

# SILNIČNÍ TUNEL PĚTIDOMÍ V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH, GEOTECHNICKÁ, LOGISTICKÁ A DALŠÍ ÚSKALÍ TECHNICKÉHO NÁVRHU MĚSTSKÉHO TUNELU

L. Mařík & Z. Biela & I. Březinová  
*SAGASTA s.r.o., Praha, Czech Republic*

**ABSTRAKT:** Příspěvek popisuje návrh technického řešení atypického městského dvoutubusového silničního tunelu se dvěma podzemními okružními křižovatkami v oblasti portálů, který je vzhledem k požadavkům na obslužnost území, geotechnické podmínky, etapizaci výstavby spojenou s výlukami provozu na seřadovacím nádraží i vazbami na stávající městskou zástavbu ve všech směrech mimořádně náročným projektem. Konstruktivní řešení umožňuje případné prodloužení tunelu bez přerušování provozu do ulice Nádražní. Stavební jáma pro výstavbu tunelu v prostředí zvodnělých sedimentů křížuje jedno z největších seřadovacích nádraží v České republice, dále koleje navazující na osobní nádraží mezinárodního významu a v místě podzemních křižovatek zasahuje do těsné blízkosti městské zástavby. To vyžaduje zvládnout složitou etapizaci výstavby v souladu s požadavky drážních přepravců i minimalizaci negativních vlivů výstavby na funkci města. Konstrukce tunelu je navržena z betonu odolného proti průsakům s elektroizolační ochranou proti účinkům bludných proudů, jejichž zdrojem je jak trakční vedení železnice, tak trolejbusové dopravy. Významnou roli při návrhu tunelu hraje i vztlak, neboť úroveň základové spáry je cca 12 m pod terénem a hladina podzemní vody kolísá kolem 2 m pod jeho úrovní. Z hlediska dopravy se jedná o městský tunel, stropní deska tunelu je ale zároveň integrální konstrukcí širokého železničního mostu, který překlenuje seřadovací nádraží i koleje osobního nádraží. Technologické vybavení tunelu a s ním související stavební úpravy musí umožnit případné prodloužení tunelu do ulice Nádražní s dosud neznámou polohou portálu. Se zahájením stavby se počítá v roce 2027.

## 1. ÚVOD

Železnice rozděluje České Budějovice severo-jihním směrem a vytváří v městské zástavbě bariéru, která komplikuje propojení východní a západní části města. Snad právě proto vznikla v roce 2001 myšlenka propojit silničním tunelem pod nádražím čtvrti Pětidomí a Suché Vrbné s centrem města. Tehdy se ještě jednalo o přímý podjezd v pokračování ulice Průmyslová na straně centra města zaústěný do ulice Dobrovodská v jeho východní části. Od té doby došlo ve vývoji technického řešení k celé řadě úprav a změn. K významnému urychlení celého procesu došlo v roce 2021, kdy Jihočeský kraj inicioval vznik studie proveditelnosti s cílem nalezení optimální varianty trasy tunelu jak z hlediska dopravně-urbanistického, tak z hlediska technologického postupu výstavby.

Stanice České Budějovice je hlavním osobním nádražím v regionu a pro nákladní dopravu slouží jako důležitá vlaková stanice. Výsledkem studie proveditelnosti dokončené v září 2022 byla varianta, kterou projekční kancelář SAGASTA následně rozpracovala do podrobnosti dokumentace pro vydání společného povolení (DUSP) a v rámci které tunel získal název Pětidomí. Tunel je součástí projektu Přeložka silnice II/156 a II/157, 3. etapa, Podjezd pod železničním nádražím, České Budějovice. O rozsahu projektu vypovídá počet téměř 90 stavebních objektů, přičemž objekt tunelu je dále členěn na 30 stavebních podobjektů a 17 provozních souborů.

Kromě návrhu konstrukce tunelu ve složitých geotechnických podmínkách, jehož součástí jsou i dvě podzemní křižovatky a rampy vedoucí z těchto křižovatek na povrch území, bylo nutné vyřešit i etapizaci výstavby s ohledem na minimalizaci výluk jak osobního, tak seřadovacího nádraží, napojení na stávající nebo nově upravené místní komunikace a vytvoření podmínek pro zajištění bezpečnosti provozu.

