

Energetické tunely pod Vltavou

Z energetických analýz, jež Pražská energetika a.s. (PRE) vypracovala pro Prahu a její jednotlivé části, vyplynula nutnost realizace kapacitních energetických propojení obou břehů Vltavy mezi městskými částmi Holešovice–Karlín do roku 2002 a Smíchov–Nové město do roku 2008. Tato kabelová vedení o napětí 110 kV mezi transformovny, by zabezpečovala dostatečné pokrytí potřeby a současně v případě havárie či provozní výluky umožnila přívod energie z druhého břehu.



Ocelové vstrojení šachet

První myšlenkou, jak realizovat náročný přechod přes řeku, bylo využít stávající blízké mosty. To však bylo po prověření základních faktorů zavrženo. Mostní konstrukce se ukázaly jako velmi složitě využitelné (resp. nevyužitelné) jak s ohledem na jejich stavebně technický stav, tak z hlediska bezpečnostního, provozního a majetkového. Bylo nutno realizovat propojení pomocí tunelu pod Vltavou.

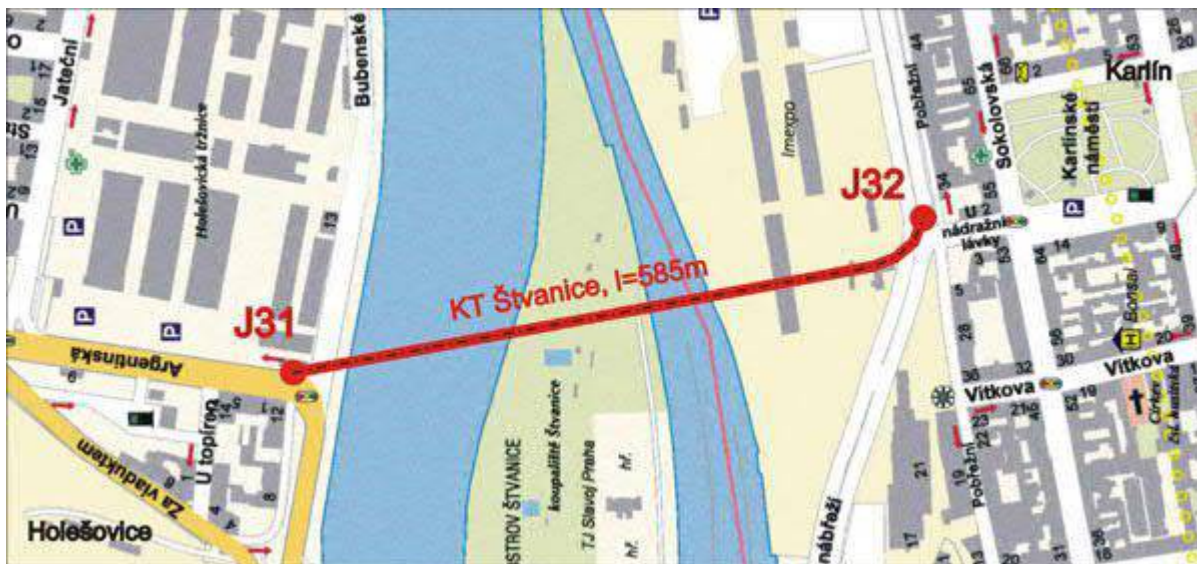
Propojení Holešovice–Karlín

První kabelový tunel (KT) pod Vltavou byl vybudován již v roce 1980 z Pelc-Tyrolky do Holešovic. Pokrýval energetické potřeby své doby, ale po dvaceti letech bylo nutno zajistit další dostatečné zdroje. Propojení transformoven (TR) Holešovice a Střed, bylo vynuceno především potřebou energie pro plánovanou administrativně bytovou výstavbu na obou březích – projekt revitalizace Rohanského ostrova, Prague Marine v holešovickém přístavu a mnohé další.

Základním bodem v přípravě tohoto propojení započatého na přelomu let 1997–1998, byl požadavek PRE na zprovoznění celého propojení nejpozději v roce 2002. Tedy nejen na vlastní realizaci tunelu, ale i navazujících kopaných kabelových tras a pokládku kabelů.

Vlastní dílo vychází z požadavku investora na počet hlavních vedených kabelů, tj. kabelů o napětí 110 kV – 2 ks a kabelů o napětí 22 kV – 9 ks. Ty společně se sdělovacími a provozními kabely zarámovaly velikost tunelu. Další parametry tunelu vycházejí z normativních požadavků na provoz a bezpečnost díla a z technologických postupů a podmínek realizace. Ta se sestává ze tří hlavních částí:

- vlastní stavební konstrukce (primární a sekundární ostění) vytvářející schránku tunelu;
- ocelových konstrukcí, na něž se pokládají předmětné kabely;
- z provozních souborů – větrání, čerpání, elektroinstalace, měření a regulace – jež zajišťují bezpečný a spolehlivý provoz díla.



