BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Dopady denitrifikace el. popílků na jejich využití ve výrobě betonu

Authors: M. Tazky, **R. Hela**

17th Oct 2018

AdMaS
ADVANCED MATERIALS, STRUCTURES AND TECHNOLOGIES

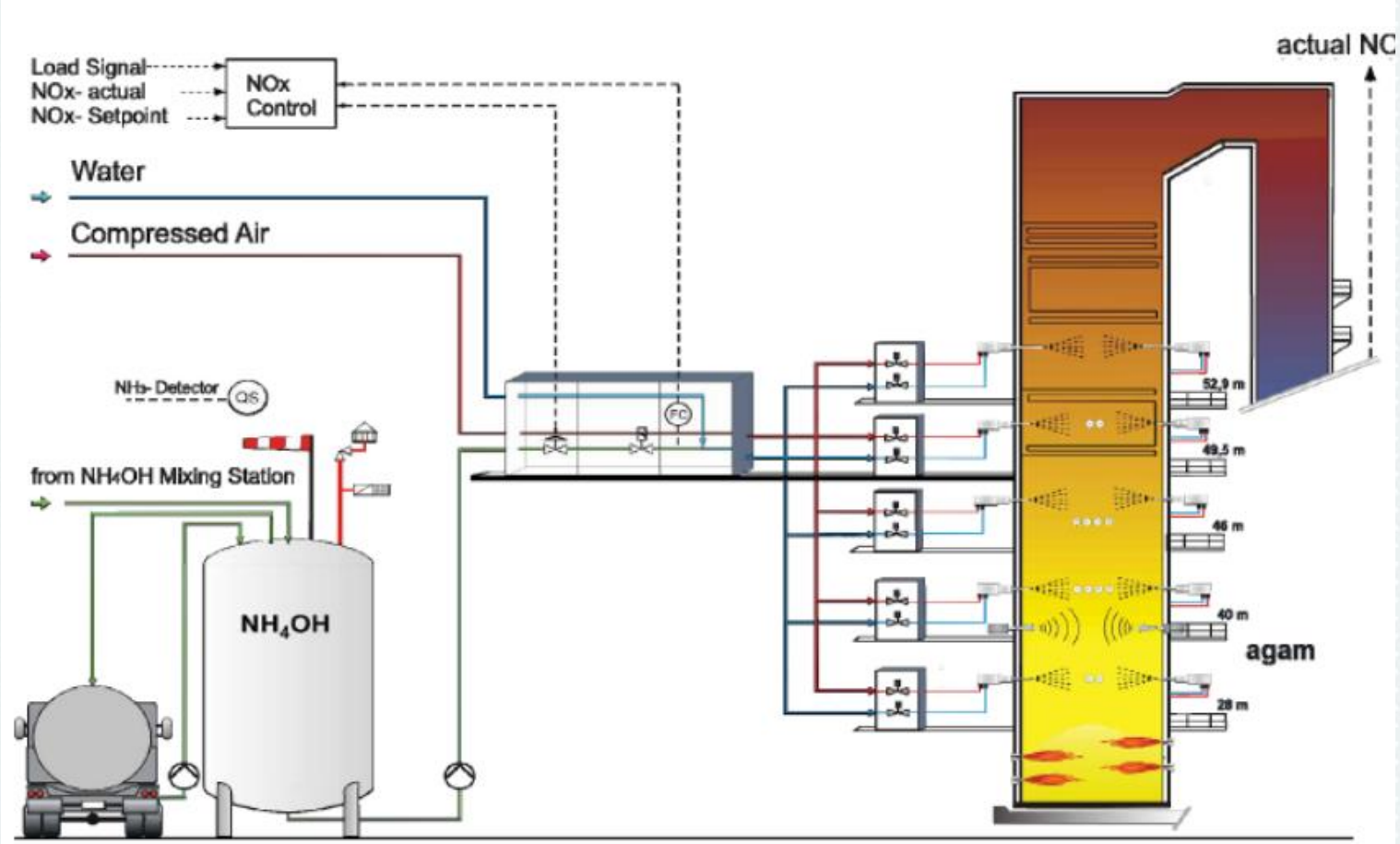
SNCR – selective non-catalytic reduction

- **Snižování emisí oxidů dusíku**
  - Nově platné emisní limity
    - Platnost od 2016
    - Vyhláška č.415/2012 Sb. o přípustné úrovni znečišťování ovzduší a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.

  - **Nejčastěji SNCR**
    - Selektivní nekatalytická redukce
    - Nástřik reakčních činidel do spalovací komory
      - Roztok močoviny nebo čpavková voda

    - **Možný negativní dopad na úletový popílek**

SNCR – selective non-catalytic reduction



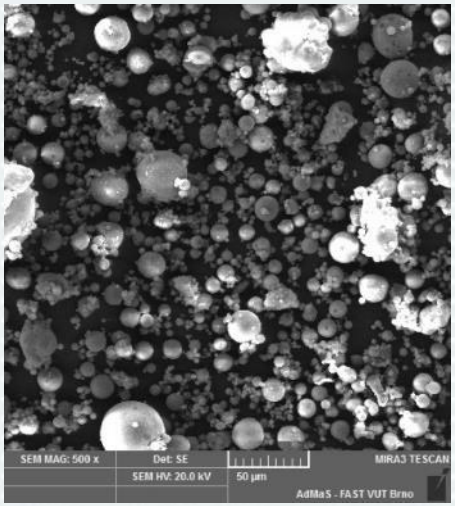
850–1 050 °C

(nad 1 050°C převažuje reakce iontu NH^{2-} s kyslíkem O_2, a zvyšuje se koncentrace NOx)

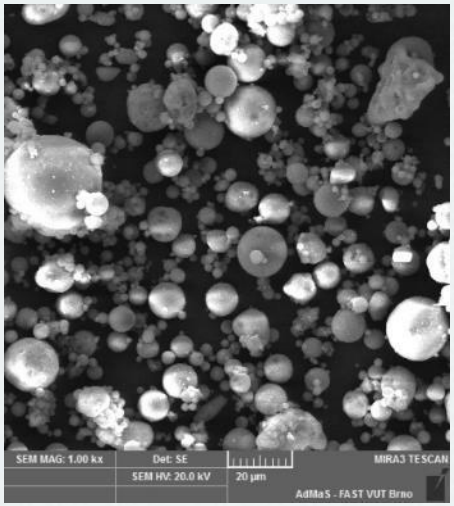
SNCR – selective non-catalytic reduction

- **Možné dopady SNCR na úletový popílek**
  - Zvýšené množství amonných solí
    - Reakce s látkou alkalické povahy → zápach
    - Snížené pH
    - Dopad na fyzikální parametry
      - Morfologie
      - Granulometrie
      - Měrný povrch
      - Objemová hmotnost
    - Dopad na reologii cementové pasty
    - Dopad na vývoj konzistence v čase
    - Dopad na mechanické parametry
      - Index účinnosti – EN 450

