

## HODNOCENÍ DEGRADACE BETONŮ V JE VLIVEM $H_3BO_3$

### THE EVALUATION OF CEMENT CONCRETE DEGRADATION IN NUCLEAR POWER PLANT DUE TO $H_3BO_3$

Filip Sedlák a Michaela Joanidisová

ÚJV Řež, a. s.

#### Abstrakt

Hlavním cílem projektu je zhodnocení vlivu dlouhodobého kontaktu konstrukčního betonu bazénů skladování vyhořelého paliva (BSVP) s drenážním roztokem BSVP a jeho vliv na mechanické vlastnosti betonu pro JE Dukovany a JE Temelín.

#### Abstract

The main goal of the project is to evaluate the long-term exposure of the structural cement concrete of spent fuel pools (BSVP) with drainage solution of BSVP and its effect on mechanical properties of the cement concrete for NPP Dukovany and NPP Temelín.

#### Úvod

Pro zjištění a zhodnocení vlivu dlouhodobého kontaktu konstrukčního betonu BSVP s drenážním roztokem BSVP (vodný roztok kyseliny borité 15 g/l) byly vyrobeny zkušební vzorky betonů podle receptury odpovídající materiálům použitých při výstavbě BSVP. Výsledky průběžného hodnocení jsou shrnuty v rámci technických zpráv [1, 2]. Výsledky z hodnocení vlivu kyseliny borité na vlastnosti betonu bude možné použít jako vstupní data v případě zaznamenaných únicích pro hodnocení vlivu na dlouhodobý bezpečný provoz BSVP po celou dobu životnosti JE (LTO).

#### Experimentální plán

##### Zkoušené materiály

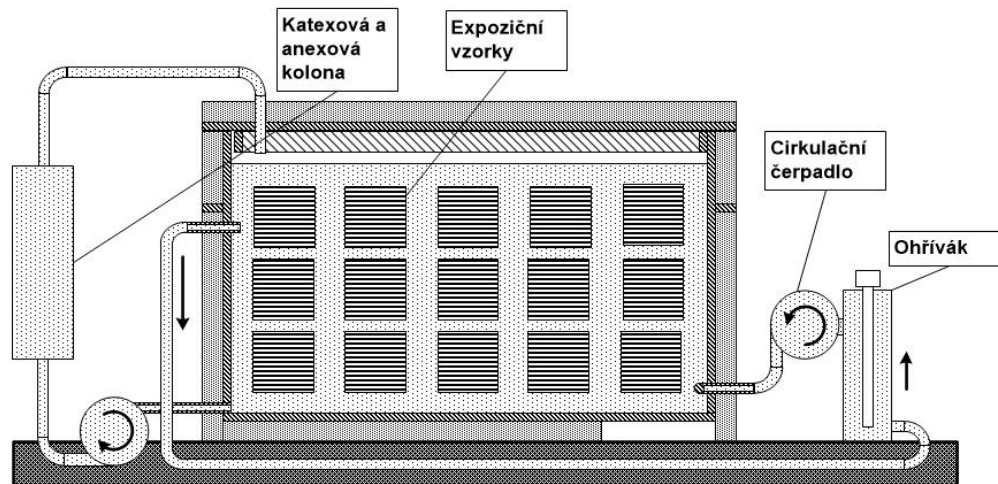
Pro expoziční zkoušky byl zvolen krychlový typ zkušební vzorku s délkou hrany 150 mm (krychlový typ je ve zkušebnictví nejrozšířenější a je optimální variantou z hlediska poměru velikost / relevance výsledků).

Pro *JE Dukovany* byl z materiálového hlediska vybrán konstrukční beton o objemové hmotnosti suchého zatvrdlého betonu 2 300 kg/m<sup>3</sup>, který odpovídá závaznému technologickému předpisu č. 61/b III.

Pro *JE Temelín* byl z materiálového hlediska vybrán konstrukční beton třídy B20 včetně betonu biologické ochrany o objemové hmotnosti do 2350 kg/m<sup>3</sup> s požadavkem ochrany obsluhy nebo vnějšího prostředí a těžký beton třídy B28 (stěny BSVP).