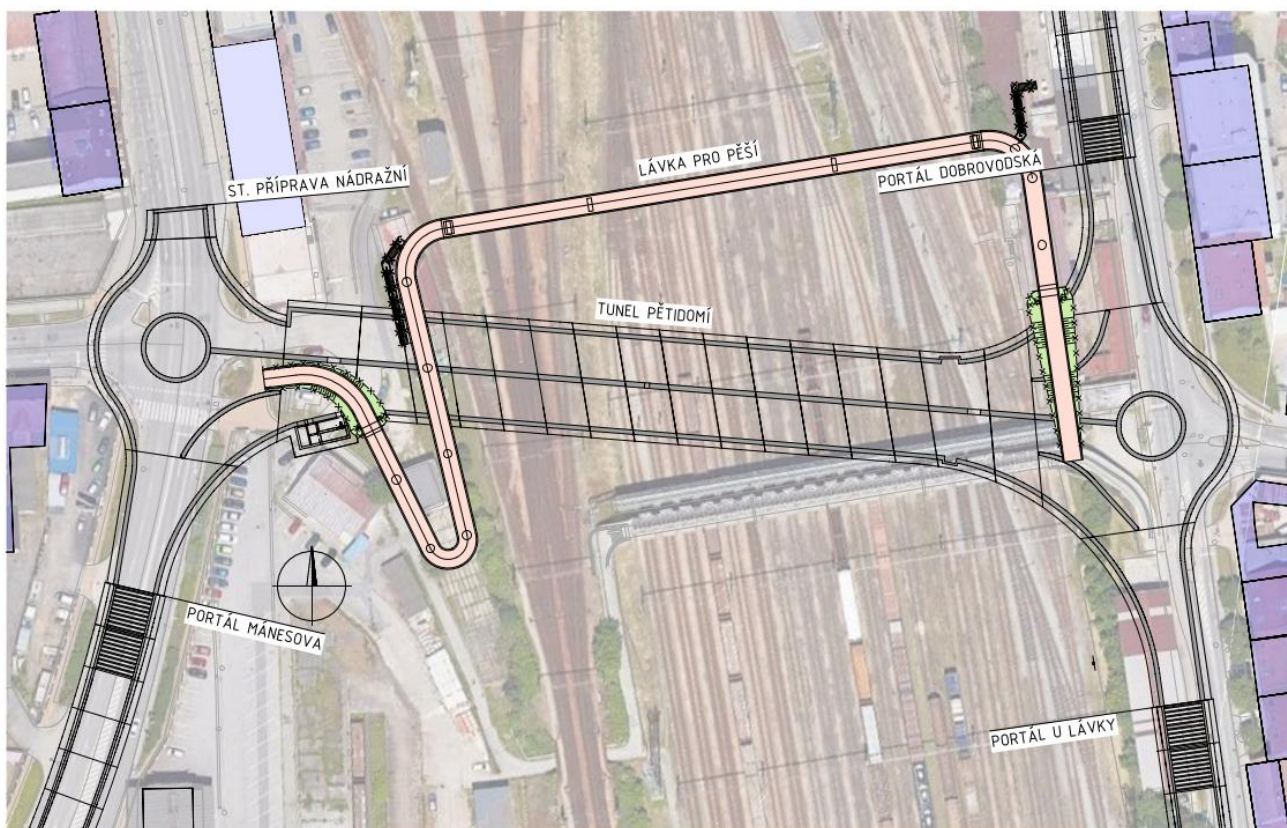
## 2. GEOTECHNICKÉ PODMÍNKY

Informace potřebné pro návrh tunelu poskytl podrobný geotechnický průzkum. Ve většině z 15 jádrových vrtů byly pod vrstvou antropogenních navážek nejčastěji zastoupené zeminy charakteru písků a štěrků s lehce proměnlivým obsahem jemnozrnného podílu. Vrstva písků s jemnozrnnou příměsí a hlinitých písků dosahuje mocnosti 2 m až 6 m. Pod touto vrstvou se nachází vrstva štěrků s jemnozrnnou příměsí. Hlubší sondy o hloubce 15-20 m zastihly v hloubce 9-11 m pod terénem prakticky vodonepropustné neogenní jíly s propustností v řádu  $10^{-7}$  m/s a nižší, jejichž mocnost se odhaduje na první desítky metrů. Jedná se o jíly pevné konzistence, na kontaktu s nadložními štěrky konzistence tuhé až pevné s vysokou až velmi vysokou plasticitou.