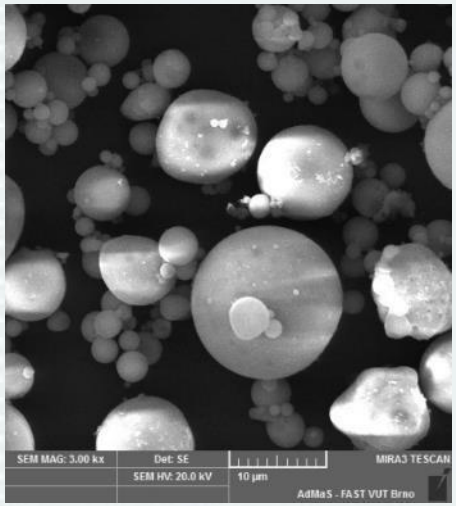
SNCR – selective non-catalytic reduction



500x

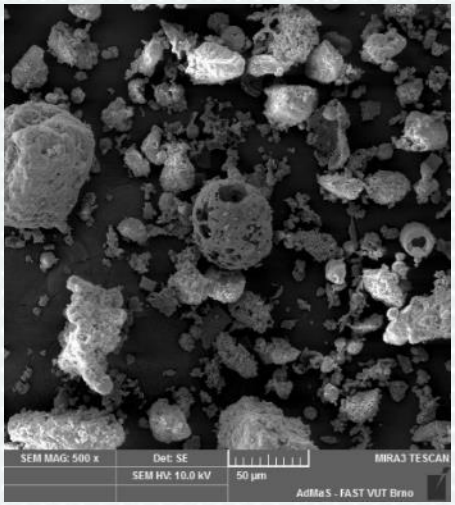


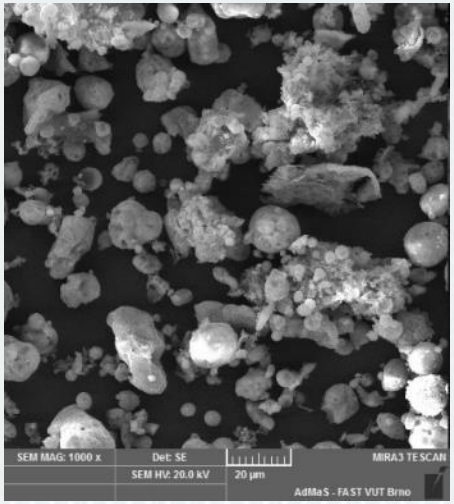
1 000x

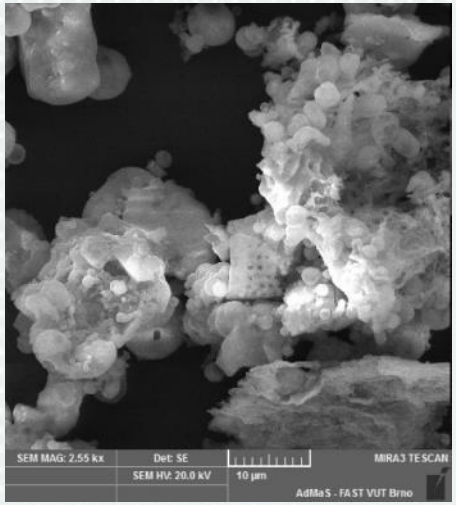


3 000x

Bez SNCR







Po SNCR

SNCR vs. SCR

Tab.1 - Porovnání vybraných ukazatelů technologií SNCR a SCR

		SNCR	SCR
investiční náklady	EUR	200 - 500 000	2 500 000
provozní náklady	tis.EUR/rok	109-155	395
účinnost odstranění NO_x	%	>50	>80 - 90
skluz (slip) NH_3 ve spalinách	mg/Nm^3	< 20	< 3
skluz (slip) v pevných produktech	ppm	100 -1 000	0 - 250

