

# USO CONGIUNTO DELLA RCM ANALYSIS, TECNICHE AFFIDABILISTICHE E PROBLEM SOLVING PER L'INCREMENTO DELLA DISPONIBILITA' TECNICA DEI CARROPONTI ECL DEL REPARTO DI ELETTROLISI



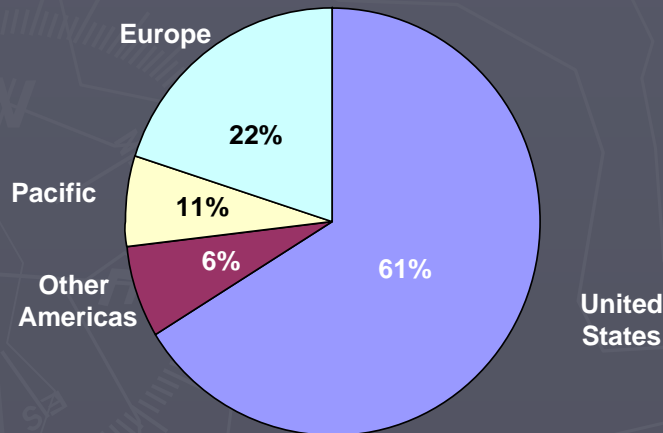
## Team di lavoro

| Nominativo            | Reparto | Responsabilità                 |
|-----------------------|---------|--------------------------------|
| Gian Franco Meloni    | MAN ENG | Responsabile – Team Leader     |
| Pasquale Are          | MAN ENG | Ingegnere di affidabilità      |
| Efisio Saiu           | MAN ELE | Responsabile di area           |
| Alessandro Rondinella | MAN ELE | Ingegnere di Manutenzione      |
| Gesualdo Vinci        | MAN ELE | Assistente Reponsabile di area |
| Alessandro Fenu       | MAN ELE | Programmatore di area          |

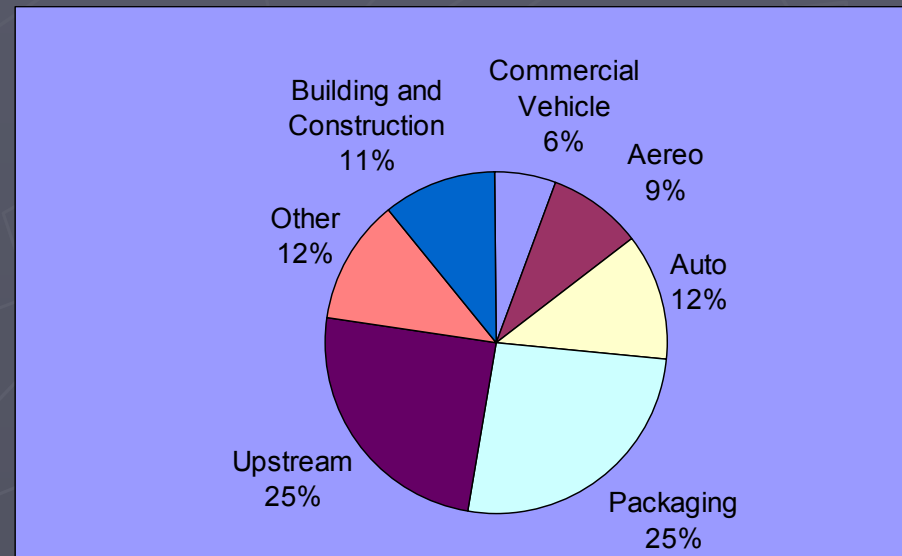
# Alcoa's vital statistics

- ◆ 131 000 employees
- ◆ About 450 plants and installations in 41 countries, including 26 aluminum smelters.
- ◆ Gross sales: US\$23.5 billion (2004)

## By Geographic Area



## 2004 Sales by Market



## *Alcoa overview*

- ◆ **World leader of primary aluminum production, transformation of aluminum and alumina.**
- ◆ **Activities - technology, mines, refineries, aluminum smelters, transformation and recycling.**
- ◆ **Alcoa aluminum products are used worldwide in avionics, automobiles, beverage cans, buildings, chemicals, sports and leisure, and in several varieties of products, including Alcoa aluminum wheels (Alcoa<sup>®</sup> wheels), aluminum foil (Reynolds Wrap<sup>®</sup>) and household Baco<sup>®</sup> aluminum foil.**
- ◆ **Related firms include packaging machinery, precision molding, plastic bottles and fences, fiber-optic cables and electrical distribution systems for the automotive industry.**



## PORTOVESME OPERATION GENERAL

### LOCATION:

Industrial area near Portoscuso town

### CONNECTIONS AND DISTANCES:

Industrial Harbours:

- Portovesme 1 km
- S.Antioco 25 km
- Cagliari 90 km

### SURFACES:

- Total area 579.410 mq
- Sheltered area 130,426 mq





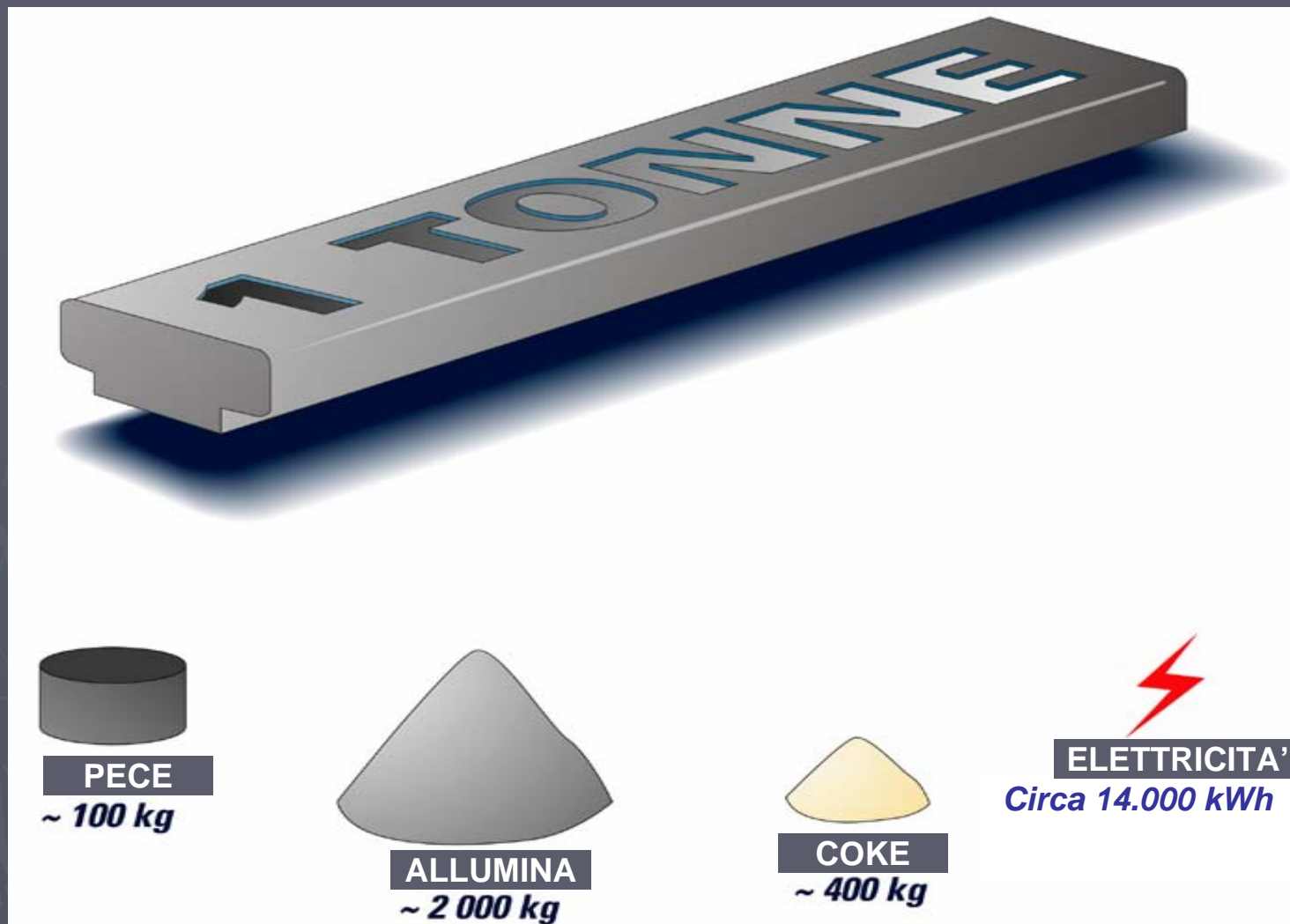
# PORTOSCUSO



## Descrizione del processo produttivo dello stabilimento di produzione di alluminio primario ALCOA di Portoscuso

- ▶ Lo stabilimento ALCOA di Portoscuso, produce alluminio primario tramite elettrolisi dell'allumina, per circa 150.000 t/anno
- ▶ Le fasi principali del processo sono le seguenti:
  - Conversione: converte la corrente da alternata in continua (750 V a 170000 A)
  - Fabbrica anodi – produce gli anodi necessari al processo elettrolitico ▶
  - Elettrolisi: avviene in due linee di elettrolisi ciascuna composta da 164 celle. Il metallo liquido prodotto nelle celle viene colato tramite aspirazione in apposite siviere e trasportato alla fonderia ▶
  - Fonderia – l'alluminio viene trasferito ai forni di fusione e quindi ai forni di colata per la produzione di pani, billette, placche, T-bars ▶

# Per produrre 1 ton di alluminio





## Current condition

- ▶ Le macchine carroponi ECL del reparto di elettrolisi sono macchine complesse
- ▶ Hanno numerosi guasti ripetitivi
- ▶ Insoddisfacente disponibilità tecnica
- ▶ Elevati costi di manutenzione
- ▶ Tutto questo nonostante un grosso sforzo di manutenzione preventiva e programmata

## Target condition

- ▶ E' pertanto indispensabile procedere alla revisione delle politiche manutentive sulle macchine, affinché siano correlate con i modi di guasto

## Action Plan

- ▶ La revisione delle politiche manutentive può essere fatto con esiti positivi provvedendo all'utilizzo congiunto di tecniche affidabilistiche relativamente semplici quali: RCM analysis, Root cause analysis, Weibull analysis

## Descrizione del processo RCM

L'RCM Analysis è :

- ▶ un approccio di tipo bottom-up per determinare le esigenze di manutenzione di una macchina produttiva
- ▶ un processo usato per determinare cosa deve essere fatto per assicurare che ogni macchina continui ad eseguire le sue funzioni nel suo contesto operativo.

## Descrizione del processo RCM

Il processo RCM risponde alle seguenti 7 questioni base:

- ▶ Quali sono le funzioni della macchina nel suo contesto operativo attuale?
- ▶ In quali modi non riesce ad eseguire le funzioni per le quali è destinata?
- ▶ Cosa causa ciascun guasto della sua funzione?
- ▶ Cosa accade quando si manifesta ciascun guasto funzionale?
- ▶ In quali modi impatta ciascun guasto?
- ▶ Cosa può essere fatto per prevenire ciascun guasto?
- ▶ Cosa può essere fatto se non può essere trovata una adeguata azione di manutenzione preventiva?



## Descrizione del processo RCM

La sequenza delle attività per svolgere l'RCM analysis si riassume nei seguenti passi:

- ▶ Selezione della macchina su cui effettuare l'analisi
- ▶ Raccolta e analisi dei dati
- ▶ FMEA
- ▶ Selezione della attività di manutenzione da fare sulla macchina compresi gli interventi migliorativi
- ▶ Determinazione della frequenza delle attività
- ▶ Analisi dei benefici attesi
- ▶ Implementazione dei piani di miglioramento
- ▶ Raccolta dati ed aggiornamento dei piani

## Selezione della macchina su cui applicare l'RCM Analysis

- ▶ Dall'esame delle Top Ten Bad Actors dello stabilimento, si è osservato che le macchine carroponi ECL, presenti in numero di 12 incidono per il 44% sul totale dei guasti dello stabilimento;
- ▶ inoltre su tali macchine esiste una poderosa raccolta di dati che consente di fare una analisi aderente alla realtà

## Descrizione della macchina polivalente carropono.

- ▶ I Carroponi sono macchine polivalenti dotati di apparati pneumatici e oleodinamici che assolvono alle funzioni di cambio degli anodi, aspirazione del metallo, rottura della crosta, alzata traversa, copertura del piano anodico con un mix di fluoro e allumina.



## Descrizione delle funzioni svolte dal carroponente

### ► Rottura della crosta

- Nella fase precedente al cambio anodo, per favorire l'estrazione dell'anodo, si deve procedere alla rottura della crosta che circonda l'anodo. Allo scopo è utilizzato un martello pneumatico montato su un braccio articolato.





