

BETONOVÉ KONSTRUKCE PRO UDRŽITELNOU VÝSTAVBU CONCRETE STRUCTURES FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION

PETR HÁJEK

Beton je vzhledem ke svým mechanickým vlastnostem, trvanlivosti, dostupnosti výchozích surovin a možnosti variabilního návrhu nepochybně nejrozšířenějším konstrukčním materiálem pro výstavbu budov, mostů, silnic, tunelů, přehrad a dalších staveb. Možnost realizace subtilních betonových konstrukcí zvyšuje potenciál uplatnění betonu v energeticky efektivní výstavbě budov. Využívání optimalizovaných betonových konstrukcí představuje potenciál ke zvýšení komplexní kvality staveb z hlediska kritérií udržitelné výstavby.

Concrete is due to its mechanical properties, durability, availability of resources and ability of variable design the mostly widespread structural material for construction of buildings, bridges, roads, tunnels, dams and other structures. The possibility to construct subtle concrete load bearing structures increases the potential for the use of concrete in energy efficient buildings. Utilization of optimized concrete structures represents a potential for increase of complex quality of construction from the point of view of sustainable aspects.

Výroba betonu na jednoho obyvatele se ve vyspělých zemích pohybuje mezi 1,5 až 3 t ročně. Z toho vyplývá značná spotřeba primárních neobnovitelných surovin (na výrobu cementu, těžbu štěrku a kameniva) a velká 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 a v konkrétním čase. Nové druhy vysokohodnotných betonů dosahují výrazně lepších vlastností nejenom z hlediska mechanické odolnosti, trvanlivosti a odolnosti při mimořádných zatíženích. Současně umožňují realizaci konstrukcí s menší spotřebou materiálu a energie. Přitom často využívají odpadové materiály z jiných procesů ve vlastní skladbě betonové směsi ale i při výrobě cementu. Navíc akumuláční vlastnosti betonu mohou v určitých případech přispívat k energetickým úsporám provozu budov. Zvláště v českých podmínkách, kde je tradice betonového stavitelství včetně prefabrikace velmi vysoká, lze prostřednictvím optimalizace managementu, technologií výroby a procesu návrhu betonových staveb dosáhnout významných příspěvků k řešení globálních cílů v oblasti udržitelné výstavby.

spívat k energetickým úsporám provozu budov. Zvláště v českých podmínkách, kde je tradice betonového stavitelství včetně prefabrikace velmi vysoká, lze prostřednictvím optimalizace managementu, technologií výroby a procesu návrhu betonových staveb dosáhnout významných příspěvků k řešení globálních cílů v oblasti udržitelné výstavby.

ENVIRONMENTÁLNÍ VÝHODY BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Snížení spotřeby primárních zdrojů, využití odpadových surovin

- Při návrhu optimalizovaných vylehčených průřezů a v kombinaci s použitím vysokohodnotných betonů lze realizovat subtilní betonové konstrukce se spotřebou betonu o 40 až 60 % menší než při použití standardního řešení. S tím jsou spojeny i menší dopravní a manipulační nároky.
- Tepelně akumuláční vlastnosti betonu mohou za určitých předpokladů přispívat k úsporám energie potřebné pro vytápění a chlazení vnitřního prostředí budov.
- Nové technologie betonu umožňují využití průmyslových odpadů jako druhotných surovin ve skladbě betonové směsi: popílek, struska, mikrosilika apod. Tím dochází k úspoře primárních surovinových zdrojů.

• Beton z demolic může být 100% recyklován a využit jako náhrada kameniva v konstrukci zemních těles u dopravních, vodních ale i pozemních staveb. V menší míře lze využít recyklovaného betonu i jako náhrady za kamenivo v betonu novém.

