

TRVALE UDRŽITELNÝ ROZVOJ A BETONOVÉ KONSTRUKCE

SUBSTAINABLE DEVELOPMENT AND CONCRETE STRUCTURES

PETR HÁJEK,
BŘETISLAV TEPLÝ,
VLADIMÍR KRÍSTEK

Otázky spojené s trvale udržitelným rozvojem v oblasti stavebnictví představují velmi široký okruh problémů. Vzhledem k množství betonových konstrukcí realizovaných v České republice znamená uplatňování principů udržitelné výstavby v realizaci betonových konstrukcí velký potenciál z hlediska snižování dopadů na životní prostředí. Z těchto důvodů vznikla společná iniciativa tří odborných institucí – Stavební fakulty ČVUT v Praze, České betonářské společnosti a České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, která vyústila v tříletý výzkumný projekt č. 103/02/1161 zahájený v tomto roce, s názvem shodným s titulem tohoto článku. Projekt je podporován Grantovou agenturou ČR. V příspěvku chceme poukázat na východiska a některé klíčové aspekty a problémy, související s touto problematikou.

Questions connected with sustainable development in the construction sector represent a very broad range of problems. With respect to the amount of concrete structures realised in the Czech Republic, the implementation of principles of sustainable construction in concrete structures represents a high potential from the point of view of reduction of impacts on the environment. The common initiative of three professional institutions – The Faculty of Civil Engineering at the Czech Technical University in Prague, The Czech Concrete Society and The Czech Chamber of Engineers, has resulted in the three year research project No. 103/02/1161. This project, which has the same title as this paper, has started in this year. The intention of this paper is to focus on context and scope, and on some key aspects and solution tasks related to this problem.

V posledních letech je problematice za-

jištění trvale udržitelného rozvoje věnována ve vyspělých státech značná pozornost. Lidstvo si začíná uvědomovat nutnost minimalizovat negativní vlivy lidské činnosti a jejich dopadů na kvalitu života a prostředí. Zajištění trvale udržitelného rozvoje souvisí ve své podstatě s většínou oborů lidské činnosti, včetně stavebnictví. Jak je uvedeno v **Agendě 21 pro udržitelnou výstavbu** [1] stavebnictví reprezentuje v EU 10 až 12 % hrubého národního produktu, spotřebovává asi 40 % energie a vytváří 40 % z celkového množství člověkem vyprodukovaných odpadů. To samozřejmě představuje obrovskou zátěž nejenom ekonomickou, ale i ekologickou. S ohledem na požadavky udržitelného rozvoje je třeba posuzovat efektivitu stavebního díla komplexně v rámci celého životního cyklu, tj. od výroby stavebních materiálů přes výstavbu, provoz, údržbu až po jeho budoucí odstranění, recyklaci hmot a s tím spojené problémy skládkování, dopravy atd.

