

## UDRŽITELNÝ ROZVOJ A MOSTY

**Prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc., FEng.**

Metrostav a.s. a Stavební fakulta ČVUT v Praze

Tel.: 602 648 284, E-mail: jan.vitek@metrostav.cz, vitek@fsv.cvut.cz

*Udržitelný rozvoj je trendem současné doby, který též ovlivňuje návrh a výstavbu mostů. Mosty jako významné stavby dopravní infrastruktury byly vždy pečlivě navrhovány a obvykle splňovaly kritéria udržitelnosti. Příklady mostů ilustrují, jak kritéria udržitelnosti jsou splněna. Ukazuje se, že některé stavby postavené z materiálů, které lze považovat za neudržitelné, jsou finálně více udržitelné než ostatní. Koncepční návrh je nejdůležitější stádium, které rozhoduje o působení mostu. Nakonec je stručně diskutován i vliv architektonického návrhu na udržitelnost konstrukce.*

### **SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND BRIDGES**

*Sustainable development is a trend of the actual time, which also affects the bridge design and construction. Bridges as important structures of the transport infrastructure were always carefully designed, and they usually satisfied the criteria of sustainability. The examples of bridges illustrate how the sustainability criteria are satisfied. It is shown that although some structures are built from the material, which can be considered as non-sustainable, but the final structures are more sustainable than the others. The conceptual design is the most important stage which is decisive for the performance of the bridge. Finally, the influence of the architectural design on sustainability is briefly discussed.*



### **1. ÚVOD**

Udržitelný rozvoj je termín, který se dnes skloňuje téměř při každé příležitosti. Setkáváme se s ním ve všech oborech lidské činnosti a též i ve stavebnictví. Definice udržitelného rozvoje mohou být různé. Jen na webových stránkách MMR lze najít 6 různých definic [1]. V principu jde o to, aby konstrukce byla účelně navržena, tj. spotřebovala poměrně málo materiálu a energie, měla malé náklady na provoz a údržbu a po skončení její životnosti mohla být přiměřeně snadno zdemolována, popř. recyklována. Přitom by se měly přiměřeně využívat přírodní zdroje, protože jejich zásoby nejsou nevyčerpatelné. Měli bychom je ponechat i pro příští generace. Konstrukce a její výstavba by měla

těž minimálně narušovat životní prostředí, to však ale úzce souvisí s již výše uvedenými požadavky. V současnosti je diskutován problém globálního oteplování a emisí skleníkových plynů. Udržitelná výstavba by měla tyto emise do určité možné míry omezovat. Ve výše uvedené cíle jsou však účinné, pokud se budou aplikovat ve všech zemích světa. Tak tomu bohužel není. Proto je třeba hledat takové cesty, které životnímu prostředí pomohou, ale zároveň neznemožní reálnou výstavbu. Naše společnost stavební konstrukce potřebuje a není možné je pod záminkou zelených programů nerealizovat. Je třeba hledat vhodná řešení, která jsou reálná a zároveň k cílům udržitelného rozvoje přispívají.

Mosty jsou významné konstrukce dopravní infrastruktury, které by mohly být, a v mnoha případech jsou, příkladem, jak k udržitelnému rozvoji přispět. Jejich konstrukční systém, konstrukční detaily, použitý materiál, postup výstavby, způsob údržby a další parametry lze navrhnout a realizovat lépe či hůře z pohledu udržitelného rozvoje. Zkušenosti ukazují, že obvykle konstrukce vhodně navržené jsou z pohledu udržitelnosti výhodnější a zároveň i ekonomičtější. Naopak konstrukce navržené méně vhodně, často za cenu „originálního“ řešení jsou z hlediska udržitelnosti i ekonomického vyhodnocení příznivě méně.

Pro vyhodnocení udržitelnosti existují sofistikované metody, které se zabývají mnoha dílčími parametry a podle nich lze konstrukce vzájemně porovnávat z hlediska udržitelnosti. To je rovina, která však přesahuje rámec tohoto příspěvku. Ten má ukázat, že u řady konstrukcí je možné si učinit názor na jejich udržitelnost podstatně jednodušeji.

