



BETONOVÉ VOZOVKY SOUČASNOSTI ■ CONCRETE ROADS TODAY

1 Dálnice D1 ■ 1 D1 highway

Johannes Horvath, Jiří Šrámek

Silnice hrají velmi důležitou roli v každé národní infrastruktuře. Jejich výstavba a údržba, ale hlavně provoz na nich spotřebovávají velké množství energie, což má za následek zvyšování atmosférických emisí, úbytek zásob neobnovitelných zdrojů a další negativní dopady na životní prostředí. Jakékoli snížení celkové spotřeby energie v průběhu životního cyklu, a to i v malém procentu, má významný pozitivní dopad na udržitelný rozvoj. Při přípravě staveb nových komunikací je nutno vzít do úvahy celou řadu faktorů, mezi něž patří např. i celkové náklady během životního cyklu a udržitelné využívání přírodních zdrojů. Betonové vozovky jsou bezpečné a odolné, bez vyjetých kolejí, trhlin, ztráty textury i výmolů a mají i mnoho dalších pozitivních vlastností. ■ Roads play very important part in any nation's infrastructure. Their construction and maintenance, and the vehicles that travel on them, consume large amounts of energy. This energy use results in atmospheric emissions, reduction of non-renewable resources and has other negative environmental impacts. Any reduction of the lifetime energy use, even if only by a small percentage, will have significant positive implication for sustainable development. Many aspects like for instance the entire costs during the life-cycle time and sustainable use of natural resources need to be taken into account during the preparation stage of a new road construction. Concrete roads are durable and safe without defects like rutting, cracking, loss of texture and potholes and have many other positive properties.

Rostoucí provoz a velká důležitost přepravy zboží kladou obrovské nároky na kvalitu a kapacitu našich silnic. Nerušená mobilita je základem naší společnosti a našeho hospodářského života a je předpokladem pro fungování trhů. Budoucí silnice však musí splňovat ještě více – bezpečnost silničního provozu, nízkou spotřebu paliv, omezení vlivu na kvalitu životního prostředí i klimatu ad. Při jejich navrhování je nutno zohlednit celkové náklady v průběhu životního cyklu vozovky, od výstavby přes provozování až po následnou demolicí, a zvážit výhody a nevýhody různých metod výstavby v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady č. 305/2011 (CPR – Construction Products Regulation).

Plánování moderních silničních systémů by nemělo být omezeno jen na výběr materiálů a technologií, do úvahy je nutno vzít celkovou funkční koncepci, jejíž nedílnou součástí jsou bezpečné, dostupné, energeticky úsporné a dostatečně odolné konstrukční metody.

Trend snižování spotřeby paliv i emisí a hledání alternativ k dosud převládajícím automobilům na fosilní paliva ve formě hybridních modelů automobilů či elektromobilů vede jednoznačně k energeticky úsporné mobilitě s nízkými emisemi. Kromě toho existuje mnoho výzkumných projektů, které se zaměřují na širší využívání inteligentních systémů pro lepší využití silniční sítě.

Nejen kvůli očekávanému vývoji bude realizace zmiňovaných požadavků

závislá na tom, jaká je nejen dostupnost těchto komunikací, ale rovněž i jejich kvalita. Zároveň je třeba zajistit, aby náklady plánované na údržbu narůstaly méně, než by odpovídalo nárůstu provozu. Aspekt trvanlivosti a udržitelnosti, který souvisí i s výběrem typu povrchu vozovky, proto musí sehrát důležitější roli [1].

BUDOUCÍ FUNKČNÍ VÝZVY PRO STAVBY

Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 305/2011 (CPR), které stanovuje harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh, vstoupilo v platnost od července 2013 a nahradilo původní směrnici 89/106/EHS (CPD – Construction Product Directive).

Nová směrnice obsahuje v příloze 1 sedm základních požadavků na stavby jako celek i jejich jednotlivé části:

- mechanická odolnost a stabilita,
- požární bezpečnost,
- hygiena, ochrana zdraví a životní prostředí, **zohlednění celkového životního cyklu staveb** (nově),
- bezpečnost při použití,
- ochrana proti hluku,
- úspora energie a tepla,
- **udržitelné využívání přírodních zdrojů** (nově):
 - životnost staveb,
 - recyklovatelnost,
 - použití surovin a druhotných materiálů šetrných k životnímu prostředí při stavbě.

