



## Konstrukce nových stadionů v Číně. A nejen to...

Symposium IASS-APCS, jež se konalo od 16. do 19. října 2006 v Pekingu, bylo zaměřeno na stavby stadionů pro olympijské hry v Číně. Účastníkům nabídlo kromě odborného programu i představení několika staveb, výjimečných nejen z hlediska architektonického, ale i technického. S obdivem jsme se seznámili s Čínou trojí tváře.

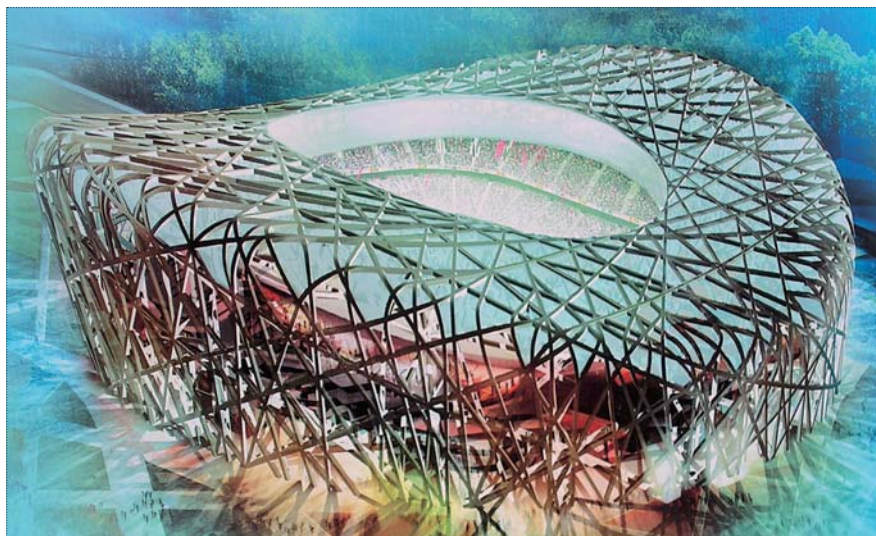
Čína časů císařských dynastií je reprezentována stavbami a dalšími kulturními památkami té doby – ať už se jedná o Zakázané město, Letní palác, Chrám nebes, nebo Velkou zeď. Stejně tak jsou návštěvníkům Číny na každém kroku nabízeny tradiční produkty, jako jsou hedvábí, nefritové šperky (nefrit je zelený minerál ze skupiny amfibolů – pozn. red.) a perly, i služby tradiční medicíny. Všudypřítomné lamaistické chrámy s množstvím Buddhů charakterizují zdejší tradiční náboženství.

Z období budování komunismu „trčí“ v Pekingu už jen řada vysokopodlažních domů s malometrážními byty a velký portrét Mao Ce-tunga na náměstí Tchien-anen a na bankovkách.

Do popředí se dnes dere dravý, částečně řízený kapitalismus, reprezentovaný skleněnými paláci, moderní dálniční sítí a komplexy budov s obchody naplněnými kvalitním zbožím a skvělými restauracemi. Takové stavby nekompromisně nahrazují původní zástavbu.

Příkladem je budova New Beijing Poly Plaza s největší skleněnou fasádou na světě – o rozměrech 90 × 60 m, jejíž nosnou konstrukci tvoří lanová síť (projektoval ji americký Skidmore, Owings & Merrill LLP). V posledních deseti letech bylo v Číně postaveno také množství sportovních arén a stadionů, kulturních a dopravních staveb, z nichž všechny jsou originální nejen architektonicky, ale zpravidla i volbou konstrukčního řešení.

Vrcholem jsou některé stavby pro olympijské hry v roce 2008. Celkem vyrostlo dvanáct nových stadionů a sportovních komplexů a dalších jedenáct je zevrubně rekonstruováno. Centrem dění bude trojice stadionů v západní části severního konce



National Stadium aneb Ptačí hnízdo



National Stadium – montáž ocelových konstrukcí



New Beijing Poly Plaza se skleněnou fasádou o rozměrech 90 × 60 m – největší na světě

Pekingské středové osy: monumentální National Stadium, konstrukčně a architektonicky originální National Aquatic Center a National Indoor Stadium. Z dalších olympijských staveb je pro nás velmi zajímavý stadion Peking University Gymnasium, který nezapře inspiraci konstrukčním systémem české Sazka Areny.