Kabelový tunel Štvanice – situace

Obečným problémem podzemních staveb jsou hydrogeologické podmínky v trase díla, v tomto případě znásobené těsným propojením díla s vodním tokem. Tyto faktory se promítly již do projektové přípravy díla, která byla podložena podrobným inženýrsko-geologickým průzkumem včetně vrtaných sond. Ražba tunelu byla navržena na principu Nové rakouské tunelovací metody (NRTM), která umožňuje přizpůsobit technologii ražby skutečným geologickým podmínkám a chování prostředí. Nedílnou součástí NRTM je provádění geotechnického monitoringu nezávislou firmou. Hlavní důraz při návrhu tunelu byl kladen na co nejnižší přítoky vody do díla. Musela být také přijata bezpečnostní opatření s ohledem na nebezpečí průvalu vod. Kromě dodržování technologie předepsané projektem se jednalo o vybudování dostatečného retenčního prostoru (štoly o $V = 90 \text{ m}^3$ z těžních šachet), díky němuž v případě průvalu vod do tunelu mají pracovníci v podzemí dostatek času na opuštění ohrožených prostor.

Propojení holešovického a karlínského břehu bylo pojmenováno KT Štvanice, dle stejnojmenného ostrova, který podchází. Tunel je veden cca 16 m pod dnem Vltavy a je dlouhý 585 m. Na obou koncích tunelu jsou technologické šachty, sloužící pro vyvedení (resp. zaústění) kabelů do navazujících kopaných tras.

Šachta J31 na holešovickém břehu má světlý průměr 3,9 m a hloubku 30 m, z toho 5 m je hloubka jámky průsakových vod. Součástí šachty J31 je také podzemní strojovna vzduchotechniky. Šachta J32 na karlínském břehu má světlý průměr 3,1 m a hloubku 23 m. Tunelový úsek mezi šachtami je podkovitého tvaru o světlych rozměrech 1,8x2,15 m a celkové délce 585 m. Uvedené světlé rozměry jsou zavádějící, neboť dílo se sestává z provizorní (primární) konstrukce, pod jejíž ochranou je následně realizována definitivní (sekundární) konstrukce tunelu, přičemž obě jsou samostatným celkem. Hrubý profil šachty J32 má průměr 4,1 m, u šachty J31 je dokonce průměr 4,9 m. Výrub tunelu je podkovitý 2,6x3,1 m. Provizorní konstrukci tvoří důlní válcované profily K21 doplněné ocelovou sítí 100x100 mm a zastříkané betonem SB25. Tunel byl ražen současně z obou břehů na plný profil čelby pomocí strojních fréz směrově řízených laserem.



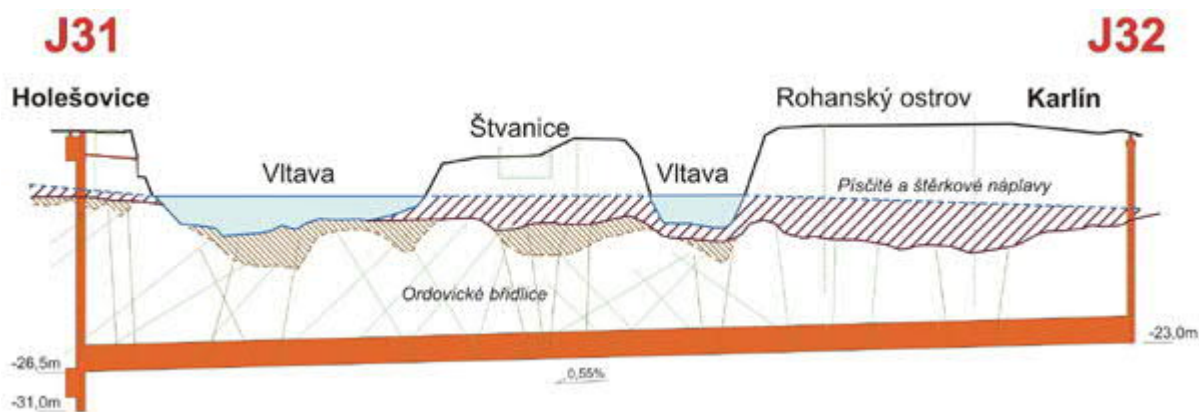
Kabelový tunel Štvanice – technologický vývoj tunelu

