

A large, three-dimensional red sign with white text is the central focus of the image. The sign is composed of several rectangular blocks stacked together, creating a sense of depth. The text is in a bold, sans-serif font. The background shows a modern exhibition space with a high ceiling, industrial-style lighting fixtures, and other red and white architectural elements. The overall aesthetic is clean and contemporary.

**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ**

Li – S akumulátory pro dopravu

Autor: Ing. Tomáš Kazda, Ph.D.

6.6.2017

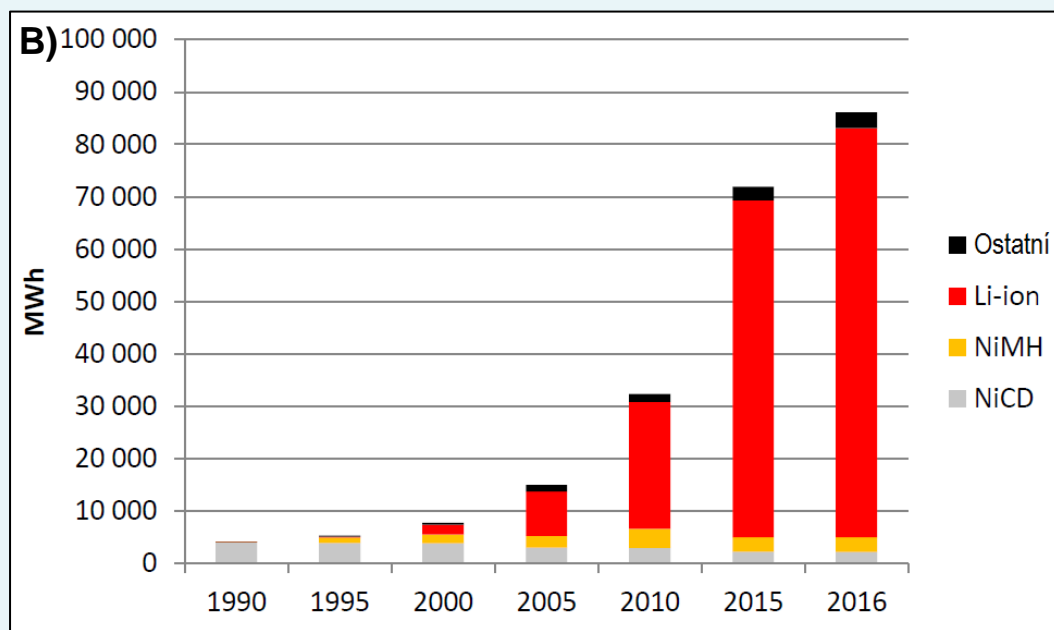
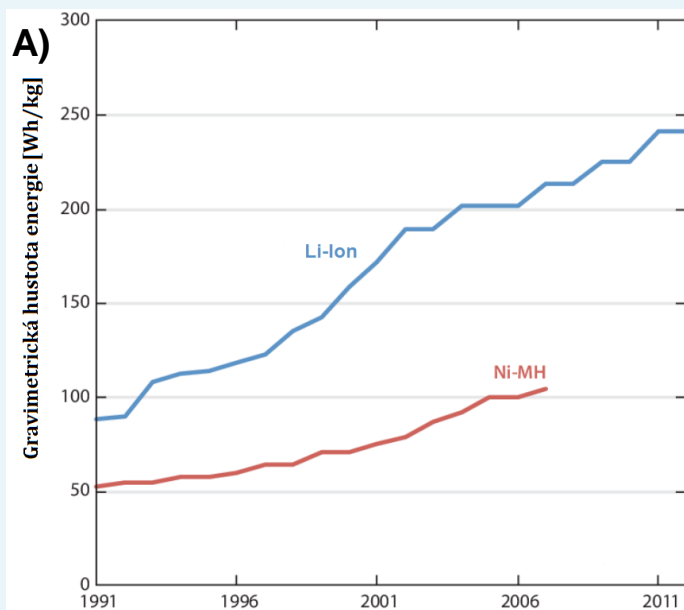
Výhody Li-Ion akumulátorů

- Vysoký potenciál
- Vysoká gravimetrická hustota energie
- Vysoká volumetrická hustota energie
- Dlouhá životnost
- Malé samovybíjení
- Poměrně široké možnosti optimalizace akumulátoru k danému použití
- Neobsahují nebezpečné kovy jako kadmium nebo olovo

Typ akumulátoru	Gravimetrická hustota energie [Wh/kg]	Volumetrická hustota energie [Wh/l]
Olověný akumulátor	40	70
Ni-Cd	50	100
Ni-MH	100	240
Li-Ion	260	700
Pokročilé Li-Ion	~ 350 – 400	~ 900
Post lithiové	>500	>1000

