

Ruote intelligenti per la movimentazione nelle aziende

Convegno a FARETE –Industria 4.0:

La concretezza nella realtà immaginata 7 settembre 2017

Tellure Rôta S.p.A.

- Dal 1953, **progettazione e produzione Made in Italy** di ruote e supporti per uso industriale, civile e domestico
- Oltre 10.000 articoli a catalogo; presenza commerciale in 70 Paesi del mondo
- 170 dipendenti
- Certificazioni Qualità (ISO 9001:2015), Ambiente (ISO 14001:2015), Sicurezza (OHSAS 18001:2007).



TR Lab – Test & Research



Laboratorio interno di Ricerca e Collaudo, Accreditato alla Rete Alta Tecnologia della Regione Emilia-Romagna, dedicato a:

- **Ricerca** su materiali elastomerici, termoplastici, metallici
- **Progettazione** di nuovi prodotti
- **Collaudi** secondo le normative internazionali del settore e secondo le specifiche dei clienti del Laboratorio

L'evoluzione della ruota industriale all'interno dello Smart Manufacturing

Movimentazione sempre più orientata all'utilizzo di sistemi veloci, agevoli e molto precisi, affidabili

The Scope of Industry 4.0



*Oggetti comunicanti e analisi di dati possono fare la differenza in ogni reparto: **Produzione, logistica, manutenzione, qualità e sicurezza***

Ruota 4.0: requisiti

Garantire un movimentazione **semplice ed affidabile**



Ruota 4.0: requisiti

Garantire un movimentazione **semplice ed affidabile**



Raccogliere e scambiare informazioni con l'ambiente di utilizzo



Ruota 4.0: requisiti

Garantire un movimentazione **semplice ed affidabile**



Raccogliere e scambiare informazioni con l'ambiente di utilizzo



Connettere in modo intelligente le risorse, passando da oggetti intelligenti a **sistemi intelligenti**

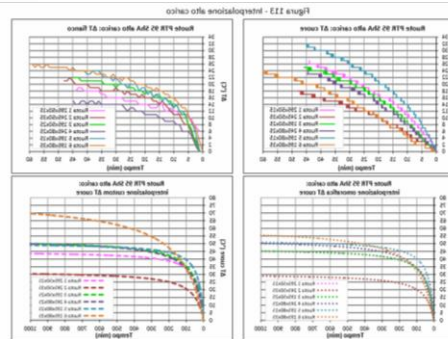
Ruota 4.0: requisiti

Garantire un movimentazione **semplice ed affidabile**



Raccogliere e scambiare **informazioni** con l'ambiente di utilizzo

Connettere in modo intelligente le risorse, passando da oggetti intelligenti a **sistemi intelligenti**



Sviluppare algoritmi per agevolare manutenzione preventiva ed evitare fermi macchina

Ruota 4.0: requisiti

The Scope of Industry 4.0

Raccogliere dati direttamente nell'applicazione per implementare la conoscenza delle reali condizioni di utilizzo

Generare modelli di previsione per anticipare malfunzionamenti (alert in situazioni non presidiate; fermate non previste/sicurezza) dunque migliorare utilizzo e ridurre fermi macchina

