

## DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ KONVENČNĚ RAŽENÝCH TUNELŮ V ČESKÉ REPUBLICE – SOUČASNOST A BUDOUCNOST PERMANENT LINING OF CONVENTIONALLY DRIVEN TUNNELS IN THE CZECH REPUBLIC – PRESENCE AND FUTURE

MARTIN SRB, MATOUŠ HILAR

*Definitivní ostění nových dopravních tunelů v ČR jsou zpravidla realizována z vyztuženého monolitického železobetonu. Článek rozebírá faktory ovlivňující návrh a realizaci těchto ostění, následně pak přináší porovnání vybraných českých tunelů. Popsání současných světových trendů osvětluje další možnosti, které jistě v budoucnu najdou uplatnění i v ČR.*

*In the Czech Republic are permanent tunnel linings generally formed from the reinforced in-situ casted concrete. The paper discusses factors affecting design and construction of these linings, consequently it brings comparison of selected Czech tunnels. Description of the world trends highlights further possibilities which in future will certainly find application in the CR.*

V současné době se v České republice provádí a připravuje velké množství dopravních tunelů, které mají jako definitivní obezdívku monolitické betonové ostění, většinou vyztužené ocelovou betonářskou výztuží. Mezi nedávno realizovanými srovnatelnými stavbami je možné nalézt značné rozdíly v přístupu k navrhování i ve výsledné konstrukci. Především díky úsilí jednotlivců se podařilo u některých staveb navrhnout a postavit nákladově velmi efektivní konstrukce, které splňují potřebné technické požadavky. Výsledky této snahy a zkušenosti z realizace a provozu dokončených staveb by se měly promítnout do procesu přípravy a výstavby budoucích tunelů.

### POŽADAVKY NA DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ

Definitivní tunelová ostění musí splnit řadu často protichůdných požadavků jak ve fázi realizace, tak i během životnosti díla (zpracovatelnost směsi, omezení trhlin, rychlý nárůst pevnosti, odolnost proti vlivům prostředí).

Dalším významným faktorem ovlivňujícím návrh definitivního ostění je skutečné deformační chování výrubu během

ražby a po zajištění dočasným (primárním) ostěním. Návrh definitivního ostění by měl přihlídnout k průběhu ražeb (tj. především ke skutečnému stavu horninového masivu, k deformačnímu chování výrubu zajištěného primárním ostěním a dále i k chemickému složení průsakových vod, jejich agresivitě a množství). Tyto údaje jsou důležité pro posouzení dlouhodobé trvanlivosti a funkčnosti primárního ostění, a tím i k definování nutné kapacity definitivního ostění.

Splnění požadavků kladených na ostění a jejich optimalizace je především v kompetenci projektanta. Dosavadní praxe v České republice ponechávala (až na výjimky) stejného projektanta u celého procesu přípravy včetně stadia realizace díla. Kromě výhod spočívajících ve znalosti problematiky konkrétního projektu s sebou tento přístup přináší i nemalá rizika, která spočívají především v absenci kritické diskuze navrženého řešení v průběhu přípravy (pokud je dílo připravováno pouze jedním subjektem od DUR až po RDS). Tato rizika jsou zvyšována tím, že na projektech v ČR zpravidla není projekční příprava průběžně externě kontrolována a standardně se neprovádí „value engineering“ (tj. hledání alternativních, technicky i ekonomicky výhodnějších, variant k základnímu řešení).

### PŘEHLED VYBRANÝCH TUNELŮ V ČR

Porovnání realizovaných definitivních ostění některých nedávno dokončených silničních tunelů je provedeno v tab. 1. Z tabulky je zřejmé, že použitá třída pevnosti betonu byla ve všech případech shodná, odolnost proti vlivu prostředí se různí. Tloušťka definitivního ostění a jeho vyztužení se odvozuje od velikosti vnitřních sil v ostění. Přirozeně v horších geologických podmínkách, při větší ploše výrubu či při uvažování plného hydrostatického tlaku jsou vnitřní síly v definitivním ostění vyšší. Nicméně optimalizací tvaru ostění či vzhledem k příznivému deformačnímu chování masivu během realizace ražeb je možné množství výztuže definitivního ostění zredukovat. V ideál-

