



Fondazione
TELIOS
O n l u s



POLITECNICO di TORINO

Dipartimento di Energetica
Dipartimento di Scienze dei materiali e Ingegneria Chimica
Dipartimento di Ingegneria Elettrica



Comune di
AGLIE'



Associazione
Buongiorno
Canavese

IMMAGAZZINARE ENERGIA: GLI ACCUMULATORI ELETTROCHIMICI

Prof. Nerino Penazzi



Di cosa parleremo questa sera:

- ✓ Cos'è un accumulatore di energia elettrica
 - Pile e altro
- ✓ Comportamento di un "buon" accumulatore
 - Capacità, energia, potenza, durata ai cicli.....
 - Prendersi cura dell'accumulatore
- ✓ Tipi di accumulatori
 - Confronti
 - Un cugino: il supercondensatore
 - Una storia: l'accumulatore "al litio"
- ✓ A cosa serviranno gli accumulatori
 - Veicolo elettrico
 - Immagazzinamento di energia elettrica da fonti di energia aleatorie

Di cosa parleremo stasera:

- ✓ Cos'è un accumulatore di energia elettrica
- ✓ Comportamento di un “buon” accumulatore
- ✓ Tipi di accumulatori
- ✓ A cosa serviranno gli accumulatori

Di cosa non parleremo:

- ✓ Di reazioni chimiche
- ✓ Di equazioni
- ✓ Di calcoli ingegneristici

Cosa è un accumulatore

Cominciamo dalla **pila**

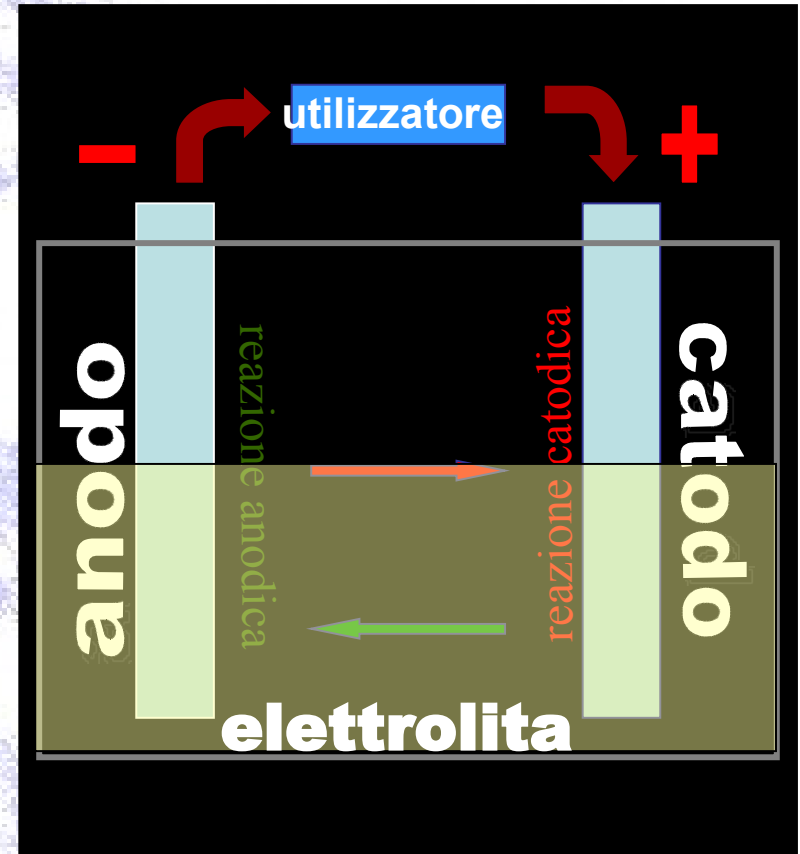
Consideriamo un **circuito elettrico** costituito da :

- ❖ Elettrodo anodo
- ❖ Elettrodo catodo
- ❖ Elettrolita
- ❖ Utilizzatore

Agli elettrodi avvengono due reazioni:

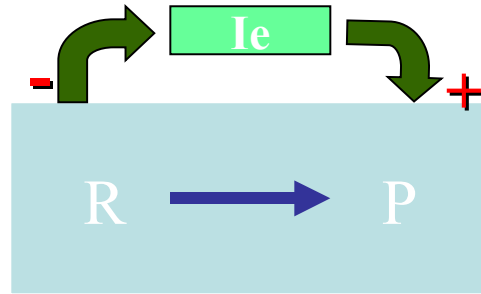
- ❖ Ossidazione spontanea all'anodo
- ❖ Riduzione spontanea al catodo
- ❖ L'elettrolita trasporta ioni
- ❖ Attraverso l'utilizzatore passano gli elettroni

Ossidazione + riduzione danno una **reazione elettrochimica spontanea**

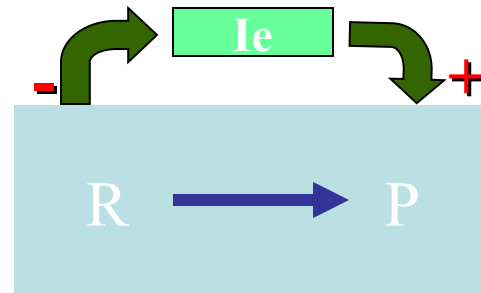


Reazione elettrochimica: $R \Rightarrow P$ spontanea

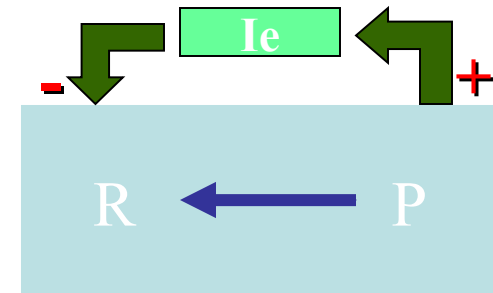
Se la reazione non è ricostituibile \rightarrow
Pila propriamente detta
o generatore primario