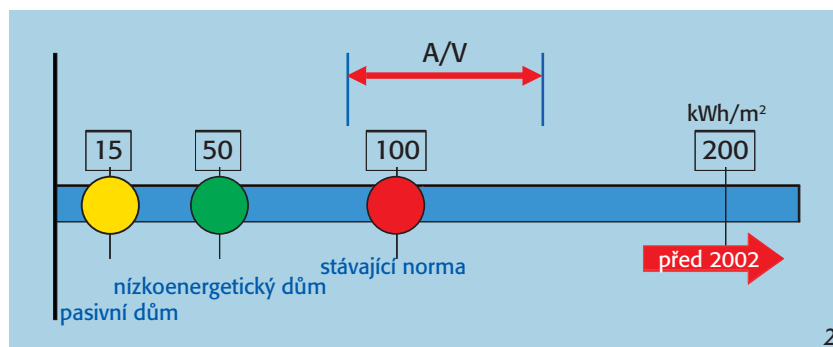
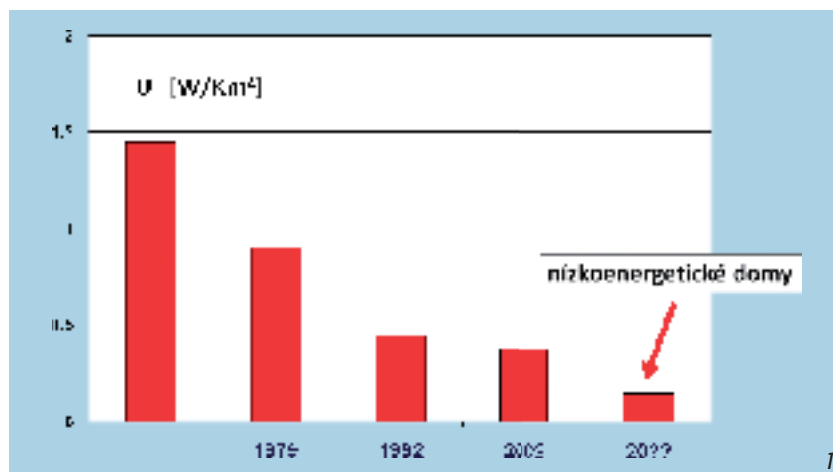
- Betonové konstrukce s vysokou trvanlivostí a dlouhou životností jsou z hlediska

Obr. 1 Vývoj součinitelů prostupu tepla obvodových konstrukcí budov – požadované hodnoty

Fig. 1 Development of heat transfer coefficients for outsider walls – required values

Obr. 2 Měrná potřeba tepla na vytápění budov různých úrovní energetického standardu

Fig. 2 Specific heat demand for different energy standard



celého životního cyklu méně energeticky i materiálově náročné s ohledem na nižší nároky na údržbu, rekonstrukce i demolic.

- Kvalitně provedený betonový povrch nevyžaduje další interiérové a exteriérové povrchové úpravy.

Snížení množství emisí a odpadů

- Výroba betonu z prefabrikovaných betonových prvků „na míru“ pro konkrétní konstrukce umožňuje redukcí odpadu ve výrobě i na stavbě.
- Beton lze často vyrábět z místních zdrojů, čímž lze redukovat náklady a environmentální dopady způsobené dopravou (emise, hluk, prašnost).
- Při využití doplňkových cementujících materiálů – popílku anebo strusky jako náhrady za energeticky náročný portlandský cement lze snížit hodnoty svázané (embodied) energie a svázaných emisí CO₂ a SO_x.

EKONOMICKÉ VÝHODY BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Úspory v nákladech na realizaci

- Při realizaci subtilních betonových konstrukcí lze dosáhnout redukce nejenom materiálových nákladů ale především nákladů dopravních a manipulačních.
- Ačkoliv je jednotková cena vysokohodnotných betonů vyšší než u běžného betonu, může při použití menšího množství kvalitnějšího betonu vycházet výsledná cena konstrukce výhodněji. Další úspory jsou spojeny s větší trvanlivostí a životností konstrukce, a tím menšími náklady na údržbu, opravy, demolic a novou výstavbu.
- Menší plocha průřezů betonových prvků (tloušťka nosných stěn aj.) se může výrazně projevit v efektivitě výstavby budov v územích s regulovanou zastáveností (viz dále).