## RSTAB

**Program pro výpočet rovinných i prostorových prutových konstrukcí**




## RFEM

**Program pro výpočet konstrukcí metodou konečných prvků**



**Demoverze zdarma ke stažení**  
[www.dlupal.cz](http://www.dlupal.cz)

- Řada přídatných modulů
- Rozsáhlá knihovna profilů
- Snadné intuitivní ovládání
- 6 500 zákazníků ve světě
- Nová verze v českém jazyce
- Zákaznické služby v Praze



Ing. Software Dlubal s.r.o.  
Anglická 28, 120 00 Praha 2  
Tel.: +420 222 518 568  
Fax: +420 222 519 218  
E-mail: info@dlupal.cz

**Statika, která Vás bude bavit ...**

Charakteristika/Tunel	Mrázovka dvoupruh	Mrázovka třípruh	Valík	Panenská	Libouchec	Klimkovice
Geologie	břidlice křemence	břidlice křemence	břidlice	pararuly ortoruly	ortoruly	jílence droby prachovce pískovce
Délka [m]	409	1288	330	2058 (2030)	535 (454)	1077 (1088)
Plocha výrubu [m <sup>2</sup> ]	130	160 (340 rozplet)	154	85 / 121	85 – 89	120
Délka bedního vozu [m]	4,5	7,5	10	12	12	12
Tloušťka ostění [mm]	400	450 (klenba)	400 – 600	400	400	350
Beton	C25/30	C25/30	C25/30 XF4 XD3	C25/30 XF4	C25/30 XF4 XD3	C25/30 XF2
Izolace	fóliová, celoobvodová	fóliová, celoobvodová	fóliová, deštníková	fóliová, deštníková	fóliová, deštníková	fóliová, celoobvodová
Vyztužení - horní klenba [kg / m <sup>3</sup> ]	115	115	75 – 85	80	0 / 26 / 47	100
Vyztužení - spodní klenba [kg / m <sup>3</sup> ]	125	130	90 – 95	-	patky – 57	100
Další		Mostovka navržena jako táhlo				PP vlákna v betonu

ním případě je možné ostění navrhnout jako nevyztužené (např. převážující úseky tunelu Libouchec).

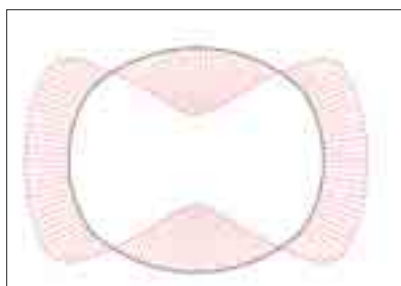
#### SVĚTOVÉ TRENDY

##### Tradiční přístup

Tradičním prvkem konvenčního tunelování (NRTM) je okamžité zabezpečení nevystrojeného výrubu pomocí primárního ostění ze stříkaného betonu (SB). Toto ostění může, ale nemusí být považováno za dočasné. Sekundární ostění je vytvořeno z monolitického (prostého, nebo vyztuženého) betonu uvnitř primárního ostění. Jeho statickým účelem je během životnosti tunelu převzít zatížení horninovým masivem a podzemní vodou, pokud se tato předpokládají. Mezi primární a sekundární ostění je vložena fóliová izolace a propustná geotextilie odvádějící případnou podzemní vodu do drenážního systému pod úrovní vozovky (v případě deštníkové izolace).

Při tomto přístupu se dají za úsporná považovat řešení používající **nevyztuže-**

**né monolitické ostění.** Nepoužití vyztuže znamená nejen nižší cenu betonové konstrukce, ale i snadnější a rychlejší realizaci, snížení rizika poškození fóliové izolace (nebezpečí propíchnutí izolace) a také odstraňuje nebezpečí koroze vyztuže a s tím spojené porušení betonu. Hlavními faktory umožňujícími použití nevyztuženého monolitického betonu je optimalizace tvaru a předpoklad zatížení vedoucí k minimalizaci ohybových momentů v ostění (obr. 1), redukce možnosti vzniku trhlin v ostění a/nebo jejich přípustění. Snížení ohybových momentů lze značně ovlivnit vhodnou volbou geometrie ostění (kruhový či oválný tvar). Riziko vzniku trhlin vlivem smršťování či dotvarování může být sníženo vhodným složením betonové směsi (omezením množství cementu a přidáním popílku pro zpomalení hydratačního procesu, ošetřováním čerstvého betonu) a betonováním po krátkých záběrech (tj. úseky menší než 10 m). Pokud není použita mezilehlá izolace, tak se doporučuje pro snížení rizika vzniku trhlin instala-



Tab. 1 Porovnání definitivních ostění některých realizovaných silničních tunelů

Tab. 1 Comparison of permanent linings belonging to some completed road tunnels

ce plastické separační membrány, která sníží tření na kontaktu s primárním ostěním. Protože koncentraci napětí v ostění se nelze vždy vyhnout (např. oblasti portálů či křížení tunelů), pragmatickým přístupem je použít nevyztužené sekundární ostění pro maximální část tunelu s vyztuženým ostěním pouze v omezených oblastech.