Se la reazione è ricostituibile \rightarrow
accumulatore

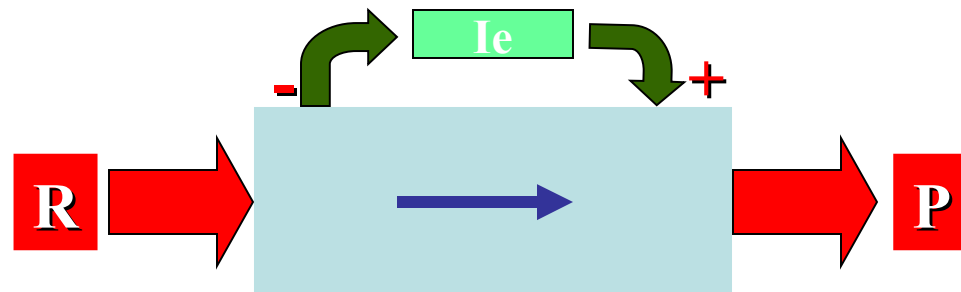


scarica

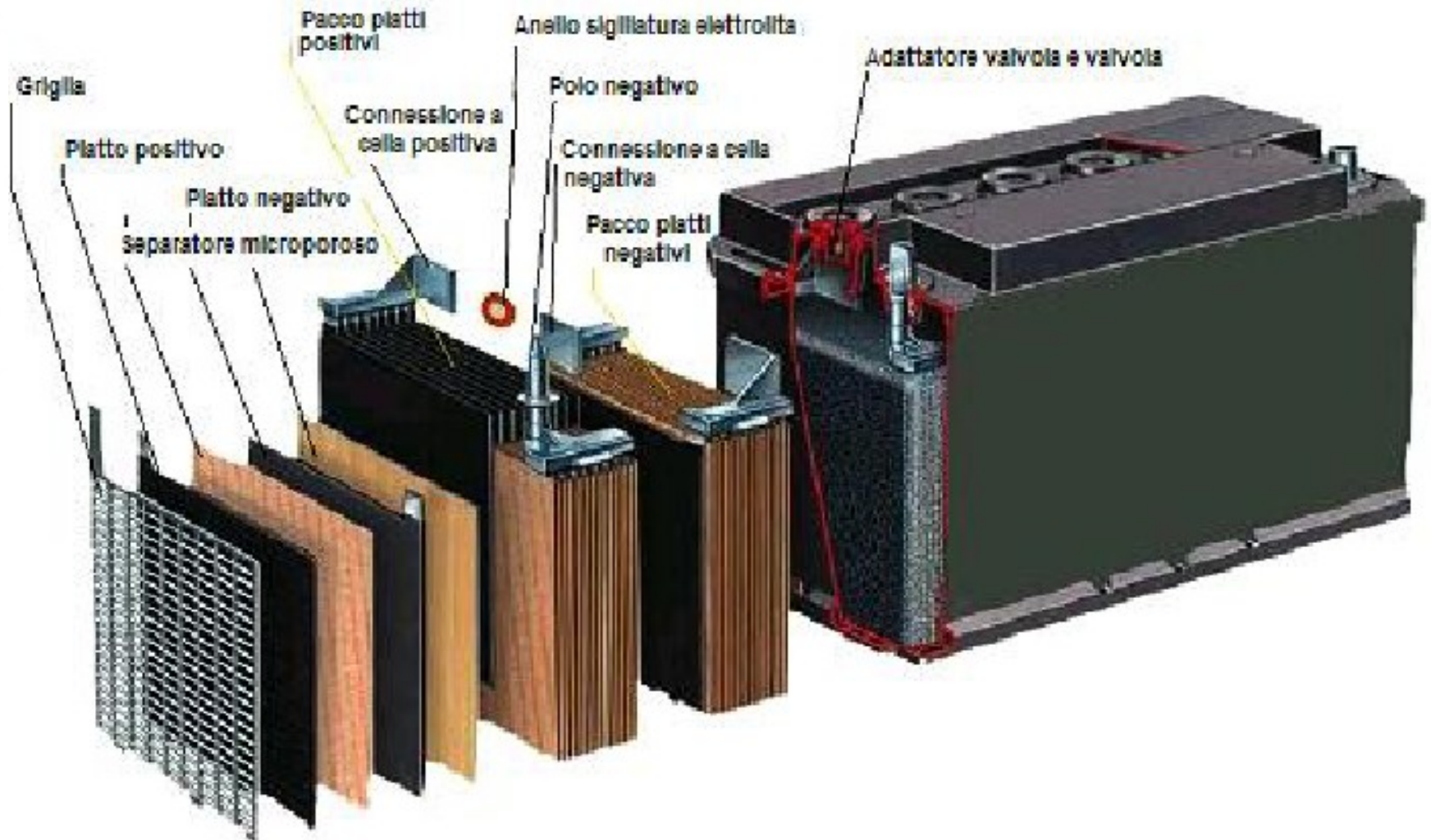


carica

Pila a combustibile
Cella a combustibile
Fuel Cell



Più accumulatori in serie: BATTERIA



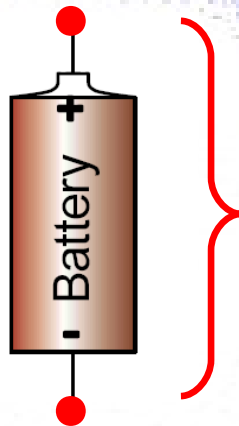
Comportamento dell'accumulatore

Tensione: energia che un elettrone trasferisce sotto forma di lavoro elettrico all'utilizzatore quando viene spostato un elettrone

