigma^2$ .

La media, nella distribuzione di probabilità normale, rappresenta la centralità della distribuzione, la varianza rappresenta la dispersione dei dati rispetto alla media, dandoci una idea della forma della curva normale.



Nell'ipotesi di distribuzione di probabilità normale, possiamo affermare che la maggior parte dei dati della curva, pari al 99,73%, ricadono in un intervallo caratteristico definito come  $\pm 3\sigma$ .

Quindi l'ampiezza dell'intervallo è pari a  $6\sigma$ .

Le code contengono dati esterni all'intervallo.

Sarebbe opportuno confrontare la tolleranza con la variabilità naturale corrispondente al 99,73%, definendo quindi il parametro Cp come

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

avremmo una definizione abbastanza esatta del parametro Cp, di capability. Esso è stato dunque definito come il rapporto di due intervalli.

Se  $C_p < 1$  allora  $USL - LSL < 6\sigma$ ; in questo caso la variabilità naturale che riusciamo ad intercettare in riferimento al nostro fenomeno è più grande dell'intervallo di specifica dettato dal committente, quindi siamo in una condizione di inaccettabilità per cui siamo fuori specifica.

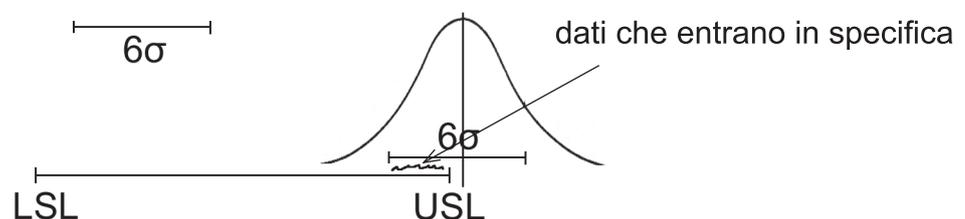
Quindi deve essere  $C_p > 1$ , quindi  $USL - LSL > 6\sigma$ ; l'intervallo ha un valore inferiore alla variabilità naturale, quindi la variabilità naturale rientra nella possibile variabilità accettata dal committente.

In realtà il valore più interessante è  $C_p = 2$  perché in questo caso avremo che  $USL - LSL = 2 \cdot 6\sigma = 12\sigma$  riuscendo a coprire un maggior intervallo di dati, pari al 99,99%, quasi la totalità dei dati. La condizione  $C_p = 2$  è la migliore possibile, ma rimane ideale.

Verosimilmente la condizione più vicina alla realtà è  $C_p = 1,33$ , che rappresenta il valore più frequente.

L'indice Cp fornisce l'informazione secondo la quale il modulo nell'intervallo di tolleranza è più elevato del modulo caratterizzante l'intervallo di variabilità naturale, ma non fornisce l'informazione della centratura del fenomeno.

Nell'esempio che segue, l'intervallo  $6\sigma$  è contenuto nell'intervallo di tolleranza  $USL - LSL$  numericamente, ma la curva di variabilità naturale è spostata



La curva di variabilità naturale è spostata rispetto all'intervallo tolleranza,  $USL - LSL$ . I dati che entrano in specifica sono pochi.

Questa è una condizione che non viene intercettata dall'indice Cp, che nell'esempio è maggiore di 1, quindi una condizione positiva.

Questa è una condizione per cui non sappiamo se il processo è inspecifica

o meno. A tale scopo abbiamo bisogno di un secondo parametro, definito come  $C_{pk}$ , che è un parametro di centratura..