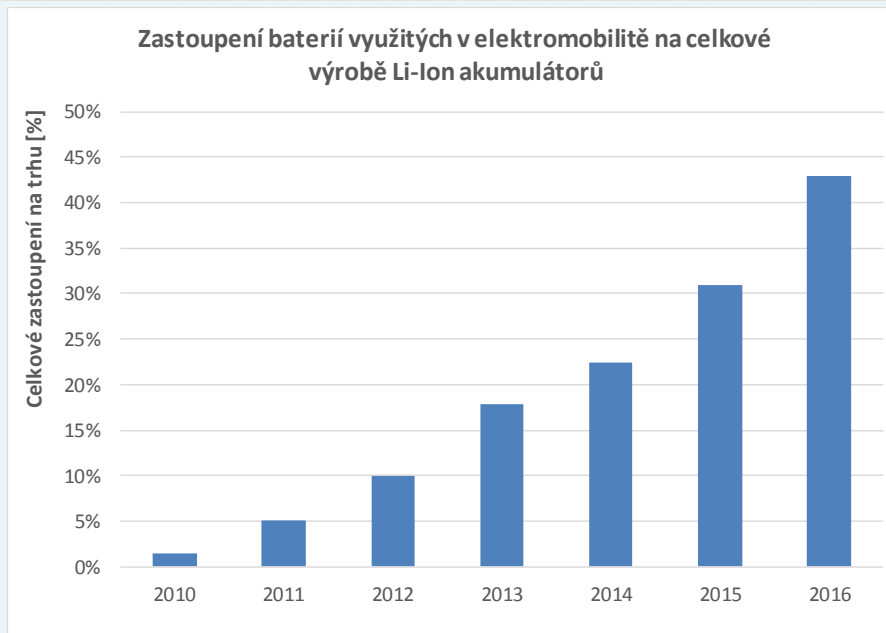
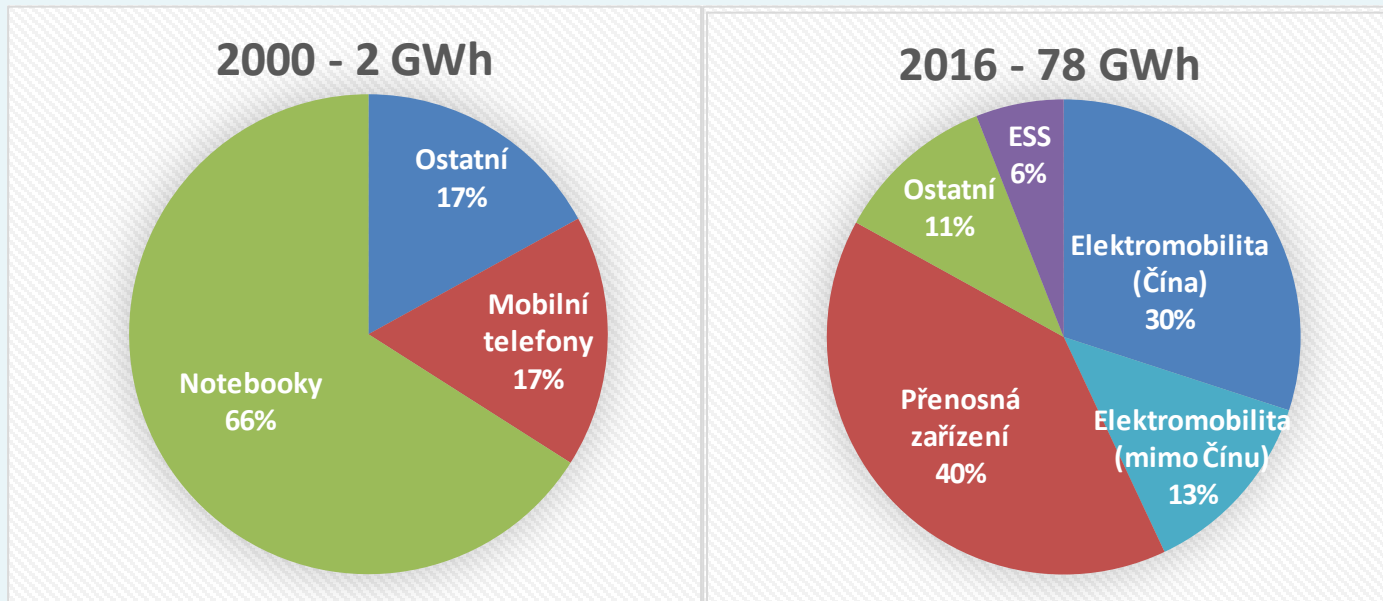
Rozvoj Li-Ion akumulátorů