Corrente: numero di elettroni che, nell'unità di tempo entrano ed escono dall'utilizzatore

Circuito aperto

E = tensione reversibile
(forza elettromotrice)

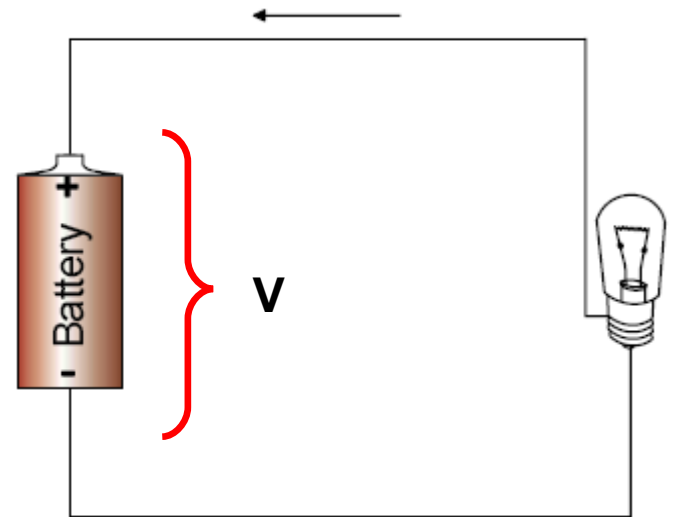


Passaggio di
corrente
elettrica



Circuito chiuso

$V(I)$ = tensione sotto carico



Flusso degli elettroni

V è minore di E e dipende
dalla intensità di corrente I

Capacità: quantità di elettricità, espressa in Ah, che la batteria è in grado di erogare durante la scarica a corrente costante.

Indica quanta carica (n. di elettroni) è "versata" nell'utilizzatore a circuito chiuso.

Più velocemente la verso (maggiore è la I) più "ne spando in giro" cioè meno ne va nell'utilizzatore

Energia specifica: l'energia erogata dal generatore riferita all'unità di massa o di volume dello stesso. Usualmente viene data in Wh/kg o in Wh/L.

Quanta energia può essere trasferita come lavoro elettrico per far funzionare l'utilizzatore

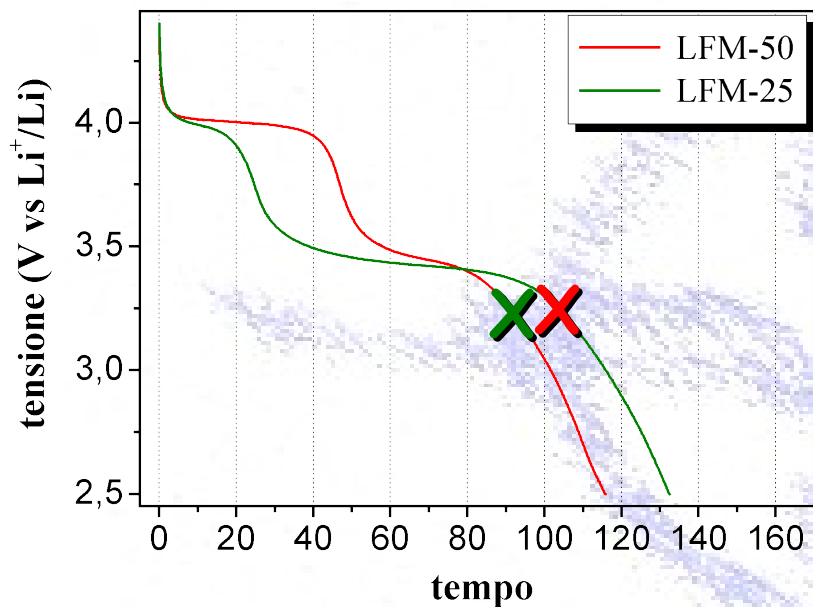
Dipende dalla quantità di carica (n. di elettroni) e da V

Potenza specifica: energia erogata in un certo tempo riferita alla massa o al volume dello stesso. Viene espressa in W/kg o in W/L.

