

Caratteristiche delle BATTERIE ricaricabili

Ing. Giulio Ricotti



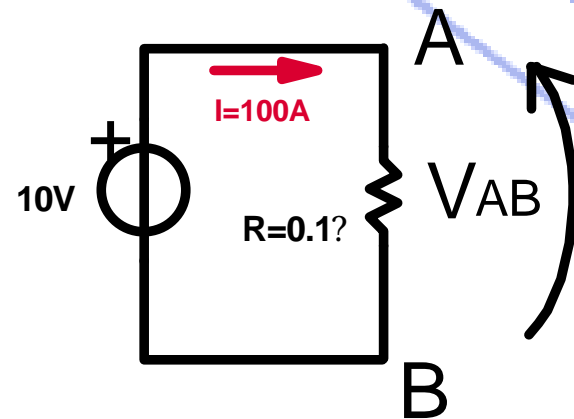
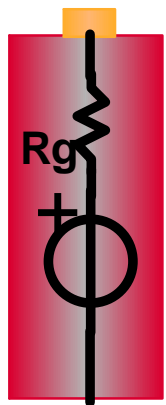
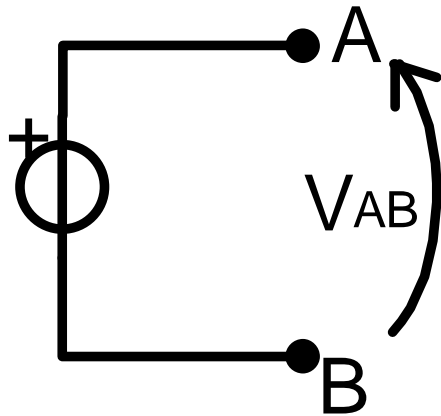
6° Convegno Aeromodellistico



Argomenti Seminario

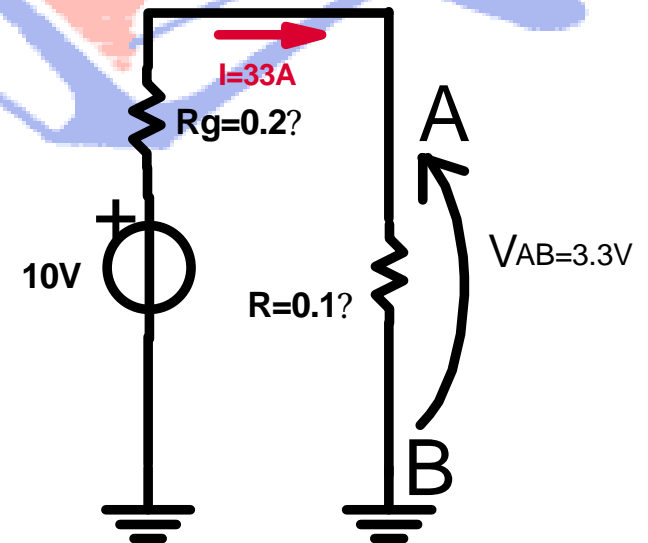
- Brevi cenni di elettrotecnica (generatori di tensione e corrente)
- Batterie NiCd e metodi di ricarica
- Batterie NiMH e metodi di ricarica
- (Batterie Li-Ione e metodi di ricarica)

Generatori di TENSIONE



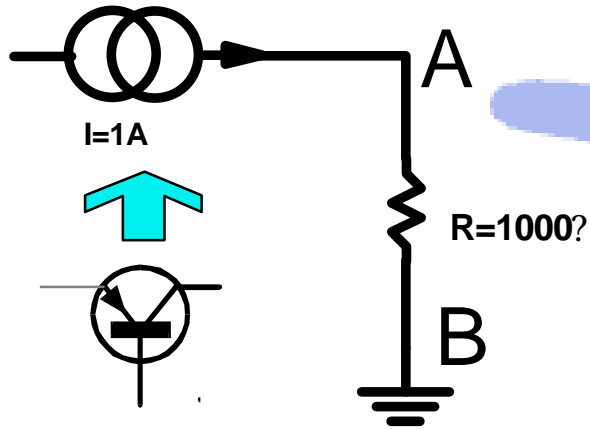
Generatore IDEALE DI TENSIONE

Generatore REALE DI TENSIONE



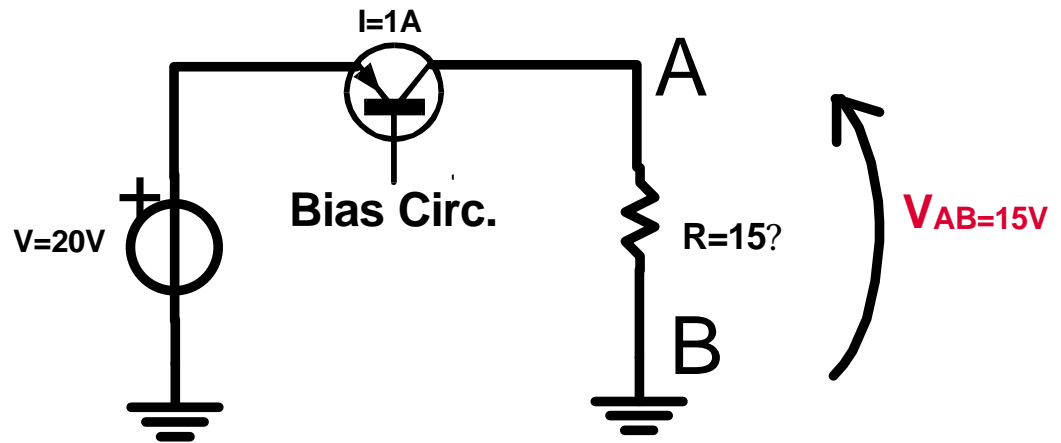
Generatori di CORRENTE

Generatore IDEALE DI CORRENTE



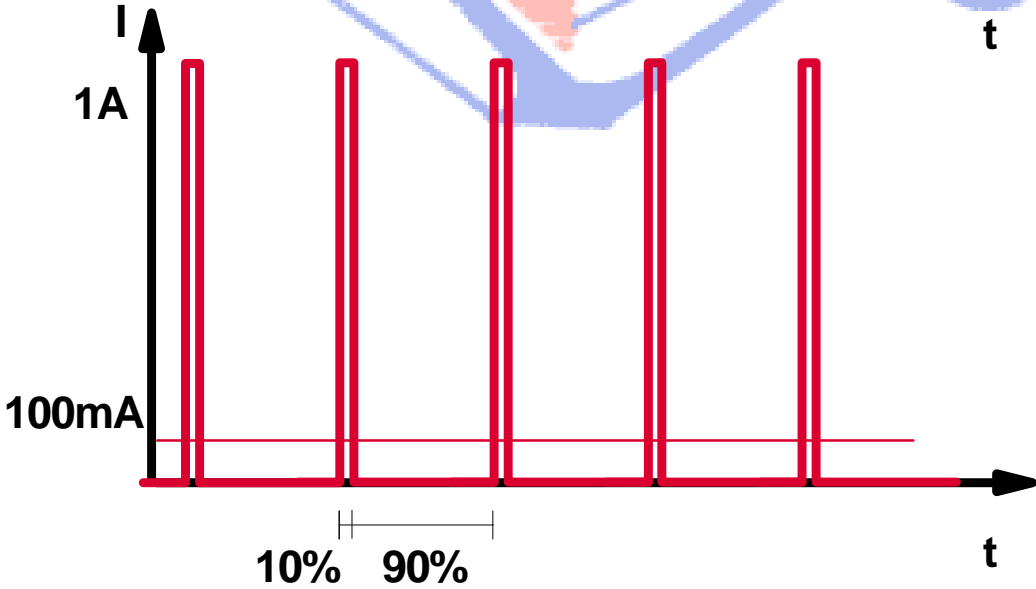
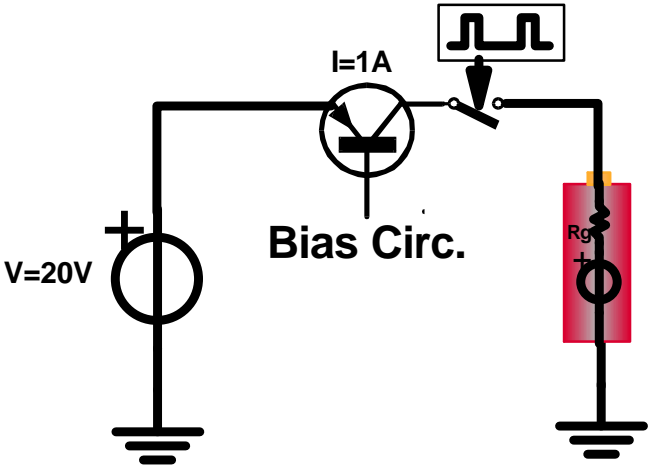
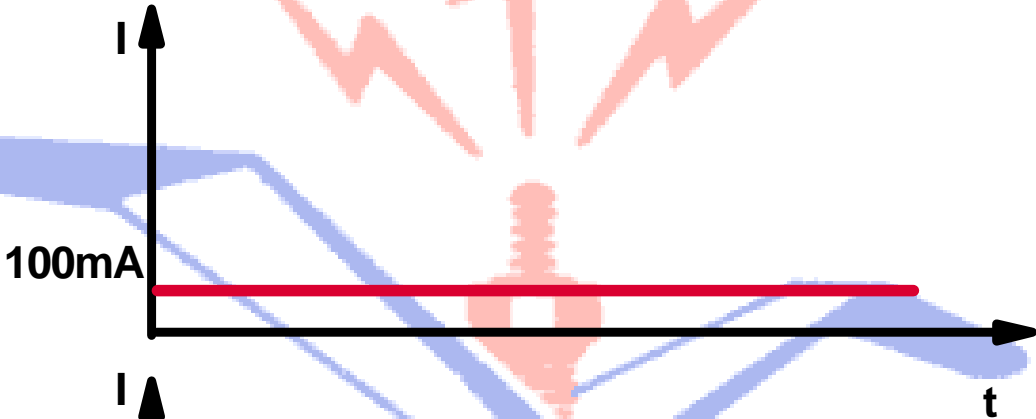
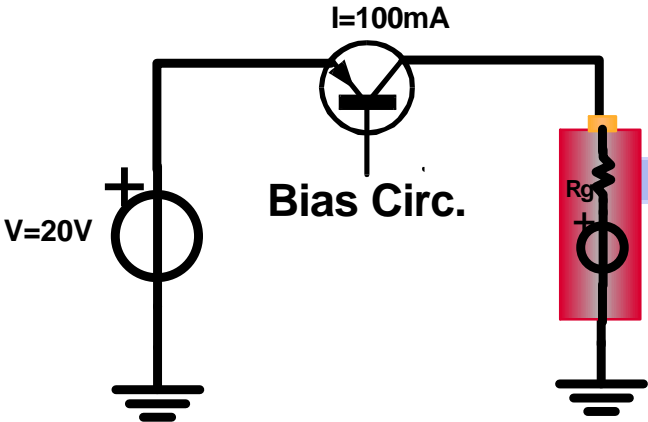
$V_{AB}=1000V$