Udržitelnost se často velmi zjednodušeně a nesprávně hodnotí pomocí použitého materiálu. V případě betonových konstrukcí se pak požaduje používání tzv. zeleného betonu, který vykazuje malé emise CO<sub>2</sub>, zejména proto, že se v něm omezuje obsah kvalitního cementu, resp. slínku. Jde o velmi zjednodušený a úzký pohled na věc, neboť materiál je jen jedna ze součástí betonové nebo jiné konstrukce, a tedy přispívá k celkovému hodnocení pouze částečně. Nelze tedy pohlížet na konstrukce ze zeleného betonu jako jednoznačně příznivé z hlediska udržitelnosti. Může nastat zcela opačný případ, kdy optimální konstrukce bude z betonu s velkým množstvím cementu z řady jiných důvodů.

Bohužel tento trend vede k omezování výroby portlandských cementů (CEM I) a jejich náhradou cementy směsnými, které jsou však pro některé konstrukce nebo technologie zcela nevhodné.

## 2. HISTORICKÉ MOSTY

Mostům, jako konstrukcím mimořádně náročným z hlediska statického působení, se vždy věnovala velká pozornost. O jejich řešení se pečlivě přemýšlelo, zejména pokud bylo jejich rozpětí větší. V dobách kamenných mostů byla kritéria udržitelnosti poměrně dobře splněna. Kamenné konstrukce byly velmi trvanlivé, a přestože byly náročné na výstavbu, tak jejich dlouhá trvanlivost zaručila relativně malou spotřebu materiálů, energií i emisí CO<sub>2</sub> vztáženou na jednotku času jejich provozu. I náklady na údržbu nebyly velké. Řada kamenných mostů má dnes věk v řádu tisíců let a jsou stále použitelné. Příkladem může být Andělský most v Římě [2] postavený v roce 134. Během doby byl upravován (též prodloužen), ale původní 3 klenby jsou součástí mostu dodnes. (Obr. 1).



Obr. 1 Andělský most v Římě (134)

Ocelové mosty, které se začaly ve velkém měřítku stavět v 19. století, též překonávají plánovanou životnost. Náklady na jejich údržbu však již jsou větší, neboť vyžadují soustavno novu ochrany proti korozi. Jsou náročné na návrh detailů, které u starých mostů nebyly vždy optimálně navrženy (jejich autoři neměli v té době dost zkušeností ani technologických možností), ale řada konstrukcí funguje spolehlivě dodnes při přiměřené údržbě. Příkladem může být visutý most přes úžinu Menai ve Walesu (Obr. 2) [3]. Visutá ocelová konstrukce byla postavena v roce 1826, návrh zpracoval Thomas Telford. Rozpětí hlavního visutého pole je 176 m. Most prošel několika opravami, ale základní systém je funkční dodnes. Jeho využití je omezeno návrhovým zatížením, které nemůže při stáří mostu téměř 200 let odpovídat současnosti.



**Obr. 2** Most přes úžinu Menai ve Walesu (1826)

Betonové mosty, na které je tento příspěvek zaměřen nejvíce, se začaly stavět prakticky až ve 20. století. Jeho první polovina byla obdobím trámových a obloukových mostů. Tehdy nový železobeton trpěl nedostatky, jako malé krytí výztuže, nebo nedostatečná kvalita betonu, a některými konstrukčními nedostatky v detailech. Jinak ale konstrukce bývaly vhodně navrženy a z hlediska dnešního pohledu v mezích možností splňovaly i požadavky na udržitelnost. Příkladem může být most Risorgimento v Římě (obr. 3) pocházející z roku 1911 [4] a sloužící dopravě dodnes bez významných oprav.



**Obr. 3** Most Risorgimento v Římě (1911)

Druhá polovina minulého století je již doménou spíše předpjatých mostů. Předpjatý beton je složitá technologie, která se postupně vyvíjela a během času se odstraňovaly a stále odstraňují postupně zjišťované nedostatky na základě zkušeností s postavenými konstrukcemi. Z pohledu udržitelnosti by

se tedy mohlo zdát, že některé předpjaté konstrukce, které dosahovaly pouze krátkou dobu životnosti jsou z pohledu udržitelnosti nevhodné. Takové obecné tvrzení by však nebylo korektní, bylo by třeba analyzovat konkrétní příčiny a v řadě případů by se ukázalo, že nejde o problematiku předpjatého betonu, ale spíše o konstrukční detaily a řešení, která přímo s předpjatým betonem nesouvisí, ale vedla k redukci jejich trvanlivosti.