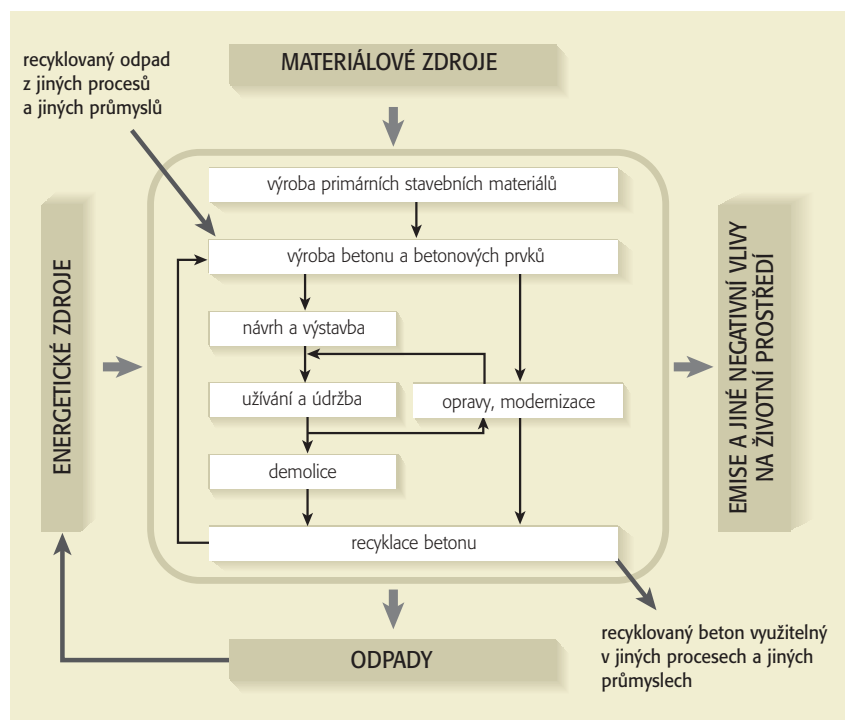
Vliv betonových konstrukcí na životní prostředí je s ohledem na velikost jejich produkce velmi významný. Ročně je na Zemi vyrobeno velké množství betonu

na obyvatele (např. v roce 1997 bylo v ČR vyrobeno 0,5 t/obyvatele!). Z toho vyplývá obrovská spotřeba primárních neobnovitelných surovin (na výrobu cementu, těžba štěrku a kameniva) a značná spotřeba energie. Těžba surovin, transport, výroba stavebních prvků, vlastní výstavba a další kroky životního cyklu jsou spojeny s produkcí škodlivých emisí (CO₂, SO₂ aj.) a spotřebou energie, které jsou svázané s existencí každého materiálu v konkrétní konstrukční situaci (svázané emise CO₂, svázané emise SO₂, svázaná spotřeba energie aj.) – obr. 1 [2].

Česká republika se vzhledem ke snahám o integraci do EU začíná intenzivněji zabývat výše uvedenou problematikou. Uplatňování principů trvale udržitelného rozvoje je v ČR legislativně zakotveno v zákoně o životním prostředí č. 17/1992 Sb. v § 6, kde je definováno: „Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím

Obr. 1 Životní cyklus betonové stavby – materiálové a energetické toky

Fig. 1 The life-cycle of concrete structure – the materials and energy flows



zachovává možnost uspokojovat jejich základní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystému".

VÝCHODISKA

A MEZINÁRODNÍ KONTEXT

Narůstající váha, která je v posledním období přisuzována souvislostem trvale udržitelného rozvoje a stavebnictví je patrná např. ze skutečnosti, že v posledním období byla pořádána řada mezinárodních kongresů s touto tematikou – např. CIB World Building Congress „Construction and the Environment-Agenda 21 for Sustainable Construction“, (1998, Gävle, Švédsko), 9th International Conference on Durability of Building Materials and Components, (2002, Brisbane, Austrálie), RILEM/ CIB/ISO International Symposium „Integrated Life-Cycle Design of Materials and Structures“, ILCDES 2000, (2000, Helsinky, Finsko), „Sustainable Building 2000“ (2000, Maastricht, Nizozemí) a fib-Symposium „Concrete and Environment“ (2001, Berlín, SRN).

V některých státech je možno zaznamenat první legislativní opatření. Např. od roku 1997 je v Nizozemí platný zákon zakazující skládkovat recyklovatelné stavební suti a v Anglii jsou nařizeny výrazně vyšší poplatky za skládkování recyklovatelné stavební suti než pro jiné materiály. Z naší legislativy lze jmenovat **zákon 125/1997**, část sedmá, odd.1., kde je sice hovořeno o poplatcích za skládkování, recyklovatelnost však není zohledněna. Česká republika jako řádný člen CEN zavádí současně s ostatními členskými zeměmi soustavu evropských norem řady EN ISO 14000 – Environmentální management – Posuzování životního cyklu, ve kterých je stanovena metodologie a pravidla pro posuzování životního cyklu (LCA) produktů, včetně staveb.