Existují také jiné přístupy, v ČR zatím na nových dopravních tunelech nepoužité, které mohou nabídnout znatelné úspory v porovnání s tradičním řešením. Některé z variant pro definitivní ostění jsou popsány níže.

##### Ostění ze stříkaného betonu (OSB)

Stříkaný beton je v ČR tradičně vnímán jako materiál nižší kvality a trvanlivosti. Proto jsou primární ostění vnímána jako dočasná. Použitím moderních technologií, materiálů a kontroly procesu výroby je možné dosáhnout stejné kvality stříkaného betonu jako betonu monolitického. Během posledních patnácti let byl stříkaný beton úspěšně využit jako definitivní ostění na stále narůstajícím počtu dopravních tunelů (Vereina, Heathrow).

Vzhledem k tomu, že na tunelech provedených od začátku používání OSB (tj. cca od padesátých let 20. století) byla prokázána skutečnost, že primární OSB nedegraduje úplně během životnosti ostění, jsou projektanti postaveni před úkol zahrnutí vlivu a funkce primárního ostění do návrhu definitivního ostění. Na mnoha projektech (např. rakouské silniční tunely či CTRL North Downs tunel v Británii) byl vliv primárního ostění zahrnut do úvah a výpočtů dlouhodobého zatížení tunelového ostění, což vedlo k významným úsporám materiálu.

Obr. 1 Ukázka vlivu tvaru tunelového ostění na velikost výsledných ohybových momentů (méně klenuté ostění by vedlo v daném případě k čtyřikrát vyšší velikosti momentů)

Fig. 1 Example of tunnel lining shape impact on the bending moments values (less dished lining would mean four times higher M in the given case)



Obr. 2 Definitivní ostění propojky tunelu ART terminálu 5 z jednoplášťového stříkaného betonu (metoda LaserShell)

Fig. 2 Permanent tunnel lining of the ART tunnel Gross-passage at Terminal 5 formed from single pass SCL (Lasershell Method)

### Jednoplášťová OSB

Dalším ze současných trendů jsou jednoplášťová ostění. Pro jednoplášťová ostění platí, že část (zpravidla většina) nastříkaného betonu je uvažována jako trvalá nosná vrstva. Při použití jednoplášťových ostění odpadá aplikace izolace a realizace sekundárního ostění, což vede k velmi významné úspoře času a ceny (a to i přes vyšší cenu stříkaného betonu oproti monolitickému). Na druhou stranu je zaručení a prokázání dlouhodobé únosnosti, nepropustnosti a trvanlivosti ostění značně obtížné.

Jedním z příkladů realizace jednoplášťových ostění, kde se všechny zmíněné aspekty podařilo prokázat, je projekt Terminálu 5 na letišti Heathrow ve Velké Británii. Na Terminálu 5 bylo ostění provedeno bez výztužných rámu či sítí, čímž byl odbourán problém koroze výztuže. Pro zvýšení houževnatosti (v případě překročení zatížení) byla přidána ocelová vlákna, nicméně ostění bylo obecně navrženo jako nevyztužené (obr. 2). V oblastech koncentrací napětí (např. křížení tunelů) byla přidána ocelová betonařská výztuž.

### Stříkané izolace

Stříkané izolace jsou relativně novou technologií, která nabízí další zajímavou možnost pro projektanta. Stříkané izolace byly použity na několika projektech během posledních let s rozdílným úspěchem. Technologie a znalost této aplikace je stále ve vývoji. Zdá se, že tyto izolace jsou vhodné především do prostředí s nízkými tlaky vody. Pečlivá příprava povrchu a ošetřování jsou podmínkou pro úspěšné využití stříkaných izolací. Stříkané izolace jsou výhodné především pro aplikaci na ostění s nepravidelnou geometrií, kde je kvalitní provedení běžných fóliových izolací obtížné. V těchto případech mohou stříkané izolace znamenat značnou úsporu času. Vzhledem k relativně pevnému

spojení mezi stříkanou izolací a betonovým ostěním je výsledný efekt případného porušení izolace podstatně nižší v porovnání s pásovou izolací. Vzniklá vazba mezi izolací a ostěním zamezuje vytvoření vodních cest podél tohoto rozhraní, což snižuje riziko vniku vody do tunelu.