Generatore REALE DI CORRENTE



Generatori di CORRENTE

Generatore lineare di CORRENTE



Generatore PWM di corrente
Ing. Giulio Ricotti

$$V=R \cdot I$$

$$R=V/I$$

$$I=V/R$$

$$P=V \cdot I$$

Potenza [WATT]

$$Q=I \cdot t$$

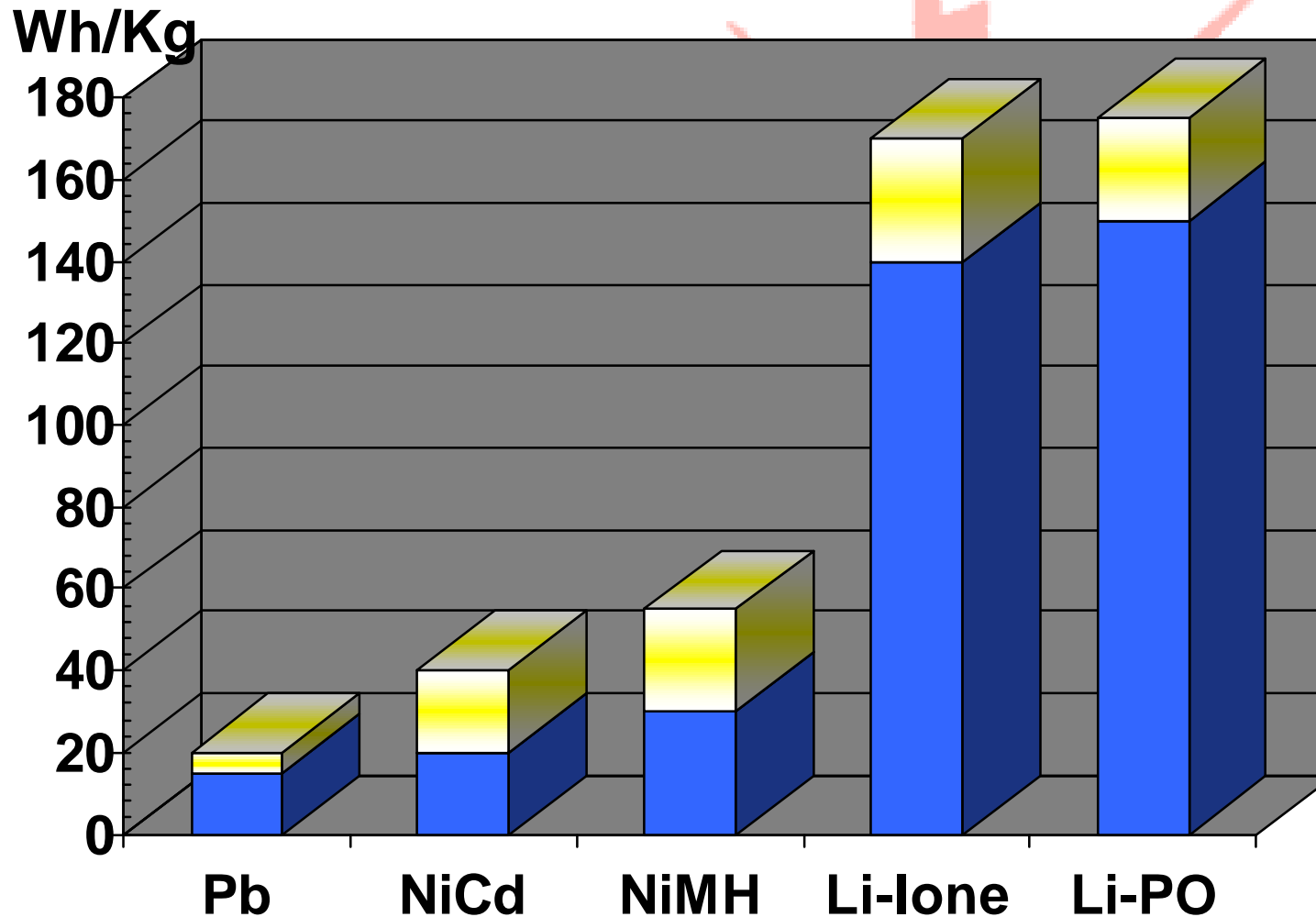
Carica Elettr. [Coulomb]



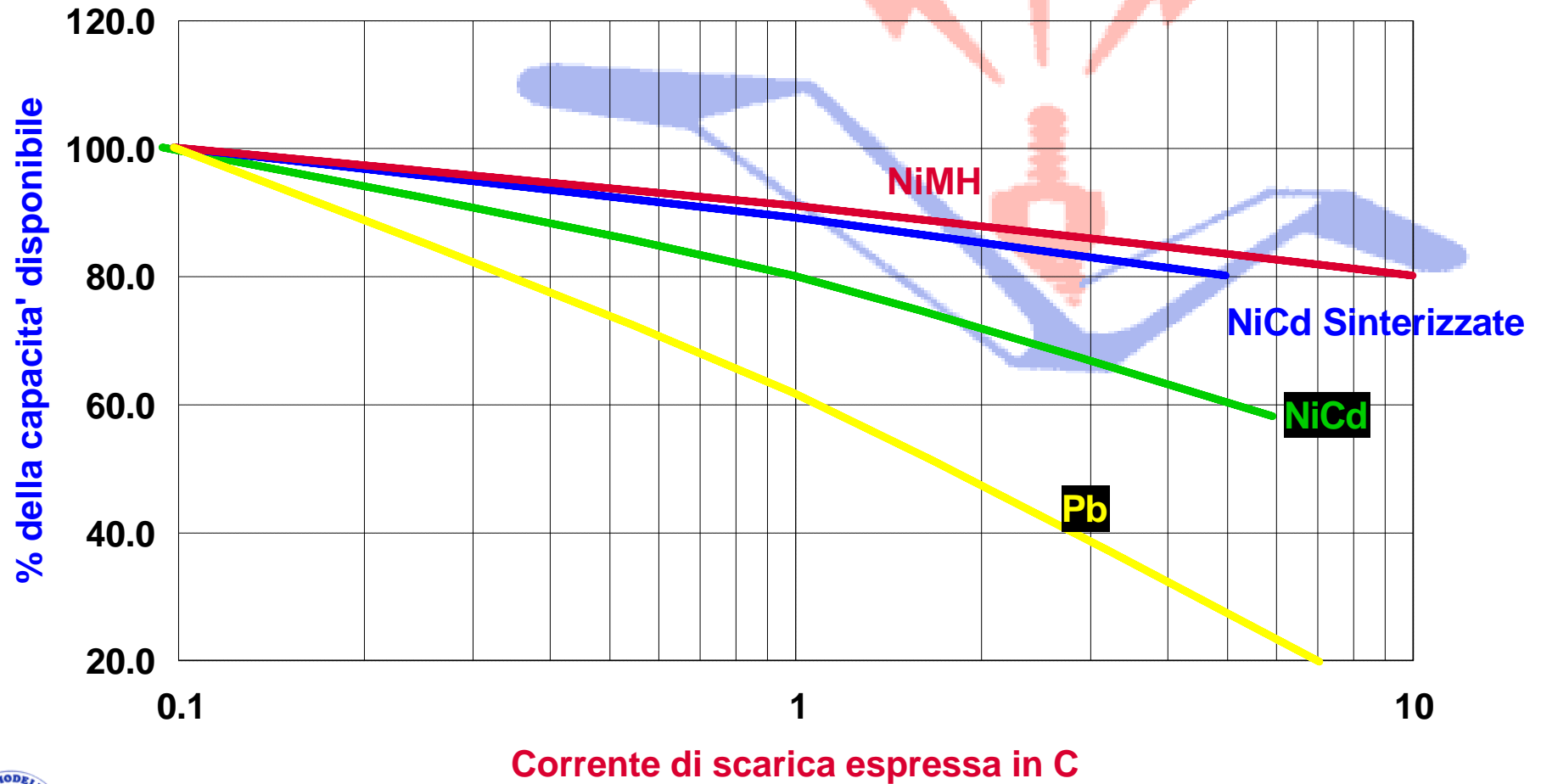
Definizioni delle grandezze principali delle batterie

- **Tensione nominale (V_c)** := Tensione misurata a vuoto ai capi di una cella
- **Resistenza serie (R_g)** := Modellizzazione come resistenza fisica del comportamento resistivo della cella (diminuisce all'aumentare della Temperatura e peggiora con l'invecchiare della cella)
- **Corrente di corto-circuito (I_{sc})** := al massimo può valere (V_c/R_g)
- **Carica della cella (C)** := massima quantità di carica immagazzinabile [$\text{mA} \cdot \text{h}$]
- **Massima Energia ($E_{c, \text{MAX}}$)** := $C \cdot V_c$ [$\text{mW} \cdot \text{h} = \text{V} \cdot \text{mA} \cdot \text{h}$]
- **Efficienza ???** := $Q_{\text{disc.}}/Q_{\text{charg.}}$

Confronto dell'energia delle varie famiglie di batterie a parità di MASSA (Densità di energia)



% della capacita' ottenibile da una cella in funzione della corrente di scarica





Caratteristiche principali delle celle NiCd

Vantaggi

- Nessuna manutenzione
- Elevato numero di ciclature (800 - 1000)
- Elevato range di temperatura operativa (-40°C a $+50^{\circ}\text{C}$), consigliabile il range da -20° a $+30^{\circ}\text{C}$.
- Correnti di scarica
 - Non sinterizzate ==> bassa corrente di scarica
 - Sinterizzate ==> alte correnti di scarica e carica
- Elevato periodo di storage in qualunque condizione di carica
- Possibilità di ricarica rapida
- Ottima affidabilità
- Resistenza interna da 4 a 10 mOHM per le stilo AA

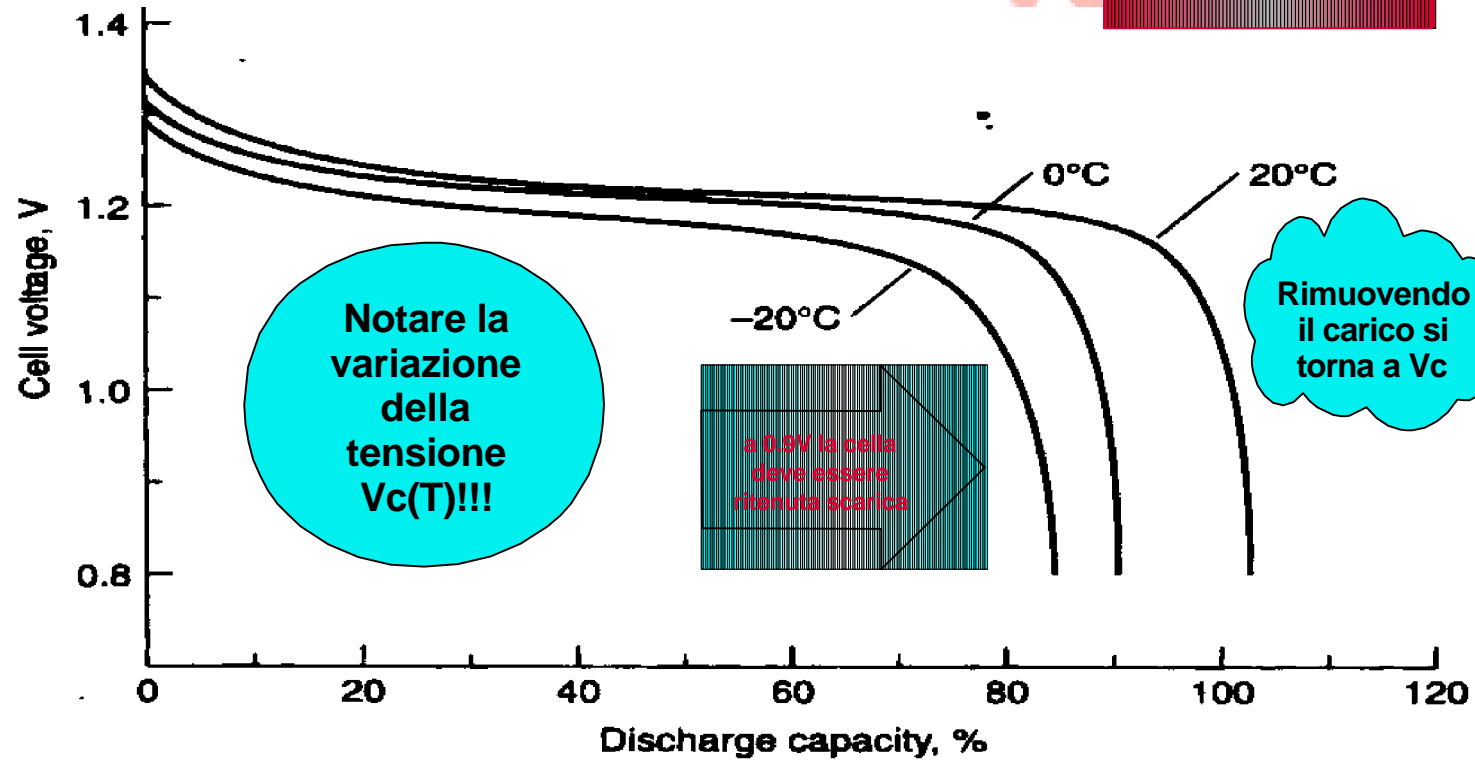
Svantaggi

- Elevata autoscarica (-2% ~ -6% al mese)
- Effetto memoria
- Inquinamento dovuto al Cadmio



