

# **VÝZKUM NUTNÝCH PROVOZNÍCH PARAMETRŮ PERSPEKTIVNÍCH MOSTNÍCH PROVIZORIÍ URČENÝCH PRO ŽELEZNIČNÍ DOPRAVU**

**Metodika stanovení parametrů provizorní mostní  
konstrukce vhodné pro použití na modernizovaných  
tratiích a koridorech**

**Září 2014**

## Jména autorů

**Ing. Pavel Simon, řešitel projektu**

Vladimír Fišer, Mlýnská 68, 602 00 Brno

tel.: 725 881 245, e-mail : pavel.simon@fiserv.cz

**Doc. Ing. Pavel Mañas, Ph.D., vedoucí katedry**

Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno

**Ing. Jan English, externí spolupracovník**

VUT FAST Brno, Veveří 95, 602 00 Brno

## Jména oponentů

**Ing. Jiří Hříbal, ředitel odboru**

Odbor bezpečnostní, Ministerstvo dopravy

**Ing. Jan Duška, nezávislý expert**

[Jan.Duska@volny.cz](mailto:Jan.Duska@volny.cz)

Tento dokument byl vytvořen v rámci projektu TA02030318, TA ČR ALFA II.

I) **Cíl metodiky,**

*Metodika umožňuje objektivní získání parametrů perspektivních provizorních mostních konstrukcí, které by zajišťovaly rychlou obnovu dopravní obslužnosti území po znemožnění provozu na stávajících mostních konstrukcích zejména na dvoukolejných modernizovaných tratích a koridorech po mimořádných událostech a v krizových stavech jako jsou např. povodně a velké havárie.*

II) **Vlastní popis metodiky,**

*Metodika stanovuje a objektivizuje parametry nových provizorních mostních konstrukcí pro řešení rychlé obnovy železničních mostů na modernizovaných dvoukolejných tratích a železničních koridorech vyřazených z důvodu krizových situací vyvolaných např. povodněmi a velkými haváriemi s využitím vědeckých metod jako je analýza a syntéza při zkoumání požadavků budoucího uživatele, perspektivního investora a statistických dat o železniční dopravní cestě.*

*Použitelnost zjištěných parametrů byla verifikována koncepčním návrhem perspektivní provizorní mostní konstrukce, urychlující obnovení dopravní obslužnosti na železnici a experimentálním ověřením klíčových detailů konceptu konstrukce.*

III) **Srovnání „novosti postupů“** oproti původní metodice (pokud existuje), případně jejich zdůvodnění, pokud se bude jednat o novou neznámou metodiku (§ 2, odst. 1, písm. a) a písm. d) bod 2 zákona č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací, ve znění pozdějších předpisů),

*Autorům metodiky není známo, že by v České republice v minulosti podobná metodika nebo srovnatelný materiál existoval. Při navrhování provizorních mostních konstrukcí (nejen na železnici) se v minulosti postupovalo podle požadavků zadavatele, což byla ČSR nebo ČSSR, kde nejvyšší prioritu měly požadavky vojenské, koordinované s potřebami tehdejší Varšavské smlouvy. V tomto kontextu lze říci, že se jedná o metodiku novou, založenou na výstupech aplikovaného výzkumu realizovaného v rámci projektu TA02030318.*

*Za zásadní inovaci vůči předcházejícím postupům lze považovat objektivizaci parametrů nové provizorní mostní konstrukce, jejich kategorizaci a doporučení k analytickému zkoumání s následným vyhodnocením ekonomické výhodnosti konstrukce s těmito parametry a příkladem celého postupu včetně verifikace na koncepčním modelu.*

IV) **Popis uplatnění certifikované metodiky,** informace pro jaký subjekt je určena a jakým způsobem bude uplatněna,

*Metodika je určena pro ústřední orgány státní správy, které mají v kompetenci dopravu, bezpečnost (vnější i vnitřní) a krizové řízení.*

*Uplatnění nalezne metodika při přípravě veřejné soutěže na nové provizorní mostní konstrukce pro železnici, kdy s její pomocí bude možné stanovit objektivní technické, technologické a ekonomické parametry nové konstrukce, přičemž bude možné ověřit, že tyto parametry povedou k ekonomicky akceptovatelnému a zároveň technicky proveditelnému návrhu konstrukce. Vstupní požadavky ústředních orgánů státní správy, nebo parametry konstrukce, které by neúměrně konstrukci prodražovaly, bude možné identifikovat již na začátku procesu a v odborné diskuzi vyřešit.*

V) **Ekonomické aspekty** – vyčíslení (v tis. Kč) nákladů na zavedení postupů uvedených v metodice a vyčíslení (v tis. Kč) ekonomického přínosu pro uživatele,

*Přímé vyčíslení nákladů na zavedení není možné a ani relevantní, protože se jedná o metodiku určenou pro využití ve státní správě, kompetentními státními zaměstnanci bez dalších speciálních požadavků.*

*Ekonomický přínos pro uživatele lze vidět v úsporách při vypsání veřejné soutěže na novou provizorní mostní konstrukci, kdy správně a objektivně stanovené parametry této konstrukce povedou k levnějšímu vývoji a výrobě. Lze očekávat přínos do 5% finančního objemu veřejné soutěže. Dále lze očekávat výrazné snížení rizika odvolávání se účastníků soutěže a tím i prodlužování doby realizace vývoje a výroby díky objektivnosti zadání.*

VI) **Seznam použité související literatury,**

*Seznam použité literatury je uveden přímo v metodice.*

VII) **Seznam publikací, které předcházely metodice** a byly publikovány (pokud existují), případně výstupy z určité znalosti, jestliže se jedná o originální práci.

- [1] Simon, P. a kol. *Analýza současného stavu*. Výroční zpráva projektu TA02030318 Výzkum nutných provozních parametrů perspektivních mostních provizorií určených pro železniční dopravu. 2012.
- [2] Maňas, P. a kol. *Analýza objektivní potřeby vývoje provizorních mostních konstrukcí ve vztahu k zajištění bezpečnosti České republiky a k likvidaci následků přírodních i antropogenních krizových situací v dopravě*. [zpráva]. Ministerstvo dopravy ČR. 2014.
- [3] Englich, J. a kol., *Studie železničních mostních objektů jako prvků kritické infrastruktury z hlediska potřeby mostního a pilířového materiálu pro jejich dočasnou obnovu*. MD ČR-57/2013-030-KR/1. Ministerstvo dopravy ČR. 2013.

## **Dedikace**

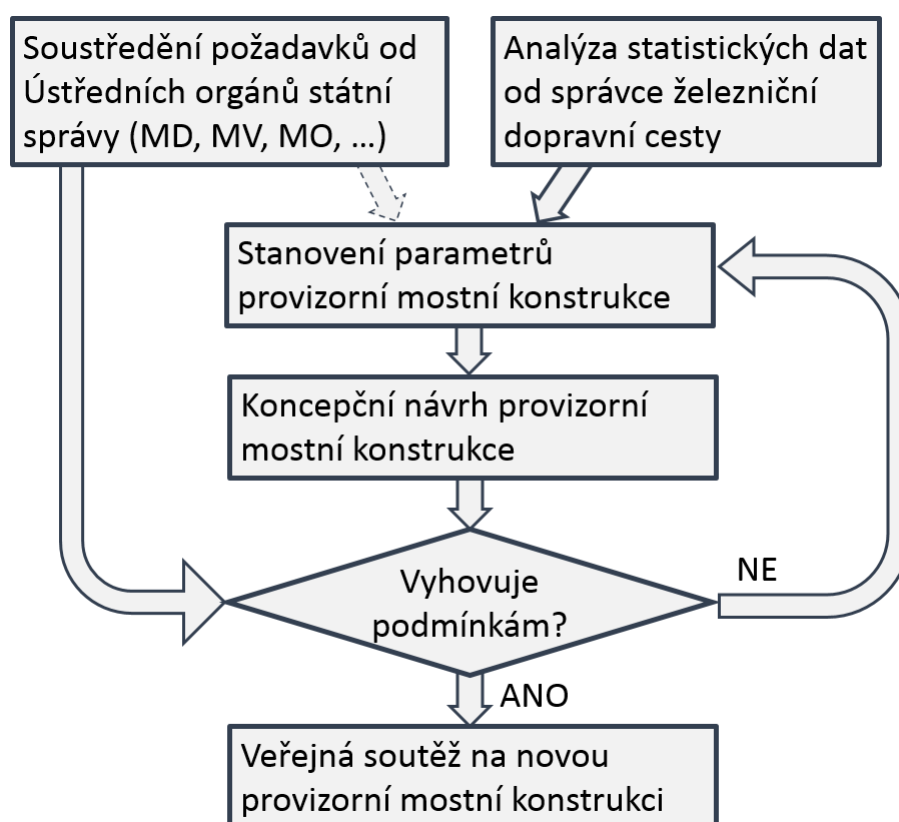
Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu č. TA02030318 „Výzkum nutných provozních parametrů perspektivních mostních provizorií určených pro železniční dopravu“ s dobou řešení 2012 – 2014.

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>VSTUPNÍCH DATA A POŽADAVKY</b> .....	<b>10</b>
2.1	OBECNÉ POŽADAVKY INVESTORA A BUDOUCÍHO UŽIVATELE .....	11
2.1.1	<i>Ekonomické zdůvodnění potřeby železničního provizória</i> .....	11
2.1.2	<i>Obecné požadavky z hlediska vnitřní bezpečnosti státu</i> .....	11
2.1.3	<i>Obecné požadavky z hlediska vnější bezpečnosti státu</i> .....	12
2.2	DATA O ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTĚ .....	13
<b>3</b>	<b>PŘEHLED PARAMETRŮ DŮLEŽITÝCH PRO NÁVRH</b> .....	<b>15</b>
3.1	VÝCHOZÍ (KONSTANTNÍ) PARAMETRY.....	15
3.2	BINÁRNÍ PARAMETRY.....	16
3.3	DISKRÉTNÍ (PROMĚNNÉ) PARAMETRY .....	17
3.4	ROZBOR PROMĚNNÝCH PARAMETRŮ .....	18
3.4.1	<i>Rychlost pojezdění</i> .....	18
3.4.2	<i>Průhyb</i> .....	18
3.4.3	<i>Výška konstrukce</i> .....	19
3.4.4	<i>Hmotnost konstrukce</i> .....	19
3.4.5	<i>Materiál konstrukce</i> .....	19
3.4.6	<i>Pootočení a prokluz v tahovém spoji</i> .....	20
3.4.7	<i>Zatížení konstrukce, namáhání a únavová životnost</i> .....	20
3.4.8	<i>Počet a typy montážních spojů</i> .....	20
3.4.9	<i>Doba montáže konstrukce</i> .....	21
3.4.10	<i>Příprava stavby,</i> .....	21
3.4.11	<i>Celková doba stavby - doba vyloučení provozu,</i> .....	22
3.4.12	<i>Univerzálnost použití součástí a celé konstrukce,</i> .....	22
3.4.13	<i>Životnost</i> .....	22
3.4.14	<i>Cena výroby konstrukce</i> .....	23
3.4.15	<i>Cena stavby mostu s použitím této konstrukce</i> .....	24
3.4.16	<i>Úprava svršku na mostě</i> .....	24
<b>4</b>	<b>PŘÍKLAD PARAMETRŮ PERSPEKTIVNÍHO ŽELEZNIČNÍHO PROVIZÓRIA</b> .....	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>POUŽITÁ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURA</b> .....	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>32</b>

# 1 Úvod

Tato metodika se komplexně ale obecně a v rámci možností nezávisle zabývá otázkou návrhu železničního mostního provizória, které naše republika jednou, dříve či později, bude potřebovat.

Úspěšný návrh jakékoliv konstrukce je závislý na kvalitě vstupních parametrů, tj. požadavcích a očekáváních investora a budoucího uživatele. V případě železničního provizória je vhodné vstupní parametry definovat v zadávací dokumentaci při vyhlášení veřejné soutěže. V současné době ale není k dispozici analytický materiál, který by se touto otázkou dostatečně do hloubky zabýval. Na následujícím obrázku je obecné schéma postupu při návrhu provizorní mostní konstrukce vhodné pro použití na modernizovaných tratích a koridorech.