Při hloubení obou šachet byly zastíženy mocné zvodnělé štěrkové vrstvy a přítoky do šachet dosahovaly 15–20 l.s⁻¹ na holešovickém břehu a až 32 l.s⁻¹ na karlinském břehu. Omezení přítoků bylo dosaženo pomocí injektáží polyuretanových pryskyřic za současné aplikace stříkaného betonu. Na betonovou provizorní konstrukci byla poté nanášena hydroizolační vrstva 30 mm Monocrete monomix s přísadou Xypex admix. Tím se dosáhlo snížení přítoků do šachet na hodnoty 1–2 l.s⁻¹. Při ražbě tunelu byly výraznější výrony vody v místech tektonických poruch masivu prachovitohlinitých břidlic. Tyto výrony a výraznější průsaky byly utěšňovány pomocí speciálních injektáží směsí s rychlým náběhem pevnosti a s vyšší těsnicí schopností.

Definitivní konstrukce tunelu i šachet byla provedena z vodostavebního železobetonu C25/30 tloušťky 250 mm, dno tunelu a stěny šachet jsou tloušťky 300 mm. Stěny tunelu byly lity do bednění, klenba byla stříkána. Pracovní spáry byly ošetřeny pouze ocelovým plechem tloušťky 3 mm. Vzhledem k zatížení konstrukce výrazným hydrostatickým tlakem, byla použita mezilehlá foliová hydroizolace tloušťky 2 mm. Jakkoliv se v projektové fázi zdála funkční hydroizolační opatření obtížná, po realizaci díla můžeme říci, že byla úspěšná. Celkové průsaky podzemních vod do díla jsou < 0,5 l.s⁻¹.

Primárním cílem všech zainteresovaných subjektů byla realizace kvalitního a účelného díla. Současně však bylo vynaloženo maximální úsilí pro minimalizaci negativních dopadů stavby na okolní zástavbu, dopravu a životní prostředí. Navzdory značné délce tunelu mohla být stavba, díky realizaci ražby z obou břehů, provedena bez narušení biokoridoru ostrova Štvanice.

Stavba tunelu byla zahájena na podzim 1999 a dokončena v květnu 2001. O kvalitě díla a jeho strategickém významu nejlépe svědčí skutečnost, že za srpnových povodní roku 2002 bylo celou dobu v provozu a zásobovalo centrální část Prahy energií.