##### Experimentální testovací zařízení

Pro expozici zkušebních těles v prostředí s kontinuální regenerací korozního média (modelování průniku do meziprostoru drenážní sekce dvojitě oblicovaných bazénů velkou trhlinou) byly vyrobeny dvě expoziční nádrže. Další dvě nádrže byly vyrobeny pro expozici vzorků v statickém prostředí korozního média (modelování mrtvých objemů v meziprostoru drenážních sekcí dvojitě oblicovaných bazénů). Expoziční nádrže jsou tepelně z izolovány a vybaveny víkem, které zabraňuje nadměrnému odparu vody a kontaminaci z okolí. Základní schéma expoziční nádrže (typ s regenerací korozního média) je na obr 1. Kromě sad vzorků exponovaných v prostředí s kontinuální regenerací média a vzorků exponovaných ve statickém prostředí byly připraveny i sady referenčních těles, uložených v boxech s prostředím o 100% vzdušné vlhkosti (vzorky uložené v plastových boxech nad vodní hladinou a při laboratorní teplotě).



Obr. 1: Schéma expoziční nádrže s regenerací média pro zkoušky koroze betonu

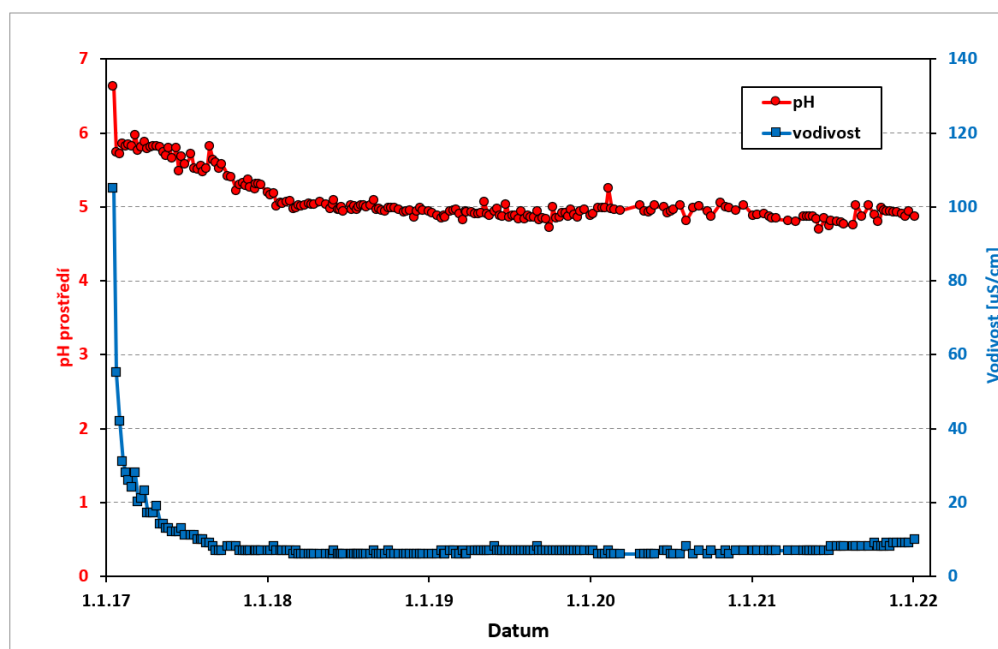
### Metodika hodnocení

Všechny zkoušky na exponovaných vzorcích jsou prováděny akreditovanou laboratoří společnosti *Výzkumný ústav pozemních staveb – Certifikační společnost, s.r.o. Praha*. V akreditované laboratoři se provádí *stanovení pevnosti v tlaku* podle ČSN EN 12 390-3.

### Průběžné výsledky experimentu

#### Průběh hodnot expozičních parametrů

Chemismus prostředí je kontrolován periodickým měřením vodivosti a pH roztoku, a to v místě za katexovou kolonou, za anexovou kolonou a v nádrži. Vzorky na stanovení obsahu kyseliny borité jsou odebírány pouze namátkově. Průběh hodnot pH a vodivosti expozičního roztoku za sledované období je znázorněn v grafu na obr. 2.