Obr. 1 Schéma obecného postupu při návrhu nové provizorní mostní konstrukce na železnici

Při podrobnějším pohledu na schéma na obr. 1 je zřejmé, že statistický rozbor dat od správce železniční dopravní cesty bude hlavním zdrojem pro získání vstupních parametrů, přičemž platí, že tato data nejsou v čase konstantní, ale v závislosti na modernizaci železniční dopravní cesty se vyvíjejí.

Cílem této metodiky je přinést obecně platný postup stanovení těchto vstupních parametrů, přičemž je brán zřetel na celý životní cyklus mostního provizória a dále jsou popsány ostatní

požadavky na parametry provizorní mostní konstrukce, které je nutné řešit v rámci technických podmínek konkrétní konstrukce.

Většina požadovaných parametrů je determinována obecně známými skutečnostmi o železniční cestě a rozbohem dat z databáze SŽDC, s. o. Vzhledem k tomu, že v budoucnu se tyto skutečnosti mohou více či méně změnit, tak tato metodika žádný parametr nestanovuje, jen přináší postup jejich získání a příklady, které odpovídají současným podmínkám.

**Na základě této metodiky bude možné kvalifikovaně diskutovat a rozhodovat o ekonomické výhodnosti nové provizorní mostní konstrukce, přičemž bude možné brát v úvahu užitnou hodnotu nové konstrukce a následně ji porovnávat s cenou, která vzejde z veřejné soutěže.**

*Pro účely této metodiky lze užitnou hodnotou nové provizorní mostní konstrukce pro modernizované železniční tratě a koridory definovat jako soubor přímo měřitelných užitných vlastností – parametrů, zejména technického a technologického charakteru a přímo neměřitelných užitných vlastností – parametrů, vyplývajících z vlastnictví konstrukce.*

Existuje celá řada parametrů ocelových rozebíratelných konstrukcí, které jsou svým způsobem jedinečné, ale také řada takových, které se vzájemně ovlivňují. Všechny tyto parametry mají vliv na výslednou podobu konstrukce a tím i na její užitnou hodnotu, ale také na její finanční cenu. Užitná hodnota výrobku (konstrukce) představuje možnost jeho maximálního využití (kvalita, univerzálnost, odolnost, bezpečnost, ...) a obvykle čím je vyšší, tím je vyšší i její cena. Nalezení/definování vztahu mezi těmito veličinami je velmi důležité, aby nedocházelo k neúměrně vysokým požadavkům na užitnou hodnotu a v důsledku toho i k překračování meze únosné pro výslednou cenu.

Smyslem posouzení vztahů mezi jednotlivými veličinami není návrh optimálních parametrů (staticky, ekonomicky), ale výsledkem musí být objektivní zjištění jaké výhody a nevýhody přinese posílení, respektive oslabení významu příslušných parametrů. Tedy dát uživateli k dispozici pomůcku, ze které bude zřejmé, kam je třeba směřovat úsilí při vypsání výběrového řízení pro návrh nové rozebíratelné železniční mostní konstrukce.

Před stanovením celého systému vyhodnocování je třeba zdůraznit, že základním smyslem vývoje provizorní mostní konstrukce je dát uživateli k dispozici takovou konstrukci, která prioritně zajistí při řešení krizových situací co nejrychlejší obnovu provozuschopnosti v místě, kde vznikla překážka.

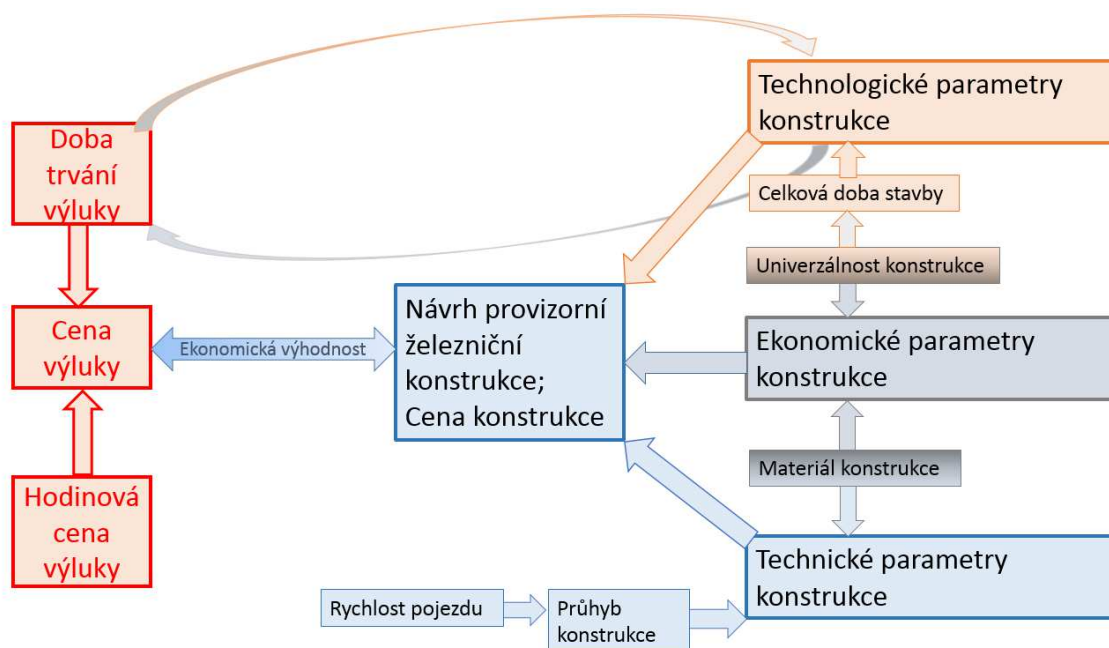
Zajištění rychlosti obnovy provozu však nesmí překročit ekonomicky únosný rámec. Přesto lze očekávat, že náklady na výrobu nové konstrukce budou, ve vztahu ke srovnatelným stálým konstrukcím, nadprůměrné, ale přínos spočívající v rychlé a vícenásobné obnově provozuschopnosti bude tento nedostatek eliminovat.



Jiným slovy smyslem je dát uživateli k dispozici takové ověřené údaje, které jasně umožní říci, že požadavek na zlepšení toho kterého parametru je sice možný, ale ve svém důsledku neefektivní (např. přináší mírné zlepšení rychlosti poježdění po konstrukci, ale výrazně zvyšuje její výšku a hmotnost, snižuje možnost jejího použití bez stavebních opatření na spodní stavbě/svršku a tím ji celkově prodražuje).

## 2 Vstupních data a požadavky

Při stanovení požadovaných parametrů perspektivní provizorní mostní konstrukce pro modernizované železniční tratě a koridory lze v zásadě vycházet z objektivních skutečností, které jsou determinované aktuálností a spolehlivostí statistických dat od správce železniční dopravní cesty a dále subjektivních požadavků významných aktérů v této oblasti, jako jsou např. ministerstvo dopravy, ministerstvo obrany, ministerstvo vnitra, SŠHR, SŽDC apod.



Obr. 2 Schéma vazeb mezi hlavními parametry provizorní mostní konstrukce na železnici

Obecně lze říci, že nová konstrukce se státu vyplatí pouze v případě, že její cena bude v přijatelné relaci vůči ceně výluky, která na železniční dopravní cestě může nastat, tzn., že užitná hodnota nové konstrukce bude výrazně eliminovat rizika spojená s možností výluky na trati a jejich důsledky v příslušných krizových stavech. Zde je třeba si uvědomit, že cena výluky je rozdílná za normálních okolností, při krizové situaci nevojenského charakteru a značně odlišná při krizové situaci vojenského charakteru, přičemž tato rozdílnost spočívá především v nárocích na zvládnutí této situace.

Cena konstrukce je ovlivněná technickými, technologickými a ekonomickými parametry, které jsou do značné míry provázané, vzájemně se ovlivňují a často naplnění jednoho parametru nepříznivě ovlivňuje, až znemožňuje naplnění parametru z jiné kategorie, parametry mohou nabývat diskrétních hodnot nebo mají binární charakter. Lze říci, že stanovení nějaké optimalizační funkce je velmi problematické, proto lze doporučit spíše jednoduché porovnání na základě ekonomické výhodnosti nově navržené provizorní mostní konstrukce.

## 2.1 Obecné požadavky investora a budoucího uživatele

### 2.1.1 Ekonomické zdůvodnění potřeby železničního provizoria

Ekonomické zdůvodnění a ekonomické parametry nové provizorní mostní konstrukce spolu velmi úzce souvisí a lze je shrnout do následujících zásad, kterým by měl návrh nové konstrukce vyhovovat:

- jednoduchost výroby, bez složitých přípravků, avšak s tolerancí umožňující zaměnitelnost součástí;
- omezené množství prvků, s tím, že se k výrobě využije běžná konstrukční ocel S355 až S460 a pouze pro extrémně namáhané součástky je vhodné využít i ušlechtilou ocel, respektive oceloslitinu;
- hmotnost konstrukce pro nejdelší rozpětí nepřesáhne 2,8 t/bm;
- všechny součástky s výjimkou šroubů budou trvale označeny tak, aby mohla být sledována doba jejich zabudování (opakovaného použití);
- životnost nezabudované konstrukce minimálně 50 let, u zabudované konstrukce taková, aby umožňovala minimálně 100 násobné využití každé součástky, avšak při nepřekročení přejezdů 100 milionů náprav;
- zavedení nové konstrukce umožní snížit stávající objem zásob ve státních hmotných rezervách i provozních zásob u SŽDC;
- minimální požadované rozpětí je více než 5 m a méně než 48 m; (pro kratší rozpětí lze využít stávající provizoria např. ŽB prefabrikáty nebo provizoria typu DND, DNTu, pro delší rozpětí lze využít provizoria ŽM-16 a ŽM-16M).

Uvedené parametry vycházejí z odborných znalostí a zkušeností řešitelů projektu a mohou být modifikovány, ale v tomto případě se doporučuje důkladná odborná diskuse.

### 2.1.2 Obecné požadavky z hlediska vnitřní bezpečnosti státu

Požadavky z hlediska vnitřní bezpečnosti státu velmi úzce souvisí s řešením nevojenských krizových situací a tedy s celkovou dobou trvání výluky na postiženém úseku a na druhé straně s dopravní propustností na postiženém úseku, která úzce souvisí s rychlostí přejezdu po provizorní mostní konstrukci, jedná se tedy o parametry jak technické, tak i technologické.

- Konstrukce musí vyhovovat aktuálním návrhovým normám a měl by zde být i určitý potenciál k budoucím úpravám a upgradům;

- Konstrukce musí být využitelná na modernizovaných tratích a koridorech na statisticky dostatečně významném počtu mostních otvorů;
- Konstrukce musí být zařaditelná do systému zásob SSHR, případně i SŽDC;
- Po ukončení životnosti konstrukce nebo každého dílu musí být možná recyklace nebo ekologická recyklace;
- Stát musí být majitelem jak konstrukce, tak i veškerých práv k ní, aby byla zajištěná výroba a dostupnost konstrukce v dostatečné míře za každé situace i v dlouhodobé perspektivě.

Uvedené parametry zobecňují základní parametry konstrukce, aby vůbec mělo smysl o nové provizorní konstrukci pro železnici uvažovat. Vynechání libovolného z výše uvedených parametrů významným způsobem negativně ovlivní budoucí užitnou hodnotu nové provizorní mostní konstrukce.

### *2.1.3 Obecné požadavky z hlediska vnější bezpečnosti státu*

Požadavky z hlediska vnější bezpečnosti státu souvisejí především s řešením vojenských krizových stavů nebo přípravou na konflikt většího rozsahu a nasazením nejen vlastních ozbrojených sil ale také spojenců a patří především do působnosti resortu obrany. V současné době lze říci, že tyto požadavky jsou rámcově definovány v Bezpečnostní strategii ČR, Obranné strategii ČR a konkrétně potom v Plánu obrany a v Plánu OPSÚ. Řada požadavků vyplývajících z uvedených dokumentů má charakter parametrů a některé z nich jsou společné pro vnější i vnitřní bezpečnost. K parametrům definovaným na základě těchto dokumentů, lze přidat následující:

- Konstrukce musí být v optimálním množství k dispozici ve skladech, nelze spoléhat na nákup až v době zhoršující se situace;
- Pokud nová konstrukce bude splňovat požadavky z hlediska vnitřní bezpečnosti, bude vyhovovat i z hlediska vnější bezpečnosti.