První Li-Ion akumulátor byl uveden na trh v roce 1991 firmou Sony. Gravimetrická hustota energie tohoto akumulátoru byla 80 Wh/kg a cena 3200 \$/kWh. Jako materiál katody byl použit LiCoO_2

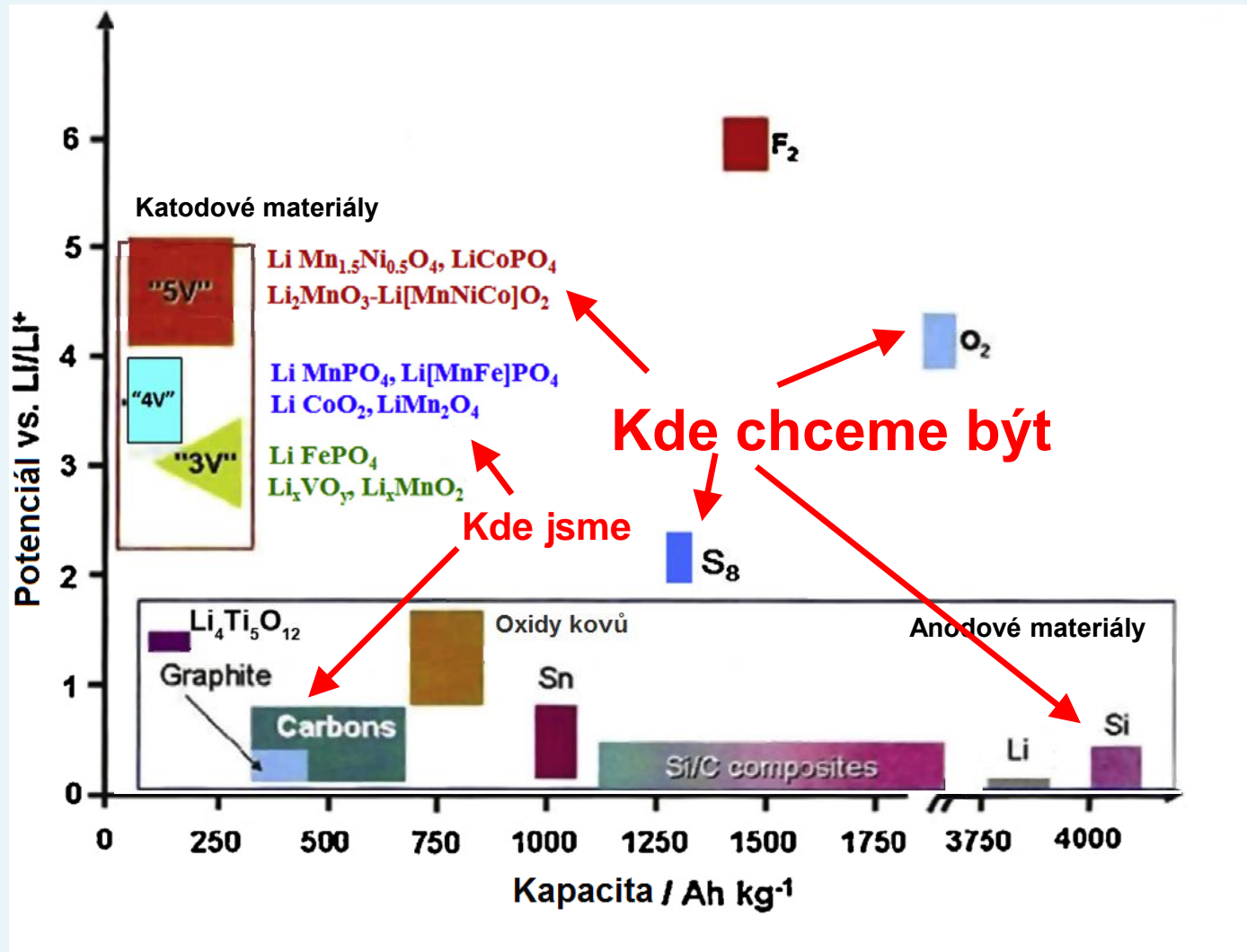


Obr.1: A) Vývoj růstu gravimetrické hustoty energie Ni-MH a Li-Ion akumulátorů, **B)** Vývoj zastoupení výroby jednotlivých typů akumulátorů s výjimkou olověných