## Descrizione delle funzioni svolte dal carroponte

### ► Cambio anodo

- Quando i singoli anodi si consumano fino al limite massimo consentito dalla struttura portante, vengono sostituiti tramite il ponte polivalente per mezzo di una apparecchiatura pneumo-idraulica chiamata pinza





## Descrizione delle funzioni svolte dal carropono

### ► Copertura piano anodico

- successivamente all'operazione del cambio anodo, l'anodo è ricoperto con un mix di allumina. L'allumina è caricata su un silos posto sul carropono e dosata attraverso un apposito sistema di distribuzione



## Descrizione delle funzioni svolte dal carroponte

### ► Colata alluminio liquido

- L'alluminio raccolto sul fondo delle celle deve essere estratto periodicamente e raccolto in apposite siviere di colata, nelle quali viene fatto il vuoto tramite estrattore ad aria compressa. L'impianto pneumatico si trova a bordo del carroponte, così come un paranco da 12 T utilizzato per la movimentazione della siviera



## Descrizione delle funzioni svolte dal carroponte

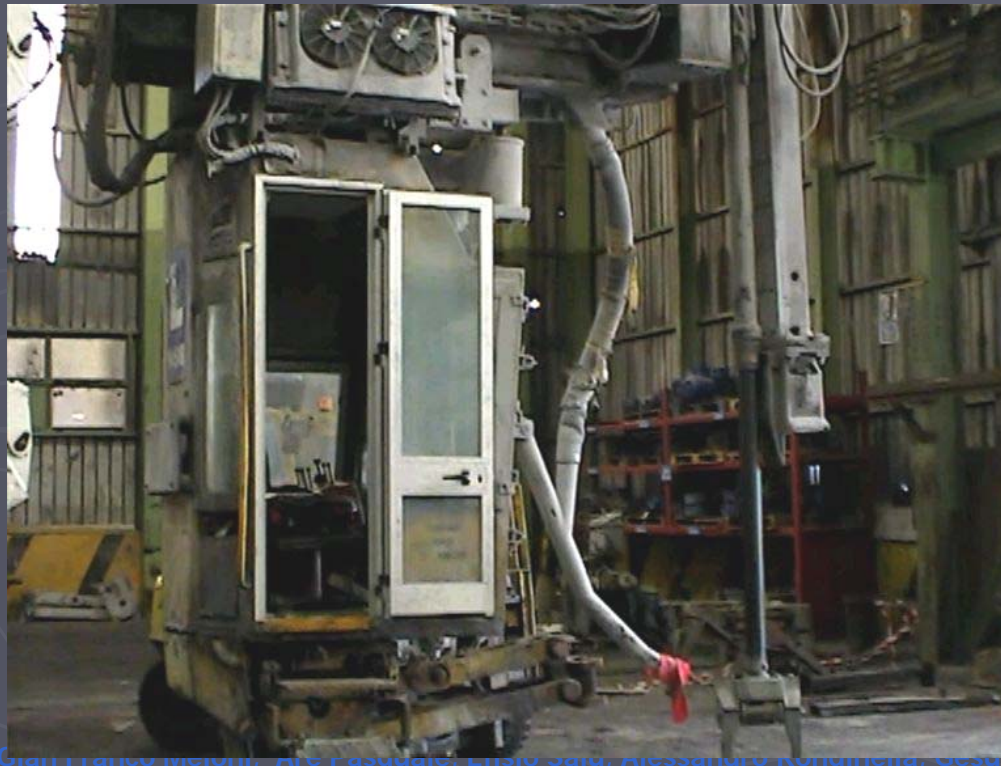
### ► Alzata traverse

- Quando la corsa della traversa che sostiene gli anodi sta per arrivare al suo punto minimo inferiore è necessario provvedere al suo sollevamento mantenendo costante il piano anodico. A tale scopo vengono utilizzate particolari apparecchiature di imbraco anodi manovrate dal ponte polivalente per mezzo di due paranchi da 6 T

## Descrizione delle funzioni svolte dal carroporte

### ► Cabina operatore

- Il comando delle funzioni del carroporte è fatta dall'operatore all'interno di una cabina condizionata sospesa sul carroporte





# Sottoassiemi del carroponte

| Sottoassieme                             | Descrizione                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Traslazione                              | E' costituita da 4 ruote di cui due folli e due dotate di motore elettrico con apposito riduttore.                                                                                                                  |
| Direzione cabina                         | E' costituito da un motoriduttore, ruote e binari che consentono lo spostamento trasversale della cabina                                                                                                            |
| Direzione carrello ausiliario            | E' costituito da un motoriduttore, ruote e binari che consentono lo spostamento trasversale del carrello                                                                                                            |
| Rotazione cabina                         | E' costituito da un motoriduttore e da una ralla per la rotazione della cabina                                                                                                                                      |
| Cabina + sospensione cabina              | Cabina operatore                                                                                                                                                                                                    |
| Tramoggia + discesa allumina             | Tramoggia che contiene l'allumina più il sistema di distribuzione per eseguire la copertura.                                                                                                                        |
| Articolazione martello + cilindro spinta | Articolazione formata da due bracci indirizzati da un cilindro idraulico che indirizzano il martello verso la parte di crosta da rompere.                                                                           |
| Paranco da 12 Ton                        | Paranco che sostiene la siviera sia durante la movimentazione che durante l'aspirazione del metallo.                                                                                                                |
| Paranchi da 6 Ton                        | Paranchi utilizzati per la movimentazione della traversa ausiliaria                                                                                                                                                 |
| Afferraggio + serraggio                  | Assieme formato da una pinza che la funzione di agganciare l'anodo durante il cambio anodo e da una chiave svita il morsetto                                                                                        |
| Compressore aria                         | Compressore a pistoni per la produzione di aria compressa                                                                                                                                                           |
| Impianto pneumatico                      | L'energia pneumatica fornita dal compressore viene accumulata in serbatoio della capacità di 2 m3 e alla pressione di circa 7 bar. Poi attraverso gli appositi componenti pneumatici distribuita agli utilizzatori. |
| Pantografo                               | Spazzola che fornisce l'alimentazione elettrica del ponte.                                                                                                                                                          |
| Assieme ponte                            | Carpenteria generale del carroponte.                                                                                                                                                                                |
| Impianto idraulico                       | Centralina idraulica che fornisce l'energia idraulica necessaria al funzionamento dei tools idraulici.                                                                                                              |
| Impianto elettrico                       | Componentistica elettrica necessaria alla distribuzione dell'energia agli utilizzatori.                                                                                                                             |



## Sottoassiemi del carroporte

Ciascun sottoassieme di II livello è a sua volta suddiviso in componenti del III livello. Alcuni componenti del III livello, dove necessario, sono scomposti in componenti del IV livello

| DENOMINAZIONE LEVEL I  | 1450 - CARRIPONTE E MACCHAUX S.E.<br>PONTE ECL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                             |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DENOMINAZIONE LEVEL II | DENOMINAZIONE LEVEL III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | DENOMINAZIONE LEVEL IV                                                                                                                      |
| A - TRASLAZIONE        | 01 - MOTORE 3F B5 7,5 KW 1P<br>02 - GIUNTO MOTORE - RIDUTTORE<br>03 - RIDUTTORE TRASLAZIONE (DX - SX)<br>04 - SUPPORTO (RIDUT. TRASL. - ELETTRIFR.)<br>05 - FRENO + DISCO<br>06 - RESPINGENTE TRASLAZIONE PONTE<br>07 - BARRA ANTICOLLISIONE<br>08 - GRUPPO ASSE - RUOTA MOTRICE<br>09 - GRUPPO ASSE - RUOTA FOLLE<br>10 - GRUPPO RUOTE GUIDA<br>11 - VARIE TRASLAZIONE PONTE<br>11 - VARIE TRASLAZIONE PONTE<br>12 - MANICHETTE* | 01 - RUOTA TRASLAZIONE + ALBERO<br>01 - RUOTA + ALBERO<br>01 - RUOTA GUIDA TRASLAZIONE<br>01 - SPAZZOLA PULIZIA ROTAIE<br>02 - ANTIDERAGLIO |



# Sottoassiemi del carroporto

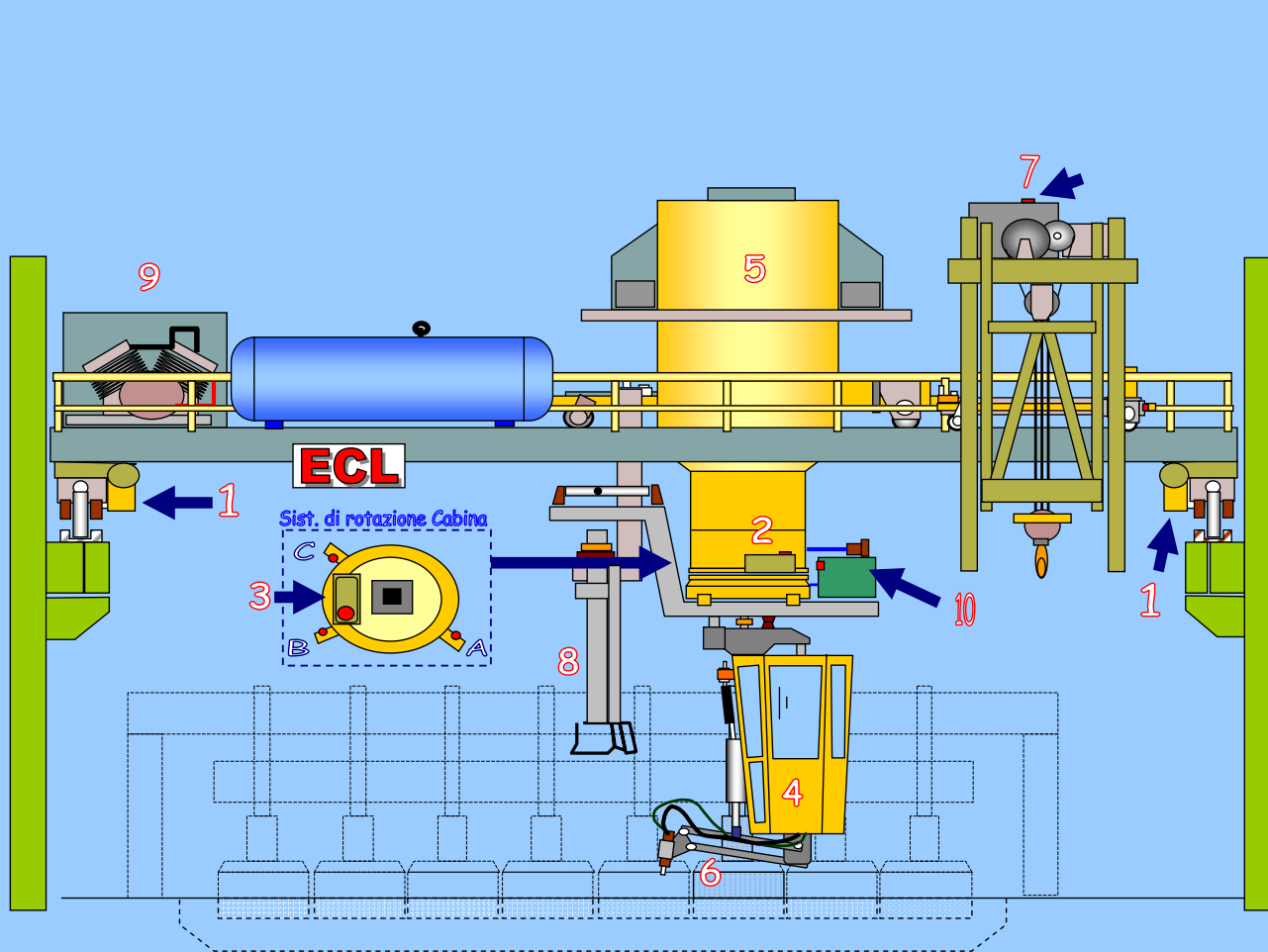


ALCOA

Alcoa Trasformazioni srl  
Portovesme

## Carriponte ECL

SOTTOASSIEMI



- 1** TRASLAZIONE
- 2** DIREZIONE CABINA
- 3** ROTAZIONE CABINA
- 4** CABINA OPERATORE
- 5** TRAMOGGIA ALLUMINA
- 6** ARTICOLAZIONE MARTELLO ROMPI CROSTA
- 7** PARANCO 12 T
- 8** AFFERRAGGIO + SERRAGGIO
- 9** COMPRESSORE ARIA I.R.
- 10** IMPIANTO IDRAULICO

## Piani di manutenzione esistenti

- ▶ I carroponi ECL sono in numero di 12
- ▶ Sono sottoposti a manutenzione preventiva e correttiva su base trimestrale
- ▶ Sono eseguiti quei lavori di manutenzione correttiva sui componenti dei sottoassiemi, segnalati come aventi problemi da parte dell'esercizio o che, ad un esame visivo e funzionale, necessitano di un intervento

# Interventi di manutenzione preventiva previsti dall'attuale piano di manutenzione

172 interventi di manutenzione preventiva per un totale di 565,5 ore/macchina/anno

| DENOMINAZIONE LEVEL II      | DENOMINAZIONE LEVEL III            | LEVEL IV | DESCRIZIONE ATTIVITA'                                          | TIPOLOGIA INTERVENTO       | FREQ SETT | N° anno | TMF (min) | TMO (min) | TMT (H) | STATO MACCH. | SPEC. |
|-----------------------------|------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|--------------|-------|
| L - AFFERRAGGIO + SERRAGGIO | 01 - TELAIO                        |          | CONTROLLO INTEGRITA' CARPENTERIA E ASSENZA DI PUNTI DI RUGGINE | CONTROLLO DI INTEGRITA'    | 12        | 4       | 20        | 20        | 1,4     | MF           | MECC  |
|                             | 02 - TESTATA PINZA AFFERRAGGIO     |          | CONTROLLO INTEGRITA' CARPENTERIA E ASSENZA DI PUNTI DI RUGGINE | CONTROLLO DI INTEGRITA'    | 12        | 4       | 10        | 10        | 0,7     | MF           | MECC  |
|                             | 03 - SUPP. CERNIERA CIL. IDR. AFF. |          | CONTROLLO INTEGRITA' CARPENTERIA E ASSENZA DI PUNTI DI RUGGINE | CONTROLLO DI INTEGRITA'    | 12        | 4       | 10        | 10        | 0,7     | MF           | MECC  |
|                             | 04 - QUADRILATERO OSCILLANTE       |          | CONTROLLO GIOCHI, INTGRITA' E LUBRIFICAZIONE SNODI             | CONTROLLO E LUBRIFICAZIONE | 12        | 4       | 10        | 10        | 0,7     | MF           | MECC  |
|                             | 05 - BRACCIO MOLLA STABILIZ.       |          | CONTROLLO GIOCHI, INTGRITA' E LUBRIFICAZIONE SNODI             | CONTROLLO E LUBRIFICAZIONE | 12        | 4       | 10        | 10        | 0,7     | MF           | MECC  |
|                             | 06 - ARTICOLAZIONI VARIE           |          | CONTROLLO GIOCHI, INTGRITA' E LUBRIFICAZIONE SNODI             | CONTROLLO E LUBRIFICAZIONE | 12        | 4       | 10        | 10        | 0,7     | MF           | MECC  |
|                             | 07 - PATTINO GUIDA COMPLETO        |          | CONTROLLO GIOCHI, INTGRITA' E LUBRIFICAZIONE SNODI             | CONTROLLO E LUBRIFICAZIONE | 12        | 4       | 10        | 10        | 0,7     | MF           | MECC  |
|                             | 08 - MOLLA REGOLAZIONE             |          | CONTROLLO INTEGRITA' ED EFFICIENZA                             | CONTROLLO DI INTEGRITA'    | 12        | 4       | 10        | 10        | 0,7     | MF           | MECC  |
|                             | 09 - TIRANTE REGOLAZIONE MOLLA     |          | CONTROLLO INTEGRITA' ED EFFICIENZA                             | CONTROLLO DI INTEGRITA'    | 12        | 4       | 10        | 10        | 0,7     | MF           | MECC  |
|                             | 10 - ISOLANTI VARI                 |          | PULIZIA E CONTROLLO ISOLAMENTO                                 | CONTROLLO DI FUNZIONALITA' | 12        | 4       | 5         | 5         | 0,4     | MF           | MECC  |

