

5/2013

# BETON

TECHNOLOGIE • KONSTRUKCE • SANACE

PREFABRIKACE

PŘÍLOHA  
20 LET ČBS

ISSN 12133116



9 771213 1311009



10

# VÝSTAVBA MUZEA EVROPSKÝCH A STŘEDOMOŘSKÝCH CIVILIZACÍ ■ ERECTION OF THE MUSEUM OF CIVILISATIONS FROM EUROPE AND THE MEDITERRANEAN



1

V Marseille bylo letos dokončeno nové velké muzeum – MuCEM, které je zajímavé v mnoha směrech. Jedná se o první francouzské muzeum celostátního měřítka, které bylo realizováno v regionu a ne v Paříži. Dále se jako první muzeum zaměřuje na historii a současnost středomořských civilizací v kontextu celého světa. A novátorské je také svým provedením s využitím moderních materiálů a stavebních postupů. ■ Earlier this year, a new big museum – MuCEM was completed in Marseille. It is worth noticing in many ways. It is the first French museum on national level erected in a region instead of in Paris. As the first museum it focuses on historical and current Mediterranean civilisations in the context of the whole world. It is also innovative in the way of using modern materials and construction processes.

U vstupu do starého marseillského přístavu, vznášející se mezi nebem a mořem, otevírá nové Muzeum evropských a středomořských civilizací (Musée des Civilisations de l'Europe et de la Méditerranée – MuCEM) své brány veřejnosti. Doširoka otevřené, vykresluje horizont na místě, kde se setkávají dva břehy Středozemního moře.

Dosud žádné muzeum na světě nebylo zasvěceno Středomořským civilizacím, které jsou přitom z historického i kulturního hlediska nesmírně cenné. Proto vzniklo MuCEM, otevřené v létě t. r., kdy je Marseille propůjčen titul „Evropské hlavní město kultury“. Muzeum je realizováno v součinnosti státu, města Marseille, Rady departementu Bouche-du-Rhône a Regionální rady Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Jeho sbírky sestávající z více než milionu děl a předmětů, jsou kompletně stěhovány do Marseille.

Dnešní MuCEM je třetí etapou existence velkého muzea zasvěceného společnosti. Jeho počátky leží v roce 1884, kdy byl otevřen „Sál Francie“ v Etnografickém muzeu v pařížském výstavním paláci Trocadéro. Druhá etapa bylo nové Etnografické muzeum (Musée des arts et traditions populaires), které bylo otevřeno roku 1937 v Paříži a zaniklo právě vybudováním MuCEM.

Muzeum civilizací jednadvacátého století, MuCEM, se zaměřuje především na středomořské kultury. Z po-

hledu srovnávacího a multidisciplinárního je zařazuje do kontextu ostatního světa, v kterém Evropa a další kontinenty okolo Středozemního moře hrají významnou roli. Nabídne nový pohled na středomořské kultury.

Výstavba MuCEM probíhala pod tlakem tak, aby se vše dokončilo v roce 2013. Velké projekty, jako tento státní, bývají vystaveny neočekávaným rizikům a příkazům k zastavení a znovu rozeběhnutí prací. Když bylo ztraceno pořádání Poháru Ameriky (série jachtařských závodů), byl projekt uložen k ledu... Znovuoživen byl s přidělením titulu Evropské hlavní město kultury. Čtyři ministři kultury si postupně předávali štafetu s tímto citlivým tématem, tak zásadním pro Marseille. MuCEM je jedinečné národní muzeum umístěné státem do provincie. Představuje také silný prvek projektu Euromediterrané, ambiciózní přestavby a urbanistických úprav velké části Marseille, z něhož 60 ha tvoří přímořské pozemky, jejichž nové využití znovu vlije život do žil přístavu. Vystřídaly se různé scénáře umístě-

Obr. 1 Pevnost Saint Jean a budova J4 spojené lávkou ■ Fig. 1 Saint Jean Fortress and J4 building joined by footbridge

ní, vědecký podklad projektu byl mnohokrát změněn po zamítnutí původních představ, že by se Etnografické muzeum přemístilo jen do Bouloňského lesíku.

Nakonec se MuCEM nachází v Marseille na třech místech: ve čtvrti Belle de Mai je konzervační centrum (samostatná soutěž a financování pomocí PPP), v rekonstruované pevnosti Saint Jean a na mole J4 (obr. 1), kde je umístěno srdce muzea – nová budova obrácená k moři, výchozí bod nových úprav oblasti, která je ze střešní terasy propojena štíhlou lávkou s pevností.

Tři místa, tři nálady pro překvapivé a bohaté expozice nalézající se na ploše 40 000 m<sup>2</sup> – opravdové muzeum 21. století, schopné díky velké nabídce aktivit zaujmout široké publikum. Jedni mohou prostřednictvím expozic cestovat, jiní sledovat přednášku, další zajít na koncert, debatu, promítání... nebo se jen procházet středomořskými zahradami pevnosti St. Jean. MuCEM je živoucí místo otevřené pro všechny.

### Budova J4

Autor budovy, architekt Rudy Ricciotti v červnu 2012 o této stavbě řekl: „Výhledy, moře, slunce, zemitost musí být zakomponovány do návrhu, který bude vzbuzovat zájem o poznání. Nejdříve čtverec o hraně 72 m – klasický půdorys, latinský, pod dohledem Pythagora. V tomto čtverci je vepsaný menší o hraně 52 m, který obsahuje výstavní a konferenční sály a vytváří vlastní srdce muzea. Kolem dokola, nad a pod, jsou servisní a doplňkové prostory. Ale mezi jádrem a servisem probíhají široké volné prostory, které propojují jednotlivé části. Návštěvník, zaujatý výhledy na pevnost, na moře nebo na přístav si vybere svou cestu. Podél dvou propletených ramp se ponoří do pomyslné babylonské věže nebo do zikkuratu, aby nakonec vystoupal až na střechu a k pevnosti St. Jean. Tato obvodová trhlina bude nemuzejním nadechnutím s vůní moře, aby si člověk setřídil myšlenky během prohlížení historie našich kultur. MuCEM bude vertikální casbah

(sídlo náčelníků v severní Africe i arabské čtvrti).

