

Transformace nebezpečného azbestocementového odpadu na bezpečné funkční produkty

Theodor Staněk

Odpadové fórum Hustopeče

duben 2026

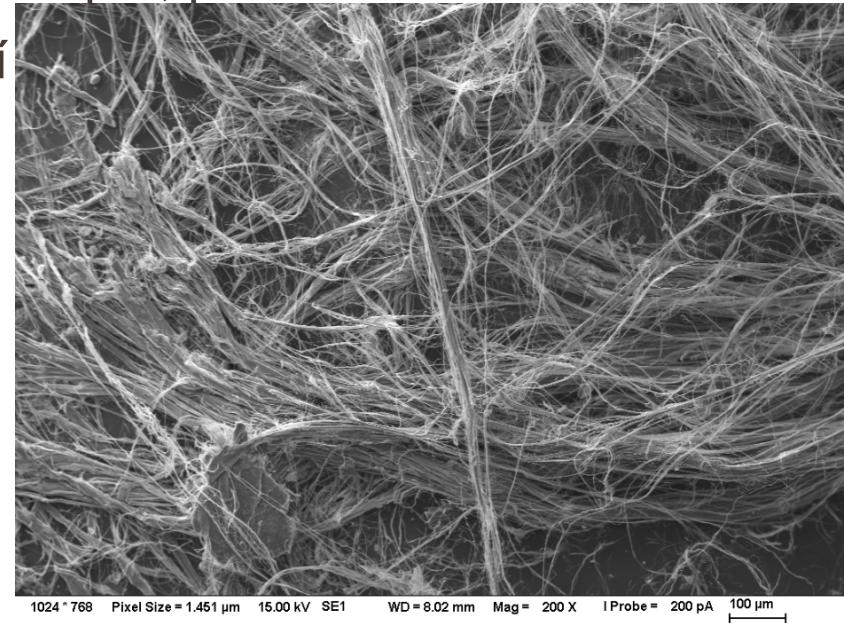
Azbestové minerály – vláknité silikáty

- Skupina serpentinu - **chryzotil**
- Skupina amfibolů – **krokydolit**, *antofylit*, *tremolit*, *aktinolit*, *cummingtonit* a *amosit*



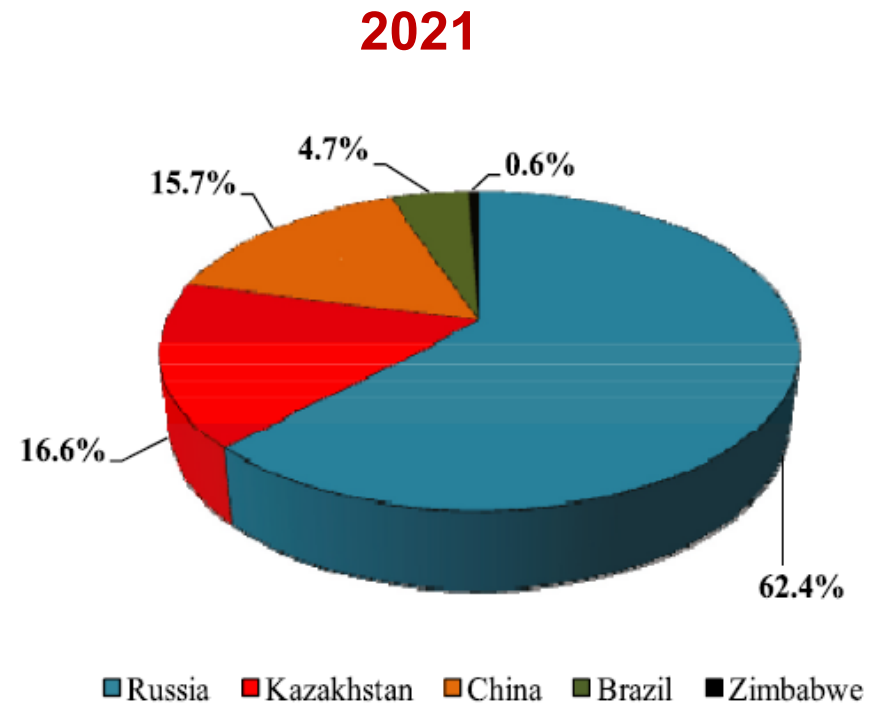
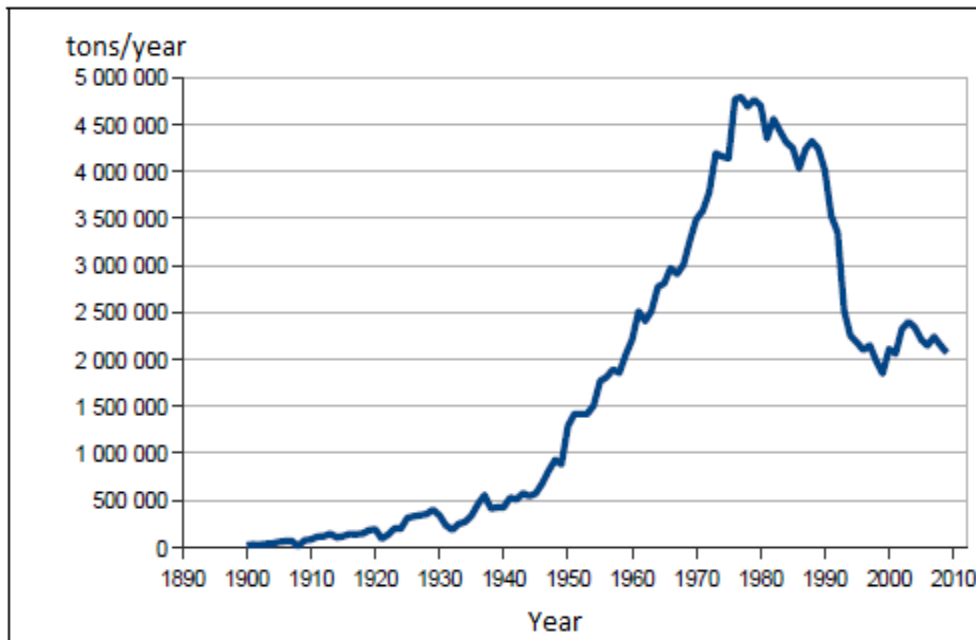
Vlastnosti azbestu

