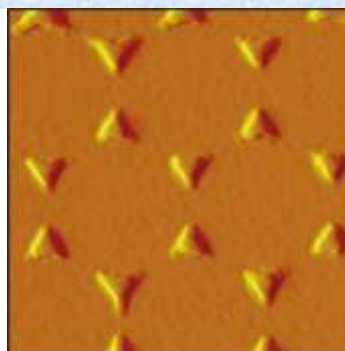


Nanosystémy v katalýze



Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Nanosystémy

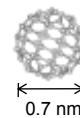


12,756 Km
 1.27×10^7 m



22 cm
0.22 m

Fullerenes C₆₀



0.7 nm
 0.7×10^{-9} m

10⁷ krát menší

10⁹ krát menší

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Stručná historie nanotechnologie

- ~ 0 - Řekové a Římané používají nanočástice sulfidů k barvení vlasů
- ~ 1000 - nanočástice zlata s různou velikostí částic se používají k barvení skla
- 1959 - Richard Feynman předkládá první vizi nanotechnologie - "There is plenty of room at the bottom"
- 1974 - "Nanotechnology" - Taniguchi použil poprvé tento pojem
- 1981 - IBM vyvíjí Skenovací Tunelový Mikroskop (STM)
- 1985 - objev Fullerenu C60
- 1986 - objev AFM
- 1989 - pomocí tunelového skenovacího mikroskopu napsal tým vědců na niklový plát 35 xenonovými atomy písmena IBM
- 1991 - objev uhlíkových nanotrubiček (S. Iijima)
- 2000 - americký prezident Bill Clinton vyhlašuje program "National Nanotechnology Initiative"
- 2001 - tranzistor z nanotrubiček (IBM)

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Nanotechnologie z pohledu ekonomiky

Deutsche Bank

- obchod s nanotechnologiemi v roce 2002 dosáhl hodnoty 120 miliard \$
- V roce 2010 se předpokládá nárůst na 340 miliard \$

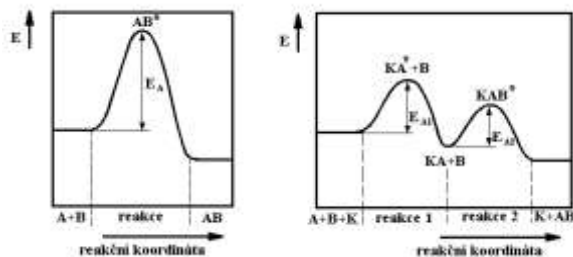
National Science Foundations (NSF)