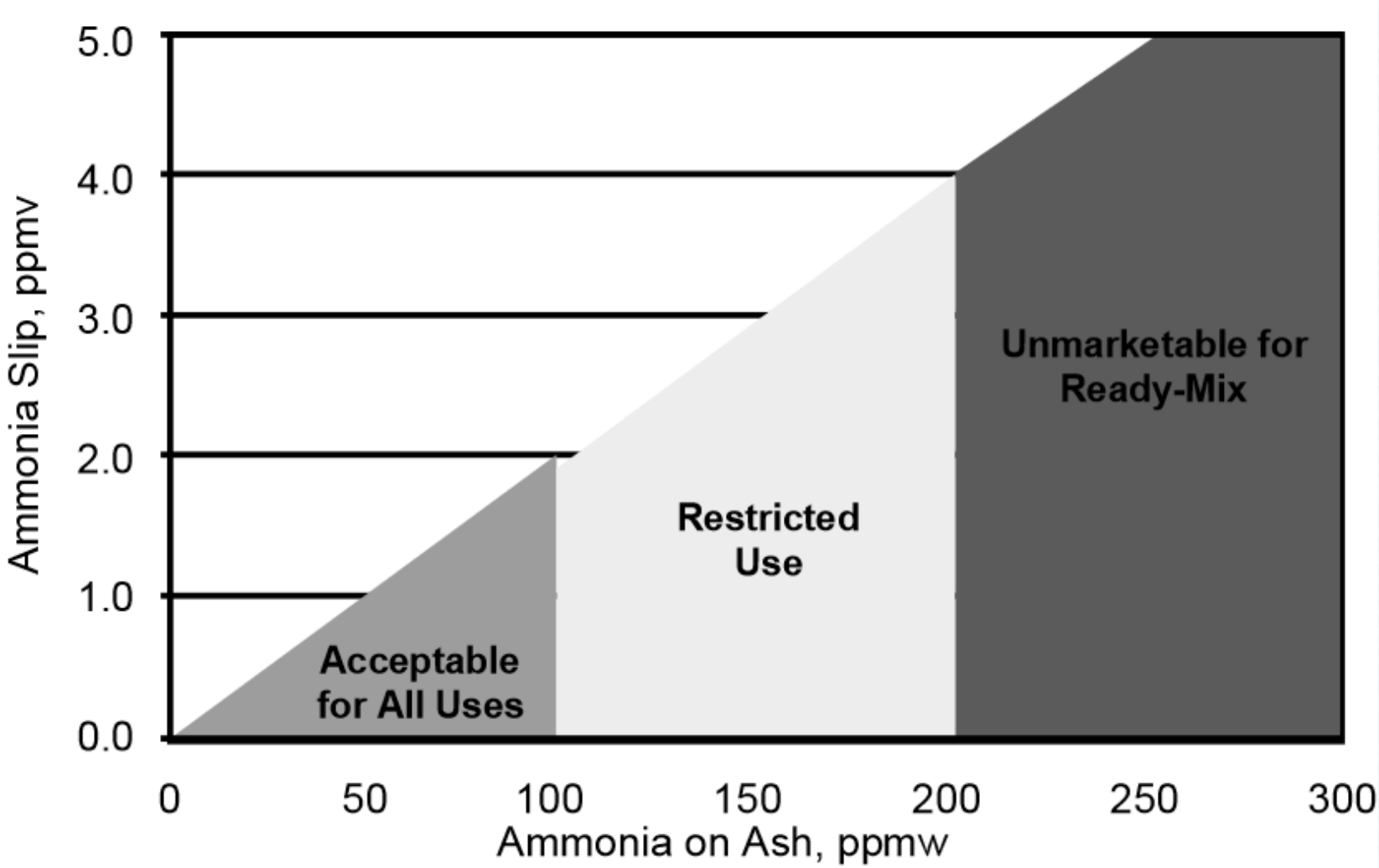
- **V ČR vyjma EDE aplikace SNCR**

Využití popílku po SNCR při reálných podmínkách

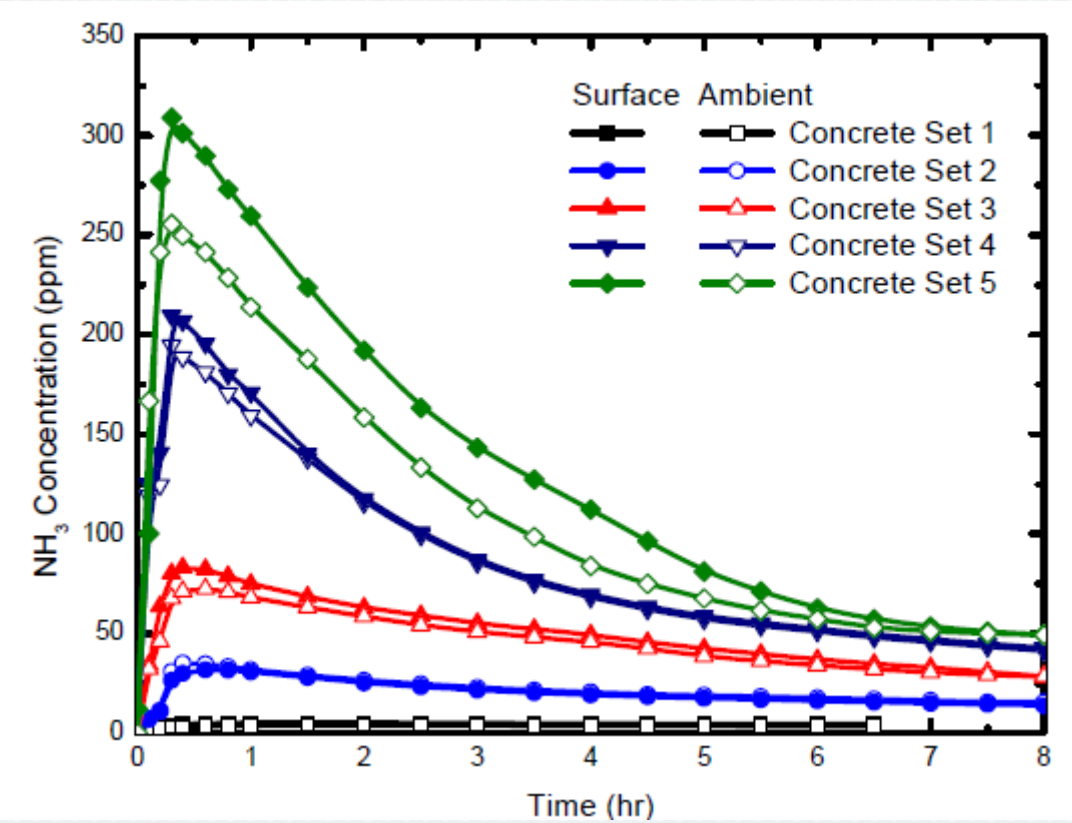
- **Výroba betonu v reálných podmínkách betonárny**
- **Ukládka betonové směsi v reálných podmínkách**

- **Sledování hygienických limitů**
  - Kvalita pracovního ovzduší
  - Kvalita ovzduší v pobytových místnostech
  - Nezávadnost vodných výluhů z betonu