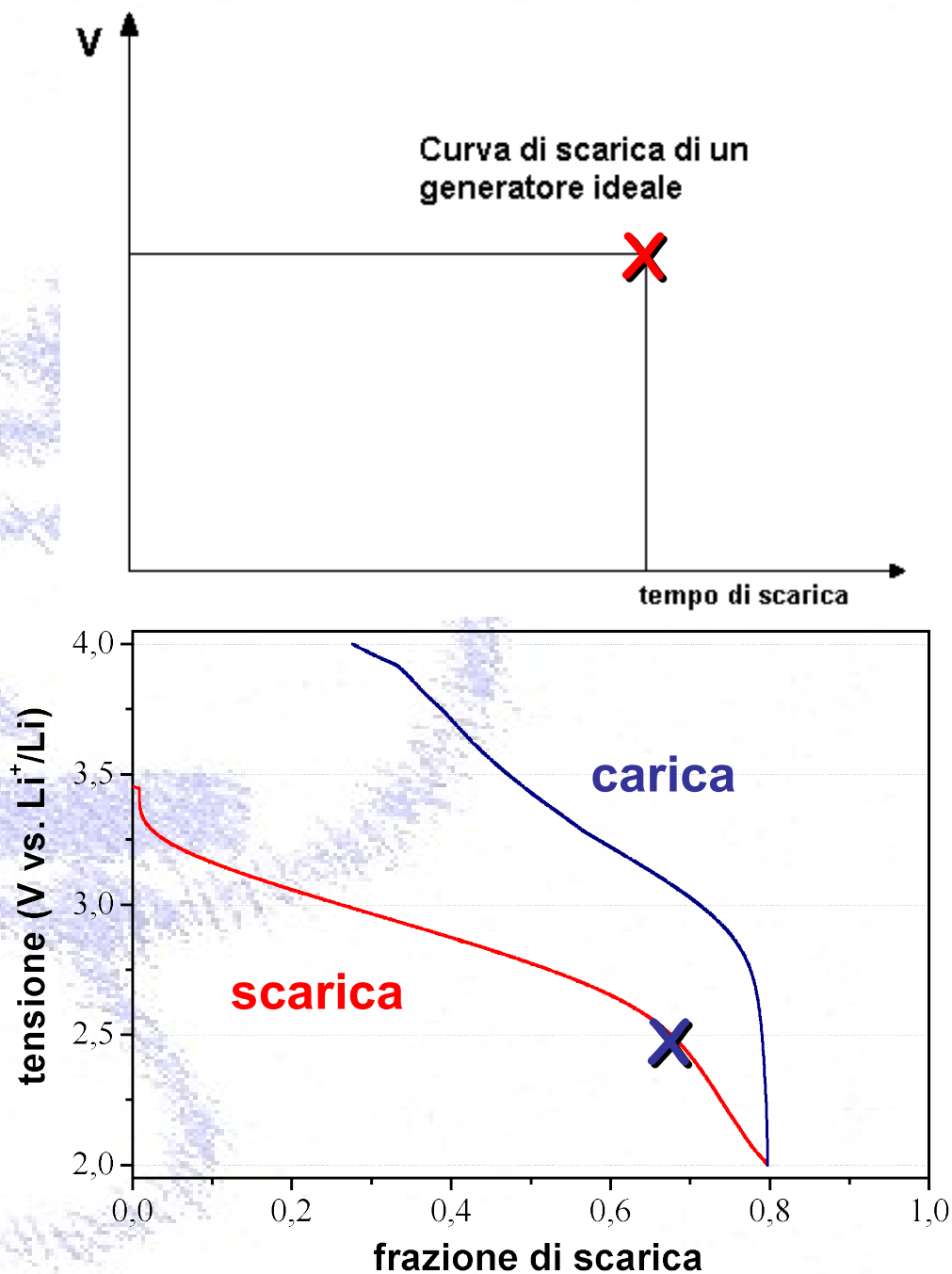
Indica quanta energia può essere trasferita come lavoro elettrico istantaneamente.