Volná až mírně napjatá hladina podzemní vody je vázána na průlinově propustné písky a písčité štěrky s koeficientem propustnosti  $k= 3,41 \times 10^{-4}$  m/s. Její ustálená hladina se pohybuje v hloubce mezi 1,2 m až 3,7 m pod terénem. Toto zvodnění bude v hydraulické spojitosti s vodními toky řeky Vltavy a Malše. Mocnost zvodně dosahuje cca 8,5 m.

## 3. POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Tunel Pětidomí je dvoutroubový, směrově rozdělený silniční tunel délky 397 m prováděný ve stavební jámě. Délka tunelu je stanovena jako nejdelší vzdálenost mezi portály měřená v severní tunelové troubě od portálu U Lávky k portálu Mánesova. Další vzdálenosti mezi portály jsou kratší, přičemž nejkratší je vzdálenost 297 m jižní tunelové trouby mezi portály Mánesova a U Lávky. Výška průjezdného průřezu je 4,2 m. Tunel je v oblasti pod kolejištěm směrově rozdělený s šířkovou kategorií T-7,5 dle ČSN 73 7507. V podélném směru klesá niveleta tunelu nejprve ve sklonu 4,0 % a následně 0,7 % ve směru od východu na západ až do staničení km 0,065 181, kde se nachází výškový lom. Z tohoto bodu pak trasa stoupá ve sklonu 2,5 %. Součástí tunelu jsou dvě podzemní křižovatky „západ“ a „východ“ s celkem 3 nájezdovými a výjezdovými rampami na povrch území. Vyústění tunelu na východě zajišťují dvě rampy do ulic Dobrovodská a U Lávky. Na západě vyústí jedna rampa do ulice Mánesova. Pro zajištění obslužnosti území a napojení na stávající komunikace dosahují sklony ramp až 8 %. Celkové konstrukční schéma tunelu ukazuje obrázek č. 1.