Uplatnění Li-Ion akumulátorů



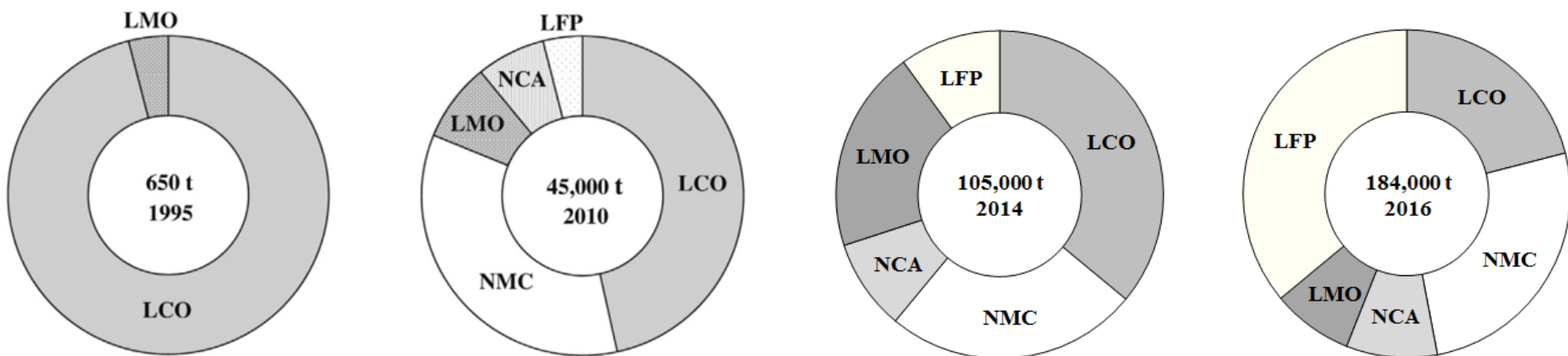
Současné a budoucí technologie Li-Ion akumulátorů