Je nutno též uvážit nutnost nákladného odstraňování dosloužilých objektů, přinášející mj. další spotřebu energie, produkci emisí a problémy s likvidací odpadů z demolic. To je také důvod, proč se v řadě průmyslově vyspělých zemí (např. Nizozemí, Švédsko) prosazuje tendence po „renesanci“ prefabrikovaných železobetonových konstrukcí, ale s demontovatelnými spoji – tzv. IFD technologie (Industrial, Flexible, Demountable) [3] umožňující nenáročnou de-

montáž konstrukce a případné opětovné použití prefabrikovaných prvků po jejich repasi. Další technologií hodnou pozornosti je využití drčeného a tříděného betonu z demolic pro výrobu betonu i pro nosné konstrukce – viz např. několik experimentálních objektů z betonu vyrobeného z kameniva z recyklovaného betonu v NSR (patrové garáže, most aj.) v rámci projektu **BiM** – blíže viz např. [4].

I ve vyspělých státech se však většinou jedná o nové trendy, které se ne vždy snadno prosazují do praxe, jsou ale velmi často podporovány státem či regionálními institucemi. Vzniká řada mezinárodních projektů, např. ve 4. rámcovém programu EC to byl v letech 1996–9 projekt **DuraCrete**, zaměřený na nově pojaté návrhové postupy (performance-based design – ve volném překladu „navrhování s ohledem na užitné vlastnosti“) explicitně zohledňující mj. požadavky životnosti a spolehlivosti železobetonových konstrukcí. Projekt poukázal na nevhodné postupy současných normativních předpisů, které vlastně jenom „předepisují“ jednotná pravidla s cílem zajistit dostatečnou spolehlivost a obecně přijatelnou životnost, bez ohledu na další specifické požadavky a dlouhodobé důsledky. Nepřihlíží se tedy např. k nákladům na údržbu, opravy a demolici. V současnosti na projekt DuraCrete navazuje další mezinárodní aktivita DuraNet.

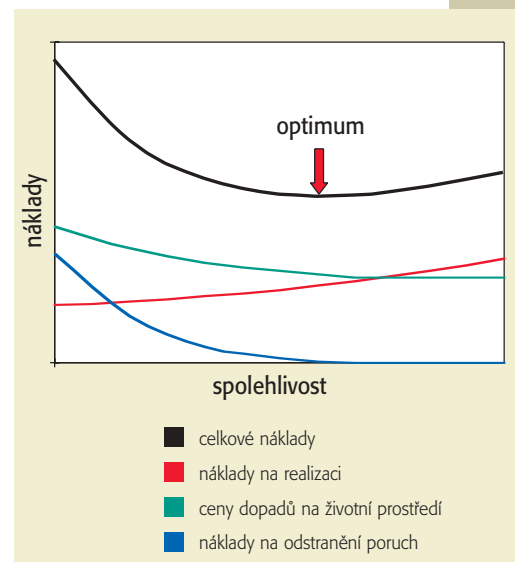
Ještě dále jdou cíle prioritní aktivity CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction), ve zkratce nazývané **PeBBu**, zaměřené na Performance-based přístupy, které se zabývají snahou o průměrné snížení cen staveb a o další zásadní dopady na konstruování staveb, jejich provádění a na obchodní postupy stavebních firem. Blíže viz (www.cibworld.nl).

Zajímavá je také aktivita v oblasti aplikace nových přístupů pro management mostního hospodářství. Cílem návrhu a managementu dálničních mostů bylo stanovit a uplatnit nejlepší možnou strategii, která by zaručila adekvátní hladinu spolehlivosti za nejnižší možnou **celkovou cenu** [5]. Je zřejmé, že mezi mírou spolehlivosti konstrukce

a náklady existuje závislost, ve které lze nalézt optimální hodnotu z hlediska celkových nákladů, zahrnujících náklady na realizaci, náklady za odstranění poruch ale i cenu dopadů na životní prostředí (obr. 2).