- Délka vláken mnohonásobně převyšuje průměr
- Respirabilní vlákna: \varnothing 0,05 – 3 μm , délka $> 5 \mu\text{m}$, poměr > 3
- Chemická látka karcinogenní a mutagenní
- Nehořlavost a žáruvzdornost
- Odolnost vůči kyselinám
- Odolnost vůči zásadám
- Pevnost a ohebnost
- Vysoká pevnost v tahu
- Spřádatelnost
- Látky obsahující azbest: $>0,1 \text{ hm.}\%$ azbestu
- Azbestocementové výrobky – významná skupina ve stavebnictví



Těžba azbestu

- V historii více než 100 zemí
- Maximum těžby – 70. a 80. léta, téměř 5 mil. t ročně
- Současnost – 1,3 mil. t (Rusko, Kazachstán, Čína, Brazílie, Zimbabwe)



Využití azbestu

- Nejširší využití – stavebnictví (90 % chryzotil)
- Azbest v každém objektu v ČR postaveném před rokem 1990
- 3,7 kg azbestu / 1 obyvatele (cca 700 mil t. nebezpečného odpadu)
- 1997 – zákaz výroby
- 2005 – zákaz používání



Likvidace azbestu

- Ukládání na skládky ↔ recyklace
- Degradace chryzotilu – 650-750°C
- Degradace krokydolitu – 1050-1100°C

Současné pilotní technologie pro zpracování azbestového odpadu:

- **Termická** – keramika, umělé kamenivo (Nizozemsko: D-Nature, Purified Metal Company; Polsko: Aton-HT a Velká Británie: Thermal Recycling)
- **Termochemická** (+ tavidla) – umělé kamenivo (Austrálie: EnviroMaster; USA: AIR Co.)
- **Chemická** – silika, Mg (Francie: De Dietrich, VALAME, Somez, a Colas)
- **Mechanochemická** – přísady do cementu, barev a katalyzátorů (Nizozemsko: Asbeter, USA: ABCOV)
- **Fyzikálně-chemická (MID-MIX)** – plnivo do betonu a asfaltu (Chorvatsko, Nizozemsko)

Naše řešení

Termická degradace za vzniku plnohodnotného stavebního materiálu

Příhodné chemické složení – Hydraulický modul – HM = $\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$