### Ostění z vodonepropustného betonu

Ostění z vodonepropustného betonu umožňuje zajištění nepropustnosti ostění bez mezilehlé izolace. Zajištění nepropustnosti betonu jako materiálu obecně není problém. Zásadnějším problémem je splnění požadavku na maximální velikost trhlin, což zpravidla vede k vyššímu stupni vyztužení betonu. Na druhou stranu není ostění z vodonepropustného betonu příliš náchylné k mechanickému porušení, což v porovnání s fóliovými izolacemi vede k podstatnému snížení rizika přítoků vody během provozu tunelu, kde jsou případné přítoky zpravidla řešeny dodatečnou injektáží.

Ostění z vodonepropustného betonu

## II. mezní stav

### a mezní stavy použitelnosti

Software **FEM TRIMAS**® jsme s využitím aktuálních poznatků a technických norem nově rozšířili o možnosti analýzy a návrhu prutových monolitických konstrukcí na II. mezním stavu a dále o komplexní vedení posudků a navrhování prostorových plošných konstrukcí pro mezní stavy použitelnosti a únavy. Spolu s osvědčenými funkcemi, jako např. předpětí, fáze výstavby, kombinace, stabilizní analýza, vrstevnaté podloží, spřažené průřezy, dimenzování na MSÚ aj. tak poskytujeme velmi univerzální nástroj na statiku libovolných pozemních a mostních staveb.

Využijte i Vy nabídku produktů a služeb **RIB** opírajících se o 45 let praktických zkušeností ve stavebním oboru.

Více informací se dozvíte na: >> [www.rib.cz](http://www.rib.cz)

#### RIB stavební software s.r.o.

Zelený pruh 1560/99  
CZ-140 00 Praha 4  
Tel.: +420 241 442 078  
Fax: +420 241 442 085  
Mobil: +420 608 953 721  
Email: [sv@rib.cz](mailto:sv@rib.cz)

<http://www.rib.cz>





jsou poměrně oblíbená v Německu, kde byla aplikována na řadě tunelů (např. železniční tunely na DB Neubaustrecke Köln-Rhein/Main-Elzerberg, Himmelberg, Schulwald, Metro Mnichov atd.). Tento druh ostění je jistě použitelný i pro některé z budoucích českých dopravních tunelů.

**DISKUSE NĚKTERÝCH ŘEŠENÍ V ČR**

Moderní přístup ke geotechnickému návrhu tunelů (tj. k ražbě a vystrojení) spočívá v uvažování každého tunelu jako specifického projektu, s případným využitím podobnosti s jinými srovnatelnými projekty. Požadavky na návrh a realizaci definitivního ostění na jednotné silniční či dálniční síti v ČR by naopak měly být jednotné, a tím zajišťovat stejná či podobná řešení. Současná situace tomu zcela neodpovídá. Tento fakt lze demonstrovat pomocí několika klíčových parametrů čtyř tunelů dálniční sítě, které lze považovat za srovnatelné (typ komunikace, geotechnické a klimatické podmínky, velikost výrubu, délka, výška nadloží).

**Zohlednění ražby pro návrh definitivního ostění**

Při provádění tunelů konvenčním způ-

sobem (NRTM) je pro zajištění přiměřené efektivity a úspornosti návrhu nutné tento požadavek zohlednit tam, kde to je možné. Jeho zanedbání (např. z důvodů časových či jiných) je nesprávné.

Návrh definitivního ostění má být standardně dokončen až po provedení a vyhodnocení příslušného úseku ražby. U tunelu Libouchec byly skutečné vlastnosti a chování horninového masivu při ražbě zohledněny při návrhu definitivního ostění a došlo k výrazné úspoře výztuže ve srovnání s DZS. U ostatních tunelů se v návrhu definitivního ostění nepodařilo realizovat úspory výztuže navzdory velmi příznivému deformačnímu chování výrubů během ražeb. U tunelu Klimkovice bylo uvažováno zatížení plným hydrostatickým tlakem, které bylo pravděpodobně rozhodujícím zatěžovacím stavem.