Tab. 1 Analýza životního cyklu (30 let)¹⁾ ■ Tab. 1 Life cycle analysis (30 years)¹⁾

Analýza životního cyklu (30 let) ¹⁾					
	Potenciál globálního oteplenění	Potenciál poškození ozonu	Potenciál fotochemické tvorby ozonu	Potenciál acidifikace	Potenciál eutrofizace
	Global Warming Potential	Ozone Depletion Potential	Photo-chemical Ozone Creation Potential	Acidification Potential	Eutrophication Potential
	[kg CO ₂ -eq]	[kg CFC-II-eq]	[kg C ₂ H ₄ -eq]	[kg SO ₂ -eq]	[kg PO ₄ -eq]
	GWP	ODP	POCP	AP	EP
Vozovka v délce 1 km - zhotovení					
Asfalt	1 730 430	0	431	8 516	1 264
Beton	2 710 311	0	380	6 374	1 048
Vozovka v délce 1 km - provozování po dobu 30 let (zatižení: 42 000 automobilů/den + 10 000 nákladních vozů/den)					
Asfalt	1 048 154	0	316	6 028	764
Beton	60 520	0	46	265	36
Zatížení dopravou	230 904 557	30	167 980	1 066 521	202 078

Pozn.: ¹⁾ zdroj: TU Darmstadt, Graubner@massivbau.tu-darmstadt.de ²⁾ Ve fázi výstavby má větší dopady na životní prostředí (CO₂) betonová vozovka, ve fázi vlastního provozu pak vozovka asfaltová.

Po dobu celé životnosti jsou dopady srovnatelné. Jsou však zanedbatelné vzhledem k dopravnímu provozu.

Argumenty pro provozovatele						
	Vstupní údaje					
	Délka vozovky		Počet nákladních automobilů za den		Počet pruhů	
	[km]					
Etalon	100		5 000		2	
A23 km 9,068 ²⁾	17,754		9 173		2	
A5 - km 22,075 ³⁾	35,6		2 747		2	
	NRC			Den		
	Úspora nafty	Cena nafty	Emise CO ₂	Úspora nafty	Úspora nákladů	Snížení emise CO ₂
	[l/100 km] ¹⁾	[€/l]	[kg/l] ¹⁾	[l/d]	[€/d]	[t/d]
Etalon				4 500	5 040	12,2
A23 km 9,068 ²⁾	0,45	1,12	2,7	1 466	1 642	4,0
A5 - km 22,075 ³⁾				880	986	2,4
	Rok			30 let		
	Úspora nafty	Úspora nákladů	Snížení emise CO ₂	Úspora nafty	Úspora nákladů	Snížení emise CO ₂
	[l/rok]	[€/rok]	[t/rok]	[l/30 let]	[€/30 let]	[t/30 let]
Etalon	1 642 500	1 839 600	4 435	49 275 000	55 188 000	133 043
A23 km 9,068 ²⁾	534 987	599 185	1 444	16 049 601	17 975 553	43 334
A5 - km 22,075 ³⁾	534 987	359 801	867	9 637 520	10 794 022	26 021

Argumenty pro přepravce											
Vstupní údaje			NRC			Den			Rok		
Počet nákladních vozů	km/rok/nákladní vůz	celkový počet km/rok	Úspora nafty	Cena nafty	Emise CO ₂	Úspora nafty	Úspora nákladů	Snížení emise CO ₂	Úspora nafty	Úspora nákladů	Snížení emise CO ₂
			[l/100 km]	[€/l]	[kg/l]	[l/d]	[€/d]	[t/d]	[l/rok]	[€/rok]	[t/rok]
1	100 000	100 000	0,45	1,12	2,7	1,2	1,4	3,3	450	504	1,2
5	100 000	500 000				6,2	6,9	16,6	2 250	2 520	6,1
10	100 000	1 000 000				12,3	13,8	33,3	4 500	5 040	12,2
50	100 000	5 000 000				61,6	69,0	166,4	22 500	25 200	60,8

Některé požadované vlastnosti jsou pro betonové konstrukce velmi charakteristické. Zejména se jedná o dlouhou životnost a celkový životní cyklus staveb, recyklovatelnost a použití surovin z místních zdrojů bez nutnosti dopravovat je na dlouhé vzdálenosti.