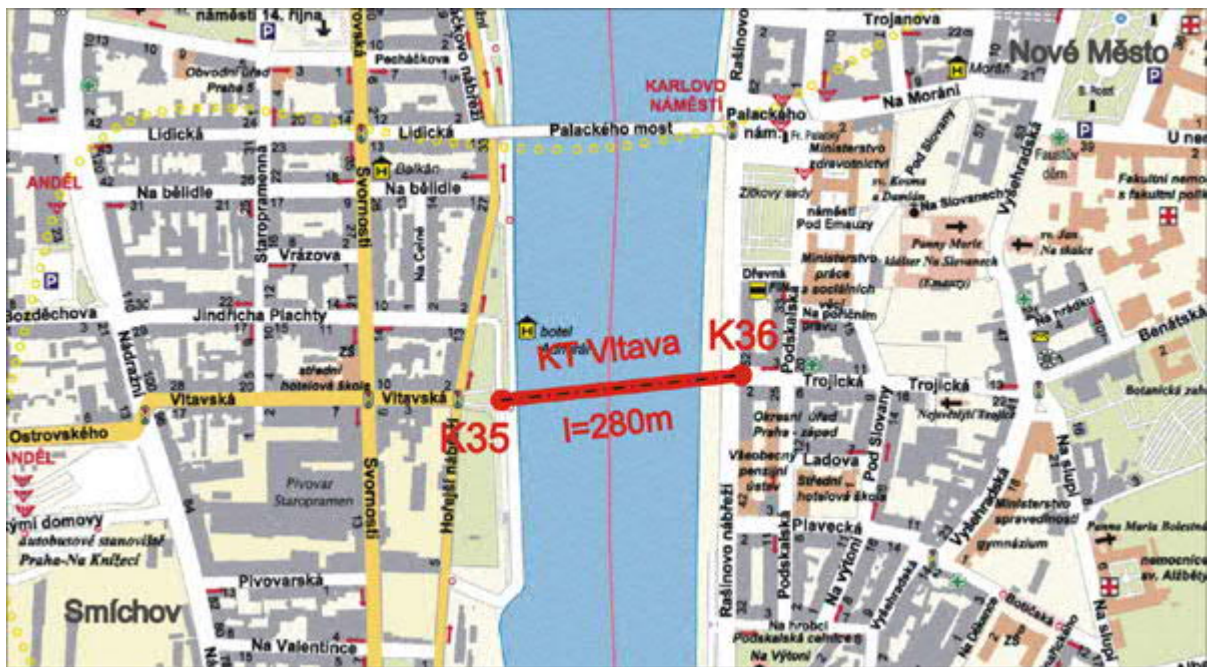


Kabelový tunel Štvanice – podélný řez

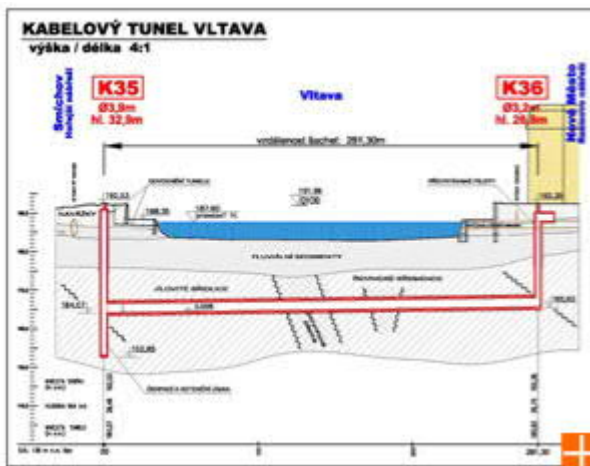
Propojení Smíchov–Nové Město

Energetické propojení Smíchova a Nového města bude realizováno mezi TR Smíchov a TR Karlov. Jeho hnacím motorem je především celková přestavba a rozkvět Smíchova a s tím jdoucí zvyšující se energetické požadavky. Příprava tohoto projektu začala již v roce 1998 projektem nové TR Smíchov. Po jejím dokončení v roce 2003 započaly přípravné práce na propojení s TR Karlov. Opět zde ze strany investora vzešel požadavek na termín dokončení – rok 2008 a kapacitnost propojení – 2 kusy kabelů o napětí 110 kV a 9 kusů kabelů o napětí 22 kV.

Souběžně s přípravou tohoto propojení uvažoval Magistrát hlavního města Prahy také o vybudování rozsáhlejší komunikačně-energetické stavby kolektoru Centrum–Smíchov, který by problematiku zásobování daného území řešil komplexním způsobem. Vzhledem k časové náročnosti přípravy a následné realizace kolektoru však byla PRE donucena přistoupit k samostatnému řešení svých potřeb, neboť stanovený termín zprovoznění propojení rok 2008 by nebyl dodržen.



Kabelový tunel Vltava – situace



Kabelový tunel Vltava – podélný řez

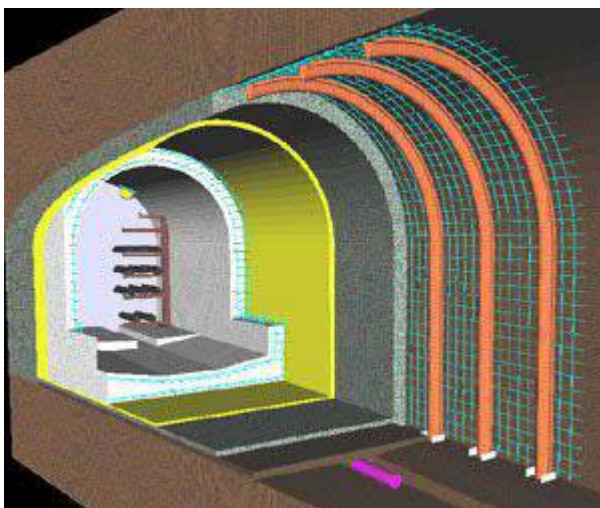
Celková délka propojení je cca 2,1 km. Na jeho trase jsou hned tři kabelové tunely (KT) – KT Smíchov, KT Vltava a KT Kateřinská o souhrnné délce 675 m. KT Smíchov a KT Kateřinská slouží jako vývodní tunely z TR a je v nich tedy soustředěn maximální počet kabelů. Ty do nich vstupují šachtami z jednotlivých směrů, a v daném počtu by do TR nešly jinak dovést. KT Vltava, jak je patrné z názvu, překonává nejkritičtější úsek trasy – tok Vltavy. KT Vltava je situován mezi botelem Admirál a Trojickou ulicí. Výstavba byla zahájena v březnu roku 2007 a předpoklad dokončení je říjen roku 2008. Tunel je dlouhý 280 m a je veden 15,5 m pod dnem Vltavy. Světlý profil je podkovitý, široký 2,4 m a vysoký 2,6 m v klenbě. Na smíchovském břehu se nachází šachta K35 o průměru 3,9 m hluboká 28,5 m, na novoměstském břehu šachta K36 o průměru 3,2 m hluboká 26,8 m. Z hlediska náročnosti přípravy projektu i vlastní realizace pro něj platí to samé co pro KT Štvanice, neboť obě díla mají téměř identické externí podmínky – tok Vltavy, vysokou hladinu podzemní vody, tektonické poruchy v trase a městské centrum. Stavební technologie však od doby realizace KT Štvanice postoupily a KT Vltava tak rozhodně není jen pouhou kopií. Liší se jak v provedení provizorní konstrukce, tak i v řešení detailů spár definitivní konstrukce, v materiálech a