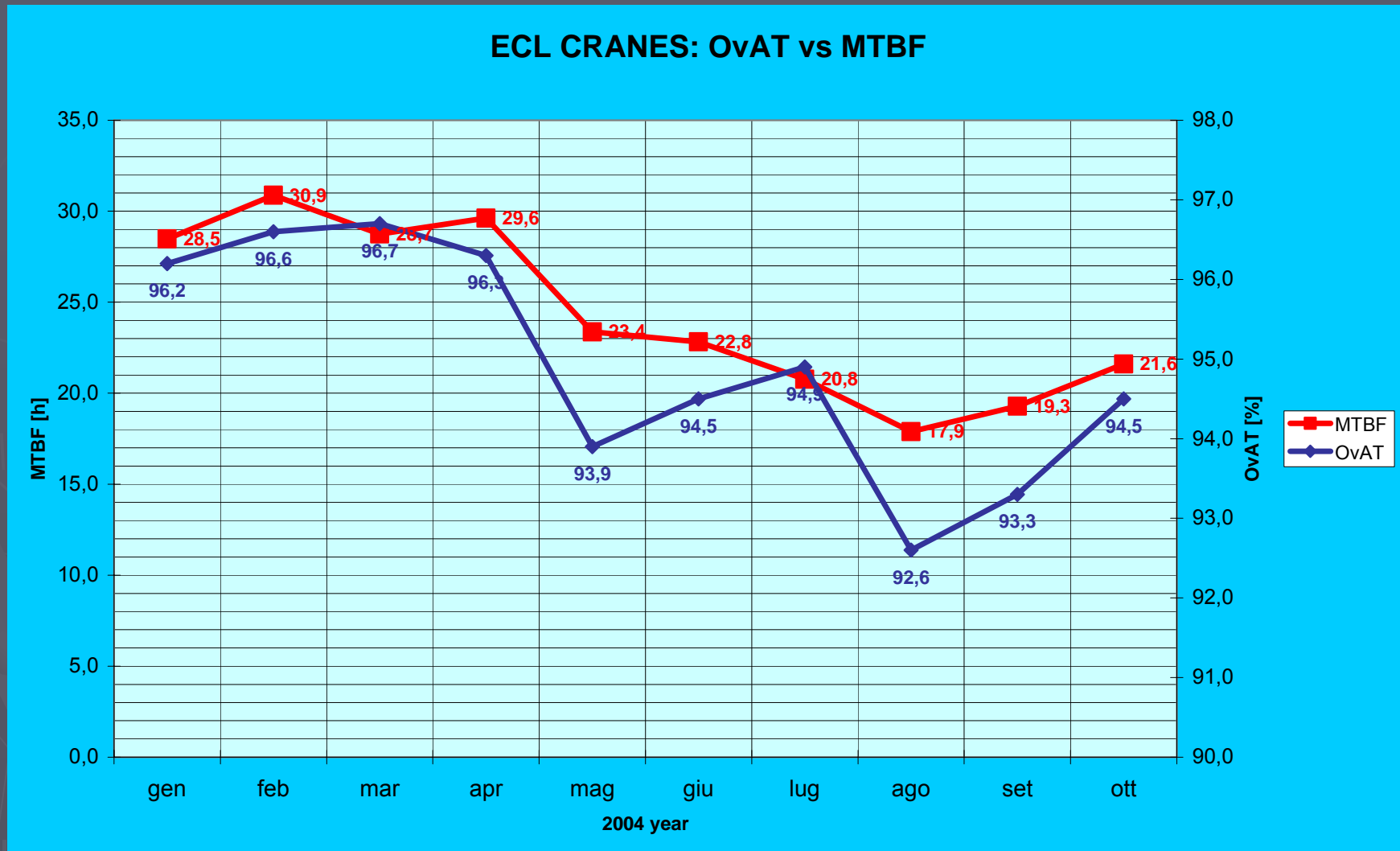


## Problematiche di manutenzione esistenti

- ▶ Le macchine sono in servizio da circa 35 anni
- ▶ L'affidabilità della macchina e la manutenibilità risente della progettualità ormai superata ed inadeguata
- ▶ I componenti della macchina sono sottoposti ad un uso stressante e continuativo
- ▶ Le esigenze produttive e i vincoli del processo di produzione sottopongono la macchina, in taluni casi, a veri abusi, che se ripetuti portano inevitabilmente al guasto
- ▶ I piani di manutenzione sembrano inadeguati e non correlati ai modi guasto
- ▶ Molti guasti hanno origine ripetitiva



# Andamento della disponibilità tecnica e dell'MTBF nel corso dell'anno 2004



## Analisi dei dati di guasto dei carroporti – Pareto

- ▶ Le macchine sono identiche, i dati di guasto per sottoassieme/componente sono stati cumulati
- ▶ Nel periodo da gennaio a settembre 2004, sono stati registrati circa 2985 eventi di guasto, mediamente 331 guasti/anno per carroporto che causano circa 419 h di fermo-macchina/anno per carroporto

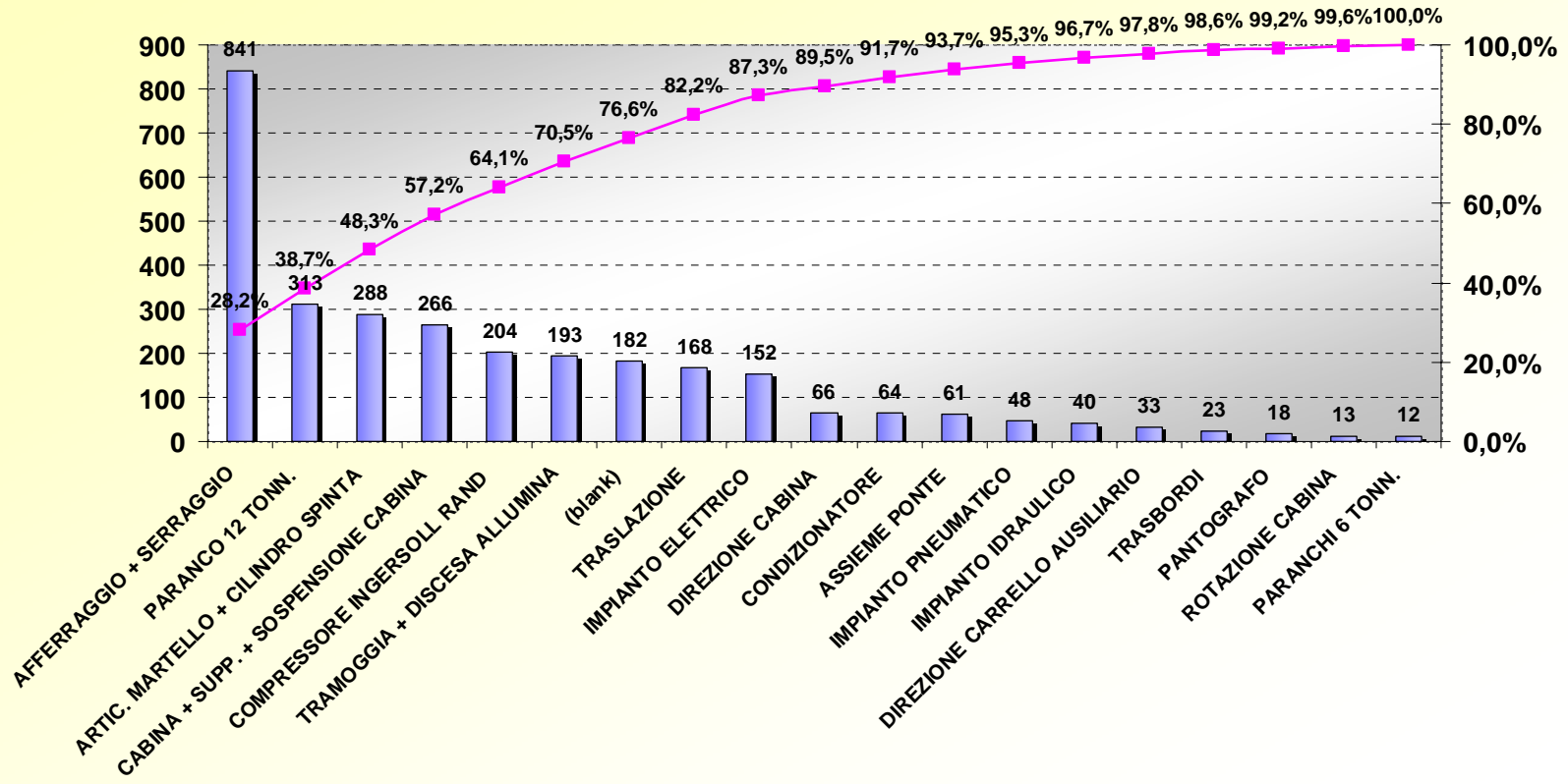


## Analisi dei dati di guasto dei carroponi – Pareto

- ▶ I dati sono stati stratificati e riportati in due diagrammi di Pareto:
  - per numero di guasto dei sottoassiemi che compongono i carroponi
  - per ore di fermo macchina provocato dai guasti di ciascun sottoassieme

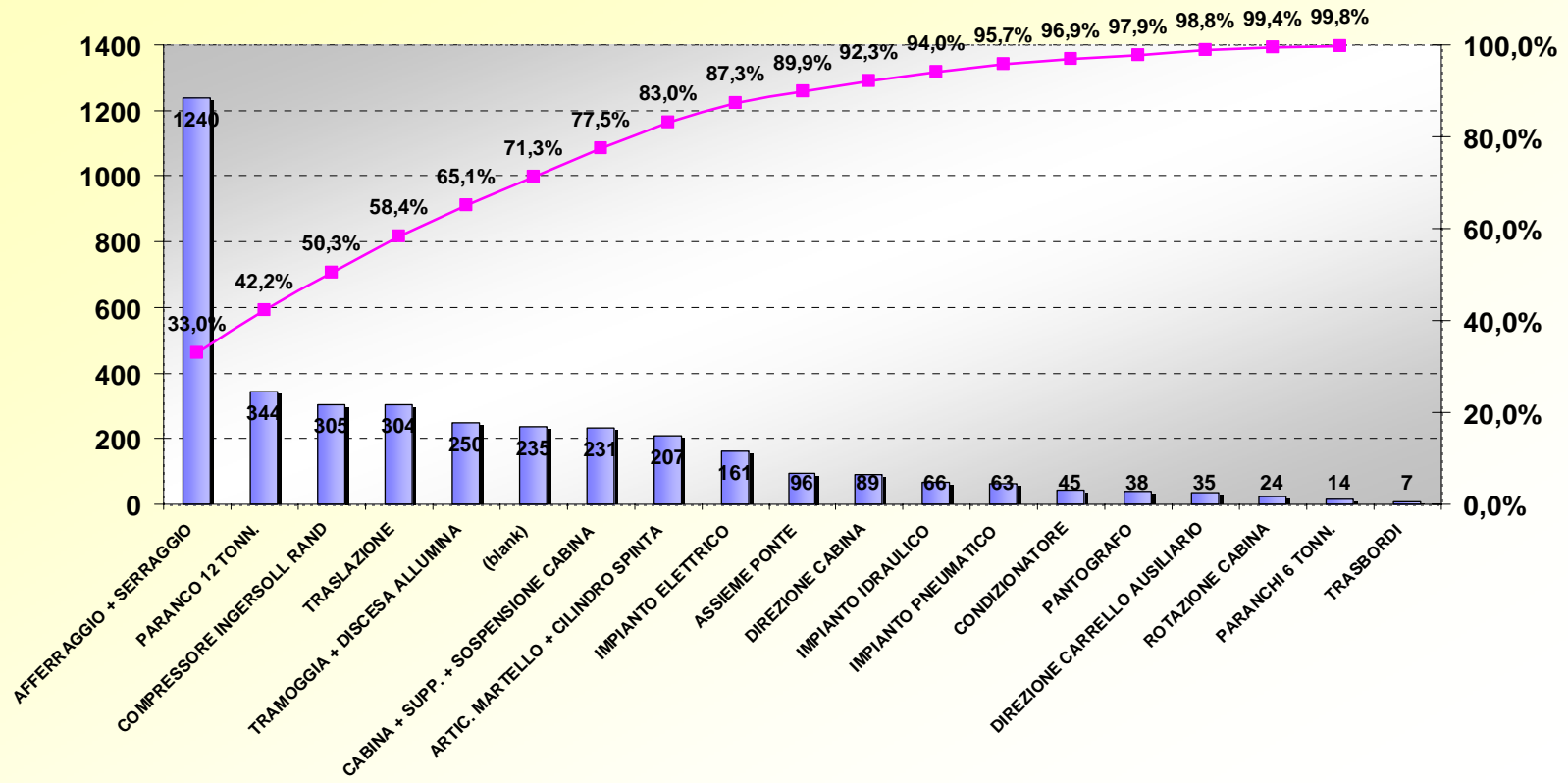
# Diagrammi di Pareto

## Pareto Guasti Carriponte ECL 2004



# Diagrammi di Pareto

## Pareto ORE FM Carriponte ECL 2004





## Analisi dei dati di guasto dei carroponi – Pareto

- ▶ I sottoassiemi selezionati sono:
  - Traslazione
  - Afferraggio+serraggio
  - Compressore
  - Articolaz. martello+Cilindro Spinta
  - Paranco 12T:
- ▶ I sottoassiemi selezionati coprono il 61% dei guasti sulle macchine e il 64% delle ore di fermo macchina

# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

## FMECA

- ▶ Le informazioni date dalla FMECA è uno degli input primari al processo RCM.
- ▶ La FMECA è uno strumento analitico usato per determinare in un sistema/macchina le funzioni, i modi guasto, l'effetto del guasto di un dato componente della macchina.
- ▶ La FMECA è un processo che valuta, documenta e classifica l'impatto potenziale che ciascun guasto funzionale ha sul successo di funzionamento della macchina/sistema, sulla sicurezza delle persone, sulle performances del sistema, sulla manutenibilità

# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

## FMECA

- ▶ Applicata ai sottoassiemi critici individuati in precedenza attraverso l'analisi di Pareto
- ▶ Per ciascun componente si individuano le funzioni ed i modi di guasto, il tipo di guasto correlato e la causa anomalia
- ▶ Per ciascun modo di guasto è calcolato MTBF, MTTR ed assegnato i valori agli indici di criticità
- ▶ Si calcola quindi l'RPN (Risk Priority Number) e si prioritizza per individuare i componenti su cui intervenire

# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

- ▶ Gli indici di criticità individuati sono 5:
  - affidabilità
  - gravità
  - difficoltà di individuazione
  - manutenibilità
  - costo

# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

## Indici di criticità

### RPN (Risk Priority Number)

=

| INDICE DI AFFIDABILITA' |                    | INDICE DI MANUTENIBILITA' |                    | INDICE DI GRAVITA' |                                                                                       | INDICE DI COSTO |            | DIFFICOLTA' DI INDIVIDUAZIONE |                                                                |
|-------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Guasti / mese           | Valore dell'indice | OFM                       | Valore dell'indice |                    |                                                                                       |                 |            |                               |                                                                |
| 0-1                     | 0,03               | 0-0,5                     | 0,5                | 1,5                | Il sistema può essere bypassato e la macchina continua ad assolvere alle sue funzioni | 0,5             | 0-50€      | 1,5                           | L'evento guasto è facilmente individuabile prima che avvenga   |
| 1-2                     | 1                  | 0,5-1                     | 1                  | 3                  | La macchina ha una funzionalità ridotta                                               | 1               | 50-100€    | 3                             | E' individuabile con ispezione di tipo visivo                  |
| 3-5                     | 2                  | 1-2                       | 2                  | 6                  | La macchina non assolve la funzione                                                   | 2               | 100-250€   | 6                             | Occorrono dei controlli specifici fatti durante la programmata |
| 6-9                     | 4                  | 2-4                       | 4                  | 9                  | La macchina non assolve la funzione e ci sono problemi di sicurezza                   | 4               | 250-500€   | 9                             | Non Applicabile                                                |
| 10-14                   | 6                  | 4-5                       | 6                  |                    |                                                                                       | 6               | 500-1000€  |                               |                                                                |
| 15-20                   | 8                  | 5-6                       | 8                  |                    |                                                                                       | 8               | 1000-4000€ |                               |                                                                |
| 20-30                   | 10                 | >=6                       | 10                 |                    |                                                                                       | 10              | >4000€     |                               |                                                                |

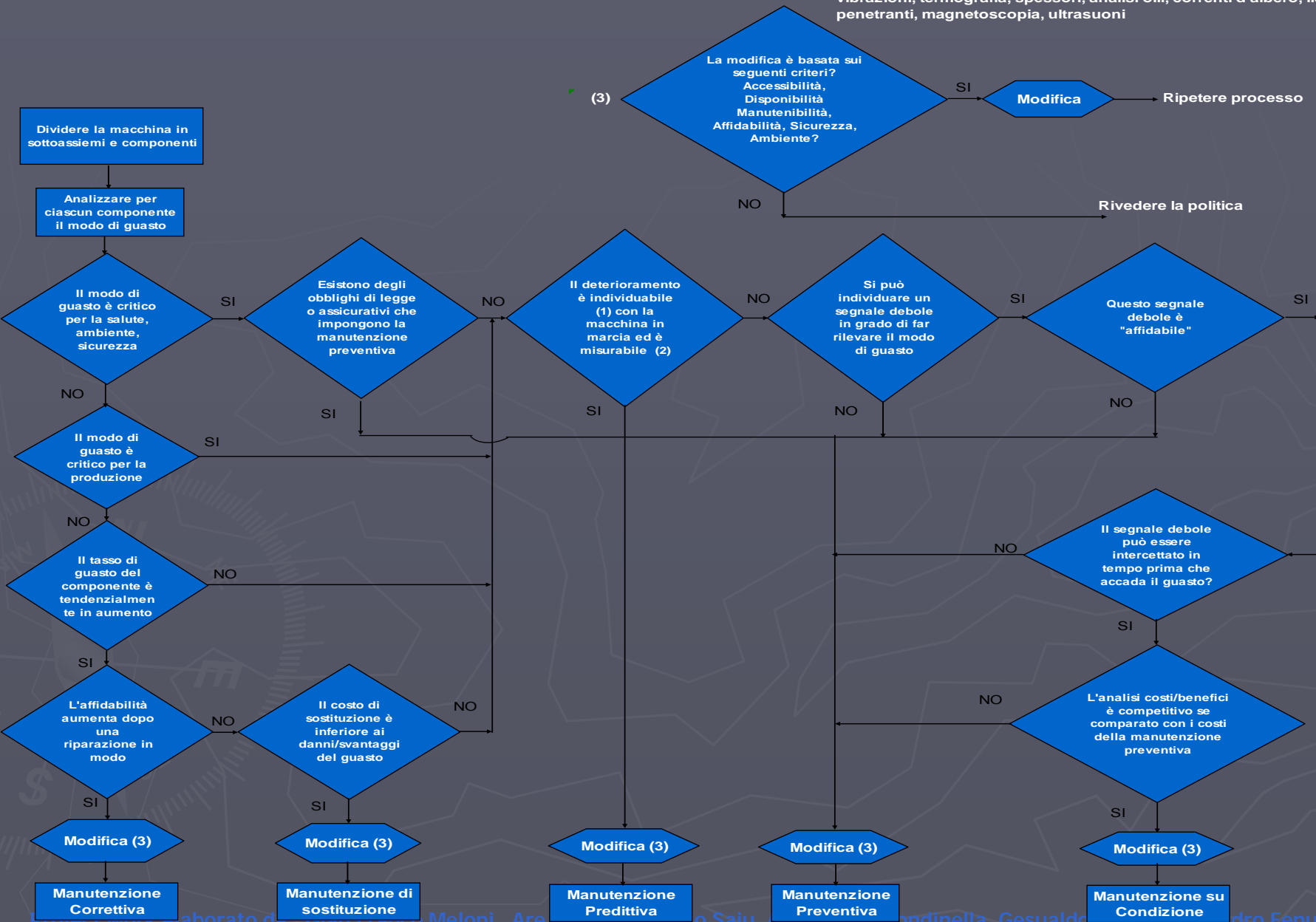


## FMECA

| A       | Impianto: Carroponte ECL                     | Sottassieme: Afferraggio-Serraggio | Item                                                                                      | Funzione                                                                                      | Modo di guasto | Numerosità                                                                          | Tipo di guasto correlato                                                                             | Causa Anomalia                 | Segnale Debole | MTBF (mesi) | Durezza (M/TTR) | Int./ mese | INDICI DI CRITICITA'   |                   |                                        |                 |                          |                                                                                                                                                                                                                                              | RPN | Piano d'azione |
|---------|----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------|-----------------|------------|------------------------|-------------------|----------------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------|
|         |                                              |                                    |                                                                                           |                                                                                               |                |                                                                                     |                                                                                                      |                                |                |             |                 |            | Indice di Affidabilità | Indice di Gravità | Indice di difficoltà di individuazione | Indice di costo | Indice di manutenibilità |                                                                                                                                                                                                                                              |     |                |
| 1.10.01 | TELAIO                                       |                                    | Sostiene il gruppo pinza                                                                  | Non sostiene il gruppo pinza                                                                  | 1              | Rottura                                                                             | Eccessivo sforzo                                                                                     | Cricatura                      | 36             | 8           | 0,027777778     | 0,03       | 10                     | 10                | 6                                      | 10              | 180                      | Non necessaria                                                                                                                                                                                                                               |     |                |
|         | ELETTROVALVOLA                               |                                    | Comanda apertura e chiusura del pistoncino pinza                                          | Non comanda apertura e chiusura del pistoncino pinza                                          | 1              | Grippaggio                                                                          | Lubrificazione non efficiente                                                                        | N/A                            | 0,5            | 0,5         | 2               | 1          | 10                     | 6                 | 2                                      | 1               | 120                      | Sostituzione durante la revisione programmata dei CP ogni 6 mesi-Inserimento nella scheda di preventiva il controllo e eventuale rabbocco dell'olio nel lubrificatore generale. Verificare cosa si fa con il filtro a valle del compressore. |     |                |
| 1.10.02 | TESTATA PINZA AFFERRAGGIO                    |                                    | APRE e chiude la pinza del rostro                                                         | Non apre e chiude la pinza del rostro                                                         | 1              | Rottura/Deformazione                                                                | Urto in fase di estrazione anodo                                                                     | N/A                            | 0,08772        | 0,5         | 11,4            | 6          | 10                     | 6                 | 2                                      | 1               | 720                      | Inserimento di battente meccanico in modo da prevenire l'urto.                                                                                                                                                                               |     |                |
|         | PISTONCINO PINZA                             |                                    | APRE e chiude la pinza del rostro                                                         | Non apre e chiude la pinza del rostro                                                         | 1              | Rottura/Deformazione                                                                | Urto in fase di estrazione anodo                                                                     | N/A                            | 0,08772        | 0,5         | 11,4            | 6          | 10                     | 6                 | 2                                      | 1               | 720                      | Inserimento di battente meccanico in modo da prevenire l'urto.                                                                                                                                                                               |     |                |
|         | BULLONERIA                                   |                                    | Fissa il rostro alla carpenteria del gruppo pinza                                         | Non fissa il rostro alla carpenteria del gruppo pinza                                         | 4              | Rostro molliato                                                                     | Vibrazioni                                                                                           | Oscillazione                   | 0,15385        | 0,5         | 6,5             | 4          | 10                     | 6                 | 2                                      | 1               | 480                      | Preventiva di serraggio bulloneria con frequenza bisettimanale e con l'utilizzo della chiave dinamometrica.                                                                                                                                  |     |                |
| 1.10.03 | SUPP. CERNIERA CIL. IDR. AFF.                |                                    | Sostiene il cilindro pneumatico che fa la salita e la discesa del gruppo pinza            | Non sostiene il cilindro pneumatico che fa la salita e la discesa del gruppo pinza            | 1              | Non ci sono guasti correlati                                                        | Non ci sono guasti correlati                                                                         | Non ci sono guasti correlati   | 6000           | 1           | 0,000166667     | 0,03       | 9                      | 6                 | 4                                      | 2               | 0                        | Non necessaria                                                                                                                                                                                                                               |     |                |
| 1.10.04 | QUADRILATERO OSCILLANTE                      |                                    | Permette il rullo del gruppo pinza in quanto è incernierato al telaio                     | Non permette il rullo del gruppo pinza in quanto è incernierato al telaio                     | 1              | Rottura/deformazione penni e boccole                                                | Eccessivo sforzo                                                                                     | N/A                            | 1              | 8           | 1               | 1          | 10                     | 10                | 10                                     | 10              | 10000                    | Riprogettazione con eventuale scelta di un nuovo materiale.                                                                                                                                                                                  |     |                |
|         | BOCCOLE                                      |                                    | Permette il rullo del gruppo pinza in quanto è incernierato al telaio                     | Non permette il rullo del gruppo pinza in quanto è incernierato al telaio                     | 1              | Rottura                                                                             | Eccessivo sforzo                                                                                     | Cricatura                      | 12             | 8           | 0,083333333     | 0,03       | 1,5                    | 10                | 8                                      | 10              | 36                       |                                                                                                                                                                                                                                              |     |                |
| 1.10.05 | BRACCIO MOLLA STABILIZ.                      |                                    | E' il braccio a cui si vanno a collegare i tiranti della molla che quindi va a sostenere. | Non è il braccio a cui si vanno a collegare i tiranti della molla che quindi va a sostenere.  | 2              | Rottura                                                                             | Sforzo eccessivo                                                                                     | Cricatura/Deformazione         | 6000           | 4           | 0,000166667     | 0,03       | 6                      | 6                 | 4                                      | 6               | 0                        | Non necessaria                                                                                                                                                                                                                               |     |                |
| 1.10.06 | ARTICOLAZIONI VARIE                          |                                    | Permettono il movimento nella varie direzioni del gruppo pinza.                           | Non permettono il movimento nella varie direzioni del gruppo pinza.                           |                | Rottura                                                                             | Sforzo eccessivo                                                                                     | Cricatura/Deformazione         | 6000           | 2           | 0,000166667     | 0,03       | 3                      | 6                 | 2                                      | 4               | 0                        | Non necessaria                                                                                                                                                                                                                               |     |                |
| 1.10.07 | PATTINO GUIDA COMPLETO                       |                                    | Permette lo scorrimento interno del telaio del gruppo pinza.                              | Non permette lo scorrimento interno del telaio del gruppo pinza.                              | 2              | Usura                                                                               | Contatto continuo tra parti in movimento                                                             | NA                             | 6000           | 8           | 0,000166667     | 0,03       | 6                      | 10                | 8                                      | 10              | 0                        | Non necessaria                                                                                                                                                                                                                               |     |                |
| 1.10.08 | MOLLA REGOLAZIONE                            |                                    | Regola l'oscillazione in tutti i sensi del gruppo pinza.                                  | Non regola l'oscillazione in tutti i sensi del gruppo pinza.                                  | 1              | Cade quando si rompe il tirante.                                                    | N/A                                                                                                  | N/A                            | 2,30769        | 4           | 0,433333333     | 0,03       | 6                      | 3                 | 4                                      | 6               | 12,96                    |                                                                                                                                                                                                                                              |     |                |
| 1.10.09 | TIRANTE REGOLAZIONE MOLLA                    |                                    | Regola la verticalità del gruppo pinza agendo sulla molla                                 | Non regola la verticalità del gruppo pinza agendo sulla molla                                 | 1              | Rottura                                                                             | Eccessivo sforzo                                                                                     | Deformazione                   | 2,30769        | 4           | 0,433333333     | 0,03       | 6                      | 3                 | 4                                      | 6               | 12,96                    | Eventuale riprogettazione del tirante con irrobustimento.                                                                                                                                                                                    |     |                |
| 1.10.10 | ISOLANTI VARI                                |                                    | Isolano elettricamente il ponte dalla cella.                                              | Non isolano elettricamente il ponte dalla cella.                                              |                | Solo quelli del rostro e dell'oscillazione gruppo pinza                             | Eccessivo sforzo                                                                                     | N/A                            | 1              | 1           | 1               | 1          | 3                      | 3                 | 2                                      | 2               | 36                       | Non necessaria                                                                                                                                                                                                                               |     |                |
| 1.10.11 | MOLLA STABIL. AFF. SEBR.                     |                                    | Permettono al gruppo pinza di recuperare la                                               | Non permettono al gruppo pinza di recuperare la                                               | 2              | Rottura                                                                             | Eccessivo sforzo                                                                                     | Deformazione                   | 0,21429        | 2           | 4,666666667     | 3          | 6                      | 3                 | 4                                      | 4               | 864                      | Eventuale riprogettazione del tirante con irrobustimento.<br>Eventuale riprogettazione del tirante con irrobustimento.                                                                                                                       |     |                |
|         | MOLLA (INT. E EST.)<br>TIRANTE (INT. E EST.) |                                    | Permettono al gruppo pinza di recuperare la                                               | Non permettono al gruppo pinza di recuperare la                                               | 2              | Rottura                                                                             | Eccessivo sforzo                                                                                     | Deformazione                   | 0,21429        | 2           | 4,666666667     | 3          | 6                      | 3                 | 4                                      | 4               | 864                      | Eventuale riprogettazione del tirante con irrobustimento.<br>Eventuale riprogettazione del tirante con irrobustimento.                                                                                                                       |     |                |
| 1.10.12 | PINZA SERRAGGIO ANODI                        |                                    | CHIAVE SERRAGGIO                                                                          | Svita e avvitata tramite il motorino idraulico danfos il quadrotto di bloccaggio del morsetto | 1              | Non si ingaggia con il morsetto                                                     | Usura della bussola                                                                                  | N/A                            | 0,16667        | 1           | 6               | 4          | 6                      | 6                 | 4                                      | 2               | 1152                     | Non necessaria                                                                                                                                                                                                                               |     |                |
|         | GRUPPO PINZA                                 |                                    | Aggancia e lo sostiene durante il cambio anodo.                                           | Non aggancia e lo sostiene durante il cambio anodo.                                           | 1              | Deterioramento delle molle.                                                         | Eccessivo sforzo/forza                                                                               | Deformazione                   |                |             |                 |            |                        |                   |                                        |                 |                          | Inserimento della sostituzione della chiave nella scheda di preventiva con frequenza trimestrale durante la revisione programmata.                                                                                                           |     |                |
| 1.10.13 | STELQ                                        |                                    | Stelo Intermedio                                                                          | Fa la salita e la discesa del gruppo pinza chiave                                             | 1              | Perdita ghiera fissaggio stelo intermedio                                           | Eccessivo sforzo                                                                                     |                                | 0,0596         | 2,1         | 17,66666667     | 8          | 10                     | 6                 | 8                                      | 4               | 15360                    | Passare da filettatura con passo 1,5 mm a 2mm e utilizzare al posto della ghiera un dado con grano di bloccaggio<br>Trattamento superficiale di ceramizzazione dell'estremità della cannetta in modo da ridurre l'usura.                     |     |                |
|         | Cannetta salita                              |                                    | Stelo                                                                                     | Fa la salita e la discesa del gruppo pinza chiave.                                            | 1              | Perdita tenuta pneumatica cannetta                                                  | Usura oere che fa la tenuta                                                                          |                                |                |             |                 |            |                        |                   |                                        |                 |                          | Verifica del modo di guasto e studio di soluzione tecnica.                                                                                                                                                                                   |     |                |
|         | Stelo                                        |                                    | Stelo                                                                                     | Fa la salita e la discesa del gruppo pinza chiave.                                            | 2              | Impossibilità di movimentare lo stelo.                                              | Usura delle manichette che in fase di risalita strisciano sul quadrilatero.                          | Usura superficiale manichette. |                |             |                 |            |                        |                   |                                        |                 |                          | Verifica del modo di guasto e studio di soluzione tecnica.                                                                                                                                                                                   |     |                |
| 1.10.14 | MANICHETTE                                   |                                    | Pistoncino pinza                                                                          | Fornisce l'aria al pistoncino pneumatico che comanda l'apertura delle ganasce del rostro.     | 1              | Il pistoncino pinza non si apre, quindi impossibilità di sgancio anodo.             | Usura per strisciamento all'interno delle pareti del rostro. Stress termico.                         | N/A                            | 0,03846        | 0,5         | 26              | 10         | 10                     | 3                 | 2                                      | 1               | 600                      | Portare l'attacco del della manichetta all'esterno del rostro con un tubo rugido.                                                                                                                                                            |     |                |
|         | Flessibile Olio                              |                                    | Fornisce l'olio idraulico al cilindro che fa la salita discesa gruppo pinza.              | Non fornisce l'olio idraulico al cilindro che fa la salita-discesa gruppo pinza.              | 2              | Perdita olio con impossibilità di eseguire la salita e la discesa del gruppo pinza. | Usura dei flessibili durante la risalita che vanno strisciare sulla parete interna del quadrilatero. | Usura superficiale flessibile. |                |             |                 |            |                        |                   |                                        |                 |                          | Utilizzo di "portamanichette".                                                                                                                                                                                                               |     |                |