Použití speciálního betonu vycházejícího z posledních francouzských výzkumů redukuje rozměry konstrukce na pouhou kostru potaženou kůží, a potvrzuje minerální rukopis na hradbách pevnosti St. Jean. Jediný matně šedý materiál, který se v dopadajícím světle jemně třpytí, kromě znamenitých mechanických a technologických vlastností bude pět chvátů na mohutnost a křehkost zároveň.

V kraji kamene vyjadřuje MuCEM pomíjivost a inspiraci orientem díky stínům, které vrhá jeho fasáda na vlastní hmotu budovy. *Létající koberec, trochu dlouhý, který plachtí vzduchem přes přístavní bazén a míří do města.*“

Budova J4 (15 510 m<sup>2</sup> čisté podlahové plochy) tvoří pulzující srdce MuCEM. V přízemí je stálá expozice významných epoch v dějinách středomořských civilizací. V patře jsou dvě velké výstavy zasvěcené společenství, měšťům, místům a lidem, které dohromady tvoří Středozemí. Dlouhodobé expozice (tři až pět let) na ploše zhruba 1 750 m<sup>2</sup> představují pět středomořských specifíků: obilí, občanství, monoteistická náboženství, objevování a turismus.

Yann Kersalé, autor koncepce nočního osvětlení, o budově MuCEM řekl: „Stavba je ozvučnou skříňkou kultury ožvivenou mořem, která se v noci stává památkou na odstíny modré. Je interakcí všech kultur, které v níru představuje, a mytickým neměnným mořem. Nekonečný světelný pulz, který chvěje jejími krajkovými fasádami. Moře je zde, zabalené ve své kůži, aby mohlo dát zprávu o své důležitosti, která se ukazuje ve vnitřních expozicích.“

Jižní a západní fasáda jsou těžištěm projektu. Světlo si zde hraje s mnoha vrstvami kameje v barevné škále od modré po tyrkysovou, a tím vytváří na fasádě dojem mihotání na vodní hladině.

### Pevnost Saint Jean

Pevnost St. Jean je památka velké architektonické kvality, která podává svědectví o dlouhé a bohaté historii.

U vstupu do přístavu se proti obloze tyčí pevnostní věž krále Reného z třináctého století. Další věž, pojmenovaná Fanal, byla postavena roku 1644 na přání marseillských loďařů. Stavba pevnosti, na místě bývalého velitelství Svatého Jana Jeruzalémského, byla zahájena z rozhodnutí Ludvíka XIV., za účelem ochrany města. Na příkaz

markýze de Vauban (jeden z nejuznávanějších pevnostních stavitelů a představitelů tzv. francouzské inženýrské školy) byl roku 1679 vykopán hluboký příkop, který pevnost oddělil od města. Během francouzské revoluce pevnost sloužila jako vězení pro Ludvíka Filipa II., vévodu orleánského a jeho dva syny. Jakobíni zajatí v Marseille a Aubagne byli drženi v pevnosti a 5. července 1795 byli zabiti royalisty. Během druhé světové války zde německé jednotky zřídily municiční sklad, jehož exploze při osvobozování města zničila velké množství historických budov.

Pevnost Saint Jean byla zařazena mezi historické památky výnosem z 16. června 1964. Od sedmdesátých let se v ní nacházela oddělení archeologických a podvodních výzkumů, která se v roce 2005 přestěhovala do nové budovy postavené jím na míru v přístavu ve čtvrti Estaque, a pevnost se uvolnila pro projekt MuCEM.

### Centrum konzervace a zdrojů

Výše ve městě, v blízkosti nádraží Saint-Charles, ve čtvrti Belle de Mai, se nachází třetí místo projektu MuCEM – Centrum konzervace a zdrojů, navržené architektkou Corinne Vezzoni (projekt je realizován v rámci PPP). Konzervační centrum bude moderní pracoviště upravené tak, aby bylo z velké části otevřené veřejnosti.

Budova nabídne tři podlaží s více než 10 000 m<sup>2</sup> užitné plochy, kde více než 7 000 m<sup>2</sup> budou depozitáře materiálů a kolekcí. Autorka návrhu ji pojala jako ozvěnu hmoty budovy od Rudyho Ricciottiho, kostku o hraně 72 m, a tím poukázala na to, že přestože je v jiné části města, je i toto centrum součástí instituce MuCEM. Na rozdíl od průhlednosti vyžadované na molu J4, vybrala zde koncept tajemství a ochrany, protože je určena k ochraně a konzervaci muzejních sbírek.

Inspirací jí bylo dílo španělského sochaře Eduarda Chillida – vydlabaný kámen. Do betonové kostky vyhloubila otvory tak, aby rozdělila prostory pro práci a depozitáře pomocí „aleje“, okolo které jsou rozmístěna komunikační jádra. Přístup do budovy je přes stupňovitou terasu. Světlíky projasňují studovny. Parkový prostor je udržován na místě, kde se potkávají technologické prostory a apartmány pro hostující výzkumníky.

Budova byla dokončena v polovině roku 2012 v době, kdy první předměty dorazily na místo.