Úspory v rámci životního cyklu

- V porovnání s jinými materiály mají betonové konstrukce dlouhou životnost, jsou odolné vůči klimatickým vlivům, dobře odolávají opotřebením provozem, málo podléhají degračním účinkům. S tím souvisí i menší náklady na provoz, údržbu a demolic.
- Konstrukce z vysokohodnotných betonů mají v porovnání s jinými konstrukčními řešeními zpravidla větší trvanlivost (úspory v údržbě, opravách) a životnost (úspory související s delším využitím konstrukcí).

• Betonové konstrukce mohou vzhledem ke svým akumulacím schopnostem přispět v určitých situacích ke snížení provozních nákladů na chlazení a vytápění budov.

SOCIÁLNÍ VÝHODY BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Zajištění kvalitního vnitřního prostředí budov

- Dobré akustické vlastnosti – betonové stěny a stropy vykazují v porovnání s jinými konstrukčními řešeními vysoké hodnoty vzduchové neprůzvučnosti.
- Kvalitně provedené betonové povrchy stěn, sloupů a podhledů stropů, se snadno udržují, dobře se čistí a mají dlouhou trvanlivost.
- Betonové konstrukce nejsou zdrojem toxických emisí nebo těkavých organických látek.
- Beton umožňuje značnou flexibilitu návrhu vzhledem k možnosti téměř libovolného tvarování prvků limitovaného pouze statickými požadavky spolehlivosti.
- Při využití velkorozponových železobetonových konstrukcí zastropení lze vytvořit variabilní vnitřní prostor umožňující adaptaci vnitřního uspořádání prostoru v průběhu životnosti nosné konstrukce budovy.

Zajištění větší bezpečnosti

- Vyšší bezpečnost betonových konstrukcí před vznikem požáru, působením větru, a působením vody.
- Vyšší bezpečnost betonových konstrukcí před mimořádnými účinky seismicity, explozí a teroristických útoků.

KONSTRUKČNÍ PRINCIPY

Optimalizace tvaru – vylehčení železobetonové konstrukce

Optimalizace tvaru s cílem snížení spotřeby materiálu vede k subtilním vylehčeným průřezům konstrukcí. Klasický přístup odlehčení ve formě kazetové nebo žebrové konstrukce je pro velké rozpory používán i v současných stavbách.

Zachování rovného podhledu betonové stropní konstrukce při současné snaze o snížení plošné hmotnosti vede k vylehčování jádra železobetonového průřezu různými typy vložek z lehkých materiálů. Tímto způsobem lze dosahovat vylehčení stropní desky a současně úspory betonu o 30 až 50 %. Stejným způsobem lze vylehčovat i betonové základové desky.

Další možností je používání lehkých konstrukčních betonů. V těchto případech je však třeba řešit otázku zvýšeného rizika koroze výztuže v pórovité struktuře lehkého betonu.

Optimalizace složení čerstvého betonu – vysokohodnotné betony

Vysokohodnotné betony lze použít pro optimalizované tvary železobetonových průřezů, které mohou být s ohledem na mechanické vlastnosti materiálu velmi subtilní. Často se využívá kompozitních vláknobetonů vyztužených ocelovými, skelnými nebo plastovými vlákny.

Využití recyklovaných odpadových materiálů

Recyklované odpady mohou být využity ve vlastní betonové směsi nebo pro výrobu bednicích prvků event. dalších komponentů. Pro zvýšení pevnosti a zpracovatelnosti se využívá popílku, strusky nebo křemičitého úletu, které nahrazují primární kamenivo a vzhledem k cementujícím vlastnostem snižují spotřebu energeticky náročného portlandského cementu. Použitý beton z demolic staveb lze plně využít jako zásypaný materiál, nahrazující přírodní kamenivo v zemních tělesech.

