

MAINTENANCE STORIES

“FATTI DI MANUTENZIONE”

GARDALAND HOTEL RESORT
8 GIUGNO 2005

“Un’analisi FMECA applicata ai veicoli di una attrazione:
il caso particolare di Sequoia Adventure”

Relatore .
Ing Duilio Spolador



Argomenti

1. Parco a tema ed attrazioni
2. Gardaland e la “Manutenzione”
3. Efficienza totale: affidabilità e disponibilità
4. Gli strumenti impiegati
5. FMECA
6. L’oggetto di discussione: la parte ludica
7. L’oggetto di discussione: la parte tecnica
 1. Caratteristiche tecniche
 2. Le particolarità
8. L’obiettivo dell’analisi
9. FMECA: il processo
10. Il sistema in “analisi” il veicolo di “Sequoia Adventure”
11. Selezione della macchina critica: “Il sistema di contenimento dell’ospite”
 1. La chiusura addominale
 2. La chiusura spallare
 3. Il sedile
9. La scomposizione: un esempio
→ “E-BLOCK”
10. Individuazione dei modi di guasto: un esempio
11. Individuazione degli effetti: un esempio
14. I pesi per la valutazione qualitativa
15. La criticità
16. La probabilità
17. L’integrazione tramite esperienze pregresse
18. La valutazione
19. Le schede e la valutazione: un esempio
20. Risultati
21. Modifiche e migliorie
22. Conclusioni



Parco a tema ed attrazioni

- Il “Parco a tema” è una città del tempo libero, ambientata in un contesto architettonico/paesaggistico di grande suggestione con un equilibrato mix di attrazioni, ricettività e commercio specializzato ed integrato. È quindi:

l'evoluzione del parco di divertimenti tradizionale ad un modello urbanistico complesso e fortemente integrato.

- Una “attrazione” è un macchinario più o meno complesso che trasporta/veicola persone lungo un percorso (può essere anche virtuale) facendogli eseguire, per il loro divertimento, determinate evoluzioni in sicurezza, in un ambiente opportunamente tematizzato ed inserito in un particolare ambiente urbanistico. È quindi:

la naturale evoluzione della giostra



Gardaland e la “Manutenzione”

- Gardaland “proietta” quindi l’ospite in un mondo “fantastico” dove:
divertimento, azione, natura, ambiente, servizi e disponibilità sono i principale ingredienti
è perciò una realtà viva e dinamica ad elevato contenuto tecnologico, sociale ed organizzativo
- Gardaland ha voluto e vuole ottimizzare la vita economica dei “beni” a vantaggio degli utenti/ospiti e dell’azienda, per questo:
ha allineato la propria gestione tecnica allo logica della TPM
realizzando un approccio interfunzionale e dinamico di tutto il ciclo (processo) produttivo: dall’acquisto all’alienazione del bene passando per l’operatività e la manutenzione
in poche parole

“*EFFICIENZA TOTALE*”



EFFICIENZA TOTALE significa anche: affidabilità e disponibilità

L'affidabilità per Gardaland è strategica perché

- soddisfa il bisogno primario
 - ▶ la sicurezza dell'Ospite
- diventa disponibilità dell'impianto
 - ▶ l'Ospite fruisce dell'attrazione senza problemi e nel tempo che si aspetta
- è un profitto indiretto:
 - ▶ “immagine” e soddisfazione dell'Ospite
- è un profitto diretto:
 - ▶ attività commerciali gravitanti intorno all'attrazione, molto penalizzate se l'attrazione è ferma

ma qual è l'approccio logico-funzionale e quali strumenti utilizza per realizzarla?



L'approccio e gli strumenti utilizzati

Gardaland per “massimizzare” l’efficienza degli impianti ha:

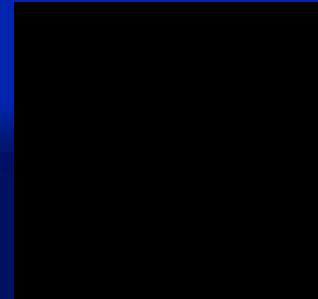
- ▶ sviluppato un “SISTEMA” completo di manutenzione
Come?
- ▶ coinvolgimento tutti coloro che progettano, usano e fanno manutenzione
Con che cosa?
- ▶ utilizzando gli strumenti fondamentali che, in una ottica TPM, sono:
 - ▶ Analisi FMECA Failure Modes Effects & Criticality Analysis
 - ▶ Sistema informativo della manutenzione



- La “Failure Modes and Effects Criticality Analysis” è:
 - ▶ *una metodologia di tipo qualitativo che permette di evidenziare i modi di guasto dei componenti che potrebbero compromettere la funzionalità del “sistema”*
- Con l’obiettivo di:
 - ▶ *individuare in modo sistematico tutti i possibili guasti dei componenti che costituiscono l’impianto*
 - ▶ *valutarne le conseguenze e classificare, seppur in termini qualitativi, i componenti secondo una classifica di criticità, ossia di gravità delle conseguenze che si generano a seguito del guasto stesso*



L'oggetto di discussione: la parte ludica



L'oggetto di discussione: la parte tecnica

- Sequoia Adventure è un nuovo concetto di attrazione
 - ▶ è un ibrido tra una caduta libera (free fall tower) ed un ottovolante (roller-coaster).
- L'emozione consiste nel
 - ▶ precipitare per tre volte di seguito e percorrere i tratti fra le cadute esterne a testa in giù



Caratteristiche tecniche

- **Nome tecnico:** Screaming Squirrel™
- **Costruttore:** S&S Worldwide, Inc. – Logan, Utah USA
- **Costruzione:** January 2005
- **Numero:** SS2004-4
- **Serial Number:** 2004-SSQ-0010
- **N° massimo di veicoli:** 10
- **Capacità:** 4 per veicolo
- **Tempo di percorrenza:** 75 sec
- **Potenza installata:** 160 Kw
- **Dimensioni (BxHxL):** [m] 9.5x27.13x(34 livello terra)/(44 impronta a terra)
- **Sviluppo:** 130m (parte attiva) 165m totali
- **Peso veicolo:** 1020kg
- **capacità di carico:** 450 kg
- **Peso:** 180000 kg
- **Sistema di controllo:** Hallen&Bradley (2PLC + rete)



Le particolarità

- gli aspetti tecnici che maggiormente ci colpiscono per una attrazione di questo tipo sono:
 - ▶ Il sistema di controllo
 - ▶ Il veicolo ed il suo sistema di contenimento/bloccaggio dell'ospite



L'obiettivo dell'analisi

sempre in un'ottica coerente con TPM, ed assieme al costruttore dell'attrazione, è stata svolta la FMECA con il preciso intento di:

1. Identificare tutti i potenziali pericoli (passeggero, pubblico, operatori e manutentori)
2. Identificare i guasti, gli errori umani che possono causare/guidare un “incidente”
3. Classificare i pericoli
4. Assegnare la probabilità che un certo evento possa capitare
5. Identificare le misure preventive da intraprendere per limitare il rischio di incidente e guasto