Ministerstvo obrany musí ve vztahu k nové konstrukci deklarovat především, zda konstrukci hodlá zavést do výzbroje AČR nebo zda hodlá vycvičit některé profesionální vojáky nebo příslušníky aktivní zálohy v jejím použití. V současných podmínkách je zavedení do výzbroje prakticky nereálné, na druhé straně vycvičení vybraných příslušníků ženijního vojska nebo aktivní zálohy v použití nové provizorní mostní konstrukce je velmi pravděpodobné a žádoucí.

## 2.2 Data o železniční dopravní cestě

Základní údaje o železniční dopravní cestě je možné získat na portálu SŽDC <http://provoz.szdc.cz/PORTAL/ViewArticle.aspx?oid=594598>, kde je k dispozici popis sítě a příslušné mapy ve formátu PDF. Podrobnější statistické údaje o železniční cestě jsou k dispozici v databázi u provozovatele – SŽDC, s. o. Z této databáze je třeba exportovat údaje o mostních objektech a vhodným způsobem je anonymizovat, případně i agregovat, aby nemohlo dojít k jejich zneužití především v komerční sféře. S daty by měl pracovat jen minimálně nutný počet prověřených pracovníků, aby se zabránilo únikům těchto dat.

Pro analýzu databáze je potřeba podrobit statistickému zkoumání nejméně následujících 12 údajů:

- **Materiál konstrukcí**
- **Označení konstrukce**
- **Statické působení**
- **Kolejnost**
- **Mostovka**
- **Rozpětí v metrech**
- **Stavební výška v metrech**
- **Nejmenší poloměr v metrech**
- **Délka konstrukce v metrech**
- **Pole**

přičemž je třeba vzít v úvahu, že ne všechny údaje jsou správně a úplně vyplněné, ze souboru je třeba vyloučit všechny nevěrohodné nebo duplicitní záznamy, při analýze v roce 2013 bylo takto vyloučeno více než 1400 záznamů.

**Statistickým rozborem a zobrazením údajů v grafech lze zjistit zásadní návrhový parametr, což je požadované rozpětí nové konstrukce, které pokryje statisticky dostatečně významný počet mostních otvorů (více než 80%). V následujících krocích figuruje takto zjištěný parametr jako konstanta.**

Dále lze zjistit vzájemné relace mezi velikostí mostního otvoru, stavební výškou konstrukce, použitým materiálem a jejím statickým působením. To umožňuje odvodit důležitý návrhový parametr – požadovanou stavební výšku nové konstrukce ve vztahu k rozpětí a typu konstrukce. Z toho lze usuzovat na případné použití výškově odstupňované konstrukce v závislosti na rozpětí.

Příklad tohoto rozboru je uveden v [1]. Za hlavní výstupy tohoto rozboru (s daty k roku 2012) je možné považovat následující fakta:

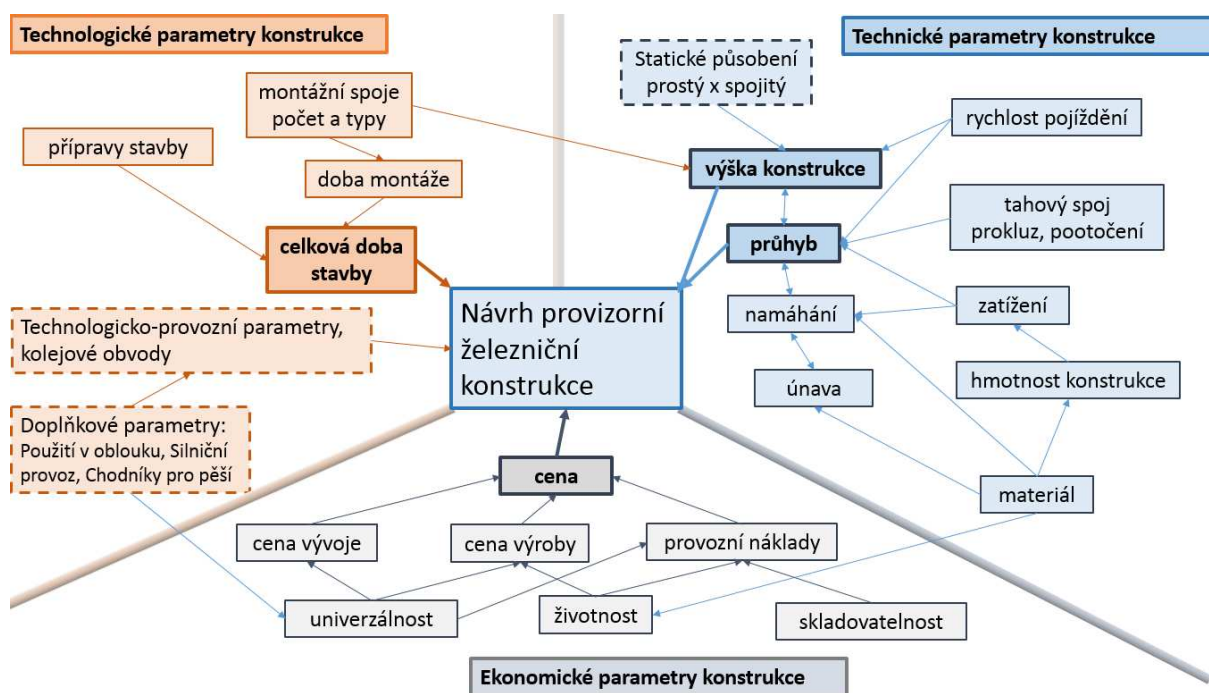
- Více než 80% všech mostních otvorů (ve spektru 6 – 48 m) je kratších než 42 m s převládající stavební výškou 1,2 – 2,6 m.

- Pouze 11% mostů staticky působí jako spojitý nosník, 80% působí jako prostý nosník, počet spojitých nosníků ale v současné době stoupá.
- Na vícekolejných tratích je více než 57% všech mostů.
- Více než třetina mostních otvorů je v oblouku; v oblouku o poloměru menším než 300 m je méně než 10% mostních otvorů a v oblouku o poloměru menším než 500 m je 20% mostních otvorů.

### 3 Přehled parametrů důležitých pro návrh

Před výběrem parametrů je třeba si položit otázku, čeho má být novou provizorní mostní konstrukcí dosaženo, jaký má být výsledek – užitná hodnota. V žádném případě se nejedná o standardní konstrukci, ale o provizorní rozebíratelnou (opakovaně použitelnou) konstrukci a proto se bude váha jednotlivých návrhových parametrů významně lišit od jinak běžného požadavku na co nejnižší cenu trvalého mostu. Z hlediska typu parametrů je můžeme rozdělit na **výchozí (konstantní parametry), binární parametry a disktrétní parametry**.

Na následujícím schématu je grafický přehled binárních (čárkovaný rámeček) a disktrétních (plný rámeček) návrhových parametrů nové provizorní mostní konstrukce a jsou zde naznačeny vazby mezi jednotlivými parametry. Zvýrazněny jsou parametry, které mají na výsledný návrh největší vliv, protože jsou v nich obsaženy parametry další a jedná se o **stavební výšku konstrukce, průhyb konstrukce, celkovou dobu stavby a celkovou cenu konstrukce**.



Obr. 3 Schéma vazeb mezi parametry provizorní mostní konstrukce na železnici

#### 3.1 Výchozí (konstantní) parametry

Tyto parametry vycházejí ze základního účelu všech mostních konstrukcí; jakou vzdálenost a s jakým zatížením potřebujeme přemostit. Tyto výchozí parametry vyplývají ze statistického rozboru dat o železniční dopravní cestě, jak je uvedeno v kapitole 2.2 a na základě současně platné legislativy v této oblasti je nutné respektovat zatížení podle evropských norem, což je model zatížení 71.

Výchozí (konstantní) parametry nové provizorní mostní konstrukce na železnici jsou:

- **zatížení dle platných Evropských norem model zatížení 71,**
- **délka jednopatrové konstrukce 24,0 m,**
- **délka vícepatrové konstrukce 42,0 m,**
- **délky montážních dílců 1,5 m, 3,0 m a 6,0 m.**

### 3.2 Binární parametry

Mezi binární parametry lze zařadit vlastnosti, které konstrukce buď musí, nebo nemusí splňovat. Jedná se především o

- Statické působení (prostý nebo spojitý nosník),
- Technicko-provozní parametry (např. schopnost vytvářet kolejové obvody),
- Možnost použití konstrukce v oblouku (o daném poloměru),
- Možnost použití konstrukce i pro silniční provoz,
- Doplnění konstrukce o chodníky pro pěší.

Vzhledem k trendu výstavby nových mostů (zejména na koridorových tratích), které působí jako spojitý nosník je, s ohledem na možnost využití spodní stavby, vhodné pro návrh nové konstrukce uvažovat o statickém působení jako spojitý nosník.

Z hlediska možnosti zabudování konstrukce v oblouku bylo rozбором databáze mostů na železniční síti ČR prokázáno, že **požadavek na  $R \geq 500$  m** je s ohledem na četnost výskytu mostů v oblouku  $R \leq 500$  m, postačující. Tento požadavek však výrazně zvyšuje nároky na detail technického řešení přímého uložení železničního svršku na mostě, vzhledem k zajištění výškových a zejména směrových posunů. Poloha koleje na mostě se vzhledem k ose mostu upraví tak, aby vzepětí oblouku na mostě se osou mostu rozdělilo na polovinu.

Je však třeba zohlednit skutečnost, že statické působení jako spojitý nosník výrazně omezuje velikost poloměru zřizovaného oblouku na mostě. **Tuto podmínku je vhodné stanovit výlučně pro mosty s kolejí v přímé a pro mosty v oblouku do maximálního vzepětí 450 mm (pro  $R = 500$  m délka konstrukce 42 m).** Při maximálním vzepětí 450 mm lze spojitou konstrukci uvedených délek zabudovat v obloucích podle následující tabulky.

Délka mostní konstrukce (m)	Poloměr oblouku nad (m)
42	500
50	700
60	1000
70	1360
80	1780
90	2250
100	2780



Možnost úpravy pro silniční provoz je vzhledem k existenci vhodných a levnějších silničních mostních provizorií poměrně neekonomická. Doplnění konstrukce o chodníky pro pěší lze považovat za ekonomicky zdůvodnitelné především z provozních důvodů na železnici. Prvky pro osazení chodníku by měly být součástí soupravy, je však přípustné zřízovat improvizovaný dřevěný chodník.

Schopnost zřizování kolejových obvodů tvoří nezbytnou podmínku pro využití zabezpečovacích systémů na železnici. Konstrukce musí vykazovat předepsaný elektrický odpor kolejnicových pásů pro použití konstrukce i v úsecích kolejových obvodů (autoblok, VÚD). Naopak pro předpokládanou délku přemostění není nutno požadovat vybavení konstrukce systémem pro upevnění stožárů trakčního vedení.

### **3.3 Diskrétní (proměnné) parametry**

Pro zajištění objektivnosti systému vyhodnocování konstrukcí je třeba zohlednit podstatně více parametrů, které mohou v závislosti na situaci nebo požadavcích zadavatele nabývat různých (diskrétních) hodnot. V zásadě se jedná o všechny ostatní parametry, které mají nenulovou váhu při hodnocení konstrukce. Jako dostatečně reprezentativní příklad souboru proměnných parametrů lze uvažovat následující:

- rychlost poježdění,
- průhyb konstrukce,
- výška konstrukce,
- hmotnost konstrukce,
- materiál konstrukce,
- pootočení a prokluz v tahovém spoji
- zatížení konstrukce, namáhání a únavová životnost
- počet a typy montážních spojů,
- doba montáže konstrukce,
- příprava stavby,
- celková doba stavby - doba vyloučení provozu,
- univerzálnost použití součástí a celé konstrukce,
- životnost,
- cena výroby konstrukce,
- cena stavby mostu s použitím této konstrukce,
- úprava svršku na mostě,

V další fázi byly zkoumány nejen výše uvedené proměnné veličiny a jejich vztah k celkovému výsledku, ale byla hledána vzájemná vazba mezi nimi s cílem vytvořit skupiny parametrů, které spolu souvisí (viz obr. 3).