### Parametro $C_{pk}$

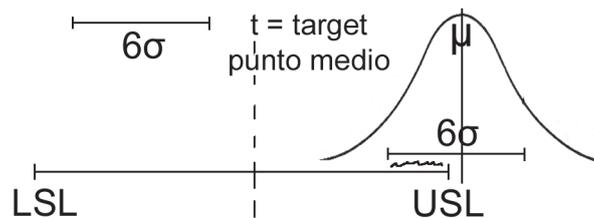
Il parametro  $C_{pk}$  definisce se il processo è centrato o meno, il parametro  $C_p$  definisce se il processo è in specifica o meno. Per definizione abbiamo

$$C_{pk} = C_p (1 - k)$$

in cui  $k$  rappresenta il confronto (per moduli) tra due intervalli. Ovvero

$$k = \frac{\mu - t}{\frac{1}{2} [USL - LSL]}$$

dove  $t$  è il target  
 $\mu$  è la media



I valori che può assumere  $k$  sono i seguenti:

$k = 0 \Rightarrow \mu - t = 0 \Rightarrow \mu = t$ , ovvero la media ed il target sono coincidenti; questa è la condizione più favorevole possibile. Quindi

se  $k = 0 \Rightarrow C_{pk} = C_p$

$k = 1 \Rightarrow \mu - t = 0,5 \cdot [USL - LSL]$ , ovvero la media è coincidente con uno dei due estremi di tolleranza, quindi avremmo metà curva all'interno dell'intervallo di tolleranza e metà curva all'esterno. Abbiamo che

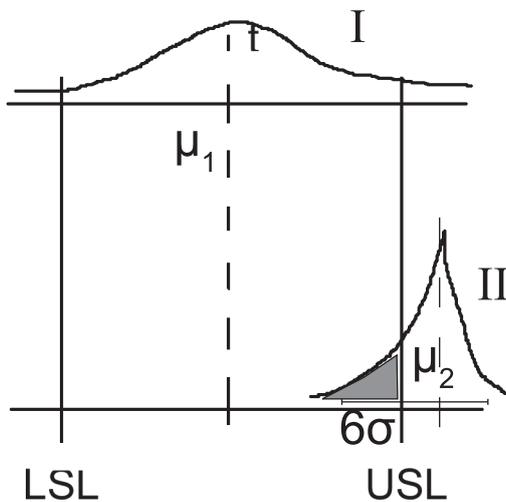
se  $k = 1 \Rightarrow C_{pk} = 0$ , che è una condizione non accettabile.

$k > 1 \Rightarrow$  lo spostamento della curva è oltre uno dei due limiti di tolleranza, anche questa è una condizione non accettabile.

Teoricamente la condizione migliore è dunque  $k = 0$ ; in questo caso  $C_{pk} = C_p$  e la condizione più interessante è tale per cui  $C_{pk} = C_p = 2$ , infatti in tale caso il processo è in specifica, e la variabilità è la più bassa possibile e la curva è piuttosto appuntita.

## Cause speciali e cause comuni

Per determinare le cause comuni le cause speciali attraverso l'uso di questi coefficienti si traccia uno schema come segue.



Nel primo caso, in alto, si evidenzia subito che la variabilità del primo processo è elevata e questo vuol dire che se ci volessimo avvalere del coefficiente  $C_p$ , potremmo dire che esso è sicuramente minore dell'unità, perché la variabilità naturale pari a  $6\sigma$  è superiore all'intervallo di tolleranza, pari a  $USL - LSL$ ; dal punto di vista dell'altro parametro, il  $C_{pk}$ , notiamo che esso è pari a 0, perché la media e la tolleranza sono sostanzialmente identiche; quindi  $C_{pk} = C_p$ , ma  $C_p$  non è pari a 2, ma è minore dell'unità per cui, per quanto riguarda il primo caso, si può dire che il processo rappresentato non è in specifica.

Nel secondo caso, considerando il valore di  $C_p$ , notiamo che esso è maggiore dell'unità perché l'intervallo pari a  $6\sigma$ , la variabilità naturale, è più piccolo dell'intervallo di tolleranza, pari a  $USL - LSL$ ; quindi la capability legata al parametro  $C_p$  ci porta a considerazioni positive, però il processo non è centrato, in quanto abbiamo uno spostamento (shift) della media  $\mu_2$  rispetto al target  $t$ , per cui i soli parametri che entrano in specifica sono soltanto quelli evidenziati, che risultano essere troppo pochi per poter considerare il processo, o il prodotto, come accettabile.