Obr.3: Přehled materiálů Li-ion akumulátoru

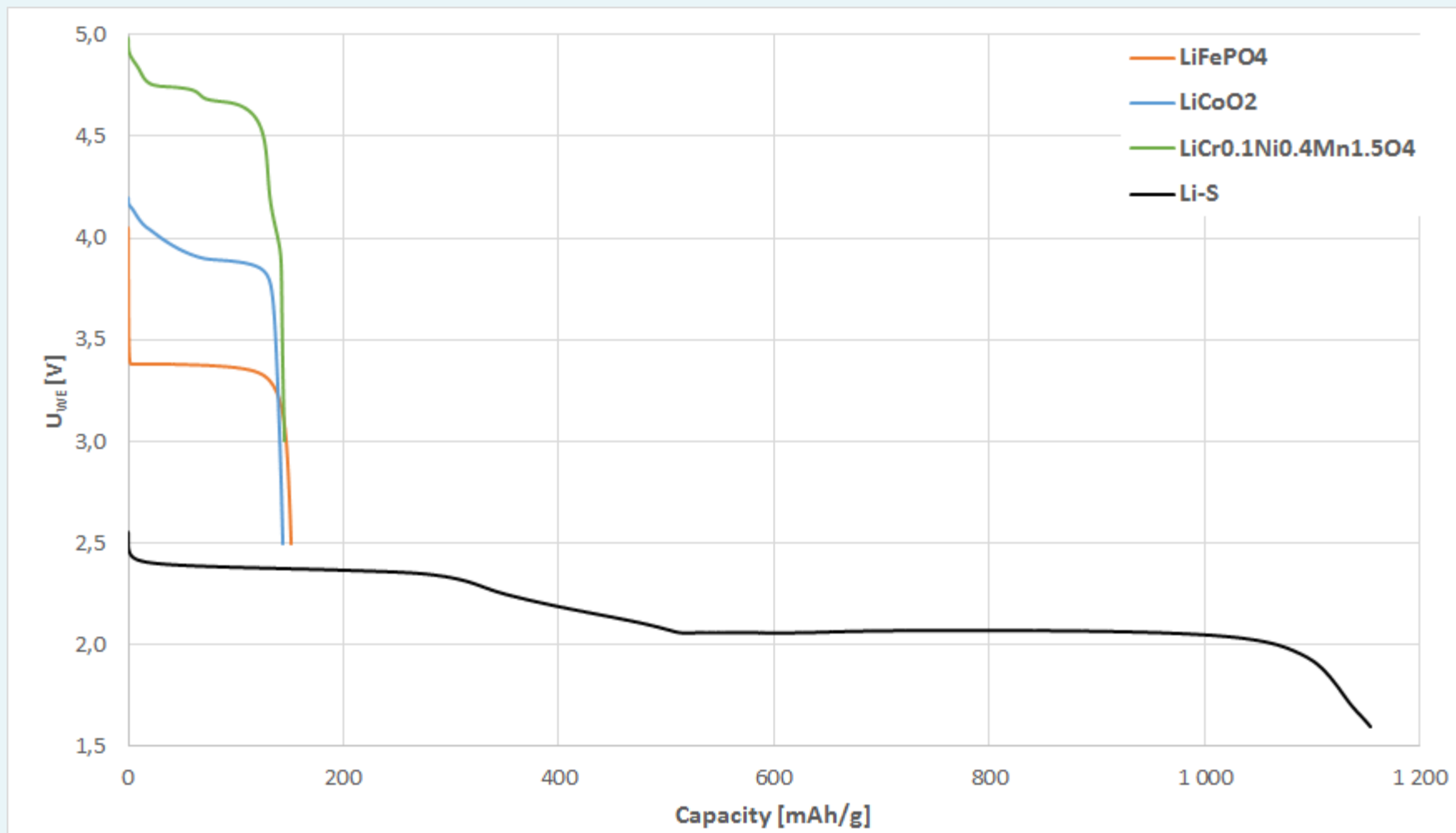
Porovnání Li-S a Li-Ion akumulátorů

Materiál	Kapacita [mAh/g]	Potenciál vůči Li [V]	Gravimetrická hustota energie [Wh/kg]
LiCoO ₂ (LCO)	145	3,88	550
LiMn ₂ O ₄ (LMO)	110-120	4,1	410-492
LiFePO ₄ (LFP)	150-170	3,4	510-590
LiNi _{0,8} Co _{0,15} Al _{0,05} O ₂ (NCA)	170-280	3,7	680-760
LiNi _{0,33} Mn _{0,33} Co _{0,33} O ₂ (NMC)	170-279	3,7	680-760
S	1675	2,1-2,4	~3200



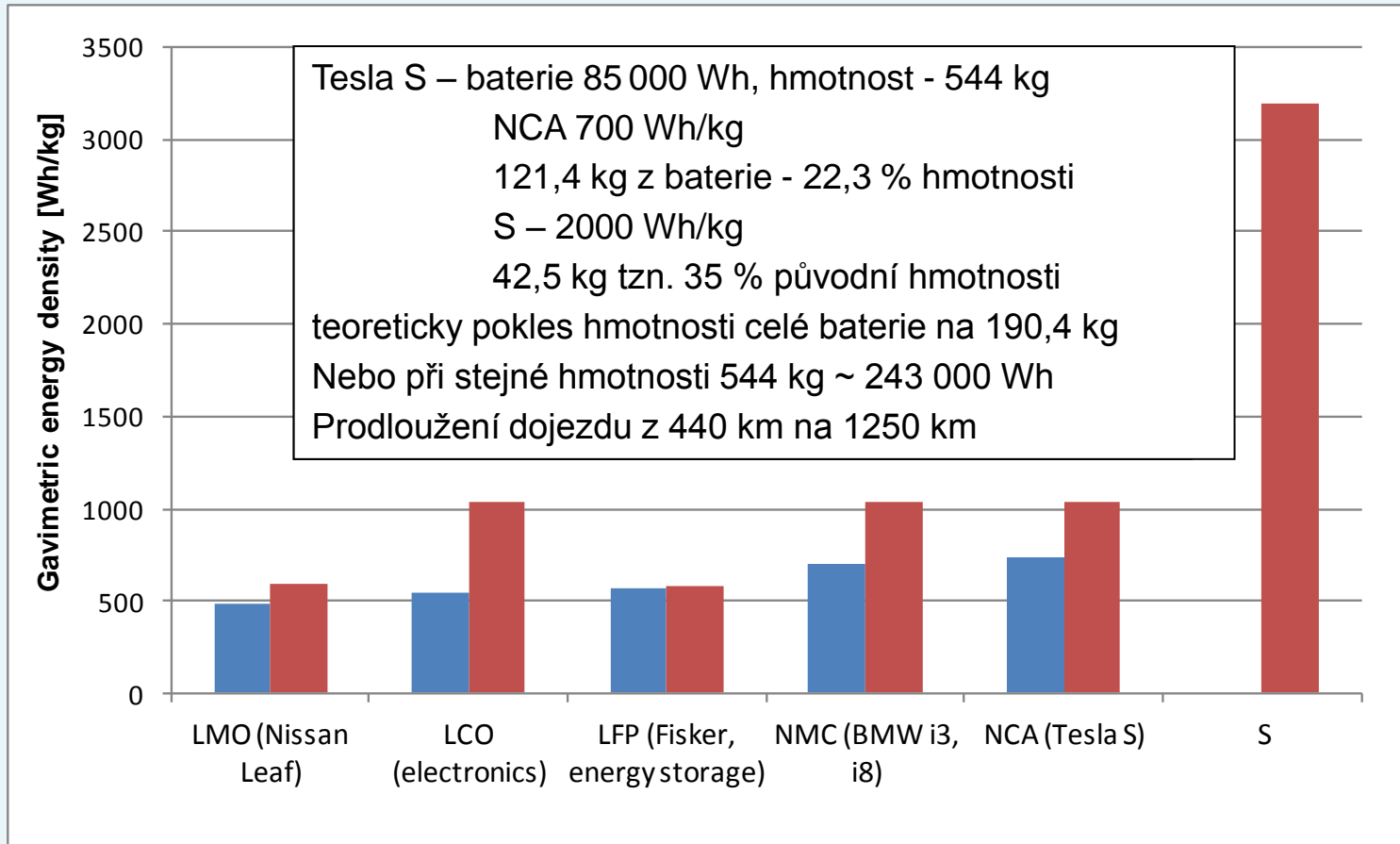
Obr.4: Typy katodových materiálů dostupných na trhu a jejich zastoupení v roce 1995, 2010, 2014 a 2016; LCO: LiCoO₂, NMC: LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂, LMO: LiMn₂O₄, NCA: LiNi_{0,8}Co_{0,15}Al_{0,05}O₂, LFP: LiFePO₄