Generare dati di test per anticipare al cliente elementi utili al progetto

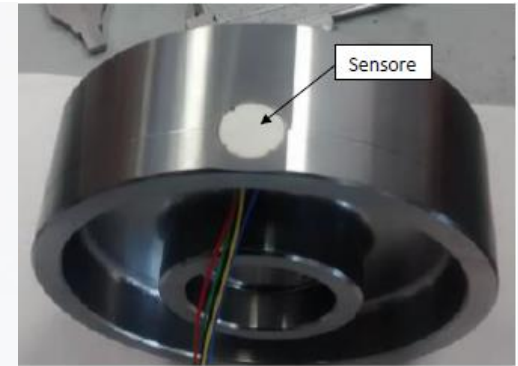
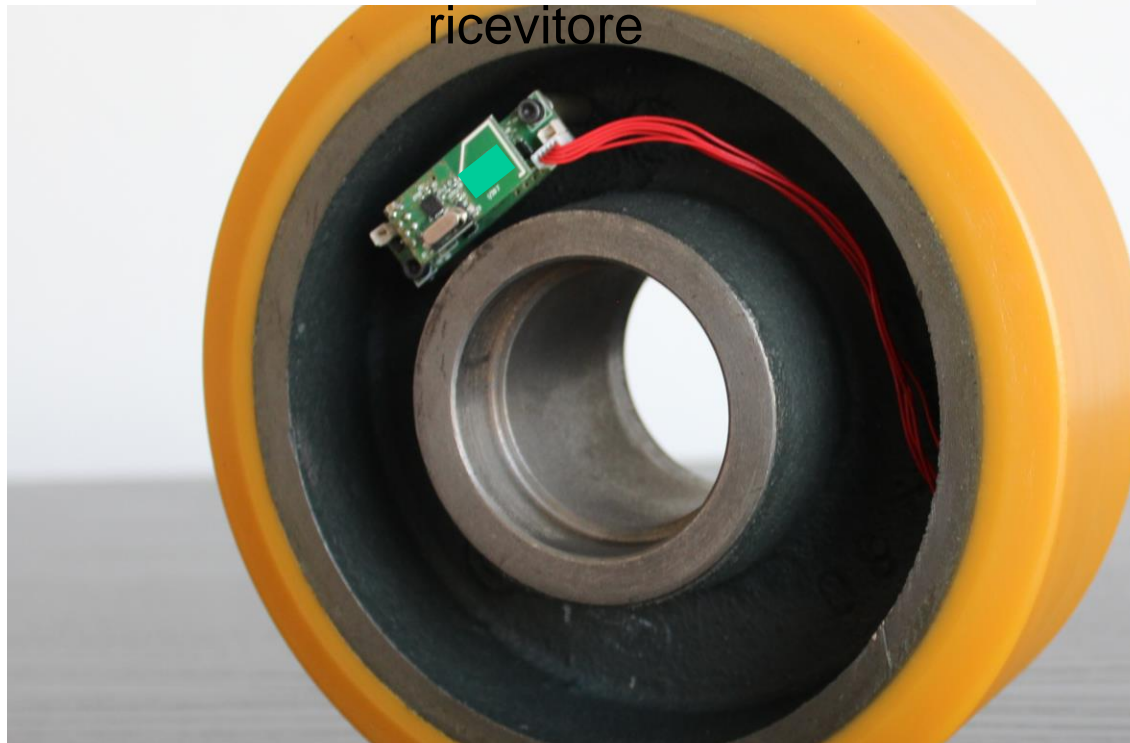
Ruota 4.0



Ruota in poliuretano nella quale vengono installati dei sensori e una scheda elettronica in grado di trasmettere ad un ricevitore esterno i dati di funzionamento