### 3. FAKTORY UDRŽITELNOSTI U MOSTŮ

Mostní konstrukce jsou stavby, kde rozhodujícím kritériem pro návrh je přenos zatížení z mostovky do základů. Na základě tohoto kritéria se volí konstrukční systém, materiál, rozpětí mostu a další parametry, samozřejmě s přihlédnutím k řadě okrajových podmínek. Z hlediska udržitelnosti lze uvažovat např. parametry:

- Nízká spotřeba materiálu (pokud možno s malými emisemi CO<sub>2</sub>)
- Efektivní přenos sil (= účinný konstrukční systém)
- Vhodná technologie výstavby (omezení dočasných konstrukcí a vybavení, pokud není opakovaně využívané)
- Malá energetická náročnost
- Trvanlivost mostu
- Minimalizace údržby
- Omezení uzavírek v případech údržbových prací
- Uvážení budoucích modifikací mostu (např. budoucí rozšíření)
- Vyhodnocení působení konstrukce v celém životním cyklu

Pokud se na uvedené parametry podíváme celkově, jde o přirozené požadavky, které, aniž by se o udržitelnosti hovořilo, měli projektanti mostů snahu splnit od nepaměti až po dnešní dobu. Proto se dá konstatovat, že většina postavených starších mostů lze označit jako konstrukce splňující požadavky udržitelnosti.

### 4. KONSTRUKCE POSLEDNÍ DOBY

Vývoj návrhových metod, vývoj materiálů i technologie výstavby se posunuly za posledních cca 60 let mimořádně rychle vpřed. Tím vznikl prostor pro navrhování konstrukcí v mnohem širším rozsahu, než tomu bylo kdykoli před tím. Při návrhu se již mnohdy nespokojíme s tím, že konstrukce se účelně postaví, objevují se snahy po originalitě za každou cenu a v mnoha případech vedou podobné tendence ke konstrukcím neúčelným, nákladným a nespňujícím ani požadavky na udržitelný rozvoj. Pozice investora, který by měl o výstavbě takových konstrukcí rozhodovat je mnohdy nedostatečně silná, nebo je svázána administrativními pravidly, která mu neumožňují nevhodný návrh odmítnout. V případě malých investorů jde často o neznalost a po snaze postavit originální návrh získají drahou a nevhodnou konstrukci.

Proto je asi nutné dnes zavádět další kritéria (v tomto případě kritéria udržitelnosti), aby se podobné „originální“ konstrukce, které by dříve nebyly asi ani navrženy, mohly posoudit nejen z hlediska nákladů, ale i dalších pohledů.

### 5. PŘÍKLADY REALIZOVANÝCH MOSTŮ

#### 5.1 Most Sunniberg ve Švýcarsku

Most Sunniberg [5] je silniční most převádějící dvoupruhovou silnici přes údolí poblíže města Klosters. Most o 5 polích (59 + 128 + 140 + 134 + 65 m) je v půdorysném oblouku (Obr. 4). Konstrukce je typu extradosed (závěsy ve dvou rovinách) na nízkých pylonech (15 m) integrovaných s pilíři. Mostovka je jednoduchá desková s okrajovými podélnými ztužujícími nosníky. Pilíře jsou velmi lehké rámově spojené s mostovkou. Most je integrovaný, nemá ložiska ani mostní závěry. Autorem návrhu je Christian Menn, známý švýcarský mostní inženýr a most byl dokončen v roce 1998. Výstavba letmou betonáží trvala pouze 2 roky. Most se vyznačuje minimalistickými rozměry průřezů, přiměřené příčné tuhosti pilířů umožňují dilataci mostu vlivem půdorysného oblouku, i když most je vetknut do opěr. Most je z doby, kdy se o udržitelném rozvoji ještě mnoho nehovořilo. Přesto jde z pohledu udržitelné