Porovnání Li-S a Li-Ion akumulátorů



Obr.5: Porovnání vybíjecí charakteristiky s klasickými materiály

Porovnání Li-S a Li-Ion akumulátorů



Obr.6: Porovnání kapacity a hustoty energie.

Výhody a nevýhody Li-S akumulátorů

Výhody:

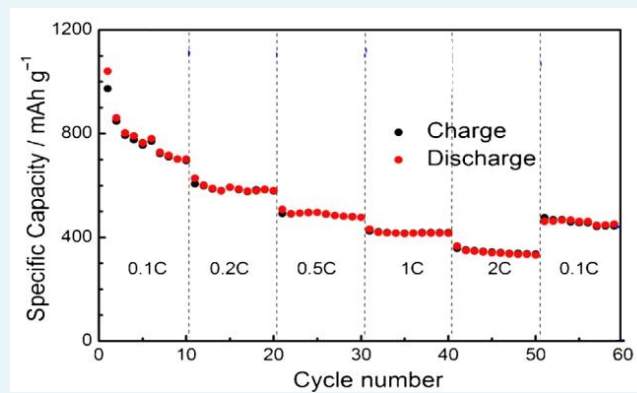
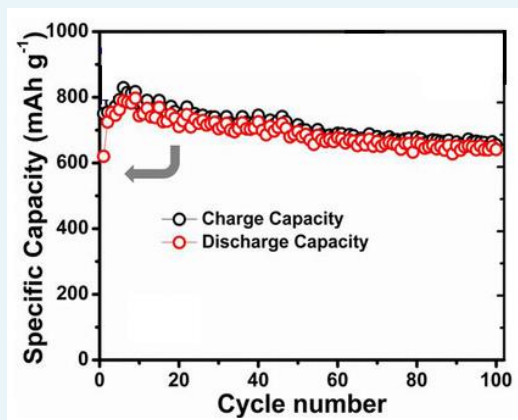
- Vysoká teoretická kapacita 1675 mAh/g
- Vysoká gravimetrická hustota energie ~ 3200 Wh/kg
- Snadná dostupnost síry
- Nízká cena síry v porovnání s katodovými materiály (S ~ 80 Kč/kg vs. $\text{LiFePO}_4 \sim 1400$ Kč/kg)
- Vyšší šetrnost k životnímu prostředí než Li-Ion akumulátory



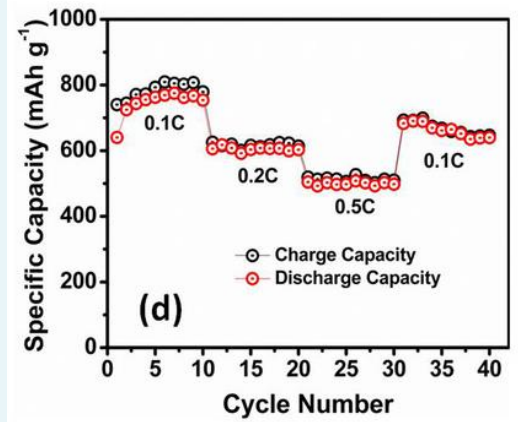
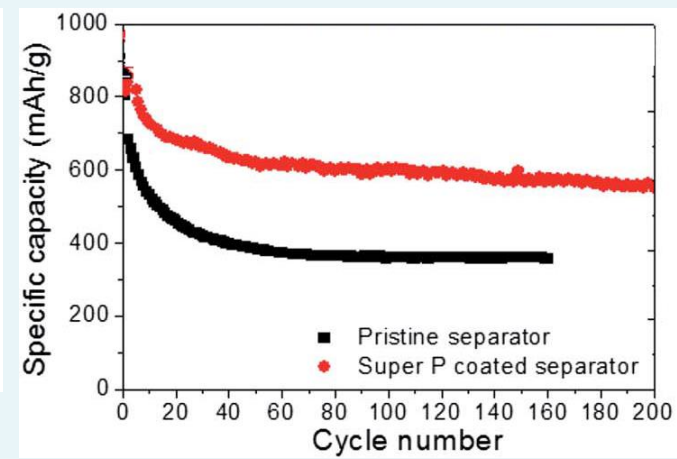
Výhody a nevýhody Li-S akumulátorů