Profili di scarica a diverse temperature

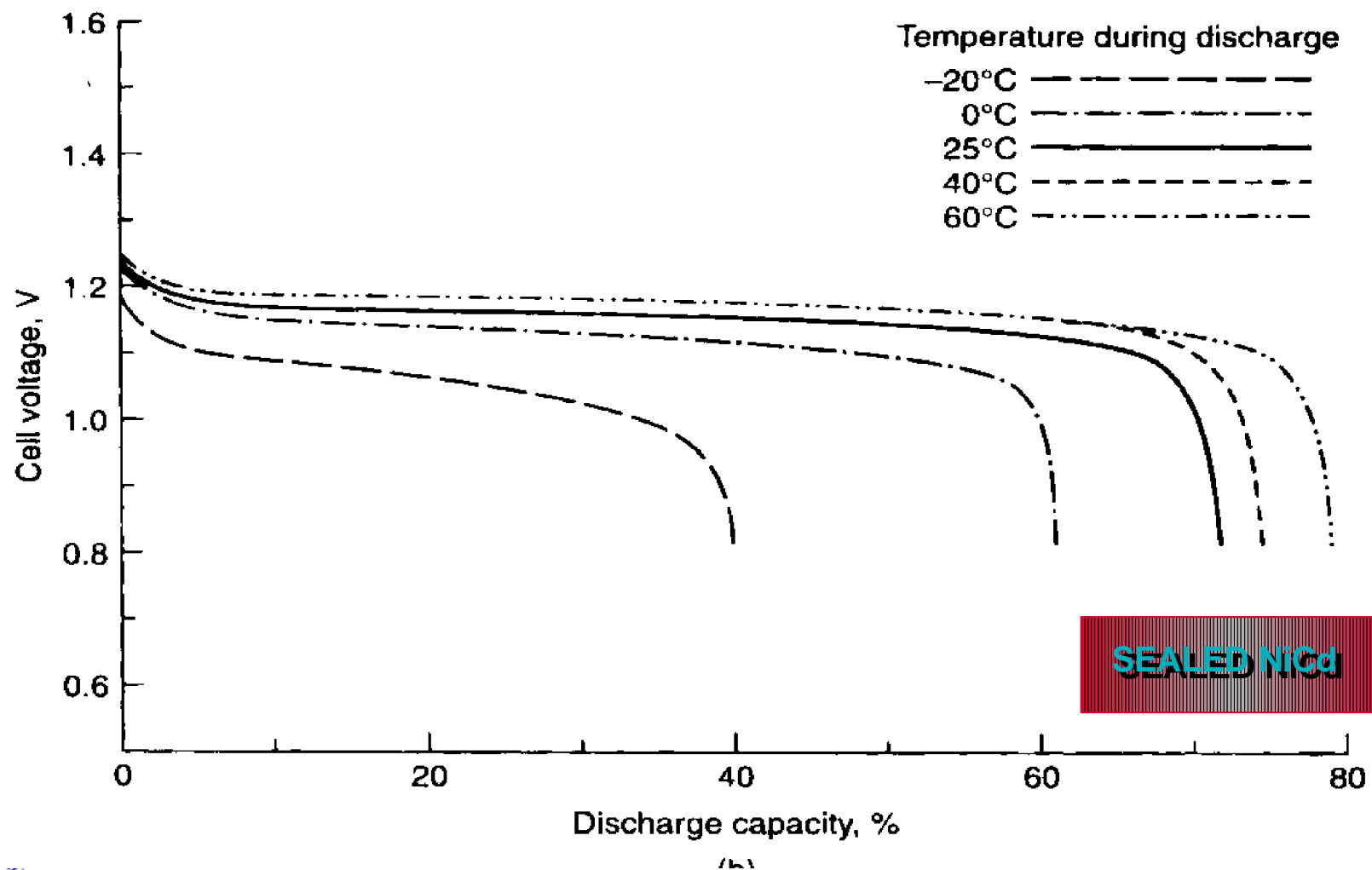
$I_{LOAD}=0.2C$



(a)

Profili di scarica a diverse temperature

$I_{LOAD}=8C$



Carica disponibile in funzione della temperatura ambiente

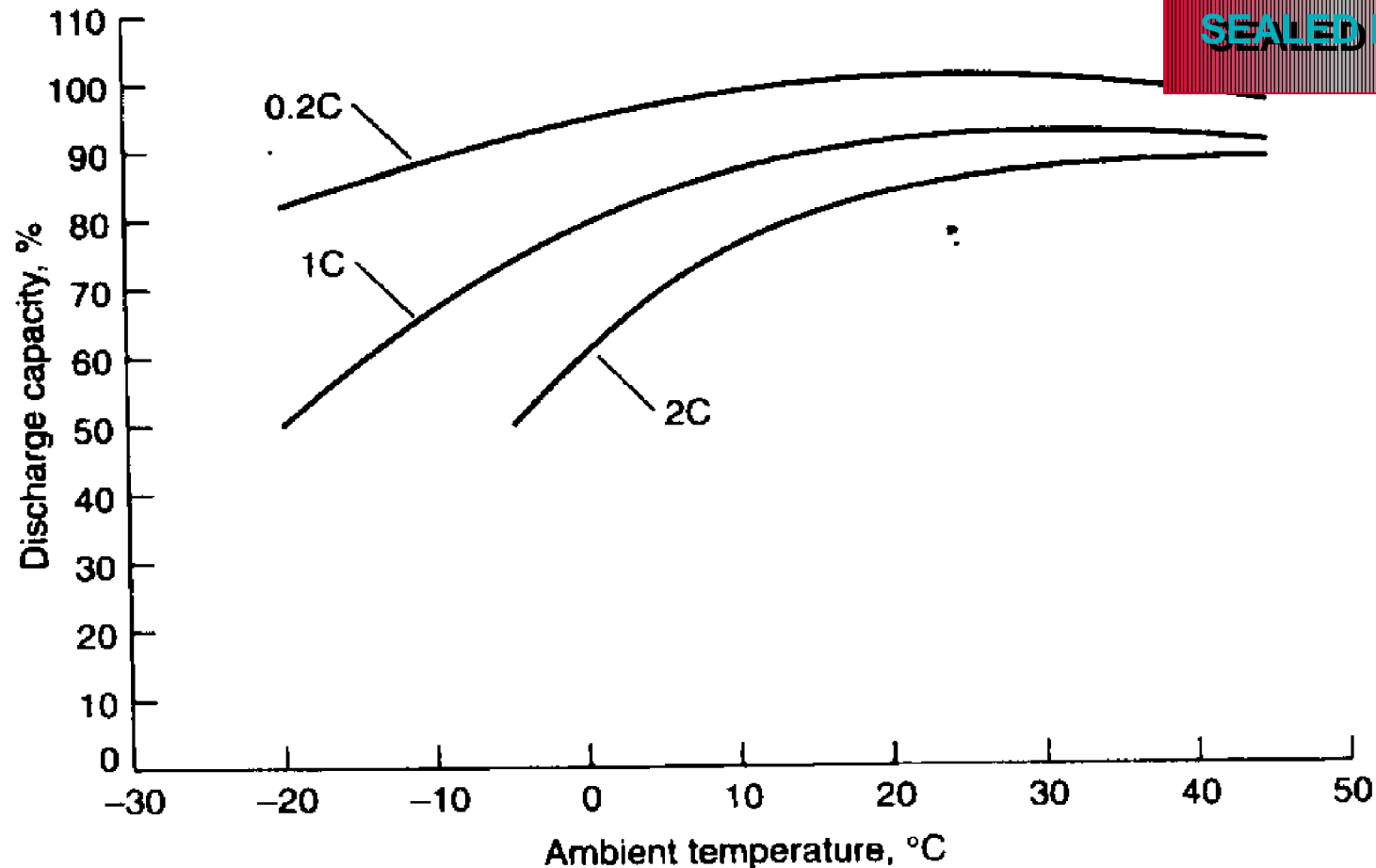
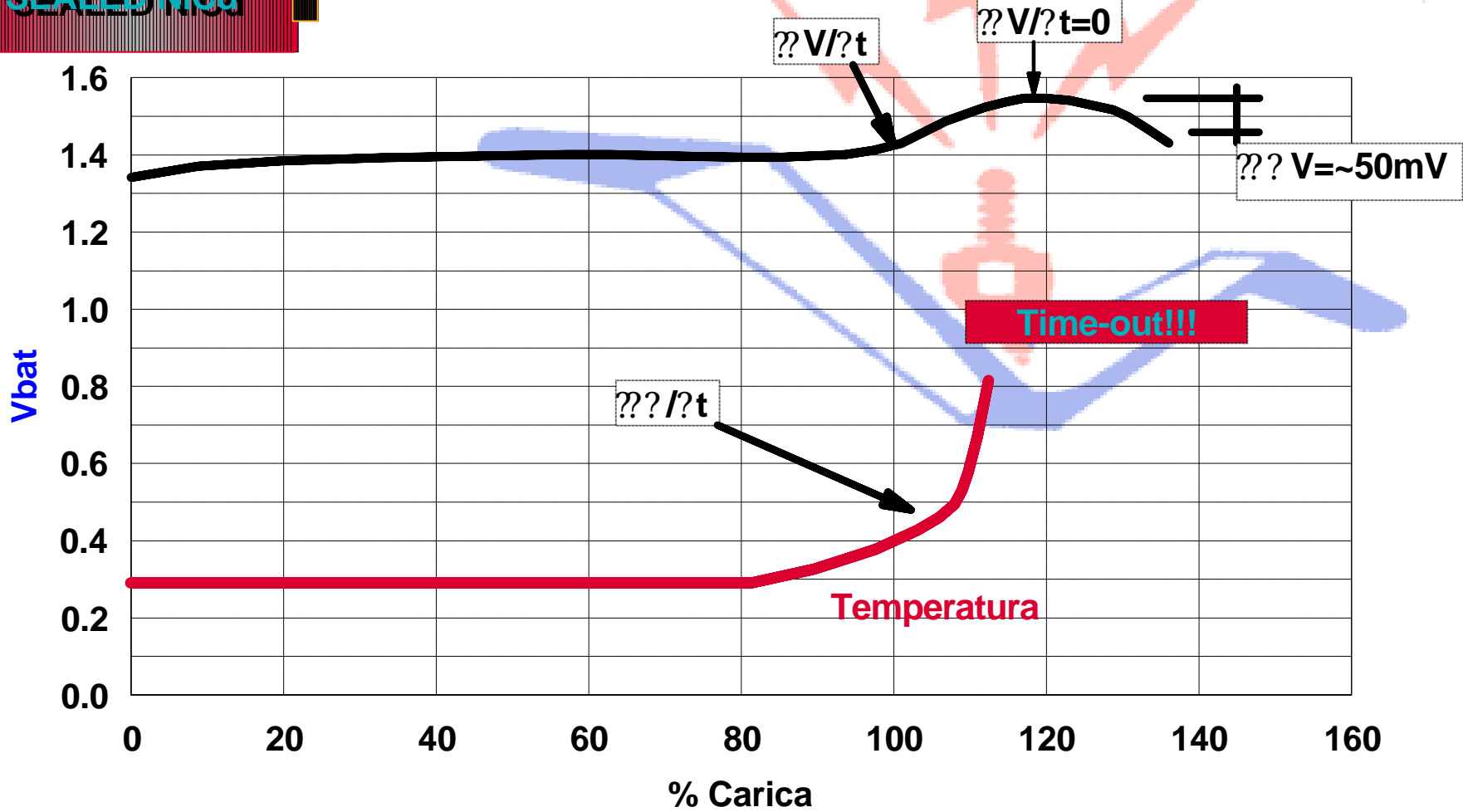


FIGURE 28.12 Percentage of rated capacity vs. temperature at different discharge rates for typical sealed nickel-cadmium cell, 1.0-V cutoff.