ho rozvoje o mimořádně zdařilou konstrukci. Minimální spotřeba materiálu, minimální údržba, žádné výměny ložisek a mostních závěrů, riziko zatékání a poškození navazujících konstrukcí je maximálně zredukováno. Přitom konstrukce je mimořádně elegantní a dobře zapadá do krajiny. Náklady 17 mil. CHF (cca 375 mil. Kč) odpovídají ceně cca 80 tis. Kč/m<sup>2</sup> užité plochy, resp. cca 58 tis. Kč/m<sup>2</sup> celkové plochy mostu. Uvážíme-li, že jde o ceny ve Švýcarsku, nejde o vysoké náklady.



**Obr. 4** Most Sunniberg (1998)

## 5.2 Dvě realizované lávky z UHPC

V poslední době je tendence využívat nový materiál UHPC pro různé druhy konstrukcí, a zvláště pro lávky, kde se jeho přednosti dají dobře využít. V letech 2018 a 19 byly dokončeny dvě lávky z UHPC, které jsou si svým způsobem podobné. Proto je zajímavé jejich porovnání.

### Lávka v Táboře

Lávka v Táboře [6] postavená v roce 2018 je příkladnou konstrukcí z UHPC (Obr. 5). Jednopolová lávka je tvořena prostým nosníkem z předem předpjatého betonu (UHPC) o rozpětí 27 m. Průřez o šířce 3 m ve tvaru TT je velmi vylehčený, tedy spotřeba materiálu je malá. V každé stojině průřezu je umístěno 11 předpínacích lan o průměru 15.7 mm. Technologie předpínání předem zajišťuje dobrou ochranu předpínací výztuže, zejména pokud jde o materiál UHPC s vlákny, které omezují případný vznik trhlin. Nosník byl vyroben vcelku jako jeden prvek, čímž byly vyloučeny jakékoli spáry a riziková místa, kde by mohlo dojít ke korozi předpínací výztuže.



**Obr. 5** Lávka z UHPC v Táboře (2018)

Lehká konstrukce umožnila velice rychlé osazení, které trvalo pouhé 2 hodiny. Omezení provozu na překračované ulici bylo tedy minimální. Spotřeby materiálů jsou uvedeny v Tabulce 1. UHPC zajišťuje dlouhou trvanlivost lávky.

### Lávka v Příboře

Lávka v Příboře [7] byla zprovozněna v roce 2019 (Obr. 6). Lávka je tvořena též prostým nosníkem na rozpětí 35 m. Průřez má šířku 2.5 m a je obdélníkový vylehčený dvěma dutinami. Lávka je sestavena z 5 segmentů délky 7.2 m, které jsou spojeny pomocí dodatečného předpětí. Byly použity tři 17ti lanové kabely z lan průměru 15.7 mm. Lávka nemá žádnou hydroizolaci, horní povrch segmentů je přímo pochozí. Spáry mezi segmenty jsou proto citlivým místem. Autoři si toho byli vědomi a navrhli vícenásobnou ochranu předpínací výztuže. Ta spočívá kromě obvyklého lepení spáry epoxidovým tmelem, v použití ochranných spojek kabelových kanálků typu Freyssinet a kabelových tyčích typu monstrand, která jsou navíc v kabelovém kanálku zainjektována. Výstavba lávky probíhala na pevné skruži, kde byly jednotlivé segmenty osazeny, spáry byly slepeny a lávka byla předepnuta. Po předepnutí mohla být skruž odstraněna.



Obr. 6 Lávka z UHPC v Příboře (2019)