Ruota 4.0

Scheda elettronica, connessa
fisicamente al sensore e wireless al
ricevitore



Sensore di
rilevamento dei
dati

Sistema di
interfaccia e di
ricezione dei
dati



Sensori

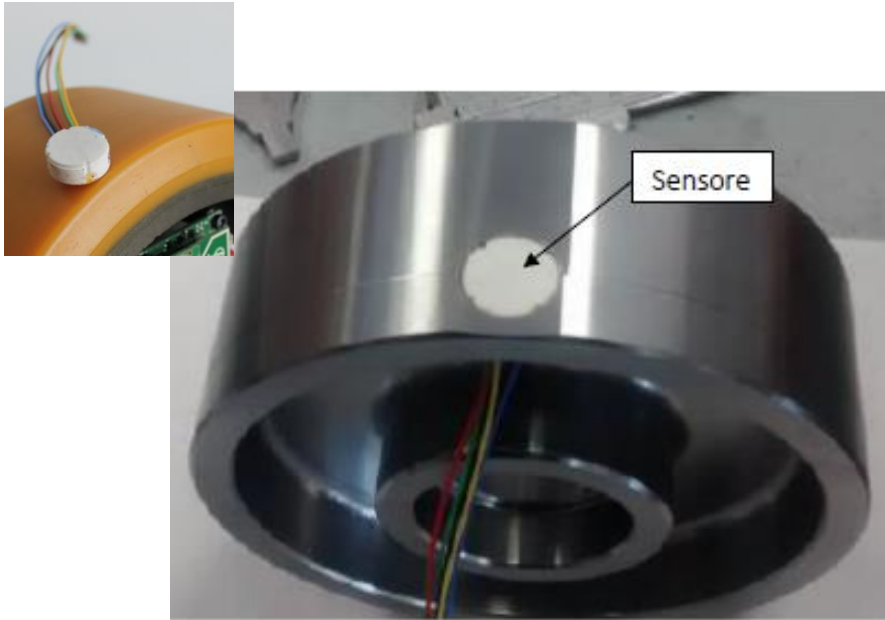


Tabella 8.5- Specifiche tecniche sensori individuati

Press. Max (bar)	Dim. (mm)	Immagine	Uscita	Aliment.	Resistenza Ponte (ohm)	Temp. Max (°C)	Precisione	Sensore Temp.
0.2 - 200	Ø 19 x 15		500mV	1mA - 5mA	3500	100	0.25%FS	Opzionale (Pt100)
1-600	Ø 18 x 7		2.5mV/V	2-30Vdc	11000	135	0.4%FS	Opzionale (Pt100)
500	16x13x0.5		10mV/V @100bar	Auto Alim.	NO	150	Nd	NO
500	5x5x2		11V @100bar	Auto Alim.	NO	150	Nd	NO
350	Ø 7 x 5.8		125mV	10V	1200	120	0.5%FS	NO
350	Ø 11 x 17		125mV	10V	1200	120	0.5%FS	NO

I 2 sensori integrati sulla ruota in un unico apparato sono:

- Sensore di temperatura
- Sensore di pressione

Caratteristiche del sensore:

- Piccolo
- Meccanicamente Robusto
- Preciso su ampio range di pressioni

Scheda Elettronica

Sviluppata una scheda elettronica in grado di analizzare e trasmettere dati **ottimizzando ingombro e consumi**



Elaborazione **real time** dei dati raccolti dal sensore in sito, in modo compattare le informazioni utili e poi trasmetterle wireless.

Trasferimento dei dati

Attendibilità del dato

Geometria ruota		Sollecitazioni applicate	
Dext	295 mm	F	2000 N
h	15 mm	V	10 km/h
b	50 mm	v	2.777778 m/s
h/R	0.102	F*	0.003064
b/R	0.339	Re	27314815
R	147.5	circonferenza	0.926743 m
Materiale	PTR	Frequenza	2.997357 Hz
E	30 MPa	pulsazione	18.83230 Hz
Sh_A	95	periodo	0.333627 s
ni	0.49		
Pressione		Frequenza campionamento	
pmax	2.002464 MPa	fc	500 Hz
Schiacciamento		periodo campionamento	
s0	0.760836 mm	Tc	0.002 s
Semi-Impronta		Numero punti	
c	14.98154 mm	Nc	6
Impronta		Sfasamento	
2c	29.96309 mm	s_pog	5.555556 mm
Tempo di impronta		Pressione misurata	
t_i	0.010787 s	p_pog	1.935623 MPa
Inizio arbitrario (entro il 10%)		Errore	
sd	2.002676 mm	e%	-1.6%
		Errore massimo possibile	
		e_max	-3%

