

Vladimír Veselý, Břetislav Teplý, Pavla Rovnaníková

# BUDOUCNOST NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ FUTURE OF CONCRETE STRUCTURE DESIGN

V článku jsou uvedeny základní informace o postupech navrhování betonových konstrukcí připravovaných komisemi *fib* pro chystaný Model Code 2020 zejména s ohledem na problematiku udržitelného rozvoje. Dále jsou uvedeny kombinované ukazatele a jejich cílové hodnoty pro výrobce cementu, betonu a projektanty betonových konstrukcí.

The contribution presents some basic information concerning on processes of designing concrete structures being prepared by the *fib* committees for the new Model Code 2020, namely the sustainability issue. Also, modern design approaches are discussed as well as combined indicators and their target values are described.

**Č**ástečnou odpověď na otázky vyplývající z názvu tohoto článku lze nalézt mj. v nedávných i současných pracovních materiálech *fib* (Fédération internationale du béton), které autorům laskavě poskytl předseda komise *fib* T10-1 prof. Ing. Petr Hájek, CSc., FEng., a které souvisejí s vývojem připravovaného *fib* Model Code 2020 (dále jen MC2020). Ten by měl v nadcházejícím roce nahradit stávající *fib* Model Code 2010 [1]; přitom lze již nyní říci, že MC2020 bude souhrnem současných vědeckých i praktických poznatků a podobně jako u minulých verzí bude předobrazem nových znění evropských betonářských norem, zejména ČSN EN 1992 a ČSN EN 206. V této činnosti jsou v rámci komise *fib* T10-1

významně angažováni také kolegové z ČR, již zmíněný prof. P. Hájek, dále prof. J. L. Vítek a Ing. V. Červenka, Ph.D. Obecným cílem je zlepšení výkonu a kvality betonových konstrukcí v soutěži s jinými typy řešení, optimalizace návrhových a konstrukčních postupů vedoucích mimo jiné k energeticky i cenově efektivním konstrukcím s minimálním dopadem na životní prostředí.

Již nyní je zřejmé [2], že hlavní „novinky“ budou souviset zejména se sjednocením postupů pro posuzování stávajících a navrhování nových betonových konstrukcí, s efektivním používáním stávajících i nových materiálů (zejména nových příměsí), se zřetelem na životní cyklus a navrhování s ohledem na vlastnosti a konečně s navrhováním a posuzováním beto-

nových konstrukcí se zřetelem na trvalou udržitelnost – což ostatně úzce souvisí s předchozími tématy. Tyto body v následujícím textu alespoň stručně rozvedeme a věříme, že přispějí k informovanosti technické veřejnosti a k diskuzi o možnostech naznačených směrů pro navrhování a posuzování; některé informace k tomuto tématu lze nalézt již v [3].

### Jednotné postupy pro posuzování stávajících i nově navrhovaných betonových konstrukcí

V čem spočívá rozdílnost stávajících a nově navrhovaných konstrukcí je dostatečně známo (výčet těchto okolností je také podrobně uveden v [2]) a v minulosti to vyústilo v existenci samostatných předpisů (zejména ČSN EN 13822-2007) a řadu dalších materiálů (např. [4]). Připravovaný *fib* MC2020 deklaruje pokus o vytvoření dokumentu s obecnými postupy, které budou moci být sdíleny při posuzování stávajících i nově navrhovaných betonových konstrukcí (mimo jiné proto, že při navrhování oprav či rekonstrukcí stávajících objektů se též užívají nové materiály a technologie).

### Složení betonu, materiály a udržitelný rozvoj

Základní materiály pro výrobu betonu – cement, kamenivo a voda – se v blízké budoucnosti zásadně měnit nebudou. Cement a kamenivo se však jistě dočkají nezbytných modifikací.

Tlak na snižování emisí CO<sub>2</sub> při výrobě cementu přinese v blízké době změnu v EN 197 ve smyslu rozšíření portfolia směsných cementů, snižování množství obsahu slínku a rozšíření pevnostních tříd cementu směrem dolů. To je logický trend, který však může narazit na požadavek zajištění trvanlivosti betonu (odolnosti proti působení vlivu prostředí) a rychlosti výstavby.

Problém kameniva v blízké budoucnosti tkví v postupném

## Snižování obsahu slínku a rozšíření portfolia směsných cementů v souvislosti s tlakem na snižování emisí CO<sub>2</sub> může narazit na požadavek zajištění trvanlivosti betonu.

vyčerpání dostupných zdrojů, zejména kameniva těženého. Možným řešením je vyšší využití kameniva recyklovaného a nahrazování drobného kameniva těženého kamenivem drceným. Realizace nastíněného řešení vyvolá nejen potřebu nového přístupu k návrhu složení betonu, ale i potřebu investic do procesu získávání recyklovaného a drčeného drobného kameniva v akceptovatelné kvalitě.

Materiálová základna se bude jistě měnit i v oblasti příměsí. Zdroje jemně mleté vysokopecní strusky jsou omezené, popílky jsou a budou nadále trpět kontaminací amonných iontů a změnou tvaru zrn v procesu redukce NO<sub>x</sub>. Cestu je třeba hledat v použití alternativních dostupných příměsí, jakými mohou být meta-kaolín nebo na nízkou teplotu pálené jíly nevhodné pro výrobu keramiky, velmi jemně mletý vápenec či odprašky z výroby drčeného kameniva. Zde může rozvoj narazit opět na problematiku životnosti, resp. odol-

nosti vyztuženého betonu z důvodu potřeby Ca(OH)<sub>2</sub> na aktivaci latentně hydraulických a reakci pucolánové aktivních příměsí [5].

Cestou, jak naplnit požadavky nových připravovaných předpisů v oblasti materiálové, je bezesporu jejich menší spotřeba. Tu je možno docílit např. subtilními konstrukcemi s využitím UHPC či vylehčením pomocí tvarování betonových prvků podle průběhu vnitřních sil. Vydat se touto cestou však znamená řešit nejen složení betonu s vysokou pevností a odolností (minimální pórozitou), ale i jeho vyrobiteľnost, dopraviteľnost, ukládání a ošetřování.

Na tomto místě je třeba připomenout, že uvedené skutečnosti vyvolají potřebu zásadních inovací výrobní základny spojenou s nemalými finančními prostředky.

Správná cesta k udržitelnému betonovému stavebnictví vede od výzkumu přes rozhodovací procesy až k praktickému uplatnění. K tomu je třeba vytvořit pro jednotlivé sub-

Tab. 1 Ukazatele pro jednotlivé subjekty stanovené do roku 2030 [6]

Tab. 1 Indicators for different subjects, targeted for 2030 [6]

Výrobci cementu	$t_{CO_2}/t_{slínku} < 0,7$ až 0,75 (scénář 2 od 2030 – IEA-CSI plán od 2030), kterým je přímo měřena účinnost tepelné energie
Výrobci betonu	dosáhnout méně než 3,5 kg slínku/m <sup>3</sup> /MPa pro běžný beton 30 až 50 MPa
Projekční kanceláře	(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ) konstrukce < 250 kg [7]
Stavební společnosti	(kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ) stavba < 500 kg [8]