Pro další posuzování je doporučeno uvažovat následující čtyři rozhodující parametry, které v sobě nepřímo zahrnují i všechny ostatní:

- **průhyb konstrukce** – zahrnuje i rychlost poježdění, počet montážních spojů,
- **výška konstrukce** – zahrnuje i hmotnost konstrukce a kvalitu materiálu; ovlivňuje rychlost montáže (volba způsobu stavby),
- **celková doba stavby** – zahrnuje i rychlost montáže, dobu vyloučení provozu,
- **celková cena mostu** – zahrnuje i cenu výroby a stavby, životnost, univerzálnost součástí a konstrukce, možnost úpravy pro silniční provoz, chodník, svršek na mostě, schopnost zřizování kolejových obvodů, působení jako prostý nosník i jako spojitý nosník, možnost zabudování v oblouku.

### 3.4 Rozbor proměnných parametrů

#### 3.4.1 Rychlost poježdění

Na základě výsledků analýzy [1] je možné konstatovat, že ani při použití provizorní konstrukce na koridorové trati nepřináší zvýšení rychlosti nad 60 km výraznější úsporu času, ale naopak při poklesu pod 30 km/h již dochází ke značným časovým ztrátám, které ovlivňují propustnou výkonnost příslušného traťového úseku. Z tohoto pohledu je optimální, aby se **návrhová rychlost** pohybovala v rozmezí **40 – 60 km/hod**. Tento parametr má výraznou vazbu na průhyb, jak je uvedeno dále.

Vhodný postup pro stanovení rychlosti poježdění je uveden v analýze [1] a příklad výstupu z aplikace v Excelu je uveden v Příloze 1.

#### 3.4.2 Průhyb

Z technického hlediska se jedná o nejdůležitější parametr, protože určuje potřebnou tuhost konstrukce ve vztahu k rozpětí, průhyb je zároveň svázán s rychlostí přejezdu a tedy dopravní propustností nové provizorní mostní konstrukce, v případě cestujících je svázán s jejich subjektivním vnímáním pohodlí během jízdy. Se zvyšující se dopravní propustností roste rychlost přejezdu a s rychlostí přejezdu klesá maximální dovolený průhyb konstrukce a s tím souvisí nutnost zvyšování její ohybové tuhosti, což má za následek zvýšení stavební výšky a celkové hmotnosti konstrukce.

Při respektování závěrů [1], že optimální návrhová rychlost poježdění je v rozmezí 40 – 60 km/hod, je optimální hodnota průhybu v **rozmezí 1/400 až 1/500 rozpětí mostního pole**.

Některé zahraniční normy připouštějí rozdílné hodnoty průhybů pro trvalé konstrukce a pro dočasné konstrukce, v tomto případě hraje významnou roli jak rychlost přejezdu, tak počet polí mostu, které spolupůsobí.

Velikost průhybu souvisí s jízdním komfortem pro cestující, kde se uvádí, že hodnota vertikálního zrychlení  $< 1,0 \text{ m/s}^2$  představuje dobrý komfort pro cestující a většinou je dosažena při průhybu méně než  $1/600$  rozpětí. Hodnota vertikálního zrychlení  $\approx 2,0 \text{ m/s}^2$  představuje přijatelný komfort pro cestující a lze ji dosáhnout při průhybu menším než  $1/300$  rozpětí.

### 3.4.3 Výška konstrukce

Jde o jeden z limitujících parametrů, který musí být z hlediska četnosti výskytu přemostění uvedených délek srovnatelný, respektive nižší, než výšky stávajících stálých konstrukcí, aby zabudování provizorní konstrukce nevyvolávalo nutnost snižovat výšku uložení, případně měnit niveletu přilehlých traťových úseků. **Pro délku konstrukce 24 m by její výška neměla překročit hodnotu 1300 mm a pro délku konstrukce 42 m by její výška neměla překročit hodnotu 2700 mm.** Ke snížení výšky uložení lze uvažovat s proměnnou výškou konstrukce, respektive se zavedením nižší výšky koncových dílů.

### 3.4.4 Hmotnost konstrukce

Není nejdůležitějším parametrem, pokud nepřekročí možnosti montáže běžnými jeřáby a pokud nebude mít zásadní vliv na průhyb konstrukce. Vazba na výšku konstrukce není přímo úměrná, protože při nižší výšce stěn se zvyšuje hmotnost pásnic, takže neplatí, že čím nižší konstrukce tím bude lehčí, ba právě naopak. Významně tento parametr souvisí s pevnostní třídou a jakostí oceli a následně s cenou konstrukce. **Za optimální pro délku konstrukce do 24 m je možno považovat hmotnost 1,0 – 1,3 t/bm a pro délku konstrukce do 42 m hodnotu 2,0 – 2,6 t/bm.**

### 3.4.5 Materiál konstrukce

Jedná se o jeden z důležitých parametrů, který je však plně v kompetenci řešitele s tím, že lze použít pro různě namáhané součástky rozdílné typy vzájemně svařitelných ocelí, které však musí zajišťovat opracování součástí s tolerancí povolenou z hlediska rozebíratelnosti. Uvedený parametr má přímou vazbu na cenu výroby a na hmotnost. S ohledem na nepodstatné zvýšení ceny při použití ocelí vyšších pevností, které však významně pozitivně ovlivňují vlastnosti konstrukce, **se doporučuje uvažovat s použitím ocelí S 355J2+N, S 420N, případně S 460N, případně s ocelí S 460 M/ML.** Oceli vyšších jakostí než S 460 jsou

z dovozu a jejich použití může být problematické, zároveň se významně negativně projeví únavová životnost.

#### *3.4.6 Pootočení a prokluz v tahovém spoji*

V závislosti na koncepčním a také konstrukčním provedení tahových spojů lze předpokládat alespoň minimální prokluz v rozebíratelném spoji, který má potom vliv i na celkový průhyb konstrukce a třeba ho zohlednit. Prakticky stejná situace nastává i z hlediska možného natočení v čepových spojích nebo v kombinaci prokluzu a minimálního natočení v tahovém rozebíratelném spoji.

Příklad výstupu z excelovské aplikace pro výpočet průhybu konstrukce s uvažováním prokluzu ve spojích je uveden v příloze 2.

#### *3.4.7 Zatížení konstrukce, namáhání a únavová životnost*

Vzhledem k tomu, že se jedná o rozebíratelnou konstrukci, jejíž hlavní využití spočívá ve stavbě zatímních mostů na předpokládanou nižší rychlost, je možné uvažovat zatížení podle evropských norem pro model 71. Toto zatížení je, se souhlasem SŽDC, dostačující, protože při návrhu dle ČSN 73 6203 se pro zatížení konstrukce užíval vlak UIC 71, který je z hlediska uspořádání totožný se zatěžovacím modelem 71 a liší se pouze použitím součinitelů pro stanovení velikosti sil a použité kombinace zatížení. S modelem SW/0, také s použitím příslušných součinitelů, lze uvažovat, pokud bude konstrukce posuzována pro použití jako spojitý nosník. S použitím modelu SW/2, který je navíc pro vyšší rychlosti, není nutno kalkulovat vůbec.

#### *3.4.8 Počet a typy montážních spojů*

Jedná se o jeden z klíčových faktorů, který má přímou vazbu na průhyb konstrukce, její celkovou tuhost a rychlost montáže. Z uvedeného důvodu se požaduje, aby pro staticky možné varianty byl počet montážních spojů co nejmenší. Optimální je počet hlavních spojů pro délku konstrukce **24 m v rozmezí 2,1 – 2,4 spoje na 1 bm konstrukce** a pro délku konstrukce **42 m v rozmezí 2,8 – 3,1 spoje na 1 bm konstrukce**. Důležitým faktorem je i dostupnost spoje pro montážníky, jak při montáži, tak při demontáži konstrukce. Naopak vyšší počet spojů umožňuje jednodušší manipulaci a přepravu materiálu, řeší variabilitu délky mostní konstrukce. Vystřídané spoje u dvoupatrového mostu přispívají ke zvýšení tuhosti konstrukce.

### 3.4.9 Doba montáže konstrukce

Ve vztahu k řešení krizových situací jde o jeden z nejdůležitějších parametrů a jeho hodnota by se měla pohybovat **v rozmezí od 4 do 8 bm/hod**. Rychlost montáže je přímo závislá na počtu montážních spojů a hmotnosti dílů

Jeden z důležitých požadavků na konstrukci, který kromě požadavku souvisejícího s rychlostí montáže zohledňuje i způsob a tím i rychlost osazení smontované konstrukce do překážky. Pokud by měla konstrukce splňovat požadavek na vhodnost jejího použití v různých podmínkách, pak je třeba zajistit, aby konstrukce vyhovovala pro montáž výsunem, osazení do otvoru pomocí jeřábů a letmou montáž, případně montáž na pevné skruži.

S vysouváním konstrukce přímo souvisí parametr výšky konstrukce, protože spouštění na ložiska je další časově náročnou činností. Podmínkou pro vysouvání je zřízení vysouvací dráhy a vybavení konstrukce pomůckami pro výsun, například výsuvným krakorcem.

S osazováním konstrukce do otvoru přímo souvisí parametr hmotnosti konstrukce. Pokud by měla být tato metoda stavby použita, alespoň do délky konstrukce 24 metrů, bez použití speciálních jeřábů, pak je třeba, aby hmotnost konstrukce (bez svršku a zábradlí) nepřekročila hodnotu 1,3 t/bm.

Letmá montáž a montáž na pevné skruži jsou pouze doplňkovými způsoby stavby, které lze při splnění podmínek pro oba předchozí způsoby prakticky vždy realizovat, avšak doba provedení se prodlužuje (stavba skruže, montážní podpěry).

Komplexní rychlost stavby mostu s využitím této konstrukce, bez času potřebného pro výstavbu (rekonstrukci) krajních opěr a mezilehlých pilířů, ale zahrnující rozvinutí pracoviště vlastní stavbu mostu a provedení hlavní prohlídky, by se měla pohybovat v rozmezí **1,0 – 1,3 bm/hod**.

Montáž mostu mimo osu, na staveništi a následné vložení do otvoru či příčný zásun vzhledem k místním podmínkám a hmotnosti smontované konstrukce není vždy optimální, resp. možné. Hmotnost takto smontovaného mostu délky 42 m lze předpokládat okolo **80 - 110 t**, což při odhadovaném požadovaném vyložení jeřábu 10 – 15 m nejsou ani těžké automobilní jeřáby schopny zvládnout a kolejové jeřáby nemusí být k dispozici. Navíc, ne vždy jsou v okolí mostu prostorové podmínky pro montáž celku. Nová konstrukce by tedy měla být schopna postupné montáže v ose mostu a postupným výsunem nad překážku.

### 3.4.10 Příprava stavby,

Na celkové době stavby se její příprava může podílet významnou měrou, především s ohledem na projektovou přípravu, kdy je nutné zajistit geodetická data z místa stavby,

vyprojektování konstrukce a stanovení místně nejvýhodnějšího způsobu montáže konstrukce.

Při existenci CAD modelu konstrukce ve vhodném datovém formátu, lze dobu projektové přípravy velmi výrazně zkrátit, nelze ale zkrátit dobu nutnou pro získání geodetického zaměření místa stavby a dobu pro stanovení nejvýhodnějšího způsobu montáže.

Lze předpokládat, že doba přípravy stavby, včetně dopravy materiálu a zřízení staveniště nepřesáhne jeden týden.

#### *3.4.11 Celková doba stavby - doba vyloučení provozu,*

Doba vyloučení provozu, je jedním z důležitých faktorů, protože její snížení výrazně ovlivňuje výši škody způsobené vyloučením provozu (dle údajů z roku 2013 se **za 1 hodinu na 1 kolejné trati kalkuluje cena 66 000,- Kč**). Kromě toho je třeba započítat i náklady na náhradní autobusovou dopravu, které je třeba kalkulovat cenou **30 Kč/km + 120 Kč/hodina čekání (30 Kč/15 minut čekání)**. Uvedenou cenu je třeba navýšit o DPH. Při vyloučení provozu na vícekolejné trati se náklady násobí počtem kolejí.