2

### KONSTRUKČNÍ PRINCIPY A VYSOKOPEVNOSTNÍ VLÁKNOBETON

Vítězná architektonická kancelář navrhla neobyčejně zdrženlivý ale zároveň rafinovaný projekt, který ustupuje od pevnosti i od starého přístavu. Umístěný u vstupu do plavební dráhy komunikuje jak se zemí, tak s mořem a nebem. Zde expresivní tvary nejsou na místě. Architekt, který odjakživa tvořil ve Var (francouzský department, sousedící s dep. Aix-en-Provence, kde leží Marseille), zde postavil na pozemku, který dobře zná a kterému dal do záhlaví velký civilizační počín, do protikladu respekt k minulosti a potřebu continuity. Ani moderní ani módní, odmítající diskuzi o tom, zda má více orientální nebo západoevropský vzhled, a přesto dokonale současný, jeho projekt upřednostňuje intuitivní a sensorický přístup ve vztahu k okolnímu prostředí a k hmotě.

Vklíněný na čtvercové ploše o hraně 72 m vymezené územním plánem (obr. 2), je objem upevněný v krajíně jemnou prolamovanou mřížkou obrácenou na jih, na západ a pokrývající také střechu. Mřížka rámuje vnitřní hranol se čtvercovou základnou o hraně 52 m a výšce 18 m, který ukrývá vlastní tělo muzea. Mezi oběma tělesy probíhají komunikační rampy, stoupající jako u zikkuratů až na střešní terasu s panoramatickým výhledem. Muzeum nabízí různá prostředí: zemitost, základní geometrii, klimatický filtr...

Na starobylý kámen pevnosti odpovídá současný beton svou nejpokročilej-

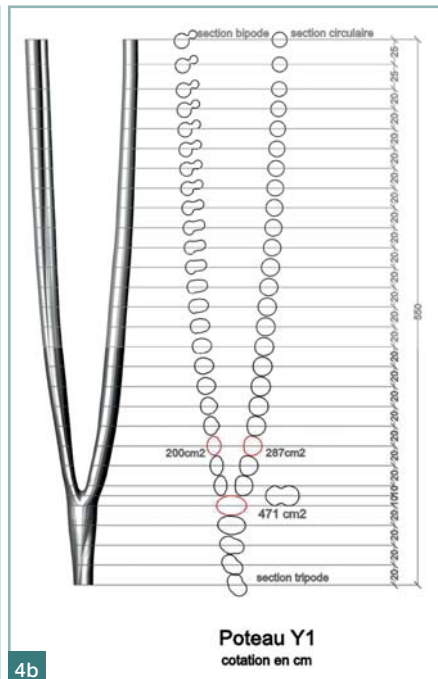
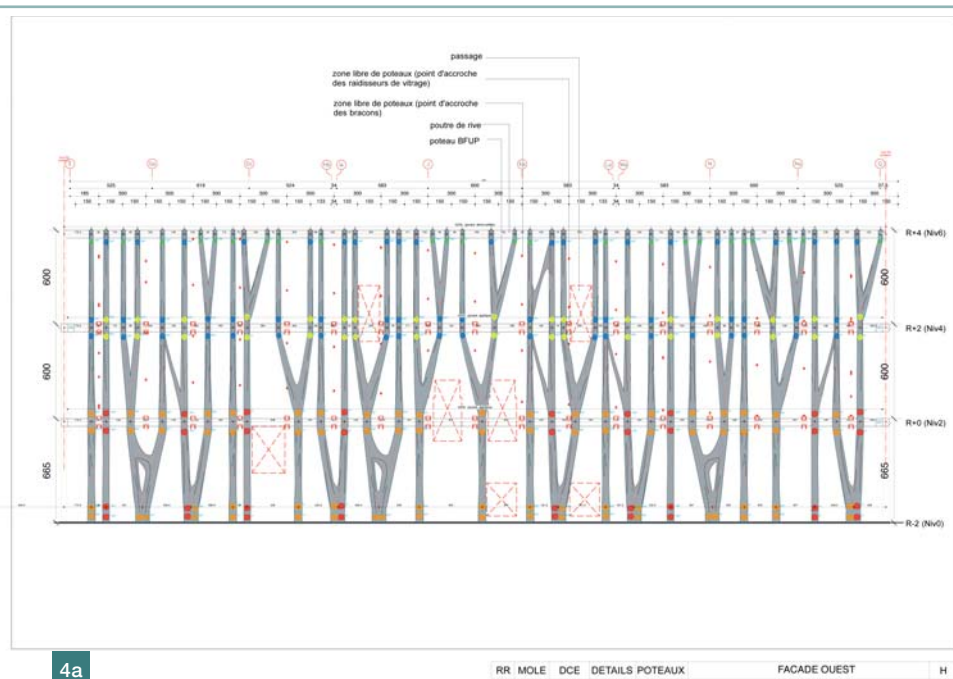
ší technologií a umocňuje jemnost celého díla. Od roku 2002 architekt Rudy Ricciotti sází na ultra vysokopevnostní vláknobeton (UHPFRC), revoluční materiál, který už použil, jako jeden z mála architektů, při realizaci pěší lávky v korejském Soulu v roce 2000. Tento beton poslední generace byl vybrán pro svůj široký rejstřík vlastností, různorodých tak, jako jsou různorodé evropské a středomořské civilizace. Od jednoduchého vzhladu kyklopských kameňů, které drží zemi, po starověký římský beton, tak postupuje vývoj stavby měst.

#### UHPFRC – syrový materiál

Ultra vysokopevnostní vláknobeton je předmětem francouzského výzkumu. Jeho složení (granulát, vlákna a poji-

vo) mu zajišťuje tři základní vlastnosti: mechanickou odolnost v tlaku 6 až 8krát vyšší než má běžný beton, dokonalou nepropustnost a možnost použití do nejrůznějších forem. Tak, jak naznačuje jeho jméno, obsahuje kovová a/nebo syntetická vlákna, která jsou tenčí než vlas a dodávají mu i výborné vlastnosti v tahu. Kompozitní materiál s „uzavřenými póry“, vzduchotěsný i vodotěsný, je odolný i vůči vodní tříšti a chemicky agresivním sloučeninám. Proto se hodí pro použití u projektu stojícího na břehu moře. Díky svému složení a výrobě prefabrikátů v dílně blízko Montpellier, se použitý UHPFRC přirozeně zařadil mezi produkty ekologické a trvanlivé, s předpokládanou životností okolo sta let.