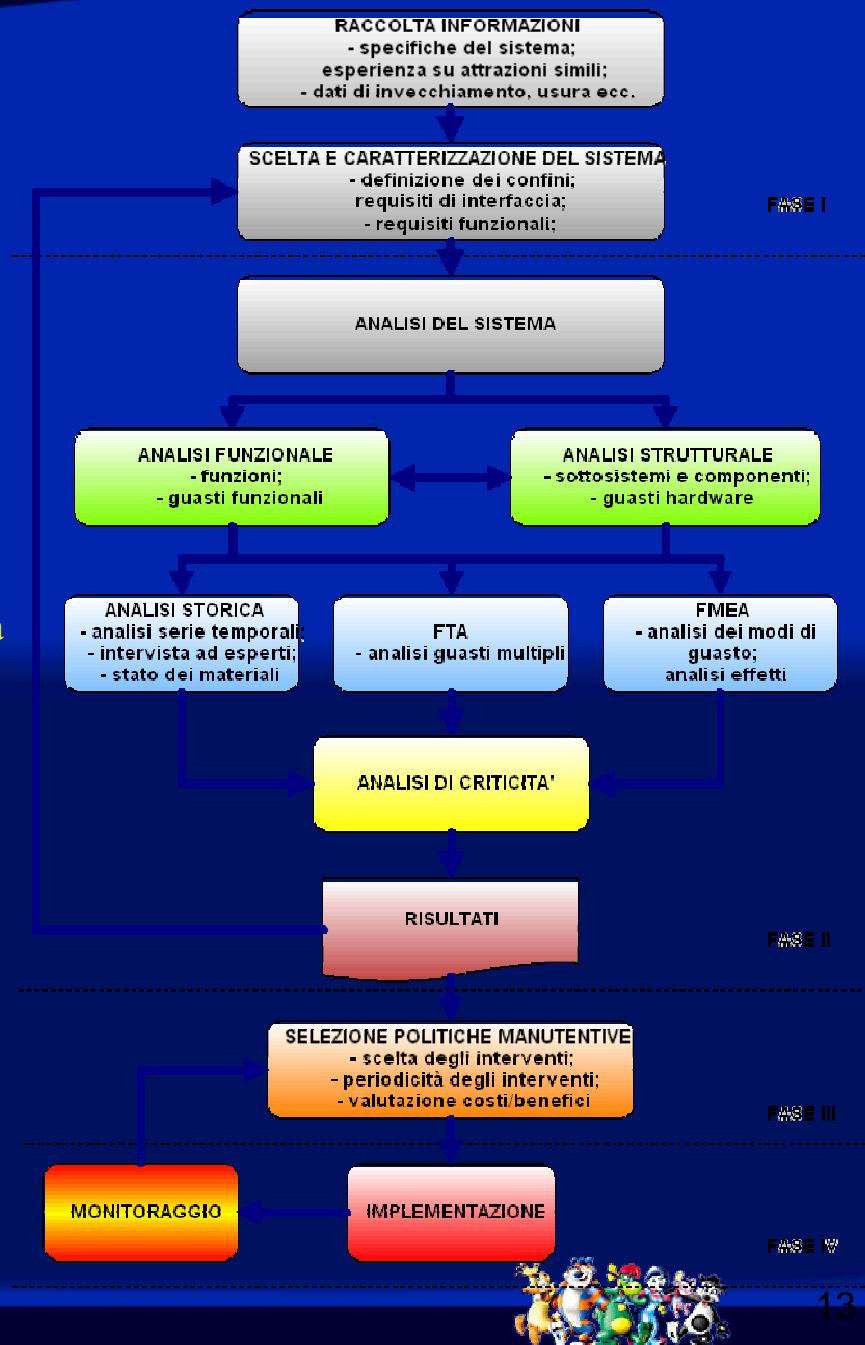
FMECA: il processo

L'analisi è stata svolta in più periodi:

- I si raccolgono le informazioni e si caratterizza il sistema (attività preparatoria)
- II si analizza il sistema effettuando una valutazione qualitativa/quantitativa dei possibili guasti e loro criticità, confrontandoli con i dati "storici"
- III si predispongono le varianti alle specifiche di Progetto ritenute più convenienti ed efficaci per evitare/mitigare i guasti individuati come critici
- IV vengono organizzati gli interventi di manutenzione programmata (dalla check- list di controlli giornalieri per il nulla-osta all'avviamento alla manutenzione predittiva, alla fermata generale, alla lista ricambi...).

Il 2° periodo è la FMECA vera e propria ovvero:

- A. Selezione della macchina critica
- B. Scomposizione della macchina in:
 - I. Sistema
 - II. Sottosistema
 - III. Insieme
 - IV. Sottoinsieme
- C. Individuazione dei modi di guasto,
- D. Analisi degli effetti
- E. Analisi di criticità
- F. individuazione degli elementi critici/risultati
- G. Formulazione dei piani di manutenzione
- H. Attivazione dei piani di manutenzione
- I. Controllo dei risultati e ritaratura