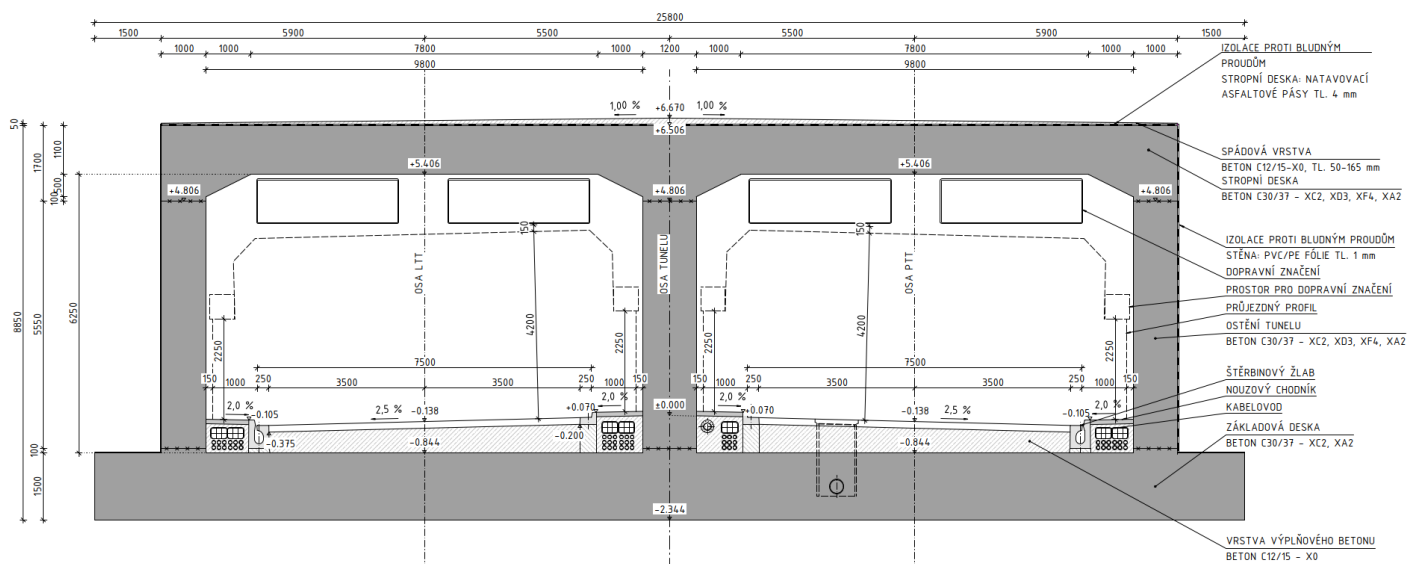


Obrázek 1: Konstrukční schéma tunelu Pětidomí s podzemními křižovatkami

Železobetonové rampy tvaru „U“ mají proměnnou výšku bočních stěn. Polohu portálů určuje začátek zastropení ramp. Tunel podchází koleje seřadovacího nádraží a část zhlaví osobního nádraží České Budějovice. Ve smyslu normy ČSN 73 7507 je tunel délky < 500 m označován jako krátký, což určuje požadavky na jeho stavební a technologické vybavení pro zajištění bezpečnosti provozu.

Všechny konstrukce jsou prováděny v otevřené stavební jámě. Vzhledem k očekávaným geotechnickým podmínkám a úrovni hladiny podzemní vody cca 1,5 až 2 m pod úrovní terénu bude stavební jáma zajištěna vodotěsnými štětovými stěnami kotvenými v několika úrovních předpjatými lanovými kotvami. Štětovnice prochází zvodněnými kvarterními sedimenty a jsou v jejich podloží vetknuty do vodonepropustných neogenních jílu. Před hloubením stavební jámy je nutné z prostoru ohraničeného štětovnicemi vyčerpávat podzemní vodu.

Tunelové ostění tvoří železobetonový uzavřený rám z betonu C 30/37 XF4 XC3 XD3 XA2 se střední stěnou oddělující tunelové trouby. Základová deska je navržena v tloušťce 1 500 mm, obvodové stěny v tloušťce 1 000 mm, střední dělicí stěna má tloušťku 1 200 mm, stropní deska tloušťky 1 000 mm je lokálně zesílena žebry na tloušťku 1 500 mm. Základová deska přesahuje rub obvodových stěn o 1 500 mm. Tato konzola slouží pro přitížení konstrukce zásypovým materiálem a přispívá ke zvýšení odporu proti vyplavání. Světlá šířka tunelových trub je 9 800 mm, světlá výška je max. 5 750 mm. Vzorový příčný řez tunelu znázorňuje obrázek č. 2.