Più è alta I e maggiore è V più la potenza è grande

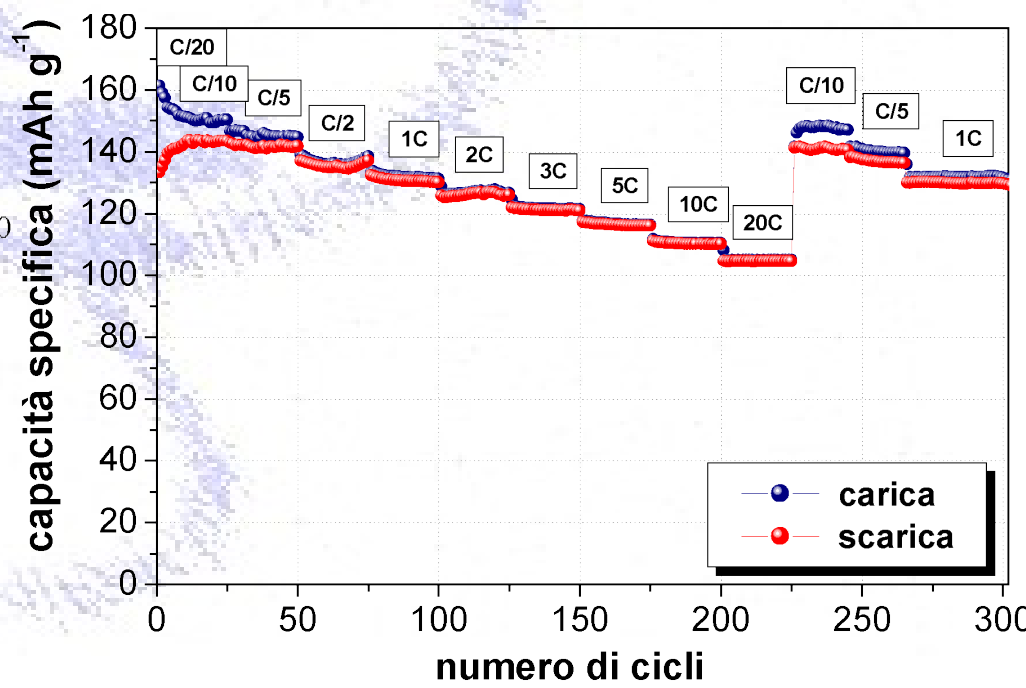
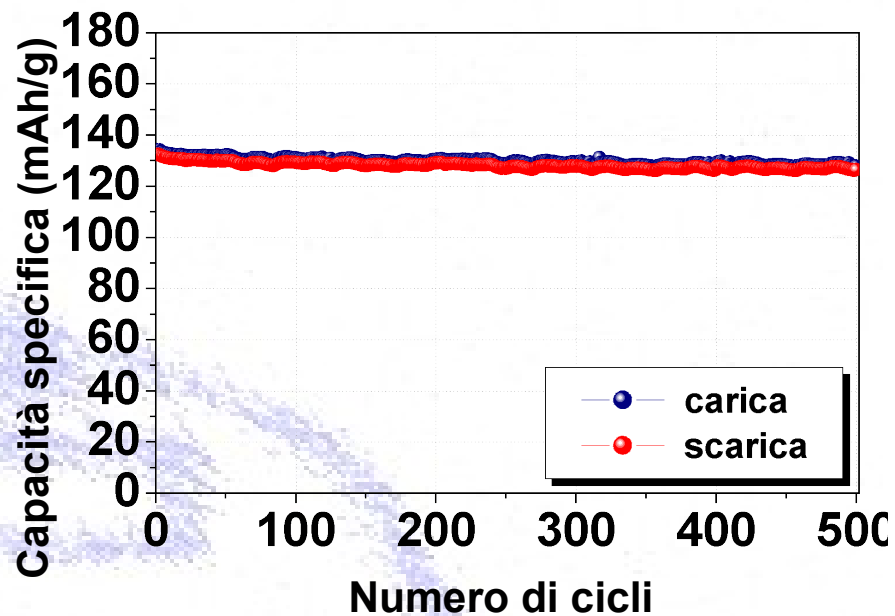
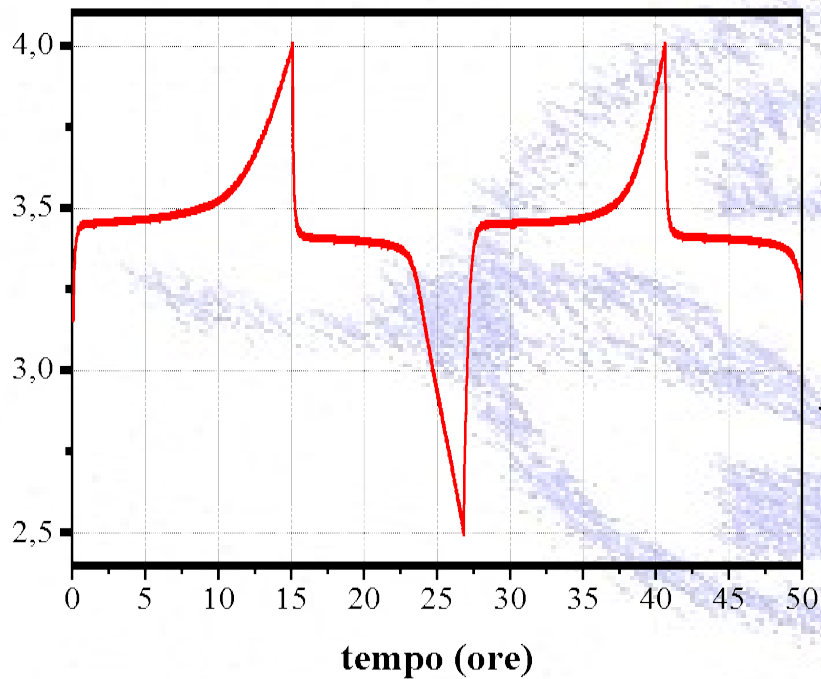
Scarica: il processo con il quale uso le cariche accumulate per far funzionare l'utilizzatore



Carica: il processo con il quale "riempio" la cella di cariche (elettroni)