### NATIONAL STADIUM

(ve výstavbě)

#### Architektonický návrh a projekty

Herzog & de Meuron (Švýcarsko), China Architecture Design & Research Group and Arup Associates

#### Konstrukce

Shanghai Baoye Construction Co., Beijing Urban Construction Group Co., Beijing N & L Fabric Technology

Díky zdánlivě chaotickému uspořádání nosných prvků stadion připomíná ptačí hníz-

do, což ale bylo záměrem architekta. Toto přirovnání vyniká zejména na maketě stadionu, která nyní stojí na náměstí Tchien-anmen před časomírou odpočítávající hodiny do zahájení her. Vnější rozměry stadionu pro 80 000 stálých a 11 000 dočasných diváků jsou 332,3 × 296,4 m. Výška stadionu je průměrná – od 42,8 do 68,5 m. Změť hlavních nosných prvků, které směřují v tečném směru k centrálnímu otvoru o rozměrech 127,5 × 186,7 m, má svůj primární řád (např. zřetelná základní sestava dvojic příhradových konzolovitých rámců). Další prvky, zdánlivě náhodně „poházené“, pak opravdu dotvářejí vzhled ptačího hnízda.

Základním konstrukčním prvkem je ocelový truhlík o rozměrech příčného řezu 1,2 × 1,2 m, s tloušťkou stěny 20 mm a hustým rastrem vnitřních výtuh. Prvky jsou geometricky složité, zakřivené v obou rovinách a též v křutu. Na šablonách jsou sestavovány do montážních dílů, které jsou následně přivařovány k již hotové konstrukci.



- Původně byl stadion navržen pro 100 000 diváků, s celkovou hmotností ocelových konstrukcí 53 800 t, poté byl projekt zredukován na současný stav s hmotností 41 800 t. Přesto jsou rozsah prací a obtížnost výroby a montáže ocelových konstrukcí v našich podmínkách těžko představitelné.

Konstrukci zakrývá jednoduchá vrstva vysoce transparentní membrány ETFE, sestávající z 1 024 prvků o celkové ploše 38 000 m<sup>2</sup>. Vnitřní strana konstrukce je zakryta sekundární konstrukcí – 53 000 m<sup>2</sup> PTFE akustické membrány. Monumentální ocelová konstrukce „obaluje“ vnitřní betonovou konstrukci tribun, schodišť a dalších prostorů.



National Aquatic Center

### NATIONAL AQUATIC CENTER

(ve výstavbě)

#### Architektonický návrh a projekty

China State Construction Engineering Co., PTW and Ove Arup (Australia)

#### Konstrukce

China Construction First Group Steel Structure Co., Zhejiang Southeast Space Frame Co.

Stadion pro 17 000 diváků má základní tvar krychle o rozměrech 177 × 177 × 31 m. Vnitřní prostor se dvěma protilehlými tribunami je rozdělen na skokanskou a plaveckou část. V kontrastu s jednoduchým vnějším tvarem je konstrukce oslavou chaosu a protestem proti svazujícím pravidlům a zákonitostem. Je tvořena na pohled zcela nepravidelným a náhodným shlukem bublin, které sestávají opět ze svařených čtvercových nosníků stykovaných na obřích styčnickových koulích. Konstrukce po dokončení vytvoří tuhý rám s tvarem založeným na tzv. WP polyedrál ní teorii (*polyedrál ní uspořádání struktury = tetraedry, oktaedry – pozn. red.*). Střešní i stěny jsou pokryty ETFE membránou.



National Indoor Stadium

### NATIONAL INDOOR STADIUM

(ve výstavbě)

#### Architektonický návrh a projekty

Beijing Institute of Architectural Design

#### Konstrukce

Beijing Urban Construction Group Co.