## DIAGRAMMA DI FLUSSO PER LA SCELTA DELLA POLITICA DI MANUTENZIONE

- (1) Individuabile: attraverso qualunque strumento disponibile e pratico da utilizzare in modo ripetibile e che non lasci spazio ad interpretazioni, per es. attrav.: vibrazioni, termografia, spessori, analisi olii, correnti d'albero, liquidi penetranti, magnetoscopia, ultrasuoni
- (2) Misurabile:



# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

## Problem Solving

- ▶ Nel caso di eventi ripetitivi, al fine di risalire alle cause radice del guasto ed individuare la “tattica manutentiva” più appropriata, si è ricorso all’uso di tecniche di problem solving, quali APOLLO Root Cause Analysis e 5-Why
  - APOLLO RCA, utilizzato quando per un effetto primario devono essere ricercate più cause
  - 5-Why , nel caso di problematiche meno complesse

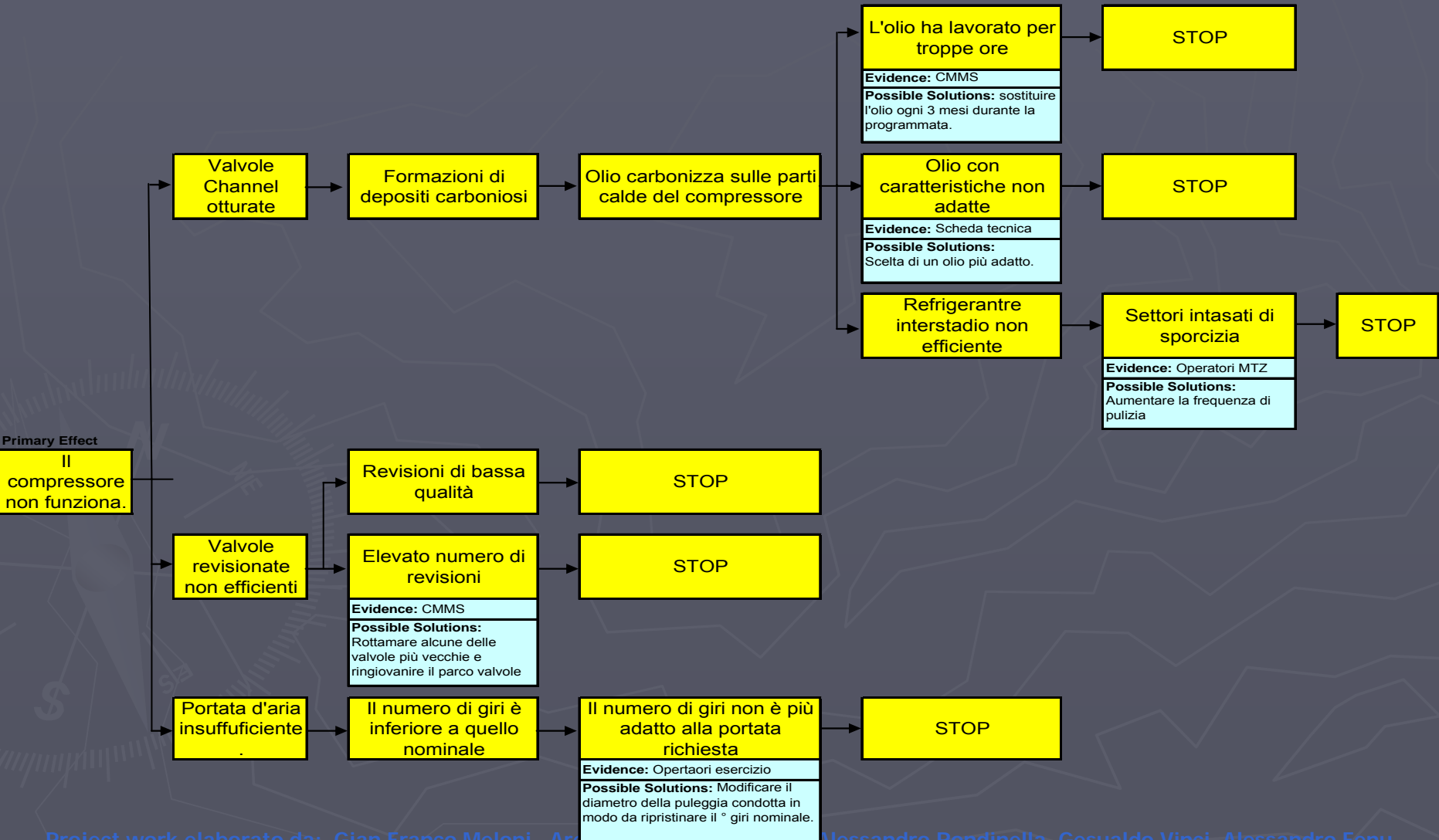
# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

## APOLLO RCA

- ▶ **APOLLO RCA** affronta il problem solving basandosi sulla successione degli eventi; gli eventi derivano da un'iterazione di azioni e condizioni che si verificano in un particolare luogo e tempo. APOLLO RCA si compone di 4 steps:
  - Definire l'effetto primario
  - Creare la carta causa-effetto
  - Identificare le soluzioni efficaci
  - Attuare le migliori soluzioni
- ▶ L'effetto primario è ciò che si vuole evitare si ripeti ed è il punto di partenza dal quale iniziare a chiedersi perché. A partire dall'effetto primario, attraverso una concatenazione di cause ed effetti si costruisce una carta causa-effetto.
- ▶ Le cause si distinguono in azioni (esistono momentaneamente) e condizioni (esistono in modo permanente).
- ▶ Si arriva così a determinare tutte le cause che hanno generato l'effetto primario, tra le quali individuare quelle radice.
- ▶ Per le cause radice si individua la migliore soluzione;
  - una buona soluzione previene un problema, non ne crea altri;
  - una buona soluzione deve poter essere sotto controllo

# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

## APOLLO RCA





# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

- Il **metodo 5-Why** chiamato anche 5-Perché, consente attraverso il continuo chiedersi “perché” si è verificato un effetto di arrivare ad individuare la causa radice dell’effetto primario. Il nome 5-Why deriva dal fatto che al quinto perché, normalmente si è arrivati ad esprimere la causa radice

DATA 03/11/2004 COMPILATORE (team/persona) GF Meloni, P. Are, E. Saiu, A. Rondinella.

| Reparto e Macchina                               |                                                                                                             | Anomalia riscontrata su:                                                                                        |                                                                                                                  | Descrizione del fenomeno:                                                                                            |                                                                                                                                           | NOTE                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |          |  |                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elettrolisi-Carriponte ECL-Afferraggio-serraggio |                                                                                                             | stelo salita discesa pinza chiave.                                                                              |                                                                                                                  | Lo stelo perde la funzionalità e non è più in grado di salire e scendere.                                            |                                                                                                                                           | <input type="radio"/> In seguito al risultato <b>positivo</b> della ispezione fatta in reparto <b>non</b> è necessario approfondire l'analisi<br><input checked="" type="radio"/> In seguito al risultato <b>negativo</b> della ispezione fatta in reparto è necessario approfondire l'analisi |  |          |  |                                                                                                                  |
| 1° Round                                         |                                                                                                             | 2° Round                                                                                                        |                                                                                                                  | 3° Round                                                                                                             |                                                                                                                                           | 4° Round                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  | 5° Round |  | Ipotesi di miglioramento                                                                                         |
| PERCHE'?                                         |                                                                                                             | PERCHE'?                                                                                                        |                                                                                                                  | PERCHE'?                                                                                                             |                                                                                                                                           | PERCHE'?                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  | PERCHE'? |  |                                                                                                                  |
| A                                                | PERCHE' La cannetta che lo muove non funziona. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | PERCHE' La cannetta ha perso la tenuta pneumatica. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | PERCHE' L'O-ring non sta funzionando correttamente. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | PERCHE' Non è posizionato correttamente nella sua sede. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | PERCHE' Perché la ghiera di bloccaggio della cannetta si è sfilata <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |          |  |                                                                                                                  |
| B                                                | PERCHE' <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                                   | PERCHE' <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                                       | PERCHE' <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                                        | PERCHE' <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                                            | PERCHE' La filettatura non ha resistito allo sforzo. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |          |  |                                                                                                                  |
| C                                                | PERCHE' <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                        | PERCHE' <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                            | PERCHE' <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                             | PERCHE' <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>                                                 | PERCHE' La filettatura non era dimensionata in maniera adeguata allo sforzo. <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |          |  | Passare da filettatura con passo 1,5 mm a 2mm e utilizzare al posto della ghiera un dado con grano di bloccaggio |

# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

## Analisi di Weibull

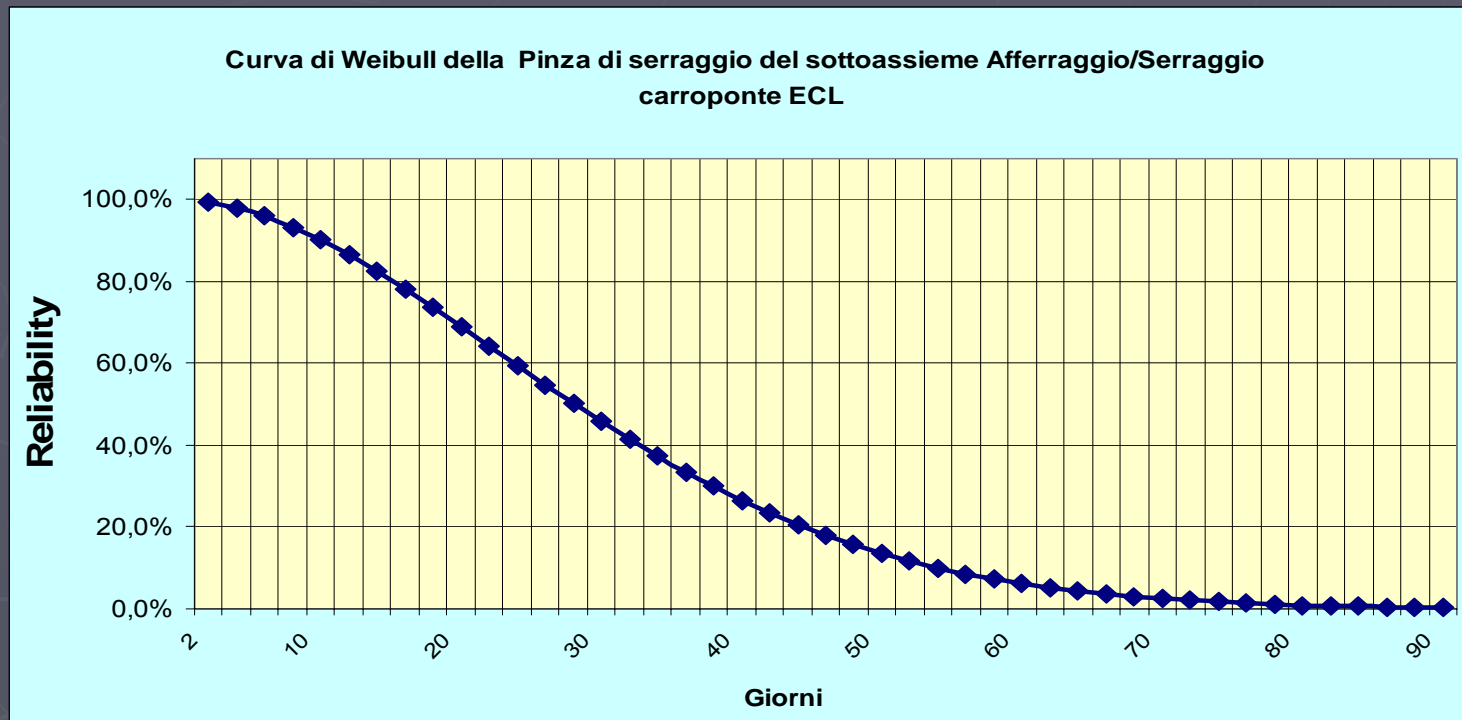
- ▶ Per determinare la frequenza a cui eseguire gli interventi di manutenzione preventiva, oltre alle indicazioni del costruttore e l'esperienza e competenza delle persone, può essere utile fare ricorso all'impiego di metodi statistici quali ad esempio l'analisi di Weibull
- ▶ L'analisi di Weibull può essere applicata nel caso di eventi ripetitivi legati ad uno stato di usura della macchina.
- ▶ Attraverso l'analisi di Weibull si individua, accettato il valore di probabilità che al tempo T la macchina sia ancora funzionante, il tempo a cui fare l'intervento di preventiva
- ▶ La legge di Weibull è espressa tramite la formula

$$R(t) = e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta}$$

$\beta > 1$  indica un tasso di guasto crescente, tipico dei componenti soggetti a fatica/usura

# (FMECA), Problem solving, Weibull analysis, Scelta delle politiche manutentive

- Il carroporto ECL, possiede diversi componenti soggetti a fatica/usura quali ad esempio la pinza di serraggio dei morsetti (presenza di molle), le molle di trazione stabilizzatrici del gruppo di afferraggio anodo, le ruote motrici e folli del gruppo di traslazione del carroporto.



- La curva di Weibull della pinza di serraggio ha il parametro di forma  $\beta = 1,83$  e consente di determinare che, ad es. accettata la probabilità del 46% che la pinza sia ancora funzionante, la pinza deve essere sostituita ogni 4 settimane di utilizzo

# Sottoassieme Afferraggio-Serraggio: scheda del piano di manutenzione revisionato

| SCHEDA DEL PIANO DI MANUTENZIONE E AUTOMANUTENZIONE |                       |                                                                                                                                                |                                                 |                                                                 |                                 |             |                |             |            |                      |              |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------|-------------|------------|----------------------|--------------|
| Stabilimento                                        |                       | ALCOA Italia - Portovesme -                                                                                                                    |                                                 |                                                                 |                                 |             | Turni anno     |             | 520        |                      |              |
| Impianto                                            |                       | Carroporte ECL                                                                                                                                 |                                                 |                                                                 |                                 |             | Giorni anno    |             | 260        |                      |              |
| Operazione                                          |                       | Cambio degli anodi, aspirazione del metallo; rottura dellacrosta; alzata traversa; copertura del piano anodico di un mix di fluoro e allumina. |                                                 |                                                                 |                                 |             | Settimane anno |             | 52         |                      |              |
| Codice Primo Livello                                |                       | 001 Carroporte ECL                                                                                                                             |                                                 |                                                                 |                                 |             | Mesi anno      |             | 12         |                      |              |
|                                                     |                       |                                                                                                                                                |                                                 |                                                                 |                                 | Foglio nr.  |                | 1           | di         | 1                    |              |
| COMPONENTE CRITICO                                  |                       |                                                                                                                                                |                                                 | ISPEZIONI - PREVENZIONI                                         |                                 |             |                |             |            | AZIONI CORRET.       |              |
| Cod                                                 | 2° Livello            | Cod                                                                                                                                            | 3° Livello                                      | Descrizione                                                     | Op.                             | Freq. Sett. | T ( h )        | Stato Macch | Specializ. | Segnali Deboli       | Note         |
| 10                                                  | Afferraggio-serraggio | 1                                                                                                                                              | TELAIO                                          | *CONTROLLO INTEGRITA' CARPENTERIA E ASSENZA DI PUNTI DI RUGGINE |                                 | 12          | 1,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 2                                                                                                                                              | TESTATA PINZA AFFERRAGGIO                       | *CONTROLLO INTEGRITA' CARPENTERIA E ASSENZA DI PUNTI DI RUGGINE |                                 | 12          | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       |                                                                                                                                                |                                                 | SOSTITUZIONE ELETTROVALVOLA COMANDO PISTONCINO PINZA            |                                 | 24          | 1,0            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       |                                                                                                                                                |                                                 | SERRAGGIO BULLONERIA CON L'UTILIZZO DI CHIAVE DINAMOMETRICA     |                                 | 1           | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 3                                                                                                                                              | SUPP. CERNIERA CIL. IDR. AFF.                   | *CONTROLLO INTEGRITA' CARPENTERIA E ASSENZA DI PUNTI DI RUGGINE |                                 | 12          | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 4                                                                                                                                              | QUADRILATERO OSCILLANTE                         | *CONTROLLO GIOCHI, INTGRITA' E LUBRIFICAZIONE SNODI             |                                 | 12          | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 5                                                                                                                                              | BRACCIO MOLLA STABILIZ                          | *CONTROLLO GIOCHI, INTGRITA' E LUBRIFICAZIONE SNODI             |                                 | 12          | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 6                                                                                                                                              | ARTICOLAZIONI VARIE                             | *CONTROLLO GIOCHI, INTGRITA' E LUBRIFICAZIONE SNODI             |                                 | 12          | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 7                                                                                                                                              | PATTINO GUIDA COMPLETO                          | CONTROLLO GIOCHI, INTGRITA'                                     |                                 | 12          | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 8                                                                                                                                              | MOLLA REGOLAZIONE                               | *CONTROLLO INTEGRITA' ED EFFICIENZA                             |                                 | 12          | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 9                                                                                                                                              | TIRANTE REGOLAZIONE MOLLA                       | *CONTROLLO INTEGRITA' ED EFFICIENZA                             |                                 | 12          | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 10                                                                                                                                             | ISOLANTI VARI                                   | *PULIZIA E CONTROLLO ISOLAMENTO                                 |                                 | 12          | 0,4            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 11                                                                                                                                             | MOLLA STABIL. AFF. SERR-1-MOLLA (INT. E EST.)   | SOSTITUZIONE                                                    |                                 | 12          | 1,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       |                                                                                                                                                | MOLLA STABIL. AFF. SERR-2-TIRANTE (INT. E EST.) | SOSTITUZIONE                                                    |                                 | 12          | 1,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 12                                                                                                                                             | PINZA SERRAGGIO ANODI-1-CHIAVE SERRAGGIO        | *CONTROLLO INTEGRITA'                                           |                                 | 12          | 0,2            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       |                                                                                                                                                | PINZA SERRAGGIO ANODI-2-GRUPPO PINZA            | SOSTITUZIONE                                                    |                                 | 4           | 0,5            | MF          | MEC        |                      |              |
|                                                     |                       | 13                                                                                                                                             | STELO                                           | *CONTROLLO INTEGRITA' ED EFFICIENZA                             |                                 | 12          | 0,5            | MF          | MEC        | STORTO, PERDITE OLIO | SOSTITUZIONE |
|                                                     |                       | 14                                                                                                                                             | MANICHETTE                                      | CONTROLLO INTEGRITA'                                            |                                 | 4           | 0,2            | MF          | MEC        | USUSRA               | SOSTITUZIONE |
| <b>Legenda :</b>                                    |                       |                                                                                                                                                |                                                 |                                                                 |                                 |             |                |             |            |                      |              |
| Q.ta                                                | N° componenti 3° liv. | Op.                                                                                                                                            | N° identificativo operazione                    | Fr.                                                             | Frequenza esec. Operazione >>>> |             |                |             |            |                      |              |
| MF                                                  | Macchina ferma        | ML                                                                                                                                             | Macchina che lavora                             | Q                                                               | Quindicinale                    |             |                |             |            |                      |              |
| MEC                                                 | Meccanico             | ELE                                                                                                                                            | Elettricista                                    | PRED                                                            | Specialista predittiva          |             |                |             |            |                      |              |

## Vantaggi associati all'applicazione dell'RCM analysis

- ▶ Riduzione delle ore di accidentali associati ai guasti aventi origine ripetitiva
- ▶ Maggiore disponibilità tecnica della macchina a vantaggio del processo produttivo
- ▶ Ottimizzazione delle risorse di manutenzione. Infatti queste ultime, possono essere destinate all'esecuzione di attività a maggiore valore aggiunto, quale l'esecuzione delle preventive e delle ispezioni di predittiva, contribuendo ad innescare in questo modo un circolo virtuoso che porta inevitabilmente ad una riduzione continua nel tempo degli interventi in emergenza
- ▶ Consente di ottenere significative riduzioni di costi
- ▶ Nel caso specifico sono state individuate:
  - 28 azioni significative di miglioramento
  - riduzione delle emergenze (fermo macchina) di circa 1230 ore/anno
  - minore costo stimato, per le sole ore di interventi di manutenzione, non inferiore a 61.500 €/anno
  - la disponibilità tecnica media dei carriponte avrà un incremento di +2%;
  - riduzione percentuale del numero dei guasti/mese dei carriponte, attesa tra il 25-30%.