Udržitelnost a trvanlivost (Life Cycle Assessment – LCA)

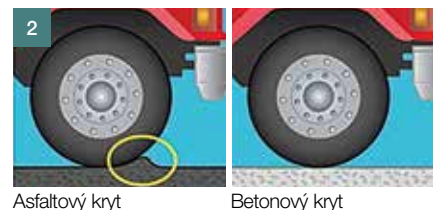
Betonové vozovky do značné míry splňují základní požadavky na trvanlivost a recyklovatelnost.

Základní vlastnosti obou nejčastěji používaných materiálů pro vozovky – viskoelasticita asfaltu a elasticita betonu – jsou příčinou odlišného chování vozovek v době používání. Zohlednění časového faktoru je proto velmi

2 Potenciál úspor paliva a emisí CO₂, asfaltový kryt / betonový kryt, argumenty pro vlastníka komunikace a pro dopravce ■ **2** Saving potential – fuel and CO₂, asphalt pavement / concrete pavement, arguments for road owners and hauliers

Pozn.: ¹⁾ NRC - National Research Council von Kanada, ²⁾ www.asfinag.at/unterwegs/dauerzaehlstellen (průměrné hodnoty z roku 2014)

³⁾ www.asfinag.at/unterwegs/dauerzaehlstellen (průměrné hodnoty z roku 2014, křižovatka Schrick)





důležitě. Projektant by měl vždy hledat alternativní možnosti a pro každou variantu vzít do úvahy trvanlivost i celkovou životnost. Poplatník, který financuje veřejné silniční sítě, by měl mít zase právo na transparentní rozhodování při volbě technologie vozovky.

Beton lze recyklovat a ve formě recyklátu následně opět použít. Kromě toho je beton z hlediska udržitelného rozvoje místním produktem (tj. produktivita, zaměstnanost a přidaná hodnota ovlivňuje celý region). Také použité suroviny mají místní původ – písek a kamenivo, cement a samozřejmě i voda (účinné využívání zdrojů). Všechny tyto faktory při celkovém posuzování zvyšují beton ve srovnání s jinými materiály a jsou základem pro atraktivitu betonových vozovek.

Energeticky úsporné a nízkoemisní

Ve smyslu LCA a za účelem co nejnižší spotřeby energií a co nejnižších emisí CO₂ by měly být hodnoceny všechny fáze životního cyklu konstrukcí – od realizace až po likvidaci (tab. 1). Efektivní využití energie je nezbytným předpokladem pro projektování, výstavbu, údržbu, provoz, ale i konečnou likvidaci staveb.

Betonové vozovky se vyznačují světlým povrchem. To znamená, že lze snížit spotřebu energie na jejich osvětlení nejen ve městech, ale zejména v tunelech [1]. V létě navíc nedochází k nadměrnému přehřívání povrchu konstrukce, což se může pozitivně projevit v intravilánech měst.

V tunelech je zásadním přínosem k bezpečnosti silničního provozu nehořlavý povrch betonových vozovek.

Literatura:

- [1] LECKER, F., HORVATH, J. Betonstraßen – Fortschritt für die Fortbewegung. *Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift*. 161. Jg. Heft 1-12/2016.
- [2] MAIER, G., PEYERL, M., KRISPEL, S. „TunnelHELL“ – Einfluss von Fahrbahnen aus Beton in Tunnelbauwerken: Erhöhung der Sicherheit bei gleichzeitiger Energieeinsparung. *update* 46.