Obr. 2 Výstavba nové budovy MuCEM v marseilleském přístavu ■

Fig. 2 Construction of the new MuCEM building in the port of Marseille

Obr. 3 Nosné sloupy budovy z UHPFRC ■

Fig. 3 UHPFRC load-bearing columns of the building

Obr. 4 Sloupy, a) výkres sloupů podél západní fasády, b) proměnné tvary příčných řezů sloupem v různých výškových úrovních ■

Fig. 4 Columns, a) drawing of western facade columns, b) varying cross-section of the column on different level

Obr. 5 Mřížovina z UHPFRC stínící střešní terasu, nosné prvky (sloupy s konzolami) z UHPFRC ■

Fig. 5 UHPFRC grille shading the roof terrace, UHPFRC load-bearing elements (columns with support brackets)

Během tvůrčího procesu MuCEM měl architekt možnost s ním experimentovat na jiných projektech, především na lávce pro pěší Pont du Diable (Děblův most) v Saint-Guilhem-du-Désert a v Muy na zastřešení vily Navarra (viz Beton TKS 1/2010, pozn. red.). Tyto rozdílné zkušenosti mu dovolily lépe využít potenciál tohoto nového materiálu. Lávka v MuCEM je tedy téměř totožná jako Pont du Diable, pouze na větší rozpětí. Dodavatelé používají UHPFRC již téměř dvacet let na zvláštní zakázky: nádrže na chemikálie, umělecká díla, obkladové desky nebo malé kousky, jako schodišťové stupně, fasádní panely ad.

## Sloupy

Půdorys je obklopen 308 rozvětvenými sloupy (obr. 3). Všechny jsou z UHPFRC prefabrikátů. Rozdělují se do tří skupin: kolmé sloupy, po celé délce konstantního průřezu nebo kónické, které se směrem dolů rozšiřují; sloupy ve tvaru písmene Y v několika různých rozměrových variantách a sloupy ve tvaru písmene N sestávající ze dvou přímých nebo kónických sloupů propojených nakloněnou „větví“.

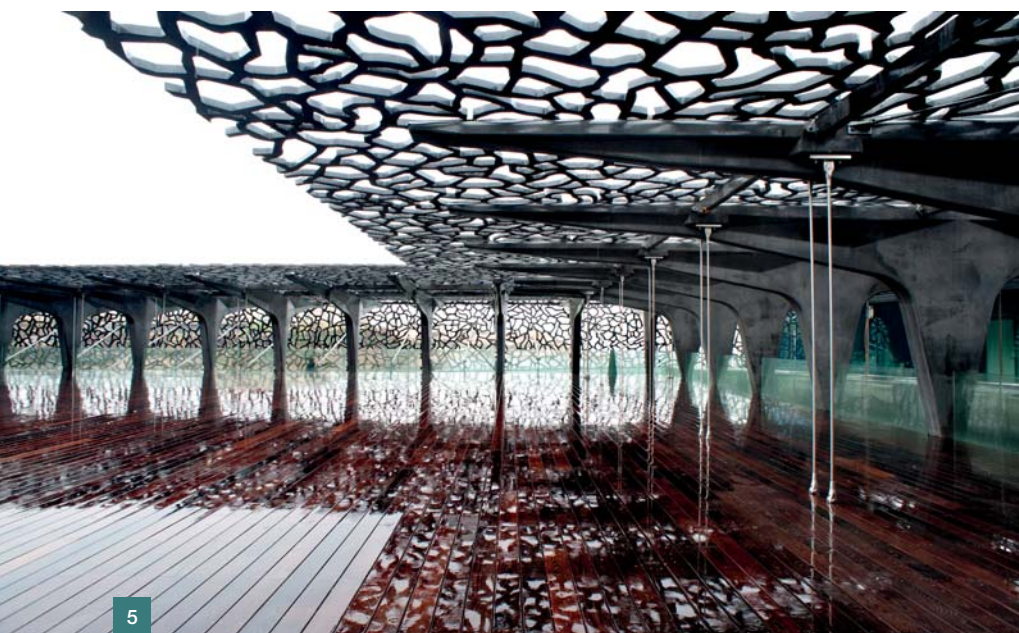
Sloupy jsou různě vysoké podle podlaží, v kterém se nacházejí, 2,79; 5,54; 6,12 a nejvyšší 8,79 m. Průměry sloupů se pohybují od 250 po 400 mm (obr. 4). Sloupy mohou být osazeny v obou polohách, jedním nebo druhým koncem dolů tak, aby působily vizuálně odlišně. Celkově je dvacet možných uspořádání.