Curva di carica e metodologie di rilevamento del "fine carica". ($I_{CH}=1C$)



Profilo di carica a differenti correnti T=20°C

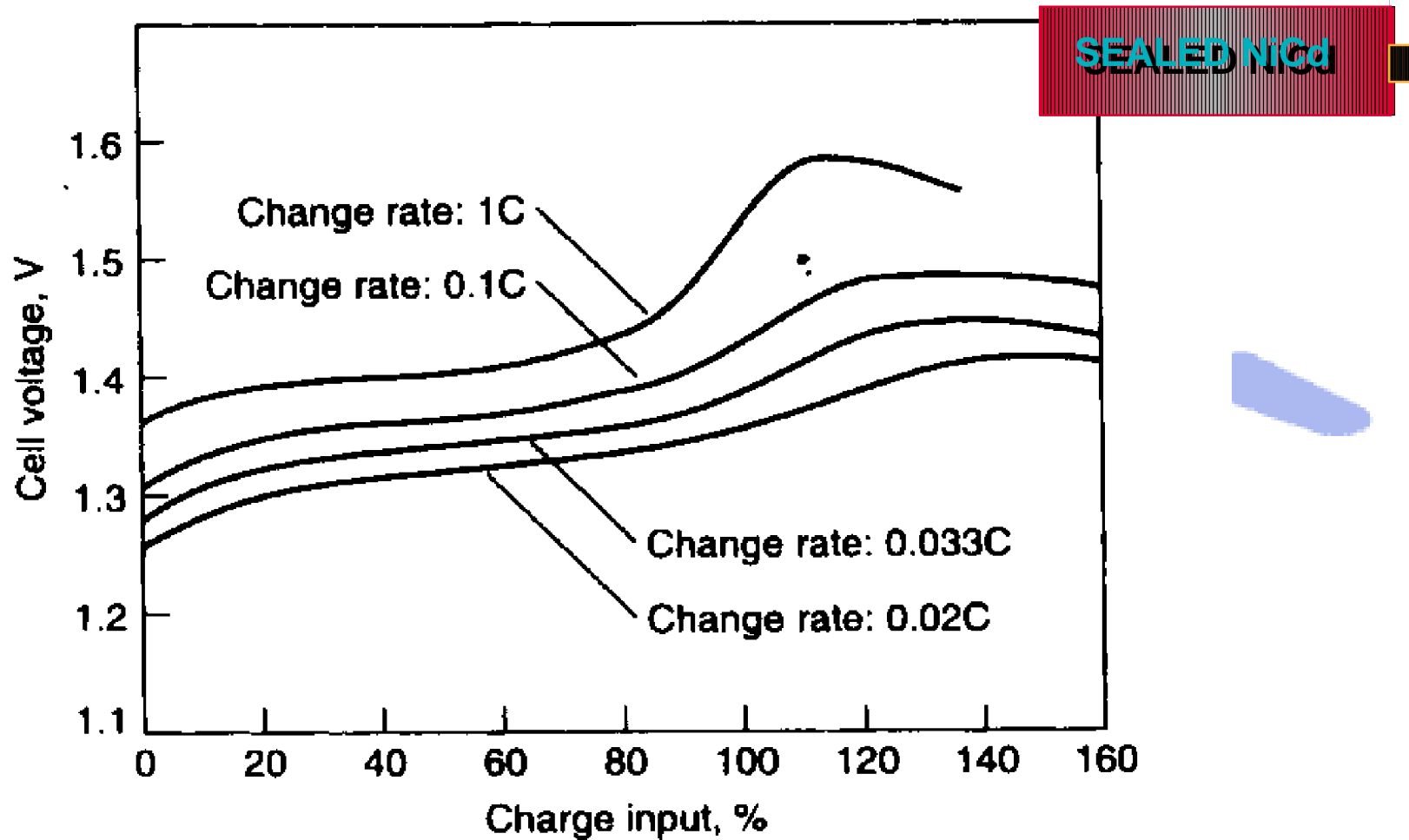


FIGURE 28.28 Voltage profile during charge at various charge rates at 20°C.



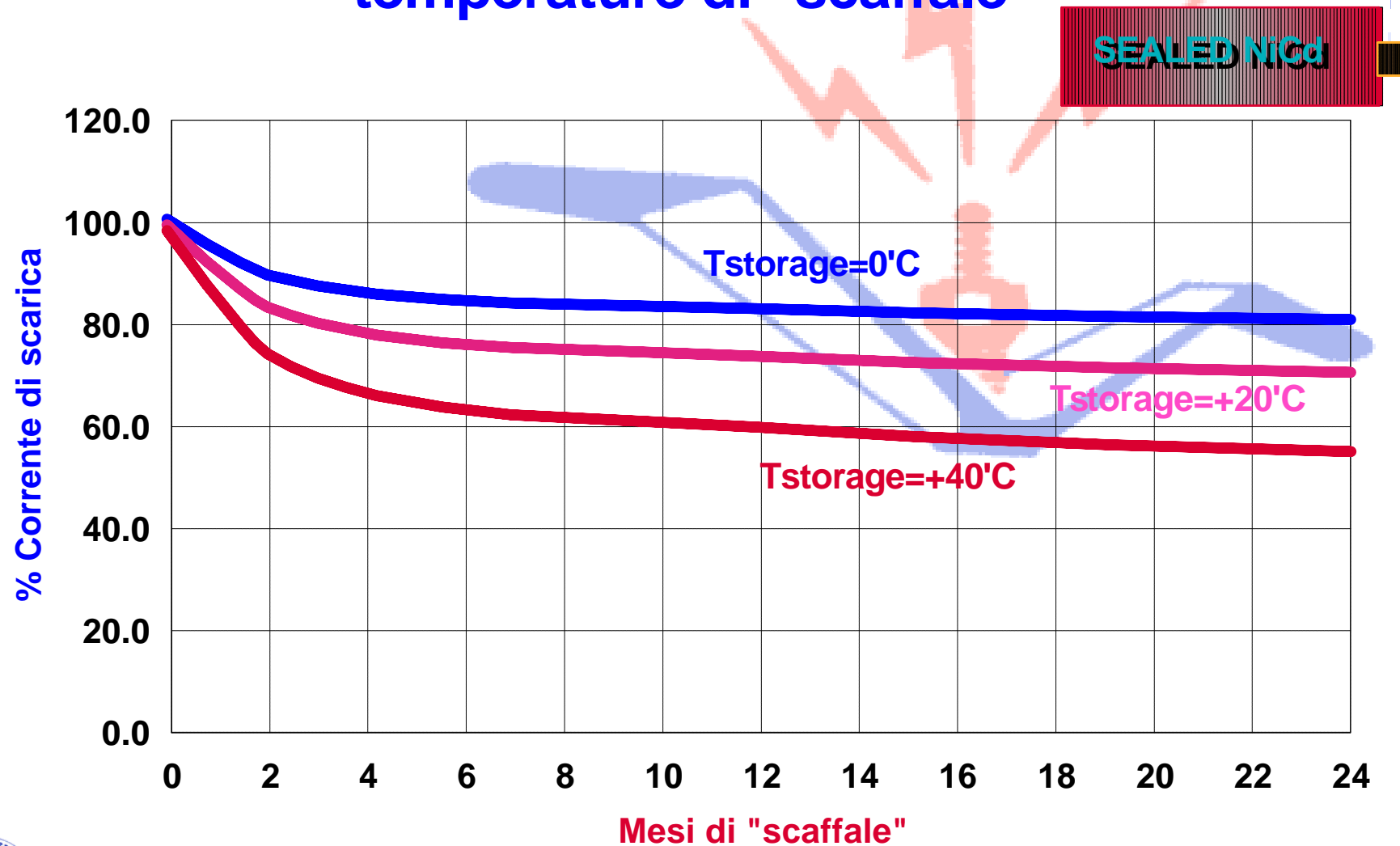
Metodologie di ricarica NiCd

SEALED NiCd

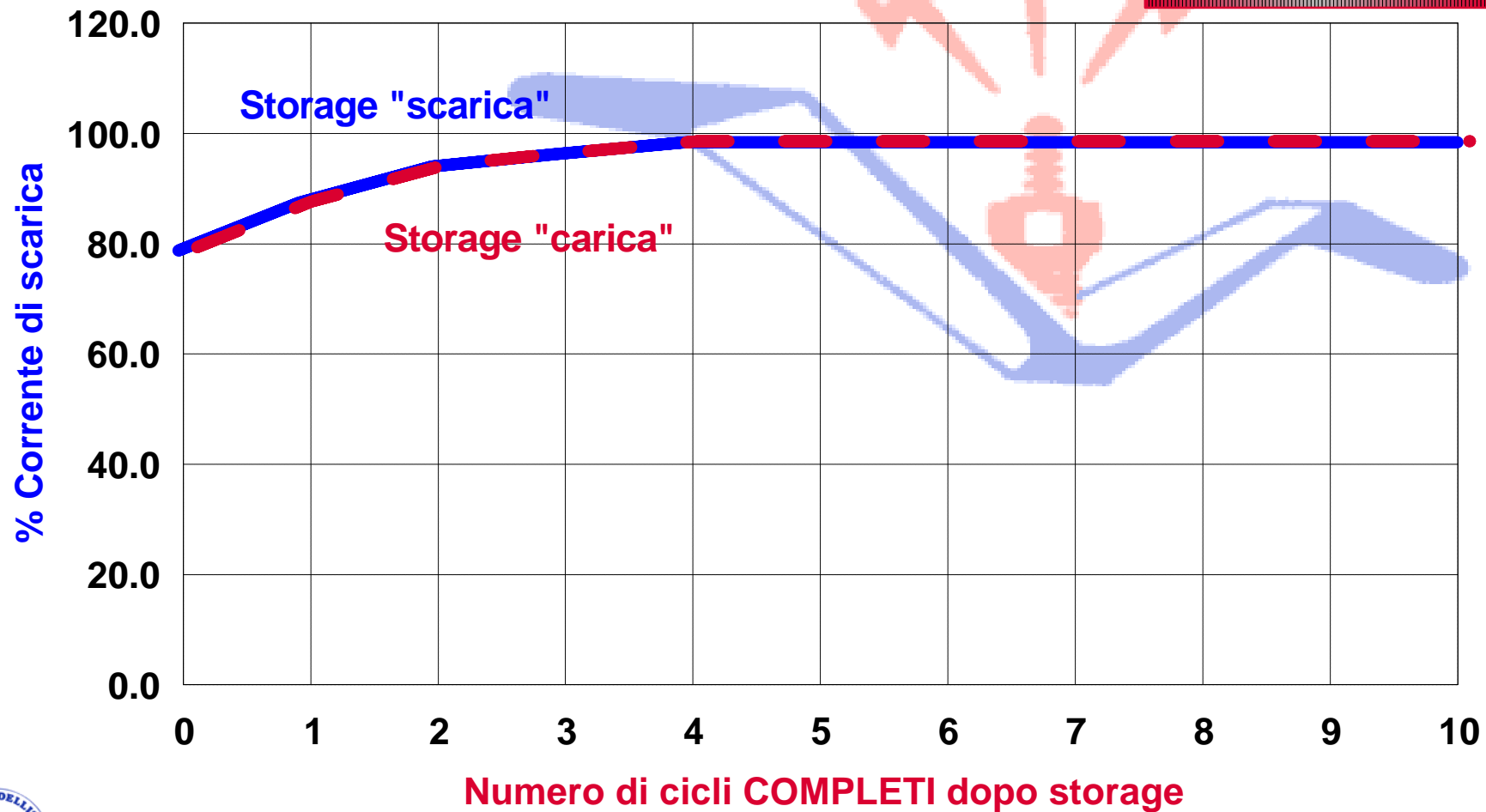
Ricarica rapida/lenta	Corrente di carica	Giudizio
Lenta	$\leq 0.1C$ (13-15ore)	Ottimo / The best
Rapida -? $V=40mV$ (meglio se 10mV)	0.3C - 1C	Discreto (piu' diffuso ed economico) attenzione alla serie di piu' celle
Rapida ?V/?t=0	0.3C - 1C	Discreto (meglio se combinato con ??/?t)
Rapida ?V/?t	0.5C - 2C	Buono
Rapida ?V/?t e ??/?t	0.5C - 2.5C	Ottimo



Curva di autoscarica di una cella NiCd a differenti temperature di "scaffale"

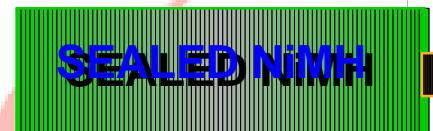


Numero di cicli per recuperare la piena funzionalità di una cella "sana" dopo storage





Caratteristiche principali celle NiMH



■ Vantaggi

- ▶ Maggiore densità di energia rispetto alle NiCd
- ▶ Sigillate ==> nessuna manutenzione
- ▶ Elevate correnti di scarica e ricarica
- ▶ Elevato numero di ciclature (700 - 900)
- ▶ Elevato periodo di storage in qualunque condizione di carica

■ Svantaggi

- ▶ Moderato effetto memoria
- ▶ Elevata autoscarica
- ▶ Richiedono un miglior controllo durante la ricarica (sopportano meno l'overcharge)