Il sistema in “analisi”: il veicolo

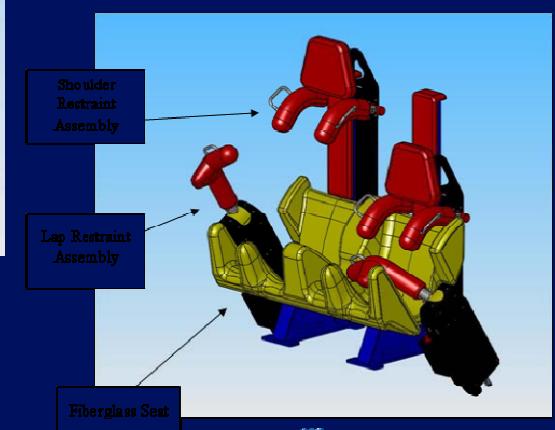
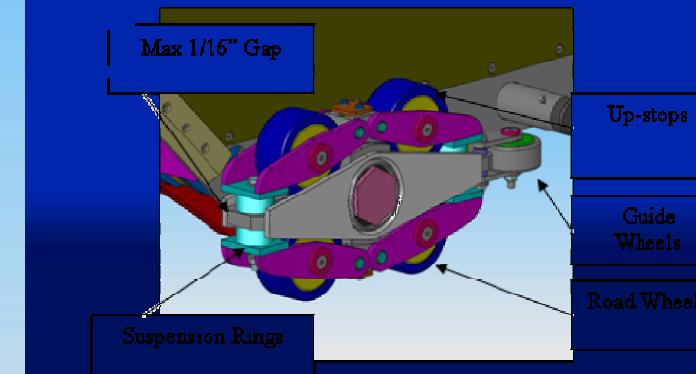
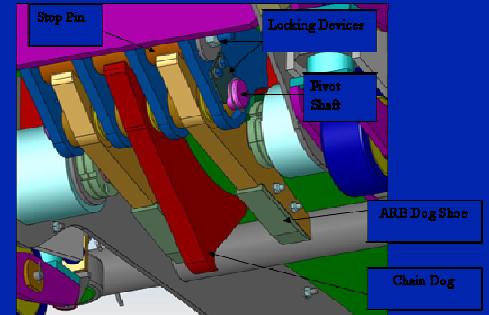
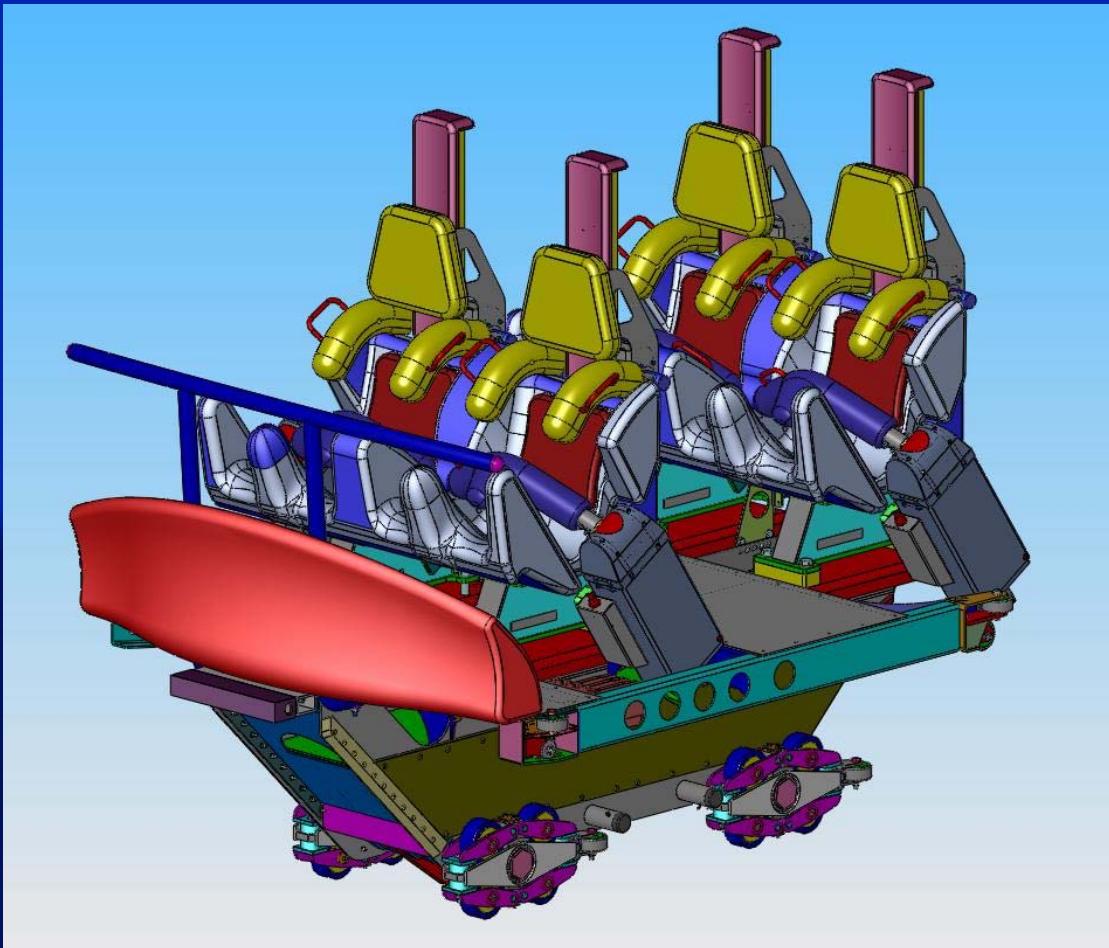


Figure 10

Selezione della macchina critica: “Il sistema di contenimento dell’ospite”

I macro elementi che compongono il sistema sono:

1. Il sedile
2. La chiusura addominale
3. La chiusura spallare

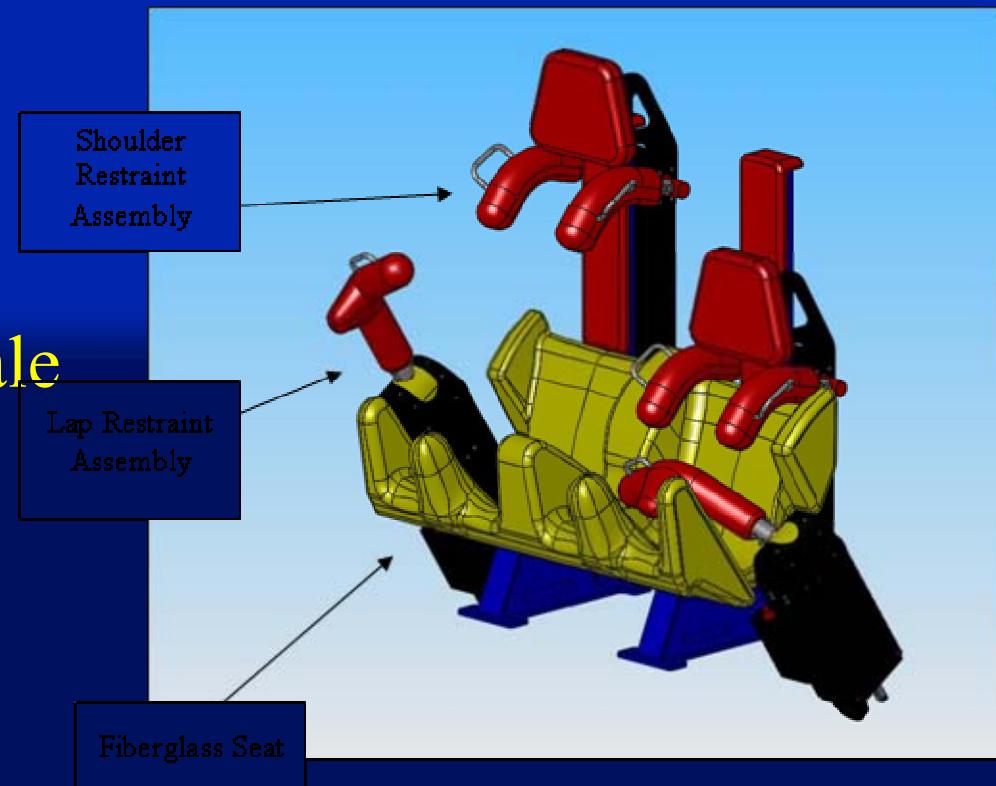
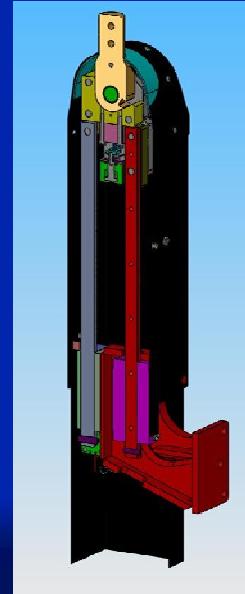
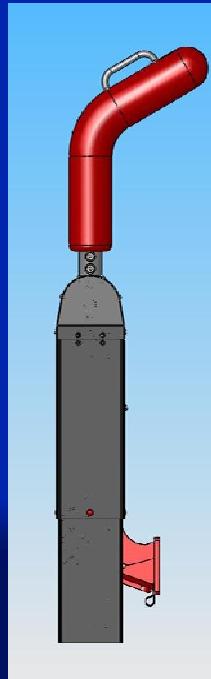