# Benefici applicazione RCM sui carroponte ECL in termini di riduzione delle ore di accidentale e di minori costi di manutenzione

| N° | Codice  | Sottosistema           | Osservazione                                                                                                                                                 | Azione                                                                                                                                                                                                                                          | RPN  | Tipologia       | MTBF attuale [H] | MTBF atteso [H] | Minori ore FM/anno | MTTR | Savings     | Guasti/mese prima modifiche | Guasti/mese dopo modifiche |
|----|---------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------|------------------|-----------------|--------------------|------|-------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1  | 1.01.01 | TRASLAZIONE            | Si manifestano un certo numero di accidentali legate al tipo di avviamento del motore.                                                                       | Passaggio ad una soluzione con l'utilizzo di un inverter e quindi con avviamento più dolce.                                                                                                                                                     | 200  | RIPROGETTAZIONE | 576,0            | 1728,0          | 20,28              | 2,00 | € 1.014     | 1,3                         | 0,4                        |
| 2  |         | TRASLAZIONE            | Nel riduttore di traslazione ci sono un certo numero di accidentali legate a problemi nei cuscinetti dovute all'eccessivo livello vibrazionale.              | Analisi vibrazionale su base trimestrale secondo il programma di revisione programmata del CP.                                                                                                                                                  |      | PREDITTIVA      |                  |                 |                    |      |             |                             |                            |
| 3  | 1.01.03 | TRASLAZIONE            | A causa delle vibrazioni c'è un allentamento della ghiera di bloccaggio del supporto del cuscinetto della vite senza fine.                                   | Studio di un nuovo sistema di bloccaggio.                                                                                                                                                                                                       | 960  | RIPROGETTAZIONE | 240,0            | 720,0           | 97,33              | 4,00 | € 4.867     | 3,00                        | 1,00                       |
| 4  | 1.10.02 | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | A causa di una lubrificazione non sempre efficiente si ha il grippaggio dell'elettrovalvola che comanda l'apertura e la chiusura del pistoncino pinza.       | Sostituzione durante la revisione programmata del CP ogni 6 mesi. Inserimento nella scheda di preventiva il controllo e l'eventuale rabbocco dell'olio nel lubrificatore generale. Verificare cosa si fa con il filtro a valle del compressore. | 120  | PREVENTIVA      | 360,0            | 1080,0          | 8,11               | 0,50 | € 406       | 2,0                         | 0,7                        |
| 5  |         | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | Durante il cambio anodo l'anodo va frequentemente ad urtare il pistoncino pinza danneggiandolo.                                                              | Inserimento di un battente meccanico in modo da prevenire l'urto.                                                                                                                                                                               | 684  | RIPROGETTAZIONE | 63,2             | 221,1           | 49,54              | 0,5  | € 2.477     | 11,4                        | 3,3                        |
| 6  |         | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | Ci sono varie accidentali legate all'allentamento dei bulloni del rostro.                                                                                    | Preventiva di serraggio bulloneria con frequenza bisettimanale e con l'utilizzo della chiave dinamometrica.                                                                                                                                     | 390  | PREVENTIVA      | 110,8            | 332,3           | 26,36              | 0,50 | € 1.318     | 6,5                         | 2,2                        |
| 7  | 1.10.04 | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | Ci sono notevoli accidentali legate alla rottura e/o deformazione sia dei perni che delle boccole del quadrilatero.                                          | Riprogettazione con eventuale scelta di nuovo materiale.                                                                                                                                                                                        | 1080 | RIPROGETTAZIONE | 720,0            | 2520,0          | 69,52              | 8,00 | € 3.476     | 1,0                         | 0,3                        |
| 8  | 1.10.11 | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | A causa dello sforzo durante l'operazione di cambio anodo si ha la rottura e/o deformazione dei tiranti di regolazione.                                      | Riprogettazione con irrobustimento.                                                                                                                                                                                                             | 373  | RIPROGETTAZIONE | 154,1            | 616,3           | 85,28              | 2,00 | € 4.264     | 4,7                         | 1,2                        |
| 9  | 1.10.12 | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | A causa della deformazione delle molle la pinza non sostiene il morsetto durante l'operazione di cambio anodo.                                               | Inserimento della sostituzione della chiave nella scheda di preventiva con frequenza trimestrale durante la revisione programmata.                                                                                                              | 480  | PREVENTIVA      | 120,0            | 420,0           | 52,14              | 1,00 | € 2.607     | 6,0                         | 1,7                        |
| 10 | 1.10.13 | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | A causa dello sforzo durante l'operazione di cambio anodo si ha la rottura del filetto su cui si avvita la ghiera che blocca lo stelo intermedio.            | Passare da filettatura con passo 1,5 mm a 2mm e utilizzare al posto della ghiera un dado con grano di bloccaggio.                                                                                                                               | 4452 | RIPROGETTAZIONE | 40,8             | 142,6           | 322,42             | 2,10 | € 16.121    | 17,7                        | 5,0                        |
| 11 |         | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | Si hanno innumerevoli sostituzioni in emergenza dello stelo dovute al fatto che si usura l'opera.                                                            | Trattamento superficiale di ceramizzazione dell'estremità della cannetta in modo da ridurre l'usura.                                                                                                                                            |      | RIPROGETTAZIONE |                  |                 |                    |      |             |                             |                            |
| 12 |         | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | Ci sono notevoli accidentali legate alla usura delle manichette aria che fanno la salita e la discesa dello stelo chiave.                                    | Nuovo layout con tanto di portamanichette.                                                                                                                                                                                                      |      | RIPROGETTAZIONE |                  |                 |                    |      |             |                             |                            |
| 13 | 1.10.14 | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | Ci sono notevoli accidentali legate alla usura delle manichette aria che comanda l'apertura delle pinze del rostro.                                          | Portare l'attacco della manichetta all'esterno tramite un tubo rigido risen.                                                                                                                                                                    | 780  | RIPROGETTAZIONE | 27,7             | 110,8           | 118,63             | 0,50 | € 5.931     | 26,0                        | 6,5                        |
| 14 |         | AFFERRAGGIO-SERRAGGIO  | Ci sono notevoli accidentali legate all'usura flessibili olio.                                                                                               | Nuovo layout con tanto di portamanichette.                                                                                                                                                                                                      |      | RIPROGETTAZIONE |                  |                 |                    |      |             |                             |                            |
| 15 | 1.11.01 | COMPRESSORE IR         | Si potrebbe aumentare la vita utile del motore del compressore tramite dei controlli vibrazionali a spot e un allineamento fatto con gli appositi strumenti. | Verifica a spot con controllo vibrazione + allineamento                                                                                                                                                                                         | 100  | PREDITTIVA      | 4320,0           | 12960,0         | 5,41               | 4,00 | € 270       | 0,2                         | 0,1                        |
| 16 |         | COMPRESSORE IR         | Il compressore non riesce a produrre una portata d'aria sufficiente per l'effettuazione della colata in tempi accettabili.                                   | Modifica diametro pulegge compressore.                                                                                                                                                                                                          | 160  | RIPROGETTAZIONE | 8640,0           | 25920,0         | 4,06               | 6,00 | € 203       | 0,1                         | 0,0                        |
| 17 | 1.11.06 | COMPRESSORE IR         |                                                                                                                                                              | Utilizzo di olio lubrificante più adatto alle condizioni di lavoro                                                                                                                                                                              |      | PREVENTIVA      |                  |                 |                    |      |             |                             |                            |
| 18 |         | COMPRESSORE IR         | Si hanno notevoli accidentali dovute all'usura e/o intasamento delle valvole del compressore IR.                                                             | Sostituzione dell'olio ogni 3 mesi durante la revisione programmata del compressore.                                                                                                                                                            | 936  | PREVENTIVA      | 240,0            | 960,0           | 71,18              | 2,60 | € 3.559     | 3,0                         | 0,8                        |
| 19 |         | COMPRESSORE IR         |                                                                                                                                                              | Rinnovamento parco valvole                                                                                                                                                                                                                      |      | PREVENTIVA      |                  |                 |                    |      |             |                             |                            |
| 20 | 1.11.07 | COMPRESSORE IR         | Si hanno un certo numero di accidentali dovute alle vibrazioni che stano il pressostato del compressore.                                                     | Bloccaggio vite di regolazione con cera lacca                                                                                                                                                                                                   | 60   | RIPROGETTAZIONE | 720,0            | 2160,0          | 12,17              | 1,50 | € 608       | 1,0                         | 0,3                        |
| 21 | 1.07.04 | ARTICOLAZIONE MARTELLO | Si hanno un numero elevato di interventi dovuti all'allentamento dei bulloni di serraggio.                                                                   | Preventiva con frequenza settimanale.                                                                                                                                                                                                           | 63   | PREVENTIVA      | 160,0            | 640,0           | 28,74              | 0,70 | € 1.437     | 4,5                         | 1,1                        |
| 22 | 1.07.05 | ARTICOLAZIONE MARTELLO | Si hanno un numero elevato di interventi dovuti all'esaurimento dell'olio nei lubrificatori del martello.                                                    | Preventiva con frequenza bisettimanale per il rabbocco.                                                                                                                                                                                         | 121  | PREVENTIVA      | 83,1             | 332,3           | 55,36              | 0,70 | € 2.768     | 8,7                         | 2,2                        |
| 23 | 1.07.07 | ARTICOLAZIONE MARTELLO | Si hanno un certo numero di guasti dovuti al grippaggio dell'elettrovalvola del martello.                                                                    | Sostituzione con frequenza annuale.                                                                                                                                                                                                             | 78   | PREVENTIVA      | 332,3            | 996,9           | 15,82              | 0,90 | € 791       | 2,2                         | 0,7                        |
| 24 | 1.07.08 | ARTICOLAZIONE MARTELLO | Si hanno un notevole numero di accidentali dovute alla manichetta del martello.                                                                              | Da verificare esito prove con manichetta intera.                                                                                                                                                                                                | 208  | RIPROGETTAZIONE | 83,1             | 332,3           | 47,45              | 0,60 | € 2.373     | 8,7                         | 2,2                        |
| 25 | 1.05.09 | PARANCO 12T            | Si hanno un notevole numero di accidentali dovute sia al danneggiamento dell'estensore che della pulsantiera per contatto con siveca.                        | Sostituzione con sistema a radiocomandi. Investimento inserito nel Capex.                                                                                                                                                                       | 347  | RIPROGETTAZIONE | 124,6            | 498,5           | 52,72              | 1,00 | € 2.636     | 5,8                         | 1,4                        |
| 26 | 1.05.10 | PARANCO 12T            | Si hanno un notevole numero di accidentali dovute allo sganciamento della manichetta del maniglione.                                                         | Scelta nuovo tipo di attacco rapido per il maniglione.                                                                                                                                                                                          | 288  | RIPROGETTAZIONE | 120,0            | 480,0           | 43,80              | 0,80 | € 2.190     | 6,0                         | 1,5                        |
| 27 |         | PARANCO 12T            |                                                                                                                                                              | Verificare la possibilità di proteggere i cavi elettrici.                                                                                                                                                                                       |      | RIPROGETTAZIONE |                  |                 |                    |      |             |                             |                            |
| 28 | 1.08.05 | PARANCO 12T            | Si hanno un notevole numero di accidentali legate a problemi nella rotazione del gancio.                                                                     | Verificare la possibilità di mettere delle tubazioni rigide al posto dei flessibili che fanno la rotazione.                                                                                                                                     | 200  | RIPROGETTAZIONE | 180,0            | 720,0           | 45,63              | 1,25 | € 2.281     | 4,0                         | 1,0                        |
|    |         |                        |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                 |                  |                 | 1231,93            |      | € 61.596,42 | 123,5                       | 33,5                       |

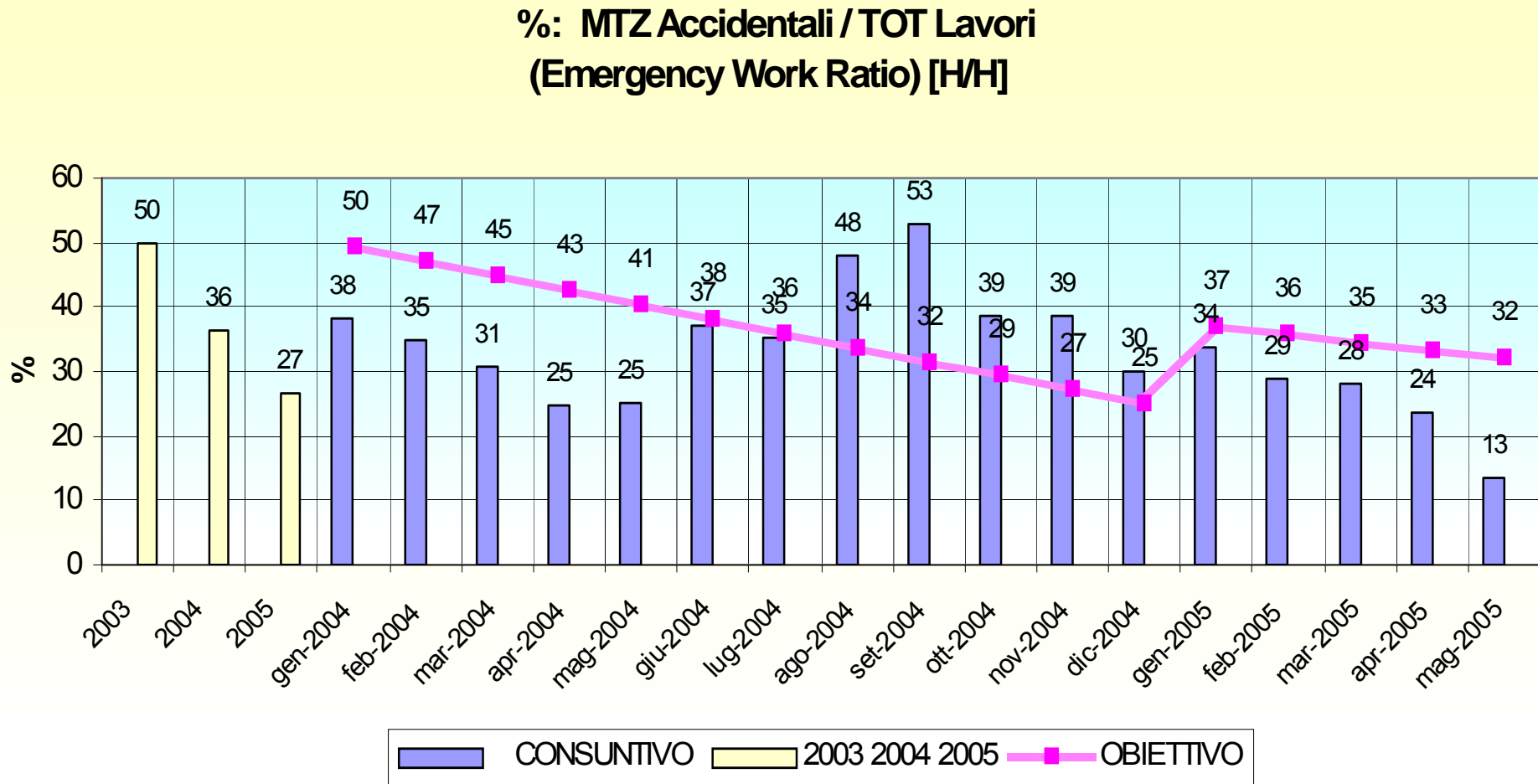
## Vantaggi associati all'applicazione dell'RCM analysis