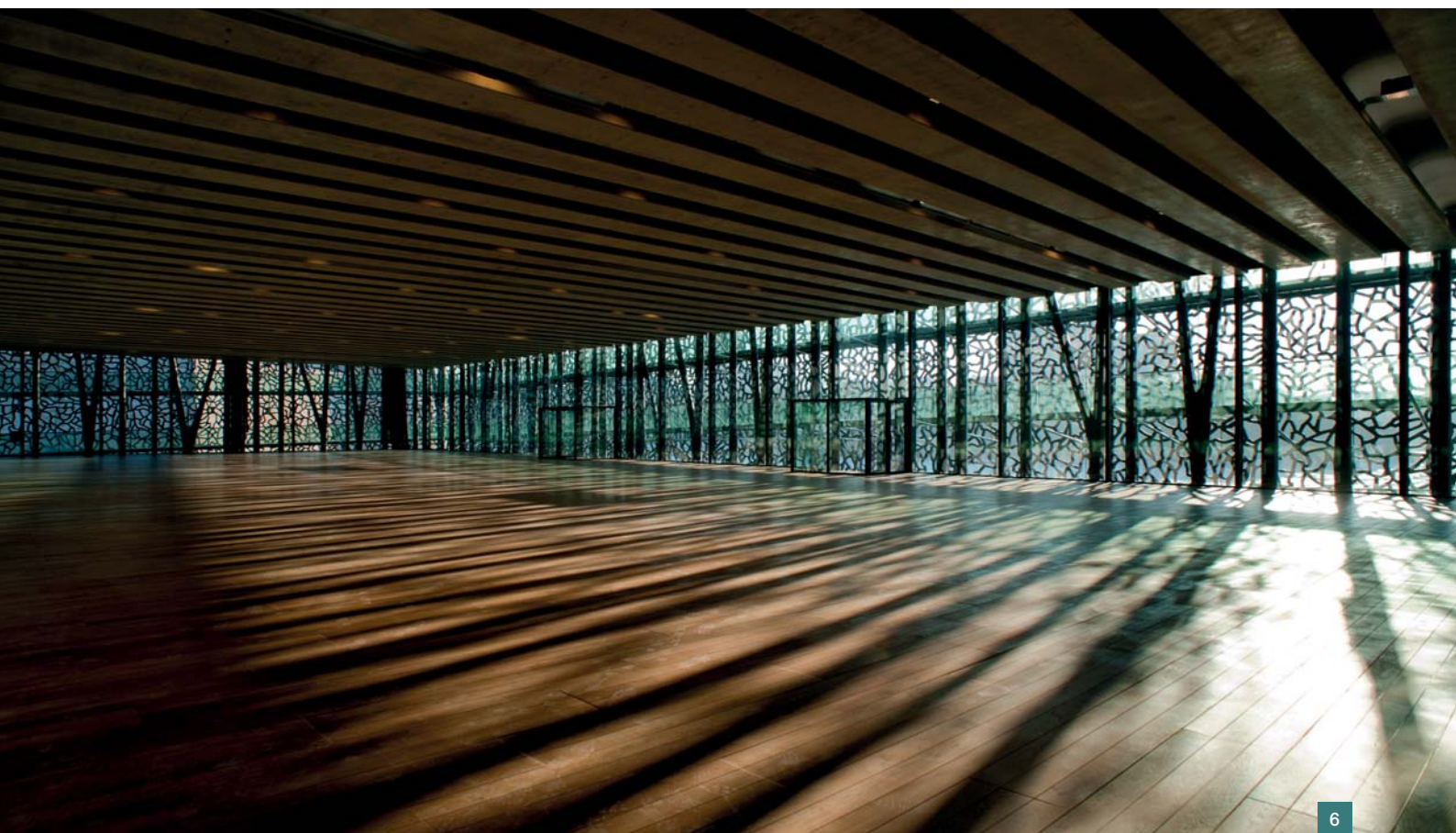
Na rozdíl od běžného betonu není v UHPFRC prvcích použita klasická betonářská výztuž. Vláknobetony obsahují kovová či polypropylenová vlákna, která jsou vmíchávána přímo do tekuté směsi. Sloupy jsou odlévány do formy nastavené tak, aby se vlákna ukládala ve směru později působících sil po usazení do konečné pozice.

## Mřížoviny

Na budově jsou použity dva typy mřížovin (obr. 5).

Fasádní „stonkové“ mřížky jsou osazeny u země. Stonky tvoří žebra z UHPFRC o průřezu 70 x 80 mm. Mřížky jsou ve vodorovném směru drženy vzpěrami s kardanovými klouby na obou koncích, aby se do konstruk-





6

ce nevnášely rušivé síly. Mřížky samy se mohou volně deformovat a dilatovat.

Mřížka zastřešení, také tvořená žebrovím z UHPFRC, je uložena na kovové kostře a na venkovních stojanech opět z UHPFRC. Od podpor je mřížka distančně oddělená pružnými polyuretanovými podložkami. Panely jsou samonosné o rozměrech 3 x 6 m.

### Stropní konstrukce

Již od soutěže byly stropy navrhovány z UHPFRC prvků, ale nakonec byly z ekonomických důvodů realizovány z betonu C60. Sestávají z 23 m dlouhých předem předpjatých prefabrikovaných panelů (obr. 6), které jsou po obvodě vynášeny monolitickými dodatečně předpínanými nosníky. Ty byly velmi náročné na realizaci, protože povolená tolerance mezi průvlaky a stropními panely byla pouze +/- 5 mm.

Byly navrženy tři způsoby propojení. V prvním prochází sloup bez přerušení před nosníkem, napojení je provedeno pomocí dílu z UHPFRC, který je vložen mezi dva prefabrikované díly sloupu. V druhém způsobu je průvlak sloupem přerušen. Sloup byl osazen dříve, než byl betonován nosník. Ve třetím případě se jedná o řešení „na půl cesty“. Nosník je vložen do sloupu jen z polo-

viny a polovina dílu z UHPFRC zajišťuje propojení.

### Lávka přes přístavní kanál

115 m dlouhá lávka (76 m mezi středovými pilíři a dále dvakrát 18 m přes krajní pole), bez oblouků nebo závěsných lan, propojuje střešní terasu nové budovy s pevností Saint Jean (obr. 7). V klasickém návrhu by se jednalo o prvek sestavený z kombinace podélných a příčných nosníků a mostovky, v tomto případě je vše nahrazeno jen jedním

Obr. 6 Vnitřní sál, předpjaté stropní panely z betonu C60, obvodové větvené sloupy a mřížovina z UHPFRC ■ Fig. 6 Inner hall, precast prestressed C60 concrete ceiling panels, peripheral branched columns and grille – both UHPFRC

Obr. 7 Ukončení lávky z UHPFRC na střeše budovy J4 ■ Fig. 7 Footbridge end segment of UHPFRC on the roof of J4 building

Obr. 8 Výpočetní model nosné konstrukce budovy v programu Nemetschek, a) 3D model, b) 3D řez konstrukcí ■ Fig. 8 Computational model of the load-bearing structure of the J4 building by Nemetschek software, a) 3D model, b) 3D cross-section



7

spojitým prvkem, mechanicky výhodnějším vzhledem k předpokládané délce životnosti stavby. Dvacet pět prefabrikovaných prvků dlouhých 4,5 m je sestaveno a drží pohromadě díky dodatečnému předepnutí.