Kromě rychlosti montáže a vlastní stavby mostu ji ovlivňuje i schopnost vybudovat most nejen z trati (výsun a kolejové jeřáby), ale i z prostoru pod (nad) tratí. Proto je nutné do podmínek pro stavbu nové konstrukce vložit i podmínku stavby pomocí automobilních jeřábů, protože tato možnost, tím, že umožňuje zahájení obnovy na více místech vyloučeného úseku, výrazně zkracuje dobu vyloučení provozu.

#### *3.4.12 Univerzálnost použití součástí a celé konstrukce,*

Nejedná se o rozhodující parametr, ale jeho dodržení má významný vliv na jednoduchost a tedy rychlost montáže, systém skladování a vyskladňování na stavbu. Nelze připustit, aby se rozlišovaly součástky (i např. pouze spojovací) s předurčením pro levou a pravou stranu konstrukce. Omezení počtu součástí mostu má příznivý vliv na výrobní cenu mostní konstrukce. Celkový počet součástí pro sestavení konstrukce by neměl překročit **počet 30**.

Tento parametr souvisí s možností úpravy pro silniční provoz a s parametrem úpravy svršku na mostě. Dosažení univerzálnosti v použití nesmí být na úkor statických vlastností a nesmí konstrukci neúměrně prodražit.

#### *3.4.13 Životnost*

Při systému běžného skladování, bez požadavku na dodržování předepsané teploty a vlhkosti, musí být životnost konstrukce **minimálně 50 let**. Životnost konstrukce při jejím

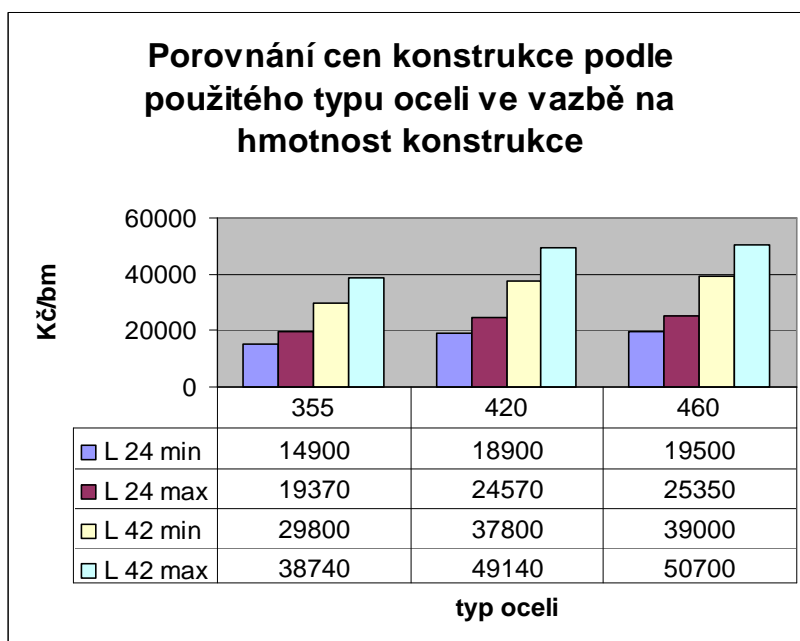
zabudování se bude odvíjet od délky zabudování, intenzity provozu a umístění součástky v konstrukci. Podmínkou pro únavové zatížení je bezpečné přenesení **15 - 20 milionů náprav o hmotnosti 25 t**. Životnost také přímo souvisí s univerzálností použití součástek a jejími podmínkami jsou:

- opatření hlavních součástek systémem sledování doby jejich použití, včetně místa zabudování (způsob a intenzita namáhání),
- podmínky skladování.

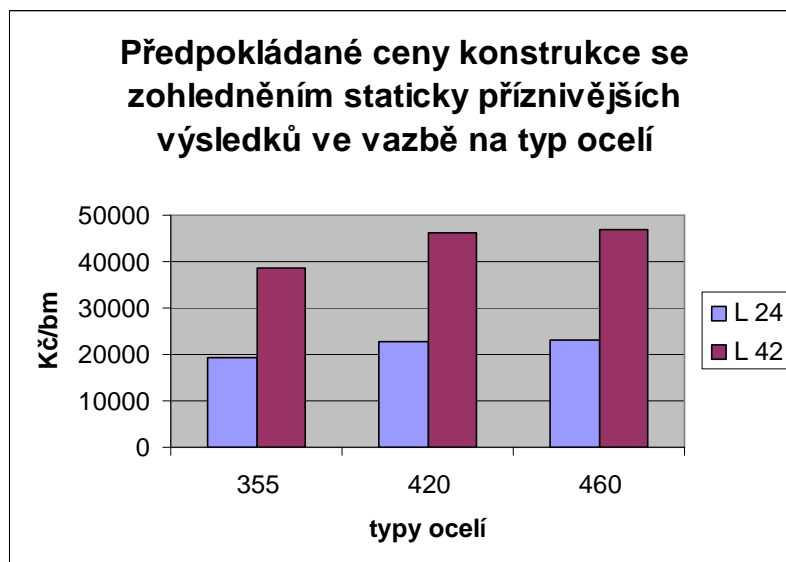
Opatření konstrukce vhodným nátěrem se promítá do výrobní ceny.

#### 3.4.14 Cena výroby konstrukce

Je dána zvoleným materiálem, hmotností konstrukce, složitostí výroby součástek a požadavkem na odolnost a přesnost pro zajištění opakovatelné smontovatelnosti. Ceny ploché válcované oceli uvažované v bodu 7. se v současné době (I/2014) pohybují v rozmezí od **14,90 Kč/kg do 21,50 Kč/kg** (bez DPH), tj. rozdíl v ceně činí cca 50%.



Vzhledem k vyšší kvalitě ocelí 420 a 460 lze očekávat dosažení lepších výsledků nejen ze statického hlediska, ale i z hlediska hmotnosti konstrukce a tím minimálně o 10% snížit náklady na materiál. Předpokládané zvýšení ceny o 20%, při použití oceli vyšší kvality, je akceptovatelné.



Další zvýšení ceny nové konstrukce, oproti srovnatelné konstrukci stálé, cca 10 – 20% je třeba kalkulovat na splnění požadavku na odolnost a přesnost pro zajištění opakovatelné smontovatelnosti. Za základní ukazatel pro cenu výroby je možno zvolit hodnotu v rozmezí od 55 – 65 Kč/kg konstrukce (bez DPH), která nezahrnuje vlastní cenu materiálu a byla získána na základě ocenění výroby základních prvků konstrukce, která splňuje požadovaná kritéria statická i rozměrová. Cena platí pro konstrukce plnostěnné, jednoduché. V případě konstrukcí příhradových pohybovalo by se rozpětí od 60 Kč/kg do 80 Kč/kg dle složitosti konstrukce. Povrchovou úpravu rozebíratelné konstrukce není nutné započítávat, protože její kvalita, která obvykle zvyšuje náklady na výrobu cca o 10 – 15%, musí být srovnatelná s povrchovou úpravou trvalé konstrukce.

S ohledem na prioritní zajištění rychlosti montáže/stavby by celková **cena výroby neměla překročit o více než o 40% cenu výroby, co do délky srovnatelné, trvalé konstrukce.**

#### 3.4.15 Cena stavby mostu s použitím této konstrukce

Je dána počtem osob, druhem montážní techniky a dobou trvání stavby. Při srovnání se stavbou trvalého mostu by celková cena stavby mostu měla být v rozmezí **±10% srovnatelná**. Ve srovnávací ceně nejsou kalkulovány náklady na pořízení montážních pomůcek, výsuvnou dráhu, výsuvný krakorec a další prvky nezbytné pro výsun.

#### 3.4.16 Úprava svršku na mostě

Řešení svršku na mostě musí umožňovat dodržet zřízení tvaru svršku jako na oboustranně přilehlém traťovém úseku. Montáž svršku musí být možná bez jakéhokoliv zásahu do vlastní mostní konstrukce. Dále musí umožňovat:



plynulé výškové vyrovnání **průhybu ideálně až o 60 mm**,

odsunutí vnějšího kolejnicového pásu v příčném směru oboustranně o polovinu vzepětí oblouku na mostě, max. až o **225 mm** pro zabudování do oblouku,

montáž pojistných úhelníků z bezpečnostního hlediska při vykolejení železničních vozidel.

Možnost rozšíření rozchodu není podmínkou. Variantní uspořádání svršku na konstrukci s využitím mostnic se doporučuje.

## 4 Příklad parametrů perspektivního železničního provizória

Na základě rozboru parametrů perspektivního železničního provizória uvedeného v kapitole 3, lze doporučit následující strukturu parametrů a jejich členění, při jehož respektování je zachována na jedné straně jednoduchost a přehlednost, na druhé straně je zachována i komplexnost pohledu, nutná pro efektivní vypsání veřejné soutěže na novou konstrukci.

Typ	Parametr	Hodnota
Konstantní	Zatížení dle platných norem	EN, model zatížení 71
	Délka jednoho pole konstrukce <i>(z důvodu omezení stavební výškou se připouští vícepatrová konstrukce nebo po výšce proměnná)</i>	42 m 24 m – snížená stavební výška
	Délky montážních dílů konstrukce	1,5 – 3,0 – 6,0 m
Binární	Statické působení konstrukce	Prostý nosník
	Schopnost vytvářet kolejové obvody	Ano
	Vybavení pro upevnění stožárů trakčního vedení	Ne
	Použití v oblouku	Ano – $R \geq 500$ m
	Použití i pro silniční provoz	Ne
	Chodníky pro pěší	Ano – provozní důvody
Diskrétní	Rychlost pojezdění	40 – 60 km/hod
	<b>Průhyb konstrukce</b> (jednoho pole)	$(1/400 - 1/500)L$ L – rozpětí jednoho pole
	<b>Stavební výška konstrukce</b>	2,7 m – rozpětí do 42 m 1,3 m – rozpětí do 24m
	Hmotnost konstrukce	2,6 t/bm – rozpětí do 42 m 1,3 t/bm – rozpětí do 24m
	Materiál konstrukce	Ocel S 355J2+N, S420N, S460N, S460M/ML
	Pootočení a prokluz v tahovém spoji	Max. 1 – 2 mm
	Zatížení konstrukce, namáhání a únavová životnost	EN, Model 71 min. 100x zabudování min 15 - 20 mil cyklů (přejezdů náprav)

Počet a typy montážních spojů	2,4 /bm – rozpětí do 42 m 3,1 /bm – rozpětí do 24m
Doba montáže konstrukce	4 – 8 bm/hod
Příprava stavby	Dny – jednotky týdnů
<b>Celková doba stavby</b> – doba vyloučení provozu	Jednotky týdnů
Univerzálnost použití součástí a celé konstrukce	Unifikace ale nezaměnitelnost součástí
Životnost	Min 50 let nezabudovaná Min. 30 let zabudovaná
Cena výroby konstrukce	Max o 40% více ve srovnání s trvalým mostem
Cena stavby mostu (s touto konstrukcí)	Srovnatelná s trvalým mostem, ±10%
Úprava svršku na mostě	Výšková rektifikace až 60 mm; horizontální rektifikace ± 225 mm, montáž pojistných úhelníků (vykolejení)
<b>Celková cena provizorního mostu</b>	Vypočte se na základě koncepčního návrhu

Takto definovaná tabulka parametrů může být doplněná o vhodnou preambuli, kde bude shrnut účel konstrukce z hlediska vnější a vnitřní bezpečnosti, ve kterém budou zdůrazněny hlavní požadavky jednotlivých resortů a naznačeno kritérium efektivity nové konstrukce.

## 5 Závěr

V předcházejících kapitolách navržený postup získání parametrů perspektivní konstrukce mostního provizoria pro železnici byl zpracován s ohledem na maximální objektivnost, což by mělo v budoucnu zaručit úspěšnost při vypsání veřejné soutěže na tento typ konstrukce.

Při postupu podle této metodiky by různí zpracovatelé parametrů měli dojít k prakticky shodným výsledkům, nebo bude jednoduše identifikovatelný zdroj rozdílů, který může být následně podroben odborné diskuzi.