Betonové prefabrikované dílce s integrovanými funkcemi

Prefabrikace umožňuje navrhování integrovaných konstrukčních prvků složitějších tvarů, uzpůsobených k efektivnějšímu využívání betonové konstrukce i pro zajišťování jiných funkcí. V případě železobetonových dutinových panelů lze např. využít akumulacím vlastností hmoty betonu ve vnitřní části panelů pro vylepšení tepelné stability vnitřního prostředí budovy v letním i zimním období (do dutin panelů je vháněn teplý nebo studený vzduch ze vzduchotechnického systému, který temperuje okolní hmotu a ta po změně teploty předává teplo/chlad do interiéru sálaním nebo prostřednictvím vzduchotechnického systému). Panely mohou obsahovat zabudované rozvody instalací, nebo instalační vložky pro dodatečné vkládání instalačních rozvodů elektřiny, vody, vytápění nebo vzduchotechniky.

UPLATNĚNÍ BETONU V ENERGETICKÝCH ÚSPORNÝCH KONSTRUKČÍCH BUDOV

Energetické požadavky

Vývoj požadavků na tepelněizolační vlast-

nosti konstrukcí budov v uplynulých třiceti letech výrazným způsobem ovlivnil způsob navrhování budov (obr. 1). Současná norma ČSN 73 0504-2 (2007) Tepelná ochrana budov dále zpřísňuje požadavky na stavební konstrukce tak, aby byly z hlediska tepelně technického v souladu s obdobnými normami vyspělých evropských zemí ve srovnatelných klimatických podmínkách. Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_N pro vnější stěny budov je v případě tzv. těžkých konstrukcí $0,38 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, pro lehké obvodové konstrukce je dokonce ještě přísnější $0,3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Důvodem mírnější hodnoty pro těžké typy obvodových konstrukcí jsou jejich lepší akumulární vlastnosti umožňující do určité míry vyrovnávat výkyvy vnitřních teplot v budovách. Mezi těžké typy patří veškeré vrstvené obvodové konstrukce obsahující betonové stěny. Kromě požadovaných hodnot uvádí norma i hodnoty doporučené, nastavující úroveň, která by se postupně měla stát běžným standardem. Pro těžké obvodové konstrukce je doporučená hodnota $U_N = 0,25 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ a pro lehké typy $U_N = 0,2 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. V souvislosti se zvyšujícími se cenami energií postupně narůstá i počet investorů (především těch, kteří jsou současně koncovými uživateli), kteří požadují od projektanta minimálně dosažení doporučených hodnot.

Kromě požadavků na součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí jsou stanoveny i požadavky na střední hodnotu tohoto součinitele pro celou budovu. Dále se sleduje i měrná potřeba tepla na vytápění (obr. 2). Jestliže většina realizovaných staveb před rokem 2002 vykazuje spotřebu větší než 200 kWh/m^2 ročně a současná výstavba se pohybuje zpravidla v hodnotách 80 až 140 kWh/m^2 ročně, nízkoenergetická a pasivní výstavba jde ještě výrazně dále. Nízkoenergetický dům je dům, jehož měrná potřeba tepla na vytápění je maximálně 50 kWh/m^2 ročně. Za pasivní dům je považován takový, jehož měrná potřeba tepla nepřesáhne 15 kWh/m^2 ročně.

V současné době se stále zvyšuje tlak na navrhování energeticky úsporných budov. Důvody jsou nejen ekonomické (zvyšující se ceny energií) ale i environmentální (využívání neobnovitelných zdrojů energie z fosilních paliv vede k vyčerpávání zdrojů a současně ke zvyšování emisí CO_2 přispívajícímu ke globálnímu klimatickým změnám).