Figure 16: Passenger Restraint System

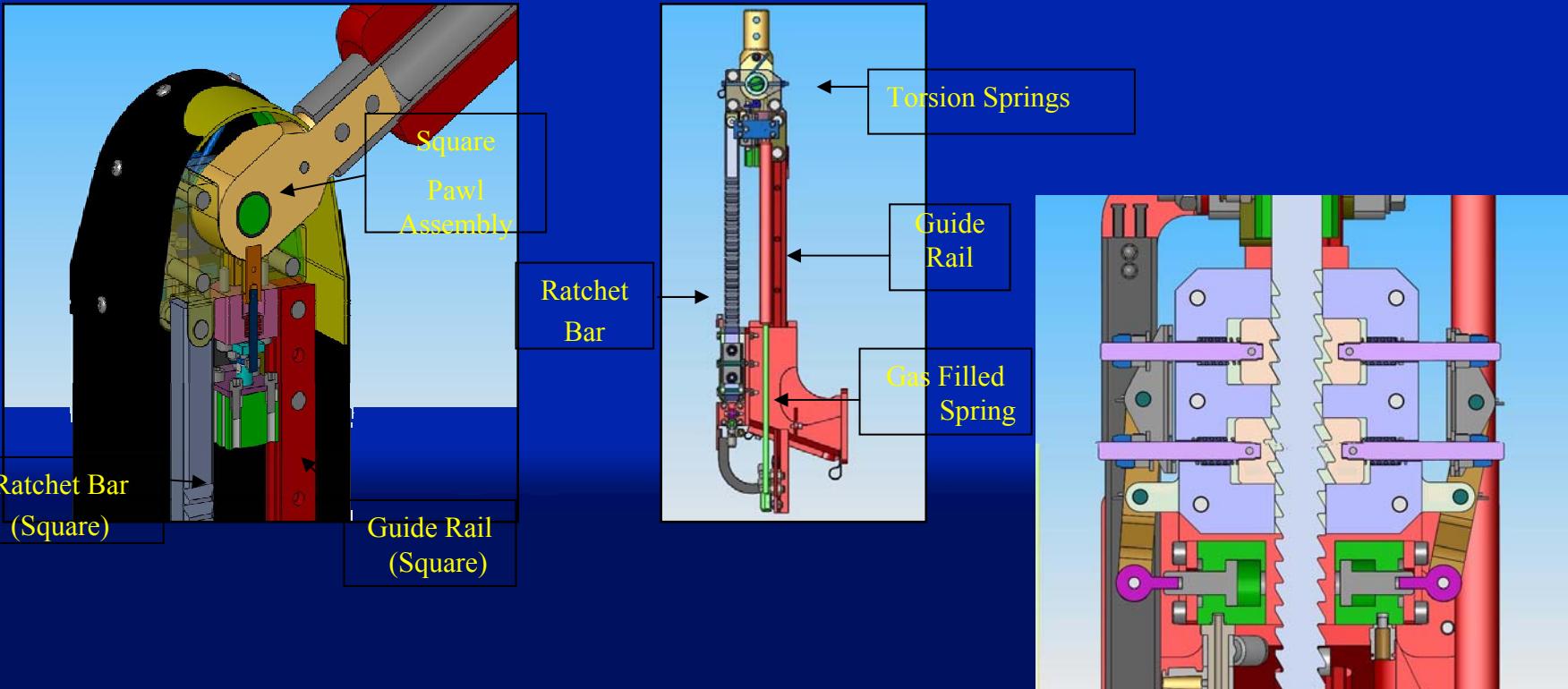
La chiusura addominale – Lap Restraint (1)



la chiusura avviene secondo 2 direzioni:

- ▶ rotazione della barra di 60° (posizione chiusa/aperta)
 - ▶ traslazione (telescopopica) sia in salita che in discesa (25.4 cm)
- l'apertura del sistema avviene pneumaticamente tramite pistoni. L'aria compressa viene fornita solo in stazione, il sistema è quindi intrinsecamente sicuro

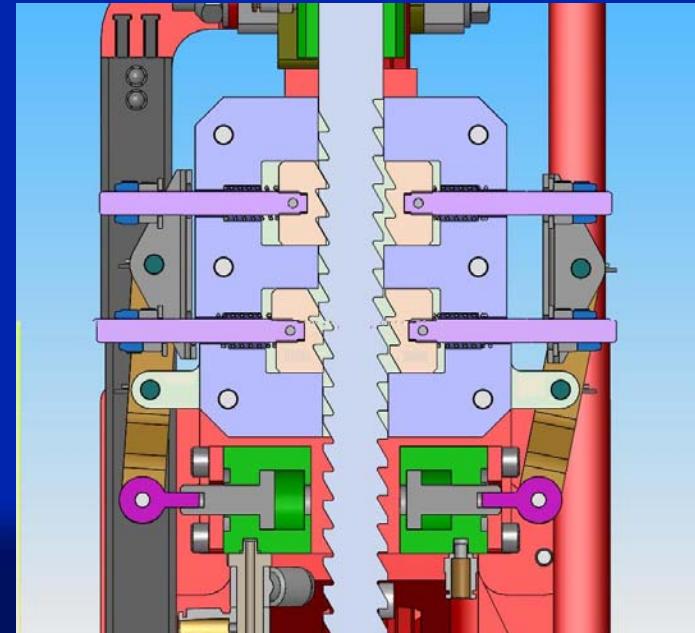
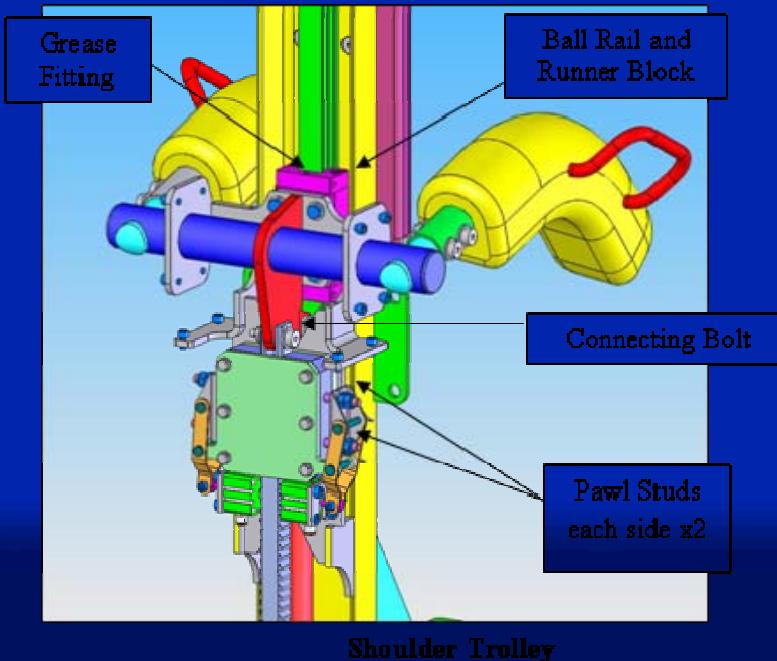
La chiusura addominale – Lap Restraint (2)



Il sistema di bloccaggio è doppio (ridondanza) sia per la rotazione sia per la traslazione