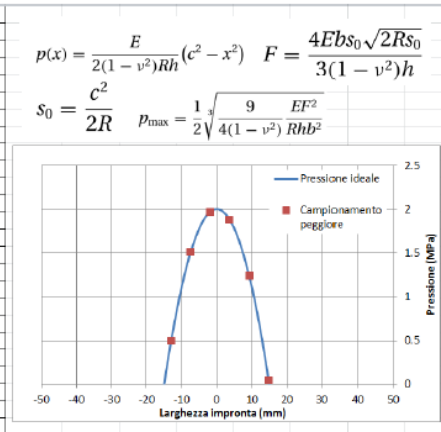
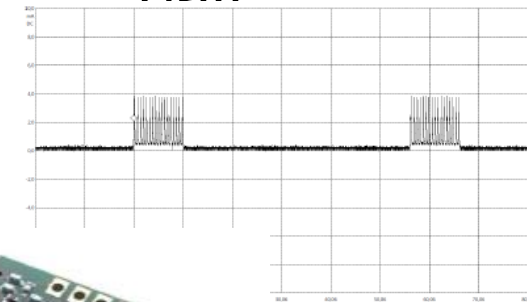


Figura 17 – Foglio di calcolo per campionamento su impronta

Trasmissione dati



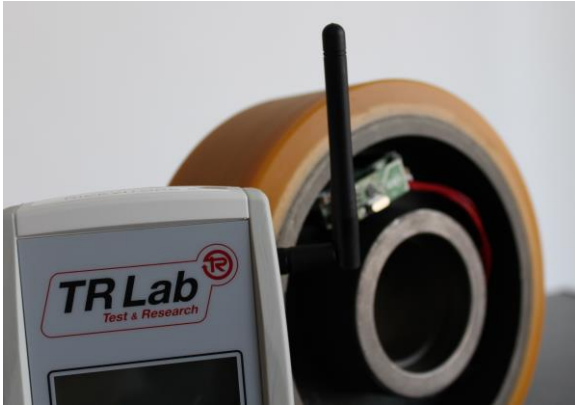
Consumi

ei

Tabella 103 - Esempi di Scenari di Riferimento

#Scenario	Applicazione Tipica	Ore di lavoro / Giorno	Giorni Lavoro / Settimana	Durata Batteria da 2200mAh	
				Worst Case [gg]	Best Case [gg]
1	Depuratore	24	7	454	727
2	Magazzino Automatico	24	7	454	727
3	Muletto (ciclo da 5min lavoro + 1min fermo)	6.67	5	1204	1652

Sistema di controllo e ricezione



I dati utili devono essere trasferiti all'esterno della ruota. Con modalità di comunicazione impostabili

Trasmissione real time: consente di raccogliere una grande quantità di dati e di ar