Vývoj obvodových konstrukcí

Jak změna uvedených požadavků souvisí s navrhováním nosných konstrukcí a především s betonovými konstrukcemi? Jestliže před rokem 1979 odpovídal normový požadavek na tepelný odpor obvodové stěny zdi z plných cihel tloušťky 450 mm , v současnosti bychom ze stejného materiálu museli realizovat obvodovou stěnu o tloušťce více než $1,2 \text{ m}$. Tak, jak se měnily požadavky na izolační vlastnosti obvodových konstrukcí, vyvíjely se i nové technologie a materiály pro konstrukce obvodových stěn. Docházelo k postupnému vylehčování materiálu pro zdící bloky, a tím byly dosahovány požadované tepelné technické parametry při zachování běžných tloušťek obvodových konstrukcí do 400 až 500 mm . Oprávněně zpřísnění požadavků od roku 2002 však výrazně omezilo možnosti používání jednovrstvého zdiva a pouze některé zdící bloky požadovaným hodnotám vyhovují. Doporučené hodnoty lze efektivně dosahovat pouze vrstvenými konstrukcemi s účinnou tepelně izolační vrstvou, např. z polystyrenu nebo z izolačních desek na bázi minerálních vláken. Posun k vrstveným konstrukcím s tepelně izolační vrstvou na vnější straně, která řeší i související problémy izolačně slabších míst (tepelných mostů) v oblasti napráždi oken apod., je zřejmý.

Přidáváním další izolační vrstvy na obvodové zdivo však narůstá tloušťka stěny. V případě běžné stěny z keramických dutinových bloků tloušťky 450 mm zateplené vrstvou polystyrenu na úroveň $U = 0,15 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ (tj. úroveň odpovídající nízkoenergetickému řešení domu) vychází tloušťka tepelné izolace 140 mm a celková tloušťka obvodové stěny 580 mm (bez uvažování omítek). Stejných tepelně technických parametrů lze dosáhnout použitím betonových dutinových tvárnic tloušťky 200 mm s tepelnou izolací z polystyrenu tloušťky 210 mm ; celková tloušťka je nyní 410 mm , nebo v případě železobetonové stěny tloušťky 100 mm s izolací tloušťky 230 mm , tj. celkem 330 mm . Skladba s betonovými tvárnici je tedy o 170 mm a s železobetonovou stěnou dokonce o 250 mm tenčí než s keramickými tvárnici.

Význam tloušťky obvodových konstrukcí

Tloušťka obvodové stěny představuje v řadě případů limitující parametr efektivnosti developerského záměru výstavby

budov v lokalitách s předem stanovenou regulací zastavěnosti území. Regulace je vztažena k vnějším rozměrům budov. Nicméně developera zajímá plocha vnitřních prostor, které prodává – přes velikost vnitřní užitné plochy objektu se realizuje výnos a zisk. Zde platí jednoduchá závislost: čím tenčí bude obvodová konstrukce, tím větší bude užitná plocha objektu, a tím větší bude výnos a zisk.

Uvažujme případ dvoupodlažního rodinného domu o půdorysných rozměrech $10 \times 10 \text{ m}$ na pozemku s regulovanou zastavěností při jeho max. využití. Vnitřní délka obvodových stěn v obou podlažích je přibližně 72 m . Při rozdílu celkové tloušťky stěn 170 mm bude užitná plocha domu s tenčími obvodovými stěnami o cca 12 m^2 větší, v případě rozdílu 250 mm dokonce 18 m^2 větší. To představuje pro uživatele plochu jednoho pokoje, pro developera větší výnos z prodeje domu o 540 tis., resp. o 810 tis. Kč (při uvažování prodejní ceny 45 tis. Kč/ m^2). Část z většího výnosu snadno pokryje i mírně zvýšené náklady na realizaci, s ohledem na větší množství tepelné izolace, případně náročnější kotvení techniku. Výhody subtilních betonových konstrukcí jsou z uvedeného příkladu zřejmé.

PŘÍKLADY UDRŽITELNÉ VÝSTAVBY Z BETONU

Nízkoenergetický rodinný dům

Dvoupodlažní nízkoenergetický dům u Prahy byl navržen na měrnou potřebu tepla na vytápění 30 kWh/m^2 ročně. Nosná obvodová konstrukce je navržena z tvárnice Liapor M tloušťky 240 mm s vnějším kontaktním zateplením deskami z minerálních vláken v tloušťce 220 mm (obr. 3). Dosažený součinitel prostupu tepla $U = 0,17 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$. Jihozápadní fasáda domu je opatřena subtilní kovovou konstrukcí ochotou a dřevěnými lamelovými zastiňovacími panely bránícími nechtěným pasivním solárním ziskům. Vytápění je teplovzdušné s rekuperací. Solární systém pokrývá 60% energie pro ohřev vody. Energetická a materiállová koncepce je popsána v [6].