Profilo di scarica a diverse correnti e temperature

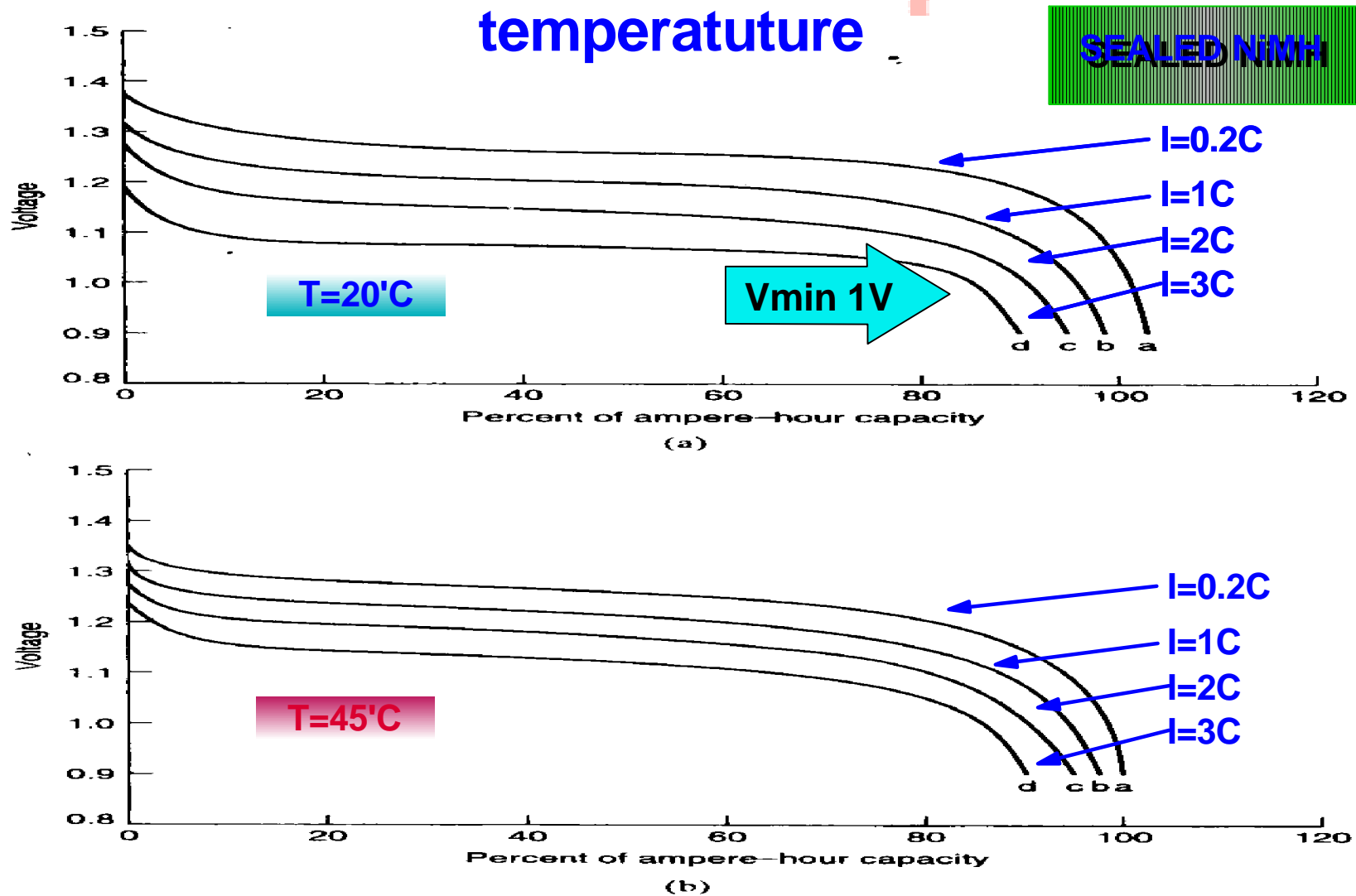


FIGURE 33.3 Discharge performance of sealed cylindrical nickel-metal hydride cells at (a) $20^{\circ}C$; (b) $45^{\circ}C$. Curves a— $0.2C$ rate; curves b— $1C$ rate; curves c— $2C$ rate; curves d— $3C$ rate.



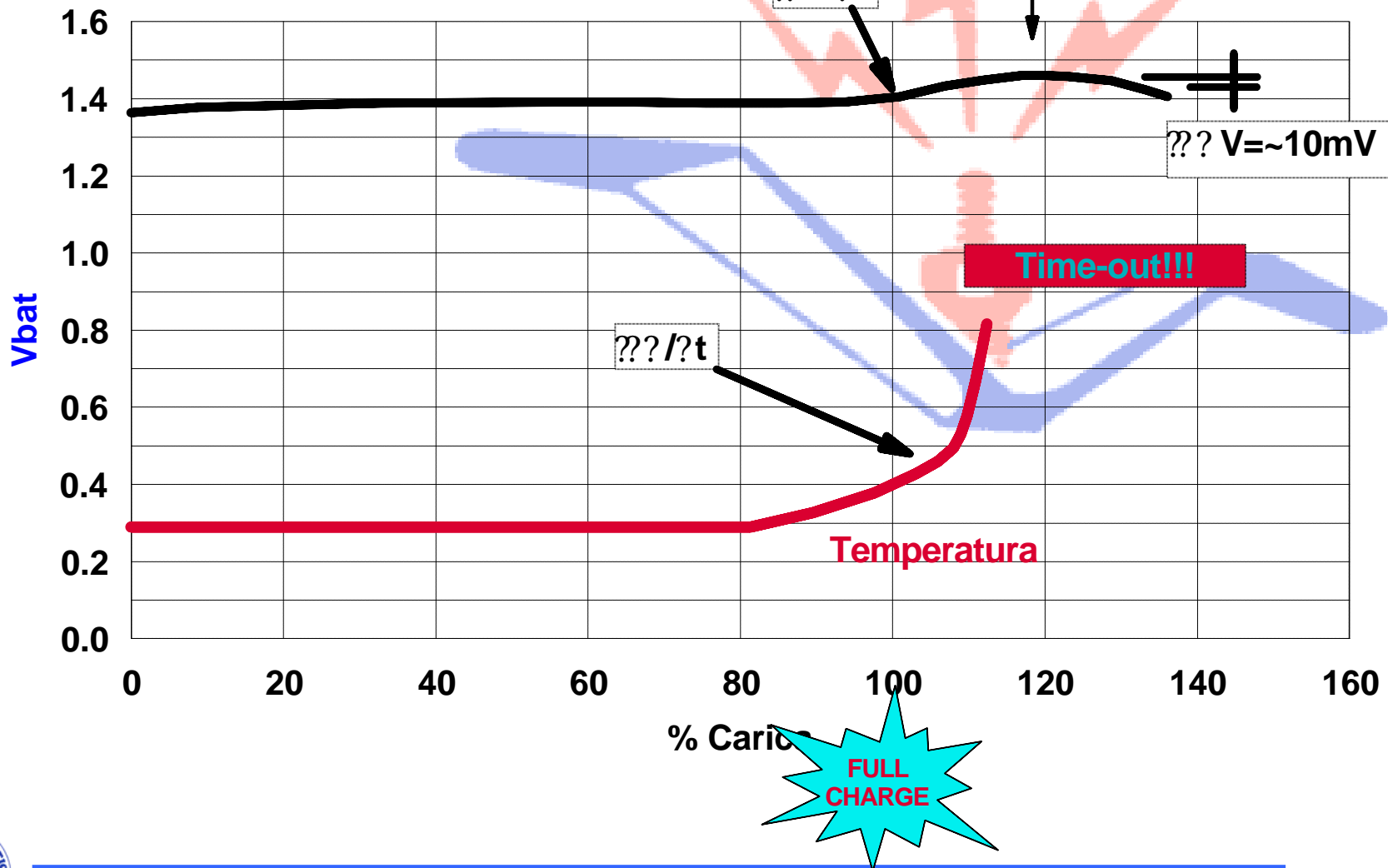
Metodologie di ricarica NiMH

SEALED NiMH

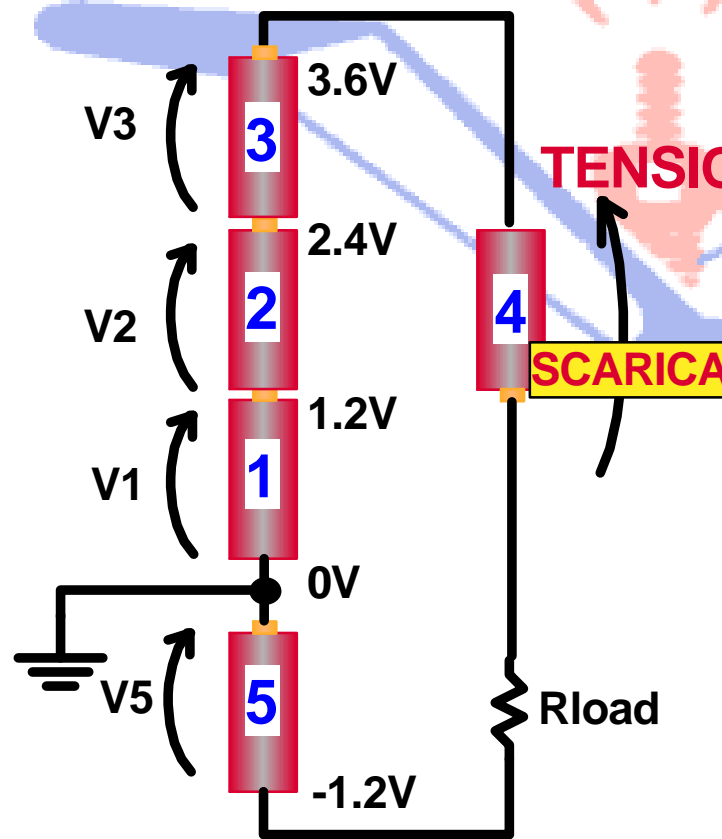
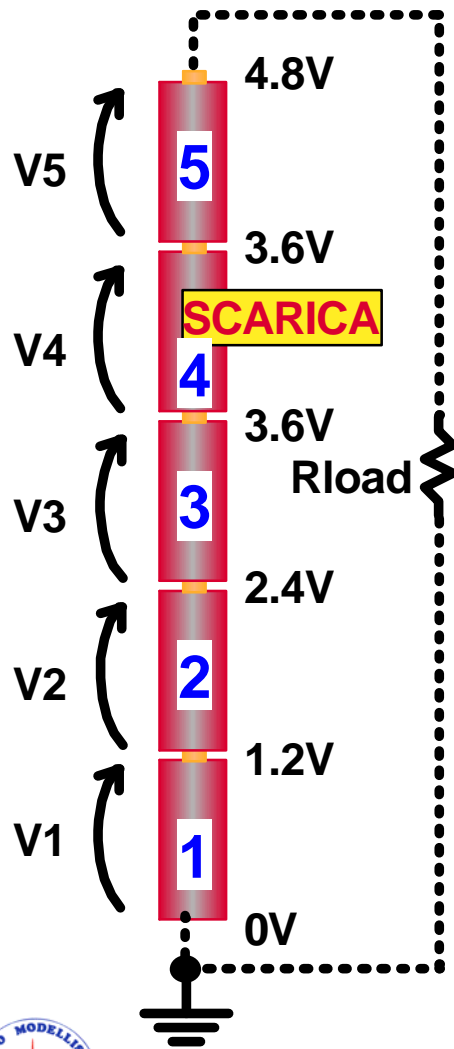
Ricarica rapida/lenta	Corrente di carica	Giudizio
Lenta	$\leq 0.1C$ (13-15ore)	Ottimo / The best
Rapida -? $V=10mV$ (meglio se $3mV$)	$0.3C - 1C$	Discreto (piu' diffuso ed economico) attenzione alla serie di piu' celle
Rapida ? $V/?t=0$	$0.3C - 1C$	Discreto (meglio se combinato con $??/?t$)
Rapida ? $V/?t$	$0.5C - 2C$	Buono
Rapida ? $V/?t$ e $??/?t$	$0.5C - 2.5C$	Ottimo