- obchod s nanotechnologiemi dosáhne v roce 2015 hodnoty 1 bilionu \$

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Katalyzované reakce

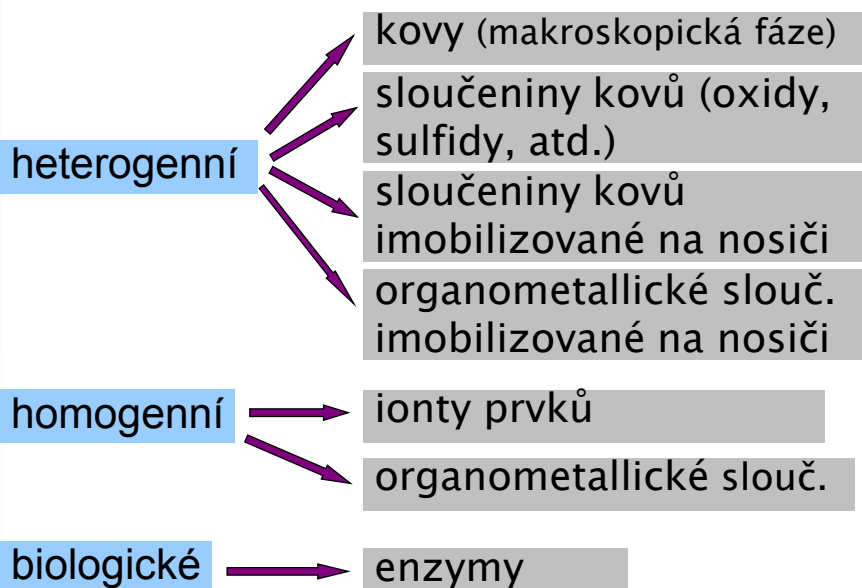
Katalyzátor – snižuje aktivační energii



- 1/3 materiálů vyrobených v US má ve svém výrobním procesu zahrnutu katalýzu
- v 80 až 90 % chemických procesů se využívá katalýzy
- téměř 85% veškerých katalytických procesů je založeno na heterogenních katalyzátorech
- rok 2000 – prodej katalyzátorů v hodnotě 8.5 miliardy \$

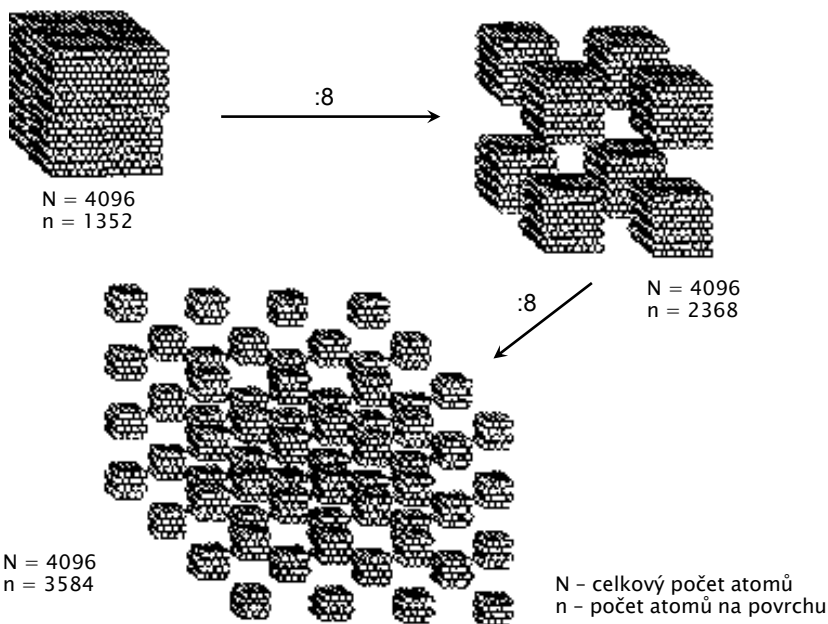
Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Druhy katalyzátorů



Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Proč nanosystémy v katalýze?



Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Nanosystémy v katalýze

Nanočástice	Katalytická reakce
Pt, Pt/Ru, Pt/Ni, Pt/Ru/Ni (3 - 4 nm)	elektrooxidace CO, CH ₃ OH, HCOOH
Pt, Pd na Al ₂ O ₃ (2 - 5 nm)	hydrogenace propenu
Pd, Pt, Rh, Pd/Pt (1 - 4 nm)	hydrogenace cyklooktadienu, oxidace CO
Pt (28 nm)	dehydrogenace cyklohexenu
Pt (7 nm) / uhlíkové nanotrubičky (200 nm)	redukce O ₂ , oxidace CH ₃ OH
Au (2 nm) / TiO ₂	oxidace CO
Au (1 - 20 atomů) / MgO	oxidace CO
Au, Au/Pt (2 - 5 nm)	oxidace CO, CH ₃ OH

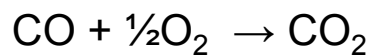
Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Nanosystémy v katalýze