Nevýhody:

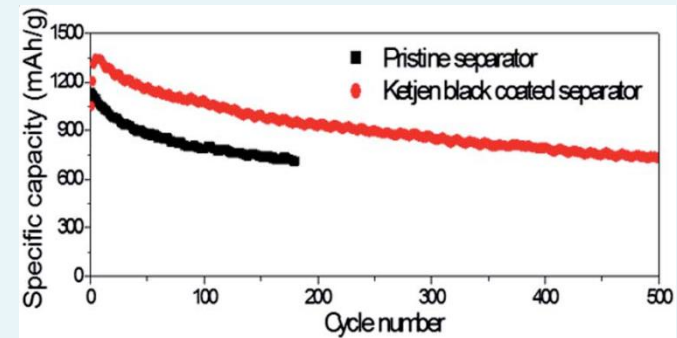
- Při cyklování vznikají polysulfidy rozpustné v elektrolytu a usazují na povrchu anody, což vede k velmi strmému poklesu kapacity označuje se jako (shuttle effect)
- Nízká elektrická vodivost ($5 \cdot 10^{-30}$ S/m) vyplývající z faktu že síra je izolant
- Objemové změny síry během cyklování až o 80 %
- Li dendrity na anodě které mohou způsobit zkrat článku



Nanosíra s grafenovou ochranou vrstvou
(Applied Surface Science 2014)

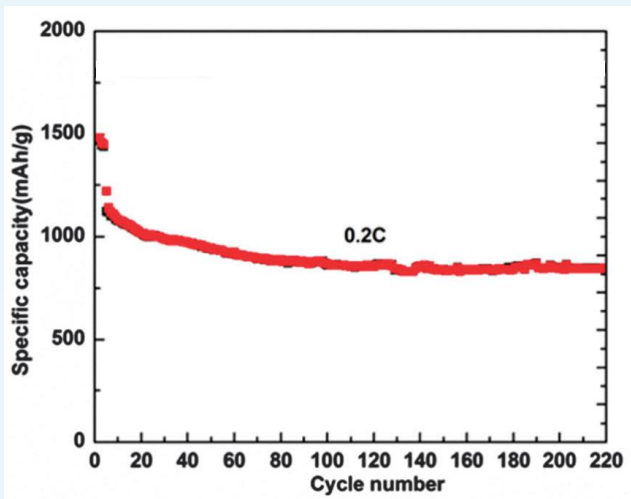


3D elektroda (Nature 2015)

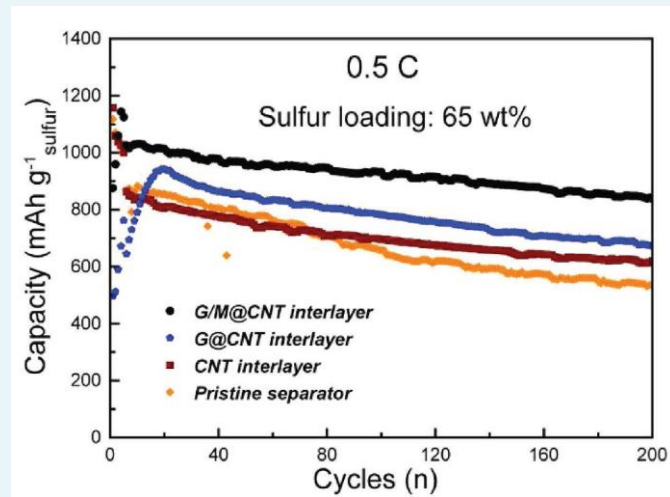


Speciální separátor a nanosíra s ochranou vrstvou (Nature 2014)