Index, Dubai, Spojené Arabské Emiráty

V roce 2008 bude dokončena 328 m vysoká osmdesátipodlažní budova Index v Dubai navržena architektem Normanem Fosterem (obr. 4). Ve spodní části bude



3a)



3b)



4

dvacet pět podlaží kanceláří a v horní čtyřicet sedm bytových podlaží s 520 luxusními byty. V době dokončení půjde o budovu s nejvíce umístěnými byty na světě. Mezi kancelářskou a obytnou částí bude přes výšku dvou podlaží vybudováno rekreační zařízení s bazénem, tělocvičnou, restaurací aj. V návrhu budovy byla zohledněna minimalizace účinků slunečního záření na vnitřní prostředí. Budova je orientována tak, aby východní a západní železobetonová jádra akumulovala sluneční záření, a chránila tak stropní desky od intenzivního slunečního záření. Na jižní fasádě jsou navrženy stínící prvky k omezení solárních zisků.

Environment Park, Torino, Itálie

Komplex budov Environment Park byl postaven na místě brownfieldu po zrušené průmyslové zástavbě v blízkosti centra italského Torina. Nosná konstrukce zkušebních laboratoří je tvořena železobetonovým prefabrikovaným sloupovým systémem, který je zakrytý zemním valem a vrstvou zeminy se zavlažovacím rozvodem umožňujícím vegetaci intenzivní zeleně (tráva, keře – obr. 5). Obvodové konstrukce jsou ze železobetonových prefabrikovaných panelů a předpokládá se jejich zakrytí vysázenými popínavými keři.



5



6

Energetický systém využívá v maximální míře obnovitelné zdroje energie, včetně fotovoltaického systému.

Středisko ekologické výchovy Sluňákov, Horka u Olomouce

Novostavba budovy Střediska ekologické výchovy ve Sluňákově navržena architektonickým ateliérem Projektíl Architekti byla dokončena koncem roku 2006 (obr. 6). Nosná konstrukce je tvořena kombinací železobetonové části, která je zasypána valem, a dřevěné konstrukce v průčelí. Železobetonová konstrukce tvoří oporu pro zemní val, ve kterém je ve třech výškových úrovních umístěn zemní výměník tepla. Železobetonová konstrukce zároveň umožňuje svojí akumulací hmotou vyrovnávání vnitřních teplot v zimním a letním období, a přispívá tak k nízkenergetickému konceptu budovy. Autorem energetické koncepce je J. Tywniak.

Nové ústředí ČSOB Group

Kancelářská budova v Praze-Radlicích pro 2 500 zaměstnanců byla navržena Ing. arch. Josefem Pleskotem, AP Atelier. Půdorys o rozměrech 72,9 x 218,7 m je členěn pomocí atrií, dvorů, světlíků a hlubokých zářezů po obvodu budovy, které umožňují propojení interiéru s okolní pří-

Obr. 3 Dům F – a) obvodová konstrukce z tvárnic Liapor M 240 před realizací zateplovací vrstvy z desek z minerálních vláken; b) objekt po provedení izolační vrstvy a povrchové úpravy (foto J. Tywoniak)

Fig. 3 House F – a) wall from Liapor M 240 concrete blocks before realization of thermal insulation from mineral fibres; b) building after realization of insulation layer and surface finish (photo J. Tywoniak)



Obr. 4 Výšková budova Index – Dubai během výstavby (únor 2008)

Fig. 4 High-rise building Index – Dubai during construction (February 2008)

Obr. 5 Environment Park, Torino, Itálie – Intenzivní zelená střecha na železobetonové prefabrikované konstrukci zkušebních hal

Fig. 5 Environment Park, Torino, Italy – Intensive green roof on the prefab RC structure of testing halls