**Beton**

Beton by měl být navržen v souladu s novou betonářskou normou ČSN EN 206-1.

Pro uvažování o stanovení přiměřené úrovně odolnosti betonu proti vlivům prostředí je nutné se na této úrovni shodnout, ale zároveň by tato shoda neměla odporovat ustanovením normy. U dvou tunelů je pevnostní třída betonu nižší, než vyžaduje norma vzhledem k daným stupňům vlivu prostředí (pro

stupeň XF4 je normou požadovaná pevnost C30/37, pro stupeň XD3 je normou požadovaná pevnost C35/45 – viz tab. 3). Při diskusi o přiměřené odolnosti by se měly vzít v úvahu podmínky provozu, používání rozmrazovacích prostředků, další ochrana betonu nátěrem a také zkušitelnosti ze zemí s velkým množstvím silničních tunelů (Německo, Rakousko, Itálie atd.). Ze zde uvedených příkladů považujeme za vhodnou kvalitu betonu použitou na tunelu Klimkovice (C25/30 XF2). Požadavek na odolnost proti vlivu prostředí stupně XD3 a XF4 je pro české silniční tunely neopodstatněný, především v kombinaci s používanými ochrannými nátěry a není ani v souladu se zavedenou praxí tunelářsky vyspělých zemí.

**Výztuž**

U všech tunelů byla navrhována klasická betonářská výztuž. U tunelu Libouchec (obr. 3) byly skutečné vlastnosti a chování horninového masivu při ražbě zohledněny při návrhu definitivního ostění a došlo k výrazné úspoře výztuže ve srovnání s DZS. U ostatních tunelů se při návrhu definitivního ostění nepodařilo realizovat úspory výztuže navzdory velmi příznivému deformačnímu chování masivu a primárního ostění v průběhu ražeb.

**Polypropylénová (PP) vlákna**

PP vlákna jsou přidávána do betonu ke zvýšení požární odolnosti. Jejich použití je nutné vyžadovat tam, kde může být efektivní a je zdůvodněné (místa zvýšeného rizika poškození jiných důležitých objektů či sítí a jejich funkcí – např. je-li nad mělkým tunelem důležitá železniční trať a požár v tunelu by mohl způsobit poškození definitivní obezdívky a deformace masivu vedoucí k přerušení provozu železniční trati). Univerzální použití PP vláken (tj. pro celý tunel) se nezdá být vhodné. Při diskusi o použití PP vláken je nutné vyžadovat prokázání jejich potřebnosti detailní analýzou, která porovnává přínosy s náklady (cost-benefit analysis). Dále by měly být uvažovány zkušenosti a používaná řešení na srovnatelných projektech v jiných zemích.

**PŘÍSTUP V ČR A BUDOUCÍ VÝVOJ**

Přístup k navrhování a provádění tunelů včetně jejich definitivních ostění je v ČR ovlivněn skutečností, že první „moderní“ tunely (myšleny jsou tunely ražené NRTM za pomoci observačních prin-

Tab. 2 Srovnání čtyř tunelů dálniční sítě

Tab. 2 Comparison of four highway tunnels

Parametr / Tunel	Valík	Panenská	Libouchec	Klimkovice
1. Zohlednění ražby pro návrh definitivního ostění	NE	NE	ANO	NE
2. Beton	C25/30 XF4 XD3	C25/30 XF4 XD3	C25/30 XF4 XD3	C25/30 XF2
3. Výztuž	ANO (85kg/m <sup>3</sup> )	ANO (80kg/m <sup>3</sup> )	ANO (30%) NE (70%) (26-47kg/m <sup>3</sup> )	ANO (100kg/m <sup>3</sup> )
4. Polypropylénová vlákna	NE	NE	NE	ANO

Tab. 3 ČSN EN 206-1: Stupně vlivu prostředí

Tab. 3 Czech standard ČSN EN 206-1: Environment impact classes

The table is titled "Stupně vlivu prostředí - doporučená minimální hodnoty pro státní a vlastnosti betonu". It lists various environmental classes (XF, XD, XS) and their corresponding concrete strength classes (C) and reinforcement classes (XF, XD, XS). The table is organized into columns for different types of structures and their respective requirements.



Obr. 3 Betonáž definitivního ostění tunelu Libouchec (šachovnicový způsob)

Fig. 3 Permanent lining concrete casting for Libouchec tunnel (chess pattern)

cipů) se začaly realizovat až v posledních cca deseti letech; první dálniční tunel byl uveden do provozu až v říjnu 2006. Během tohoto období se postupně vytvářelo odborné zázemí a kapacity, které jsou schopné připravovat a realizovat náročné tunelové projekty.