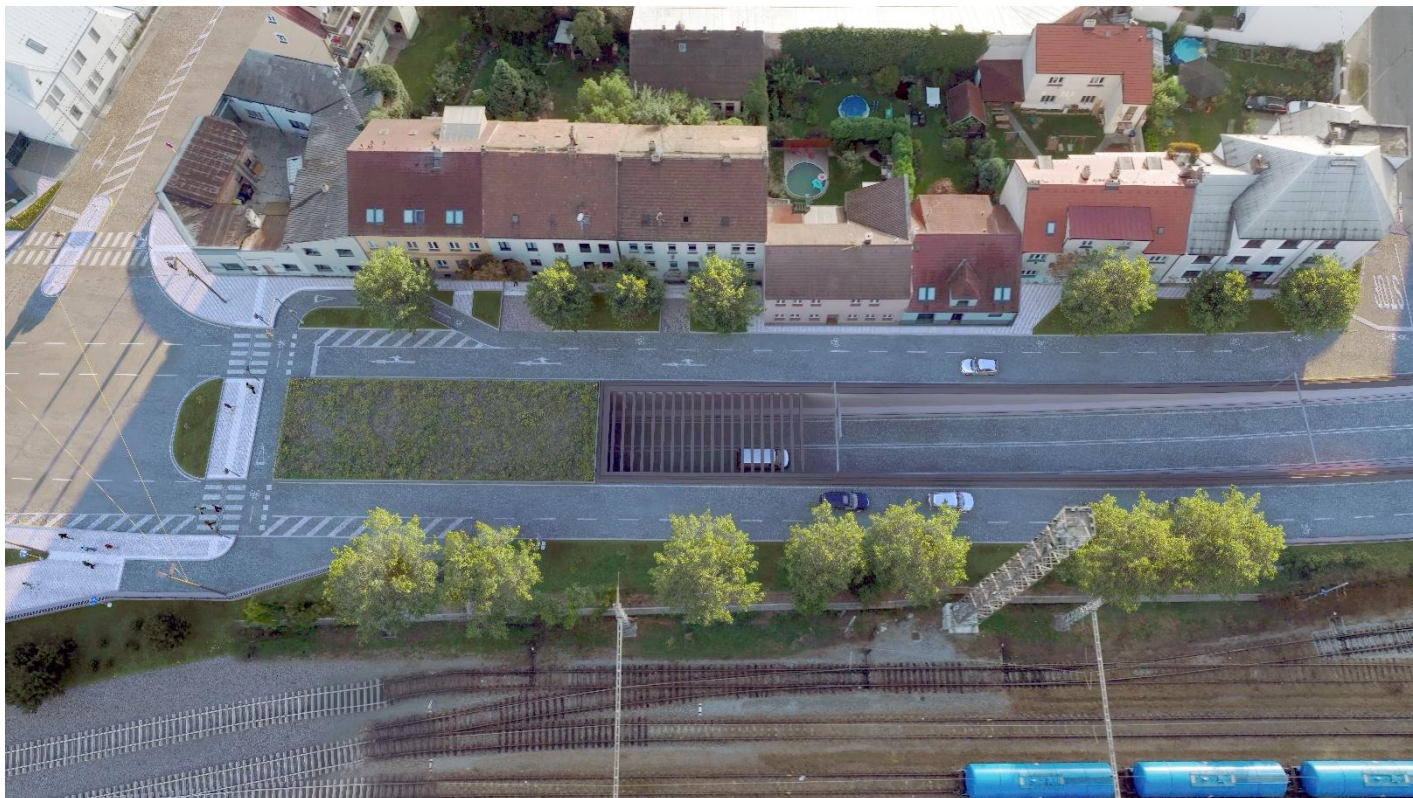


Obrázek 2: Vzorový příčný řez tunelu pod kolejištěm

Výstavba tunelu bude probíhat po blocích betonáže délky max. 10 m se šikmými pracovními spárami mezi bloky betonáže. Šikmost a poloha pracovních a dilatačních spár koresponduje s polohou kolejí v nadloží tunelu, neboť pro železnici je tunel integrovaným železničním mostem. Proto je snahou zamezit přejezdu koleje přes pracovní nebo dilatační spáru tunelového ostění. Konstrukce podzemních křižovatek a náběhů do ramp jsou atypických rozměrů i dimenzí.

Vodonepropustnost tunelu i ramp zajišťuje beton odolný proti průsakům v kombinaci s těsněním spár mezi bloky betonáže vnitřními těsnícími pásy. To umožňuje na rozdíl od hydroizolační fólie snadnou identifikaci i sanaci případných průsaků. Konstrukce vyžaduje vzhledem k umístění pod hladinou podzemní vody a riziku „vyplavání“ posouzení na vztlak. Hydrostatický tlak působí i na boky ramp. Proto jsou v nejhlubším místě rozepřené v horní části trámy, které jsou z hlediska světelná pohody řidiče při výjezdu nebo vjezdu do tunelu určitým akomodačním prvkem. (viz obrázek č. 3).

K vnitřnímu vybavení patří požární vodovod, služební chodníky, kabelovody, kabelové šachty včetně požárně odolných poklopů, výklenky SOS kabin a v neposlední řadě konstrukce vozovky s odvodněním pomocí štěrbínových žlabů vybavených samozhášecími kusy zabraňujícími šíření plamene. V oblasti podzemní křižovatky západ je v jižní tunelové trubě navržen únikový východ se schodišťovou šachtou a kabelovou šachtou umožňující propojení provozně technologického objektu na povrchu území s technologickým vybavením tunelu.