Se volessimo interfacciare i due diagrammi con i concetti di cause speciale e di cause comuni possiamo dire che nel primo caso abbiamo una condizione molto probabilmente affetta da causa comune, cioè il processo è completamente centrato, la media è uguale al target, però la variabilità del processo è molto elevata, la campana è larga, questo significa che abbiamo a che fare con una causa sostanzialmente comune; nel secondo caso abbiamo l'indicatore di una causa speciale, perché la sola condizione non conforme

è lo spostamento della media rispetto al target. Dal punto di vista dell'intervento siamo in grado di intervenire più sul secondo processo piuttosto che sul primo, a costi ridotti (parametro fondamentale), perché potremmo essere in grado, con degli accorgimenti piuttosto particolari, di riportare il processo in specifica.

Per portare in specifica il primo caso avremo necessità di una ristrutturazione, di una revisione, di una reingegnerizzazione del processo produttivo, a costi molto alti.

□

## STRUMENTI DELLA QUALITÀ: L'ALBERO DI ISHIKAWA o ALBERO A LISCA DI PESCE

Esso è uno strumento grafico, realizzabile per mezzo di strumenti software, tra cui minitab.

Chi costruisce l'albero a lisca di pesce? Siccome siamo interessati alla riduzione e alla eliminazione delle cause che possono essere considerate fondamentali nella realizzazione di un determinato effetto che può essere un effetto spiacevole di un processo o di un fenomeno, in generale, è ovvio che esso viene eseguito un po' da tutti i responsabili delle varie aree funzionali del fenomeno, o del processo.

Se pensiamo ad un processo produttivo, esso è un insieme di funzioni che possono essere legati da sequenze seriali oppure da sequenze parallele, possiamo differenziare i diversi sistemi produttivi; ciascuna area funzionale ha i propri responsabili, produzione, manutenzione, assemblaggio ecc.

Dunque la risposta alla domanda di chi esegue l'albero di Ishikawa, nel caso in cui si riscontri un effetto spiacevole sul processo produttivo, è che sono tutti i responsabili delle varie aree funzionali, ma anche tutti i conduttori, ovvero quelli che sono più diretto contatto con il processo, ovvero con la fase funzionale, ovvero con la fase processuale.

Ogni figura coinvolta è in grado di individuare, almeno potenzialmente, quali possano essere effettivamente le cause generatrici dell'effetto considerato.

L'albero di Ishikawa è dunque uno strumento grafico che permette di identificare, riunire e mostrare facilmente le cause possibili che hanno originato un problema, un effetto, o una certa caratteristica.

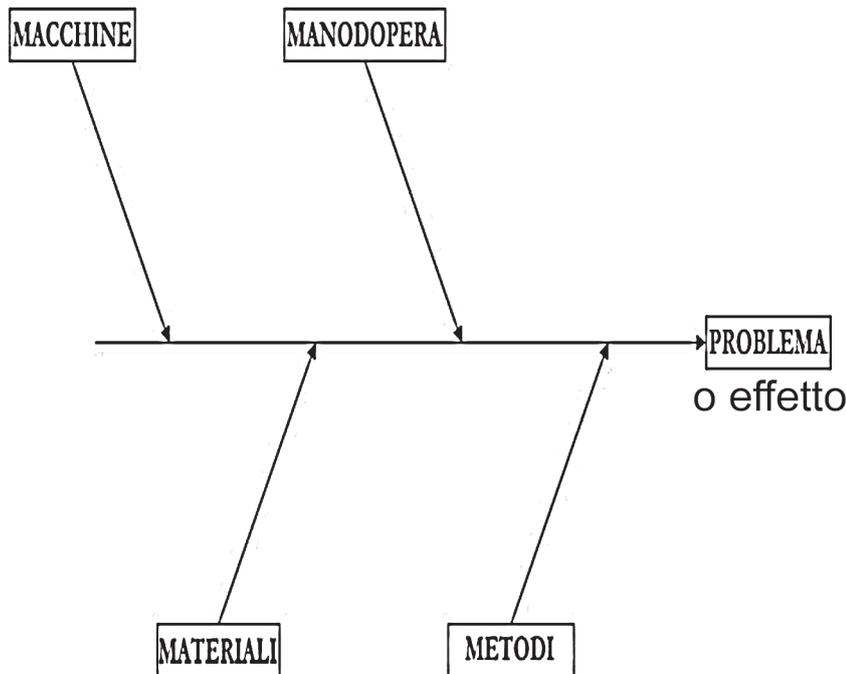
Viene disegnato per primo l'effetto, ovvero il problema, e la lisca centrale, in corrispondenza della quale si definiscono delle lisce derivate, inclinate verso la lisca centrale.