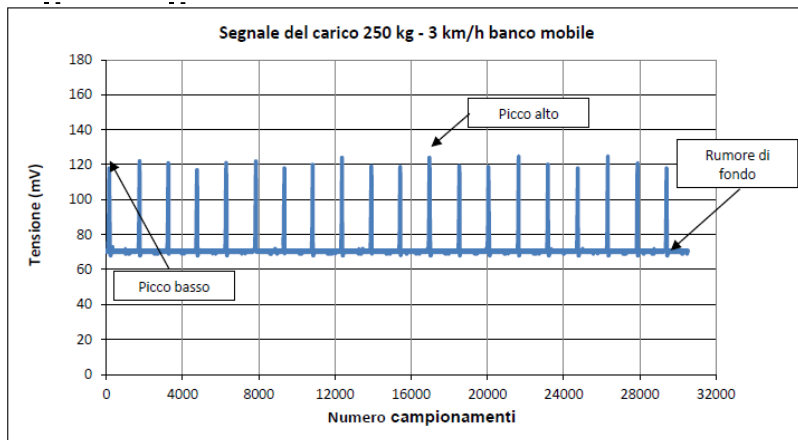
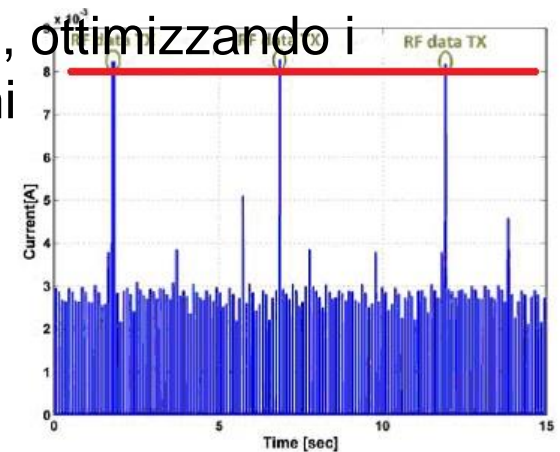
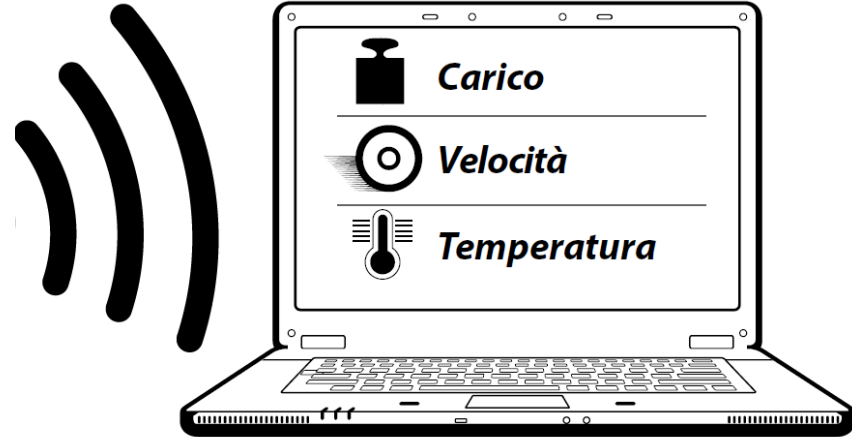
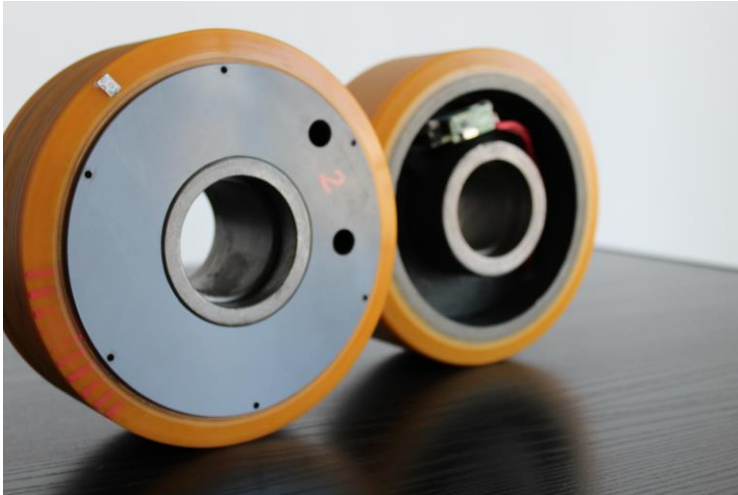


Figura 61 - Esempio di segnale di carico su ruota test in ghisa

Trasmissione ad eventi: consente di trasmettere solo le informazioni definite come critiche in fase di taratura del sistema, ottimizzando i consumi



Parametri rilevati

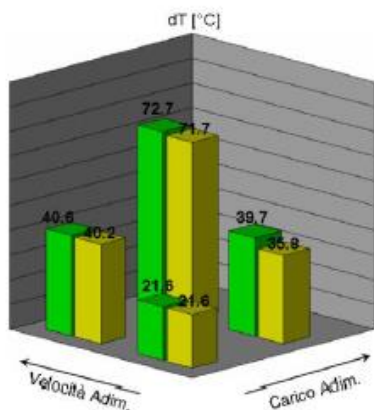


Il sistema di monitoraggio realizzato prevede un controllo di:

- temperatura
- sollecitazione del battistrada dovuta al carico
- velocità

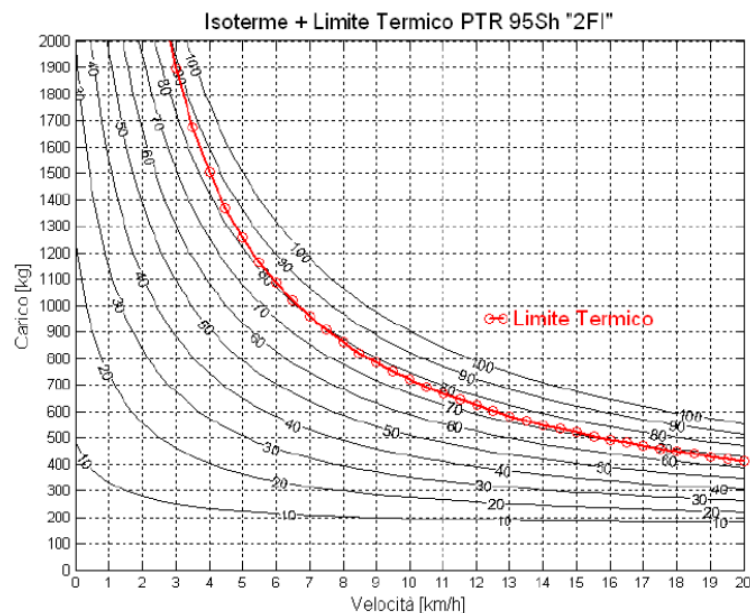
Modello previsionale

Vengono usati come input dei modelli previsionali del comportamento termomeccanico delle ruote o di un carrello nel tempo sviluppati da TRLab



Programma verifica ruote

Materiale Rivestimento			
Scegliere il codice del materiale sottostante			
Materiale	Codice		Codice Ruota
PTH 95ShA	1	→	1
PTH 80ShA	2		
PTH 95ShA Giallo	3		
Vulkollan	4		
PU Alto Desp "AP"	5		
PU AS Antistatico Nero	6		
PU Ball 75-80ShA	7		
PTH 90KV	8		
Geometria			
Diametro Ruota	D	150.0	mm
Spessore del rivestimento	h	20.0	mm
Larghezza Ruota	b	27.0	mm
Condizioni di Funzionamento			
Carico Applicato	F	600	kg
Velocità di avanzamento	V	10.0	km/h
Temperatura Ambiente	T amb	0	°C
Verifica Termica Ruota			
Limiti applicabilità h* (Altezza rivestimento adimensionale)	0.1	< h* <	0.333
Limiti applicabilità b* (Larghezza di fascia adimensionale)	0.295	< b* <	0.720
Limite applicabilità V		V <	16 km/h
h* (Altezza rivestimento adimensionale ruota)	h*	0.33	
b* (Larghezza di fascia adimensionale ruota)	b*	0.35	
Velocità di progetto	V	10.0	km/h
Temperatura max Fianco Rivestimento	T fianco	75.0	°C
Temperatura Cedimento Materiale	T Max	114	°C
Coefficiente di sicurezza	ct	1.3	
Check Attendibilità Risultato Termico			
Check Resistenza Termica			
Verifica Resistenza al carico massimo			
Max schiacciamento % consentito	s% max	<	10.0
Schiacciamento	s	2.99	mm
Schiacciamento %	s%	19.95	
Coefficiente di sicurezza rispetto max consentito	cs	1.33	
Indicatore tensione massima tangenziale zona incollaggio	Tau	4.33	
Check Resistenza al Carico			



Ulteriori modelli predittivi

Grandezze fisiche misurabili

3	Derivata temporale della temperatura
4	Derivata temporale seconda temperatura
5	Derivata temporale della pressione
6	Derivata temporale seconda pressione
7	Gradiente spaziale della temperatura
8	Hessiano temperatura
9	Gradiente spaziale della pressione
10	Hessiano pressione
12	Energia termica dissipata nel poliuretano
13	Potenza termica dissipata nel poliuretano
14	Velocità rotazione
15	Distanza percorsa
16	Accelerazione angolare ruota
17	Carico su ruota
18	Vibrazioni
19	Tempo di inattività ruota
20	Inclinazione
21	Grado di irregolarità del rotolamento
22	Schiacciamento ruota
23	Ovalizzazione Ruota
24	Tagli e lacerazioni ruota
25	Inclusioni rigide nel battistrada
26	Usura battistrada
27	Senso di marcia
28	Duty Cycle
29	Accelerazione laterale
30	Velocità di prillamento
31	Umidità
32	Temperature ambientale
33	Eventi periodici in sistemi periodici
34	Smorzamento, efficienza energetica ruota
35	Posizione GPS
36	Info: anni, cicli compiuti o vita, sistema
37	Stato batteria