Nelze říci, že se v budoucnu neobjeví nějaký další parametr, který bude muset být uvažován při návrhu konstrukce, je ale vysoce pravděpodobné, že bude možné ho zařadit do jedné z kategorií parametrů (konstantní, binární a diskrétní) a podle toho s ním i dále objektivně pracovat. Stejně tak nelze říci, že se v následujících letech nezmění návrhové normy a předpisy, postup stanovení parametrů podle této metodiky ale umožňuje velmi snadnou aktualizaci, přičemž se ale nemění obecný postup stanovení těchto návrhových parametrů, jen se upraví příslušná kritéria.

Z tohoto pohledu je tato metodika dlouhodobě a obecně platná a tedy vhodná pro použití ve státní správě na tzv. strategické úrovni řízení.

## 6 Použitá a související literatura

- [1] Simon, P. a kol. Analýza současného stavu. Výzkumná zpráva projektu TA02030318. 2013
- [2] HRDOUŠEK, V. a kol. *Navrhování mostních konstrukcí podle Eurokódů*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-90-0.
- [3] ENGLISH, Jan a Jan MAZAČ. *Základy stavby zatímních železničních mostů z materiálu PIŽMO a ŽM*. Druhé. Praha: Ministerstvo dopravy, odbor krizového řízení, 2008.

### Normy

- ČSN 73 2603. *Ocelové mostní konstrukce: Doplňující specifikace pro provádění, kontrolu kvality a prohlídky*. Praha: PONTIS, spol. s r. o, 2011.
- ČSN 73 6200. *Mosty: Terminologie a třídění*. Praha: CTN PRAGOPROJEKT, a.s, 2011.
- ČSN 73 6201. *Projektování mostních objektů*. Praha: PRAGOPROJEKT, a.s., 2008.
- ČSN 73 6209. *Zatěžovací zkoušky mostů*. Praha: Kloknerův ústav ČVUT, 1996.
- ČSN 73 6301. *Projektování železničních drah*. Praha: SUDOP Praha a. s., 1998.
- ČSN 73 6320. *Průjezdne průřezy na dráhách celostátních, dráhách regionálních a vlečkách normálního rozchodu*. Praha: RAIL EXPLOR s. r. o., 1997.
- ČSN 73 6360-1. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha: Část 1: Projektování*. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 1998.
- ČSN EN 13481-8. *Železniční aplikace - Trať: Požadavky na provedení systémů upevnění - Část 8: Systémy upevnění kolejí pro vysoká nápravová zatížení*. Praha: Asociace podniků českého železničního průmyslu, 2006.
- ČSN EN 15273-1. *Železniční aplikace - Průjezdne průřezy tratí a obrysy vozidel: Část 1: Obecně - Společné zásady pro infrastrukturu a vozidla*. Praha: ACRI – Asociace podniků českého železničního průmyslu, 2014.
- ČSN EN 15273-2. *Železniční aplikace - Průjezdne průřezy tratí a obrysy vozidel: Část 2: Obrysy vozidel*. Praha: ACRI – Asociace podniků českého železničního průmyslu, 2014.
- ČSN EN 15273-3. *Železniční aplikace - Průjezdne průřezy tratí a obrysy vozidel: Část 3: Průjezdne průřezy tratí*. Praha: ACRI – Asociace podniků českého železničního průmyslu, 2014.
- ČSN EN 15528 +A1. *Železniční aplikace - Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidly*. Praha: ACRI – Asociace podniků českého železničního průmyslu, 2013.

ČSN EN 50122-2. *Drážní zařízení - Pevná trakční zařízení - Elektrická bezpečnost, uzemnění a zpětný obvod: Část 2: Ochranná opatření proti účinkům bludných proudů DC trakčních soustav.* ed. 2. Praha: ACRI – Asociace podniků českého železničního průmyslu, 2011.

ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.* ed. 2. Praha: Kloknerův ústav, ČVUT, 2011.

ČSN P ENV 1991-1. *Zásady navrhování a zatížení konstrukcí: Část 1: Zásady navrhování.* Praha: Kloknerův ústav, ČVUT, 1996.

ČSN EN 1991-2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Část 2: Zatížení mostů dopravou.* Praha: Kloknerův ústav, ČVUT, 2005.

ČSN EN 1993-2. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí: Část 2: Ocelové mosty.* Praha: ČVUT v Praze, 2008.

ČSN ISO 15686-1. *Budovy a jiné stavby - Plánování životnosti: Část 1: Obecné principy a rámec.* Praha: Centrum technické normalizace, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2014.

TNŽ 73 6260. *Ocelové podlahy na nosných konstrukcích železničních mostů.* Praha: Státní ústav dopravního projektování v Praze, 1977.

TNŽ 73 6261. *Uložení mostnic na ocelových nosných konstrukcích železničních mostů.* Praha: SUDOP Praha a.s., 1992.

TNŽ 73 6280. *Navrhování a provádění vodotěsných izolací železničních mostních objektů.* Praha: SUDOP Praha a.s., 2000.

## **TP a Předpisy – MD, SŽDC, ČD**

Předpis ČD D2. *Předpis pro organizování a provozování drážní dopravy.* Praha: České dráha s. o., Divize obchodně provozní, 2001.

Předpis ČD D4. *Předpis pro tvorbu jízdních řádů a pomůcek.* Praha: České dráha s. o., Divize obchodně provozní, 2002.

Předpis ČD SR5. *Určování zatížitelnosti železničních mostů.* Praha: SUDOP Praha, 1996.

TKP3 01. *Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah: Všeobecně.* Třetí vydání. Praha: Správa železniční dopravní cesty s. o., 2010.

TKP3 08. *Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah: Konstrukce koleje a výhybek.* Třetí vydání. Praha: Správa železniční dopravní cesty s. o., 2012.

TKP3 19. *Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah: Ocelové mosty a konstrukce.* Třetí vydání. Praha: Správa železniční dopravní cesty s. o., 2008.

TKP3 21. *Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah: Mostní ložiska a ukončení nosné konstrukce mostu.* Třetí vydání. Praha: Správa železniční dopravní cesty s. o., 2006.

TKP3 31. *Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah: Trakční vedení*. Třetí vydání.  
Praha: Správa železniční dopravní cesty s. o., 2006.

Železniční most ŽM–16, díl I text (Žel-6-2/1), MD VŽelV, Praha 1959

Železniční most ŽM–16, díl II materiál (Žel-6-2/2), MD VŽelV, Praha 1959

Železniční most ŽM–16, díl III obrázky (Žel-6-2/3), MD VŽelV, Praha 1959

Modernizovaný železniční most ŽM 16M, instrukční knížka, FMD VŽelV, Praha 1983

## 7 Přílohy

Příloha 1 ..... Použití v oblouku – návrh a analýza vzepětí

Příloha 2 ..... Výpočet průhybu

Příloha 3 ..... Výpočet sil v tahovém spoji

Příloha 4 ..... Stanovení rychlosti poježdění



## Použití v oblouku – návrh a analýza vzepětí

### Návrh parametru konstrukce svršku na novém mostním provizoriu pro možnost jeho použití v oblouku

K objektivnímu návrhu potřebného parametru byl použit postup vycházející ze skutečné potřeby zřizování oblouků na mostě.

V prvním kroku byly prověřeny stávající délky mostních konstrukcí ve vztahu k poloměru oblouků.

Vycházelo se z poskytnuté databáze, podle které je na celé síti 17835 mostních otvorů, z toho jich je 6191, tj. 34,7% v oblouku o poloměru 150 m a větším. Ostatní mostní otvory jsou v přímé.

Pro všechny mostní otvory byly vypočteny hodnoty vzepětí.

Východiskem pro další postup byla skutečnost, že hodnota vzepětí pro poloměr  $R = 500$  m při mostním poli délky 30 m je 22,5 cm a při délce mostního pole 42 m je 44 cm.

Pro novou konstrukci, pro kterou byla uvažována její maximální délka 42 m, byly vytvořeny následující variantní předpoklady:

1. konstrukce umožní zřídit kolej se vzepětím 15 cm, což přísluší oblouku o poloměru  $R = 1470$  m,
2. konstrukce umožní zřídit kolej se vzepětím 20 cm, což přísluší oblouku o poloměru  $R = 1102$  m,
3. konstrukce umožní zřídit kolej se vzepětím 25 cm, což přísluší oblouku o poloměru  $R = 882$  m,
4. konstrukce umožní zřídit kolej se vzepětím 30 cm, což přísluší oblouku o poloměru  $R = 735$  m,
5. konstrukce umožní zřídit kolej se vzepětím 35 cm, což přísluší oblouku o poloměru  $R = 630$  m,
6. konstrukce umožní zřídit kolej se vzepětím 40 cm, což přísluší oblouku o poloměru  $R = 550$  m.

Porovnáním s vypočtenými hodnotami vzepětí na stávajících mostech bylo zjištěno:

1. Při možnosti zřizovat vzepětí do 15 cm lze obnovit 5204 mostních otvorů, tj. 84,06%. Z hlediska obtížně obnovitelných 987 mostních otvorů z důvodu zřizování oblouku je 517 otvorů delších než 42 m a jejich obnovu by bylo nutno i při použití nové konstrukce provést minimálně s použitím dvou mostních polí, jejichž uspořádáním by bylo možno eliminovat nemožnost zřízení požadovaného vzepětí. Nevýhodou při této variantě je skutečnost, že 470 mostních otvorů, tj. 7,60%, jejichž délky se pohybují v rozmezí od 13,6 m do 41,5 m a nacházejí se

- v obloucích o poloměrech od 150 do 1000 m, by bylo nutno také zřizovat místo jednoho stávajícího mostního pole dvě mostní pole.
2. Při možnosti zřizovat vzepětí do 20 cm lze obnovit 5310 mostních otvorů, tj. 85,77%. Z hlediska obtížně obnovitelných 881 mostních otvorů z důvodu zřizování oblouku je 516 otvorů delších než 42 m a jejich obnovu by bylo nutno i při použití nové konstrukce provést minimálně s použitím dvou mostních polí, jejichž uspořádáním by bylo možno eliminovat nemožnost zřízení požadovaného vzepětí. Nevýhodou při této variantě je skutečnost, že 365 mostních otvorů, tj. 5,90%, jejichž délky se pohybují v rozmezí od 16,82 m do 41,5 m a nacházejí se v obloucích o poloměrech od 150 do 1000 m, by bylo nutno také zřizovat místo jednoho stávajícího mostního pole dvě mostní pole.
  3. Při možnosti zřizovat vzepětí do 25 cm lze obnovit 5387 mostních otvorů, tj. 87,01%. Z hlediska obtížně obnovitelných 881 mostních otvorů z důvodu zřizování oblouku je 516 otvorů delších než 42 m a jejich obnovu by bylo nutno i při použití nové konstrukce provést minimálně s použitím dvou mostních polí, jejichž uspořádáním by bylo možno eliminovat nemožnost zřízení požadovaného vzepětí. Nevýhodou při této variantě je skutečnost, že 288 mostních otvorů, tj. 4,65%, jejichž délky se pohybují v rozmezí od 17,7 m do 41,5 m a nacházejí se v obloucích o poloměrech od 150 do 560 m, by bylo nutno také zřizovat místo jednoho stávajícího mostního pole dvě mostní pole.
  4. Při možnosti zřizovat vzepětí do 30 cm lze obnovit 5448 mostních otvorů, tj. 88,00%. Z hlediska obtížně obnovitelných 743 mostních otvorů z důvodu zřizování oblouku je 516 otvorů delších než 42 m a jejich obnovu by bylo nutno i při použití nové konstrukce provést minimálně s použitím dvou mostních polí, jejichž uspořádáním by bylo možno eliminovat nemožnost zřízení požadovaného vzepětí. Nevýhodou při této variantě je skutečnost, že 227 mostních otvorů, tj. 3,66%, jejichž délky se pohybují v rozmezí od 19,6 m do 41,5 m a nacházejí se v obloucích o poloměrech od 150 do 560 m, by bylo nutno také zřizovat místo jednoho stávajícího mostního pole dvě mostní pole.
  5. Při možnosti zřizovat vzepětí do 35 cm lze obnovit 5537 mostních otvorů, tj. 89,44%. Z hlediska obtížně obnovitelných 654 mostních otvorů z důvodu zřizování oblouku je 484 otvorů delších než 42 m a jejich obnovu by bylo nutno i při použití nové konstrukce provést minimálně s použitím dvou mostních polí, jejichž uspořádáním by bylo možno eliminovat nemožnost zřízení požadovaného vzepětí. Nevýhodou při této variantě je skutečnost, že 170 mostních otvorů, tj. 2,75%, jejichž délky se pohybují v rozmezí od 13,6 m do 41,5 m a nacházejí se v obloucích o poloměrech od 150 do 1000 m, by bylo nutno také zřizovat místo jednoho stávajícího mostního pole dvě mostní pole.