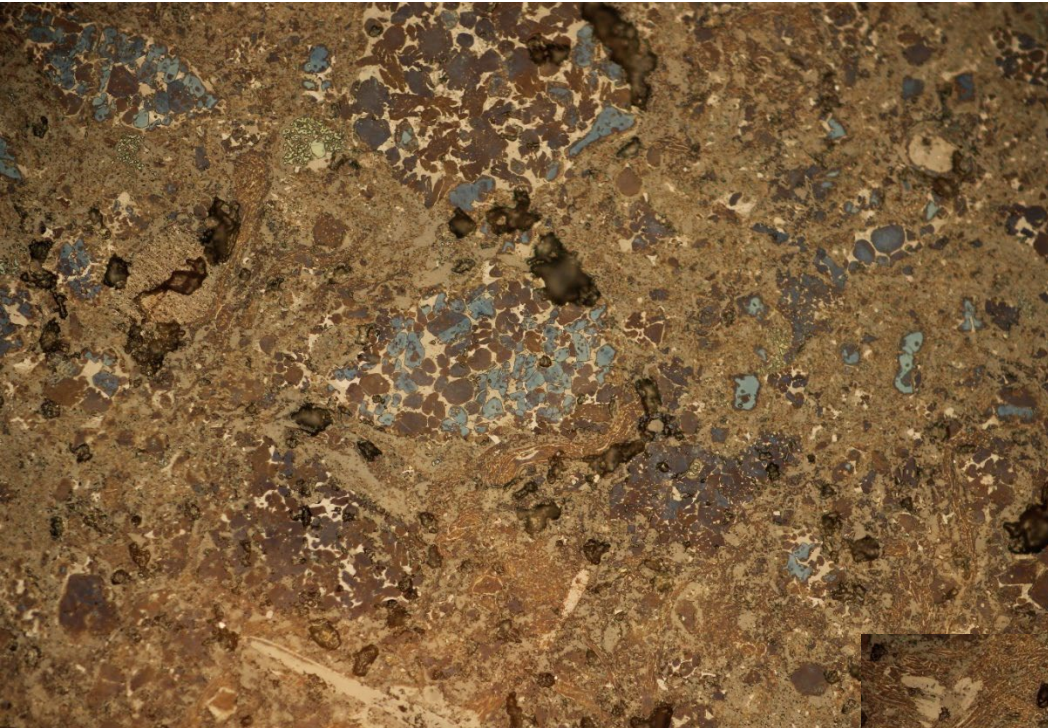
HM = 1,5 – 1,9 – hydraulické vápno

Příhodné fázové složení – cement a jeho hydratační produkty

Složka	Před výpalem	Po výpalu
Slínkové fáze	15 – 35 %	70 – 80 %
Produkty hydratace	65 – 85 %	-
Inertní složky	1 – 5 %	20 – 30 %
Azbest (chryzotil)	1,5 – 2,5 %	-

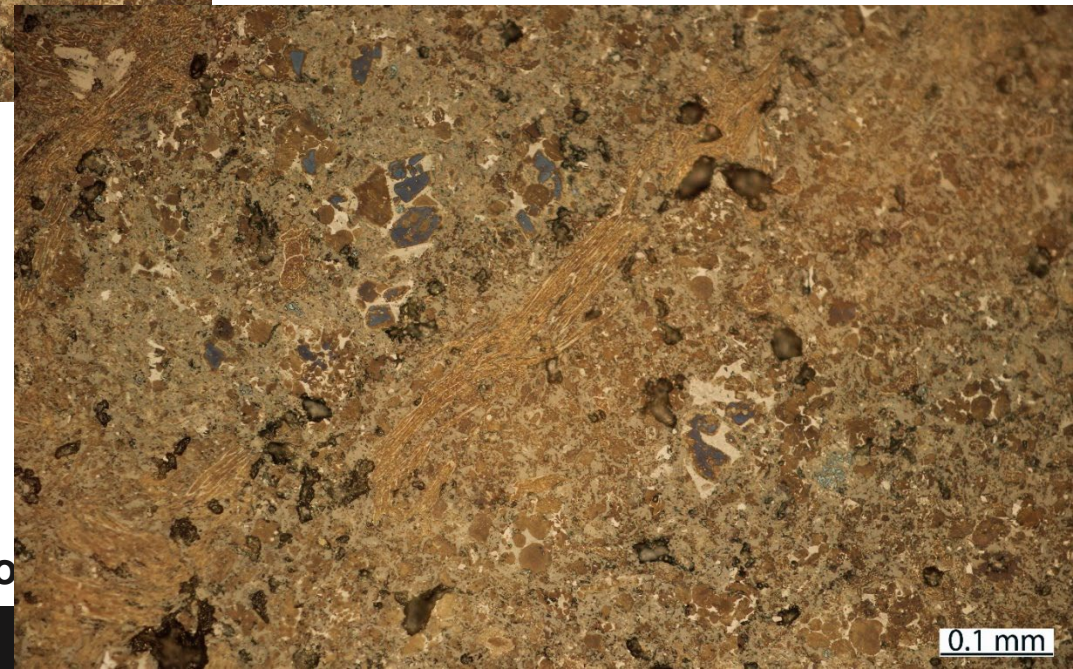
Výpal 1100 – 1300°C – kusový materiál v bezpečném obalu