Návrh a provedení kontaktních ploch mezi jednotlivými prvky je základem úspěchu. Povolená tolerance při prefabrikaci byla pouze 0,1 mm a 0,1°. Lávka je uložena na tlumících podložkách.

### Předpětí

Použití UHPFRC je v tomto případě revoluční, neboť se jedná o veřejně přístupnou budovu. MuCEM je první budovou s předepjatými svislými konstrukcemi. Neexistuje žádná referenční stavba: bylo třeba ověřit hypotézu v CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment – Vědecko-technické centrum pro výstavbu) a najít software pro výpočet konstrukcí schopný zohlednit výsledné komplexní tvary nosných prvků požadované na této stavbě (obr. 8).

V případě ocelové konstrukce jsou napětí poměrná vůči deformacím. Stavební prvek je obvykle rovný a chová se stejně v tlaku i tahu. V případě UHPFRC, reaguje materiál odlišně v tahu a tlaku a jeho chování je závislé na míře jeho deformace. Je tedy třeba sledovat zakřivení po celou dobu vývoje návrhu jednotlivých prvků a brát v potaz jejich průřez – oválný pro sloupy a lichoběžníkový pro mřížku. Sloupy nejsou přímé a pod vlivem excentrického zatížení od stropní konstrukce se ohýbají. Aby se zabránilo jejich vybočení, probíhají prvky předpínací kabely uložené ve speciálních kanálcích. Nacházejí se v celé konstrukci.

Technologie předpínání umožňuje sesazení nezávislých prefabrikovaných prvků, které následně spolupůsobí jako spojitá konstrukce, např. rozvětvené sloupy s několika rameny nebo dlouhá látka sestavená z jednotlivých dílů. Metoda předpětí využívá schopnost materiálu přenášet vysoký tlak, a tím kompenzovat relativní slabost v tahu tak, že počáteční vnesený tlak je dostatečně vysoký, aby beton zůstal i po zatížení zcela tlačný.

Sloupy a látka jsou provedeny metodou dodatečného předpětí sestavené konstrukce, zatímco prvky stropní konstrukce, prefabrikáty o délce 23 m, byly předpínány už během výroby.

### PŘEDPISY

Inženýr postupuje podle předpisů. Musel vycházet z nového seismického zónování, které vstoupilo v platnost 1. května 2011, které je pro Marseille mnohem přísnější než původní. Podle předpisů musel hodnotit i chování konstrukcí během požáru.

Celkem bylo potřeba osm posudků ATEX (appréciation technique expérimentale – experimentální technický posudek) pro povolení inovací, které jsou použity na této budově. Posudky nahrazují technické schválení, protože použité výpočetní a návrhové metody ještě nejsou zahrnuty v příslušných předpisech. Pro zkušební procesy byly vyrobeny prototypy a na nich probíhaly v laboratořích CSTB nezbytné ověřovací zkoušky. Analýza jejich výsledků následně umožnila schválit uvažované předpoklady a potvrdila, že výpočty odpovídají budoucímu reálnému chování konstrukce.

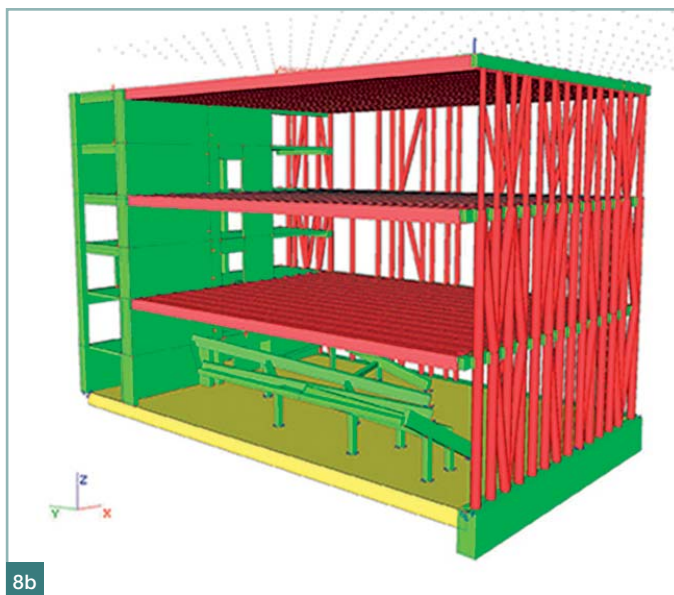
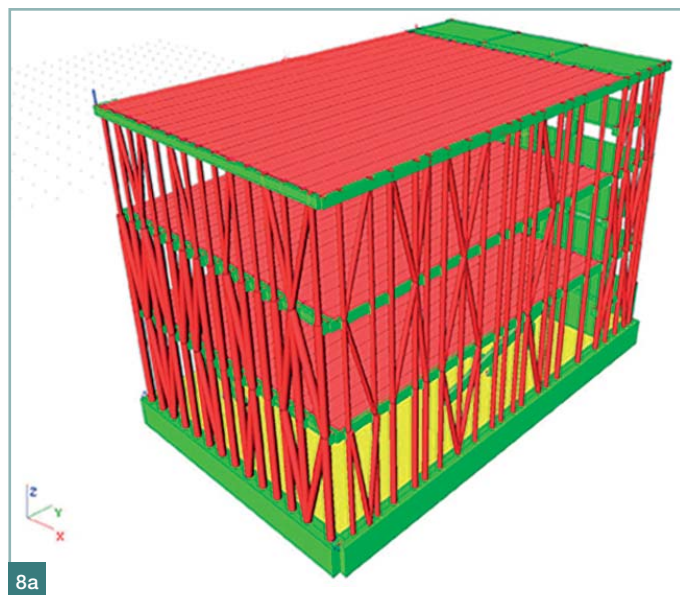
Např. sloupy byly po celé své výš-