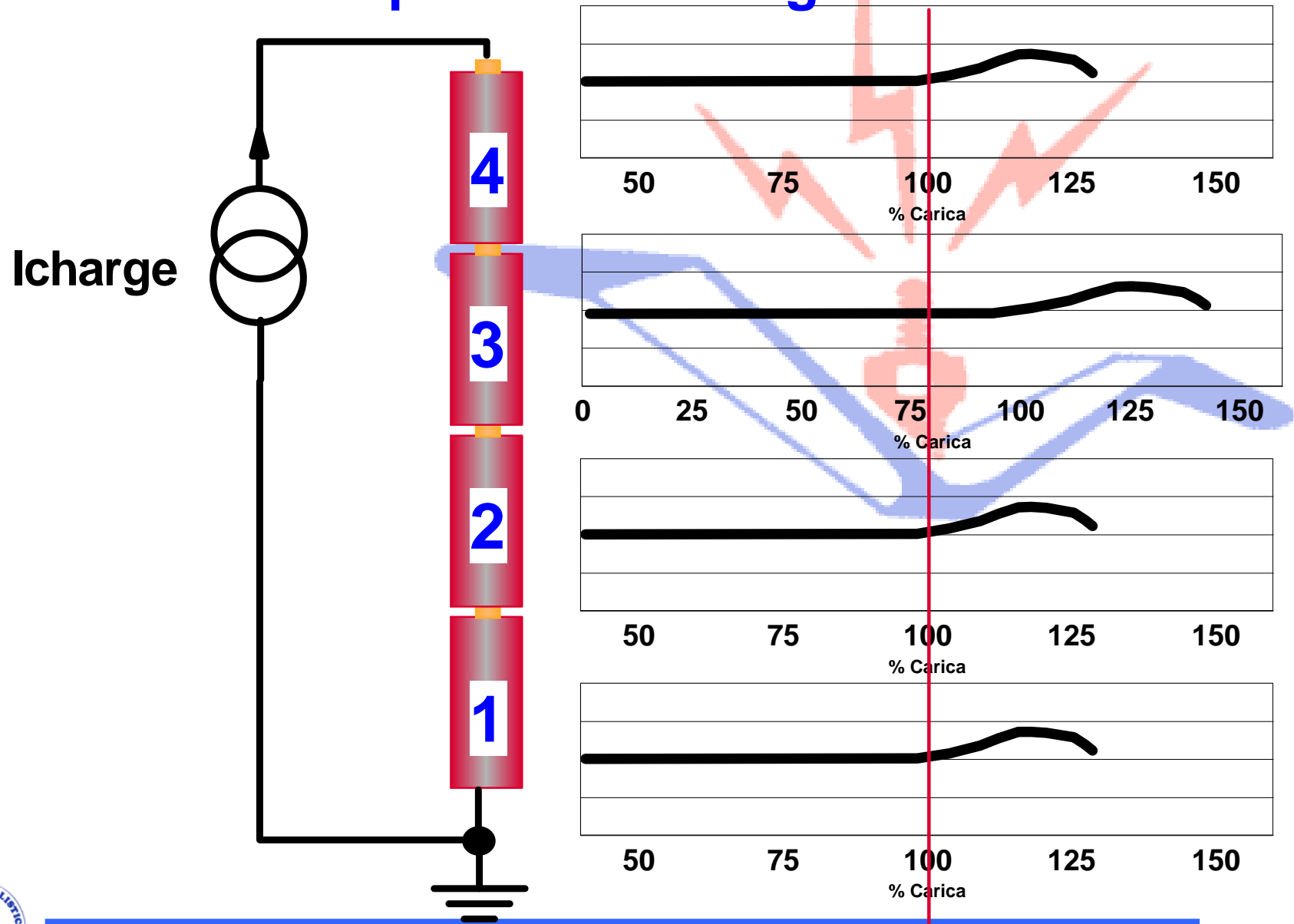
Curva di carica e metodologie di rilevamento fine carica. ($I_{CH}=1C$)



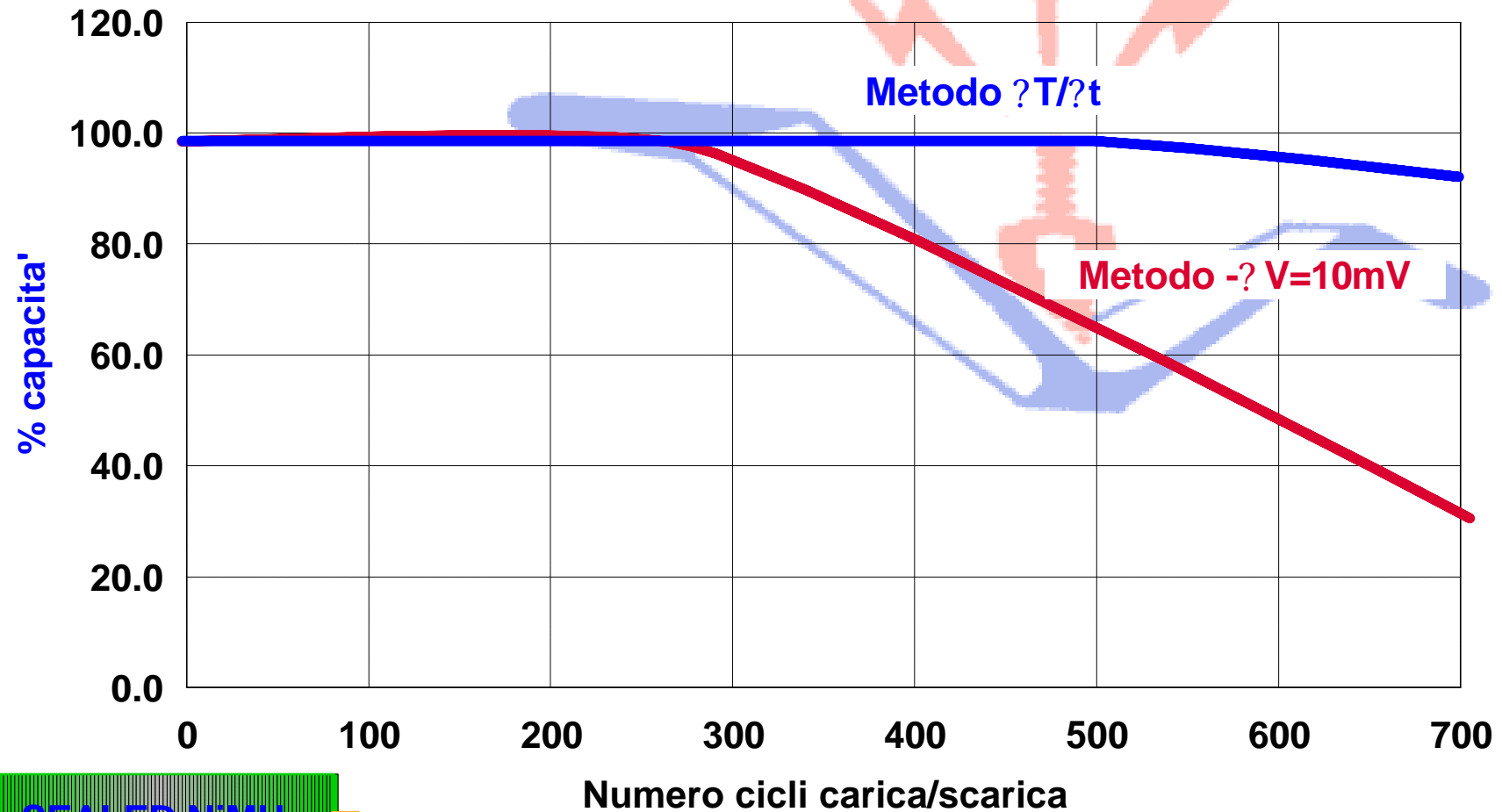
Fenomeno dell'inversione di polarita'



Ricarica di un pacco non omogeneo



Degradazione delle celle NiMH in funzione del metodo di ricarica e del numero di cicli

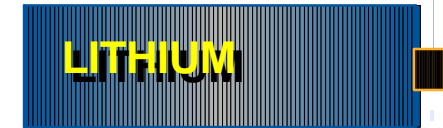


SEALED NiMH

Ing. Giulio Ricotti



Caratteristiche principali celle Lithium-Ion



■ Vantaggi

- ▶ Elevata densita' di energia, fino a 150Wh/Kg
- ▶ Tensione nominale 4.2V
- ▶ Buona ritenzione di carica, cioe' bassa corrente di autoscarica

■ Svantaggi

- ▶ Profilo di scarica non "piatto"(*)
- ▶ Minor numero di ciclature(*)
- ▶ Scadenti prestazioni alle alte correnti di scarica(*)
- ▶ Cattive prestazioni alle basse temperature(*)
- ▶ (Mediocre affidabilita')
- ▶ Problemi di sicurezza (possibilita' di esplosione)

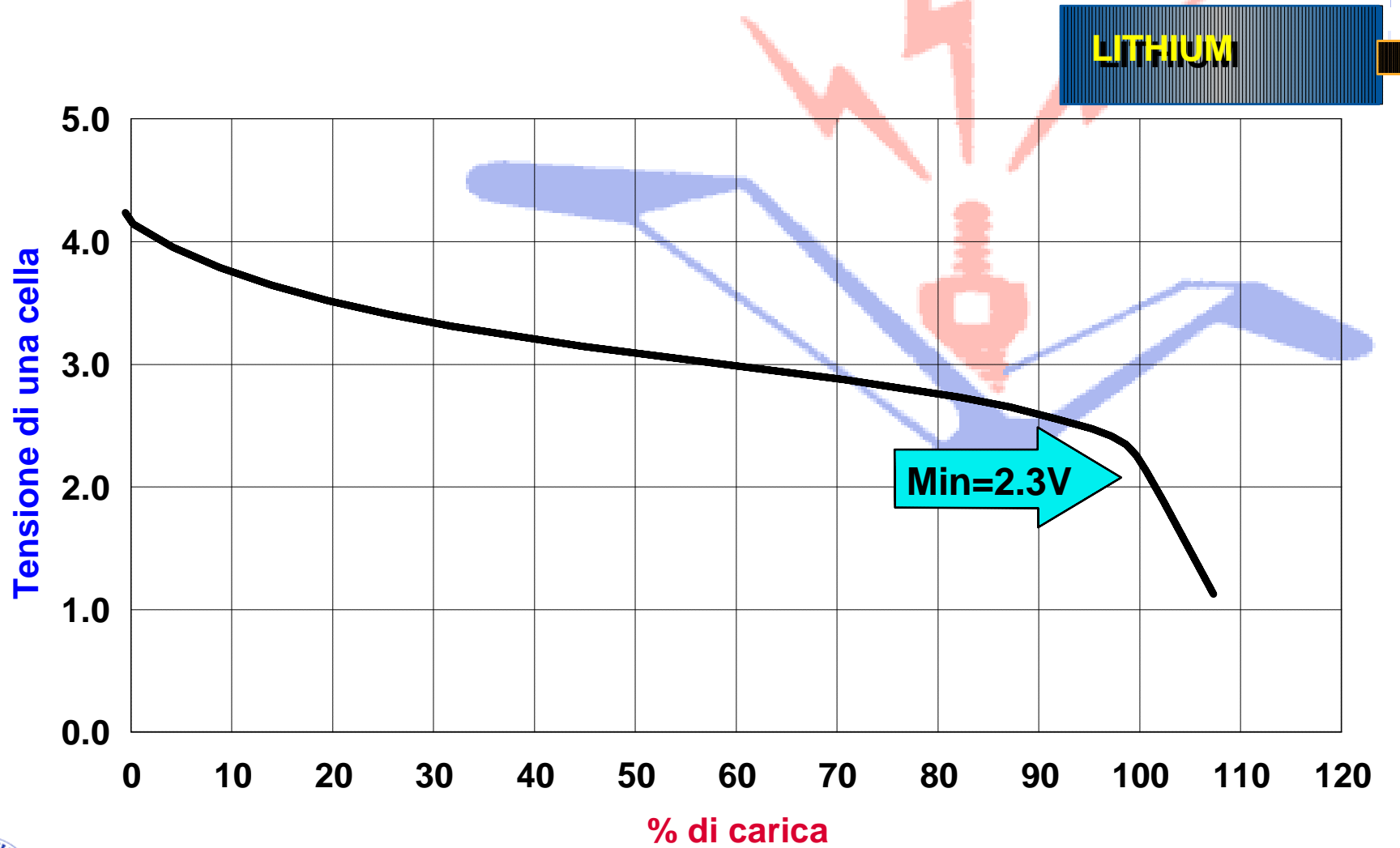
(*) rispetto alle NiMH e NiCd

Le Batterie ricaricabili al Litio, hanno differenti proprieta' a seconda del materiale di cui e' costituito l'elettrodo negativo.