Inoltre da questo processo conoscitivo, possono derivare oltre ai vantaggi tangibili, anche i seguenti benefici:

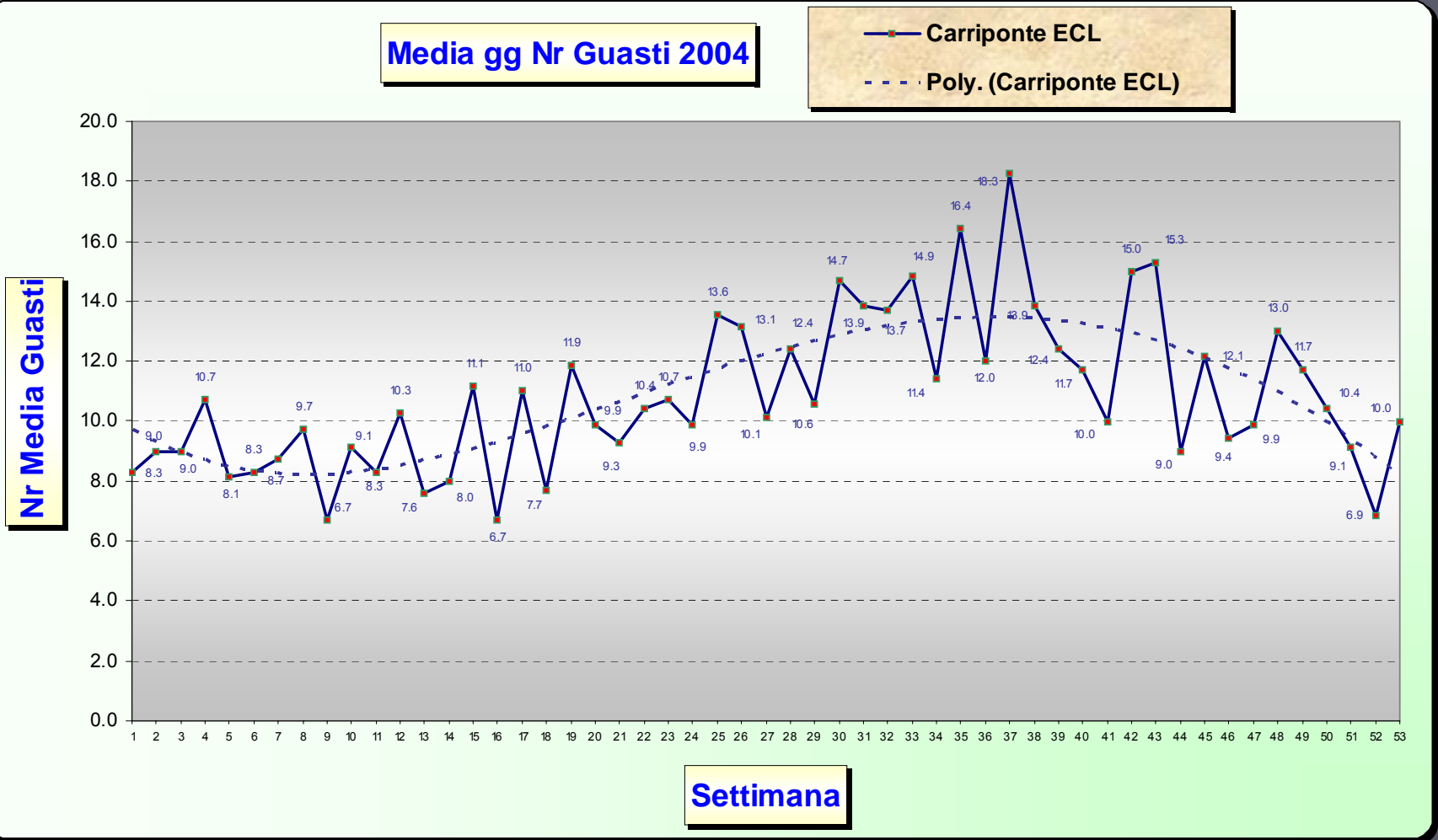
- ▶ notevole miglioramento delle conoscenze di come lavorano le macchine
- ▶ migliore comprensione dei modi di guasto delle macchine e delle cause che gli determinano
- ▶ miglioramento nelle prestazioni: fra gli obiettivi della RCM c'è quello di individuare le "tattiche manutentive" più adatte ad ogni modo di guasto
- ▶ maggiore efficacia ed efficienza economica della manutenzione: l'analisi di criticità che è associata alla RCM, consente di individuare le parti più importanti che fanno parte del sistema, ottimizzando l'utilizzo delle risorse
- ▶ maggiore coinvolgimento personale: nel processo RCM, i tecnici della manutenzione, gli ingegneri di affidabilità, gli operatori di macchina, ovvero tutti i soggetti che sono presenti nel ciclo di vita di una macchina hanno un ruolo nella gestione manutentiva
- ▶ creazione di una database dello storico della macchina
- ▶ aumento della vita utile dei componenti critici della macchina
- ▶ grande attenzione ai rischi sulla sicurezza delle persone e di impatto ambientale

- ▶ Primi risultati ottenuti in termini di:
  - Riduzione manutenzione di emergenza
  - Numero di guasti

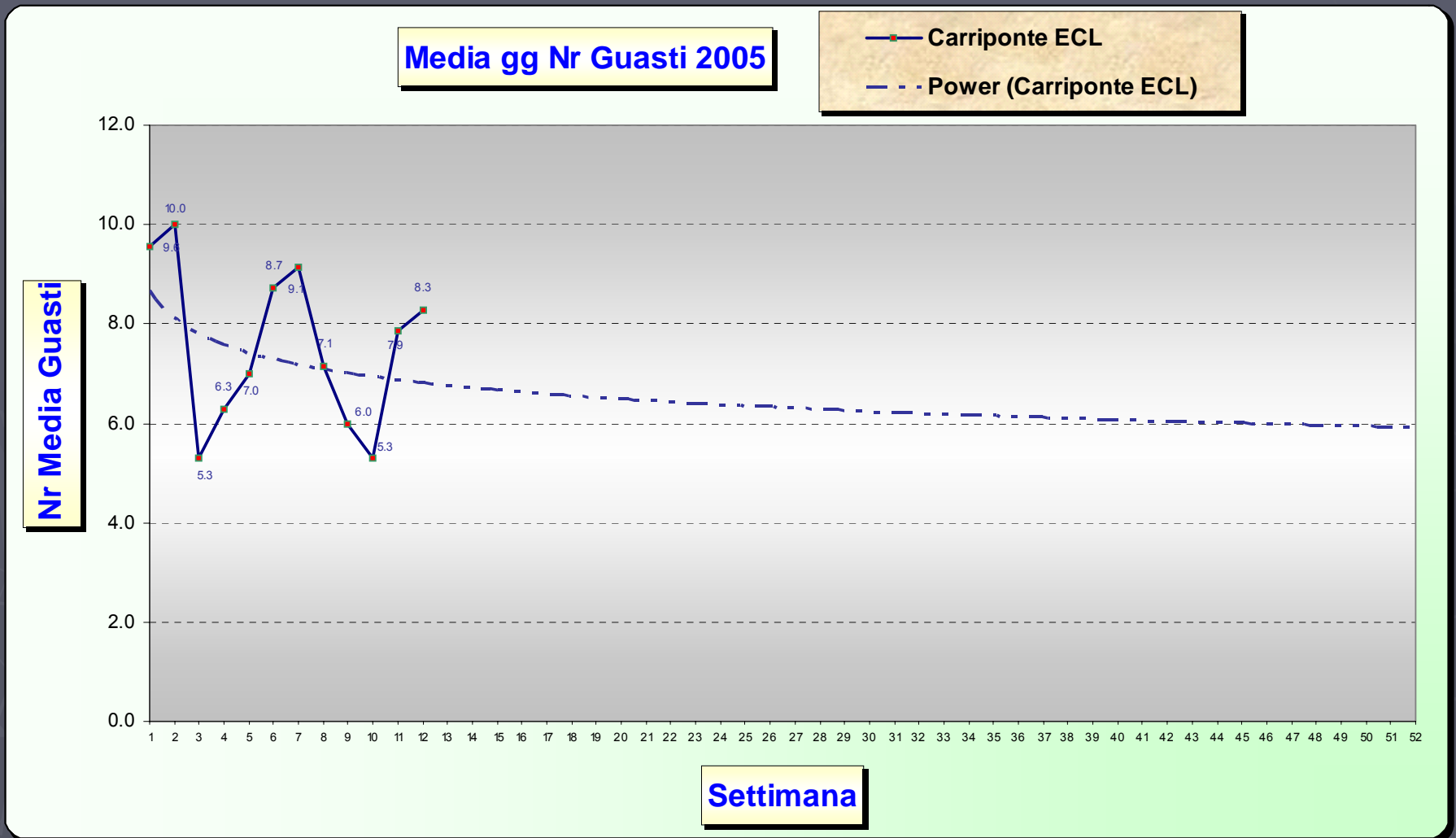
# Grafico andamento manutenzione di emergenza Reparto Elettrolisi



# Andamento guasti carriponte 2004

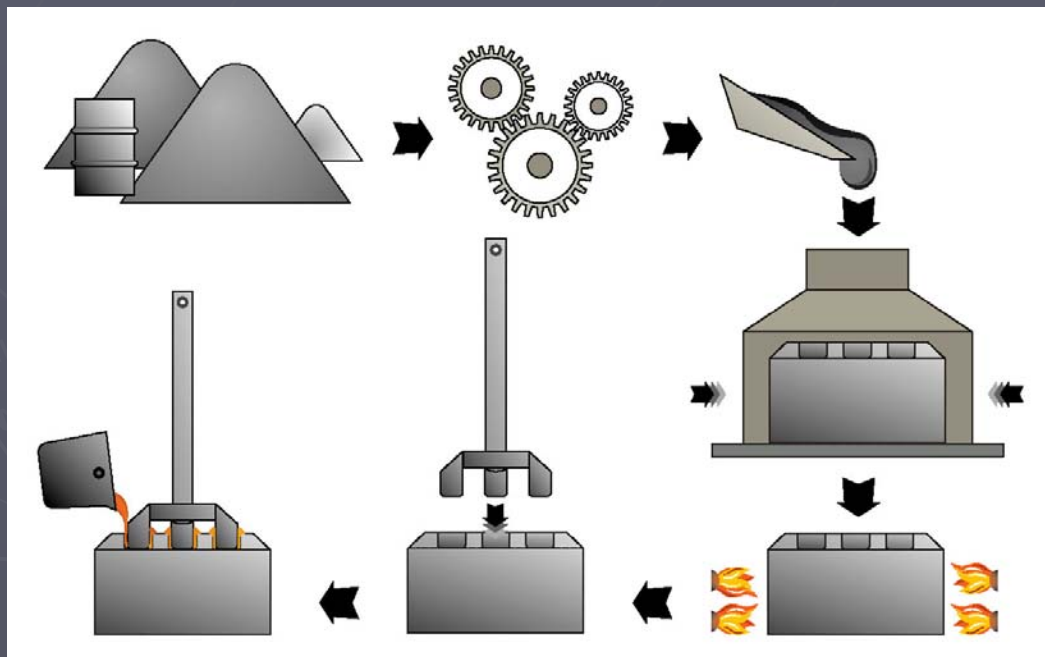


# Andamento guasti carriponte 2005



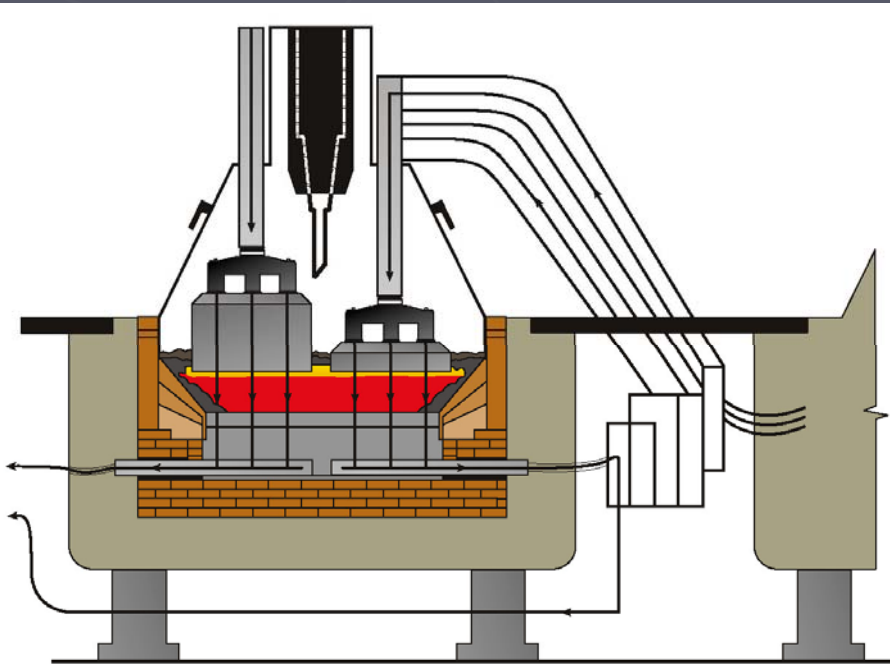


## Fabbrica anodi: formazione, calcinazione, inghisaggio degli anodi



## Elettrolisi: produzione alluminio liquido

Le celle sono progettate per un esercizio a 150 kA: sono costituite da una vasca metallica rivestita internamente in materiali refrattari, da una suola catodica in carbone ed una serie di 16 anodi calcinati, sospesi ad una barra portacorrente in alluminio, in un bagno di criolite fusa a 950°C. Il bagno elettrolitico è composto da allumina, criolite e fluoruro di alluminio. Il processo consiste nel decomporre l'allumina tramite una corrente continua che fluisce attraverso un bagno di criolite ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) fusa contenente l'allumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) disciolta: il metallo si deposita al catodo e l'ossigeno migra verso l'anodo. Il metallo liquido prodotto nelle celle è colato tramite aspirazione in apposite siviere e trasportato alla fonderia



## Fonderia: Forni di colata e macchina di colata