ce z jedné strany vystaveny teplotám přesahujícím 1 000 °C a z druhé strany pouze 20 °C a to po dobu 1,5 h, kdy se kontrolovalo, k jakým dochází deformacím. Bezpochyby se jednalo o náročné požadavky. Sloupy měly být původně předepjaté na výšku jednoho podlaží. Následně však vzhledem k zavětrování byly upraveny na seismické riziko tím, že se předepnutí zvětšilo na celou výšku budovy a na zhlaví a paty sloupů byly umístěny klouby. Tento kloub, vynález inženýra Eugena Freyssineta, byl také předmětem jednoho z posudků, aby se upřesnily jeho rozměry.

Toto nesmírně přísné řízení si vyžádalo svůj čas, různě dlouhý podle konkrétních zkoušených prvků. Z důvodů správného načasování byla budova sestavována jinak, než je obvyklé. Běžně bývají nejprve osazovány svislé nosné prvky a na ně vodorovné nosné prvky vyššího podlaží a tato operace se opakuje podle počtu podlaží. Výstavba MuCEM přijala nový přístup. Betonové předepjaté stropní panely byly uloženy na stojky nezávisle na sloupech. Ve chvíli, kdy byly všechny prvky usazeny, byly prvky stropní konstrukce propojeny se sloupy a podpírající stojky byly jedna po druhé od nejvyššího podlaží až do přízemí odstraněny. Dodatečně předepjaté konstrukce tento postup dovolují.

### RUČNÍ PRÁCE

Upřesňování původního návrhu budovy sestávalo z dlouhého řetězce ověřovacích experimentů a posudků od betonářských technologů a statiků až po dodavatele a zahrnovalo samozřej-



mě i specialisty na prefabrikaci a předpínání betonu.

Každému prefabrikovanému prvku odpovídala jedna opracovaná předloha – modelář Philippe Deplagne otesával dřevěné tvary podle instrukcí architekta. Prostřednictvím této ruční práce dostala budova svou smyslovou stránku. Na základě těchto dřevěných „skic“ byly vytvořeny finální odlévací formy.

Je třeba přiznat, že UHPFRC je velmi drahý materiál, a proto bylo třeba optimalizovat všechny postupy a rozměry prvků, sloupy vysoké 9 m o průměru 400 mm, pěší lávka o rozpětí 76 m, jejíž parapetní nosník nepřesahuje 1,8 m výšky, krajky fasádních panelů o rozměrech 3 x 6 m a tloušťce pouhých 70 mm. Inženýrský um, kvalita prefabrikace, přesnost při sestavování jsou naprosto propojeny, protože architektonické dílo je souhrou estetických kvalit a jim uzpůsobené konstrukce a dokonalého využití vlastností použitých materiálů. Různé posouzení experimentálních technologií a zkušenosti z jiných realizací postupně otevírají cestu k budoucím novým předpisům.

Jiným rozměrem projektu je ekonomická stránka. UHPFRC je patentovaný postup a Ministerstvo kultury, stavebník, si po CSTB vyžádalo testy na trhu současně nabízených produktů: Ductal od Lafarge, BSI od Eiffage a BCV od firmy Vicat, aby tendr nevedl do uzavřeného trhu. Byly provedeny zkoušky, které umožnily ohodnotit mechanické vlastnosti jednotlivých materiálů. V současné době už se plně uplatňuje síla konkurence, protože se tento obor postupně přirozeně zahusťoval v celé linii, od výrobců materiálu až po osazování prefabrikátů.

Každá dodavatelská firma přinesla své znalosti a zkušenosti, které přebíraly party pracovníků hrdých, že se mohli podílet na takto technologicky zajímavé a dobrodružné stavbě srovnatelné s výstavbou CNIT (Centre des nouvelles industries et technologies) na La Défense z roku 1958. Milimetrová přesnost prvků odlévaných do forem a složitost jejich výroby byla záležitostí specialistů. Předpínací kabely byly protaženy až po usazení a každé rozvětvení sloupu mohlo vytvořit překážku, pokud by nebylo navrženo vhodné řešení. Tím bylo přesné usazení, speciální nástroje pro seřízení prvků ve všech třech osách (x, y, z), propojení prefabrikovaných prvků monolitickými nosníky s minimálními tolerancemi a pečlivé ohlídání každého kroku.

Návrh krajkových panelů, použitých na fasádách a na střeše, a plynulost půdorysu budovy měly potvrdit myšlenku jednoduchosti. To se bohužel tentokrát nepovedlo. 308 sloupů ve dvaceti různých verzích znamená, že ve skutečnosti je těch identických příliš málo. Jejich umístění v různých místech v návaznosti na stropní konstrukci mění jejich vnitřní charakteristiky.

Pokud si myšlenku jednoduchosti podržíme, je třeba uznat sílu a křehkost každé jednotlivé stavební činnosti a prvku, společného ducha, který navrhli mřížku a její podporu, samozřejmě, s jakou byly prováděny montáže, maximální využití schopností všech zúčastněných, od projektantů po pracovníky na stavbě.

### VÝZNAM MÍSTA

Při jakémkoliv tvaru budovy, zůstává místo, které jí tvoří pozadí, stále stejné. Krajina je zde vyprahlá, erodovaná solí, vystavená silám větru, vysycháním vznikají ve hmotě další dutiny. Osekaný od zbytečnosti a hluchý k proslovům, si projekt ponechává to důležité: barvu, zrcadlení vody, teplo a vodní tříšť. Stavba se skrývá, není na první pohled čitelná, a otevírá tak pole pro představy.