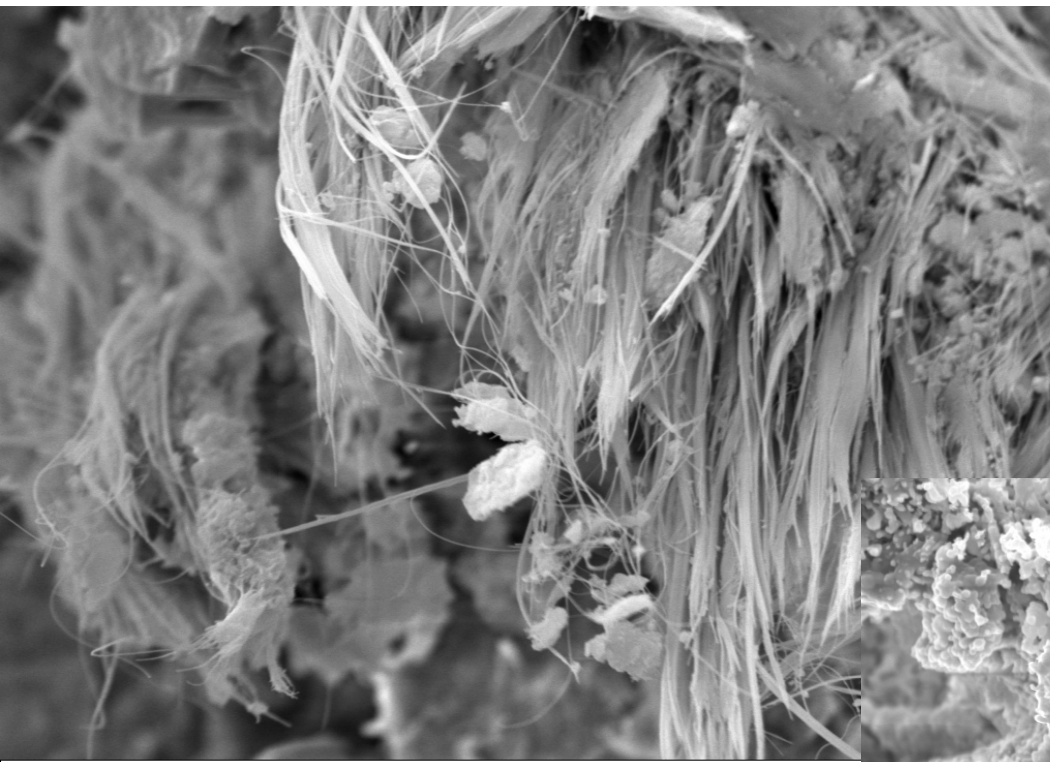
Mletí s regulátorem tuhnutí – hydraulické vápno, omítkové a maltové směsi, složka do cementu a betonu, karbonatovatelné pojivo