### Porovnání obou lávek



Obě lávky jsou staticky prosté nosníky. Průřez lávky v Táboře je navržen tak aby spotřeba materiálu byla minimalizována. Průřez lávky v Příboře je navržen s malou konstrukční výškou se snahou dosáhnout štíhlý vzhled ( $l/h = 44$ ). Architektonický požadavek na obdélníkový průřez vyústil nakonec v těžký průřez se třemi stěnami o šířce 200 mm. Z porovnání spotřeby UHPC a předpínací výztuže (Tab. 1) plyne, že lávka v Příboře má spotřeby na  $m^2$  lávky téměř 3 x větší než lávka v Táboře. Je nutné podotknout že rozpětí lávky v Příboře je větší, ale ne o tolik, aby spotřeby mohly být násobně větší. Navíc u předem předpjaté lávky v Táboře jsou použita pouze holá předpínací lana (bez kotev), zatímco u lávky v Příboře jsou dražší monostrandy, kabelové kanálky, kotvy a injektáž a složitě těsnění. Lávka v Táboře byla osazena jeřáby, zatímco pro lávku v Příboře bylo nutné vybudovat pevnou skruž. Na základě tohoto porovnání se nabízí řada otázek. Např.: Proč vůbec byl pro lávku v Příboře použit drahý UHPC, proč nebyl průřez lehčí, nebylo možné lávku udělat také předem předpjatou z jednoho kusu (na délku 35 m by to asi bylo možné) apod. Z hlediska kritérií udržitelnosti je zřejmé, že mezi lávkami je značný rozdíl i bez podrobného posuzování. U lávky v Příboře byl dominantní požadavek architekta na vzhled lávky, který významně ovlivnil návrh. Je nutné si proto položit otázku, zda je vzhled tak originální, že stojí za to investovat mnohem více materiálu a dalších souvisejících nákladů pro jeho dosažení? Nebylo možné dosáhnout podobného vzhledu i volbou jiného příčného řezu?

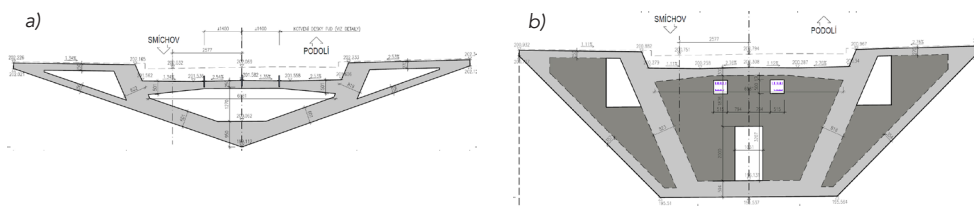
**Tabulka 1** Porovnání některých parametrů lávky v Táboře a v Příboře

	Tábor	Příbor
Rozpětí [m]	27	35
Šířka průřezu [m]	3.0	2.5
Výška průřezu [mm]	960	800
Poměr rozpětí/výška průřezu [-]	28.12	43.75
Spotřeba UHPC [m <sup>3</sup> ]	12	34.9
Spotřeba předpínací oceli [kg]	716	2 166
Spotřeba betonu na 1 m <sup>2</sup> [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	0.145	0.388
Spotřeba předpínací oceli na 1 m <sup>2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]	8.65	24.07

### 5.3 Návrh Dvoreckého mostu v Praze

Dvorecký most je navržen tak, že převádí přes Vltavu pouze tramvajovou trať, pěší a cyklisty. Přejezd vozidel integrovaného záchranného systému a autobusů je umožněn tak, že tato vozidla mohou jet po tramvajové trati. Běžný silniční provoz se na mostě neuvažuje. Pokud na mostě pohlížíme dle kritérií udržitelného rozvoje, je zřejmé, že není výhodné navrhovat úzký most, protože spotřeby hmot nejsou vzhledem k šířce mostu lineární. Širší most bude v  zet mít spotřebu hmot při vhodném návrhu relativně menší.

Dvorecký most má 6 polí (30+51.5+62.5+87+62.5+42.5m) [8] a šířku nosné konstrukce 16.5 m z toho volná šířka mostu je pouze 16 m. Most se dá označit jako trémový, resp. rámový s proměnným příčným řezem. Pilíře P4 a P5 přiléhající k nejdelšímu poli jsou rámově spojeny s nosnou konstrukcí. Na ostatních pilířích a na opěrách je nosná konstrukce podepřena na ložiskách. Průřez je obecně 3 komorový. Ve středech rozpětí je průřez trojúhelníkový,  podporami lichoběžníkový (obr. 7a, b). V mezilehlých polohách má obrys polygonální tvar. Výš  průřezu je konstantní v polích 1, 2 a 6 (2.7 m), v polích 3, 4, a 5 jsou náběhy směrem k pilířům 4 a 5, kde výška průřezu dosahuje 5.4 m. Nosná konstrukce je předpjatá z bílého betonu třídy C45/55. Komory jsou označeny jako průlezné, ale jejich rozměry jsou v některých místech značně malé.