V Evropě byl za podpory Evropského společenství řešen výzkumný projekt **BRITE/EURAM** zaměřený na hodnocení výkonnosti, optimální strategie inspekce a údržby betonových konstrukcí a mostů za použití expertního systému založeného na spolehlivostní analýze. V Itálii je řešena optimalizační úloha pro celé dálniční úseky, kdy se pomocí numerické techniky dynamického programování maximalizuje spolehlivost sítě mostů, které vykazují degradaci a vyžadují údržbu či rekonstrukce. Přitom se minimalizuje narušení dopravy; výsledná strategie je funkcí finančních prostředků, které jsou k dispozici.

Při podobných rozhodovacích postupech je často vhodné (či nutné) pracovat s kvantifikovaným rizikem. Velmi důležitým nástrojem je proto v řadě situací rizikové inženýrství (viz např. [6], [7]), které se zabývá posuzováním a hodnocením rizik. Vyžaduje to např. již náš **zákon č. 353/1999** o prevenci závažných průmyslových havárií způsobených nebezpečnými chemickými látkami (blíže viz také [8]). Tento zákon je harmonizován s legislativou EU – s direktivou SEVESO II a mj. předepisuje povinnost analýzy a hodnocení rizik. Pro tyto činnosti však česká technická komunita není vyzbrojena dostatečnými znalostmi ani příslušnými nástroji (i když tyto existují). Riziko může mít často souvislost s chybnou funkcí stavební kon-



Obr. 2 Optimalizace nákladů životního cyklu (zpracováno s využitím [5])

Fig. 2 Optimisation of life-cycle cost (elaborated using [5])

strukce (nádrže, hráze apod.) a stavební inženýři by proto měli mít dostatečné znalosti potřebné k provádění příslušných analýz.

Naplňování výše popsaných myšlenek, trendů a zásad přispívá k minimalizaci negativních vlivů stavebních činností a jejich dopadů na kvalitu života a prostředí z dlouhodobého hlediska.

SPECIFICKÉ CÍLE A ÚKOLY PRO BETONOVÉ STAVITELSTVÍ

Problematika udržitelné výstavby je velmi široká a zahrnuje celý souhrn aspektů stavební činnosti. Pro oblast betonových konstrukcí lze vybrat následující klíčové otázky, cíle a úkoly [9] (bez pořadí důležitosti či proveditelnosti):

- uplatňování komplexní **optimalizace materiálových a energetických toků** a z toho vyplývající minimalizace environmentálních dopadů s uvážením celé délky „života“ konstrukce a celkových nákladů [10]; zásadní je minimalizace spotřeby energie při výrobě, výstavbě,

provozu, údržbě, rekonstrukcích a odstranění stavby a současně **minimalizace emisí a odpadů** svázaných se stavební činností;

- **snižování environmentální zátěže od výrobních technologií** – optimalizace výrobních technologií cementu, betonu, betonových prvků a konstrukcí, optimalizace složení betonové směsi;
- **optimalizace tvaru a vyztužení betonové konstrukce** – optimální volba nosného systému a skladby konstrukčních prvků, optimalizace spotřeby betonu a vyztuže při zachování požadovaných funkčních vlastností, spolehlivosti a trvanlivosti;
- problematika **degradace** stavebních materiálů (zejména betonu a vyztuže) a problematika trvanlivosti a životnosti konstrukcí;
- pravidla pro navrhování betonových konstrukcí **dle zásad Performance-Based Design**;
- **uplatňování prefabrikovaných de-**

montovatelných konstrukcí, tj. s možností následného použití některých prvků i po ukončení životnosti původního objektu;

- přednostní používání **recyklovatelných materiálů** a materiálů **recyklovaných** [11], (recyklace betonu a výroba betonu s využitím recyklovaného kameniva);
- rozhodování o strategii při budování i údržbě infrastruktury je nutno opřít o **hodnocení rizik**.