Stadion s kapacitou 18 000 diváků o půdorysných rozměrech 114 × 144,5 m je multifunkční aréna pro všechny sálové sporty. Jemně zvlněná střešní je tvořena 14 vzpínadlovými nosníky s táhly v obou směrech. Střešní se svými 1 800 t trubek a 176 t lan dokazuje úspornost řešení vzpínadlových systémů. Stěny jsou betonové, s mohutnými křížovými ocelovými ztužidly; u víceproniků trubek jsou opět použity kulové styčníky.

### PEKING UNIVERSITY GYMNASIUM

(ve výstavbě)

#### Architektonický návrh a projekty

The Architectural Design & Research Institute of Tongji University

#### Konstrukce

China Construction 1<sup>st</sup> Building Co.

Menší aréna s půdorysnými rozměry 103 × 92 m, která pojme 8 000 diváků, je určena především pro stolní tenis. Při prezentaci stavby na konferenci byla přednášejícím jako inspirace pro konstrukční systém uvedena včetně fotodokumentace „Sazka



Peking University Gymnasium

Arena, Prag, Hungary“. Po vyjasnění polohy Prahy v Evropě se v následných diskuzích potvrdilo, že autoři se inspirovali prostorovým předpjatým vzpínadlem Sazka Areny. To sice má menší rozměry, na druhou stranu však vazníky nejsou stejné a proměnným tvarem horního pásu vytvářejí vnější charakteristický tvar střešního pláště, který je metaforou tradiční čínské architektury. Vnitřní centrální prázdný prostor ve středovém válcovém tubusu je využit pro zastřešení průhledným kulovým světlíkem, který evokuje zasunutý pingpongový míček.

Kromě stadionů pro olympijské hry bylo na konferenci prezentováno několik unikátních konstrukcí sportovních arén, které vznikly mimo kontext olympijských her.

### TENNIS CENTRE SHANGHAI (2005)

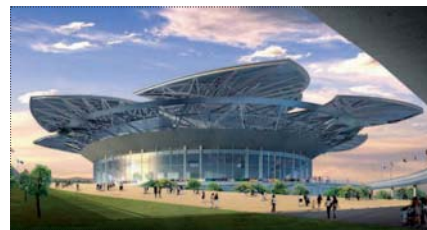
Architektonický návrh a projekty

Shanghai Institute of Architectural Design & Research

#### Konstrukce

China 3<sup>rd</sup> Construction Engineering Bureau, Shanghai Mechanized Construction Co., Jiangnan Heavy Industry Co., Shanghai Taiyokogyo Co.

Stadion pro 15 000 diváků byl postaven pro tenisový Turnaj mistrů v Šanghaji v letech 2005–2007. Díky variabilnímu vnitřnímu uspořádání může být adaptován i pro ostatní sálové míčové sporty. Konstrukce je ►



Tennis Centre Shanghai





Fundan University Zhengda Gymnasium

► unikátní z pohledu teoretické konstrukční morfologie s ohledem na použití posuvné střechy ve tvaru osmi listů květu magnolie. Systémy posuvných střech s mnoha segmenty byly doposud popisovány pouze v teoretických studiích.

Konstrukci tvoří tři hlavní části. Základem je mohutný prostorový příhradový kruhový rošt o průměru 123 m, 24 m široký a 7 m vysoký. „Okvětní lístky“ střechy jsou uloženy na pohyblivém mechanismu, který sestává z jednoho čepu a tří kruhových soustředěných kolejnic. Samotné listy jsou mohutné příhradové konstrukce délky 72 m a šířky 48 m. Konzola každého listu měří 61,5 m. Aerodynamické vlastnosti byly ověřeny ve větrném tunelu.

#### FUNDAN UNIVERSITY ZHENGDA GYMNASIUM (2005)

##### Architektonický návrh a projekty

The Architectural Design & Research Institute of Tongji University

##### Konstrukce

Shanghai Taiyo Kogyo Co.

Konstrukce střechy stadionu pro 5 000 diváků s předpjatou PTFE membránou je nesená na extrémně štíhlém příčném oblouku složitým a vizuálně nádherným systémem předpjatých lan. Stadion byl postaven ke 100. výročí založení Fundan University.