Obrázek 3: Pohled na portál U Lávký – horní rozepření rampy betonovými trámy

#### 4. ETAPIZACE VÝSTAVBY

Vzhledem k dopadům výstavby na život města i křížení stavební jámy s kolejištěm seřadovacího a osobního nádraží bylo nutné optimalizaci harmonogramu výstavby věnovat mimořádnou pozornost. Únosná délka výluk jednotlivých kolejí v jednotlivých etapách výstavby patřila vedle návrhu technického řešení tunelu k nejnáročnějším fázím projektu. Za účasti specialistů projektanta na projektování železničních staveb, dopravní technologie, ZOV, trakčního vedení, sdělovacího a zabezpečovacího zařízení, ale i vodohospodářských staveb a dalších profesí se podařilo se zástupci Správy železnic i jednotlivých dopravců navrhnout takový postup výstavby, který je kompromisem mezi požadavky provozovatele železnice a možnostmi výstavby. Ta probíhá v prostoru kolejiště ve třech etapách. První začíná z prostoru podzemní křižovatky východ. Po dokončení první etapy se stavba přesune do prostoru podzemní křižovatky západ. Zajištění provozu osobního nádraží vyžaduje nad stavební jámu instalovat dvě mostní provizoria a koleje postupně překládat. Třetí etapa výstavby se neobejde bez částečného odvozu vytěžené zeminy po železnici.

V každé z etap je prováděna demontáž kolejových polí a trakčního vedení, odstranění železničního svršku, předvýkop pro instalaci štětovicových stěn po celém obvodu dílčí stavební jámy, vyčerpání podzemní vody, zemní práce a kotvení štětovicových stěn, výstavba vlastní nosné konstrukce tunelu, její zásyp a před zahájením prací na další etapě obnovení železničního provozu v úseku předchozí etapy. Vše komplikuje skutečnost, že před koncem druhé světové války bylo seřadovací nádraží v několika sledech masivně bombardováno a nejen v trase budoucího tunelu, ale i v místech vrtání lanových kotev lze očekávat nevybuchlé letecké bomby. Zahájení zemních prací proto bude předcházet pyrotechnický průzkum, který bude pokračovat až do dosažení hloubky stavební jámy cca 6 m.

V etapách výstavby, které nevyžadují výluk železničních kolejí, bude prováděna příprava území, demolice, přeložky inženýrských sítí mimo stavební jámu a stavební jámy pro podzemní křižovatky včetně stavebních ramp na úroveň dna tunelu. Při návrhu etapizace výstavby bylo nutné zohlednit i omezenou kapacitu mezideponií v blízkosti stavby a odvoz výkopku na trvalé deponie mimo město. Plánovaná celková doba výstavby je cca 2 200 dnů.

## 5. ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI PROVOZU

V rámci návrhu opatření pro zajištění bezpečnosti provozu bylo zpracováno požárně bezpečnostní řešení stavby, operativně taktická studie prokazující možnost provedení požárního zásahu a v souladu s nařízením vlády č. 264/2009 Sb. i analýza rizik zohledňující základní zhodnocení havarijních scénářů se zahrnutím konstrukčních faktorů a podmínek provozu, které mají vliv na jeho bezpečnost. Hodnocením prošly nejsložitějších rizikové situace spojené zejména s kvalitativním vyhodnocením možnosti přepravy nebezpečných věcí. Vzhledem ke složitosti podzemního objektu byla riziková analýza vypracována i přesto, že je předpisy vyžadována až u tunelů delších než 500 m. Pohled řidiče jedoucího po rampě k podzemní křižovatce ukazuje obrázek č. 4.



Obrázek 4: Pohled z rampy U Lávky do podzemní křižovatky „Východ“

Dopravní zátěž byla uvažována pro prognózu dopravy v roce 2056. K zajištění bezpečnosti provozu slouží jednak stavební úpravy a jednak technologické vybavení tunelu. Ke stavebním úpravám patří např. požární vodovod a hydranty, únikové chodníky, bezpečnostní značení udávající směr a vzdálenost k místu úniku, tunelové propojky nebo únikové objekty, které zkracují únikovou cestu od místa nehody do bezpečné oblasti. Technologické vybavení tunelu zajišťuje požadovanou kvalitu prostředí v tunelu nebo umožňuje pomocí kamerových systémů nebo čidel identifikovat mimořádnou událost v tunelu. Jednotlivé prvky technologického vybavení tunelu jsou napojené na řídicí systém a dále do centrálního dispečinku, ze kterého je možné dění v tunelu vzdáleně sledovat a případně řídit.