Da lisca centrale è la spina dorsale, quelle inclinate sono lisce originate

dalle varie problematiche tipiche di un processo produttivo.

In sostanza le problematiche di un processo produttivo possono essere ricondotte a quattro clusters fondamentali, quattro insiemi fondamentali: le macchine, la manodopera, i metodi e i materiali.

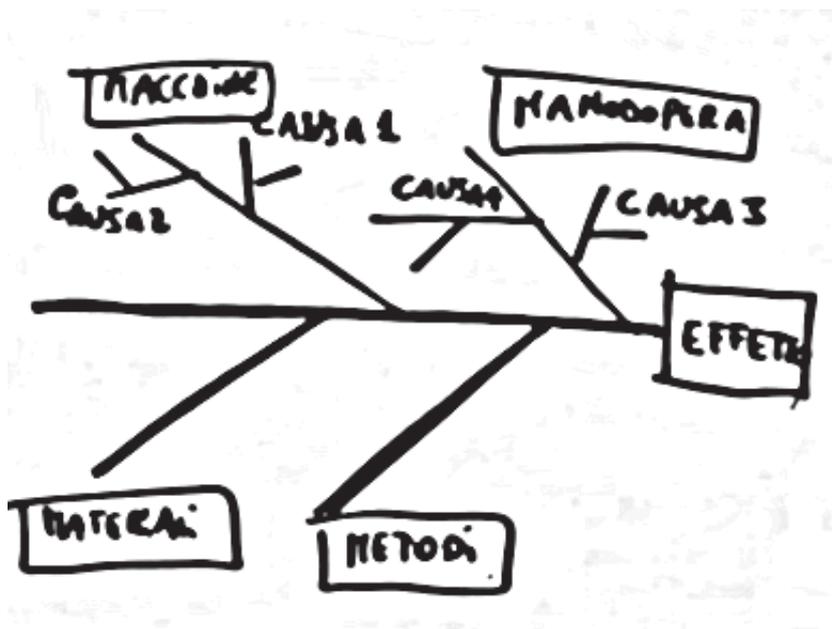
Ciascuna macro causa può essere ascritta a questi quattro insiemi, i cui responsabili sono chiamati a definire eventuali cause che hanno prodotto l'effetto indesiderato.



Quando si presenta l'EFFETTO si dà luogo a questa attività, ma con il tentativo di individuare, evidentemente, le cause principali che ci possano consentire di abbassare la probabilità che questo stesso effetto si riduca nel tempo; questo è in sostanza il processo che dobbiamo considerare.

Ogni responsabile dei quattro insiemi eseguirà una propria dichiaratoria, ovvero una propria considerazione relativamente a quali possano essere le cause verosimili che abbiano potuto l'effetto.

Si individuano dunque delle cause principali e quindi delle lische ulteriori. Qualche volta una causa principale può essere a sua volta considerata un effetto di una causa ulteriore, ovvero può essere considerata una causa scatenante di un effetto ulteriori e questo implica la possibilità di nuove diramazioni dell'albero.



Così facendo si riesce a clusterizzare le possibili cause dell'EFFETTO.

Tra le cause che sono stati determinati occorre capire quali possono essere quelle che hanno potenzialmente provocato l'effetto.

C'è inoltre la necessità di capire quali tra queste cause, che potenzialmente o realmente si sono verificate, si presentano con una probabilità elevata.