#### Literatura:

- [1] Aldorf J.; Ďuriš L.: Statika sekundárního ostění tunelu Valík. Tunel 3/2006
- [2] Hilar M.; Thomas A.: Přístup k řešení definitivního ostění tunelových staveb ve Velké Británii, Beton v podzemních a základových konstrukcích. Praha, únor 2006
- [3] Mařík L.: Definitivní ostění tunelu Libouchec, Beton v podzemních a základových konstrukcích. Praha, únor 2006
- [4] Svoboda J.; Zwilling R.; Švarc V.: Realizace definitivní obehřívky tunelu Valík, Beton v podzemních a základových konstrukcích. Praha, únor 2006
- [5] Hilar M.; Thomas A.; Falkner L.: Nejnovější inovace v provádění ostění ze stříkaného betonu – metoda LaserShell. Tunel 4/2005
- [6] Kvaš J.; Novotný M.: Výstavba tunelů Panenská na dálnici D8. Tunel 3/2004
- [7] Dvořák J.; Šourek P.: Definitivní konstrukce automobilového tunelu Mrázovka v Praze. Tunel 3/2004
- [8] Průvodce novou betonářskou normou ČSN EN 206-1

Navrhování definitivních ostění je ovlivňováno:

- kompetencemi a snahou jednotlivých projektantů a dalších odborníků
  - příslušnými předpisy (vyhlášky, směrnice, normy, TP, TKP atd.) a požadavky investorů
  - prací odborných skupin a jejich doporučeními (pracovní skupina ITA/AITES 19 – konvenční tunelování, pracovní skupina ITA/AITES 12 – stříkaný beton, pracovní skupina ČTuK pro navrhování a statiku podzemních staveb, výzkumné projekty)
  - zkušenostmi z realizovaných projektů v ČR i ve světě
- Pokud bude české tunelářství pokračovat ve svém rychlém vývoji, mělo by logicky dojít také k aplikaci nových a progresivních technických řešení.

#### ZÁVĚR

Využití všech dobrých a poučení z těch méně dobrých zkušeností získaných na nedávno dokončených projektech by mělo vést k optimalizaci návrhu definitivních ostění. Ne každá dokončená stavba je dobrým příkladem a je důležité přejímat jako vzory pouze stavby technicky kvalitní a ekonomicky úspěšné a ne i ty špatné. Případná obecná doporučení pro návrh a realizaci by neměla svazovat tvůrčí přístup, spíše by měla ukazovat zásady, možnou metodiku a progresivní směry vývoje.

Definitivní ostění z nevytvořeného betonu, ze stříkaného betonu nebo vodonepropustného betonu bez fóliové izolace zcela jistě mají své místo na

budoucím českém tunelářském trhu a je jen otázkou času, kdy si najdou své protagonisty a první realizace.

Projektanti by měli být ochotni hledat a schopni nacházet optimální řešení pro dané projekty, a to i taková, která se nemusí shodovat s tradičními postupy. Výběr optimálního řešení závisí na potřebách projektu a okrajových podmínkách. Každý projekt je jiný a proto se i požadavky na trvalá ostění mohou u různých staveb značně lišit. Úkolem projektanta by mělo být najít to nejvhodnější řešení pro konkrétní projekt. Úkolem investora by mělo být vytvoření podmínek, které projektanta i zhotovitele motivují k realizaci inovativních a technicky i ekonomicky progresivních řešení.

Ing. Martin Srb

srb@d2-consult.cz

Ing. Matouš Hilar, MSc., PhD., CEng., MICE

hilar@d2-consult.cz

oba: D2 Consult Prague, s. r. o.

Zelený pruh 95/97, 147 00 Praha 4

tel./fax: 241 443 411

e-mail: info@d2-consult.cz

#### PŘEHLED INZERENTŮ

	strana
Mott MacDonald	7
METROSTAV	9
BETOSAN	17
Ha-Be Betonchemie	19
JUNIORSTAV	21
Ing. Software Dlubal	31
RIB	33
FILINGER	35
BETONRACIO	39
SKANSKA	39
BASF PR článek	40
AMB	53
Agrotec PR článek	63
VSL	3. strana obalky
ANNAHÜTTE	4. strana obalky