6. Při možnosti zřizovat vzepětí do 35 cm lze obnovit 5586 mostních otvorů, tj. 90,22%. Z hlediska obtížně obnovitelných 605 mostních otvorů z důvodu zřizování oblouku je 480 otvorů delších než 42 m a jejich obnovu by bylo nutno i při použití nové konstrukce provést minimálně s použitím dvou mostních polí, jejichž uspořádáním by bylo možno eliminovat nemožnost zřízení požadovaného vzepětí. Nevýhodou při této variantě je skutečnost, že 125 mostních otvorů, tj. 2,02%, jejichž délky se pohybují v rozmezí od 13,6 m do 41,5 m a nacházejí se v obloucích o poloměrech od 150 do 1000 m, by bylo nutno také zřizovat místo jednoho stávajícího mostního pole dvě mostní pole.

Vzepětí (cm)	Možno obnovit	Vždy nutno obnovit více polí	Vynucená obnova dvěma poli	Pro mostní otvory	
				v obloucích o R (m)	délek (m)
15	5204	517	470	150 - 1000	13,60 – 41,5
20	5310	516	365	150 - 1000	16,82 – 41,5
<b>25</b>	<b>5387</b>	<b>516</b>	<b>288</b>	<b>150 - 560</b>	<b>17,70– 41,5</b>
30	5448	516	227	150 - 560	19,60 – 41,5
35	5537	484	170	150 - 560	22,00 – 41,5
40	5586	480	125	150 - 500	22,00 – 41,5

### Závěr

Rozdíl možnosti obnovitelných mostních otvorů ve vazbě na zvyšující se hodnotu vzepětí činí 354 mostních otvorů, což představuje v procentuálním vyjádření rozdíl 3,84%.

Zvyšování možnosti zřízení vzepětí umožňuje ve vazbě na poloměr výrazné zlepšení při překročení hranice 20 cm, kdy se v kategorii vynucené obnovy dvěma poli již nevyskytují mostní otvory v obloucích R = 1000m.

Z hlediska délek konstrukcí lze při zvyšování hodnoty vzepětí prodlužovat délku obnovitelných konstrukcí v rozmezí od 13,60 do 22,00 m.

Počet mostních otvorů v tomto délkovém rozmezí je následující

	Délkové rozmezí		
	13,60 – 22,00 (vzepětí 15 cm)	16,82 – 22,00 (vzepětí 20 cm)	17,70 – 22,00 (vzepětí 25 cm)
Počet mostních otvorů	119	19	7

**Na základě porovnání provedených výpočtů lze konstatovat, že optimální je, aby nová konstrukce umožňovala zřízení koleje o vzepětí 25 cm. Minimálně by však měla umožňovat vzepětí 20 cm.**

Zvyšování možnosti zřídit vzepětí větší než 25 cm je možné, ale výsledný efekt není úměrný předpokládanému úsilí, které by bylo nutno vynaložit na jeho technické zvládnutí bez negativního vlivu na vlastní konstrukci.

## **Posouzení parametru vzepětí na nové konstrukci z hlediska její použitelnosti na mostních konstrukcích působících ze statického hlediska jako spojitý nosník a nacházejících se v oblouku.**

Na konstrukcích působících ze statického hlediska jako spojitý nosník je celkem 1329 mostních otvorů z toho 437, tj. 32,88% mostních otvorů je v oblouku o poloměru  $R = 150$  metrů a více.

Při možnosti na nové konstrukci provádět:

### vzepětí do 15 cm

Ize obnovit 47, tj. 10,75% mostních otvorů, nacházejících se v obloucích o poloměru od 350 do 1750 m při délkách konstrukcí od 6,65 do 32,2 m

### vzepětí do 20 cm

Ize obnovit 57, tj. 13,04% mostních otvorů, nacházejících se v obloucích o poloměru od 350 do 1750 m při délkách konstrukcí od 6,65 do 32,2 m

### vzepětí do 25 cm

Ize obnovit 59, tj. 13,50% mostních otvorů, nacházejících se v obloucích o poloměru od 350 do 1750 m při délkách konstrukcí od 6,65 do 37,2 m

### vzepětí do 30 cm

Ize obnovit 67, tj. 15,33% mostních otvorů, nacházejících se v obloucích o poloměru od 310 do 1750 m při délkách konstrukcí od 6,65 do 37,2 m

### vzepětí do 35 cm

Ize obnovit 103, tj. 23,57% mostních otvorů, nacházejících se v obloucích o poloměru od 310 do 1750 m při délkách konstrukcí od 6,65 do 44,8 m. Z toho však je 22 mostních otvorů delších než 42 m, které nelze obnovit novou konstrukcí, a proto se musí počet obnovitelných otvorů snížit na 81, tj. 18,53% a maximální délka obnovovaných konstrukcí nepřekročí hranici 37,2 m

### vzepětí do 40 cm

Ize obnovit 119, tj. 27,23% mostních otvorů, nacházejících se v obloucích o poloměru od 310 do 1750 m při délkách konstrukcí od 6,65 do 49,5 m. Z toho však je 26 mostních otvorů delších než 42 m, které nelze obnovit novou konstrukcí, a proto se musí počet obnovitelných otvorů snížit na 93, tj. 21,28% a maximální délka obnovovaných konstrukcí nepřekročí hranici 37,2 m

## **Závěr**

Při zvyšování možnosti provádět na konstrukci vzepětí v rozmezí od 15 do 40 cm se prakticky nemění délka obnovitelných konstrukcí, ani poloměr. Rozdíl v počtu obnovitelných

mostních otvorů mezi vzepětím 15 cm a 40 cm představuje zvýšení o 36 mostních otvorů, tj. o 8,24%.

Z hlediska využitelnosti nové mostní konstrukce pro obnovu mostních konstrukcí, působících ze statického hlediska jako spojitý nosník a nacházejících se v oblouku lze **ponechat parametr vzepětí 25 cm**, který byl zjištěn jako optimální pro použití u prostých nosníků.

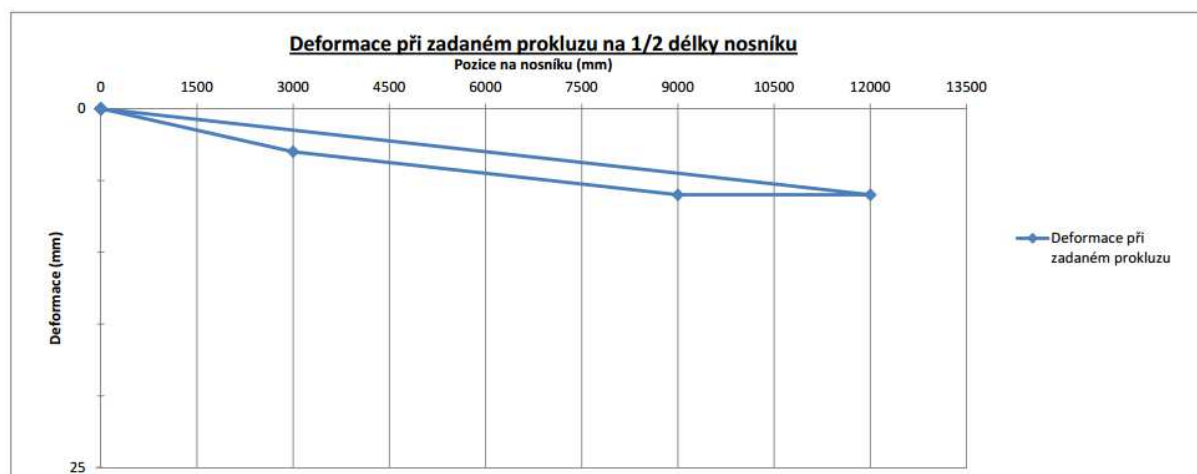
## Výpočet průhybu

Výpočet průhybu pro danou koncepční variantu mostního provizoria je klíčový pro další posuzování konceptu a jeho efektivnosti. Pro výpočet stačí použít běžné znalosti ze stavební mechaniky pro výpočet průhybu na prostém nosníku, kde se nejvýznamněji projeví kvadratický moment průřezu mostního provizoria. U koncepčního návrhu je celkem snadné tento kvadratický moment s dostatečnou přesností odhadnout a použít pro výpočet bez detailní představy o uspořádání konstrukce mostu.

Při výpočtu průhybu se u konstrukce mostního provizoria s rozebíratelnými spoji prakticky vždy projeví prokluz ve spojích, který se bude pohybovat v řádu jednotek milimetrů na jeden spoj. Na následujících obrázcích jsou vidět výstupy z excelovské aplikace usnadňující tento výpočet včetně vlivu prokluzu ve spojích.

### Výpočet deformace od prokluzu





Prokluz v jednom detailu	1 mm	
Výška průřezu	2000 mm	
Poměr (prokluz/ výška průřezu)	0,0005	
Úhel zalomení	0,000500 rad	
Úhel zalomení	0,500 mrad	
		Počet n
Počáteční a koncová délka úseku	3000	2
Mezilehlé vzdálenosti úseků	6000	3
Celková délka nosníku	24000	5



## Výpočet sil v tahovém spoji

Pro posouzení konceptu mostního provizoria je nutné kromě průhybu konstrukce posoudit také klíčový detail, což je v naprosté většině případů u rozebíratelné konstrukce tahový spoj mezi jednotlivými díly konstrukce.

Sílu v tahovém spoji je možné poměrně jednoduše určit z ohybového momentu na konstrukci a polohy osy tahového spoje vůči neutrální ose průřezu. S touto znalostí je možné následně provést optimalizační výpočet např. v excelovské aplikaci, která byla pro tento účel vyvinuta [1]. Příklad výstupu z této aplikace je na následujícím obrázku.

LIMIT PRŮHYBU	PROKLUZ	S355						OCEL S460					
		24m		42m - (SPŘ. 75%)		24m		42m - (SPŘ. 75%)					
			MSP	MSÚ		MSP	MSÚ		MSP	MSÚ		MSP	MSÚ
L / 300	0,0 mm	30/2500/1340/8/2 - 1632,7	0,51	0,75	30/2500/1340/8/2 - 3264,1	0,76	0,83	25/2500/1350/8/2 - 1437,18	0,59	0,75	25/2500/1350/8/2 - 2874,36	0,86	0,87
	2,0 mm	25/2500/1550/8/2 - 1462,3	0,64	0,87	25/2500/1550/8/2 - 2924,6	0,86	0,93	20/2500/1560/10/2 - 1312,52	0,72	0,88	20/2500/1560/10/2 - 2625,04	0,95	0,97
	4,0 mm	25/2500/1750/8/2 - 1487,42	0,69	0,74	25/2500/1750/8/2 - 2974,8	0,88	0,85						
L / 400	0,0 mm	25/2500/1550/8/2 - 1462,3	0,60	0,87	25/2500/1550/8/2 - 2924,6	0,87	0,93	20/2500/1560/10/2 - 1312,52	0,71	0,88	20/2500/1560/10/2 - 2625,04	0,99	0,97
	2,0 mm	25/2500/1750/8/2 - 1487,42	0,69	0,80	25/2500/1750/8/2 - 2974,8	0,93	0,85	20/2500/1960/8/2 - 1317,6	-	-	20/2500/1960/8/2 - 2635,1	0,86	0,86
	4,0 mm	25/2500/1950/8/2 - 2974,8	-	-	25/2500/1950/8/2 - 3025,08	0,99	0,79	25/2500/1750/8/2 - 1487,4	0,69	0,63	25/2500/1750/8/2 - 2974,84	0,93	0,7
L / 500	0,0 mm	30/2500/1540/8/2 - 1657,3	0,65	0,68	30/2500/1540/8/2 - 3314,58	0,96	0,75	20/2500/1760/8/2 - 1292,4	0,7	0,84	20/2500/1760/8/2 - 2584,85	0,99	0,93
	2,0 mm	25/2500/1950/8/2 - 1512,54	-	-	25/2500/1950/8/2 - 3025,08	0,96	0,79	25/2500/1950/8/2 - 1512,55	-	-	25/2500/1950/8/2 - 3025,1	0,77	0,67
	4,0 mm												

Při této optimalizaci je vzat v úvahu typ příčného průřezu konceptu mostu a z toho vyplývající poloha tahových spojů, materiál, průhyb včetně prokluzů a příčné výztuhy. Tato aplikace zásadním způsobem umožňuje snížit náklady při vývoji, protože již v samém začátku vývoje je možné velmi přehledně zkoumat vlivy změn v příčném řezu konstrukce na její celkové chování a také namáhání v tahovém spoji.