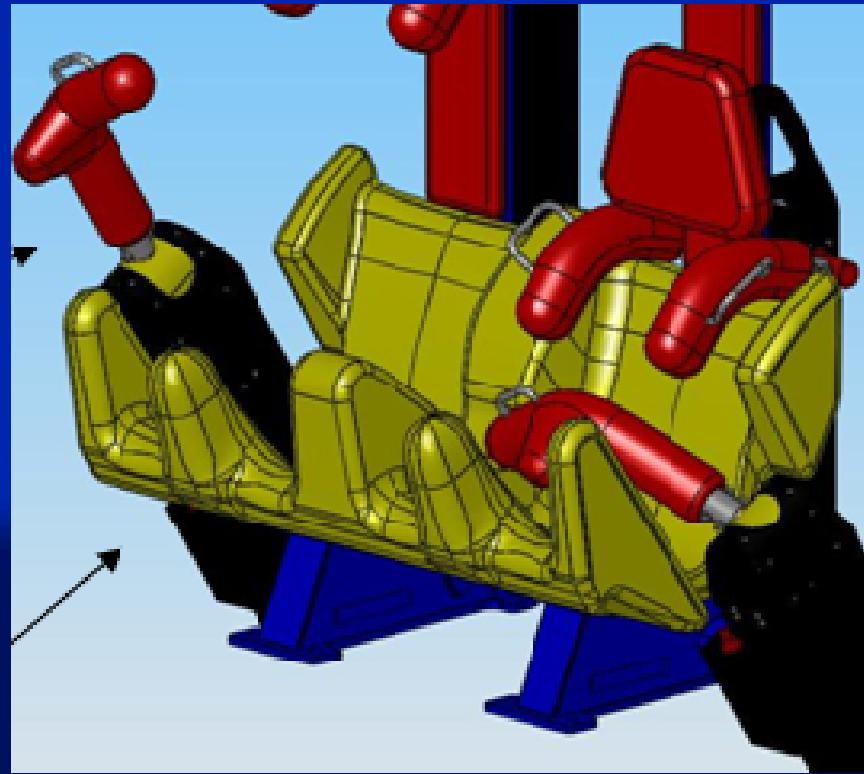
- Il primo blocca il perno della barra fermandone la rotazione
- Il secondo è un doppio sistema ad arpionismo

La chiusura spallare: shoulder restraint



- Il sistema di bloccaggio delle spalle (shoulder restraint assembly trolley) è analogo al sistema addominale a meno della rotazione
- si muove telescopicamente di 40 cm.
- È aiutato nella traslazione da una molla a gas e viene bloccato da nottolini che ingaggiano la barra a dente di sega (E-BLOCK)

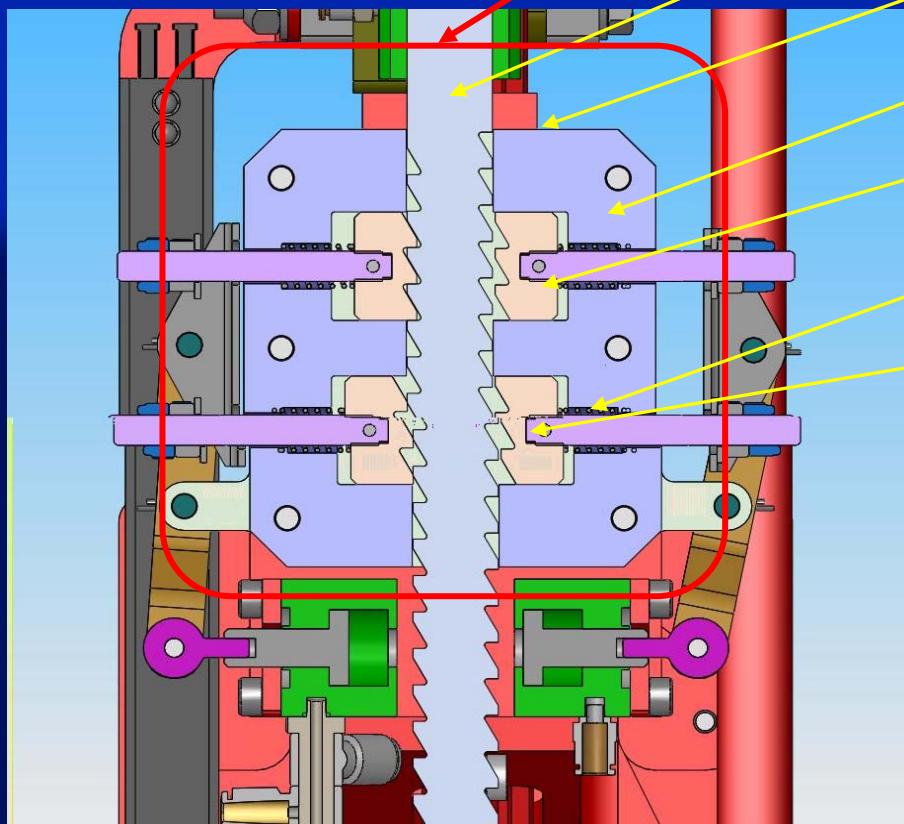
Il sedile



Il sedile è realizzato in fibra di vetro e la sua forma incavata è stata studiata per massimizzare la sicurezza dell'ospite

La scomposizione: un esempio → “E-BLOCK”

albero	SOTTO SISTEMA	INSIEME	SOTTO INSIEME
1.03.01	Chiusura addominale	E-block	barra arpionismo
1.03.02			collegamento al supporto
1.03.03			blocco di arresto
1.03.04			nottolino
1.03.05			molla
1.03.06			fissaggio



Individuazione dei modi di guasto: un esempio

albero	SOTTO SISTEMA	INSIEME	SOTTO INSIEME	FAILURE MODE
1.03.01	Chiusura addominale	E-block	barra arpionismo	rottura barra deformazione locale
1.03.02			collegamento al supporto	Rottura del sostegno deformazione locale
1.03.03			blocco di arresto	Rottura del blocco deformazione locale
1.03.04			nottolino	Rottura nottolino deformazione locale
1.03.05			molla	Rottura molla Molla inceppata aperta
1.03.06			fissaggio	allentamento Rottura e caduta Rottura



Individuazione degli effetti: un esempio

albero	SOTTO SISTEMA	INSIEME	SOTTO INSIEME	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
					Locale	Sistema
1.03.01	Chiusura addominale	E-block	barra arpionismo	rottura barra	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
				deformazione locale	movimento non fluido, nottolino potrebbe non ingranare	ritardo nella chiusura, passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
1.03.02			collegamento al supporto	Rottura del sostegno	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
				deformazione locale	movimento non fluido, nottolino potrebbe non ingranare	ritardo nella chiusura, passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
1.03.03			blocco di arresto	Rottura del blocco	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
				deformazione locale	movimento non fluido, nottolino potrebbe non ingranare	ritardo nella chiusura, passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
1.03.04			nottolino	Rottura nottolino	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
				deformazione locale	movimento non fluido, nottolino potrebbe non ingranare	ritardo nella chiusura, passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
1.03.05			molla	Rottura molla	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
				Molla inceppata aperta	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	ritardo nella chiusura, passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
1.03.06			fissaggio	allentamento	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
				Rottura e caduta	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	ritardo nella chiusura, passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura
				Rottura	nottolino potrebbe non bloccare	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura



I pesi per la valutazione: l'analisi qualitativa

individuati i modi di guasto e gli effetti (locali e di sistema) è stato determinato il modo di detezione (scoperta/investigazione) e successivamente misurato il rischio che un tale evento genera in termini di:

- Criticità
- Probabilità

ed integrati con le “esperienze pregresse” in base a:

- storico su applicazioni simili
- esperienza
- stato del materiale

La criticità

La criticità è stata divisa per classi in funzione di:

- perdita di prestazione (produttività)
- pericolosità (uomini/mezzi)

sono stati scelti 5 livelli di criticità crescente

CLASSE	CRITICITA'	DESCRIZIONE
1	safe/non pericoloso	non si hanno conseguenze per l'operatività dell'attrazione o sicurezza
2	minor/marginale	avviso senza fermo attrazione, il livello di sicurezza potrebbe essere ridotto
3	major/importante	fermo attrazione in sicurezza con totale perdita di operatività
4	critical/critico	fermo attrazione con danno agli equipaggiamenti
5	catastrophic/catastrofico	infortunio con pericolo di morte



La probabilità

La classificazione della probabilità che l'evento possa accadere durante la vita dell'attrazione è stato diviso in 4 classi

CLASSE	STIMA	DESCRIZIONE
1	highly unlikely/altamente improbabile	l'occorrenza di questo evento non è probabile (atteso) durante la vita dell'attrazione
2	unlikely/improbabile	l'occorrenza di questo evento non è probabile (atteso) ma potrebbe accadere durante la vita dell'attrazione
3	likely/probabile	l'occorrenza di questo evento è probabile (atteso)
4	highly likely/altamente probabile	l'occorrenza di questo evento può accadere più volte durante la vita dell'attrazione



- Storico su applicazioni simili

- Il sistema a doppio arpionismo (E-Block) con barra a dente di sega è utilizzato anche in altre attrazioni (2 ottovolanti).
- Il numero di aperture/chiusure finora fatte da tale sistema è di 33 milioni di cicli pari a 56000h senza guasto → rateo di guasto $\lambda_m = 1.8 \text{ E-5 [1/T]}$
- La vita media stimata dell'attrazione (Sequoia Adventure) 20 stagioni ovvero 50000h (18 milioni di cicli) → rateo di guasto $\lambda_s = 2.0 \text{ E-5 [1/T]}$ stimato

Risultato:

$\lambda_s > \lambda_m$ è quindi ragionevole affermare che il guasto non è atteso durante la vita dell'attrazione

- Esperienza

- Le ispezioni/controlli/attività manutentiva fatta su sistemi analoghi non ha messo in evidenza cedimenti o indebolimenti che facessero presagire un eventuale guasto

- Stato del materiale

- Il materiale impiegato ha le stesse caratteristiche quindi ci si aspetta un comportamento identico

- CONCLUSIONE

- L'insieme avrà classe di criticità 5 e classe di probabilità di accadimento 1



La valutazione

- È stata utilizzata la matrice di rischio
- Per ogni sottoinsieme è stato valutato il rischio R come:
 $R = \text{Criticità} \times \text{Probabilità}$

F	4	8	12	16	20	
4	4	8	12	16	20	
3	3	6	9	12	15	
2	2	4	6	8	10	
1	1	2	3	4	5	
	1	2	3	4	5	C

Le schede e la valutazione: un esempio

[<altre schede>](#)

albero	SOTTO SISTEMA	INSIEME	SOTTO INSIEME	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		C	P	COMPENSAZIONE		
					Locale	Sistema			PROGETTO	MANUTENZIONE	APERATORI
1.03.01	Chiusura addominale	E-block	barra arpionismo	rottura barra	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura	5	1	aumentare il fattore di sicurezza, ridondanza	verifica giornaliera, revisione annuale	prova a strappo
					movimento non fluido, nottolino potrebbe non ingranare	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura			aumentare il fattore di sicurezza, ridondanza		
1.03.02		collegamento al supporto	rottura del sostegno	deformazione locale	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura	5	1	aumentare il fattore di sicurezza, ridondanza, molla chiusa	verifica giornaliera, revisione annuale	prova a strappo
					movimento non fluido, nottolino potrebbe non ingranare	ritardo nella chiusura, passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura			aumentare il fattore di sicurezza, ridondanza, molla chiusa		
1.03.03		blocco di arresto	rottura del blocco	deformazione locale	perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura	5	1	aumentare il fattore di sicurezza, ridondanza, molla chiusa	verifica giornaliera, revisione annuale	prova a strappo
					movimento non fluido, nottolino potrebbe non ingranare	ritardo nella chiusura, passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura			aumentare il fattore di sicurezza, ridondanza, molla chiusa		
1.03.04		nottolino	rottura nottolino		perdita del bloccaggio, la slitta è libera di muoversi	passeggeri potrebbero uscire dalla chiusura	5	1	aumentare il fattore di sicurezza, ridondanza	verifica giornaliera, revisione annuale	prova a strappo



Risultati (chiusura addominale)

- Nella tabella:
la densità delle occorrenze del sistema di chiusura addominale (lap-bar)
- Le occorrenze con maggiore rischio R sono generate dalla rottura o deformazione del profilo a dente di sega o dall'inceppamento (jam) del nottolino di arresto all'interno del pettine (E-Block) o del blocco di rotazione
Per ridurne la probabilità dell'evento (2→1) è stato deciso di adottare
 1. un sistema ridondante (doppio nottolino)
 2. modificato/aggiornato il piano di controllo periodico
 3. Migliorato il sistema di detezione e controllo



F	1	2	3	4	5	C
4	0	0	0	0	0	
3	0	0	2	0	0	
2	0	1	32	10	10	
1	0	1	10	2	26	
	1	2	3	4	5	

Risultati (chiusura spallare)

- Nella tabella:
la densità delle occorrenze del sistema
di chiusura spallare (shoulder
restraint)
- Le occorrenze con maggiore rischio R
sono generate dalla rottura o
deformazione del profilo a dente di
sega o dall'inceppamento (jam) del
nottolino (come già visto per la
chiusura addominale).
Anche in questo caso è stato:
 1. adottato un sistema ridondante
 2. modificato il piano di controllo
periodico