#### THE STADIUM OF NANTONG CONFERENCE & EXHIBITION CENTER (2006)

##### Architektonický návrh a projekty

The Architectural Design & Research Institute of Tongji University

##### Konstrukce

Shanghai Baoye Construction Co., Shanghai Taiyo Kogyo Co.

Stadion pro 32 000 diváků má největší posuvnou střechu v Číně. Má tvar kulového vrchlíku s vnějším průměrem 227 m a výškou 55 m. Sestává z neposuvné části podpořené šesti hlavními a (na každé straně) pěti podružnými obloukovými příčnými trojbokými příhradovými rámy s rozpětím až

262 m. Ty slouží i jako podpory 22 kolejnic pro dva posuvné segmenty eliptických jednovrstvých skořepinových konstrukcí pokryté PTFE membránou. Celková hmotnost konstrukce je 10 800 t, hmotnost posuvných částí 750 t. Střecha se uzavře za 20 minut rychlostí 3 m/min. Nápadná je podobnost s japonským stadionem Oita Big Eye Stadium, postaveným pro mistrovství světa ve fotbale v roce 2002.

#### YUANJIAGANG STADIUM (2003)

##### Architektonický návrh a projekty

China Southwest Architectural Design & Research Institute

##### Konstrukce

Jiangsu Huning Steel Structure & Machinery Co.

Stadion pro 60 000 diváků byl postaven pro Asijské fotbalové mistrovství v roce 2004. Konceptce jeho konstrukčního uspořádání stojí na zvýšení podélných a snížení bočních tribun. To umožňuje zastřešení dvou podél-



NanTong Conference &amp; Exhibition Center



Foshan Century Lily Stadium

ných tribun prostorovou skořepinou s čelním obloukem na rozpětí 312 m. Výpočet byl proveden suvažováním geometrické nelinearity. Průhyb při maximální kombinaci zatížení je 482 mm, což je 1/64 rozpětí. Šířka střechy je 78 m, nejvyšší místo oblouku 60,3 m. Tato skořepinová konstrukce je největší svého druhu na světě. Její celková hmotnost je 4 341 t, což odpovídá 121 kg/m<sup>2</sup>.



Chongqing YuanJiaGang Stadium

#### FOSHAN CENTURY LOTUS (LILY) STADIUM (2006)

##### Architektonický návrh a projekty

GMP (Německo), China Southwest Architectural Design & Research Institute

##### Konstrukce

Beijing & Fabric Technology Company Limited, Shanghai Baoye Construction Co.

Stadion s membránovým zastřešením tvaru květu lilie má vnější průměr kruhu 310 m a průměr otvoru 125 m. Tyto rozměry představují rozponem největší membránové konstrukce v Číně. Konstrukce sestává ze tří systémových částí, které tvoří vlastní nosná ocelová konstrukce, nosná lanová předpjatá konstrukce a vlastní předpjatá membránová konstrukce o celkové ploše 78 000 m<sup>2</sup>.

#### KONSTRUKCE S MEMBRÁNOVÝM ZASTŘEŠENÍM

Rozvoji membránové technologie v teoretické i praktické oblasti se v Číně intenzivně věnují od roku 1970. Skutečný rozvoj nastal po dokončení fotbalového stadionu v Šanghaji pro 80 000 diváků v roce 1997. Poté následovalo více než tisíc projektů s použitím membrán, většinou zahraničních výrobců. Některé příklady stadionů s tímto typem zastřešení originálních tvarů a static-





Yiwu Stadium



Qingdao Yizhong Stadium



Wuhu Stadium

kých koncepcí jsou uvedeny na obrázcích. V současné době se při výrobě membrán začínají prosazovat čínské technologie, které se kvalitou blíží světové úrovni.

Vladimír Janata,  
Excon, a. s.