Obr. 6 Středisko ekologické výchovy Sluňákov, Horka u Olomouce

Fig. 6 Centre for environmental education, Sluňákov, Horka by Olomouc

Obr. 7 Ústředí ČSOB v Praze Radlicích, železobetonová nosná konstrukce s maximálním uplatněním zeleně v interiéru budovy i exteriéru – intenzivní zelená střecha, popínavé rostliny na povrchu pláště budovy

Fig. 7 Headquarter of CSOB bank in Prague, Radlice. RC structure with maximal utilization of green in interior and exterior of building – intensive green roof, climbing plants on the facade

rodou a zajišťují denní osvětlení. Nosná konstrukce je železobetonová, převážně monolitická s osovou vzdáleností sloupů 8,1 x 8,1 m.

Železobetonová konstrukce (pohledový beton bez další povrchové úpravy) přispívá svojí akumulací k vyrovnávání vnitřních teplot. Konstrukce metra trasy B procházející šikmo pod budovou je přemostěna železobetonovou konstrukcí tak, aby se vibrace nepřenášely do budovy.

Objekt je navržen citlivě ve vztahu k místnímu prostředí s maximálním zapojením vnější i vnitřní zeleně. Zeleň je

uplatněna na fasádách, střeších, terasách, ale i ve vnitřních atriích (obr. 7).

ZAVĚR

Potřeba zvýšení efektivity využívání přírodních zdrojů, snížení míry znečišťování prostředí, zajištění kvalitního prostředí pro existenci a produkci lidí, a to při současném zajištění ekonomické efektivity patří mezi současné priority stavebnictví. Betonové konstrukce mají dobré předpoklady, aby vytvářely kvalitní základ pro řadu stavebních aplikací, které si kladou za cíl dosáhnout nejvyšších parametrů z hlediska kritérií udržitelné výstavby. V případě betonových konstrukcí jsou klíčové následující otázky, cíle a úkoly:

- uplatňování komplexní **optimalizace materiálových a energetických toků** a z toho vyplývající minimalizace environmentálních dopadů s uvážením celé délky „života“ konstrukce a celkových nákladů; zásadní je **minimalizace spotřeby energie** a současně **minimalizace emisí a odpadů** svázaných se stavební činností;
- **snížování 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;
- **uplatňování prefabrikovaných demontovatelných konstrukcí**, tj. s možností následného použití některých prvků i po ukončení životnosti původního objektu;
- přednostní používání **recyklovatelných materiálů** a materiálů **recyklovaných**.

Uvedené cíle i již provedené realizace dávají jasný signál odborníkům stavařům a betonářům, že v nadcházejícím období budou muset (pokud budou chtít uspět v širší evropské konkurenci na stavebním trhu) při návrhu a realizaci betonových staveb ve větší míře vnímat a uplatňovat nové požadavky a kritéria vyplývající z globálních aspektů trvale udržitelného rozvoje.

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS s využitím výsledků projektu GAČR 103/08/1658.

Prof. Ing. Petr Hájek, CSc.
Katedra konstrukcí pozemních staveb
Stavební fakulta ČVUT v Praze
e-mail: petr.hajek@fsv.cvut.cz

Literatura:

- [1] *fib* bulletin 21: Environmental Issues in Prefabrication, State-of-the-art –report, fib 2003
- [2] *fib* bulletin 23: Environmental Effects of Concrete, State-of-the-art –report, fib 2003
- [3] *fib* bulletin 28: Environmental Design, State-of-the-art –report, fib 2004
- [4] Van Acker A.: State and Developments in Precast Concrete Construction, Prefabrikace a betonové dílce 2003, ČBS ČSSI, Pardubice, 2003
- [5] Hajek P.: Integrated Environmental Design and Optimization of Concrete Floor Structures for Buildings. In: Proc. *Sustainable Building 2005*, Tokyo, 2005
- [6] Tywoniak J.: Nízkoenergetické domy. Principy a příklady, GRADA 2005, 2006