Confronto ,
interpolazione algoritmi
di grandezze fisiche
misurabili sulla ruota

Modello predittivo

Eventi funzionali rilevabili

2	Incipiente rottura
3	Superamento di soglia pressione
4	Superamento soglia temperatura
5	Incipiente sollevamento ruota
6	Stato di salute dei cuscinetti
7	Montaggio con disallineamenti
8	Non concentricità asse ruota
9	Pavimentazione o rotaia irregolare
10	Congruenza con cicli previsti
12	Efficienza energetica ruota
13	Posizione nell'impianto industriale
14	Indice acustico danno adesivo
15	Vita residua
16	Rilevamento postumo gradini
17	Monitoraggio numero di gradini
18	Rilevamento salite / discese / curve
19	Uso fuori specifica: oltre velocità max
20	Uso fuori specifica: oltre carico max
21	Anomalie differenziali: temperatura
22	Anomalie differenziali: pressione
23	Anomalie differenziali: vibrazioni
24	Anomalie differenziali: velocità
25	Direzione (x/y) e senso (+/-) marcia
26	Sistema di feedback della posizione
27	Diagnosi manutenzione preventiva
28	Sicurezza dell'operatore
29	Sicurezza del materiale trasportato
30	Possibili inceppamenti
31	Ricostruzione del moto tramite GPS
32	Confronto con un ciclo standard

Ruota 4.0 un esempio

In base ai segnali ottenuti dai sensori, si possono definire delle soglie di utilizzo, quali temperatura di allarme

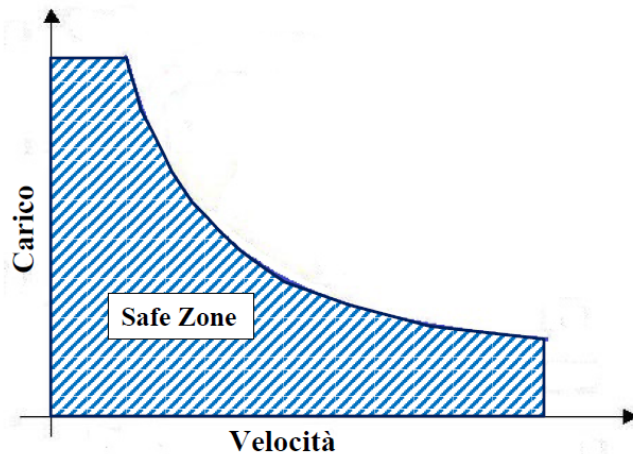
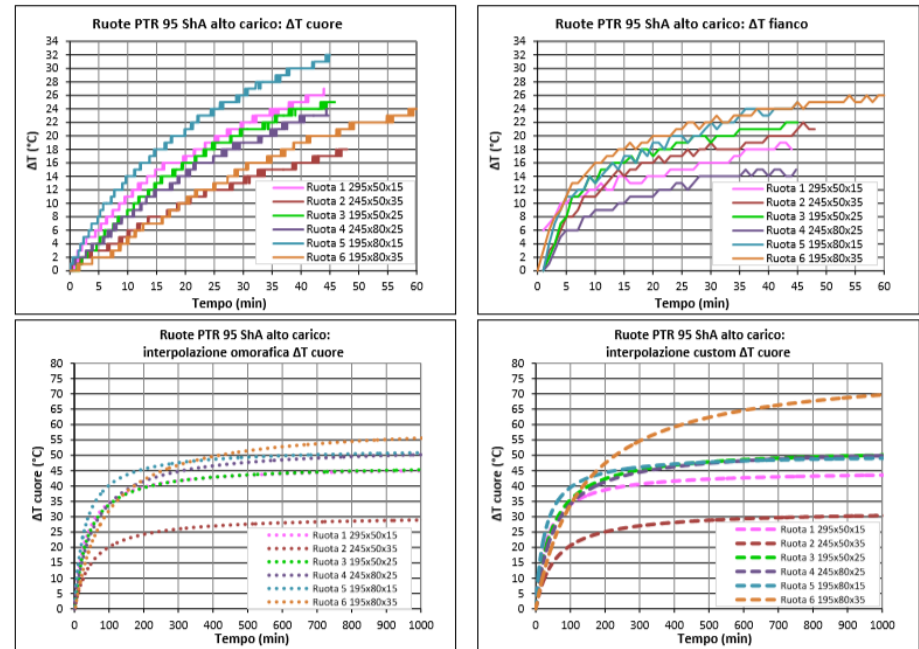