Hranice obsahu amoniaku v popílku pro komerční použití

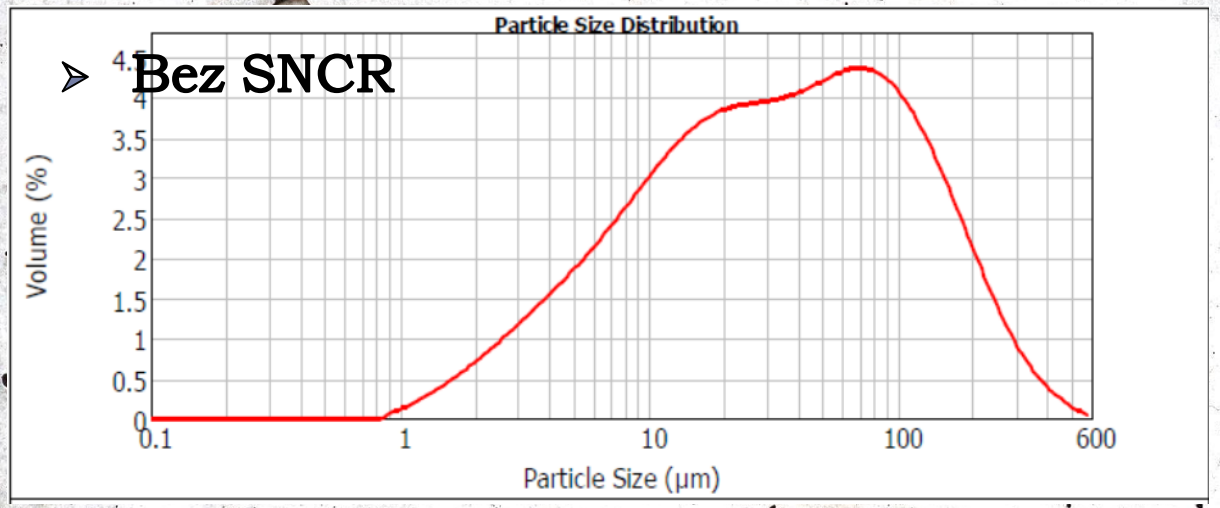


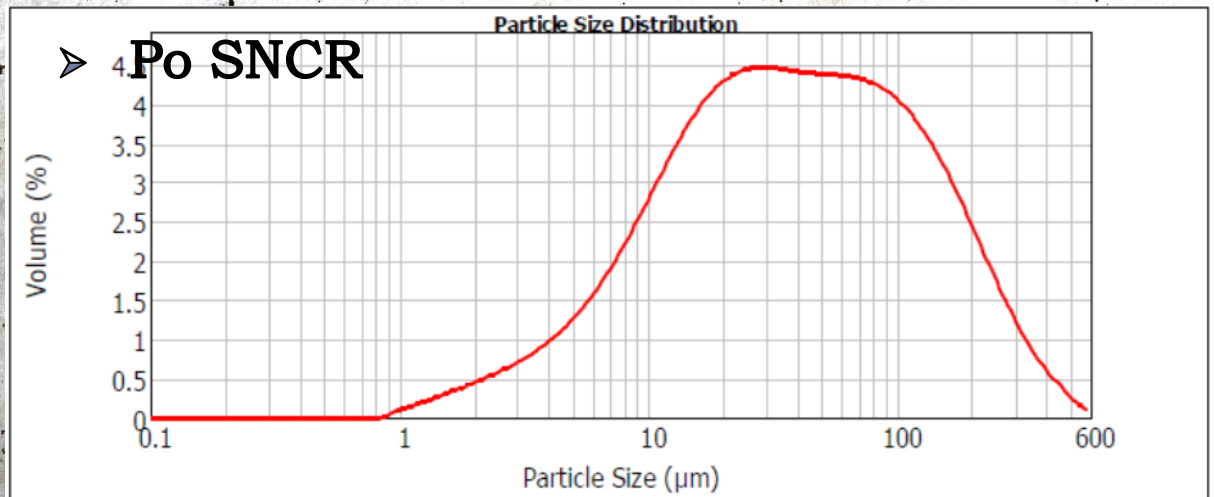
Graf uvolňování amoniaku při míchání betonu s amoniakálním popílkem s obsahem amoniaku v rozmezí 280–298 ppm



Dopady SNCR na granulometrii

- Poškozená porézní zrna a nově vzniklé shluky po rozpadu původních zrn



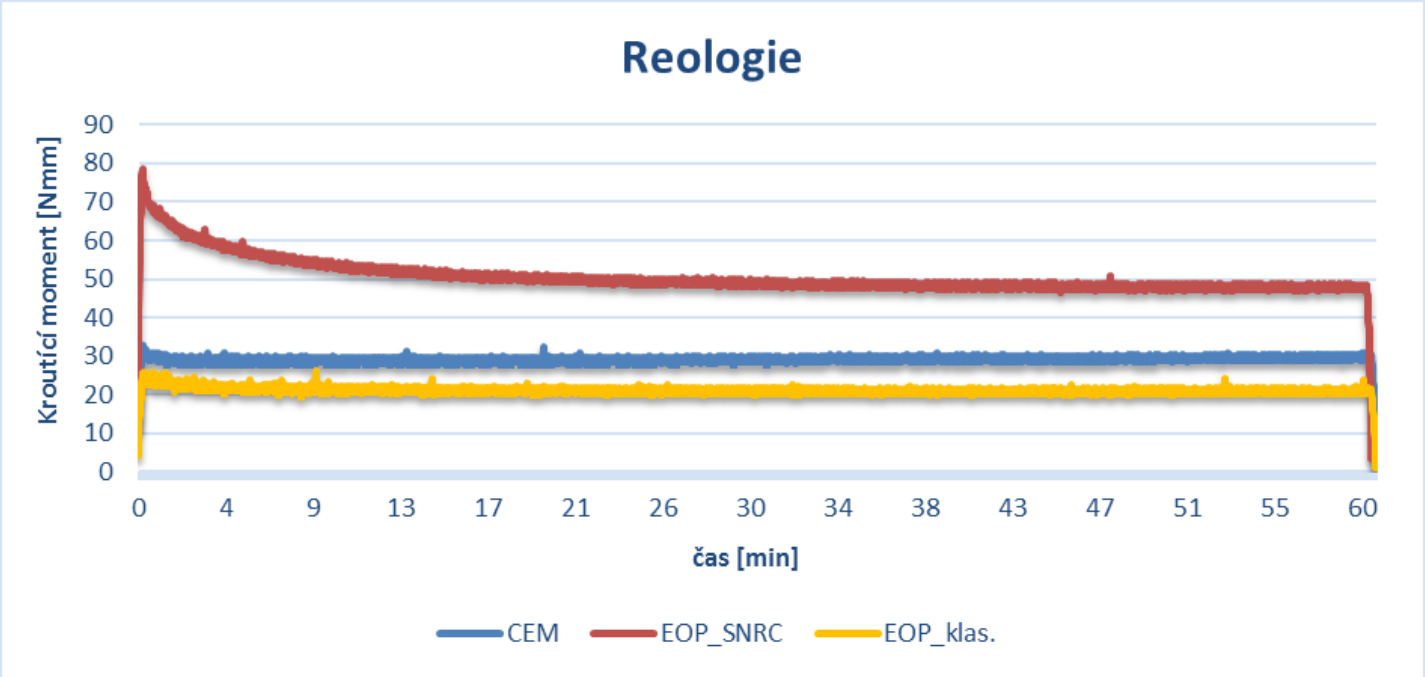


- Po SNCR vyšší obsah menších částic
  - Rozpad největších zrn náhlým teplotním šokem

Dopady SNCR na reologii

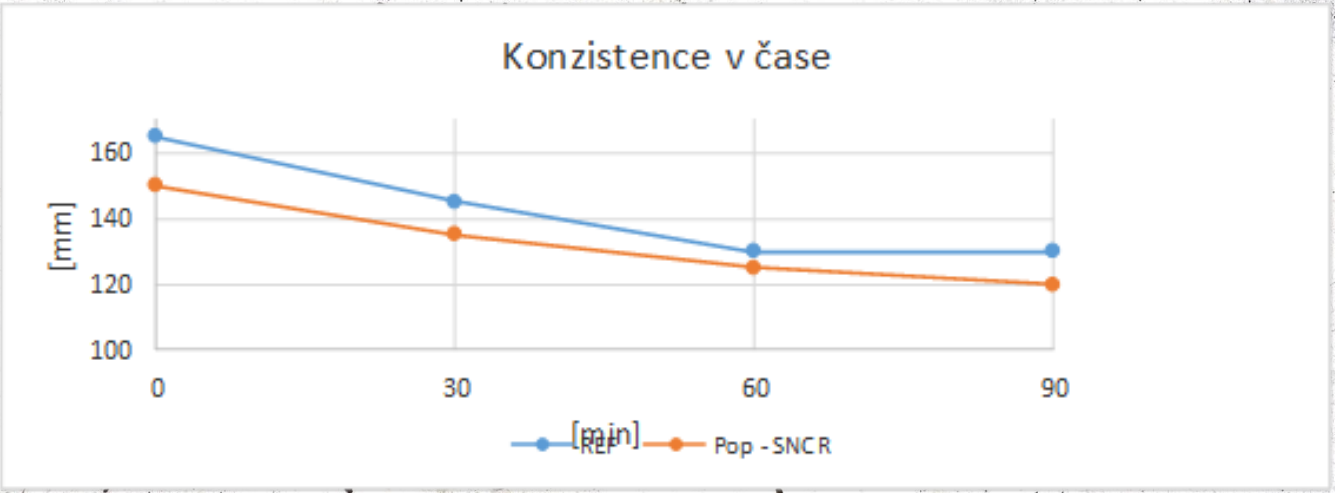
- Obecně vysokoteplotní úletový popílek pozitivní dopad ➡ převážně kulovitá zrna a zeskelněný povrch