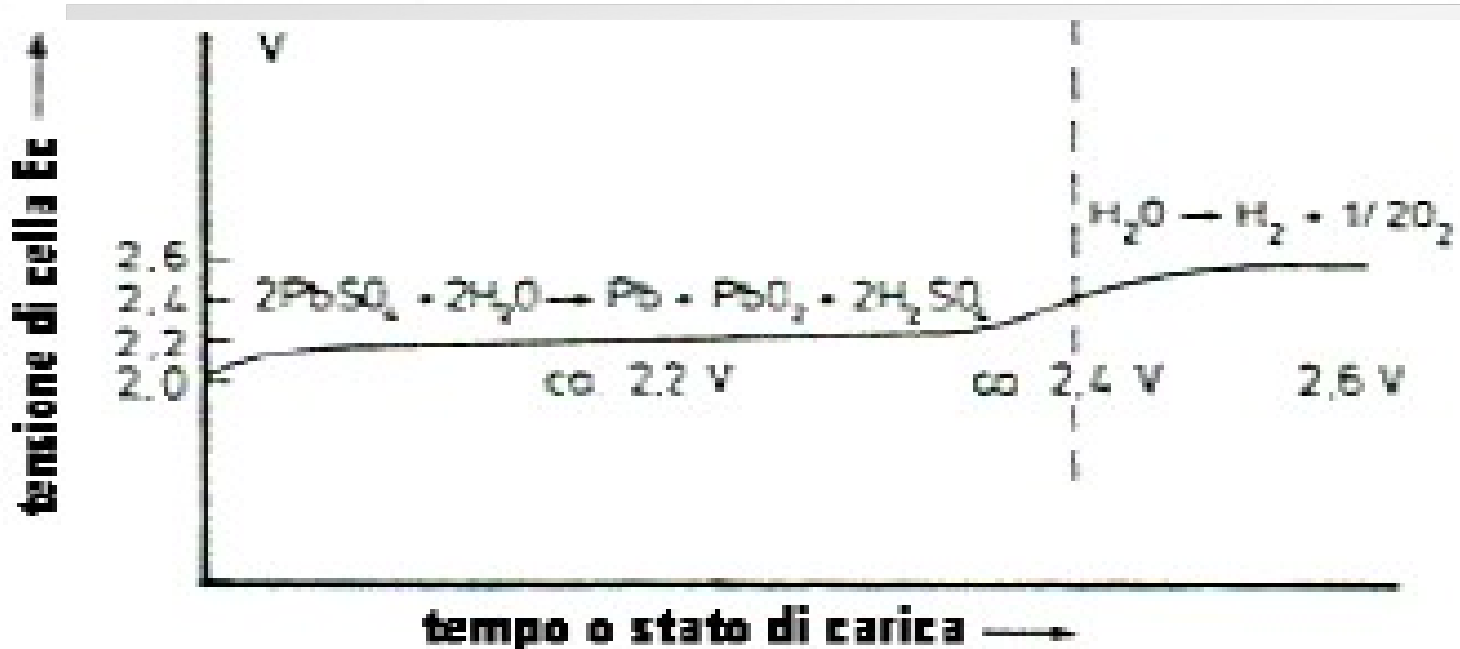
Durata ai cicli



Sicurezza

BUM





In sovraccarica:

- Reazione dell'elettrolita con sviluppo di gas e di calore

In sovrascarica:

- Formazione di metalli con crescita dendritica che può causare cortocircuito interno

All'aumentare della temperatura queste reazioni aumentano la propria velocità (valanga termica)

Gli accumulatori oggi (quasi tutti)

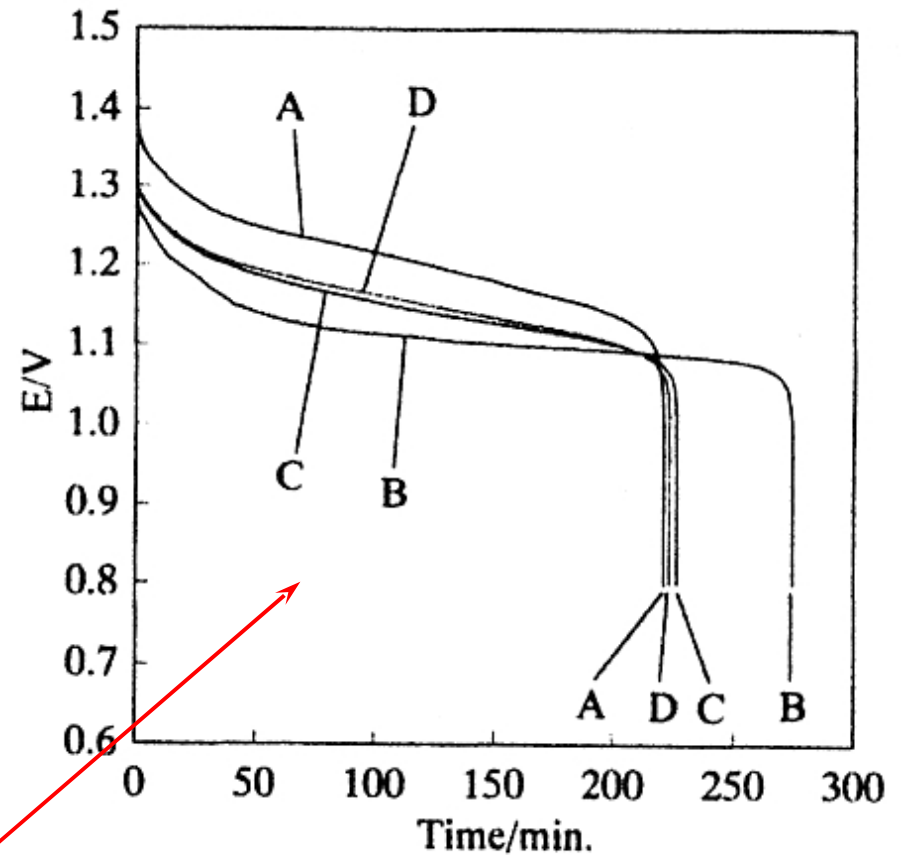
	al piombo VRLA	Ni/Cd	Ni/MH	A ioni di litio
tensione (V)	2.0	1.2	1.2	3.7
en. spec. (Wh/ kg)	35	50	90	165
densità di en. (Wh/L)	80	170	330	330
costo/kWh	50	200	200	500
numero di cicli	200	600 - 1000	300-500	500

CELLE SECONDARIE

Ni/Cd

❑ effetto memoria:
abbassamento della tensione di cella dopo una serie di scariche parziali e ricariche.
In genere si riottiene la capacità totale dopo alcune scariche profonde seguite da ricarica completa ma talora le performance originali non sono più disponibili.

- A) Scarica normale
- B) prima scarica dopo cento scariche parziali (e ricariche)
- C) Seconda scarica
- D) Terza scarica