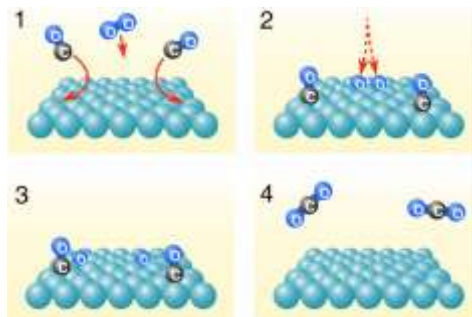
Nanočástice	Katalytická reakce
Cu (3 - 6 nm)	konverze CH ₃ OH a uhlovodíků pro palivové články
TiO ₂ (30 nm)	fotodegradace barviv
Rh (2 - 3 nm)	hydrogenace benzenu a fenylacetyleny
Pt, Cu, Ag, Au, Pt, Pd, Ru, Fe (1 - 5 nm) / dendrimery	hydrogenace, redukce O ₂ , vznik C-C vazeb
Au, Pt, Au/Pt, Pt/Ru (1 - 5 nm) / PVP	oxidace, hydrogenace
Pd (3 - 6 nm) / PVP	Suzukiho reakce

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Katalytická oxidace CO



- reakce je exotermní (283 kJ/mol)
- velká aktivační bariéra (rozštěpení vazby O–O)
- na katalyzátoru (přechodný kov) dochází k disociační chemisorpci kyslíku



Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Katalytická oxidace CO



Gerhard Ertl

Nobelova cena za chemii 2007



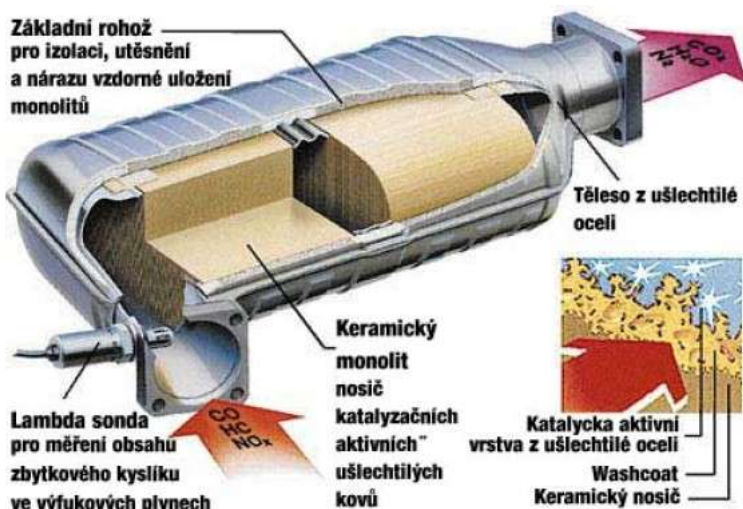
"for his studies of chemical processes on solid surfaces,"

(http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2007/)

- studoval katalytickou oxidaci CO na Pt povrchu

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

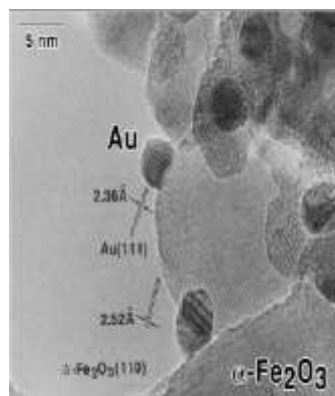
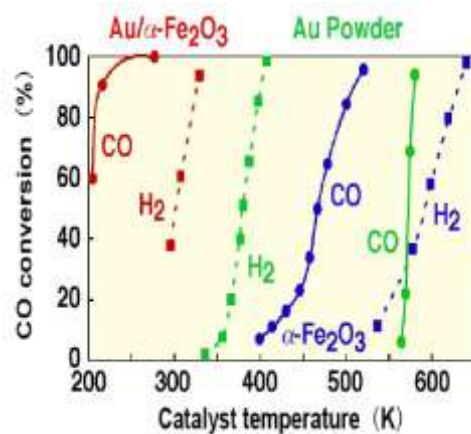
Katalytická oxidace CO



Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Katalytická oxidace CO

Oxidace CO a H₂ na Au/ α -Fe₂O₃



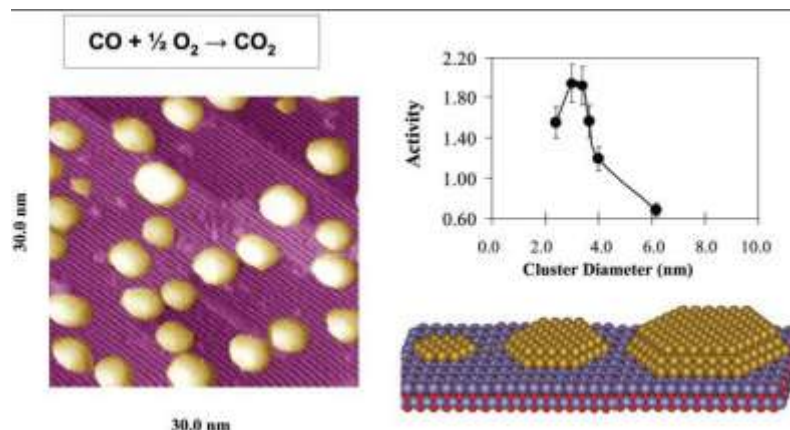
M. Haruta et al., J. Catal. 115, 301 (1989)

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Katalytická oxidace CO

Oxidace CO na Au/TiO₂

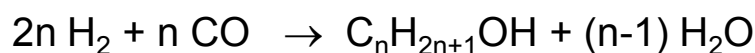
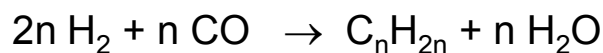
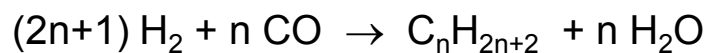
- jen částice Au o určité velikosti jsou aktivní



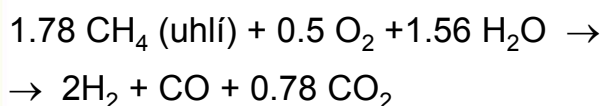
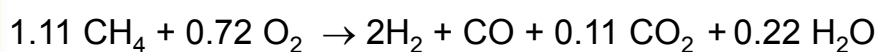
M. Valden et al., Science 281, 1647 (1998)

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Fischer – Tropsch syntéza

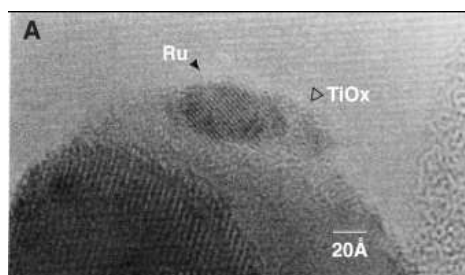


(200 – 350 °C, 0.1 – 3 MPa, katalyzátory na bázi
Co, Fe, Cu)