- Popílek po SNCR obsahuje zrna jiného charakteru
  - Pórézní zrna a shluky – vyšší vodonáročnost

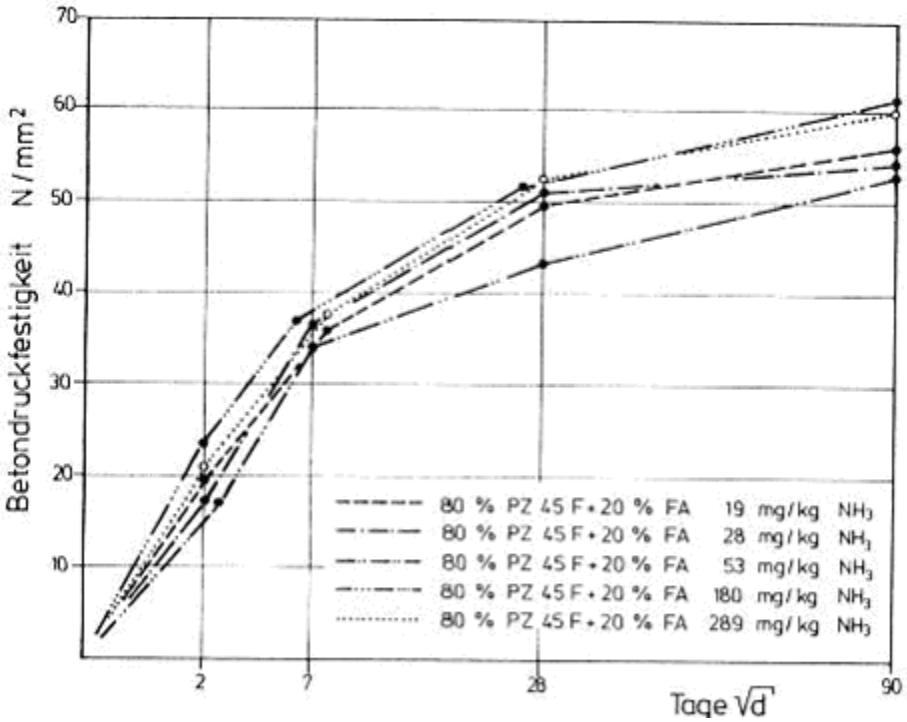


Dopady SNCR na dobu zpracovatelnosti malty

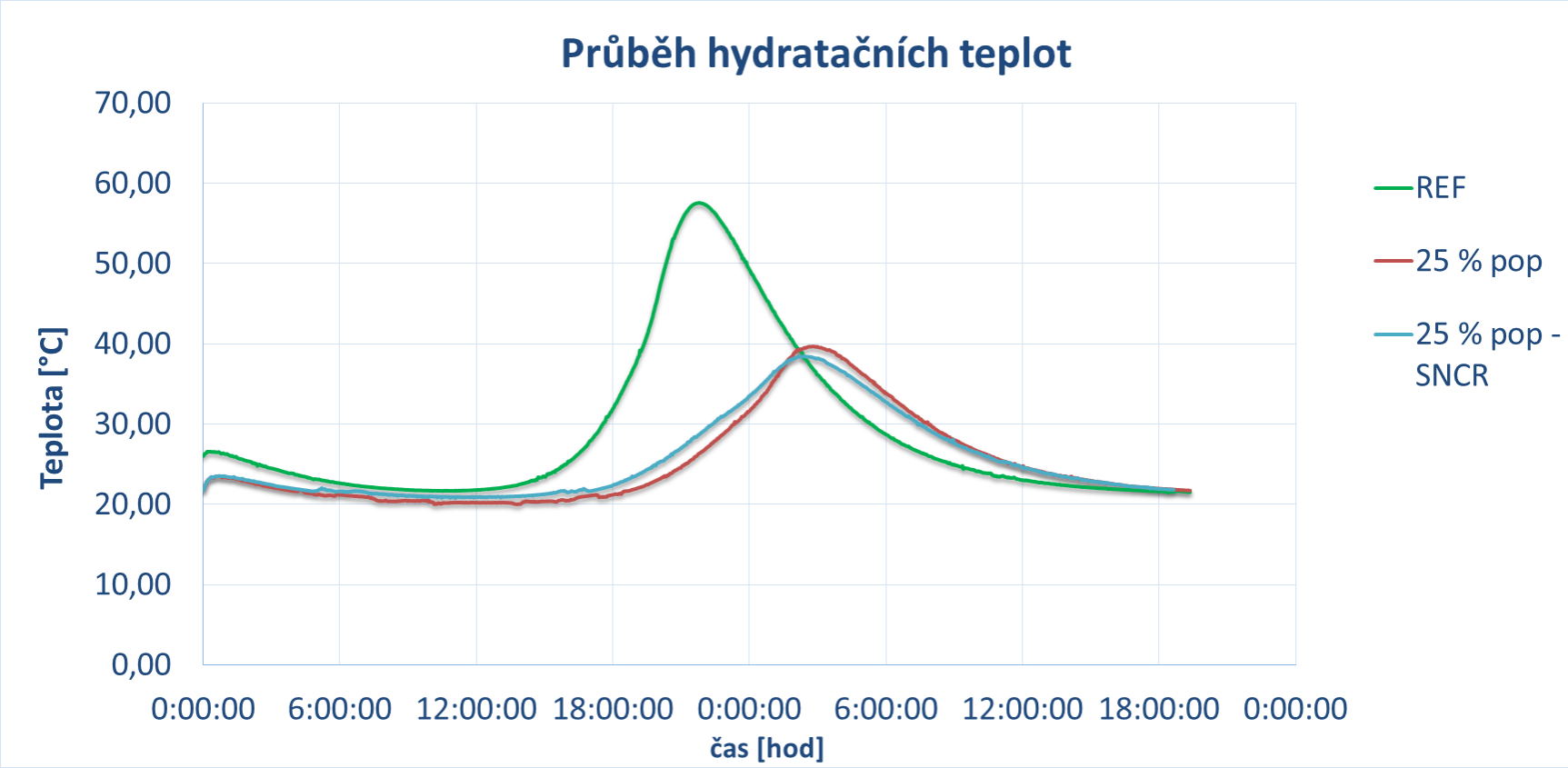
- Nástřik močoviny během spalovacího procesu
  - Možný dopad na urychlení doby tuhnutí/tvrdnutí