**Obr. 7** Průřez mostu a) ve středu nejdelšího pole, b) nad pilířem 5 (v místě největšího náběhu)

Konstrukce je podélně předepnuta 27 lanovými kabely s ochranou PL3. Tři příčnky mostu jsou též předepnuty 6 lanovými kabely.

Složitý tvar nosné konstrukce vede k výstavbě na pevné skruži, která je pro takový typ konstrukce asi nejvhodnější.

Spotřeby hmot na nosnou konstrukci (bez spodní stavby) dle předpokladů projektu jsou uvedeny v Tab. 2. Spotřeby jsou větší (zejména u betonu a betonářské výztuže) než u mostů na podobná rozpětí, což je dáno neobvyklým tvarem mostu, který ze statického hlediska není zdaleka optimální. Náklady na výstavbu na pevné skruži budou zřejmě větší, než kdyby byla použita nějaká modernější technologie. Větší spotřeba betonu znamená těžší konstrukci, a proto i nákladnější spodní stavbu

a založení. Větší spotřeba betonářské oceli také zvyšuje energetickou náročnost stavby. Požadavek na použití bílého betonu je též z hlediska udržitelnosti problematický. Bílý cement je třeba dovážet zdaleka a jeho vlastnosti nejsou optimální pro betonáže objemných konstrukcí.

**Tabulka 2** Předpokládané spotřeby hmot na nosnou konstrukci Dvoreckého mostu (2021)

	Spotřeba hmot	Spotřeba hmot na m <sup>2</sup> NK
Beton C45/55 bílý	5648,7 m <sup>3</sup>	1,01 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Betonářská výztuž (B500 B)	1164,4 t	208,9 kg/m <sup>2</sup>
Předpínací výztuž (lana průměru 15.7 mm)	209,6 t	37,6 kg/m <sup>2</sup>

Bude tedy postaven most, který bude jen omezeně sloužit dopravě v Praze, bude dražší a z hlediska udržitelného rozvoje též nevhodný.

Důvody omezení silniční dopravy jsou spíše politického charakteru, ale důvodem návrhu mostu, který bude drahý a z pohledu životního prostředí nevhodný, je pouze architektonický návrh. Je tedy opět na místě otázka, jakou cenu má originální architektonický návrh? Po dokončení výstavby, až budou známy skutečné náklady a spotřeby materiálů by se mělo vyhodnotit, zda skutečná estetická hodnota mostu za zvýšené vynaložené náklady stojí.

#### 5.4 Most Oparno na D8

Most přes Oparenské údolí prošel postupným vývojem. Poslední úprava, která byla nakonec realizována, spočívala v tom, že oblouk i mostovka byly navrženy z betonu vyšší pevnostní třídy, než bylo uvažováno původně. V novém betonu bylo více cementu. Redukci objemu konstrukce se však dosáhlo významných úspor betonu, takže i s novým betonem bylo uspořeno cca 15% emisí CO<sub>2</sub>.

#### 5.5 Lávka přes Labe v Čelákovících

Lávka v Čelákovících byla první velká konstrukce vyrobená z UHPC v ČR. Před posledním realizovaným návrhem, kde je celý průřez mostovky z UHPC, byly uvažovány 2 varianty spřažených ocelobetonových průřezů mostovky. Tyto průřezy byly vyhodnoceny z hlediska kritérií udržitelného rozvoje podrobnějšími metodami [9]. Výsledek potvrdil volbu průřezu z UHPC jako nejvýhodnější, zejména z důvodu minimální údržby a vysoké trvanlivosti. Jde o příklad, kdy materiál je velmi náročný na emise CO<sub>2</sub>, a přesto konstrukce jako celek vychází příznivě.