Obr. 2: Průběh hodnot pH a vodivosti korozního prostředí

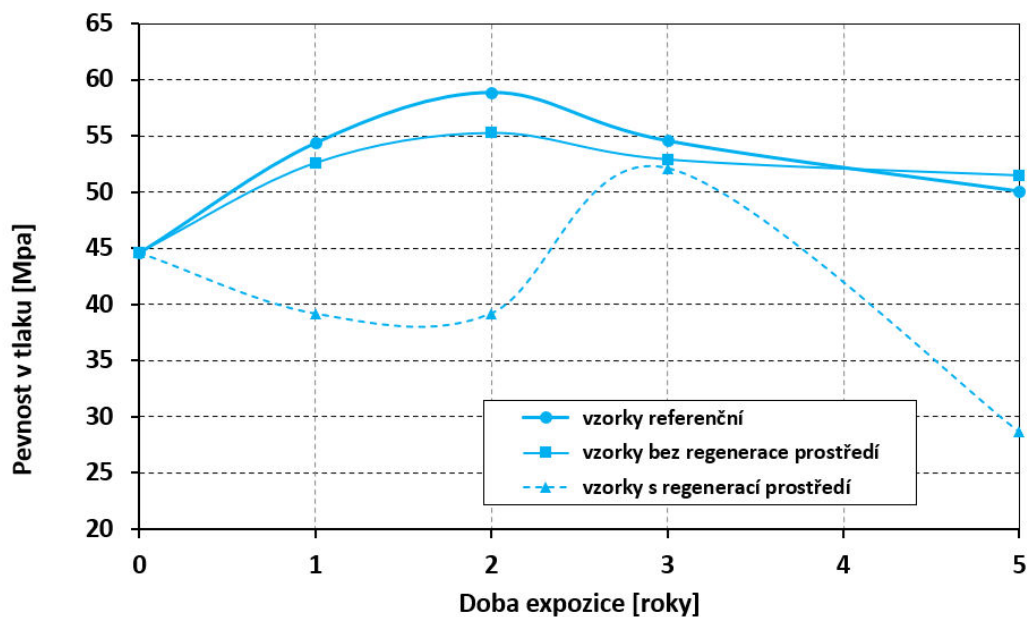
V průběhu sledovaného období docházelo k poklesu hodnot sledovaných parametrů (vodivost a pH) korozního prostředí úměrně ke klesající rychlosti výměny iontů mezi roztokem a materiálem vzorků. Na konci prvního roku expozice byla už hodnota vodivosti roztoku prakticky stabilní a rychlost poklesu pH minimální. Výměna média v nádrži byla provedena dne

17.1.2019, 17.1.2020, 17.1.2021 a 17.1.2022. Teplota korozního média v nádrži byla v průběhu sledovaného období, kromě několika krátkých poklesů zaviněných výpadkem elektrického proudu, konstantní na hodnotě  $40 \pm 0.1$  °C. Pokles teploty během výpadku topení nebyl větší než 10 °C po dobu několika hodin.