Graf pevností betonů s 20% přídavkem různých amoniakálních popílků

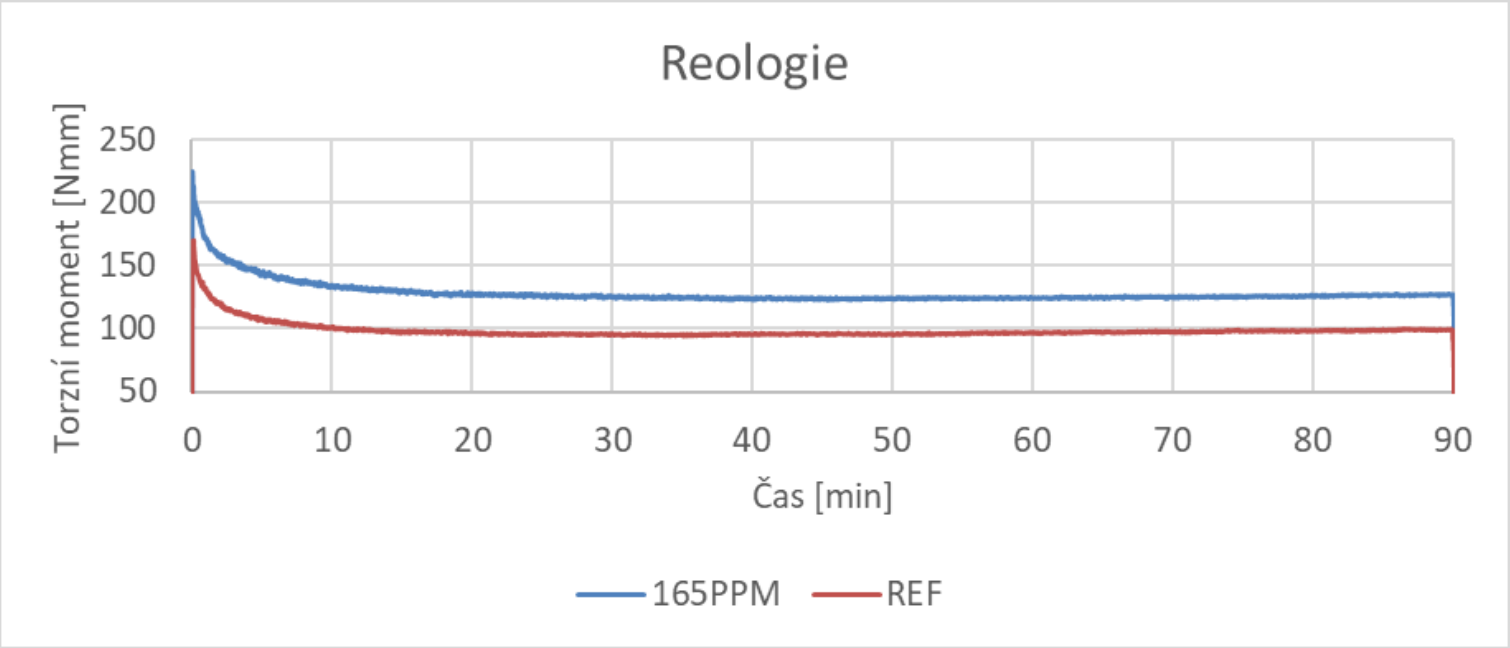


Hydratační teploty



Využití popílku po SNCR při reálných podmínkách

- **Analýza použitého popílku – cca 160 ppm**



Mírné zhoršení reologie – zvýšená vodonáročnost – v souladu s předpokladem

Využití popílku po SNCR při reálných podmínkách

➢ Analýza použitého popílku – cca 160 ppm

Jemnost [%]	*Ztráta žíháním [%]*	*Počátek tuhnutí [min]*	*Doba tuhnutí [min]*	*Index účinnosti [%]*		
				7-denní	*28-denní*	*90-denní*
38,9	0,8	255	360	80,8	76,5	88,7

- Splněny všechny požadavky normy EN 450 pro použití do betonu
- Příznivý index účinnost v prvních dnech zrání

Využití popílku po SNCR při reálných podmínkách

➢ Výroba betonu z analyzovaného popílku

CEM I 42,4 R (Pr)	**230 kg**
Popílek	**120 kg**
0/4	**880 kg**
8/16	**900 kg**
Plast BV (na S4)	**2,7 kg**
Voda	**187 kg**
v/c	**0,72**

- cca 160 NH_4^+/kg popílku – cca 8 mg NH_4^+/m^3 betonu

Parametr	*Objemová hmotnost ZB [kg·m^{-3}]*		*Pevnost v tlaku ZB [MPa]*	
Stáří	*28*	*90*	*28*	*90*
	2190	2250	36,1	42,5

Využití popílku po SNCR při reálných podmínkách

➢ Kvalita ovzduší při práci s amoniakálním popílkem

- **Pracovní prostředí** (NV 361/2007 Sb.)

- **PEL**14 mg/m^3 – celosměnový průměr (8 hodin)

- **NPK** 36 mg/m^3 – nejvyšší nepřekročitelná koncentrace (15 minut)