Ve střední dělicí stěně směrově rozděleného tunelu jsou umístěny tři propojky sloužící jako únikové cesty pro případ mimořádné události. První propojka je situována u podzemní křižovatky západ, druhá cca uprostřed délky dělicí stěny a třetí u podzemní křižovatky východ. Druhá propojka je zajištěna proti šíření ohně a kouře požárně odolnými posuvnými dveřmi. Střední propojka odpovídá rozměrově požadavkům normy ČSN 73 7507, propojky číslo 1 a 3 jsou větších rozměrů, neboť jsou v nich umístěny požární hydranty pro provedení zásahu v obou tunelových troubkách. Bezpečnostní značení na stěnách tunelu ukazuje účastníkům mimořádné události nejkratší cestu do bezpečné oblasti. V případě krátkých tunelů hraje sebezáchrana prchajících osob zásadní roli a zpravidla se jim podaří dosáhnout bezpečné oblasti ještě před příjezdem složek IZS. Důležitá je proto znalost chování v tunelu v případě mimořádné události. V tunelu je zákaz přepravy nebezpečných látek (ADR) a provozu autobusů MHD.

## 6. PROJEKT S VIZÍ DO BUDOUCNA

V prostoru podzemní křižovatky západ je podle požadavků objednatele tunel stavebně připraven pro prodloužení do ulice Nádražní tak, aby jeho prodloužení bylo možné bez zásahu do stávajících konstrukcí v té době již provozovaného tunelu. Jedná se jak o délku zárodku budoucího tunelu, tak zejména o rezervy v kapacitě kabelovodů i místností provozně technologického objektu pro rozšíření technologického vybavení tunelu, napájení proudových ventilátorů nebo možnost napojení požárního vodovodu. Tunel bude po prodloužení vzhledem k délce přesahující 500 m zařazen do kategorie „střední délky“. Podle prognózy dopravního zatížení bude zařazen do nejvyšší bezpečnostní kategorie TA a dovybaven dalšími bezpečnostními prvky. Zahloubení ulice Nádražní do tunelu by vedlo ke zklidnění prostoru před historickou nádražní budovou a většímu využití nově vzniklého prostranství obyvateli i návštěvníky města. Pohled do ulice nádražní s portálem Mánesova znázorňuje obrázek č. 5.



Obrázek 5: Pohled do ulice Nádražní s portálem Mánesova

## 7. ZÁVĚR

Projekt tunelu Pětidomí je jak po stránce technického návrhu ve složitých geotechnických podmínkách, tak po stránce technologického postupu výstavby a vhodného návrhu jednotlivých etap výstavby mimořádně náročný. Dopravní řešení tunelu s podzemními křižovatkami nemá v České republice obdoby, a i v rámci Evropy se jedná spíše o výjimečnou konstrukci. To vyžaduje od projektantů všech profesí mimořádné nasazení i vysokou odbornou úroveň. V současné době se očekává vydání stavebního povolení a podle předpokladů by měla celá stavba začít v roce 2026. To je čtvrt století od první verze projektu tunelu pod nádražím. Předpokládaná doba výstavby je 6 let, tunel je projektován na životnost 100 let. Úspěšná realizace předpokládá od všech účastníků výstavby mimořádné nasazení. Stavba takového rozsahu v intravilánu města bude vyžadovat od projektanta, zhotovitele i investora schopnost reagovat na skutečně zastižené podmínky, od obyvatel i návštěvníků města pak především trpělivost a toleranci. Po dokončení stavby dojde k propojení východní a západní části města se všemi výhodami, které to dopravnímu řešení města Českých Budějovic přinese (viz obrázek č. 6). Pro projekční tým firmy SAGASTA bude tunel Pětidomí další významnou dopravní stavbou. Úplnou představu o stavbě poskytuje video, které je dostupné na YouTube po načtení QR kódu.



Obrázek 6: Celkový pohled na dokončenou stavbu od jihu

**Ing. Libor Mařík**  
**SAGASTA s.r.o.**  
**[libor.marik@sagasta.cz](mailto:libor.marik@sagasta.cz)**

**Ing. Zuzana Bielá**  
**SAGASTA s.r.o.**  
**[zuzana.biela@sagasta.cz](mailto:zuzana.biela@sagasta.cz)**

**Ing. Ivana Březinová**  
**SAGASTA s.r.o.**  
**[Ivana.brezinova@sagasta.cz](mailto:Ivana.brezinova@sagasta.cz)**