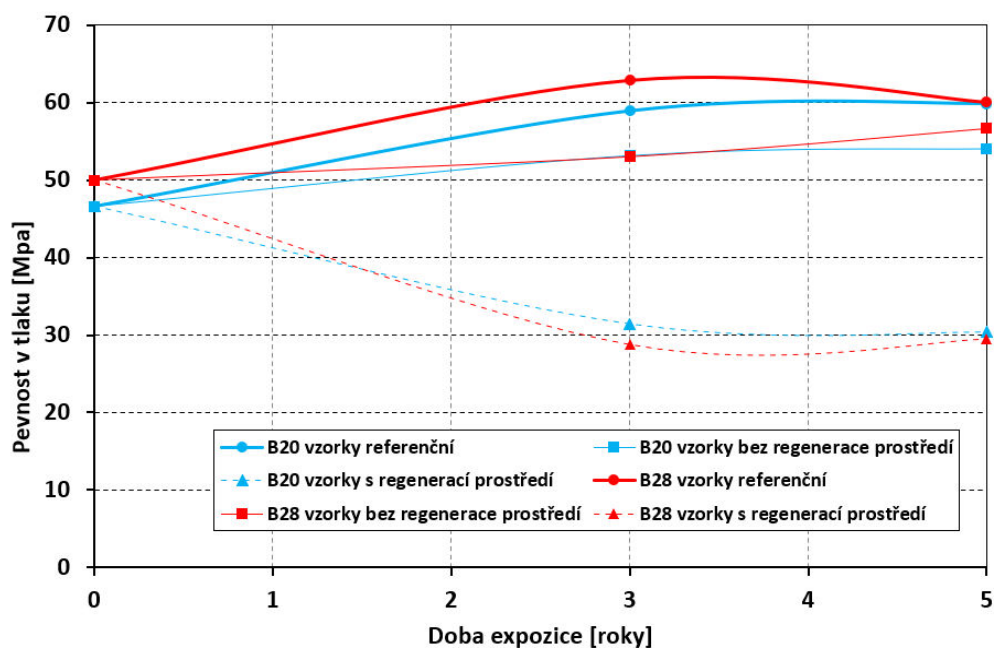
U nádrže provozované ve statickém režimu se pH roztoku kyseliny borité stabilizovalo na hodnotě kolem pH 8 a je prakticky stabilní. Výměna média byla provedena vždy po každých 12 měsících expozice (po odběrech zkušebních vzorků).

#### Výsledky stanovení pevnosti v tlaku

Zkoušky byly provedeny podle normy ČSN EN 12390-3. Výsledky znázorňují obr. 3 a obr. 4.



Obr. 3: Průběh hodnot pevnosti v tlaku exponovaných vzorků betonů pro JE Dukovany



Obr. 4: Průběh hodnot pevnosti v tlaku exponovaných vzorků betonů pro JE Temelín

## Hodnocení

Mechanické zkoušky na exponovaných vzorcích prozatím prokázaly předpokládaný průběh charakteristik. V případě vzorků exponovaných v prostředí s průběžnou regenerací došlo po pěti letech expozice ke zřetelnému poklesu pevnosti v tlaku (obr. 2 a obr. 3). U vzorků exponovaných ve statickém režimu došlo k předpokládanému nárůstu pevnosti vlivem zrání, kdy tento nárůst byl jen mírně ovlivněn degradačními procesy (reakcí cementového tmelu a kame-niva s roztokem kyseliny borité). Podrobnější analýza průběhu pevnostních charakteristik bude možná až po delší době expozice a po vyjmutí většího počtu vzorků.

## Závěr

Průběžné výsledky doposud prokázaly předpokládaný průběh hodnot sledovaných parametrů. U vzorků exponovaných v prostředí s průběžnou regenerací (simulace korozního procesu přímo v lokalitě průniku média oblicovkou – maximálně konzervativní podmínky) došlo po pěti letech expozice k poklesu pevnosti na cca 55-65 % původní pevnosti.

U vzorků exponovaných ve statickém režimu (simulace korozního procesu v místě statické expozice s minimální výměnou) došlo po pěti letech expozice k nárůstu pevnosti na cca 110-120 % původní pevnosti.

U referenčních vzorků došlo po pěti letech k nárůstu pevnosti na cca 120-130 % původní pevnosti.

Podrobné hodnocení výsledků bude možné až po získání většího množství experimentálních dat, tedy vyjmutí alespoň tří sad exponovaných vzorků.

## Literatura

- [1] KÁRNÍK, Dalibor; SEDLÁK, Filip. *Expoziční zkoušky koroze betonů bazénu vyhořelého paliva v EDU*. Řež, duben 2022, technická zpráva, DITI 3202\_849.
- [2] KÁRNÍK, Dalibor; SEDLÁK, Filip. *Expoziční zkoušky koroze betonů bazénu vyhořelého paliva v ETE*. Řež, březen 2022, technická zpráva, DITI 3202\_850.