Si fa questo non per avere un intervento tipicamente qualitativo ed esaustivo, cioè del tipo "elenchiamo le cause", ma per associare ad esse una probabilità di accadimento che caratterizzano la potenzialità con cui esse si possono presentare nel tempo.

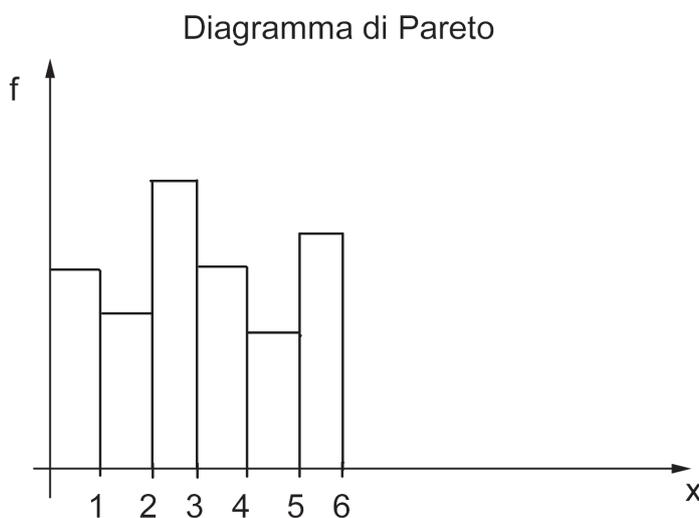
Dunque, dopo aver elencato in modo esaustivo le cause, si dovrebbe associare ad esse il cosiddetto diagramma di Pareto.

## DIAGRAMMA DI PARETO

È spesso definito anche diagramma 80/20 in virtù della cosiddetta regola 80/20, che è un regola generale, esportabile non solo nel campo dei processi produttivi, ma ad altri molti campi.

La regola dice che l'80% degli effetti è possibile solamente da un numero limitato di cause, in particolare il 20%.

Questo significa che se riusciamo ad individuare poche cause, al più il 20% delle cause totali, per le quali la probabilità di accadimento ricopre l'80%, siamo quindi in grado di determinare che queste poche cause possono essere considerate come cause radice. Eliminando queste cause abbiamo degli effetti benefici sull'effetto riscontrato.

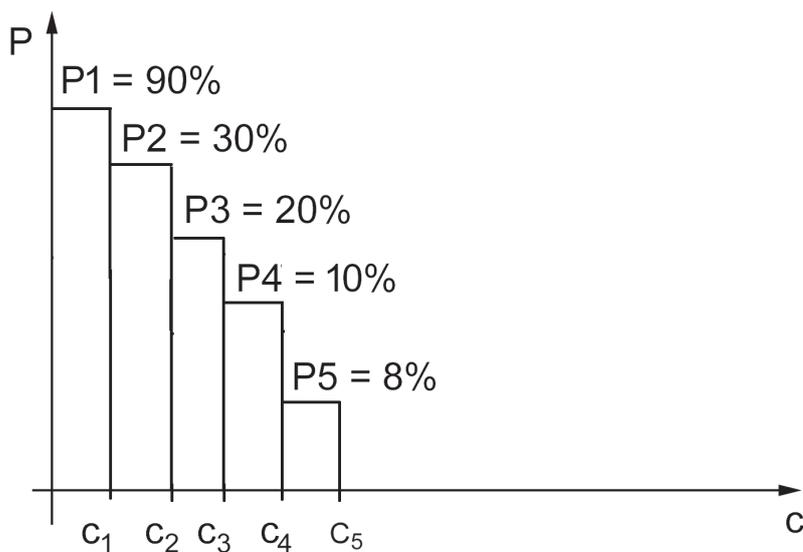


Il diagramma di Pareto è una specie di istogramma, un diagramma a barre in cui ci interessa capire la classe di variabilità di una certa grandezza, in ascissa. Si tratta di determinare qual è il numero di entità che rientra in ciascuna classe.

In tale diagramma i rettangolini sono rappresentati in maniera decrescente, con le cause poste in ascissa e con le probabilità in ordinata.