Mikrostruktura s patrnými sekundárně vzniklými partiami jemnozrnného belitu

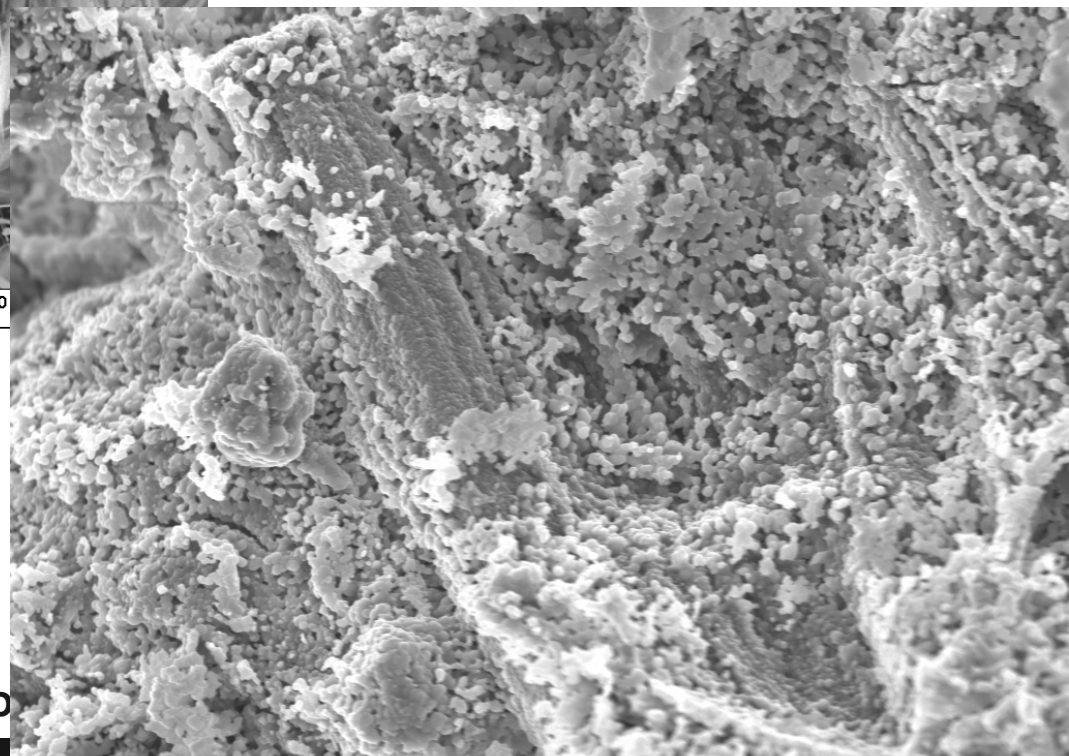
Mikrostruktura s patrnými úlomky původního nezhydratovaného cementu





**Mikrostruktura po výpalu na
1100°C s přeměněným
svazkem chryzotilu**

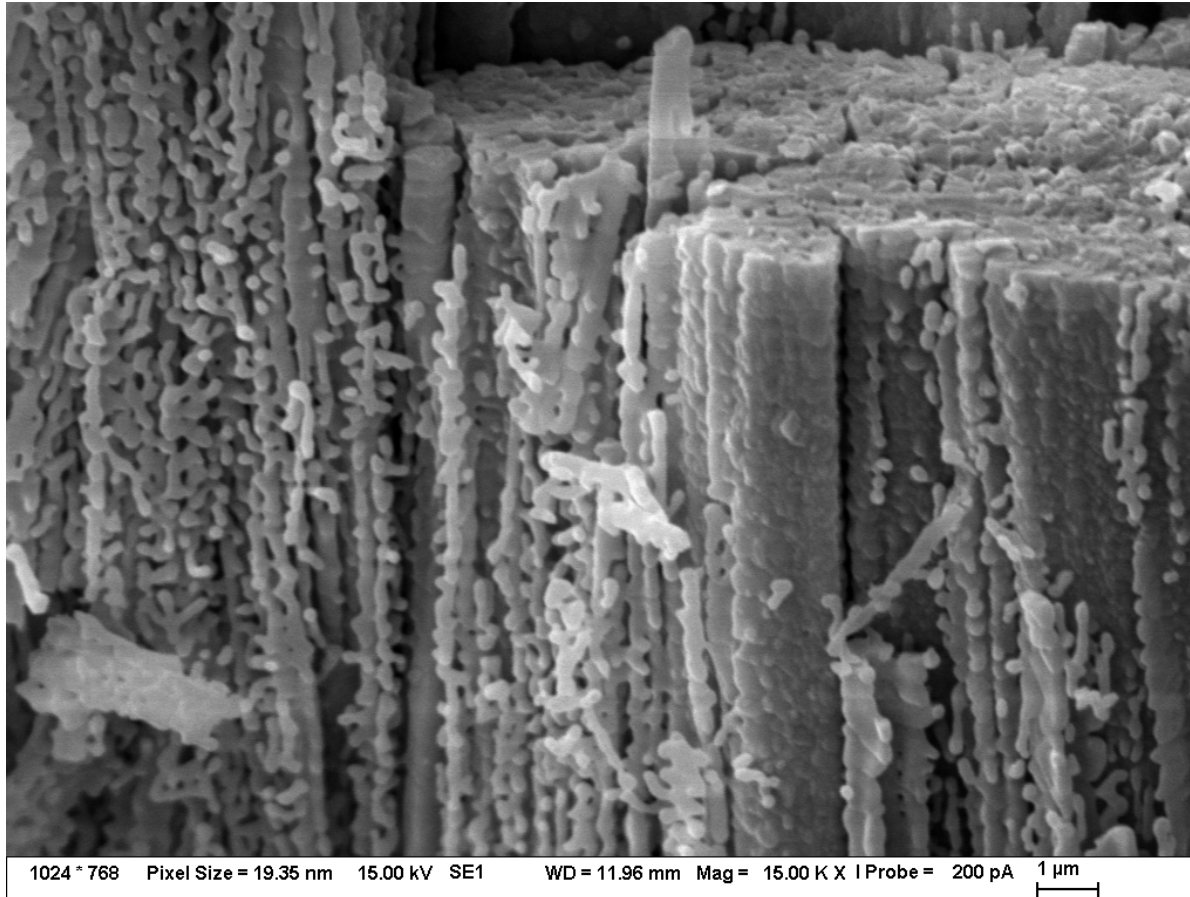
1024 * 768 Pixel Size = 58.05 nm 15.00 kV SE1 WD = 11.84 mm Mag = 5.00 K X I Probe = 1.0