## Stanovení rychlosti poježdění

Pro stanovení optimální návrhové rychlosti poježdění nové provizorní konstrukce byl proveden, s využitím Předpisu pro tvorbu jízdních řádů a pomůcek GVD (ČD D4), výpočet modelových případů pro přejezd dvou typů vlaků expres osobní (Ex) jedoucí rychlostí 140 km/hod a nákladní expres (Nex) jedoucí rychlostí 100 km/hod za předpokladu jejich zpomalení pro přejezd mostního objektu délky 100 metrů na 90 – 20 km/hod a následného rozjezdu na plnou rychlost. Výpočet byl prováděn v Excelu. Hodnoty podbarvené zeleně lze měnit a výsledky podbarvené modře se automaticky přepočítávají. Postup výpočtu, pro dva z celkem 16 provedených výpočtů, je uveden v následujících tabulkách.

Délka mostní konstrukce:	$d_m =$	100	m	
Vlak Expres	$d_v =$	300	m	
	$v_0 =$	140	km/h	
<b>Zpomalení před mostem:</b>				
				$t = (v_0 - v_1) / a$
$a =$	0,5	m/s <sup>2</sup>		$t =$ 27,78 s
$v_0 =$	140	km/h	$v_0 =$ 38,9 m/s	$d = (v_1 * t) - (0,5 * a * t^2)$
$v_1 =$	90	km/h	$v_1 =$ 25 m/s	$d =$ 887 m
<b>Přejezd mostu</b>				
$d_m =$	100	m		$t = d / v$
$d_v =$	300	m		$t =$ 16,00 s
$v_1 =$	90	km/h	$v_1 =$ 25 m/s	$d = d_m + d_v$
				$d =$ 400 m
<b>Zrychlení za mostem:</b>				
$a_{20-80} =$	0,3	m/s <sup>2</sup>		$t = (v_1 - v_2) / a$
$a_{nad80} =$	0,1	m/s <sup>2</sup>		$t_{na 80 km/h} =$ -9,26 s
$v_1 =$	90	km/h	$v_1 =$ 25 m/s	$t = (v_2 - v_3) / a$
$v_2 =$	80	km/h	$v_2 =$ 22,2 m/s	$t_{nad 80 km/h} =$ 166,7 s
$v_0 =$	140	km/h	$v_3 =$ 38,9 m/s	$d = (v_2 * t) - (0,5 * a * t^2)$
				$d_{na 80 km/h} =$ -219 m
				$d = (v_0 * t) - (0,5 * a * t^2)$
				$d_{nad 80 km/h} =$ 5093 m
<b>Výsledek:</b>				
Při pomalé jízdě lze ujet, včetně zpomalení a zrychlení, vzdálenost 6161,3 m. Doba strávená při jízdě pomalou rychlostí činí 201,2 sekund. Plnou traťovou rychlostí 140 km/h lze tento úsek projet za 158,4 sekund. Vzniklý časový rozdíl mezi plnou a pomalou jízdou je 42,8 s.				

Tab. P4.1 – výpočet pro zpomalení Ex na 90 km/hod

Délka mostní konstrukce:	dm=	100	m	
Vlak nákladní expres	dv=	500	m	
	v <sub>0</sub> =	100	km/h	
<b>Zpomalení před mostem:</b>				
a=	0,5	m/s <sup>2</sup>		$t=(v_0-v_1)/a$
				t= 44,44 s
v <sub>0</sub> =	100	km/h	v <sub>0</sub> = 27,8 m/s	$d=(v_1*t)-(0,5*a*t^2)$
v <sub>1</sub> =	20	km/h	v <sub>1</sub> = 5,56 m/s	d= 741 m
<b>Přejezd mostu</b>				
dm=	100	m		$t=d/v$
dv=	500	m		t= 108,00 s
v <sub>1</sub> =	20	km/h	v <sub>1</sub> = 5,56 m/s	$d=dm+dv$
				d= 600 m
<b>Zrychlení za mostem:</b>				
a <sub>20-80</sub> =	0,3	m/s <sup>2</sup>		$t=(v_1-v_2)/a$
a <sub>nad80</sub> =	0,1	m/s <sup>2</sup>		t <sub>na 80km/h</sub> = 55,56 s
v <sub>1</sub> =	20	km/h	v <sub>1</sub> = 5,56 m/s	$t=(v_2-v_3)/a$
v <sub>2</sub> =	80	km/h	v <sub>2</sub> = 22,2 m/s	t <sub>nad 80km/h</sub> = 55,6 s
v <sub>0</sub> =	100	km/h	v <sub>3</sub> = 27,8 m/s	$d=(v_2*t)-(0,5*a*t^2)$
				d <sub>na 80 km/h</sub> = 772 m
				$d=(v_0*t)-(0,5*a*t^2)$
				d <sub>nad 80km/h</sub> = 1389 m
<b>Výsledek:</b>				
Při pomalé jízdě lze ujet, včetně zpomalení a zrychlení, vzdálenost 3501,2 m. Doba strávená při jízdě pomalou rychlostí činí 263,6 sekund. Plnou traťovou rychlostí 100 km/h lze tento úsek projet za 126,0 sekund. Vzniklý časový rozdíl mezi plnou a pomalou jízdou je 137,5 s.				

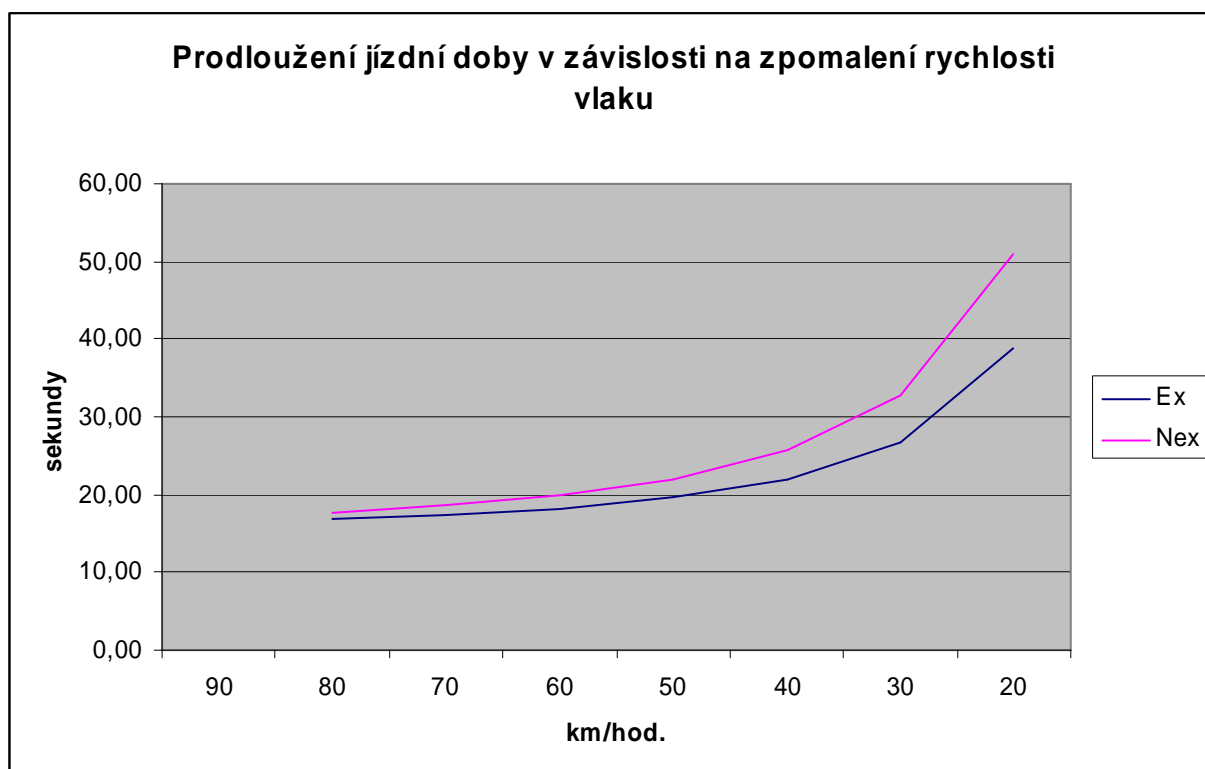
Tab. P4.2 – Výpočet pro zpomalení Nex na 20 km/hod

Pro zkoumané případy, které lze, z hlediska běžného provozu, považovat za extrémně nepříznivé, jak pro uvažovanou délku vlaků (Ex = 300 m, Nex = 500 m), tak pro jejich rychlost byly zjištěné výsledky sestaveny do následující přehledné tabulky P4.3.

Snížení rychlosti na (km/hod)	Ujetá vzdálenost (m)	Čas strávený pomalou jízdou (s)	Rozdíl mezi skupinami (s)	Čas strávený plnou vlakovou rychlostí (s)	Časový rozdíl mezi pomalou a vlakovou rychlostí (s)
1	2	3	4	5	6
Ex na 90	6161,32	201,19	0	158,4	42,8
Ex na 80	6511,11	218,00	16,81	167,4	50,6
Ex na 70	6819,75	235,39	17,39	175,4	60,0
Ex na 60	7087,24	253,63	18,24	182,2	71,4
Ex na 50	7313,58	273,24	19,61	188,1	85,2
Ex na 40	7498,77	295,26	22,02	192,8	102,4
Ex na 30	7642,80	322,07	26,81	196,5	125,5
Ex na 20	7745,69	360,89	38,82	199,2	161,7
Nex na 90	1916,87	75,90	0	69,0	6,9
Nex na 80	2266,67	93,67	17,77	81,6	12,1
Nex na 70	2575,31	112,34	18,67	92,7	19,6
Nex na 60	2842,80	132,30	19,96	102,3	30,0
Nex na 50	3069,14	154,31	22,01	110,5	43,8
Nex na 40	3254,32	179,93	25,62	117,2	62,8
Nex na 30	3398,35	212,74	32,81	122,3	90,4
Nex na 20	3501,23	263,60	50,86	126,0	137,6

Tab. P4.3 Souhrnný přehled vypočítaných výsledků

Pro názornější interpretaci byly výsledky zpracovány formou spojnicového grafu (obr. P4.1).



Obr. P4.1 Graf prodlužování jízdní doby v závislosti na snižování rychlosti

Vypočítané hodnoty prodlužování jízdní doby (viz tabulka 20 sloupec 4) při snižování rychlosti v rozmezí od 90 km/hod do 40 km/hod (viz obr. 4) nepředstavují pro propustnou výkonnost trati a tvorbu grafikonu vlakové dopravy významný problém.

S ohledem na skutečnost, že o stanovení výsledné rychlosti poježdění konstrukce rozhoduje, po výstavbě zatímního mostu, provedení zatěžovací zkoušky, je třeba za optimální výpočtovou rychlost nové konstrukce považovat rychlost 40 – 60 km/hod. Jen tak je možno zabránit tomu, aby skutečná rychlost poježdění nepoklesla pod 30 km/hod, což je z hlediska zajištění plynulého provozu krajní hodnota snížené rychlosti. Snížení rychlosti na 20 km/hod (viz obr. 4) je již časově náročné a navíc, s ohledem na energetickou náročnost rozjezdu vlaku, i neekonomické. Zvyšování rychlosti nad 60 km/hod (viz obr. 4) již nepřináší významné zkrácení jízdní doby a proto není nutné při návrhu nové konstrukce s rychlostmi vyššími než 60 km/hod uvažovat.