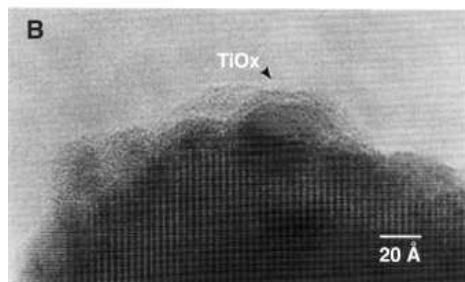


Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Fischer – Tropsch syntéza



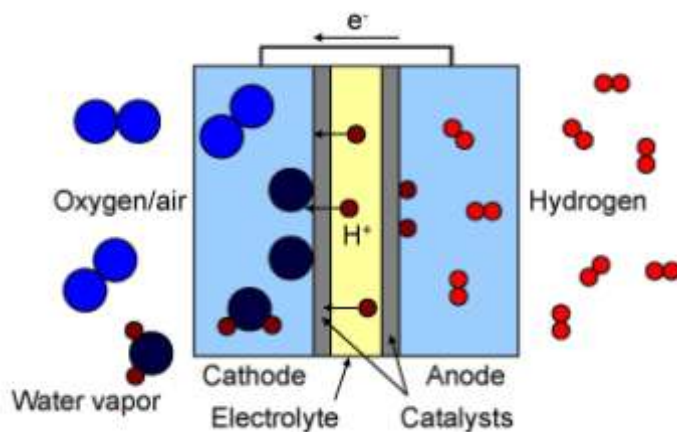
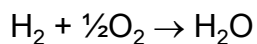
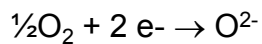
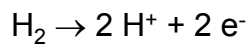
➤ změnou pokrytí
TiO₂ nanočástic na
povrchu Ru lze
ovlivnit aktivitu
tohoto katalyzátoru
a také selektivitu
reakce ve prospěch
uhlovodíků s delším
řetězcem



T. Komaya et al., J. Catal.
150, 400 (1994).

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

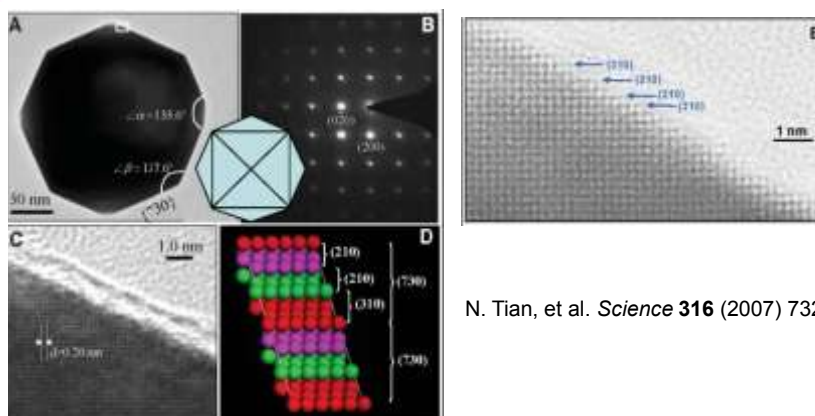
Palivové články



Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Palivové články

zvýšení aktivity → optimalizace tvaru a velikosti Pt nanočástic



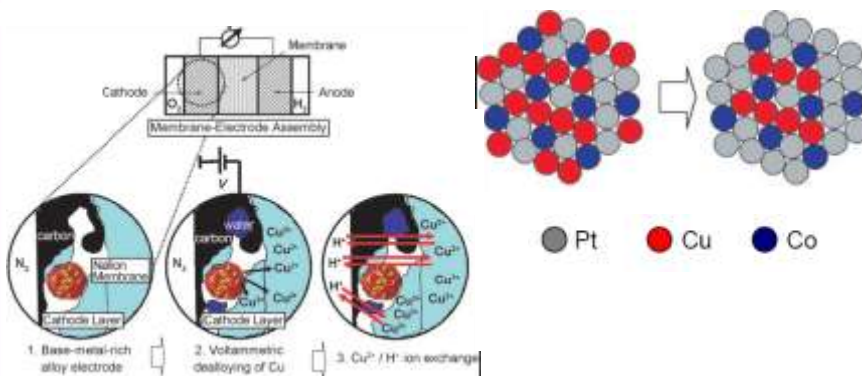
N. Tian, et al. *Science* **316** (2007) 732–735.