Alcune considerazioni sulle celle Li-POLIMERO (LIPO)

1. Elevata densità di energia 170 Wh/Kg circa 3 volte rispetto alle NiMH
2. Ridotta capacità nell'erogare elevate correnti ($>2C$) circa 1/3 rispetto alle NiMH
3. Il punto '1' dice che bordo di un aeromodello a parità di energia caricata, con le LIPO la massa e' 1/3 rispetto alle NiMH.
4. Però il punto '3' dice che per avere lo stesso spunto di corrente devo installare la stessa massa
5. Considerando che spesso non e' importante la durata del volo, ma la "grinta e lo spunto" del modello, le correnti sono elevate, e questo comporta di triplicare la massa delle LIPO al fine di essere in grado di erogare la stessa corrente delle NiMH
6. Quindi si vola con la stessa massa di batterie
7. Però avendo la stessa massa si vola per un periodo triplo rispetto alle NiMH

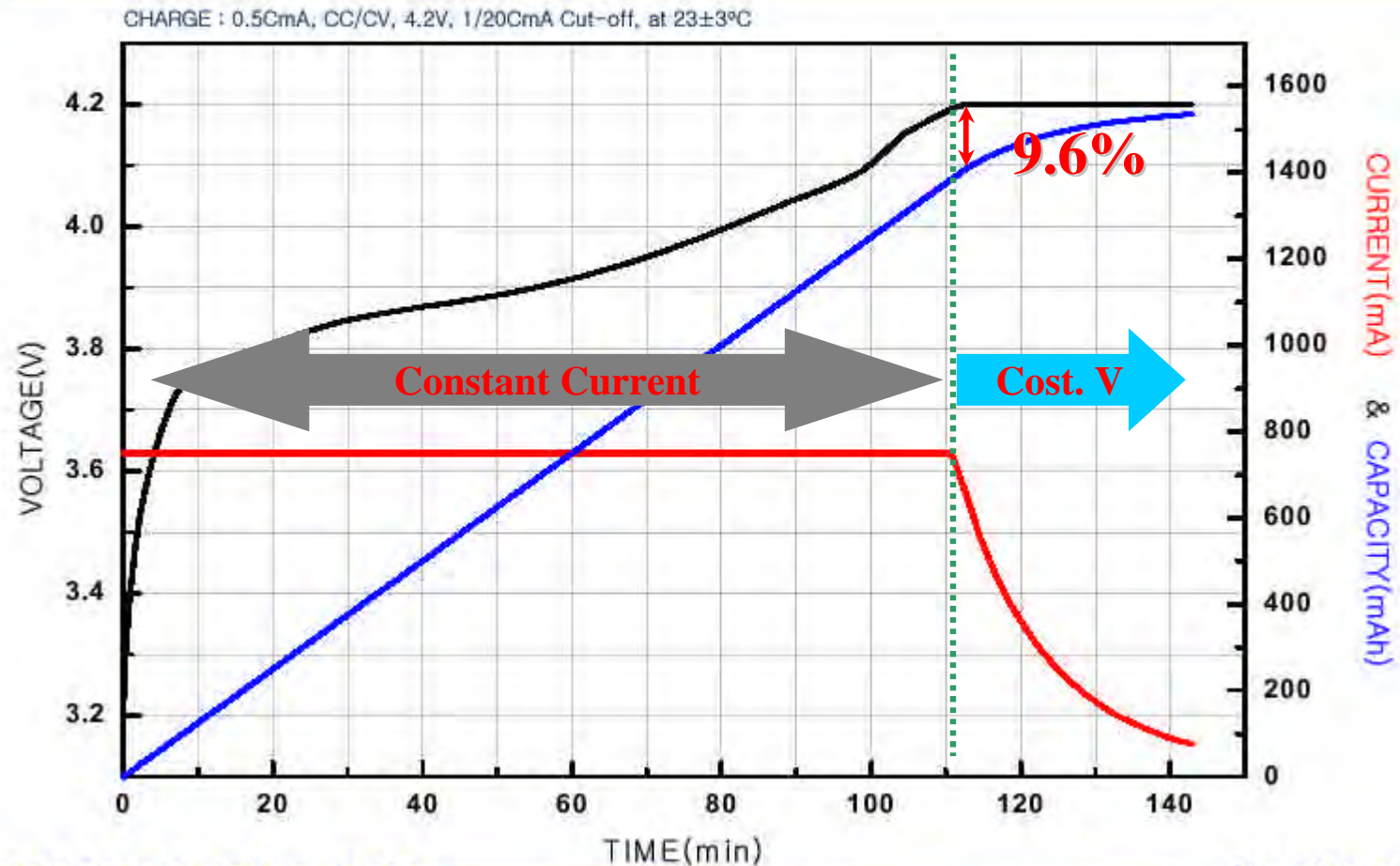
Curva di scarica teorica di una cella a ione di Litio



Consideration about battery management



Charge Characteristics (0.5CmA)



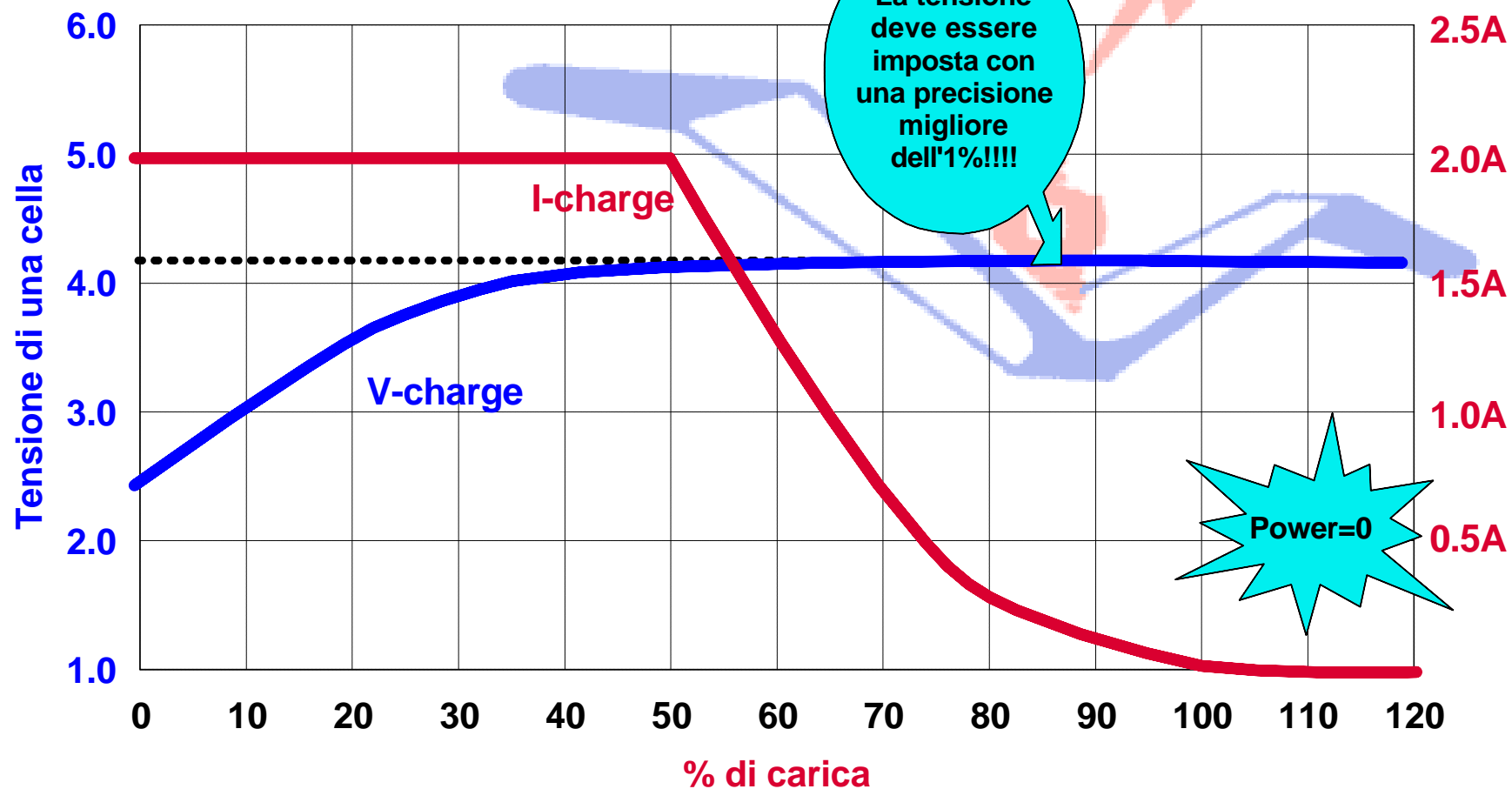
KOKAM PROPRIETARY

SLB 603870H

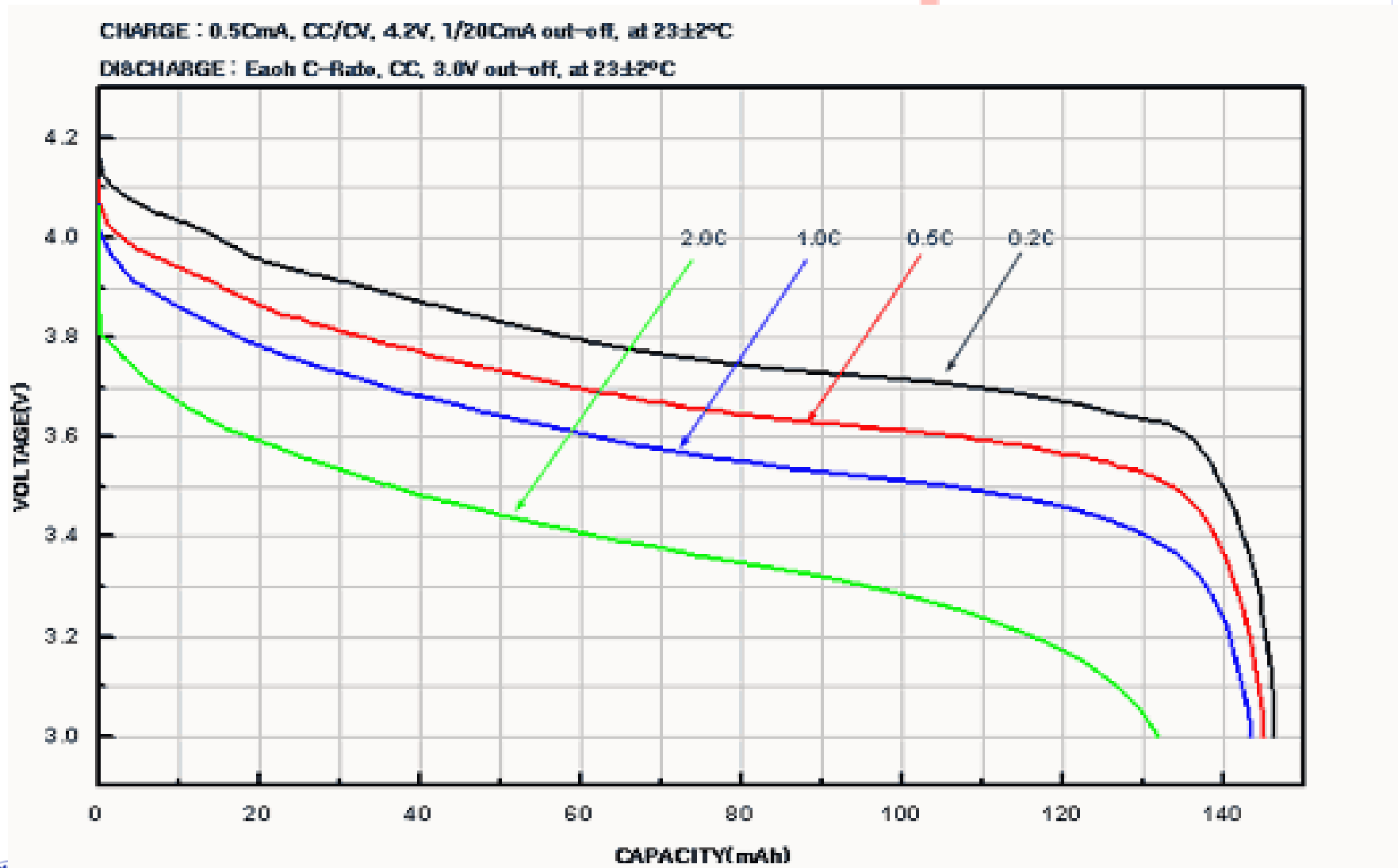


Ing. Giulio Ricotti

Ricarica a tensione costante di una cella al Litio (curve teoriche)