v technologiích provozních souborů.

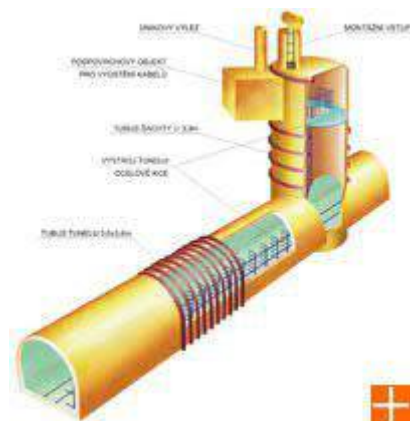
Ražba díla se dle průřezu bude odehrávat v prostředí libeňských břidlic, jež jsou rozpojitelné strojní frézou, navíc však i v prostředí řevnických křemenců rozpojitelných pouze pomocí trhacích prací. Na jejich rozhraní jsou tektonické poruchy, kde jsou předpokládány průsaky vody až $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a tedy nutnost provádění injeztáží pro jejich eliminaci.

Provizorní konstrukce tunelu profilu $3,0 \times 3,6 \text{ m}$ je řešena pomocí dříví vyztuže z příhradových profilů BTX s vloženou ocelovou sítí $100 \times 100 \text{ mm}$ a zastříkaných betonem SB 25. Technologicky bude ražba realizována na plný profil s postupným vkládáním dříví rámu s časovým omezením podle stability masivu. Průběh realizace ražby bude upravován v závislosti na geotechnickém monitoringu. Lokálně zde dojde k rozšíření profilu až na $4,2 \times 3,7 \text{ m}$ pro zjednodušení dopravy (výhybna) těžného materiálu z čelby do těžní šachty. V případě zvláště nepříznivého prostředí bude nutno provádět systémově kotvení masivu hydraulickými svorníky HUS.

Definitivní ostění je navrženo z vodostavebního betonu C25/30 tloušťky 250 mm u tunelu a 300 mm v šachtách. Na rozdíl od kabelového tunelu Štvanice jsou stěny i klenba lity do bednění. Veškeré betonové konstrukce pod hladinou podzemní vody jsou navrženy s přísadou Xypex, jež v betonu krystalizuje, zaplňuje póry a brání tak průniku vody. V místech puklin bude navíc na provizorní konstrukci aplikována mezivrstva tl. 30 mm s krystalizační přísadou. Záběr betonáže je dělen na smršťovací úseky oddělené smršťovací spárou. Spáry pracovní, dilatační a smršťovací jsou řešeny kombinací bobtnavých bentonitových pásků a uzavíracích PVC profilů.



Kabelový tunel Vltava – 3D zobrazení skladby tunelu



Kabelový tunel Vltava – schématické 3D zobrazení šachty K35

Základní údaje o stavbě

Stavba: KT Štvanice

Investor: Pražská energetika a.s., Na Hroudě 19, 100 05 Praha 10

Projektant: KO-KA s.r.o., Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Dodavatel: Pohl CZ a.s., Nádražní 25, 252 63 Roztoky u Prahy

Geotechnický monitoring: Inset s.r.o., Novákových 6, 180 00 Praha 8

Zahájení stavby: září 1999

Dokončení výstavby: květen 2001

Stavba: KT Vltava

Investor: PRE distribuce a.s., Svornosti 3199/19a, 150 00 Praha 5

Generální projektant: KO-KA s.r.o., Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Generální dodavatel: Navatyp a.s., Divize 03, Revoluční 25/767, 110 00 Praha 1

Geotechnický monitoring: Inset s.r.o., Novákových 6, 180 00 Praha 8

Zahájení stavby: březen 2007

Plánované dokončení: říjen 2008