ZÁVĚR

Problematika trvale udržitelného rozvoje a v užším pojetí udržitelné výstavby vyžaduje vyřešení řady nových problémů jejichž společnou charakteristikou je komplexnost a časová závislost. Multi-kriteriální charakter vyžaduje rozvoj, ověření a implementaci nových metod návrhu a hodnocení konstrukcí. Rozsah realizací betonových konstrukcí v podmínkách českého stavebnictví vytváří potřebu zaměřit se na optimalizaci návrhu betonových konstrukcí z hlediska kritérií udržitelnosti, tj. kritérií environmentálních i ekonomických s uvážením okrajových podmínek daných socio-kulturními aspekty.

Tento článek vznikl za podpory grantu GAČR 103/02/1161.

Doc. Ing. Petr Hájek, CSc.
tel.: 02 2435 4459, fax: 02 3333 9987
e-mail: petr.hajek@fsv.cvut.cz

Prof. Ing. Vladimír Křístek, DrSc.
tel.: 02 2435 3875, fax: 02 3333 7362
e-mail: kristek@fsv.cvut.cz

oba: FSv ČVUT v Praze
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Prof. Ing. Břetislav Teplý, CSc.
Luční 17, 61600 Brno
tel.: 05 4925 0098
e-mail: teply.b@fce.vutbr.cz

Literatura

- [1] Agenda 21 pro udržitelnou výstavbu, CIB Report Publication 237, český překlad, ČVUT 2001, ISBN 80-01-02467-9
- [2] Hájek P.: Betonové konstrukce a udržitelný rozvoj, Sb. konfer. Betonářské dny 2000, ČBS, str. 25–33
- [3] Boedianto P., Walraven J. C.: Optimizing the Environmental Impact of Dismountable Building, ILCDES 2000, RILEM svazek 14, Helsinky, str. 135–141
- [4] Teplý B., Zídek R.: Konstrukční využití betonu z recyklovaného kameniva. Sb. konfer. Betonářské dny 2000, ČBS, str. 205–210
- [5] Special Publication on Bridge Safety and Reliability, edit. D. M. Frangopol, ASCE, 1999
- [6] Tichý M.: Rizikové inženýrství, Stavební obzor 9/94, 9/95 a 1/96

- [7] Teplý B.: Analýza rizika jako nezastupitelný nástroj pro rozhodovací a legislativní činnost ve stavebnictví, Stavební listy 11/2001, str. 6–7
- [8] Teplý B., Novák D., Vejvoda S.: Analýza rizik dle zákona 353, příspěvek na konferenci Chemického a procesního inženýrství CHISA, Srní, 2001.
- [9] Hájek P.: Environmentální aspekty v navrhování betonových konstrukcí, seminář Koncepční návrh betonových konstrukcí 2002, ČBS, Praha 2002
- [10] Hájek P.: Environmentally Based Optimisation of Concrete Floor Slabs, fib-Symposium „Concrete and Environment“, Berlín 2001, str. 25–26
- [11] Hájek P.: Optimisation of Environmental Construction Impact of Composite RC Slabs, ILCDES 2000, RILEM svazek 14, Helsinky, str. 534–539

ZKOUŠENÍ JAKOSTI VODY

VITRUVIUS

Zkoušení pramenů a zjišťování jejich dobré kvality je nutno obstarat takto: Jde-li o volně vytékající otevřené prameny, musí se před započítáním stavby vodovodu přihlédnout a po-

zornost obrátit k tomu, jakou tělesnou stavbu mají obyvatelé okolo oněch pramenů. Jsou-li těla silného, barvy svěží, bez vadných nohou a bez zanícených očí, je tím nejlépe prokázána dobrá kvalita pramene.

(Deset knih o architektuře, Kniha osmá, IV. kapitola, Řím, 20. léta 1. st. př. n. l.)

P.S. Jakou máte kvalitu vody?