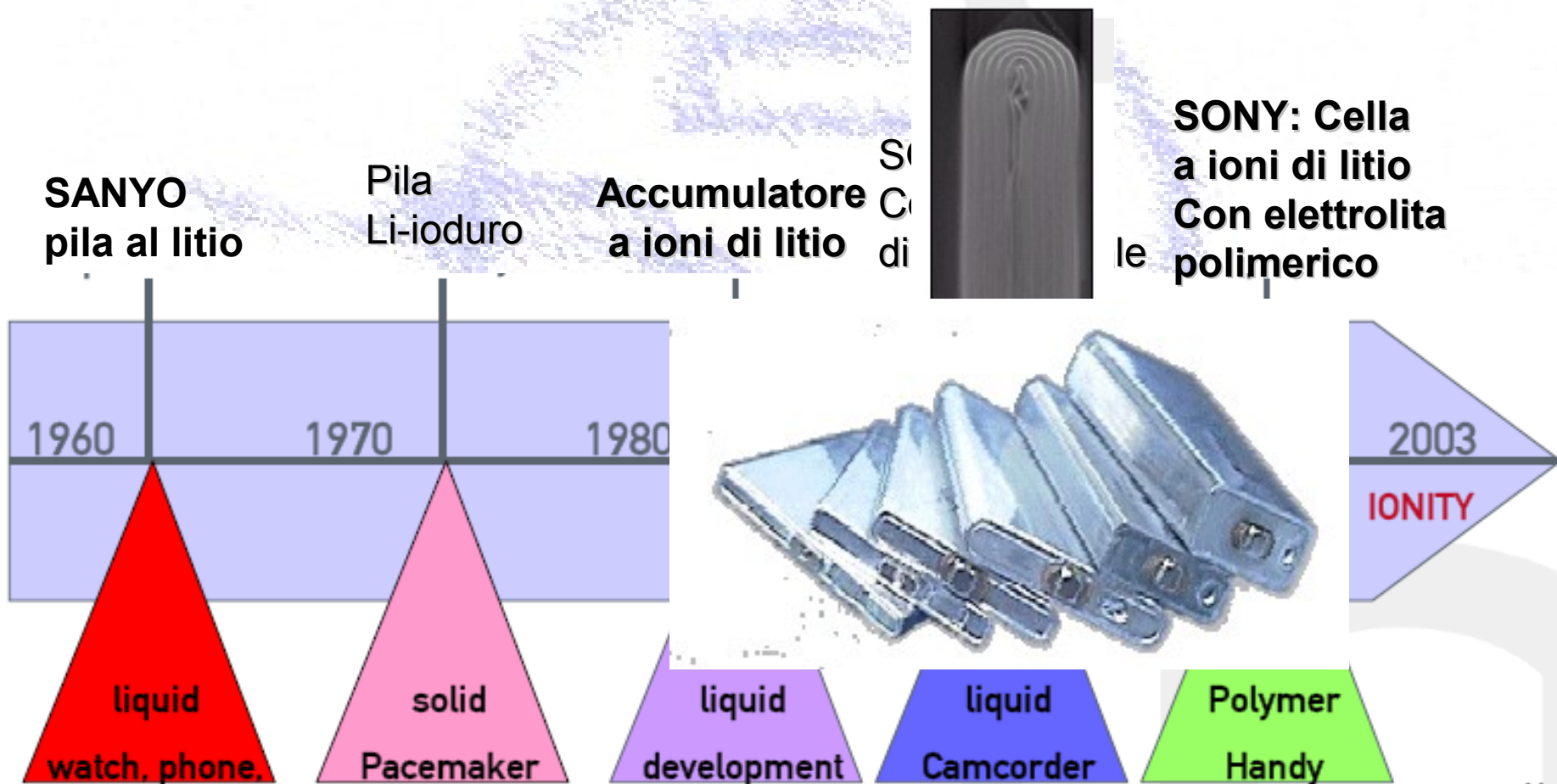


Una storia speciale: l'accumulatore al litio

(il progresso guidato dalle circostanze)

I parte

Litio: metallo leggero (0.5 g/cm^3), molto reattivo, $E = 3.05 \text{ V}$



l'accumulatore al litio

II parte

ELETTRONICA CONSUMER



IL VEICOLO ELETTRICO



Requisiti per un accumulatore da trazione elettrica:

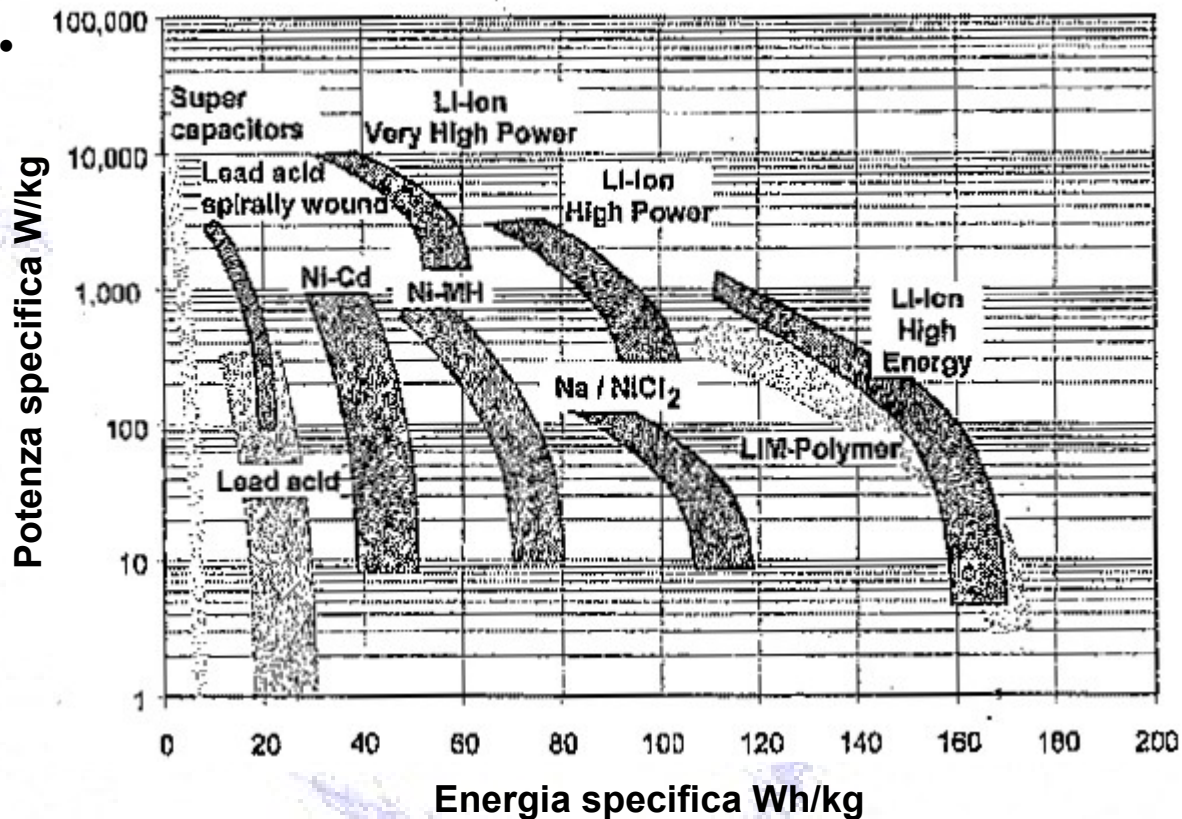
- materiali a basso costo
 - ✓ disponibili in grandi quantità
 - ✓ non inquinanti
- processi industriali a bassa tecnologia
- alto livello di sicurezza