#### ZDROJE:

- Materiály a referáty ze symposia IASS-APCS 2006, Beijing
- Development of spatial structures in China (Magazin of Association for spatial structures, China Steel Construction Society 2006)
- Fan, Z., Peng, Y., Qian, J., Zhao, Z.: Research & design of twisted box sections of primary structures for National Stadium Beijing
- Zhou, G.-G., Liu, Y.: Construction technologies study of polyhedral spatial rigid frame for National Swimming Center
- Kang, Ch.-H., Ding, J.-M., Lu, X.-L., Yu, Z.-J.: The Structural design and the fabric roof of the Fundan University Sports Hall in Shanghai
- Qian, F., Wang, W.-D.: The Creativity of the image of sports architecture and the structure design
- Deng, K., Jia, Z.: Chongqing YuanJiaGang Stadium net shell structure
- Sarkisian, M., Mathias, N., Mazeika, A., Long, E.: Lightweight, transparent and dynamic; recent enclosure projects in Beijing
- Huian, Xiao-Bo Weng Weiai: Consideration on the development of membrane structure in China
- Hao Song Shuk, Shi Hai Huang: Introduction of several large scale membrane structures in China
- Journal of IASS 2/2006

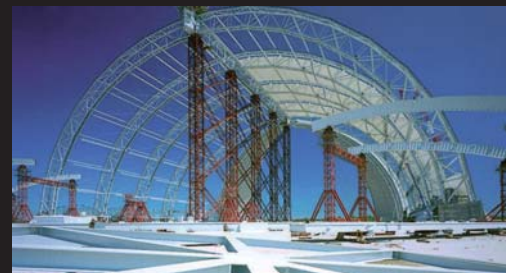
The author of the article focuses on stadiums built for the upcoming Olympic Games in China. He describes specific features and uniqueness of structural solutions and points out progressive applications of steel structures. He also points out a sharp development of the membrane technology in theoretical and practical fields in China. As he states, real development started after the finishing of the football stadium in Shanghai in 1997. Then more than thousand projects using membranes followed in this country.

**SALZGITTER  
MANNESMANN  
STAHLHANDEL**

Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

**SYSTEM SERVIS OCEL**

[www.salzgitter.cz](http://www.salzgitter.cz)



- NOSNÍKY I, IPE, U, UPE, HEA, HEB, HEM
- SPECIÁLNÍ PROFILY
- TYČE KRUHOVÉ, ČTVERCOVÉ, PLOCHÉ
- ÚHELNÍKY ROVNORAMENNÉ, NEROVNORAMENNÉ
- TENKÉ PLECHY
- POZINKOVANÉ PLECHY
- TLUSTÉ PLECHY A BRAMY
- KOTLOVÉ PLECHY
- VYSOKOPEVNOSTNÍ PLECHY
- PLECHY K ZUŠLECHTĚNÍ
- OTĚRUVZDORNÉ PLECHY
- ŽÁRUPEVNÉ PLECHY
- TRAPÉZOVÉ PLECHY
- TVAROVÉ VÝPALKY
- BEZEŠVÉ A SVAŘOVANÉ TRUBKY
- PŘESNÉ TRUBKY
- ČTVERCOVÉ TRUBKY
- BEZEŠVÉ A SVAŘOVANÉ
- OBDÉLNÍKOVÉ TRUBKY
- SVAŘOVANÉ A BEZEŠVÉ
- ELIPTICKÉ UZAVŘENÉ PROFILY

#### VÝROBNÍ ZÁVODY:

SALZGITTER, PEINE, ILSENBURG,  
MANNESMANN RÖHRENWERKE

#### OSTATNÍ SKLADY:

GLADBECK, DÜSSELDORF,  
MANNHEIM, HANNOVER,  
BERLIN, LAUCHHAMMER,  
PLOCHINGEN

Salzgitter Mannesmann Stahlhandel s. r. o.  
Na Bojišti 24, 120 00 Praha 2  
telefon: 00420-224 915 805  
telefax: 00420-224 900 830  
e-mail: [salzgitter@salzgitter.cz](mailto:salzgitter@salzgitter.cz)  
[www.salzgitter.cz](http://www.salzgitter.cz)

Salzgitter Mannesmann Stahlhandel s. r. o.  
Sklad Lutín - areál Sigma  
J. Sigmunda 79, 783 50 Lutín  
telefon: 00420-585 652 780  
telefax: 00420-585 652 781