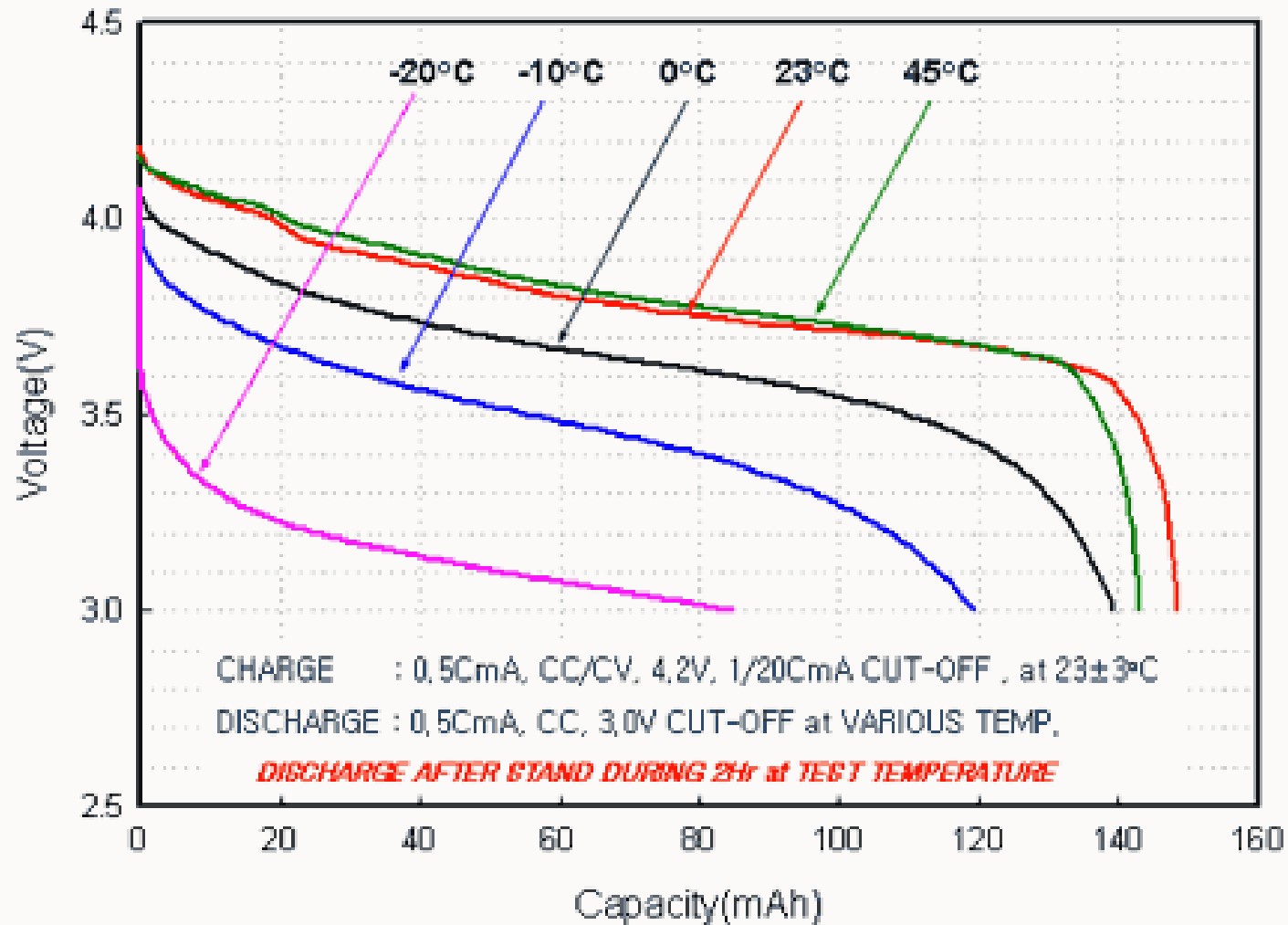


Profili di scarica a diversi C (LiPO) www.kokam.com



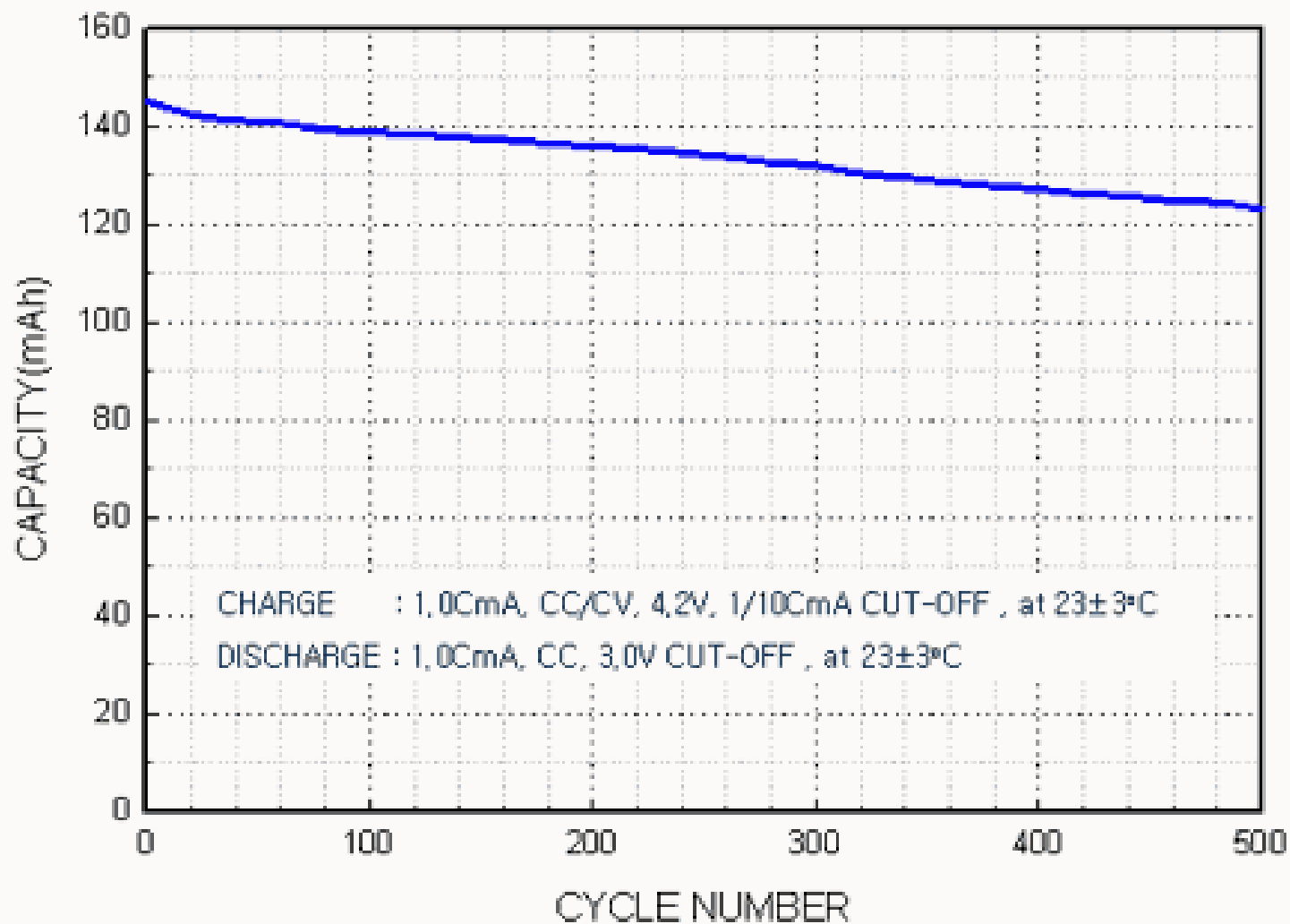
Profilo di scarica a diverse Temp. (LiPO)

www.kokam.com



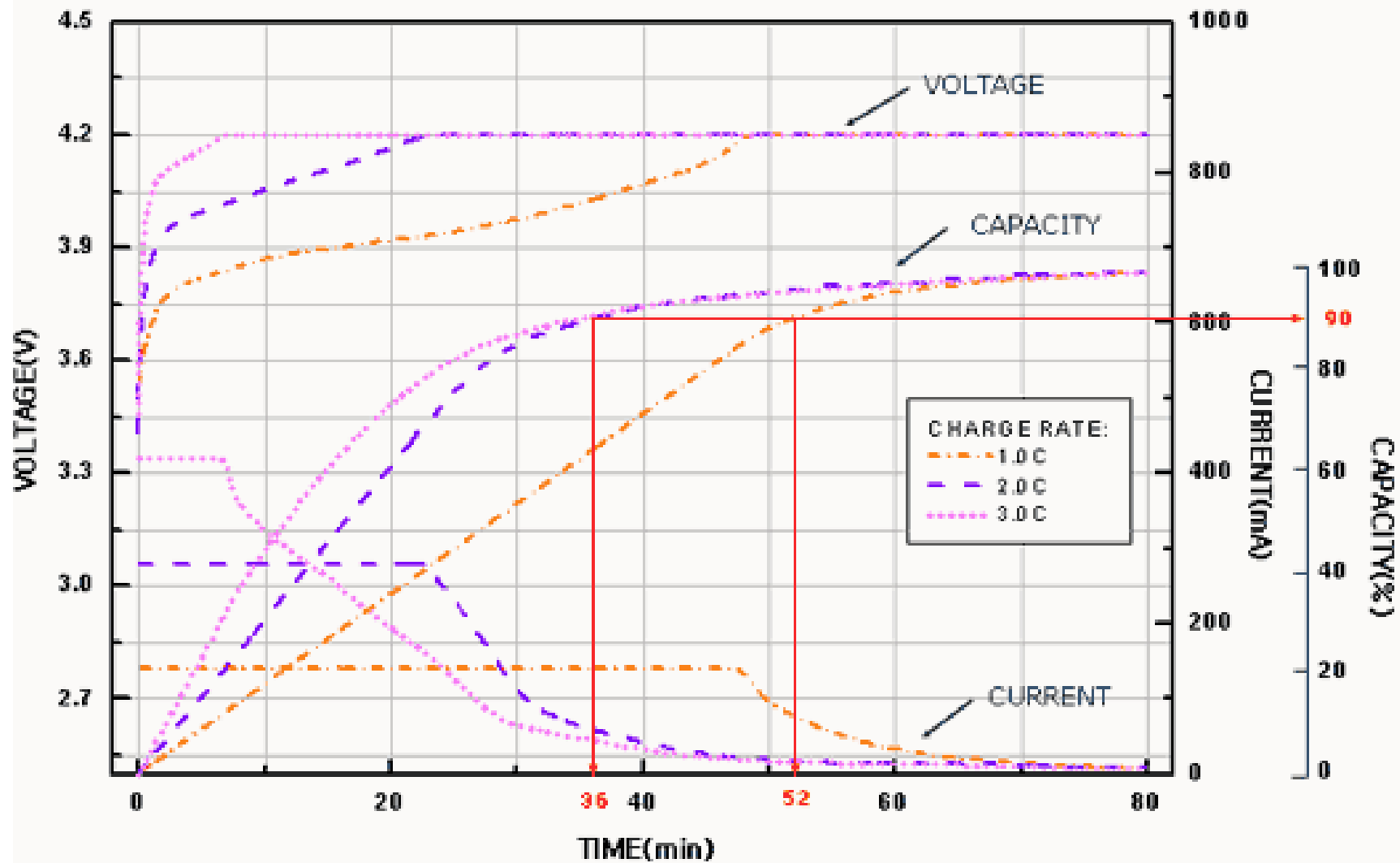
Perdita di Capacita' a diverse ciclature (LiPO)

www.kokam.com



Profili di Carica a diverse velocita' (LiPO)

www.kokam.com



Bibliografia

Handbook of Batteries - *David Linden* - McGraw Hill

Evoluzione dei dispositivi Smart Power - *Giulio Ricotti* - Alta Frequenza AEI
- Luglio-Agosto 1995

Fully Integrated Fast Battery Charger with PWM current control and
Microprocessor on Board - *D. Rossi, G. Pedrazzini, G. Ricotti, T. Cavioni* -
Conferenza ESSCIRC 1995 - Lille (France)

Il caso batterie - *L. Balocco* - Elettronica Integrata - Novembre 1994

Sistema per la caratterizzazione delle curve di tensione e temperatura
delle batterie NiCd e NiMH - *M. Nucita* - Tesi di laurea Univ. degli Studi
Pavia 1995/96 (*G. Pedrazzini, G. Ricotti*)

Pile Batterie Accumulatori Caricabatterie - *Giancarmelo Mororni* - Jackson
Libri 1997