Avendo le probabilità relative di accadimento di ogni causa possibile, pos-

Diagramma di Pareto



so definire una specie di probabilità accumulata sommando tutte le probabilità relative di ciascuna causa.

Abbiamo dunque P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, le probabilità di 5 cause, che non è detto che appartengano alla stessa classe.

Quindi in sostanza sono emerse cinque cause, non sapendo però dove intervenire, ma avendo dunque l'obiettivo di ridurre per intervenire in ma-

niera efficace.

A fronte del diagramma di Pareto, si può applicare la relativa regola, effettuando una sorta di probabilità accumulata fino ad arrivare all'80%.

Sommando le probabilità si ottiene la funzione cumulata di probabilità a e b, ad esempio sommando P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> si ottiene il 70%, che è la funzione cumulata di probabilità 1 e 2. Sommando ad essa P<sub>3</sub> arrivo al 90% per cui mi posso fermare, dicendo che le cause C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> sono responsabili per più dell'80% dell'effetto considerato nel diagramma a lisca di pesce. Questo rappresenta un risultato.

Questo significa che risulta conveniente concentrarsi su tre cause invece di cinque in quanto la probabilità cumulata delle tre cause produce un valore non inferiore all'80%.

A questo punto ci soffermiamo sulle tre cause che, insieme si presentano con la maggiore frequenza.

Abbiamo quindi individuato le tre cause principali sulle quali concentrarsi con l'obiettivo di modificarle (per eliminazione o mitigazione) al fine di ridurre, o meglio, eliminare l'effetto.

Comunque sia, la variabilità dell'effetto si riduce, miglioramento della capability, con conseguente modifica alla rappresentazione della variabilità naturale, distribuzione di probabilità di tipo normale, che avrà una riduzione della dispersione (campana più stretta). Potremmo dunque pensare di rientrare nei limiti di specifica, ricordando i coefficienti C<sub>p</sub> e C<sub>pk</sub>.

□

## **QUALITÀ E CULTURA D'IMPRESA**

**ESERCIZI – ARGOMENTO: QFD**  
**ES. 1 P. 189**

**CONSEGNA: 7 NOVEMBRE 2007**

### **Testo**

Si imposti la progettazione di un nuovo dispositivo in plastica per la chiusura di una bottiglia, anch'essa in plastica, contenente acqua minerale, utilizzando il QFD.

- (i) Si stabiliscano i ruoli di fornitore e cliente nella realizzazione del nuovo prodotto.
- (ii) Si costruisca la Casa della Qualità individuando caratteristiche e requisiti tecnici.

## QUALITÀ E CULTURA D'IMPRESA

### ESERCIZI – ARGOMENTO: Carte di controllo per attributi ES. 1 P. 87

CONSEGNA: 16 novembre 2007

#### Testo

In un'azienda produttrice di componenti automobilistici si effettua una campagna di ispezioni per verificare la qualità del prodotto. Si decide di monitorare regolarmente la produzione estraendo un campione di 200 elementi dalla produzione giornaliera. I risultati per venti giornate lavorative consecutive sono riportati in tabella.

- (i) Si valuti lo stato di controllo del processo con la carta di controllo più opportuna e si traggano le dovute conclusioni.
- (ii) Con riferimento ai dati della tabella, qual è la probabilità di individuare una deriva nel processo della percentuale dei non conformi al valore di 0.3 dopo il primo campionamento?

| Giorni | Numero di difettosi |
|--------|---------------------|
| 1      | 10                  |
| 2      | 9                   |
| 3      | 18                  |
| 4      | 14                  |
| 5      | 18                  |
| 6      | 16                  |
| 7      | 2                   |
| 8      | 1                   |
| 9      | 4                   |
| 10     | 18                  |
| 11     | 3                   |
| 12     | 2                   |
| 13     | 16                  |
| 14     | 19                  |
| 15     | 7                   |
| 16     | 16                  |
| 17     | 12                  |
| 18     | 5                   |
| 19     | 11                  |
| 20     | 10                  |