- změna tvaru a velikosti Pt nanočástic umožnila zvýšení rychlosti oxidace ethanolu 4 – 5 násobně

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Palivové články

zvýšení aktivity → použití kompozitních nanočástic

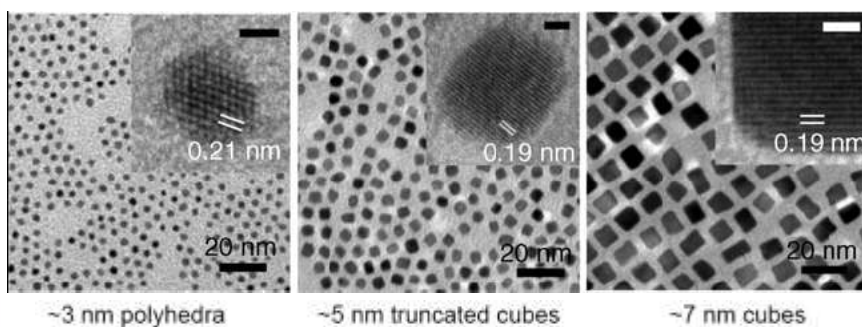


R. Srivastava, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **46** (2007) 8988–8991.

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Palivové články

zvýšení aktivity → snížení možnosti „otravy“ katalyzátoru



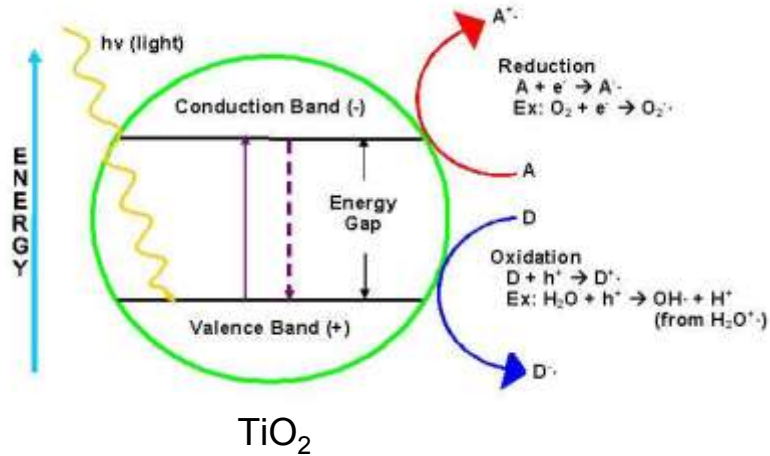
- anionty HSO_4^- se mnohem lépe adsorbují na krystalické roviny (111) než na (100) → více aktivních míst pro adsorpci O_2

C. Wang, et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* **47** (2008) 3588–3591.

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Fotokatalýza



- 1971 – Fujishima & Honda (TiO_2)

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Fotokatalýza



Pilkington Activ™ Self Cleaning Glass

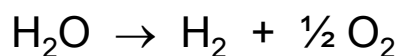


Dlažební kostky (Mitsubishi) – odstraňování NOx z ovzduší

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Štěpení vody



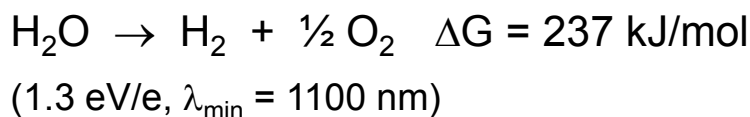
- samovolně nad 2000 °C
- více jak 200 termochemických cyklů štěpení vody

Termochemický cyklus	účinnost	teplota
S / I (H ₂ SO ₄ /I ₂)	38 %	900 °C
Zn / ZnO	44 %	1900 °C
Fe ₃ O ₄ / FeO	42 %	2200 °C
CdSO ₄	46 %	1100 °C
Cu / Cl ₂	41 %	550 °C

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Fotochemické štěpení vody



- k dnešnímu datu známo více jak 130 materiálů
- TiO₂, SrTiO₃, Ta₂O₅, K₂Sr_{1.5}Ta₃O₁₀, ZnNb₂O₆, WO₃, CeO₂, ZrO₂, Cu₂O

(F. E. Osterloh; *Inorganic Materials as Catalysts for Photochemical Splitting of Water*; *Chem. Mater.* 2008, 20, 35-54.)

- Pro komerční použití rozhodující účinnost (>10%) a poměr účinnost/cena

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Děkuji za pozornost

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.