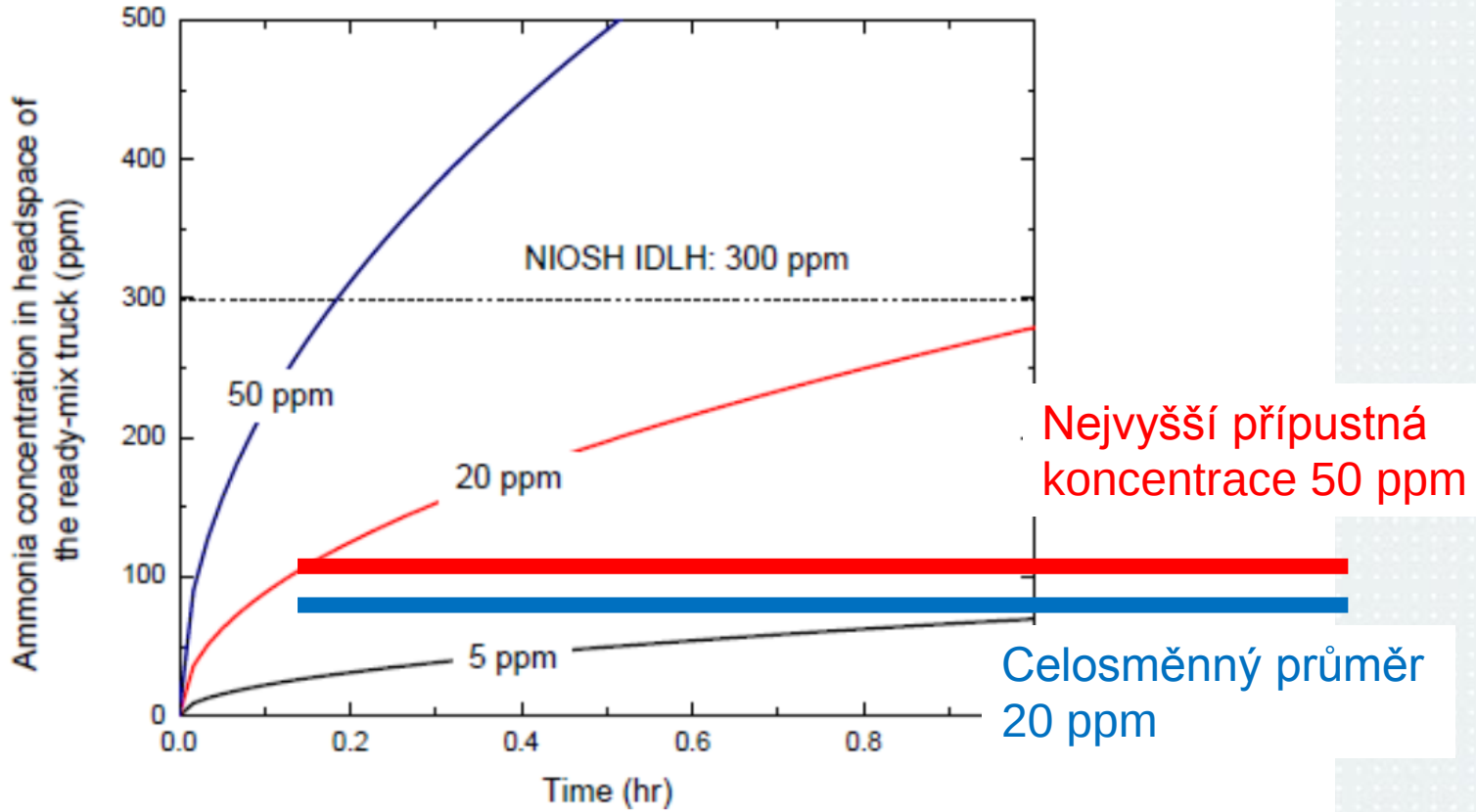
- **Pobytové prostory** (Vyhláška MZV 6/2003)

- 200 µg.m^{-3}

- **Voda** (Vyhl. 252/2004 Sb.)

- 0,5 mg/l

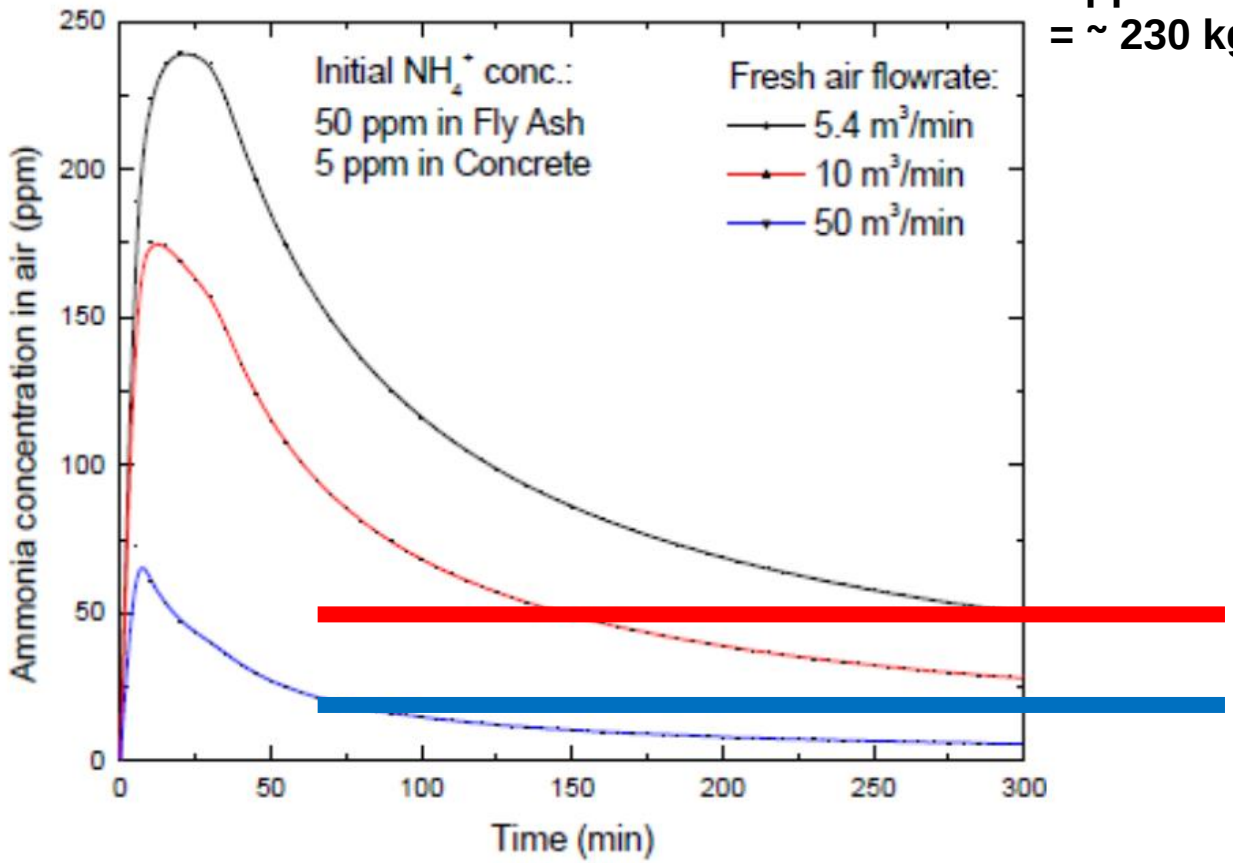
Hygienické limity NH_3 – zahraniční rešerše a simulované výpočty



Obrázek 14 – Graf koncentrací amoniaku v horním výpustním otvoru míchačky ready–mix v závislosti na čase. Obsah amoniaku v popílku byl 5 (—), 20 (—) a 50 ppm (—) [18].