### 6. ZÁVĚR

Uvedené příklady mostních konstrukcí ukazují, že základní cesta k návrhu udržitelných konstrukcí není v tom, jaký se použije materiál (ten hraje pouze částečnou roli), ale v tom, jaký je základní návrh konstrukce. Koncepční návrh konstrukce včetně její výstavby a konstrukčního řešení detailů rozhoduje o spotřebě materiálu, o nákladech, trvanlivosti a nutnosti údržby. Když je koncepční návrh dobrý, pak je i konstrukce udržitelná a ekonomická. I zde uvedené příklady ukazují, že drahé vysokohodnotné materiály s vysokými emisemi CO<sub>2</sub> mohou být použity pro kvalitní konstrukce, které jsou z pohledu udržitelného rozvoje velmi atraktivní.

Výsledkem architektonicko-konstrukčních soutěží mohou být konstrukce, které za cenu originálního návrhu udržitelné ani ekonomické nejsou. Přitom z historie víme, že řada mostů, které jsou ekonomické jsou i krásné. Mosty jsou velké a drahé stavby a jsou stavěny prakticky vždy z veřejných zdrojů. Není asi cílem stavět za každou cenu nejlevnější konstrukce. Ale na druhou stranu by měla být určitá míra, kdy už náklady na architektonický návrh jsou neakceptovatelné. Na sympoziu fib v roce 1999 přednášel významný mostní inženýr J. F. Klein o estetice mostů [10]. Uváděl tři druhy estetického působení. 1. Přírodní estetika, 2. Přidaná estetika a 3. Vynucená estetika. Přírodní estetický dojem znamená, že konstrukce je ideálně navržena a její architektura je v souladu se statickým působením. Náklady na takové konstrukce jsou obvykle přiměřené. Přidaná estetika znamená obvykle doplnění dalších prvků mostu, které nemají přímo nosnou funkci, jde např. o výzdobu městských mostů. Náklady na přidavné prvky by neměly překročit 10-15% nákladů na konstrukci. Vynucená estetika pak



označuje výjimečné a extravagantní konstrukce, které často postrádají optimální způsob přenosu sil. Vynaložené náklady pak dosahují násobky nákladů na rozumnou konstrukci. Zejména státní investor by tedy měl před rozhodnutím o výstavbě uvážit, jak chce státní peníze investovat.

#### **Poděkování**

V příspěvku jsou částečně využity výsledky Centra kompetence (CESTI) podporovaného TAČR, (projekt č. TE01020168)

#### **LITERATURA**

- [1] <https://www.mmr.cz/cs/ministerstvo/regionalni-rozvoj/informace,-aktuality,-seminare,-pracovni-skupiny/psur/uvodni-informace-o-udrzitelnem-rozvoji/zakladni-pojeti-konceptu-udrzitelneho-rozvoje>
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_Sant%27Angelo](https://en.wikipedia.org/wiki/Ponte_Sant%27Angelo)
- [3] [https://cs.wikipedia.org/wiki/Menai\\_Suspension\\_Bridge](https://cs.wikipedia.org/wiki/Menai_Suspension_Bridge)
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Ponte\\_del\\_Risorgimento](https://en.wikipedia.org/wiki/Ponte_del_Risorgimento)
- [5] [https://en.wikipedia.org/wiki/Sunniberg\\_Bridge#Gallery](https://en.wikipedia.org/wiki/Sunniberg_Bridge#Gallery)
- [6] Komanec, J., Kalný, M., Marek, J., Tuček, J.: Lávka z UHPC v Táboře. Beton TKS, 4/2019, 11-13
- [7] Kolísko, J., Tej, P, Vráblík, L., et al.: Návrh a výroba segmentové předepnuté lávky z UHPC v Příboře. Beton TKS, 4/2019, 3-10
- [8] Stavba č. 42821 – Dvorecký most SO201 Tramvajový most přes Vltavu. Projektová dokumentace, stupeň DVZ 07/2021
- [9] Vítek, J.L., Kalný, M.: Lávka v Čelákovících. Sborník 18. konference Technologie a provádění, ČBS, Praha, 26.1.2023, 64-71
- [10] Klein, J.F.: Beauty and Elegance, a Matter of Costs?. Proc. of the fib Symposium „Structural concrete – The bridge between people.“, Prague 1999, 19-28