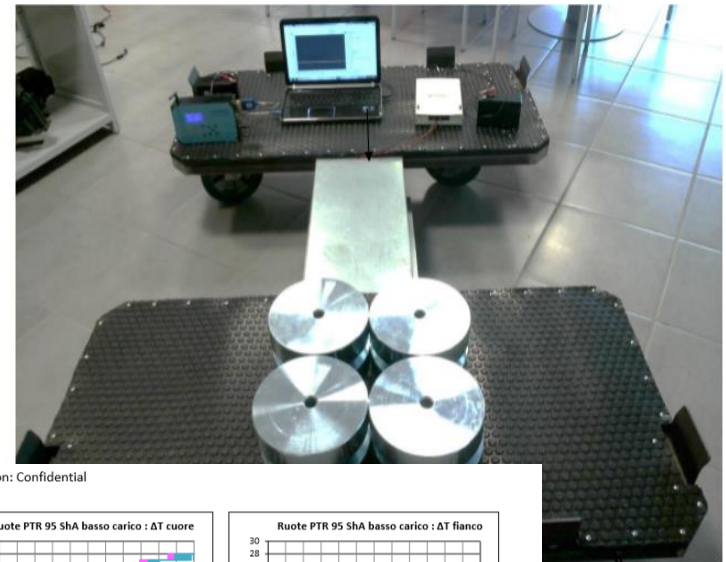
Figura 114 Modello adimensionale

Figura 113 - Interpolazione alto carico

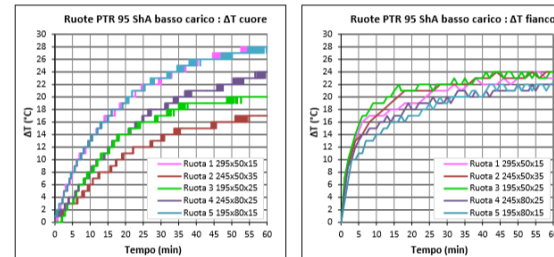


Prossimo step (in corso)

- 1) Realizzare un sistema di raccolta- trasmissione-analisi dati a disposizione dei clienti per impiego sul campo: affidabile, autonomo, facile nell'impiego
- 2) Raccogliere dati, in modo da affinare i modelli previsionali di comportamento sul campo



Classification: Confidential



ID	D (mm)	b (mm)	h (mm)	Area laterale PU (mm ²)	P (kg)	P/b (N/mm)	Pressione max (Mpa)	v (km/h)	v (m/s)	f (Hz)
Ruota 1	295	50	15	2.64E+04	450	90.0	3.438	19.00	5.28	5.69
Ruota 2	245	50	35	4.62E+04	255	51.0	1.889	22.50	6.25	8.12
Ruota 3	195	50	25	2.67E+04	255	51.0	2.280	20.40	5.67	9.25
Ruota 4	245	80	25	3.46E+04	450	56.3	2.255	21.85	6.07	7.89
Ruota 5	195	80	15	1.70E+04	480	60.0	3.012	19.80	5.50	8.98
Ruota 6	195	80	35	3.52E+04			Non prevista			