Hygienické limity NH_3 – zahraniční rešerše a simulované výpočty

50 ppm v popílku
5 ppm v betonu
= ~ 230 kg v 1 m³ betonu

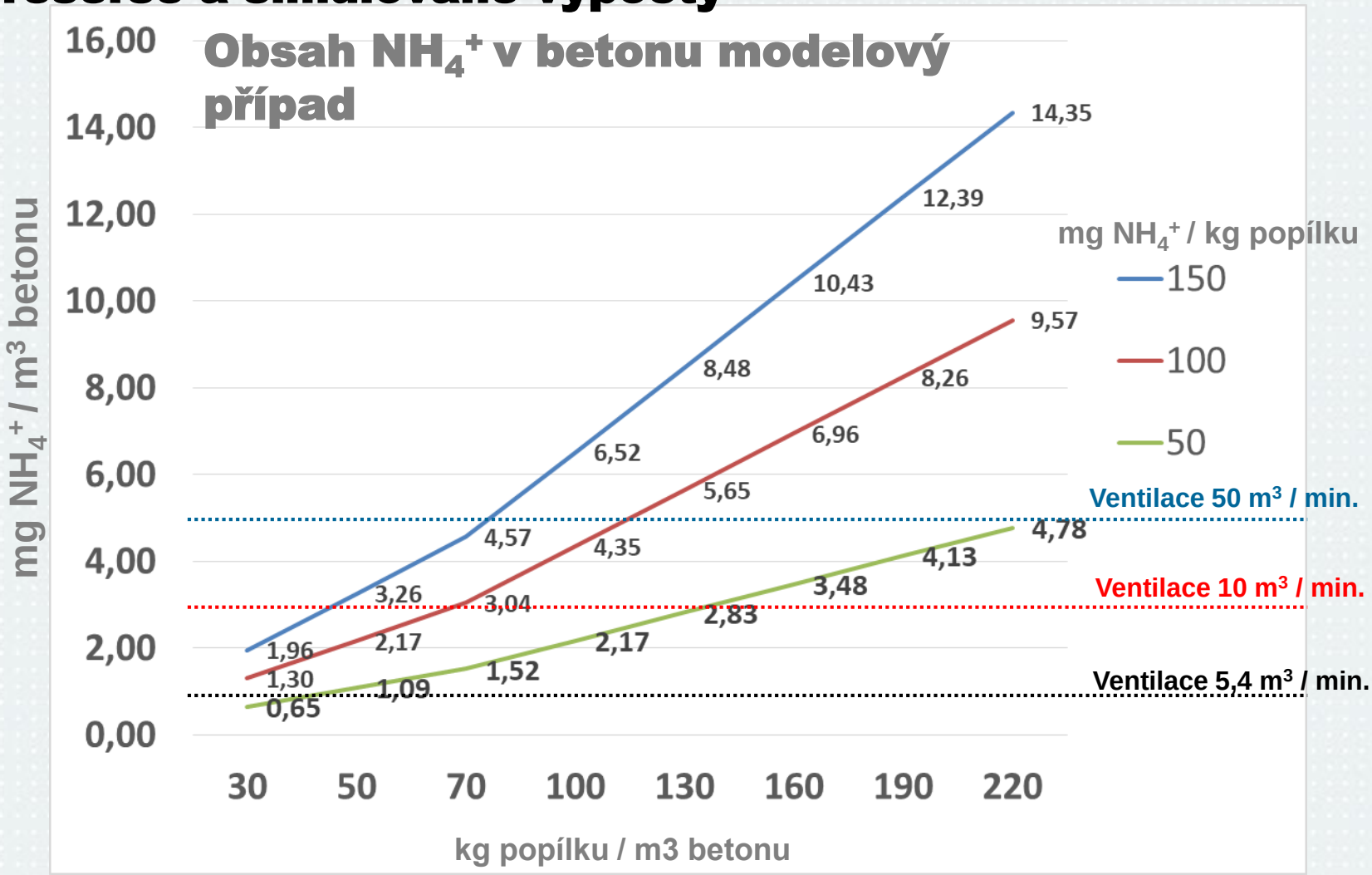


Nejvyšší přípustná koncentrace 50 ppm

Celosměnný průměr 20 ppm

Obrázek 13 – Graf koncentrací amoniaku ve vzduchu po betonáži za použití amoniakálního popílku s obsahem amoniaku 50 ppm při rychlosti ventilace 5,4 m³/min (—), 10 m³/min (—) a 50 m³/min (—) [18].

Hygienické limity NH_3 – zahraniční rešerše a simulované výpočty



Využití popílku po SNCR při reálných podmínkách

Hygienické limity NH_3 – reálné měření v provozu

Poloprovozní ověření Cemex Pardubice

Utěsněná místnost 3,70x3,70 – 3,5m3

Koncentrace amoniaku: betonu

	Bez popílku	s popílkem
U míchačky	0,7 mg/m3	2,8
V mixu	0,8	3,5
V místnosti		pod 0,7

Nejvyšší expoziční limit v ovzduší:14 mg/m3 (36/8 hod)

V pobytových místnostech : 200mg/m3

Hygienické limity NH_3 – kvalita ovzduší a nezávadnost vodných výluhů z betonu - VÝSLEDKY

Kvalita ovzduší

Místo odběru	*Porovnání s maximální přípustnou hodnotou [-]*
Podesta míchacího zařízení – při otevření víka zařízení	Řádově nižší
Násypka automixu	3 krát nižší než PEL
Pobytová místnost – při ukládce	3 krát nižší než PEL
Pobytová místnost – po utěsnění	Řádově nižší
Pobytová místnost – po 7 dnech	Řádově nižší
Pobytová místnost – po 14 dnech	Řádově nižší

Vodné výluhy

Parametr	*Koncentrace amonných iontů [mg·l^{-1}]*		
Stáří	*2*	*7*	*28*
	7,50	3,11	0,14

➢ Závěry

- **Pracovní prostředí a pobytové prostory**

Na reálných prověřovaných pracovištích za podmínek měření nehrozí možnost překročení hygienických limitů

V porovnání s vyhláškou MV ČR 6/2003 jsou naměřené hodnoty řádově nižší.

- **Voda** (Vyhl. 252/2004 Sb.)

Po 28 dnech zrání stanovena hodnota nižší než přípustná pro pitnou vodu.

Hodnota amonných iontů ve vodném výluhu výrazně se zráním betonu klesá – po 28 dnech zrání pouze cca 2% oproti stáří 2 dny

Děkuji za pozornost

ACKNOWLEDGMENT

Theoretical background for the presented results was obtained with financial support within the project FAST-J-18-5367 “Impact of SNCR on the quality of high-temperature fly ash for use as an additive to cement composites.”

www.fce.vutbr.cz

www.admas.eu

AdMaS
ADVANCED MATERIALS, STRUCTURES AND TECHNOLOGIES