- 3 Pozitivní vlastnosti betonových vozovek
 4 Vlastnosti betonových vozovek, které lze zlepšovat ■ 3 Positive properties of concrete roads 4 Properties of concrete roads possible for improvement

Betonové vozovky mají tuhý povrch, a tím i nižší valivý odpor ve srovnání s vozovkami z jiných materiálů (obr. 2). Studie, které jsou k dispozici pro nákladní automobily, prokázaly, že se jedná o úsporu 4,5 l paliva na 1 000 km. To má za následek snížení emisí CO₂ (na 100 000 km okolo 1 200 kg) a úsporu pohonných hmot (450 l nafty).

Dostupné a bezpečné

Výkonné moderní komunikace musí splňovat jak požadavky na bezpečnost, tak i na předem vypočitatelnou dostupnost. Rovněž je nutno zohlednit i optimalizaci nákladů pro zajištění údržby.

VLASTNOSTI BETONOVÝCH VOZOVEK

Pro jakékoliv technické zadání existuje vždy několik možností. Všechny mají své právo na existenci. Ve fázi projektování často nelze okamžitě rozeznat výhody a nevýhody jednotlivých variant řešení. V praxi to znamená, že při správném dimenzování vozovek nelze jednoznačně odpovědět na otázku, zda se jedná o návrh optimální. Stavby, především při budování silniční infrastruktury, musí zajistit soulad několika požadavků. Jedná se zejména o tři následující priority:

- hospodárnost,
- udržitelnost,
- komfort, bezpečnost a technologie.

Těmito základním oblastem jsou přiřazeny dílčí vlastnosti, které mohou pomoci najít optimální řešení pro konkrétní projekty díky prostředkům synergické analýzy.

Na obr. 3 jsou představeny pozitivní vlastnosti betonových vozovek, jež jsou řazeny podle jednotlivých priorit. To kontrastuje s obr. 4, kde jsou ve stejné formě uvedeny oblasti, na které je nutno se v nejbližší době zaměřit.

MOTIVACE PRO VÝSTAVBU BETONOVÝCH SILNIC NIŽŠÍCH TŘÍD V RAKOUSKU

Rakousko má ve stavbě betonových vozovek dlouholetou tradici. Tato technologie se již po desetiletí využívá pro silně zatížené dálnice, v městském provozu pak pro autobusové zastávky, samostatné autobusové pruhy a pro oblasti s vysokým podílem těžkého provozu. Dokonce i kruhové objezdy jsou stále častěji realizovány za použití betonu.

Minulost ukázala, že i přes maximální zatížení mají betonové vozovky velmi dlouhou životnost. Existuje řada betonových vozovek, které zůstávají použitelné bez velkých nákladů na opravu mnohem déle než plánovaných 30 let. Tato skutečnost a dříve zmíněné úvahy iniciovaly myšlenku přenosu technologie vyvinuté pro dálniční síť rovněž pro komunikace nižších tříd. Nová betonová technologie se využívá také na parkovištích kamionů, odpočívadlech dálnic a u silně zatížených průmyslových ploch.

Velké finišery, které se používají pro realizaci cementobetonových krytů na dálnicích, potřebují hodně prostoru, a proto nemohou být použity pro menší realizace. Hlavním úkolem je proto hledat nové metody pokládky, uplatnit nová technologická zařízení, která lze díky menším rozměrům a kompaktnějšímu tvaru využít i na limitovaném prostoru komunikací nižších tříd. Alternativou pak může být použití válcovaného betonu, popř. i kompozitních systémů, kdy je povrch betonu opatřen tenkou krycí asfaltovou vrstvou.

Z historického hlediska byla betonová technologie v případě výstavby i rekonstrukcí silnic nižších tříd převážně ignorována. V důsledku nových poznatků, zkušeností i rozvíjejících se technologických možností se rozdíly oproti tradičním řešením postupně stírají.

ZÁVĚR

Nové poznatky nejen z oblasti projektování, přípravy a vlastní realizace staveb, ale i z provozování a údržby komunikací a dalších ploch vystavených nadměrnému zatěžování přispívají k neustálému zdokonalování technologie cementobetonových krytů. Obecně lze říci, že současné technologie výroby CBK zcela odstranily veřejností i odborníky vytýkané nedostatky těchto typů vozovek realizovaných v minulosti. Technologickým vývojem se dospělo do stadia, kdy se cementobetonové vozovky uživatelským

komfortem plně vyrovnají asfaltovým, v mnohých kvalitativních parametrech je dokonce předčí. Pořizovací náklady na vozovky s CBK jsou sice stále o 10 až 15 % vyšší, náklady po celou dobu životnosti jsou však oproti vozovkám s asfaltovým povrchem výrazně nižší.