Konstrukce je záměrně ponechána odhalená, pohledová. Jednoduché, syrové, jen to nezbytné. Materiály jsou minimalistické – beton a sklo nebo, jak říká architekt: „*kostra a kůže*“ (obr. 9). Návrh představuje odhalenou pravdu. Archetypy konstrukce architekt předložil tabula rasa.

Nosné prvky jsou umístěny co nejlíbežně působícím silám. Směs písku a ce-

mentu je osvobozena od standardních profilů a geometrie. Výpočty jsou hmatatelné, myšlenka je tělo, příroda a kultura už si neprotiřečí.

Beton se zbavuje své těžkopádnosti, aby se mohl stát ušlechtilou krajkou zavěšenou v odstupu od fasády (obr. 10). Architekt modeluje materiál a vytváří volné prostory. Jejich strohost návrhová vybízí, aby ocenil přítomnost sil. Vložený volný prostor nasává okolí, které ho obklopuje. Živí se horizontem a nechává čitelný odstup od pevnosti Saint Jean, čímž ji zviditelňuje. Tlumíc horko a ostré sluneční světlo, krajková kůže přepisuje na zem otisk zmiřelých látek.

Místo jako celek je zde mocné. Trpčivé záblesky konstrukce a radost z nečekaného zvlnění stavby se spojují a společně tvoří dílo divoké a intimní, jakoby gotické a smyslné. Práce na architektonickém díle se od základů mění. Sloup, mřížka, pěší lávka jsou výsledky. Výkres prvků přechází skrz vnitřnosti forem, neviditelné věci, s kterými se musí počítat. Zde začíná práce inženýra.

Obr. 9 Betonová „kůže“ se zaříznutou lávkou  
■ Fig. 9 Concrete “skin” with incision of the footbridge

Obr. 10 Noční pohled na průsvitnou betonovou „krajku“  
■ Fig. 10 Night view of the translucent concrete “lace”







10

## ARCHITEKTURA A VĚČNOST

Do návrhu stavby byly včleněny i výzkumy kvality životního prostředí, a nikdy nebylo třeba o nich debatovat nebo je obhajovat, byly prostě přijaty jako její přirozená součást. Technologické možnosti chlazení vzduchu pomocí jímání mořské vody, snížení celkové výšky stavby, a tím omezení plochy fasád vystavené slunečním paprskům, použití předpjatého betonu, který redukuje tloušťku stropních konstrukcí, z mnoha jsou viditelné pouze jednotlivosti ilustrující nový přístup k výstavbě.

Architektovo dílo se odvolává na heslo „odhmotnění a živelnost“ (území, ekonomika provedení, estetický výraz). Způsob realizace upřednostňoval postup, který kladl větší důraz na ekologičnost krátkých produkčních řetězců, v kterých se redukuje dopravní vzdálenosti, podporuje se potřeba místní pracovní síly jako souhra ekonomiky a společenského dopadu, vysoce kvalifikovaná pracovní místa s nepřeložitelným místem a provádění přímo na stavbě.

Od začátku vymýšlení studie bylo počítáno s využitím ekologického systému vytápění pro snížení spotřeby energií. Blízkost moře dovolila uvažovat o systému vytápění resp. chlazení pomocí tepelného čerpadla voda-voda. Čerpadlo pracuje na principu předávání tepla me-

zi dvěma kapalinami pomocí topného média, které cirkuluje v uzavřeném oběhu, takže nehrozí znečištění mořské vody. V létě se pomocí mořské vody chladí, v zimě ohřívá kapalina v topném systému. Rozdíl mezi teplotami jímání a vypouštění mořské vody je zde v zimě +5 a v létě -5 °C. Systém respektuje životní prostředí a upoutal pozornost regionální rady Provence-Alpes-Côte d'Azur, stavebníka Regionálního středomořského centra (CEREM), budovy sousedící s MuCEM, který si přeje se na systém napojit.

## ZÁVĚR

MuCEM je jednobarevný a černý, aby vynikl v ostrém místním světle. Blízkost stavebního provedení a materiálu, vytříbená intimita, architektura byly záměry stavebníka i architekta, takový ho chtěli vybudovat.

Projekt nosné konstrukce budovy J4 zpracovaný společností SICA byl vyhlášen vítězem kategorie Budovy v soutěži pořádané společností Nemetschek SCIA pro uživatele softwaru SCIA Structural pro rok 2013.

Přeloženo z materiálů architektonického ateliéru Rudy Ricciotti architecte. Redakčně upraveno.

Stavebník	Ministerstvo kultury a komunikací, Oddělení kulturního dědictví
Pověřený stavebník	OPPIC – Zmocněnec pro kulturní dědictví a nemovité projekty
Architektonický návrh a projekt	Rudy Ricciotti architecte – zodpovědný architekt, C+T architecture / Roland Carta – spolupracující architekt
– stavební část, technologie	Garcia Ingénierie – projekční kancelář
– konstrukční část	SICA
Vypsání architektonické soutěže na budovu J4	říjen 2002
Uzavření Etnografického muzea v Paříži	červen 2005
Dokončení projektové dokumentace pro budovu J4	září 2006
Realizace budovy J4	červenec 2010 až jaro 2013
Otevření budovy J4 veřejnosti	červen 2013
Cena za MuCEM celkem	160,270 mil €

Redakce časopisu děkuje architektonického ateliéru Rudy Ricciotti architecte za poskytnuté materiály a souhlas s představení stavby českým čtenářům.

Fotografie 1 až 3, 5 až 7, 9 a 10 Lisa Ricciotti, obr. 4 archiv Rudy Ricciotti architecte, obr. 8 archiv Nemetschek Structural Group