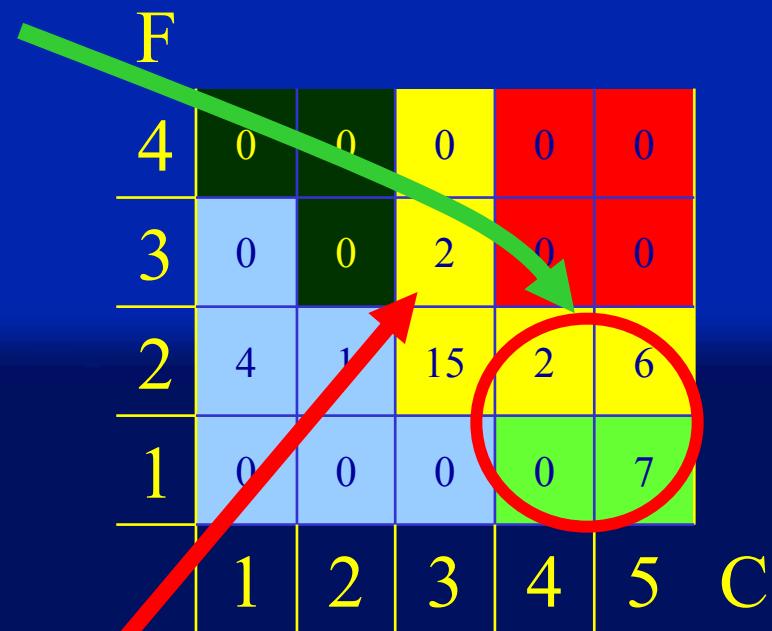
A 5x5 table representing the density of occurrences of the shoulder closure system. The columns are labeled C (1 to 5) and the rows are labeled F (1 to 4). The table shows the following data:

	1	2	3	4	5
1	0	1	5	1	14
2	0	2	16	6	6
3	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0

The cell at row 3, column 3 (3,3) contains the value 16, which is circled in red. A red arrow points from the text 'Le occorrenze con maggiore rischio R sono generate dalla rottura o deformazione del profilo a dente di sega o dall'inceppamento (jam) del nottolino' to this cell.

Risultati (parti comuni)

- Nella tabella:
la densità delle occorrenze della parte condivisa del sistema (chiusure e sedile)
- Le occorrenze con maggior rischio R sono generate dal guasto della parte pneumatica (inceppamento delle valvole) o rottura del supporto sedile.
In questo caso è stato:
 1. Modificato il sistema pneumatico
 2. Migliorata e rinforzata la vetroresina del sedile
 3. Migliorato il sistema di detezione e controllo
 4. Modificato/aggiornato il piano di controllo periodico
- Inoltre, gli eventi con maggior probabilità relativi all'imbottitura delle chiusure, sono stati migliorati:
 1. Modificando la qualità e grammatura della schiuma
 2. Adottando un sistema di facile e rapida sostituzione



Modifiche e migliorie

L'analisi fatta ha evidenziato ulteriori significativi punti a rischio, come:

- A) $R=10$ per tre condizioni legate alle procedure operative di controllo prima del lancio del veicolo

In questo caso è stato:

1. Predisposto un idoneo addestramento del personale
2. Istituito il controllo incrociato da parte degli operatori (consenso simultaneo alla partenza)
3. Migliorato il sistema di automazione e controllo (friendly user)

- B) Altri eventi, legati alla loro elevata “probabilità” di accadimento (non criticità) hanno portato ad ulteriori migliorie. In particolare la parte pneumatica installata sul veicolo è stata modificata/migliorata

In questo caso è stato:

1. Predisposto un circuito per l'apertura in emergenza in caso di guasto al compressore
2. Realizzata la protezione e cablaggio della parte pneumatica foto
3. Limitata la corsa telescopica delle chiusure

Conclusioni

- Le indicazioni fornite dall'analisi ci hanno permesso in maniera "semplice" di individuare gli "eventi" con rischio maggiore.
- Il lavoro combinato "progettista ↔ manutentore" nella fase progettuale ha permesso di:
 - Stabilire i punti critici
 - Definire le procedure di detezione e controllo
 - Integrare e migliorare il sistema in maniera da ridurre l'incidenza dell'evento (criticità) e la probabilità che esso accada, ovvero: l'impianto/attrazione deve mantenere nel tempo le sue prerogative di:
sicurezza, affidabilità e disponibilità
 - Definire i piani di manutenzione
 - Definire lo stock di magazzino
- La Direzione Tecnica e Manutenzione di Gardaland ha voluto ed applicato, fin dal '94, le logiche della manutenzione produttiva. Questo ha permesso, già in fase di definizione del progetto, il trasferimento di informazioni ed idee provenienti dal "campo"
- Il patrimonio di esperienza ed il miglioramento della manutenzione, ma anche della produzione, ci ha permesso di agire anticipatamente sui problemi di: affidabilità, disponibilità e rendere più facile e meno costosa la manutenzione.
- Sarà necessario poi verificare/analizzare e monitorare i risultati nel tempo e predisporre le basi per il miglioramento continuo



La T.P.M. Total Productive Maintenance

- Questo approccio significa:
 - Massimizzare l'efficienza degli impianti
 - Sviluppare un “SISTEMA” completo di manutenzione
 - Coinvolgimento nel programma di tutti coloro che progettano, usano, fanno manutenzione
- Vantaggi
 - Riduzione del lead-time negli interventi manutentivi
 - Guida la manutenzione ciclica e quindi ottimizza tempi/costi/ricambi
 - Fornisce preziose informazioni ai progettisti di macchine ed impianti
 - Supporta il sistema di qualità
 - Riduce i costi della non qualità ed individua i fattori di disturbo
 - Riduce i costi del prodotto
 - Facilita l'interiorizzazione del valore impianto/macchina nel personale

Modifiche e migliorie: apertura di emergenza



Modifiche e migliorie: protezione



Modifiche e migliorie: Pistoni Freni



La scomposizione: Lap Restraint (1)

tree code	SUBSYSTEM	ASSEMBLY	SUBASSEMBLY
1.01.01	Lap restraint	weldment	Plates
1.01.02			Welds
1.01.03			Fasteners
1.02.01	Slyde system	Slide bar	
1.02.02		Slide block	
1.02.03		Fasteners	
1.03.01	E-block lock	Ratchet bar	
1.03.02		Attachement to structure	
1.03.03		Lock block	
1.03.04		Pawl	
1.03.05		Springs	
1.03.06		Fasteners	
1.04.01	Slide lock release	Actuators	
1.04.02		Linkage	
1.04.03		Threads/fasteners	
1.04.04		Pneumatic fitting	
1.05.01	Gas Springs	Gas spring	
1.05.02		Mount	
1.05.03		Threads/fasteners	
1.06.01	Pivot Block	Block	
1.06.02		Side Plates	
1.06.03		Threads/fasteners	
1.07.01	Pivot shaft	Shaft	
1.07.02		Thrust washers	
1.07.03		Torsion spring	
1.07.04		Threads/fasteners	
1.08.01	Lug	Lug	
1.08.02		Bushings	
1.09.01	Square Pawl	Pawl	

tree code	SUBSYSTEM	ASSEMBLY	SUBASSEMBLY
1.09.02			Springs
1.09.03			Springs capture block
1.09.04			Fasteners
1.10.01	Lock sensor		Pawl sensor
1.10.02			Fiber optic cable
1.10.03			Cable splice
1.10.04			Cable support
1.11.01	Pawl release		Actuators
1.11.02			Linkage
1.11.03			Threads/fasteners
1.11.04			Pneumatic fitting
1.12.01	Lap Bar		Tube
1.12.01			Welds
1.12.02			Fasteners
1.12.03			Reaction post
1.12.04			Foam
1.12.05			Handlers
1.13.01	Covers		Top Cover
1.13.02			Top cover slide
1.13.03			Inner cover
1.13.04			Outer cover