Mezi největší výhody betonových vozovek patří:

- vysoká odolnost proti zatížení, a to při každé teplotě,
- dlouhá životnost (35 let a více),
- nižší náklady na údržbu v průběhu životního cyklu,
- stabilita vůči deformacím,
- lepší protismykové vlastnosti za deště,
- odolnost vůči horku a mrazu,
- nehořlavost,
- světlý povrch, dobré optické vlastnosti,
- šetrnost k životnímu prostředí, možnost opětovného použití materiálů po recyklaci.

Cementobetonové kryty se dnes používají nejen na dálnicích a rychlostních komunikacích, vzletových, přistávacích, pojezdových a odstavných plochách letišť, nadměrně zatěžovaných plochách terminálů a překladišť, ale nově i při budování kruhových objezdů, a dokonce i cyklostezek.

Podle dnešních poznatků se cementobetonové vozovky staví většinou jako dvouvrstvé. Celková tloušťka konstrukce činí 250 až 300 mm. Spáry jsou prováděny výhradně jako kotvené, čímž je bráněno nežádoucím výškovým posunům sousedních desek. Příčné spáry jsou kotveny pomocí kluzných trnů, umožňujících vzájemný posun sousedních desek (v horizontálním směru), podélné spáry jsou kotveny pomocí kotev, které zajišťují pevné spojení desek. Kotvy a trny se vkládají při betonáži do poloviny tloušťky betonové konstrukce. Povrchová úprava je u nás dnes realizovaná téměř výhradně technologií s povrchem z obnaženého kameniva, která zajišťuje dobré protismykové vlastnosti a současně snižuje hlučnost. Ve vývojové fázi jsou však i další technologie, které mohou poskytnout ještě vyšší komfort i bezpečnost jízdy.

Dip.-Ing. Dr. Johannes Horvath
Lafarge Zementwerke GmbH
johannes.horvath@lafargeholcim.com



Ing. arch. Jiří Šrámek
Lafarge Cement, a. s.
jiri.sramek@lafargeholcim.com

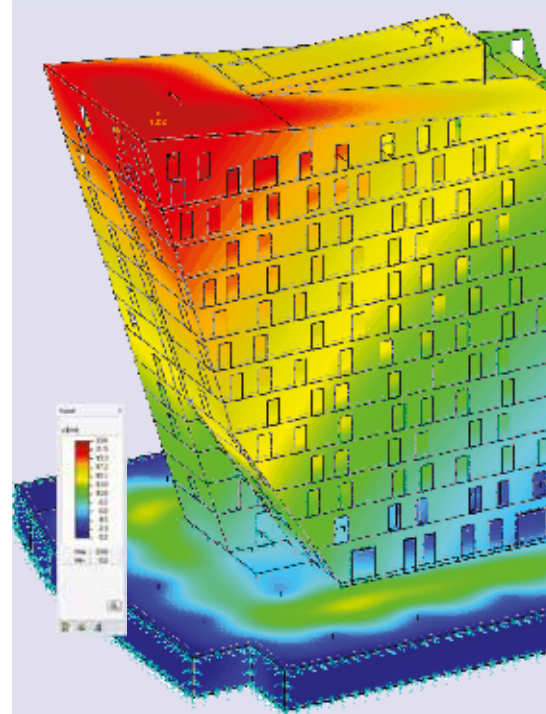


RFEM 5

MKP Program pro výpočet 3D konstrukcí

RSTAB 8

Program pro výpočet prutových konstrukcí



**ZKUŠEBNÍ VERZE
ZDARMA NA
www.dlubal.cz**

Statika, která Vás bude bavit !



Dlubal

Dlubal Software s.r.o.
Anglická 28, 120 00 Praha 2
+420 227 203 206
info@dlubal.cz
www.dlubal.cz