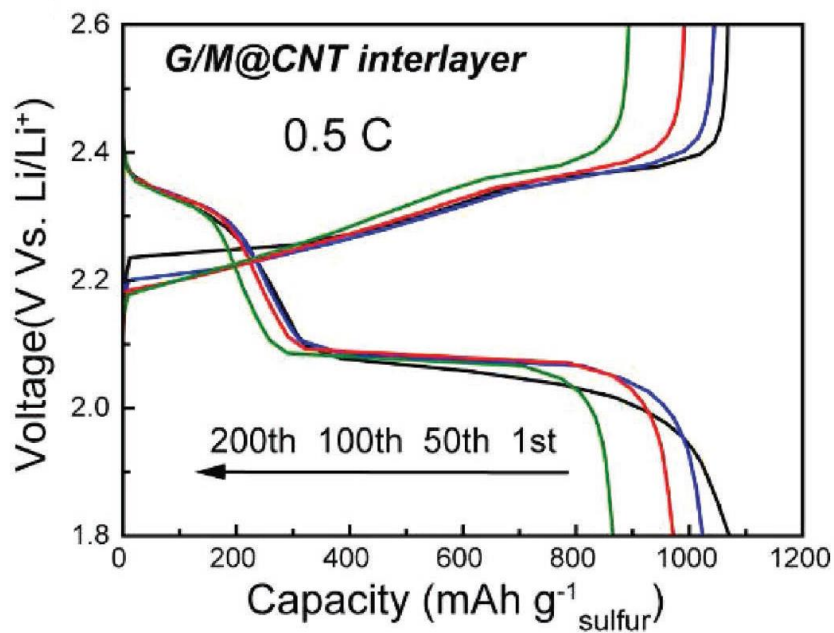
Obr.7: Porovnání výsledků



S@Co-N-GC composite elektroda
(Energy Environ. Sci 2016)

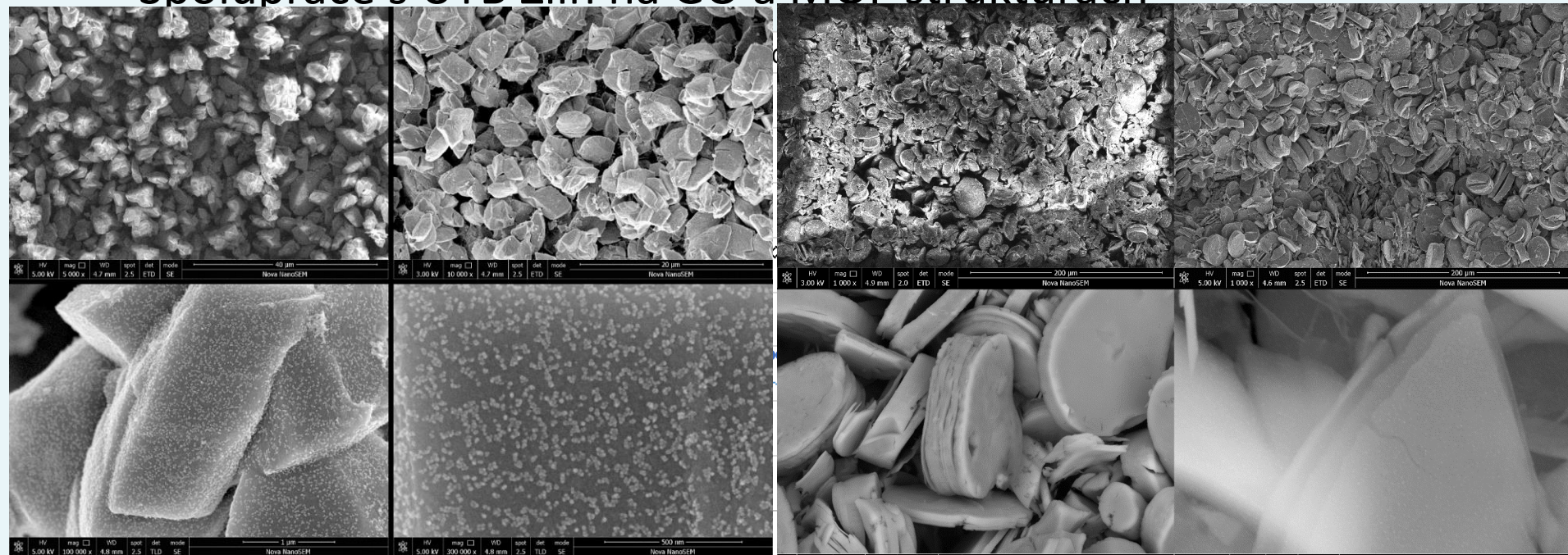


Ochranná vrstva využívající Grafen oxid, MnO₂
a uhlíkové nanotrubic (Adv. Funct. Materials
2017)



Aktuální stav

- Po dlouhé době dořešena smlouva VUT a Graphene Batteries
- Spolupráce s UTB Zlín na GO a MOF strukturách



Cycle n
+ Base-Capacity × Base+GO-MnMOF