A cosa servono (serviranno) gli accumulatori

- Veicoli a trazione elettrica
- immagazzinamento diretto di energia elettrica

Veicolo elettrico (zev)

- Futuro vicino: batteria a ioni di litio con elettrolita polimerico



Veicolo elettrico ibrido **(motore elettrico-motore a combustione interna)**

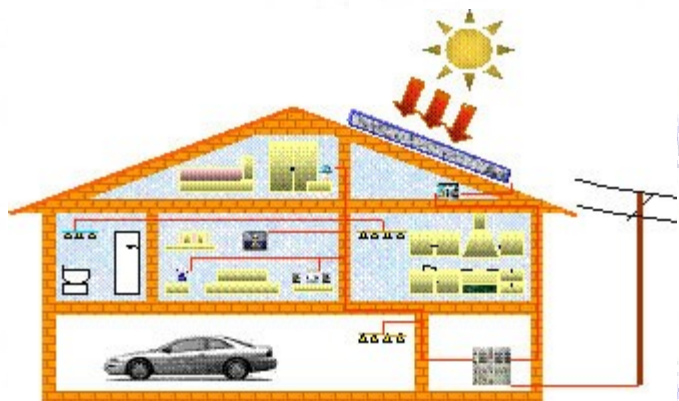
- Non risolve completamente il problema dell'inquinamento.
- Risponde ai seguenti scopi:
 - Ridurre consumo di *carburante* e l'emissione di CO_2 mantenendo prestazioni e comfort di un'auto convenzionale
 - Migliorare le prestazioni con una certa riduzione del consumo di *carburante*
 - Rendere massime le prestazioni dell'autoveicolo con lo stesso consumo di *carburante*

Veicolo elettrico ibrido **(batteria - pila a combustibile)**

?

immagazzinamento diretto di energia elettrica

FOTOVOLTAICO



EOLICO



SORGENTI RINNOVABILI MA **ALEATORIE**



(20-30 % presenza in rete)

- *Generazione di energia quando non necessaria*
- *Insufficiente fornitura di energia nei periodi di punta*
- *Oscillazioni e instabilità della potenza in rete*

Energia elettrica prodotta

Immagazzinamento della energia

Energia elettrica utilizzata

Tempo di immagazzinamento: ore

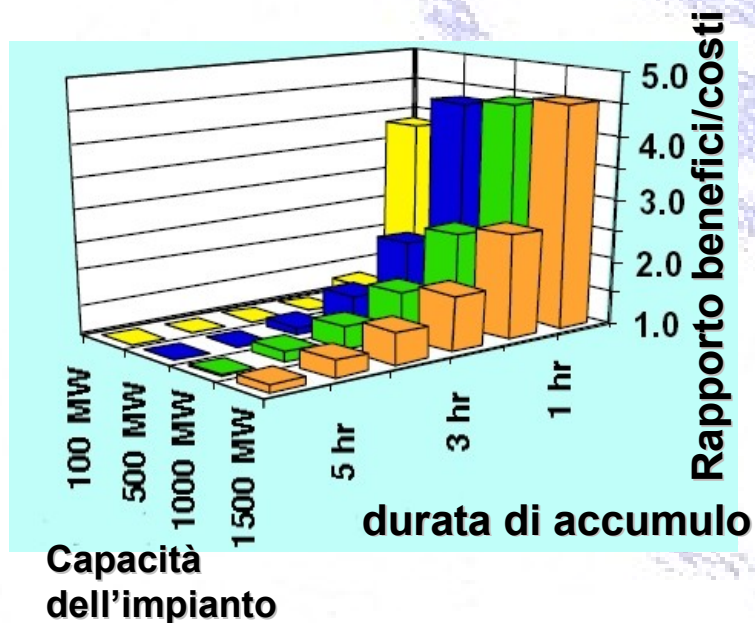
- Pompaggio di acqua
- Compressione di aria



Stabilimento di batterie al piombo a Chino (California).
10 MW – 4 ore

Tempo di immagazzinamento: minuti

- Batterie



Tempo di immagazzinamento: secondi

- supercapacitori
- volano



In conclusione

- ❖ La batteria: immagazzinatore diretto di energia elettrica
 - ❑ c'è spazio per un miglioramento delle prestazioni (cella a ioni di Litio)
 - ❑ la gestione sicura è un aspetto critico
 - ❑ alto costo
- ❖ Importanza crescente:
 - ❑ veicolo elettrico unico realmente non inquinante (alto costo)
 - ❑ stabilizzazione reti elettriche in presenza di fotovoltaico e solare, passo obbligato per lo sviluppo delle sorgenti rinnovabili