La scomposizione: Shoulder Restraint(2) e Common(3)

tree code	SUBSYSTEM	ASSEMBLY	SUBASSEMBLY
2.01.01	Shoulder Restraint	Trolley Weldment	Trolley
2.01.02			Welds
2.01.03			Fasteners
2.02.01		Slide System	Slide bar
2.02.02			Slide block
2.02.03			Fasteners
2.03.01		E-Block lock	Ratchet bar
2.03.02			Attachement to structure
2.03.03			Lock block
2.03.04			Pawls
2.03.05			Springs
2.03.06			Fasteners
2.04.01		Slide lock release	Actuators
2.04.02			Linkage
2.04.03			Threads/fasteners
2.04.04			Pneumatic fitting
2.05.01		Gas Springs	Gas spring
2.05.02			Mount
2.05.03			Threads/fasteners
2.06.01		Headrest	Welds
2.06.02			Fasteners
2.06.03			Pad
2.07.01		Shoulder Bar	Tube
2.07.02			Fasteners
2.07.03			Foam
2.07.04			Handles
2.08.01		Covers	Top cover
2.08.02			Inner cover
2.08.03			Outer cover

tree code	SUBSYSTEM	ASSEMBLY	SUBASSEMBLY
3.01.01	Common Restraint	Seat Weldment	Plates
3.01.02			Welds
3.01.03			Fasteners
3.02.01		Fiberglass	Glass
3.02.02			Insert
3.03.01		Realase Pneumatic	Air Suply
3.03.02			Restraint Release Valve
3.03.03			Release actuators
3.03.04			Emergency release valve
3.03.05			Air hose
3.03.06			Manifold/fitting
3.04.01		Operators	Fail to tug
3.04.02			Fail to check snug
3.04.03			Passenger escape



La T.P.M. Total Productive Maintenance

- Questo approccio significa:
 - Massimizzare l'efficienza degli impianti
 - Sviluppare un “SISTEMA” completo di manutenzione
 - Coinvolgimento nel programma di tutti coloro che progettano, usano, fanno manutenzione
- Vantaggi
 - Riduzione del lead-time negli interventi manutentivi
 - Guida la manutenzione ciclica e quindi ottimizza tempi/costi/ricambi
 - Fornisce preziose informazioni ai progettisti di macchine ed impianti
 - Supporta il sistema di qualità
 - Riduce i costi della non qualità ed individua i fattori di disturbo
 - Riduce i costi del prodotto
 - Facilita l'interiorizzazione del valore impianto/macchina nel personale



La valutazione e schede(1)

Project Number: Sequoia 01	Failure Mode Effect Analysis 						Sheet 1
System: Restraint							Date
Subsystem Lap Restraint							Prep by
Assembly: weldment							Approved

Ident. N°	Item/functional	Failure Mode	Failure Effect		Failure detection Method	Freq.	Crit.	Actions	Remarks
			local	system					
1.1.1	plates	Complete failure	Lapbar no longer constrained	Loss of lapbar restraint	Maintenance or operation	1	5	<ul style="list-style-type: none"> - High safety factors - Daily inspection - Yearly teardown - NDT inspection - Operator tug 	Engineering submital
		Local deformation	Difficult operation of lapbar	Delay to fix, lockout seat, projectile	Maintenance or operation	2	4		
1.1.2	welds	Crack in weld	Loss of strength	Possible excessive deformations	Maintenance or operation	2	4	<ul style="list-style-type: none"> - High safety factors - Daily inspection - Yearly teardown - NDT inspection - Operator tug 	Engineering submital
		Break off portion of weldment	Lapbar no longer constrained	Loss of lapbar restraint	Maintenance or operation	1	5		
1.1.3	fasteners	Loosen	Difficult operation of lapbar	Delay to fix or lockout seat	Maintenance or operation	2	3	<ul style="list-style-type: none"> - Lock nut - Redundance fasteners - Daily inspection - Yearly teardown - Operator tug 	
		Fasteners fall out or break	Difficult operation of lapbar	Loss of lapbar restraint	Maintenance or operation	1	5		



La valutazione e schede (2)

Project Number: Sequoia 01
 System: Restraint
 Subsystem Lap Restraint
 Assembly: Slide system

Failure Mode Effect Analysis



Sheet 2
 Date
 Prep by
 Approved

Ident. N°	Item/functional	Failure Mode	Failure Effect local	Failure Effect system	Failure detection Method	Freq.	Crit.	Actions	Remarks
1.2.1	Slide bar	Bar failure	Loss of Lapbar structure	Passenger no longer constrained	Maintenance or operation	1	5	<ul style="list-style-type: none"> - High safety factors - Daily inspection - Yearly teardown - Rod replacements - Operator tug 	Engineering submital
		Local deformation	Slide may not move freely	Delay to fix or loss of seat operate	Maintenance or operation	2	4		
1.2.2	Slide block	Slide structural failure	Loss of lapbar structure	Passenger no longer constrained	Maintenance or operation	1	5	<ul style="list-style-type: none"> - High safety factors - Daily inspection - Yearly teardown - Rod replacement - Operator tug 	Engineering submital
		Break off portion of weldement	Lapbar no longer constrained	Delay to fix or loss of seat operate	Maintenance or operation	2	4		
1.2.3	fasteners	Loosen	Slide may not move freely	Delay to fix or loss of seat operate	Maintenance or operation	2	4	<ul style="list-style-type: none"> - Lock nut - Redundance fasteners - Daily inspection - Yearly teardown - Operator tug 	
		Break or fall out	Loss of lapbar structure	Passenger no longer constrained	Maintenance or operation	1	5		



La valutazione e schede (3) <back>

Project Number: Sequoia 01
 System: Restraint
 Subsystem Lap Restraint
 Assembly: E-block Lock

Failure Mode Effect Analysis



Sheet 3

Date

Prep by

Approved

Ident. N°	Item/functional	Failure Mode	Failure Effect		Failure detection Method	Freq.	Crit.	Actions	Remarks
			local	system					
1.3.1	Ratchet bar	Bar failure	Loss of lock, slide free to move	Passenger may escape from restraint	Maintenance or operation	1	5	<ul style="list-style-type: none"> - High safety factors - Daily inspection - Yearly teardown - Redundant pawls - Operator tug 	Engineering submtal
		Bar Local deformation	May not operate smoothly, pawl not engage	Delay to fix, passenger may escape from restraint	Maintenance or operation	2	5		
1.3.2	Attachment to structure	Structural failure	Loss of lock, slide free to move	Passenger may escape from restraint	Maintenance or operation	1	5	<ul style="list-style-type: none"> - High safety factors - Daily inspection - Yearly teardown - Redundant pawls - Spring closed - Operator tug 	Engineering submtal
		Break off portion of weldement	Lapbar no loger constrained	Loss of lapbar restraint	Maintenance or operation	2	5		
1.3.3	Lock block	Block failure	Loss of lock slides free to move	Passenger may escape from restraint	Maintenance or operation	1	5	<ul style="list-style-type: none"> - High safety factor - Redundant pawls - Spring closed - Daily inspection - Yearly teardown - Operator tug 	Engineering submtal
		Block local deformation	May not operate smoothly, pawl not engage	Delay to fix, passenger may escape from restraint	Maintenance or operation	2	5		