## QUALITÀ E CULTURA D'IMPRESA

### ESERCIZI – ARGOMENTO: Carte di controllo per variabili ES. 2 P. 56

CONSEGNA: 30 NOVEMBRE 2007

#### Testo

Il responsabile di produzione di una linea di montaggio di componenti meccanici vuole valutare lo stato di controllo del processo. Per fare ciò sono esaminati 20 giorni di produzione, in ciascuno dei quali sono prelevati cinque pezzi dalla produzione giornaliera. La caratteristica del processo da esaminare è la durezza Rockwell C di una particolare superficie. I risultati delle prove sono riportati in tabella.

- (i) Sapendo che il valore della durezza deve mantenersi in un intervallo compreso tra 18 HRC e 22 HRC, si costruisca la carta di controllo più appropriata e si valutino gli indici di capacità del processo. Quali conclusioni si possono trarre? Si valuti statisticamente la percentuale di valori che escono dai limiti di tolleranza.
- (ii) Si valuti per punti (almeno 3 significativi) la curva caratteristica operativa della carta di controllo utilizzata.

| Giorno | Pezzo 1<br>[HRC] | Pezzo 2<br>[HRC] | Pezzo 2<br>[HRC] | Pezzo 4<br>[HRC] | Pezzo 5<br>[HRC] |
|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1      | 19.6             | 20.3             | 20.1             | 19.4             | 18.7             |
| 2      | 20.3             | 21.0             | 21.1             | 20.0             | 19.4             |
| 3      | 20.4             | 18.9             | 20.0             | 19.9             | 20.6             |
| 4      | 19.2             | 20.5             | 19.6             | 20.3             | 18.8             |
| 5      | 18.7             | 21.0             | 21.0             | 20.3             | 19.9             |
| 6      | 19.5             | 20.4             | 20.3             | 21.0             | 19.1             |
| 7      | 19.9             | 20.2             | 19.1             | 20.4             | 19.7             |
| 8      | 19.4             | 19.5             | 20.5             | 20.1             | 20.2             |
| 9      | 19.0             | 20.0             | 19.0             | 19.1             | 19.0             |
| 10     | 20.0             | 19.4             | 20.5             | 20.3             | 20.5             |
| 11     | 20.4             | 19.1             | 20.1             | 19.2             | 20.7             |
| 12     | 20.9             | 19.2             | 19.3             | 18.8             | 18.8             |
| 13     | 18.9             | 20.4             | 21.1             | 20.3             | 19.3             |
| 14     | 19.0             | 19.3             | 20.8             | 19.3             | 20.3             |
| 15     | 20.1             | 19.1             | 19.7             | 19.9             | 19.7             |
| 16     | 19.9             | 18.9             | 20.0             | 18.9             | 20.7             |
| 17     | 18.9             | 21.0             | 20.5             | 18.9             | 20.2             |
| 18     | 20.0             | 20.7             | 19.3             | 20.7             | 20.4             |
| 19     | 20.4             | 20.5             | 20.0             | 20.6             | 19.8             |
| 20     | 19.0             | 18.8             | 19.2             | 21.1             | 19.9             |

## **QUALITÀ E CULTURA D'IMPRESA**

### **ESERCIZI – ARGOMENTO: piani di campionamento semplici ES. 1 P. 144**

**CONSEGNA: 14 dicembre 2007**

#### **Testo**

Un'azienda produttrice di guarnizioni per impianti idraulici decide di predisporre un piano di campionamento per il controllo di accettazione dei propri lotti di fornitura. Sapendo che l'azienda produce lotti di numerosità  $N = 50$ , si costruisca per punti la curva caratteristica operativa del piano di campionamento per campioni di numerosità  $n=10$  e numero di accettazione  $c=2$ . Si calcolino, inoltre, il rischio del fornitore ( $\alpha$ ) e quello del committente ( $\beta$ ), posto che si impongano i seguenti valori di Livello di Qualità Accettabile e Livello di Qualità Tollerabile: AQL = 8% e LTPD = 10%.