1024 * 768 Pixel Size = 72.56 nm 15.00 kV SE1 WD = 11.99 mm Mag = 4.00 K X I Probe = 1.0 nA 4 μm

**Mikrostruktura Eternitu s
patrnými chryzotilovými vlákny**

Výzkumný ústav stavebních hmo



**Detail původního svazku chryzotilových vláken –
submikroskopická zrnka forsteritu (enstatitu) s lomem kolmým
na směr vláken**

Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s.

Vlastnosti produktu

Tuhnutí – velmi rychlé, regulátor tuhnutí

Pevnosti v tlaku v MPa / požadavek norem (hydraulická vápna)

Doba hydratace	Pevnost	HV 2	HV 3,5	HV 5
7 dní	1 – 3	-	-	≥ 2
28 dní	2 – 10	≥ 2 až ≤ 7	≥ 3,5 až ≤ 10	≥ 5 až ≤ 15
90 dní	8 – 40	-	-	-

Emise CO₂

Celkové emise CO₂ na 1 t produktu

Produkt	Emise CO ₂ v t
Portlandský slínek	0,7753
Vápno	0,9778
Pálený eternit	0,4426

**Pojivo je karbonatovatelné – po 2 dnech > 30 MPa
(hydratace 28d - 5,1MPa)**

– 0,15 t CO₂ na 1 t pojiva

Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s.

- **Aktuálnost a potřeba recyklace odpadu s obsahem azbestu**
- **Přepřarování nebezpečného odpadu na hydraulické pojivo**
- **Výpál v původním stavu bez drcení a mletí**
- **Lze využít stávající technologie – vápenická šachtová pec**
- **Přídavek vápence – řízení parametrů hydraulického vápna**
- **Snížení emisí CO₂ v průmyslu výroby vápna**
- **Možnost vázání odpadního CO₂**
- **Kvalitní technologické parametry**
- **Společenský a ekologický význam**
- **Úspěšný pokusný výpál ve vápenické šachtové peci (0,5 t eternitu)**

Tento příspěvek byl vypracován v rámci projektu číslo SS07020041, spolufinancovaného Technologickou agenturou České republiky a Ministerstvem životního prostředí ČR v rámci Programu Prostředí pro život a Národního plánu obnovy z evropského Nástroje pro oživení a odolnost.

Děkuji za pozornost

Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s.

Hněvkovského 30/65, 617 00 Brno

tel.: +420 723 945 466

e-mail: stanek@vush.cz

www.vush.cz

Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s.